



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

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE,
CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

AUTOR: Erik Ricardo Moreano Panchi

TUTOR: Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

AMBATO – ECUADOR

Febrero – 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, elaborado por el Sr. Erik Ricardo Moreano Panchi, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 0503848889, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, febrero 2023



Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Erik Ricardo Moreano Panchi, con C.I. 0503848889 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2023



Erik Ricardo Moreano Panchi

C.I. 0503848889

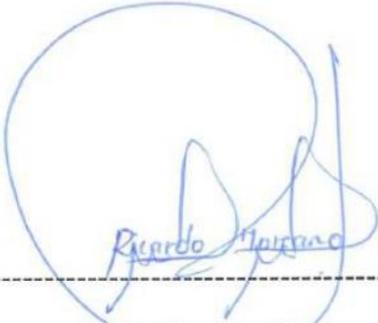
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, febrero 2023



Erik Ricardo Moreano Panchi

C.I. 0503848889

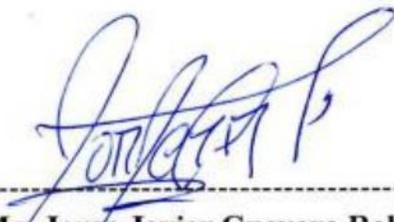
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Erik Ricardo Moreano Panchi de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**.

Ambato, febrero 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

*Camina plácido entre el ruido y la prisa,
y piensa en la paz que se puede encontrar en el silencio.
En cuanto sea posible y sin rendirte,
mantén buenas relaciones con todas las personas.
Enuncia tu verdad de una manera serena y clara,
y escucha a los demás,
incluso al torpe e ignorante,
también ellos tienen su propia historia.
Esquiva a las personas ruidosas y agresivas,
pues son un fastidio para el espíritu.
Si te comparas con los demás,
te volverás vano y amargado
pues siempre habrá personas más grandes y más pequeñas que tú.
Disfruta de tus éxitos, lo mismo que de tus planes.
Mantén el interés en tu propia carrera,
por humilde que sea,
ella es un verdadero tesoro en el fortuito cambiar de los tiempos.
Sé cauto en tus negocios,
pues el mundo está lleno de engaños.
Más no dejes que esto te vuelva ciego para la virtud que existe,
hay muchas personas que se esfuerzan por alcanzar nobles ideales, la vida está llena de
heroísmo.
Sé sincero contigo mismo,
en especial no finjas el afecto,
y no seas cínico en el amor,
pues en medio de todas las arideces y desengaños,
es perenne como la hierba.
Acata dócilmente el consejo de los años,
abandonando con donaire las cosas de la juventud.*

*Cultiva la firmeza del espíritu
para que te proteja de las adversidades repentinas,
más no te agotes con pensamientos oscuros,
muchos temores nacen de la fatiga y la soledad.
Sobre una sana disciplina,
sé benigno contigo mismo.
Tú eres una criatura del universo,
no menos que las plantas y las estrellas, tienes derecho a existir,
y sea que te resulte claro o no,
indudablemente el universo marcha como debiera.
Por eso debes estar en paz con Dios,
cualquiera que sea tu idea de Él,
y sean cualesquiera tus trabajos y aspiraciones,
conserva la paz con tu alma
en la bulliciosa confusión de la vida.
Aún con todas sus farsas, penalidades y sueños fallidos,
el mundo es todavía hermoso.
Sé cauto.
Esfuérzate por ser feliz.*

DESIDERATA

Por: Max Ehrmann

AGRADECIMIENTO

Al realizar esta investigación parece un asunto individual, pero la realidad es que, si quieres que lo lean unas ciento , o como yo lo espero miles de personas, se requiere a todo un equipo.

En primer lugar quiero agradecer a Dios por la segunda oportunidad de vida que me dio, a mi esposa, Karen, a mi hijo, Jesua. Gracias por dejarme el espacio que he necesitado para hacer lo que vine hacer aquí. También me gustaría dar gracias a mis padres Milton y Marina, así como a mis hermanos Jonathan, Ana y Ambar, a mis suegros Eduardo y Jakelin, a mis cuñados Sebastian, Belén y Eduardo André: por vuestro interminable amor y apoyo.

Un inmenso gracias a mi tutor al Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres por todo vuestro duro trabajo y dedicación para realizar una contribución positiva a esta investigación.

A continuación, a Diego, Lorena y Paul miembros de D&J Cons, Frank, Daniel, Daniel Esteban, Ángel Paul e Israel un especial agradecimiento por brindarme su amistad y continuo apoyo desde el principio.

Mi agradecimiento eterno a mi querida universidad después de años de esfuerzo, sacrificios, dedicación y grandes alegrías llegó el día en que miraría hacia atrás el camino recorrido por tus pasillos y aulas, y me detendría para agradecerte mi Alma Mater!

Por último, estoy profundamente agradecido con el GAD Parroquial Once de Noviembre, así como del GAD Municipal de Latacunga por su colaboración al desarrollo del trabajo presente.

Riky.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE IMÁGENES	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
CAPITULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	3
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	5
1.1.3.1 Agua	5
1.1.3.2 Aguas Residuales	5
- Agua Residuales Urbanas.....	5
- Agua Residuales Domésticas:	5
- Agua Residuales Industriales:	5
1.1.3.3 Características de las Aguas Residuales	5

1.1.3.3.1	Características Físicas.....	7
1.1.3.3.2	Características Químicas.....	7
1.1.3.3.3	Características Biológicas.....	7
1.1.3.4	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).....	8
1.1.3.5	Funcionamiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 8	
1.1.3.5.1	Tratamiento Primario	8
-	Reservorio	8
-	Área de Cribas	8
-	Separadores de Partículas Sólidas	8
1.1.3.5.2	Tratamiento Secundario	9
1.1.3.5.3	Tanque de Sedimentación Secundario	9
1.1.3.5.4	Tratamiento Terciario.....	9
1.1.3.5.5	Desinfección.....	10
1.1.3.5.6	Secado de Lodos.....	10
1.1.3.6	Agua Residual Tratada.....	10
1.1.3.7	Norma para descarga de afluentes al sistema de alcantarillado	16
1.1.3.8	Componentes para el tratamiento de aguas residuales.....	17
1.1.3.8.1	Cribado	18
1.1.3.8.2	Desarenador.....	18
1.1.3.8.3	Tanque Séptico	18
1.1.3.8.4	Filtro Percolador.....	18
1.1.3.8.5	Lecho Secado de Lodo	19
1.1.3.8.6	Desinfección.....	19
1.1.3.8.7	Porcentaje de remoción teórica por procesos	19
1.1.3.8.8	Parámetros Típicos para la evaluación de la calidad del agua residual..	20
1.1.4	Hipótesis	23
1.1.4.1	Hipótesis de Trabajo	23
1.1.4.2	Hipótesis Nula.....	23
1.2	Objetivos.....	23
1.2.1	Objetivo General.....	23

1.2.2	Objetivos Específicos	23
CAPITULO II		24
METODOLOGÍA		24
2.1	Materiales y Equipos utilizados	24
2.2	Metodología.....	25
2.2.1	FASE 1: Información del sector.....	27
2.2.2	FASE 2: Recolección de datos de caudales de Afluentes y Efluentes.....	30
2.2.2.1	Medición de Caudales – Método Volumétrico.....	30
2.2.3	FASE 3: Análisis de laboratorio de las características del agua residual.....	34
2.2.4	FASE 4: Análisis y verificación de funcionamiento	37
2.2.4.1	Desarenador.....	39
2.2.4.2	Tanque Séptico	40
2.2.4.3	Filtro Biológico	41
2.2.4.4	Lecho Secado de Lodos.....	42
2.2.5	FASE 5: Diagnóstico General de la PTAR	43
2.2.5.1	Análisis de las muestras de entrada y salida de la PTAR.....	43
CAPITULO III		48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		48
3.1	Evaluación de la PTAR de la Parroquia Rural Once de Noviembre.....	48
3.2	Dimensiones actuales de la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre...	49
3.2.1	Desarenador.....	49
3.2.2	Tanque Séptico	51
3.2.3	Filtro Biológico	53
3.2.4	Lecho Secado de Lodos.....	55
3.3	Diagnóstico de funcionamiento Teórico actual de la PTAR.....	57
3.3.1	Diagnóstico de funcionamiento del Desarenador (Manual OPS)	57
3.3.2	Diagnóstico de funcionamiento del Tanque Séptico (Norma RAS 2000)	65
3.3.3	Diagnóstico de funcionamiento Filtro Biológico (Norma CONAGUA)	68
3.3.4	Diagnóstico de funcionamiento del Lecho Secado de Lodos (Manual OPS 2015).....	75
3.4	Verificación de la hipótesis	78

3. 5 Propuesta de mejora para el proceso de tratamiento de la PTAR	79
3. 5. 1 Diseño del nuevo proceso de tratamiento de la PTAR.....	81
3. 5. 1. 1 Trabajos Preliminares.....	81
3. 5. 1. 2 Parámetros de diseño.....	82
3. 5. 1. 3 Diseño del nuevo Proceso de tratamiento	92
3. 5. 1. 3. 1 Diseño del Cribado.....	92
3. 5. 1. 3. 2 Diseño del Desarenador Propuesto.....	94
3. 5. 1. 3. 3 Diseño del Tanque Séptico.....	99
3. 5. 1. 3. 4 Diseño del Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente	104
3. 5. 1. 3. 5 Diseño del Lecho Secado de Lodos	108
3. 5. 2 Comparación de la PTAR actual con la PTAR de la propuesta.....	111
3. 6 Operación y Mantenimiento de la PTAR	112
3. 6. 1 Plan de operación y mantenimiento del Cribado.....	113
3. 6. 2 Plan de operación y mantenimiento del Desarenador	113
3. 6. 3 Plan de operación y mantenimiento del Tanque Séptico.....	115
3. 6. 4 Plan de operación y mantenimiento del FAFA	116
3. 6. 5 Plan de operación y mantenimiento del Lecho Secado de Lodos	117
3. 7 Diseño de Muro de Contención de Concreto	118
3. 8 Diseño de Canal en la corona del Talud.....	131
 CAPITULO IV	 134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	134
4.1 Conclusiones	134
4.2 Recomendaciones	137
 BIBLIOGRAFÍA	 139
ANEXOS	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características biológicas del agua residual y su procedencia.....	6
Tabla 2. Características biológicas del agua residual y su procedencia. (Continuación)	7
Tabla 3. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.	11
Tabla 4. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. (Continuación)	12
Tabla 5. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	13
Tabla 6. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Continuación).....	14
Tabla 7. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	15
Tabla 8. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina (Continuación)	16
Tabla 9. Rendimiento de eliminación de contaminantes según las unidades de tratamiento.....	20
Tabla 10. Materiales.....	24
Tabla 11. Equipos de Protección Personal	25
Tabla 12: Resumen de la toma de caudales de Ingreso de la PTAR (lt/s).	31
Tabla 13: Resumen de la toma de caudales de Salida de la PTAR (lt/s).	32
Tabla 14: Resultados del análisis de agua ingreso PTAR (muestra 1)	36
Tabla 15: Resultados del análisis de agua salida PTAR (muestra 2).....	37
Tabla 16: Remoción de contaminantes por etapas	44
Tabla 17. Análisis comparativo de resultados muestras 1 y 2 con el TULSMA 2015	45
Tabla 18. Remoción real de contaminantes (Muestra 1 y 2).....	45
Tabla 19. Remoción teórica de contaminantes (Muestra 1 y 2).....	46
Tabla 20. Dimensiones actuales del desarenador construido.....	49
Tabla 21. Dimensiones actuales del Tanque Séptico construido	52
Tabla 22. Dimensiones actuales del Filtro Biológico construido.....	54
Tabla 23. Dimensiones actuales del lecho de secado de lodos construido.....	55

Tabla 24. Análisis de la Densidad Relativa de la muestra tomada del Desarenador	58
Tabla 25. Análisis granulométrico de la muestra de arena del Desarenador	59
Tabla 26. Dimensiones evaluadas del Desarenador	64
Tabla 27. Tiempo de retención de acuerdo con la contribución de agua residual	66
Tabla 28. Tasa de acumulación de lodos digeridos.....	66
Tabla 29. Dimensiones evaluadas del Filtro Biológico	74
Tabla 30. Tiempo de digestión de lodos	75
Tabla 31. Dimensiones evaluadas del Lecho Secado de Lodos.....	78
Tabla 32: Remoción de contaminantes por etapas del proceso de tratamiento propuesto..	80
Tabla 33: Promedio de Personas por Hogar, según Barrio de la Parroquia Once de Noviembre.....	83
Tabla 34: Población Actual de la parroquia Once de Noviembre.....	83
Tabla 35. Censo Poblacional de la Parroquia Once de Noviembre.	84
Tabla 36. Tasa de crecimiento poblacional-Método Aritmético.....	85
Tabla 37. Tasa de crecimiento poblacional-Método Geométrico.	86
Tabla 38. Dotaciones recomendadas – Secretaría del Agua.	88
Tabla 39. Dotación por habitante al día de la parroquia rural Once de Noviembre.	89
Tabla 40. Dimensiones propuestas del cribado.	94
Tabla 41. Dimensiones propuestas del Desarenador.....	98
Tabla 42. Valores de profundidad útil del Tanque Séptico.....	101
Tabla 43. Dimensiones del Tanque Séptico de la propuesta.....	103
Tabla 44. Dimensiones del FAFA de la propuesta.	108
Tabla 45. Dimensiones propuestas del Lecho Secado de Lodos.....	111
Tabla 46. Comparación condición actual vs propuesta.....	112
Tabla 47. Mantenimiento de la Criba.....	113
Tabla 48. Mantenimiento del Desarenador.	114

Tabla 49. Mantenimiento del Tanque Séptico.	115
Tabla 50. Mantenimiento del FAFA.	116
Tabla 51. Mantenimiento del Lecho de Secado de Lodos.	117
Tabla 52. Momentos de Equilibrio.....	121
Tabla 53. Separación del refuerzo vertical para el muro pantalla.....	126
Tabla 54. Separación del refuerzo vertical para losa de muro.	130

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Parque central de la Parroquia Once de Noviembre	29
Imagen 2. PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)	30
Imagen 3. Toma de caudales de ingreso de la PTAR	33
Imagen 4. Toma de caudales de salida de la PTAR	34
Imagen 5. Muestro de la afluentes de la PTAR	34
Imagen 6. Muestro de la efluentes de la PTAR	35
Imagen 7. Identificación de muestras obtenidas	35
Imagen 8. Conservación de muestras obtenidas	36
Imagen 9. Estado actual de la PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)	38
Imagen 10. Desarenador PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)	39
Imagen 11. Estado actual Desarenador PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)	39
Imagen 12. Estado actual Vertedero de Exceso del Desarenador PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)	40
Imagen 13. Medición Desarenador PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga) ...	40
Imagen 14. Estado actual del Tanque Séptico de la PTAR	41
Imagen 15. Estado actual del Filtro Biológico de la PTAR	42
Imagen 16. Estado actual del Lecho Secado de Lodos de la PTAR	42
Imagen 17. Medición de sistemas unitarios de la PTAR	48
Imagen 18. Medidas actuales del desarenador construido	50
Imagen 19. Detalle medidas actuales de la vista en planta Desarenador construido	50
Imagen 20. Detalle sección actual del desarenador construido	51
Imagen 21. Estado actual Rejilla de Seguridad del Tanque Séptico de la PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga).	51
Imagen 22. Medidas Rejilla de Seguridad del Tanque Séptico de la PTAR	52

Imagen 23. Medidas actuales de la vista en planta Tanque Séptico construido	53
Imagen 24. Medidas actuales de la sección del Tanque Séptico construido.....	53
Imagen 25. Medidas actuales de la vista en planta Filtro Biológico construido.....	54
Imagen 26. Medidas actuales de la sección del Filtro Biológico construido	55
Imagen 27. Medidas actuales de la vista en planta Lecho de Secado de Lodos construido	56
Imagen 28. Medidas de la Sección Lecho de Secado de Lodos construido.....	56
Imagen 29. DJI Mavic 2 Pro - Dron	81
Imagen 30. PTAR de la parroquia Once de Noviembre, vista de 60m de altura	82
Imagen 31. Geometría del Muro de Contención de Concreto	119
Imagen 32. Empuje del terreno sobre el Muro de Contención de Concreto	120
Imagen 33. Momentos de equilibrio sobre el Muro de Contención de Concreto	121
Imagen 34. Presiones del muro sobre el suelo de cimentación.....	123
Imagen 35. Flexión de losa de muro de contención.....	127
Imagen 36. Diseño del canal HCANALES.....	133
Imagen 37. Dimensiones del canal propuesto.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de los procesos de la PTAR	17
Figura 2. Mapa Político de la parroquia Once de Noviembre.....	28
Figura 3. Procesos unitarios actuales de la PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga).....	38
Figura 4. Diagrama de Flujo actuales de la PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga).....	48
Figura 5. Proceso de Tratamiento propuesto.....	80

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comportamiento de Caudales de ingreso a la PTAR.....	32
Gráfico 2. Comportamiento de Caudales de Salida de la PTAR	33
Gráfico 3. Esquema de remoción real de contaminantes (Muestra 1 y 2).	46
Gráfico 4. Esquema de remoción teórica de contaminantes (Muestra 1 y 2).	47
Gráfico 5. Curva de Comportamiento.....	62
Gráfico 6. Tendencia Poblacional – Método Aritmético.	86
Gráfico 7. Tendencia Poblacional – Método Geométrico.....	87

RESUMEN

Con el fin de mitigar los problemas de contaminación del agua provenientes de un sistema de alcantarillado convencional y que ésta sea devuelta al medio ambiente con su carga nociva nula de contaminantes, con el propósito de determinar si el agua tratada que es devuelta a una fuente de agua dulce cumple con lo estipulado en el TULSMA 2015.

Se realizó el levantamiento de información del sector en donde se encuentra la PTAR; utilizando el método volumétrico se procedió a realizar la recolección de datos de los caudales del afluente y efluente; tomando de referencia la norma NTE INEN 2 176:1998 y NTE INEN 2 169:1998 se ejecutó el muestreo del agua residual en el ingreso y salida de la PTAR, para ser analizadas sus características físico químicas en laboratorio; a continuación se efectuó la comparación con los parámetros de descarga que establece el TULSMA 2015, donde se verificó que el fósforo total, nitrógeno amoniacal, DQO y el DBO, no cumplen con lo establecido en la norma vigente, por lo cual se procedió a buscar una propuesta que permita mejorar los parámetros mencionados.

Finalmente se planteó un nuevo tren de tratamiento, incorporando un Cribado, Desarenador, Tanque Séptico, FAFA y Lecho secado de lodos, para que el agua residual tratada en la PTAR logre remover teóricamente el 90 por ciento de los contaminantes de forma eficiente; adicional se propuso un plan de operación y mantenimiento de la PTAR para garantizar su vida útil.

Palabras claves: Fósforo total, Nitrógeno amoniacal, Demanda Química, Demanda Bioquímica, Filtro percolador, Aguas residuales, Partículas sólidas y Área de Cribas .

ABSTRACT

In order to mitigate the problems of water contamination from a conventional sewage system and that it is returned to the environment with its zero harmful load of contaminants, with the purpose of determining if the treated water that is returned to a source of fresh water complies with the provisions of the TULSMA 2015.

Information was collected from the sector where the WWTP is located; Using the volumetric method, we proceeded to collect data on the flows of the tributary and effluent; Taking the NTE INEN 2 176:1998 and NTE INEN 2 169:1998 standards as a reference, residual water sampling was carried out at the entrance and exit of the WWTP, to analyze its physical-chemical characteristics in the laboratory; then the comparison was made with the discharge parameters established by the TULSMA 2015, where it was verified that the total phosphorus, ammoniacal nitrogen, COD and BOD, do not comply with the provisions of the current standard, for which we proceeded to search a proposal to improve the aforementioned parameters.

Finally, a new treatment train was proposed, incorporating a Screening, Sand Trap, Septic Tank, FAFA and dried sludge bed, so that the residual water treated in the WWTP could theoretically remove 90 percent of the contaminants efficiently; In addition, an operation and maintenance plan for the WWTP was proposed to guarantee its useful life.

Keywords: Total Phosphorus, Ammoniacal Nitrogen, Chemical Demand, Biochemical Demand, Trickling Filter, Wastewater, Solid Particles and Screening Are

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

Según la ONU se ha conseguido progresar de manera sustancial a la hora de ampliar el acceso a agua potable y saneamiento, existen miles de millones de personas (principalmente en áreas rurales) que aún carecen de estos servicios básicos. En todo el mundo, una de cada tres personas no tiene acceso a agua potable salubre, dos de cada cinco personas no disponen de una instalación básica destinada a lavarse las manos con agua y jabón, y más de 673 millones de personas aún defecan al aire libre.[1]

Puede decirse que solamente a partir de la década de los 60's, términos tales como contaminación del aire y del agua, protección del medio ambiente, ecología, pasaron a ser palabras de uso común, antes de estas fechas, estos términos o bien pasaron desapercibidos por el ciudadano medio y por toda la sociedad, al contrario era a base de ideas confusas. Desde en aquel momento, el género humano ha sido bombardeado continuamente por los medios de comunicación periódicos, radios, tv, etc. Con la terrible idea de que la humanidad estaba trabajando efectivamente para su autodestrucción a través de procesos sistemáticos de contaminación del medio ambiente, con el fin de conseguir un proceso material. Aunque la contaminación es un problema serio y, por supuesto, deseable que el ciudadano sea consciente de ello, es dudoso que la histeria de masas se en cualquier caso justificable y el instinto de conservación de las especies es una motivación básica para que la humanidad y el hombre esté equipado para corregir el deterioro del medio ambiente antes. De que sea demasiado tarde.[2]

La pandemia de la COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia vital del saneamiento, la higiene y un acceso adecuado a agua limpia para prevenir y contener las enfermedades. La higiene de manos salva vidas. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el lavado de manos es una de las acciones más efectivas que se

pueden llevar a cabo para reducir la propagación de patógenos y prevenir infecciones, incluido el virus de la COVID-19. Aun así, hay miles de millones de personas que carecen de acceso a agua salubre y saneamiento, y los fondos son insuficientes.[1]

La generación de información ambiental, dentro del ámbito de las competencias de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales del Ecuador sobre el tema: gestión de agua potable y alcantarillado en la prestación de servicios tal como estipula la Constitución de la República del Ecuador y en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización COOTAD, es de suma importancia; bajo este argumento la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), han realizado el levantamiento de información que permite presentar indicadores de gestión agua potable y alcantarillado, útiles para el seguimiento del Plan Nacional del Buen Vivir y de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que permita a los poderes del Estado diseñar políticas públicas que garanticen la sostenibilidad y el Buen Vivir (Sumak Kawsay).[3]

En la Parroquia Rural Once de Noviembre del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, se encuentra ubicada una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), la cual tiene en funcionamiento 4 años, y en todo este tiempo no ha dado un mantenimiento correcto, por ello la funcionalidad de esta no es óptima y esto ha ocasionado que el tratamiento de las aguas residuales sea deficiente.

Por tal motivo se dio seguimiento de los procesos de diferentes partes del sistema de alcantarillado de la Parroquia Rural Once de Noviembre, lo cual indica que no solo ingresa a la PTAR aguas residuales de uso doméstico, si no también , aguas residuales de la agricultura, ganadería, riego, aguas lluvias y de industrias que existen en el sector.

Es por este conocimiento realizar una evaluación y análisis del sistema de tratamiento de aguas residuales la Parroquia Rural Once de Noviembre, para establecer que grado de eficiencia tiene la PTAR, además de ello establecer un correcto control de mantenimiento que garantice un correcto funcionamiento de esta y con ello asegurar que las condiciones del agua tratada al momento de su descarga sean óptimas y con ello minimizar el impacto ambiental.

1.1.2 Justificación

El uso del agua ha venido aumentando un 1% anual en todo el mundo desde los años 80 del siglo pasado, impulsado por una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando a un ritmo parecido hasta 2050, lo que representa un incremento del 20 al 30% por encima del nivel actual de uso del agua, debido principalmente al aumento de la demanda en los sectores industrial y doméstico. Más de 2.000 millones de personas viven en países que sufren una fuerte escasez de agua, y aproximadamente 4.000 millones de personas padecen una grave escasez de agua durante al menos un mes al año. Los niveles de escasez seguirán aumentando a medida que crezca la demanda de agua y se intensifiquen los efectos del cambio climático.[4]

El agua siendo un derecho vital irrefutable para todas las nacionalidades y pueblos del mundo, se debe garantizar su estado para la conservación del ecosistema, conociendo que es un recurso natural vulnerable, que se renueva a través del ciclo hidrológico, nuestra misión esencial como usuarios principales de este recurso es devolverlo a la naturaleza con el mínimo o nulo impacto de contaminación.

Esta iniciativa no es nueva, ya que a nivel de la historia de la humanidad se ha llevado a cabo distintos métodos de depuración de las aguas residuales, tenemos como ejemplo que el siglo IV, en la antigua Roma se utilizaban Letrinas, este sistema consistía en recoger las aguas servidas de los baños públicos situados en distintos puntos de la ciudad y conducirlos por canalizaciones de desagües, en el siglo XIX en Europa se empezaron a construir Canales a Cielo Abierto y a comienzos de siglo XX, las ciudades industrializadas comenzaron a reconocer que verter directamente todos los desechos residuales a fuentes afluyentes provocaban distintos problemas sanitarios y medio ambientales.

Las aguas residuales se generan después del uso que se le da al agua limpia posteriormente del consumo diario de las personas y subsiguientemente utilizarla como elemento para el progreso de muchas acciones industriales y agrícolas, el agua en un bien limitado, por lo tanto al contaminarla nos estamos afectando a nosotros mismos

como sociedad, debido a que gracias al ciclo hidrológico si no se trata de una manera adecuada esta agua contaminada se nos será devuelta como agua lluvia y si no se tiene una correcta potabilización de este recurso esto puede generar a futuras pandemias.

La Constitución de la República del Ecuador, publicada mediante Registro Oficial No. 449 el 20 de octubre del 2008 y sus reformas definió como deberes del Estado, entre otros: garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, dentro de los cuales está el derecho humano al agua para sus habitantes, planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al Buen Vivir.[5]

La Parroquia Rural Once de Noviembre tiene presencia de una diversidad de ramas de actividad económica está enfocada en actividades tales como, la producción del maíz, seguido de la producción de leche, ganado mayor y menor en escalas muy pequeñas, así también se ve una alta presencia de la producción manufacturera de pequeñas y medianas industrias, entre otras de las actividades se encuentran las artesanías, la metalmecánica, el procesamiento de alimentos y el crecimiento del sector automotriz.[6] Todas estas actividades generan enormes cantidades de aguas residuales que sujetan varios edificadores nocivos.

El mantenimiento y monitoreo de la PTAR que se encuentra en esta parroquia es de omisa y no se le da mucha importancia, esto ocasiona que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no esté funcionando óptimamente, haciendo que las aguas tratadas se devuelvan al medio ambiente con un grado de contaminación alto y con ello no se estaría cumpliendo con el art. 14 del Título II, capítulo segundo sección segunda de la Constitución del Ecuador que denota que; todo ciudadano Ecuatoriano tiene el derecho de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Por esta razón el actual proyecto de evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Rural Once de Noviembre trazará una solución medio ambiental, que los habitantes de este sector se vean beneficiados al máximo de la obra que existe presentemente en la parroquia y con ello endosar un ambiente sano, propicio

para la vida, apto para salvaguardar la salud y sobre todo garantizar la sostenibilidad y el buen vivir de la parroquia, del Cantón de Latacunga y de la Provincia de Cotopaxi.

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 Agua

Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.[7]

1.1.3.2 Aguas Residuales

Las aguas residuales son aguas que han sido alteradas química y biológicamente después de un uso determinado.

- **Agua Residuales Urbanas**

Las aguas residuales urbanas es el resultado de la mezcla de las aguas residuales domésticas e industriales, con aguas de escorrentía pluvial .

- **Agua Residuales Domésticas:**

Las aguas residuales domésticas son aguas residuales procedentes de viviendas, después de haber dado servicio del metabolismo humano.

- **Agua Residuales Industriales:**

Son las que proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración. [8]

1.1.3.3 Características de las Aguas Residuales

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. La Tabla 1 muestra las principales propiedades físicas de agua residual así como sus principales constituyentes químicos, biológicos, y su procedencia. [9]

Tabla 1. Características biológicas del agua residual y su procedencia.

CARACTERÍSTICAS		PROCEDENCIA	
FÍSICAS	COLOR	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.	
	OLOR	Agua residual en descomposición, residuos industriales.	
	SÓLIDOS	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.	
	TEMPERATURA	Aguas residuales domésticas e industriales.	
QUÍMICAS	ORGÁNICOS	Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Grasas animales	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Pesticidas	Residuos agrícolas.
		Fenoles	Vertidos industriales.
		Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Compuestos orgánicos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
	Otros	Degradación natural de materia orgánica.	
	INORGÁNICOS	Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
		Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
		Metales pesados	Vertidos industriales.
		Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
		Ph	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fósforo		Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.	
Contaminantes prioritarios		Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.	

Fuente: METCALF & EDDY[9]

Tabla 2. Características biológicas del agua residual y su procedencia. (Continuación)

CARACTERÍSTICAS		PROCEDENCIA	
BIOLÓGICAS	ANIMALES	Cursos de agua y plantas de tratamiento.	
	PLANTAS	Cursos de agua y plantas de tratamiento.	
	PROTISTAS	Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
		Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
	VIRUS	Aguas residuales domésticas.	

Fuente: METCALF & EDDY[9]

1.1.3.3.1 Características Físicas

Este tipo de características son consideradas las más importantes del agua residual ya que son el contenido total de sólidos, por ende engloba las materias sedimentables, en suspensión, disuelta y la materia coloidal. Los sólidos totales pueden ser filtrables y no filtrables.[10]

1.1.3.3.2 Características Químicas

Este tipo de características involucran tanto la materia orgánica, materia inorgánica así también como los gases que son producidos por dicha materia. Aproximadamente el 75% de los sólidos en suspensión y el 40% que corresponde a los sólidos filtrables de las aguas residuales son de naturaleza orgánica. Por otro lado los constituyentes inorgánicos afectan de forma considerable a los usos de agua por lo que es de mucha importancia examinar la naturaleza de algunos de ellos como son el nitrógeno y fósforo.[10]

1.1.3.3.3 Características Biológicas

Los cuerpos de microorganismos, organismos patógenos y bacterias que se encuentran presentes en las aguas residuales son analizados para saber qué porcentaje estas características trabajan en la descomposición y estabilización de materia orgánica

1.1.3.4 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

En su forma más simple, una planta de tratamiento de aguas residuales evacúa sólidos, reduce la orgánica y los contaminantes y restaura la presencia de oxígeno. Los sólidos incluyen todo, desde trapos y maderas, a arena y partículas pequeñas que se encuentran en las aguas residuales. La reducción de la materia orgánica y de los contaminantes es llevada a cabo usando bacterias útiles y otros microorganismos que se usan para consumir la materia orgánica en el agua residual. Las bacterias y los microorganismos son luego separados del agua. La restauración del oxígeno es importante ya que el agua debe tener suficiente oxígeno para sostener la vida.[11]

1.1.3.5 Funcionamiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

1.1.3.5.1 Tratamiento Primario

Los desagües sanitarios o separados llevan las aguas residuales desde las casas y negocios a la planta de tratamiento; otros drenajes combinados llevan el agua de tormenta de los drenajes de aguas pluviales.[11]

- **Reservorio**

Los reservorios sirven para el almacenaje de las aguas residuales a largo plazo. El propósito del almacenamiento es para poder descargar los efluentes en el período deseado del año y obtener efluentes de alta calidad.[11]

- **Área de Cribas**

Permiten el paso del agua pero no de la basura tales como trapos o palos. La basura es recolectada y luego se dispone de ella. La basura va a una moledora o pulverizadora y es luego desaguada antes de disponerse de ella.[11]

- **Separadores de Partículas Sólidas**

Es una cámara de sedimentación que es, esencialmente, un tanque grande. Esto disminuye el caudal del agua. Posteriormente, se deja que la arena, las partículas sólidas

y otros sólidos pesados se asienten al fondo. Las partículas sólidas son luego arrastradas, secadas y se dispone de ellas, usualmente como relleno.[11]

- **Sedimentación Primaria**

Involucra la evacuación de tanta materia sólida remanente como sea posible. El drenaje fluye hacia grandes tanques llamados Tanques de Sedimentación Primaria donde las partículas más pequeñas se asientan en el fondo. Un Lodo Primario o Lodo Crudo es barrido por restregadores eléctricos hacia una tolva y luego es bombeado a la planta de asimilación de lodos. El líquido restante llamado Efluente Primario pasa a un tratamiento secundario o proceso de sedimentación secundario.[11]

1.1.3.5.2 Tratamiento Secundario

El propósito del Tratamiento Secundario es completar el proceso de tal modo que se evacúe el 90% de los contaminantes. El equipo usado es un Tanque de Aireación que proporciona enormes cantidades de aire a una mezcla de aguas residuales, bacterias y otros microorganismos. El oxígeno en el aire acelera el de microorganismos útiles que consumen la materia orgánica dañina en el agua residual.[11]

1.1.3.5.3 Tanque de Sedimentación Secundario

Permite a los microorganismos y a los residuos sólidos crear cúmulos y asentarse. Alguna de esta mezcla llamada Lodo Activado, puede mezclarse nuevamente con aire y usarse en el Tanque de Aireación. El lodo proceso de Sedimentación Secundaria y también en del proceso de Sedimentación Primaria son bombeados a una digestora de lodos donde un tipo distinto de microbio destruye los materiales degradables y de mal y lo convierte en un gas (gas de lodo) que contiene metano. Este proceso toma de tres a cuatro semanas.[11]

1.1.3.5.4 Tratamiento Terciario

Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias. Una mejor posibilidad para el tratamiento terciario consiste en agregar uno o más

estanques en serie a una planta de tratamiento convencional. El agregar esos estanques de “depuración” es una forma apropiada de mejorar una planta establecida de tratamiento de aguas residuales, de modo que se puedan emplear los efluentes para el riego de cultivos o zonas verdes y en acuicultura.[11]

1.1.3.5.5 Desinfección

La última parte del proceso es la adición de un desinfectante como el cloro. Este se agrega usualmente al agua residual antes de que salga de la planta de tratamiento. El desinfectante mata los organismos de enfermedades en el agua.[11]

1.1.3.5.6 Secado de Lodos

Los lodos pueden ser tratados o espesados para quitarles algo de agua y luego seguir siendo procesados estabilización. En este proceso, se permite que el lodo crudo se descomponga en los tanques de asimilación. Se usan unos químicos especiales para la estabilización. El lodo estabilizado no tiene olor y está libre de organismos causantes de enfermedades. 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 usado como acondicionador de suelos. Usando ciertos procesos, el lodo puede ser usado también para producir gas metano. El metano puede luego ser quemado para abastecer de energía a una pequeña planta eléctrica o para otros propósitos. Si el lodo no puede ser usado con seguridad, es quemado en rellenos sanitarios aprobados o quemado usando tecnología especial para prevenir la contaminación del aire.[11]

1.1.3.6 Agua Residual Tratada

El agua residual tratada es el resultado de un proceso combinado de aspectos físicos, químicos y biológicos, haciéndola apta para ser devuelta al medio ambiente o ser reutilizada para el uso público.

El Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), correspondiente al 2015, es el texto vigente que establece parámetros establecidos por la Ley para Ecuador.

El TULSMA, dispone que para distintos sistemas de alcantarillados sujetas a regularizaciones deben cumplir distintos parámetros y valores establecidos para los límites de descarga al sistema de alcantarillado público, a un cuerpos de agua dulce y a un cuerpo de agua marina, siendo estos valores medios diarios.

Tabla 3. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	U	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70.0
Explosivas o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio	-----	mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	1.0
Cinc	Zn	mg/l	10.00
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cobalto total	Co	mg/l	0.5
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0.2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de oxígeno	DBO5	mg/l	250.0

Fuente: TULSMA[12]

Tabla 4. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. (Continuación)

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	U	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	500.0
Dicloreotileno	Dicloroetanol	mg/l	1.0
Fósforo total	P	mg/l	15.0
Hidrocarburos totales de petróleo	TP H	mg/l	20.0
Hierro total	Fe	mg/l	25.0
Magnesio total	Mn	mg/l	10.0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	60.0
Organofosforados	Especies totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.5
Plomo	Pb	mg/l	0.5
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 a 9
Selenio	Se	mg/l	0.5
Sólidos sedimentables	SD	mg/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
Sulfuros	S	mg/l	1.0
Temperatura	°C	mg/l	<40.0
Tensoactivos	Sustancias activas alazul de metileno	mg/l	2.0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1.0

Fuente: TULSMA[12]

Tabla 5. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30.0
Alkil y grasas		mg/l	no detectable
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2.0
Boro total	B	mg/l	2.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5.0
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cloruros	Cl	mg/l	1000.0
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000.0
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100.0
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200.0
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0

Fuente: TULSMA[12]

Tabla 6. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Continuación)

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	U	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Fósforo total	P	mg/l	10.0
Hierro total	Fe	mg/l	10.0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20.0
Manganeso total	Mn	mg/l	2.0
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30.0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	50.0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 a 9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	130.0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600.0
Sulfatos	SO ₄ -2	mg/l	1000.0
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C	mg/l	Condición natural±3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0

Fuente: TULSMA[12]

Tabla 7. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			DESCARGAS EN ZONAS DE ROMPIENTES	DESCARGA EN EMISARIOS SUBMARINOS
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30.0	30.0
Arsénico total	As	mg/l	0.5	0.5
Aluminio	Al	mg/l	5.0	5.0
Cianuro total	CN-	mg/l	0.2	0.2
Cinc	ZN	mg/l	10.0	10.0
Cobre	Cu	mg/l	1.0	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100m l	2000	2000
Color	Color verdadero	u	Inapreciable: 1/20	Inapreciable: 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2	0.2
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	200	400
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	400	600

FUENTE: TULSMA[12]

Tabla 8. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina (Continuación)

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	U	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			DESCARGA EN ZONAS DE ROMPIENTES	DESCARGA EN EMISARIOS SUDMARINOS
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01	0.01
Nitrógeno total Kdedahl	N	mg/l	40	40
Potencial de hidrógeno	hH		6 a 9	6 a 9
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	250	250
Sulfuros	S	mg/l	0.5	0.5
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	50	50
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	ug/l	100	100
Carbonatos	Especies totales	mg/l	0.25	0.25
Temperatura	°C		<35	<35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5	0.5

FUENTE: TULSMA[12]

1.1.3.7 Norma para descarga de afluentes al sistema de alcantarillado

Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. Las descargas tratadas deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 3.[12]

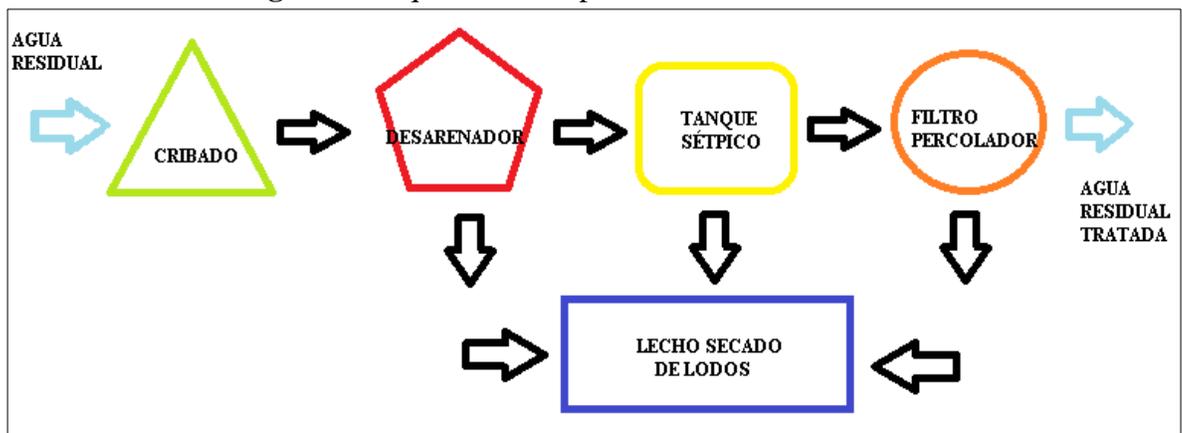
Las descargas líquidas provenientes de sistemas de potabilización de agua no deberán disponerse en sistemas de alcantarillado, a menos que exista capacidad de recepción en la planta de tratamiento de aguas residuales, ya sea en funcionamiento o proyectadas en los planes maestros o programas de control de la contaminación, en implementación. En cuyo caso se deberá contar con la autorización de la Autoridad Ambiental Nacional o la Autoridad Ambiental Competente que corresponda.[12]

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado sanitario, combinado o pluvial cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, aceites minerales usados, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e) Cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno y sustancias tóxicas.[12]

1.1.3.8 Componentes para el tratamiento de aguas residuales

Figura 1. Esquema de los procesos de la PTAR



Fuente: El autor

En la Figura 1, se presenta un esquema de cómo es el funcionamiento de una PTAR, la misma está conformada de un sistema hidráulico en el cual se desarrollan distintos procesos físicos, químicos y biológicos, que tienen como propósito tratar las aguas residuales para posteriormente la misma ser liberada al medio ambiente de una forma segura.

1.1.3.8.1 Cribado

Rejas o rejillas de barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas. Su función es retener sólidos gruesos que floten o que se encuentren suspendidos en el agua. Pueden ser de limpieza manual (gruesas) o de limpieza mecánica (finas).[13]

1.1.3.8.2 Desarenador

Estructuras destinadas a remover arenas y otros guijarros presentes en las aguas residuales. Los desarenadores pueden ser rectangulares o circulares; de flujo horizontal o helicoidal; aireados o no; de limpieza manual o mecánica. Tienen como función prevenir la de equipos mecánicos, evitar la sedimentación de arenas en tuberías, canales y tanques ubicados aguas abajo.[13]

1.1.3.8.3 Tanque Séptico

Estructura es una módulo de tratamiento primario cuya función es la remoción de sólidos suspendidos, también denominada tanque doble cara, en la parte superior de la cámara funciona la zona de sedimentación, encargada de decantar los sólidos y en la parte inferior se encuentra la zona de digestión, en esta zona los sólidos decantados son digeridos de una forma anaeróbica.[14]

1.1.3.8.4 Filtro Percolador

Tanque donde se deposita el agua residual tratada para finalizar su tratamiento, este filtro es netamente biológico, es decir trabaja como un reactor natural dentro del cual

microorganismos se encargan de depurar las aguas residuales en su etapa final, previa a ser devuelta al medio ambiente. [15]

1.1.3.8.5 Lecho Secado de Lodo

Los lechos de secado de lodos básicamente son tanques poco profundos conformados con arena y grava en los que se depositan los lodos obtenidos en el proceso de la PTAR, dicho tanque se basa en el drenar los líquidos a través de un medio filtrante (arena) y posteriormente la evaporación del agua que se encuentra en la superficie. El lecho por lo general es de forma rectangular y el proceso de secado depende fundamentalmente de las condiciones climáticas por lo que varían los días de secado, una vez que se seca el material se procede a retirar para su estabilización en compostaje o en su vez puestos en el relleno sanitario.[10]

1.1.3.8.6 Desinfección

La desinfección consiste en la destrucción de las bacterias y organismos que causan enfermedades provenientes de los residuos fecales mediante la aplicación de un agente de desinfección. De los desinfectantes más corrientes por lo general el cloro es el más utilizado además del bromo y el yodo. Es de mucha importancia que los desinfectantes sean muy seguros en el momento de su manejo y aplicación así también como la concentración en la aplicación sea cuantificable y medible.[10]

1.1.3.8.7 Porcentaje de remoción teórica por procesos

El porcentaje de remoción de contaminantes trata en hacer una comparación de los componentes tóxicos que tienen las aguas residuales al ser ingresada a la PTAR y conferir con el agua tratada que sale de la misma, conociendo que este rendimiento dependerá de cada proceso interno unitario y su capacidad de remover los contaminantes, según las unidades de tratamiento, los mismos se expresan en la siguiente Tabla 9.

Tabla 9. Rendimiento de eliminación de contaminantes según las unidades de tratamiento

Unidades de tratamiento	Rendimiento de eliminación del constituyente, porcentaje.					
	DBO	DQO	SS	Pb	N-Org	NH ₃ -N
Rejas de barras	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Desarenadores	0-5 d	0-5 d	0- 10 d	Nulo	Nulo	Nulo
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Fangos activados (proceso convencional)	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
Filtros percoladores						
Alta carga, medio pétreo	65-80	60-80	60-80	8-12	15-50	8-15
Carga muy alta, medio sintético	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15
Biodiscos (RBCs)	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
Cloración	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo

Fuente: METCALF & EDDY[9]

1.1.3.8.8 Parámetros Típicos para la evaluación de la calidad del agua residual

➤ Parámetro Químico – Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5)

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno (DBO5), que requieren los microorganismos para estabilizar la materia orgánica biodegradable en condiciones anaerobias. La demanda bioquímica de oxígeno es del parámetro más usado para medir la calidad de agua residual y superficial. Para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua para diseñar unidades de tratamiento biológico para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas de orgánicas permisibles en fuentes receptoras. [16]

➤ Parámetro Químico – Demanda Química del Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO), se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable, mediante un agente químico oxidante fuerte por lo general dicromato de potasio; en un medio ácido y a altas temperaturas. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata. Compuestos inorgánicos que interfieren con el ensayo, como los cloruros, pueden causar resultados erróneos en la demanda química del oxígeno.[16]

➤ **Parámetro Químico – Potencial de Hidrógeno (pH)**

El potencial de hidrógeno es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de iones de hidrógeno. Aguas residuales de concentraciones adversas de iones de hidrógeno son difíciles de tratar, biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y, eventualmente son faltantes para los microorganismos. Aguas con pH menor a 6,0 en tratamiento biológico favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias, a pH bajo el poder bactericida del cloro es mayor, porque predomina el ácido hipocloroso (HOCl); a pH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal se presenta de la forma gaseosa no iónica, llamada amoniaco (NH₃), la cual es tóxica, pero también removible con arrastre de aire, especialmente el pH de 10,5 a 11,5. El valor de pH apropiado para diferentes procesos de tratamientos y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6,5 a 8,5.[16]

➤ **Parámetro Gaseoso – Nitrógeno Total (N)**

Nutriente esencial para el crecimiento de próstias y plantas. Las formas de interés en aguas residuales son las del nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y nitratos. Todas son formas, inter concebibles, bioquímicamente y competentes del ciclo del nitrógeno, se denomina NTK nitrógeno Kjeldhal, al nitrógeno orgánico, más el nitrógeno amoniacal. Los datos del nitrógeno son necesarios para evaluar la tratabilidad de las aguas residuales por tratamientos biológicos; un agua residual con contenido insuficiente de nitrógeno puede requerir

la adición de nitrógeno para su adecuada biodescomposición. En otros casos, cuando se exige control de eutrofización de las fuentes receptoras, la remoción de nitrógeno, en el agua residual puede ser una condición del tratamiento.[16]

➤ **Parámetro Gaseoso – Fósforo Total (P)**

Como el nitrógeno es esencial para el crecimiento de protistas y plantas.

Debido a los crecimientos indeseables de algas que ocurren en aguas superficiales, existe un marcado interés en removerlo de las aguas residuales, el agua residual doméstica contiene el fósforo y contenido de fósforo oscila entre 2 y 20 mg/L.[16]

➤ **Parámetro Físico – Sólidos Suspendidos (SS)**

Parámetro también llamado como sólidos en suspensión. Se describen como diminutas partículas sólidas que permanecen en suspensión en el agua, como coloide o debido al movimiento del agua, debido a su tamaño, que generalmente es grande estos sólidos se pueden eliminar mediante la sedimentación. Los sólidos suspendidos pueden trabajar como indicadores de la calidad del agua y del grado de contaminación de las aguas residuales en general.

1.1.4 Hipótesis

1.1.4.1 Hipótesis de Trabajo

La planta de tratamiento de aguas residuales pertenecientes a la Parroquia Rural Once de Noviembre del cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi no se encuentra funcionando de forma correcta en sus condiciones actuales.

1.1.4.2 Hipótesis Nula

La planta de tratamiento de aguas residuales pertenecientes a Parroquia Rural Once de Noviembre del cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi se encuentra funcionando de forma correcta en sus condiciones actuales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales de la Rural Once de Noviembre del cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de información de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Evaluar el proceso de tratamiento y equiparlo con el cumplimiento de la normativa ambiental.
- Evaluar el proceso de tratamiento y compararlo con el cumplimiento de la norma TULSMA 2015.
- Realizar las respectivas recomendaciones sobre el diseño, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipos utilizados

Cada uno de los materiales y equipos utilizados para la presente exploración cumplieron un papel muy fundamental, para el progreso del toma y recopilación de datos , ayudando de mucho en la obtención de resultados fiables.

Tabla 10. Materiales

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cámara Fotográfica	1	u
Balde 20 Lt	1	u
Tablero de Madera of	1	u
Hojas de Papel Bond	1	resma
Cinta métrica 30m	1	u
Flexómetro 5m	1	u
Cronómetro	1	u
Hielo	1	Kg
Hielera Mini NYC 4.7 lt	1	u
Agua Destilada	3	Lt
Toallas Absorbentes	1	rollo
Botella Esteril de cristal 500ml	2	u
Esferográficos	2	u
lápiz	1	u
Cuaderno	1	u
Computadora	1	u
Impresora	1	u
Dron Mavic2	1	u

Fuente: El autor

Utilizar el equipo de protección personal propicio para realizar las actividades de toma de información y recopilación de datos, fue muy importante y adecuados para este determinado trabajo en campo , ya que no se pudo aislar o eliminar un riesgo directo al contagio de algún tipo de enfermedad, por el motivo que se estuvo expuesto al manipular las aguas residuales de forma directa .

El equipo de seguridad utilizado en la presente investigación se puede corroborar en la tabla 11.

Tabla 11. Equipos de Protección Personal

EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD
Alcohol	1	Lt
Botas de seguridad de caucho	1	par
Mandil	1	u
Guantes de Nitrilo	2	pares
Guantes de Látex	6	pares
Gafas de protección visual	7	pares
Mascarillas KN 95	7	u

Fuente: El autor

2. 2 Metodología

La presente investigación tiene como orientación, realizar la evaluación del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la Parroquia Rural Once de Noviembre del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, donde se llevarán a cabo las siguientes fases:

- FASE 1: Información del sector.

Recopilación de datos existentes como dimensiones de la estructura de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la Parroquia Rural Once de Noviembre del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, año de construcción, actividades socioeconómicas de la parroquia, población actual, etc.

- FASE 2: Recolección de datos de caudales de Afluentes y Efluentes.

Investigación de campo, donde hay que realizar una medición de caudales de entrada y salida para hacer un muestreo del agua residual en una hora máxima.

- FASE 3: Investigación de Laboratorio, Análisis de laboratorio de las características fisicoquímicas del agua.

Investigación de laboratorio donde se realiza la recolección un muestreo del tipo de agua que ingresa a la planta de tratamiento, de la misma forma se tomará una muestra de agua la salida de la PTAR, posteriormente estas muestras se las llevará a un laboratorio para determinar el porcentaje de Nitrógeno amoniacal, DBO5, DQO, fósforo total, aceites y grasas, nitrógeno total, detergentes, que tendrá el agua residual.

- FASE 4: Análisis y verificación de funcionamiento

Verificamos el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales ha sido una comparación de la cantidad de componentes que ingresa, a la planta con la cantidad de componentes que sale una vez que el agua residual es tratada, basándonos de la norma TULSMA, para descargas a una cuerpo de agua dulce (ríos).

- FASE 5: Diagnóstico General de la PTAR

En esta fase última se realizará un diagnóstico general de la planta de tratamiento de aguas residuales, donde se presentará un modelo de solución, en las partes de la estructura que no se encuentren funcionando de una manera adecuada, donde esto permitirá mejorar los parámetros ambientales, ya que los caudales de salida serán liberados directamente en un cuerpo de agua dulce.

2. 2. 1 FASE 1: Información del sector.

La Parroquia Once de Noviembre se encuentra ubicada en la parte occidental del cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

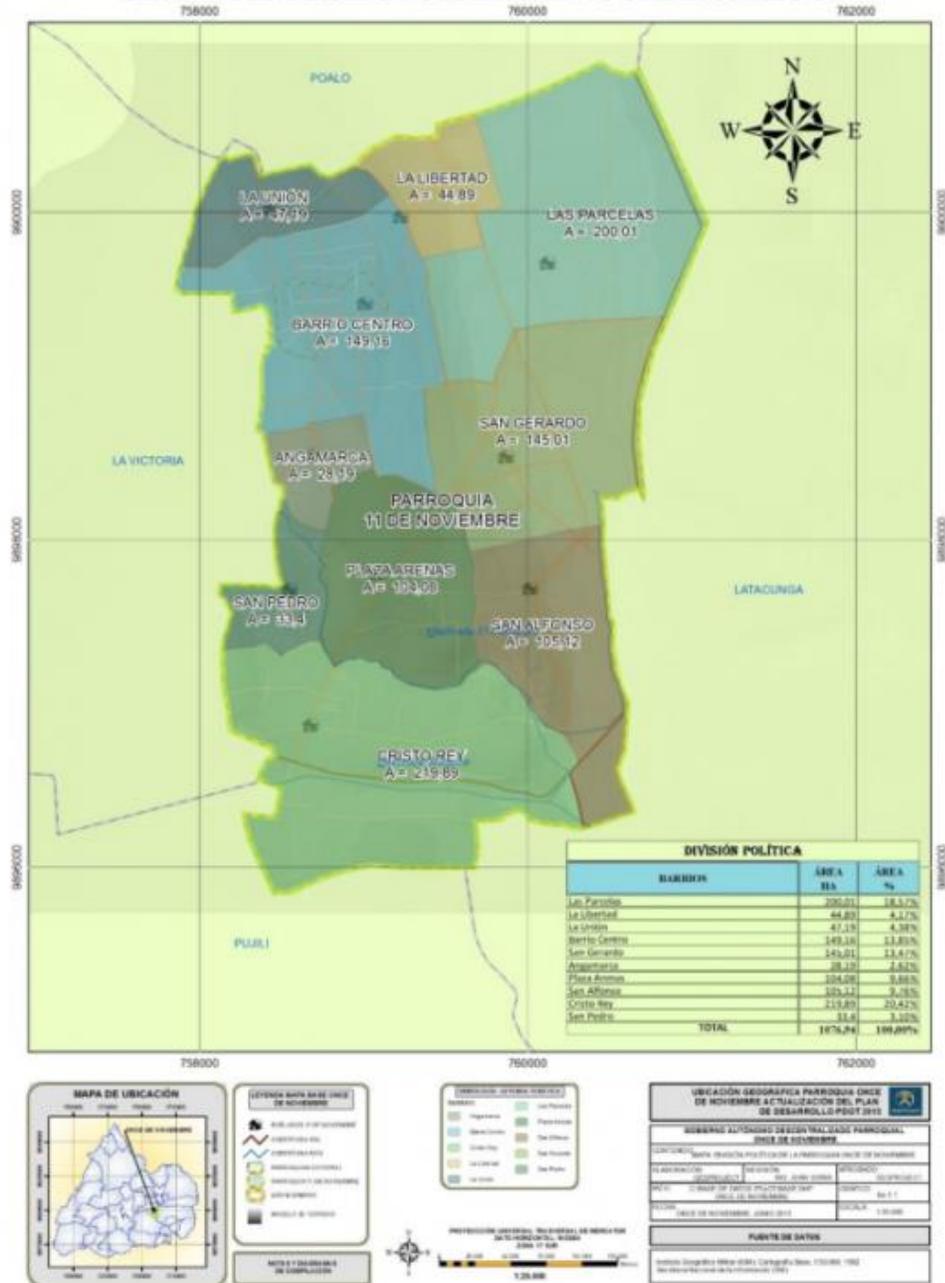
Antes de 1938 a la Parroquia se le conocía con el nombre del caserío de San José de Ilinchisi, en 1939, por Acuerdo Ejecutivo No. 417, con fecha 8 de junio de 1939, se eleva a “Parroquia Once De Noviembre”; desde ese momento es parte de las parroquias rurales que pertenecen al cantón Latacunga en la provincia de Cotopaxi. La junta parroquial Once de Noviembre se constituye en calidad de parroquia rural, el 20 de octubre del 2000. [6]

La Parroquia Once de Noviembre es una zona privilegiada, ya que se encuentra en una pequeña llanura en la zona alta entre la ciudad de Latacunga y la parroquia la Victoria, encontrándose en el centro de las parroquias Poaló, la Victoria, el Cantón Latacunga y el Cantón Pujilí. Posee tres pisos climáticos, con temperaturas que van de diez a doce grados; otra que va de doce a catorce, y un tercero que va de trece a quince grados. Además, se debe indicar que la zona alta se encuentra a 2.950 metros sobre el nivel del mar, y la zona baja a . metros sobre el nivel del mar que corresponde a los barrios San Gerardo y Las Parcelas respectivamente. La parroquia tiene una extensión de 9, 20 km² de acuerdo con la cartografía referencial del INEC.[6]

En cuanto a su limitación geográfica la Parroquia Once de Noviembre se encuentra de la siguiente manera: Al Norte: parroquia Poaló; al Sur el cantón Pujilí; al Este la parroquia Eloy Alfaro; y, al Oeste la parroquia La Victoria perteneciente al cantón Pujilí. La Parroquia Once de Noviembre se encuentra ubicada en el sector centro del Ecuador, en la provincia de Cotopaxi, en el cantón Latacunga, la parroquia es la más pequeña dentro del cantón de Latacunga. [6]

Figura 2. Mapa Político de la parroquia Once de Noviembre

**MAPA DE POLÍTICO ADMINISTRATIVO DE LA PARROQUIA ONCE DE NOVIEMBRE
PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2015**



Fuente: El autor

Las coordenadas UTM con respecto al Instituto Geográfico Militar: Latitud: N 9900000 N 9899000 y Longitud: E 75800 E 759000.[6]

Para llegar a la Parroquia Once De Noviembre, partiendo del centro de la ciudad de Latacunga hacia el Oeste, se toma la vía que conduce al cantón Pujilí; de la ciudad de Latacunga, aproximadamente con un viaje de 10 minutos se llega al sitio conocido o denominado Los Hornos y tomando la dirección al noreste vía que conduce a Poaló, con 3 kilómetros de distancia, se encuentra la cabecera parroquial San José De Ilinchisi-Parroquia Once De Noviembre.[6]

La principal actividad económica que tiene la parroquia Once de Noviembre es la agricultura y la ganadería; en la agricultura se puede encontrar bastos sembríos de maíz, fréjol, habas, chocho, quinua, trigo y cebada. Y en la ganadera se dedican a la crianza de animales como ganado, cerdo, animales pequeños como los cuyes, conejos y gallinas. Esos productos tanto el agrario como el ganadero son comercializados en las ferias cercanas a la parroquia, como son las de Saquisilí, Pujilí, Salcedo y Machachi.[6]

Imagen 1. Parque central de la Parroquia Once de Noviembre



Fuente: El autor

Según el censo del año 2010, la parroquia Once de Noviembre tenía una población de 1988 habitantes, en su mayoría mujeres quienes sumaban un total de 1.044, en tanto que los hombres eran 944. Para el año 2020, aplicando la fórmula de proyección poblacional, en la parroquia habitan 2398 habitantes, siendo aún mayoría las mujeres. [6]

De este total solo 10 % de la población total de la Parroquia tiene el servicio de alcantarillado y el 90% disponen de letrinas, pozos sépticos , etc. [6]

La PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre cuenta con una extensión de superficie de 424 m² y consta con varios procesos unitarios que son los siguientes: Rejilla de entrada, Desarenador, Tanque Séptico, Filtro anaeróbico de flujo descendente y un lecho de lodos, los mismos que realizan la desinfección de las aguas residuales.

Imagen 2. PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)



Fuente: El autor

2. 2. 2 FASE 2: Recolección de datos de caudales de Afluentes y Efluentes.

2. 2. 2. 1 Medición de Caudales – Método Volumétrico

El método volumétrico consiste en determinar caudales muy pequeños, generalmente para proyectos de riego, se utiliza para poder determinar la capacidad de un reservorio a ser almacenado con agua. Este método se basa en medir el tiempo que demora en llenarse un balde de un volumen conocido. Al dividir la capacidad del balde (litros) por el tiempo empleado (segundos) se obtiene el caudal en l/s, como se indica en la siguiente fórmula:[17]

$$\text{Caudal, } Q \left(\frac{L}{s} \right) = \frac{\text{Volumen del balde (Litros)}}{\text{Tiempo que demora en llenarse (s)}}$$

Para la medición de caudales en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la parroquia Once de Noviembre se utilizó el método volumétrico, para lo cual se utilizó un balde de 20 Ltrs y un cronómetro.

El procedimiento fue el siguiente:

- Se identificó el pozo de revisión en la entrada de la PTAR.
- Se Introdujo el balde de 20 Ltrs, el pozo de revisión en la entrada de la PTAR.
- Se realizó las mediciones durante el periodo de una semana (7 días), desde el día lunes 15 de agosto de 2022, al 21 de agosto de 2022; por un tiempo consecutivo de 12 horas (de 7:00 a 19:00).
- Se ejecutó esta medición en dos puntos, en la entrada de la PTAR y en la salida de esta.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio
7:00-8:00	0.441	0.521	0.571	0.501	0.551	0.601	0.651	0.548
8:00-9:00	0.432	0.611	0.561	0.631	0.581	0.531	0.481	0.547
9:00-10:00	0.583	0.526	0.576	0.506	0.556	0.412	0.610	0.538
10:00-11:00	0.521	0.621	0.571	0.641	0.591	0.541	0.491	0.568
11:00-12:00	0.412	0.372	0.422	0.352	0.402	0.452	0.502	0.416
12:00-13:00	0.621	0.451	0.401	0.471	0.421	0.371	0.321	0.437
13:00-14:00	0.583	0.526	0.576	0.506	0.556	0.606	0.656	0.573
14:00-15:00	0.241	0.135	0.185	0.255	0.254	0.253	0.252	0.225
15:00-16:00	0.332	0.245	0.295	0.225	0.275	0.325	0.375	0.296
16:00-17:00	0.239	0.337	0.287	0.357	0.307	0.257	0.207	0.284
17:00-18:00	0.548	0.487	0.537	0.467	0.517	0.567	0.617	0.534
18:00-19:00	0.552	0.496	0.446	0.516	0.466	0.416	0.366	0.465

Tabla 12: Resumen de la toma de caudales de Ingreso de la PTAR (lt/s).

Fuente: El autor

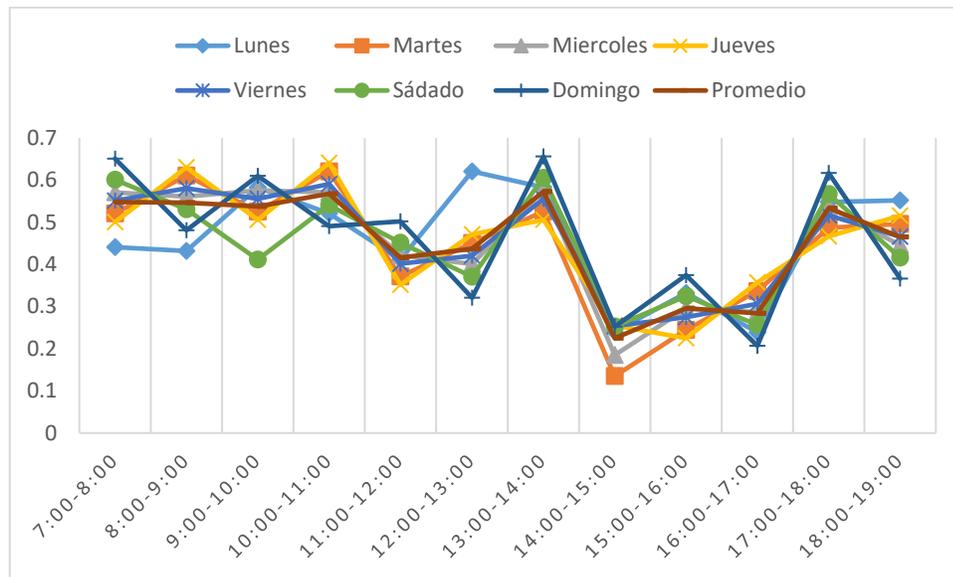


Gráfico 1. Comportamiento de Caudales de ingreso a la PTAR.

Fuente: El autor.

Tabla 13: Resumen de la toma de caudales de Salida de la PTAR (lt/s).

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio
7:00-8:00	0.341	0.481	0.471	0.471	0.521	0.371	0.611	0.467
8:00-9:00	0.311	0.571	0.461	0.601	0.551	0.401	0.441	0.477
9:00-10:00	0.52	0.486	0.476	0.476	0.526	0.376	0.616	0.497
10:00-11:00	0.491	0.581	0.471	0.611	0.561	0.411	0.451	0.511
11:00-12:00	0.382	0.332	0.322	0.322	0.372	0.222	0.462	0.345
12:00-13:00	0.591	0.411	0.301	0.441	0.391	0.241	0.281	0.380
13:00-14:00	0.512	0.711	0.701	0.701	0.751	0.601	0.841	0.688
14:00-15:00	0.211	0.095	0.085	0.225	0.175	0.025	0.212	0.147
15:00-16:00	0.302	0.205	0.195	0.195	0.245	0.095	0.335	0.225
16:00-17:00	0.209	0.297	0.187	0.327	0.277	0.127	0.167	0.227
17:00-18:00	0.518	0.447	0.437	0.437	0.487	0.337	0.577	0.463
18:00-19:00	0.522	0.456	0.346	0.486	0.436	0.286	0.326	0.408

Fuente: El autor.

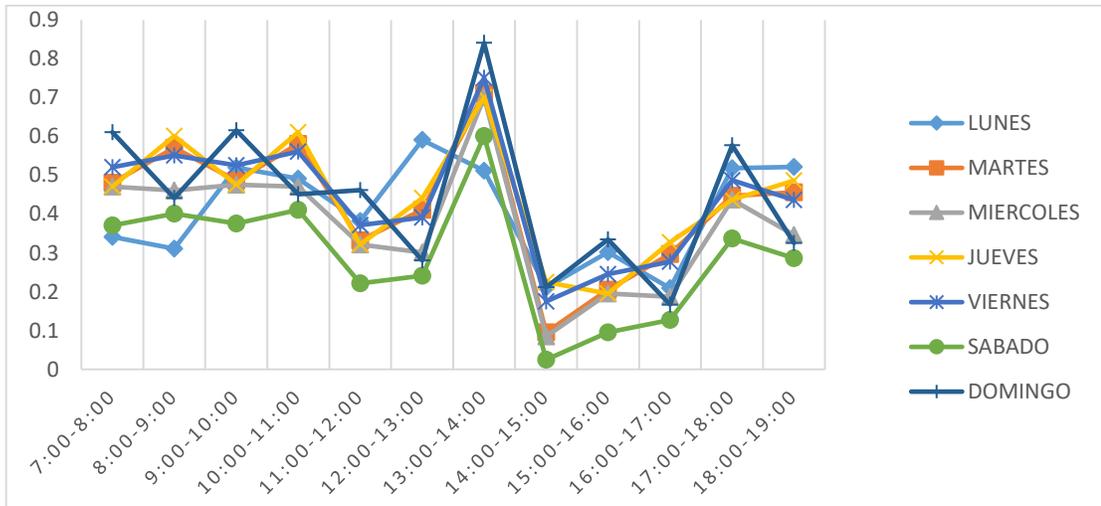


Gráfico 2. Comportamiento de Caudales de Salida de la PTAR

Fuente: El autor

Una vez terminada la medición de caudales, se pudo llegar a la conclusión que en el horario de 13:00 a 14:00 de la tarde, existe una mayor cantidad de caudal, y de 14:00 a 15:00 fue la hora en la cual se tuvo el caudal más bajo, ya que a esa hora los pobladores salen de sus viviendas a realizar sus actividades de agricultura. Se escoge el valor 0.573 lt/s, caudal promedio como el caudal de diseño.

Imagen 3. Toma de caudales de ingreso de la PTAR



Fuente: El autor

Imagen 4. Toma de caudales de salida de la PTAR



Fuente: El autor

2. 2. 3 FASE 3: Análisis de laboratorio de las características del agua residual

Para realizar los análisis de laboratorio se tomaron dos muestras en puntos diferentes, una muestra se tomó en la entrada de la PTAR (afluentes) y la segunda muestra se tomó en la salida de la PTAR (efluentes), el día 12 de agosto, según las indicaciones establecidas por la norma NTE INEN 2 176:1998 y NTE INEN 2 169:1998

Imagen 5. Muestro de la afluentes de la PTAR



Fuente: El autor

Imagen 6. Muestra de la efluentes de la PTAR



Fuente: El autor

Imagen 7. Identificación de muestras obtenidas



Fuente: El autor

Imagen 8. Conservación de muestras obtenidas



Fuente: El autor

Tabla 14: Resultados del análisis de agua ingreso PTAR (muestra 1)

Se toma de referencia la norma NTE INEM – ISO 748. Hidrometría, medida de caudal de líquidos en canales abiertos.

Análisis solicitado	ITE-SAVW	Método / Norma referencia	Unidades	Resultado	Incertidumbre
Potencial Hidrogeno*	ITE-SAVW-05	HACH 10076	Unidades de pH	7.36	± 0.056
Conductividad*	ITE-SAVW-14	HACH 10025	µS/cm	1586	± 0.447
Sólidos Suspendidos Totales*	ITE-SAVW-9	HACH 8011	mg/L	322.65	± 0.005
Sólidos Disueltos*	ITE-SAVW-10	HACH 8006	mg/L	792	± 0.351
Oxígeno Disuelto*	ITE-SAVW-25	HACH 8166	mg/L	2.98	± 0.039
Fosforo*	ITE-SAVW-53	HACH 8021	mg/L	52.6	± 0.008
Nitrógeno total Kjeldahl*	ITE-SAVW-36	HACH 8030	mg/L	58.50	± 0.078
Nitrógeno amoniacal*	ITE-SAVW-37	HACH 8030	mg/L	43.5	± 0.013
Demanda Química de Oxígeno*	ITE-SAVW-43	HACH 8048	mg/L	476.05	± 0.052
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5*	ITE-SAVW-44	HACH 8057	mg/L	228.85	± 0.034
Coliformes Fecales**	-----	NTE INEN 1529-8	NMP/100mL	350000	-----

Fuente: SAVEWATER- INGENIERIA, MONITOREO, CONTROL Y CALIDAD DEL AGUA

Tabla 15: Resultados del análisis de agua salida PTAR (muestra 2)

Se toma de referencia la norma NTE INEM – ISO 748. Hidrometría, medida de caudal de líquidos en canales abiertos.

Análisis solicitado	ITE-SAVW	Método / Norma referencia	Unidades	Resultado	Incertidumbre
Potencial Hidrogeno*	ITE-SAVW-05	HACH 10076	Unidades de pH	8.21	± 0.042
Conductividad*	ITE-SAVW-14	HACH 10025	µS/cm	1418	± 0.725
Solidos Suspendidos Totales*	ITE-SAVW-09	HACH 8011	mg/L	78	± 0.085
Solidos Disueltos*	ITE-SAVW-10	HACH 8006	mg/L	698	± 0.418
Oxígeno Disuelto*	ITE-SAVW-25	HACH 8166	mg/L	2.60	± 0.106
Fosforo*	ITE-SAVW-53	HACH 8021	mg/L	49.8	± 0.012
Nitrógeno total Kjeldahl*	ITE-SAVW-36	HACH 8030	mg/L	49.50	± 0.129
Nitrógeno amoniacal*	ITE-SAVW-37	HACH 8030	mg/L	34.9	± 0.028
Demanda Química de Oxígeno*	ITE-SAVW-43	HACH 8048	mg/L	285.63	± 0.262
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5*	ITE-SAVW-44	HACH 8057	mg/L	137.82	± 0.184
Coliformes Fecales **	-----	NTE INEN 1529-8	NMO/100mL	220000	-----

Fuente: SAVEWATER- INGENIERIA, MONITOREO, CONTROL Y CALIDAD DEL AGUA

2. 2. 4 FASE 4: Análisis y verificación de funcionamiento

La PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre en la actualidad se encuentra descuidada, ya que no tiene un cronograma de mantenimiento, y esto ha hecho que la vegetación empiece a apoderarse de toda la planta de tratamiento, es lamentable que a solo 4 años de construida la PTAR esté en estas condiciones.

Para las propiedades geométricas de cada elemento unitario de la PTAR, se levantó la información requerida por medio de un recorrido físico, en el cual se determinó la ubicación exacta, así como lugar de cada componente, los mismos que se midieron obteniendo los siguiente resultados.

La PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre, en la actualidad cuenta con los siguientes sistemas unitarios: Desarenador, Tanque Séptico, Filtro Biológico

Imagen 9. Estado actual de la PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)



Fuente: El autor

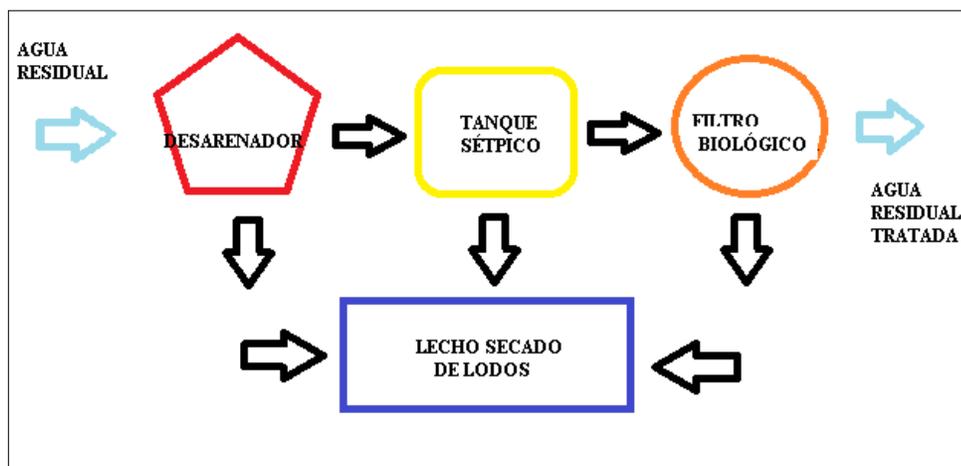


Figura 3. Procesos unitarios actuales de la PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)

Fuente: El autor

2.2.4.1 Desarenador

Elemento hidráulico que tiene como función principal retener arena muy finas, el desarenador tiene una forma irregular, donde termina el sistema de alcantarillado y empieza el sistema de la PTAR.



Imagen 10. Desarenador PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)

Fuente: El autor



Imagen 11. Estado actual Desarenador PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)

Fuente: El autor



Imagen 12. Estado actual Vertedero de Exceso del Desarenador PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)

Fuente: El autor



Imagen 13. Medición Desarenador PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)

Fuente: El autor

2 . 2. 4. 2 Tanque Séptico

Por causa del fenómenos naturales como la lluvia y el viento el Tanque Séptico se encuentra totalmente tapado por arena ya que no se tuvieron en cuenta dichos factores,

por lado por falta de mantenimiento a su alrededor se encuentra cubierto por vegetación propia de la zona.



Imagen 14. Estado actual del Tanque Séptico de la PTAR

Fuente: El autor

2 . 2 . 4 . 3 Filtro Biológico

El filtro biológico de la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre no se encuentra funcionando actualmente, es el sistema unitario con mayor grado de descuido, ya que en la se encuentra totalmente cubierto por arena y vegetación, haciendo que los conductos de ventilación permanezcan taponados.



Imagen 15. Estado actual del Filtro Biológico de la PTAR
Fuente: El autor

2 . 2. 4. 4 Lecho Secado de Lodos

En este sistema unitario se depositan los lodos que previamente son desalojados del tanque séptico y del filtro biológico respectivamente, pero dichos lodos no son descargados en este sistema, evidenciando que los dos sistemas anteriores no están funcionando.



Imagen 16. Estado actual del Lecho Secado de Lodos de la PTAR
Fuente: El autor

2. 2. 5 FASE 5: Diagnóstico General de la PTAR

Terminado el análisis general de cada sistema unitario de la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre, se evidencia que la planta de tratamiento no está funcionando, ya no cuenta con un mantenimiento apropiado.

Para dar un diagnóstico completo se procedió a realizar los siguientes análisis:

2. 2. 5. 1 Análisis de las muestras de entrada y salida de la PTAR

El agua residual que ingresa a la PTAR es recogida por la red de alcantarillado del sector de Cristo Rey y Plaza las Arena, dicho sistema está conformado por 14 pozos, el agua residual de la parroquia Once de Noviembre proviene del uso doméstico y en ciertas estaciones del año de agua pluviales.

Se realizaron dos puntos de muestreo, uno en la entrada (afluente) y otro en la salida (efluente) de la PTAR, previo a ello se limpiaron con agua destilada los recipientes en los cuales se iban a llevar las misma, esto evitará que el agua residual se contamine con algún agente externo y los análisis de laboratorio sean correctos:

- MUESTRA 1.- La muestra fue tomada en la entrada de la planta de tratamiento de una manera puntual, a las 04:20 pm el viernes 12 de agosto de 2022, se eligió este horario porque el caudal es lento, y es propicio para la toma de la muestra.

- MUESTRA 2.- La muestra fue tomada en la salida de la planta de tratamiento de una manera puntual, a las 04:30 pm el viernes 12 de agosto de 2022, se eligió este horario porque el caudal es lento, y es propicio para la toma de la muestra.

Las muestras fueron tomadas según las indicaciones establecidas por la norma NTE INEN 2 176:1998 y NTE INEN 2 169:1998, posteriormente las muestras fueron transportadas a la empresa SAVEWATER, ubicada en la ciudad de Latacunga, la cual se encargó de realizar los análisis fisicoquímicos del agua residual contaminada y tratada respectivamente.

2. 2. 5. 2 Análisis comparativo de los resultados con la normativa ambiental TULSMA 2015

La PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre en la actualidad esta conformada por: Desarenador, Tanque séptico, Filtro Biológico y Lecho Secado de Lodos, los mismo por procesos unitarios respectivos tienen un porcentaje de remoción teórica de contaminantes, estos parámetros establecidos se utilizaron para el análisis de los resultados.

Tabla 16: Remoción de contaminantes por etapas

UNIDADES DE TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE, PORCENTAJE					
	DBO	DQO	SS	Pb	N-Organic	NH3-N
Rejas de barra	0	0	0	0	0	0
Desarenadores	0-5	0-5	0-10	0	0	0
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Filtros percoladores						
Alta carga, medio pétreo	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
Total remoción teórica	99.05	97.15	98.65	34	75	27.75

Fuente: METCALF & EDDY [9]

Los análisis obtenidos por los laboratorios de la empresa SAVEWATER tanto del afluente como del efluente, se compararon con los parámetros para la descarga de agua residual tratada en un cuerpo de agua dulce, cuantificaciones dispuestos en la tabla 6, enunciados en norma TULSMA 2015. Con los resultados obtenidos verificar si cumple o no con la normativa.

Tabla 17. Análisis comparativo de resultados muestras 1 y 2 con el TULSMA 2015

PÁMETRO	U	MÉTODO	ENTRADA	SALIDA	TULSMA LÍMITE MÁX	CUMPLE
Fósforo Total	mg/l	ITE-SAWW-53 HACH 8021	52.6	49.8	10	NO
Sólidos Suspendidos	mg/l	ITE-SAWW-10 HACH 8006	322.65	78	130	SI
Nitrógeno Total Kjeldahi	mg/l	ITE-SAWW-36 HACH 8030	58.5	49.5	50	SI
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	ITE-SAWW-37 HACH 8030	43.5	34.9	30	NO
DQO	mg/l	ITE-SAWW-43 HACH 8048	476.05	285.63	200	NO
DBO5	mg/l	ITE-SAWW-44 HACH 8057	228.85	137.82	100	NO

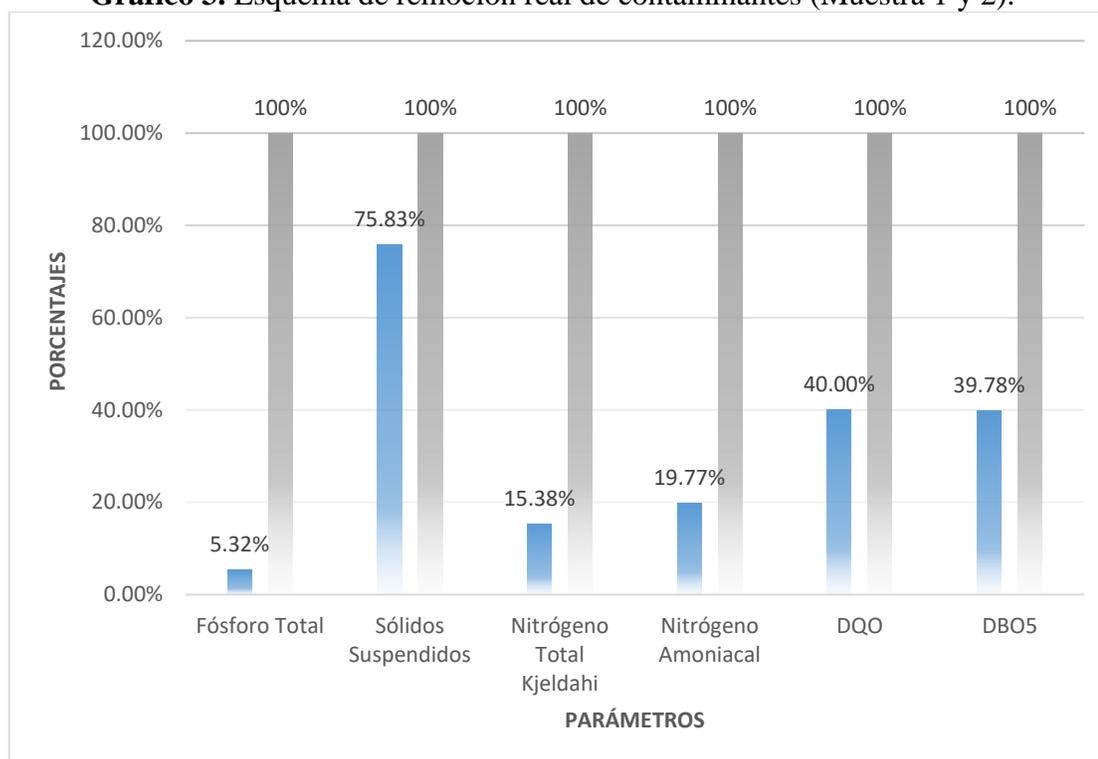
Fuente: El autor

Tabla 18. Remoción real de contaminantes (Muestra 1 y 2)

PÁMETRO	U	ENTRADA	SALIDA	REMOCIÓN REAL (%)
Fósforo Total	mg/l	52.6	49.8	5.32%
Sólidos Suspendidos	mg/l	322.65	78	75.83%
Nitrógeno Total Kjeldahi	mg/l	58.5	49.5	15.38%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	43.5	34.9	19.77%
DQO	mg/l	476.05	285.63	40.00%
DBO5	mg/l	228.85	137.82	39.78%

Fuente: El autor

Gráfico 3. Esquema de remoción real de contaminantes (Muestra 1 y 2).



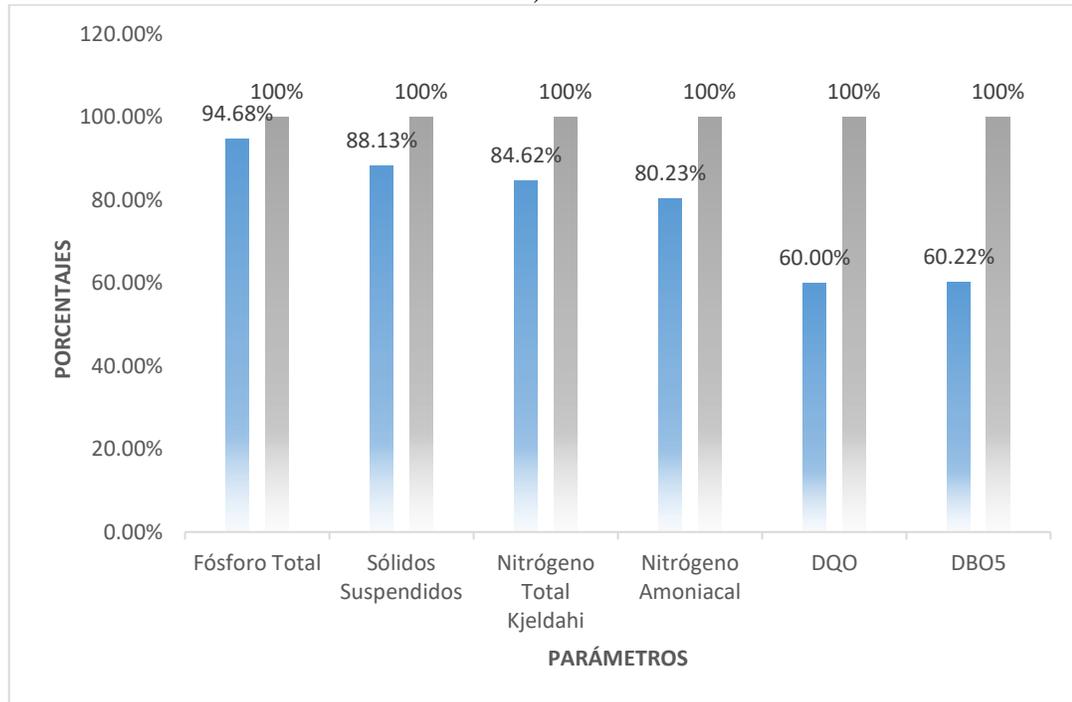
Fuente: El autor

Tabla 19. Remoción teórica de contaminantes (Muestra 1 y 2).

PÁMETRO	U	ENTRADA	SALIDA	REMOCIÓN TEÓRICA (%)
Fósforo Total	mg/l	52.6	49.8	94.68%
Sólidos Suspendidos	mg/l	792	698	88.13%
Nitrógeno Total Kjeldahi	mg/l	58.5	49.5	84.62%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	43.5	34.9	80.23%
DQO	mg/l	476.05	285.63	60.00%
DBO5	mg/l	228.85	137.82	60.22%

Fuente: El autor

Gráfico 4. Esquema de remoción teórica de contaminantes (Muestra 1 y 2).



Fuente: El autor

El funcionamiento de la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre es nulo, conclusión que se pudo determinar una vez ejecutados los balances con los resultados de los análisis obtenidos por los laboratorios de la empresa SAVEWATER, por lo cual es necesaria una evaluación más desmesurada de la funcionabilidad de cada sistema unitario que conforma la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación de la PTAR de la Parroquia Rural Once de Noviembre

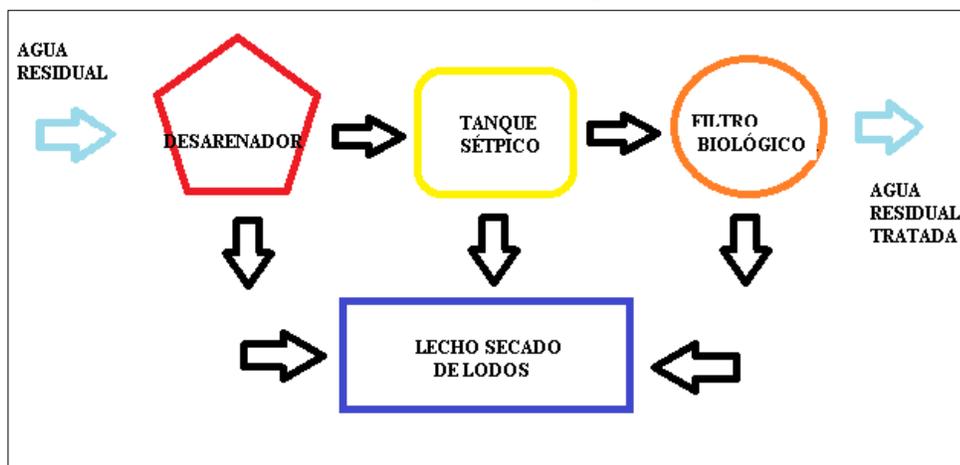
Previo al análisis de laboratorio se procedió a realizar la medición de cada una de las obras hidráulicas que conforma la PTAR, esto nos ayudará para realizar un diagnóstico más escrupuloso de la misma.

Imagen 17. Medición de sistemas unitarios de la PTAR



Fuente: El autor

Figura 4. Diagrama de Flujo actuales de la PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga)



Fuente: El autor

3. 2. Dimensiones actuales de la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre

3. 2. 1 Desarenador

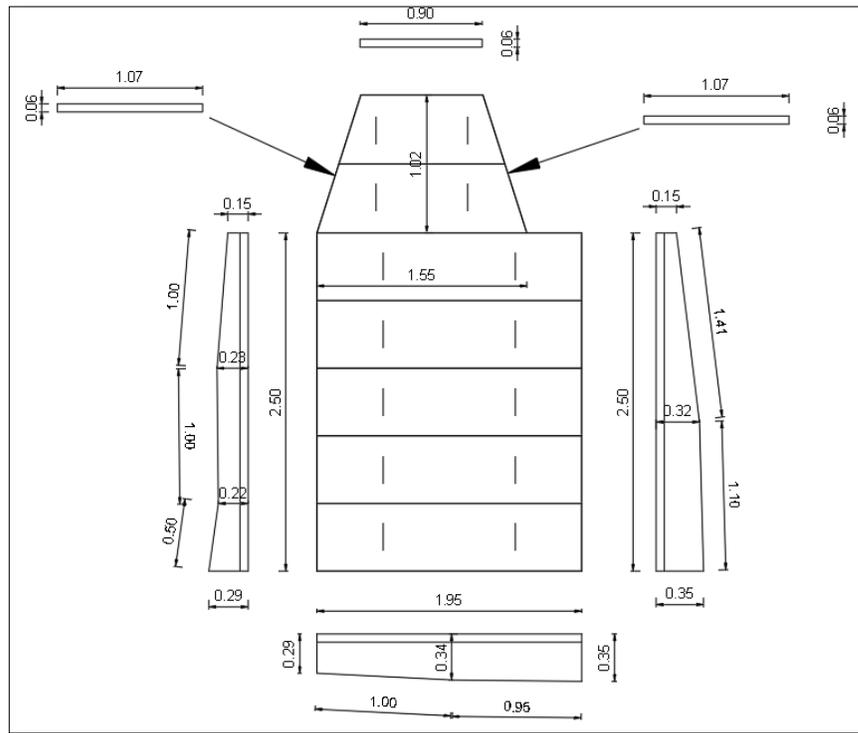
El desarenador es una estructura de hormigón armado el desarenador está constituido por una transición de entrada conectada con una tubería PVC de 200 mm, canal de lavado, una compuerta de (0.40x0.40)m, la cual tiene como finalidad abrir paso a un vertedero de exceso que conducirá caudales excedentes a una caja de revisión tiene, las paredes del desarenador son de 0.15 m y en la parte superior cuenta con 7 tapas de hormigón de 1.95 x 0.50 x0.05 m.

Tabla 20. Dimensiones actuales del desarenador construido

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Altura	1.00	m
Ancho	1.10	m
Largo	3.50	m
Transición de entrada y salida	2.75	m
Espesor de pared	0.15	m

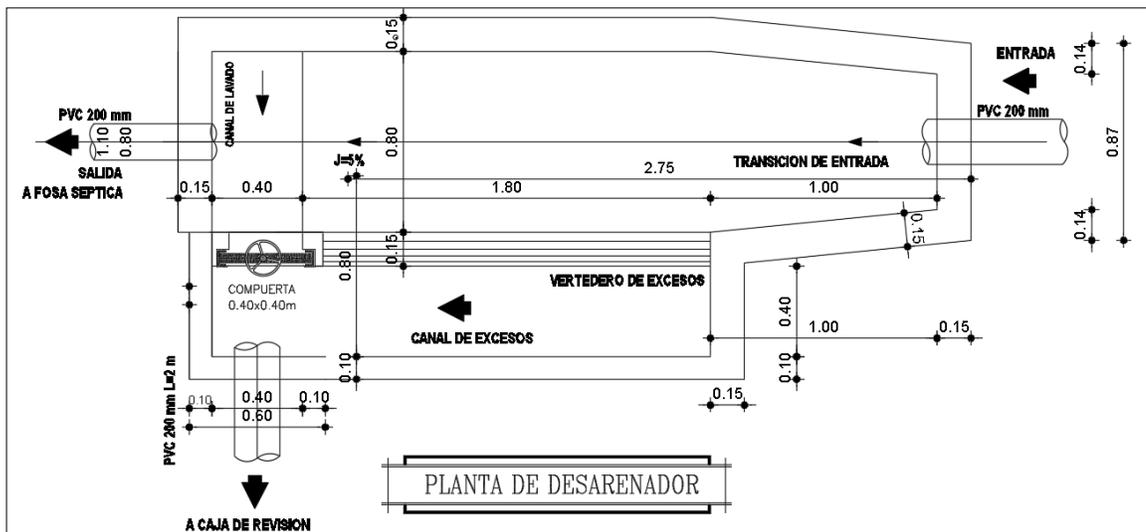
Fuente: El autor

Imagen 18. Medidas actuales del desarenador construido



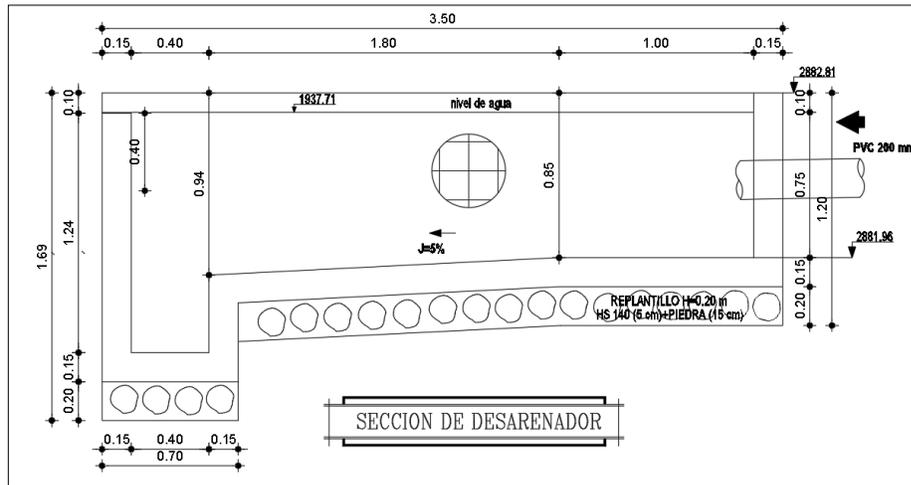
Fuente: El autor

Imagen 19. Detalle medidas actuales de la vista en planta Desarenador construido



Fuente: El autor

Imagen 20. Detalle sección actual del desarenador construido



Fuente: El autor

3. 2. 2 Tanque Séptico

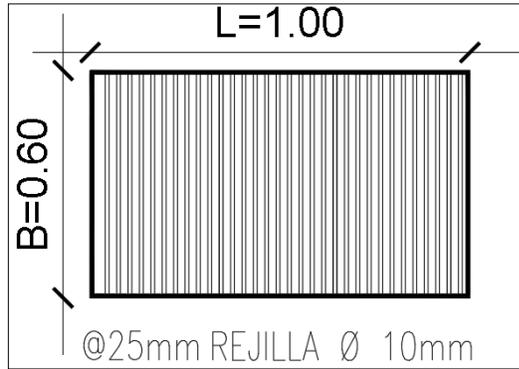
El Tanque Séptico de (6.45x3.30)m tiene conexión directa del desarenador a través de una tubería de PVC de 160 mm, con una separación de 1 m, la misma que conecta a una caja de revisión de (1.30x1.30)m con un espesor de paredes de 0.15 m, en donde se encuentra una rejilla de seguridad (L=1.00 m, B=0.60 m, @25mm ϕ 10mm) que se encarga de retener basura, evitando el ingreso de estas al tanque, pero en la actualidad existe un nulo mantenimiento, lo cual esto ha ocasionado que la rejilla se encuentre en un estado deplorable.

Imagen 21. Estado actual Rejilla de Seguridad del Tanque Séptico de la PTAR (Parroquia Once de Noviembre - Latacunga).



Fuente: El autor

Imagen 22. Medidas Rejilla de Seguridad del Tanque Séptico de la PTAR



Fuente: El auto

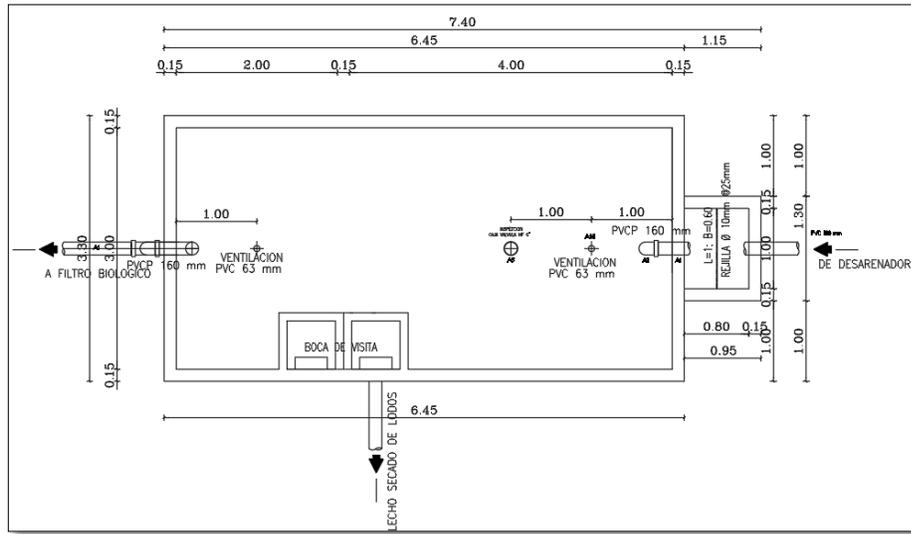
Tabla 21. Dimensiones actuales del Tanque Séptico construido

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Altura	2.95	m
Ancho	3.30	m
Largo	6.45	m
Espesor pared exterior	0.15	m
Espesor de pared interior	0.10	m

Fuente: El autor

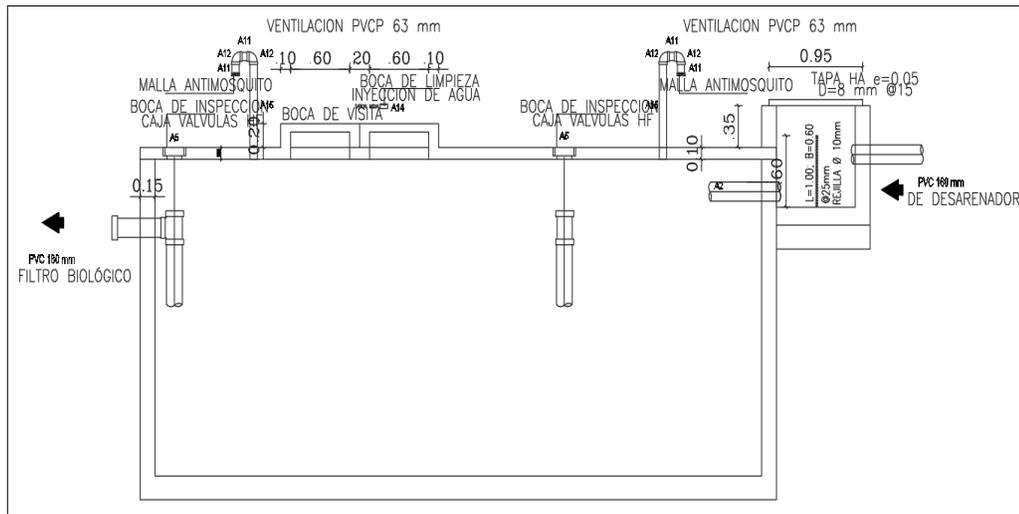
En la parte superior del tanque cuenta con dos bocas construidas en una misma estructura de (1.61x0.83)m, una que funciona como boca de limpieza de inyección de agua y la otra como boca de visita, también cuenta con dos bocas de inspección de 6" para las cajas protectoras de las válvulas HF y dos tuberías de ventilación PVCP de 63mm, con una malla protectora antimosquitos cada una.

Imagen 23. Medidas actuales de la vista en planta Tanque Séptico construido



Fuente: El autor

Imagen 24. Medidas actuales de la sección del Tanque Séptico construido



Fuente: El autor

3. 2. 3 Filtro Biológico

Este sistema unitario viene conectado directamente del tanque séptico a través de una tubería de 160mm, la misma que llega a una caja de revisión de (1.86x1.30)m, a continuación con una tubería de 160mm conecta al cuarto de válvulas, seguido del filtro biológico ascendente, el cual consiste que las aguas residuales sean tratadas gracias a

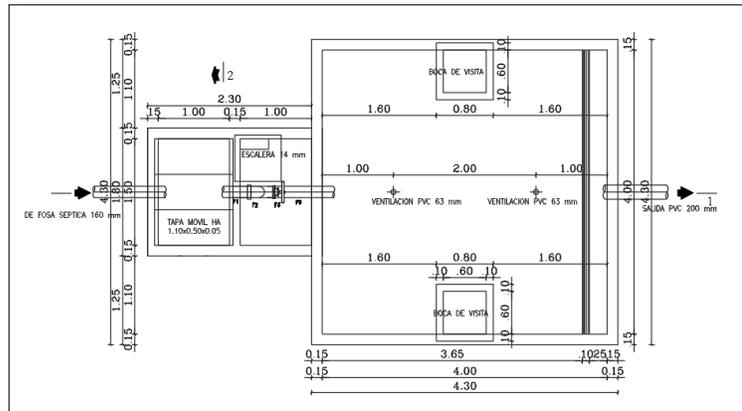
que dentro de estos filtros se cuenta con relleno filtrante natural teniendo como función principal la eliminación de contaminantes y sustancias tóxicas.

Tabla 22. Dimensiones actuales del Filtro Biológico construido

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Altura	2.90	m
Ancho	4.00	m
Largo	4.00	m
Espesor pared	0.15	m

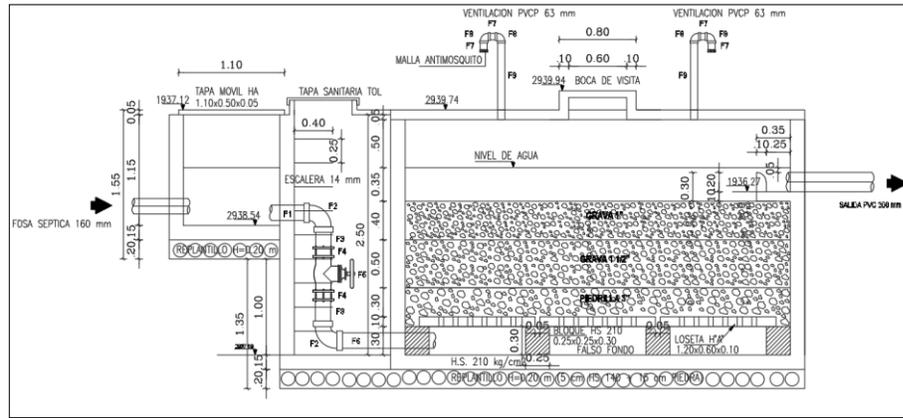
Fuente: El autor

Imagen 25. Medidas actuales de la vista en planta Filtro Biológico construido



Fuente: El autor

Imagen 26. Medidas actuales de la sección del Filtro Biológico construido



Fuente: El autor

3. 2. 4 Lecho Secado de Lodos

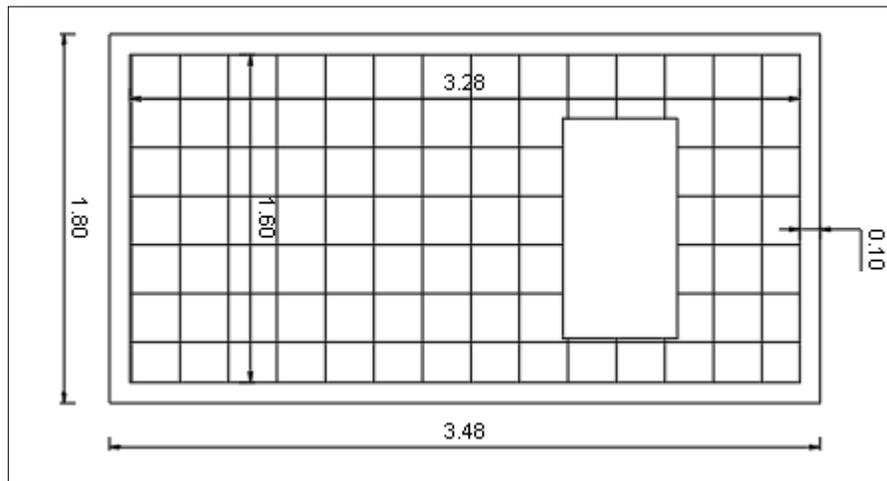
El lecho secado de lodos tiene una forma rectangular de dimensiones de 3.48 m de largo, 1.80 m de ancho y 4.71 m profundidad, en la parte media del fondo de la estructura existe un canal de 0.55 m x 0.40m.

Tabla 23. Dimensiones actuales del lecho de secado de lodos construido

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Altura	4.71	m
Ancho	3.48	m
Largo	1.80	m
Espesor pared	0.15	m

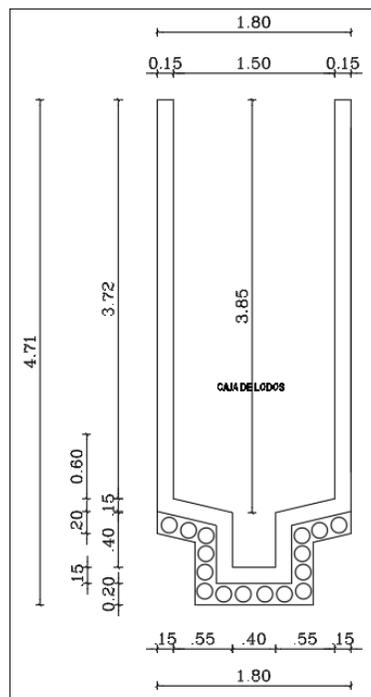
Fuente: El autor

Imagen 27. Medidas actuales de la vista en planta Lecho de Secado de Lodos construido



Fuente: El autor

Imagen 28. Medidas de la Sección Lecho de Secado de Lodos construido



Fuente: El autor

3.3 Diagnóstico de funcionamiento Teórico actual de la PTAR

Según la toma de muestras de la tabla 10, se escoge el valor 0.573 lt/s, caudal de 13:00 a 14:00 como el caudal de diseño, siendo este dato multiplicado por un factor de seguridad del 10%, para eliminar parámetros omitidos.

$$Qd = QMH * fs$$

Donde:

QMH = Caudal Máximo Horario (lt/s): 0573

fs = Factor de Seguridad (%): 10%

$$Qd = QMH * fs$$

$$Qd = 0.573 \frac{lt}{s} * 1.1$$

$$Qd = 0.63 \text{ lt/s}$$

- CÁLCULO DE LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA DEL AGUA

$$\eta = \frac{0.436}{T + 23.3}$$

$$\eta = \frac{0.436}{16.3^{\circ} + 23.3}$$

$$\eta = 0.0110 \text{ cm}^2/\text{s}$$

3.3.1 Diagnóstico de funcionamiento del Desarenador (Manual OPS)

DATOS

- Caudal de diseño (QMH): 0.63 lt/s
- Densidad relativa de la arena (ρ_s): 2.53
- Temperatura (T): 16.3 °
- Diámetro de la partícula (d): 0.02 cm

- Viscosidad Cinemática (η): 0.0110 cm²/s
- Peso específico de las partículas (λ_s)= 2.63 g/cm³
- Factor en Función del Diámetro (a): 44

- **DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA DE LA ARENA (ps)**

Basándonos en la norma NTE INEN 856:2010, determinamos la densidad relativa de la arena, esta norma nos presenta el método a seguir para realizar dichos cálculos. La muestra que se utilizó fue tomada del desarenador, donde los datos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 24. Análisis de la Densidad Relativa de la muestra tomada del Desarenador

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
TEMA: "Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la parroquia rural Once de Noviembre, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi"			
Realizado por: Ricardo Moreano		Fecha: 26/09/22	
MÉTODO DEL PICNÓMETRO			
NORMA: NTE INEN 856:2010			
MASA DE LA MUESTRA: 64 gr			
DENOMINACIÓN	DESIGNACIÓN	U	VALOR
m1	Masa del Picnómetro	Gr	153.9
m3=m1+m2	Masa del Picnómetro + arena seca	Gr	217.9
m2=m3-m1	Masa de la arena seca	Gr	64
m4=m1+m2+m5	Masa del picnómetro + arena seca + agua	Gr	772.8
m5	Peso del Picnómetro + agua + arena sumergida	Gr	734.1
m6=m5-m6	Masa del agua desalojada	Gr	25.3
ps=m2/m6	DENSIDAD RELATIVA DE LA ARENA	gr/cm ³	2.53

Fuente: El autor

- **DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE PARTÍCULAS (d)**

Se comprueba la funcionabilidad del desarenador mediante un análisis granulométrico, el cual deberá retener partículas superiores o iguales a 0.2 mm del agua residual.

El procedimiento que se realizó fue llevado de la mano por la NORMA NTE INEN 696 y los parámetros que nos presenta la NORMA AASHTO T 87-70, con una muestra de 500 gr, dicha muestra retenida por el desarenador, donde se pudieron obtener los siguientes resultados:

Tabla 25. Análisis granulométrico de la muestra de arena del Desarenador

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: "Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la parroquia rural Once de Noviembre, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi"						
MÉTODO GRANULOMÉTRICO						
Realizado por: Ricardo Moreano				Fecha: 26/09/22		
NORMA: NTE INEN 696						
MASA DE LA MUESTRA: 64 gr						
ENSAYO DE LA MUESTRA						
Tamiz		MASA RETENIDA		PORCENTAJE		
No.	Abertura	PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO parcial	%Retenido acumulado	% QUE PASA
(-)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)	
3/8"	9,50	0	0,00	0,00	0,00	100,00
N. 4	4,75	0,04	0,04	0,13	0,13	99,87
N. 10	2,00	0,96	1,00	3,04	3,17	96,83
N. 20	0,850	1,82	2,82	5,77	8,94	91,06
N. 40	0,425	4,07	6,89	12,90	21,85	78,15
N. 60	0,250	6,86	13,75	21,75	43,60	56,40
N. 100	0,150	8,26	22,01	26,19	69,78	30,22
N. 200	0,075	9,26	31,27	29,36	99,14	0,86
Pasa 200	(-)	0,27	31,54	0,86	100,00	0,00
total		31,54	109,32	100,00		100,00

Fuente: El autor

En la tabla 25 se puede observar que el desarenador retiene efectivamente partículas iguales y mayores a 0.2m m, determinando así que este sistema unitario está construido correctamente y su funcionalidad es eficientemente.

Sin duda alguna es necesario un diagnóstico mucho más profundo para determinar si las dimensiones del desarenador abastecen al caudal de ingreso.

- **CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO (Velocidad de Esguerrimiento)**

$$V_s = a\sqrt{d}$$

$$V_s = 44 \sqrt{0.020 \text{ cm}}$$

$$V_s = 6.22 \text{ cm/s}$$

$$V_s = 0.0622 \text{ m/s}$$

- **ANCHO DE LA CAMARA DE SEDIMENTACIÓN (Asumido)**

$$B = 1.50 \text{ m}$$

- **ALTURA DE LA CAMARA DE SEDIMENTACIÓN**

$$H = \frac{Q}{v * B}$$

$$H = \frac{0.00063 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0622 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 1.5 \text{ m}}$$

$$H = 0.0068 \text{ m}$$

Según el manual de la OPS, asumimos el siguiente valor de la altura de sedimentación.

$$H = 1.50 \text{ m}$$

- **CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN**

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s}{\eta} \right) d^2$$

$$V_s = \frac{1}{18} * 980 \text{ cm/s}^2 \left(\frac{2.53 \text{ gr/cm}^3}{0.0110 \text{ cm}^2/\text{s}} \right) (0.02 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 5.01 \text{ cm/s}$$

Comprobación del número de Reynolds:

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta}$$

$$Re = \frac{5.01 \text{ cm/s} * 0.02 \text{ cm}}{0.0110 \text{ cm}^2/\text{s}}$$

$$Re = 9.12$$

$$Re = 9.12 > 0.5 \therefore$$

*no se encuentra en la zona de la LEY DE STOKES (regimen laminar),
se encuentra en la zona de la LEY DE ALLEN*

- CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE

$$CD = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

$$CD = \frac{24}{9.12} + \frac{3}{\sqrt{9.12}} + 0.34$$

$$CD = 3.96$$

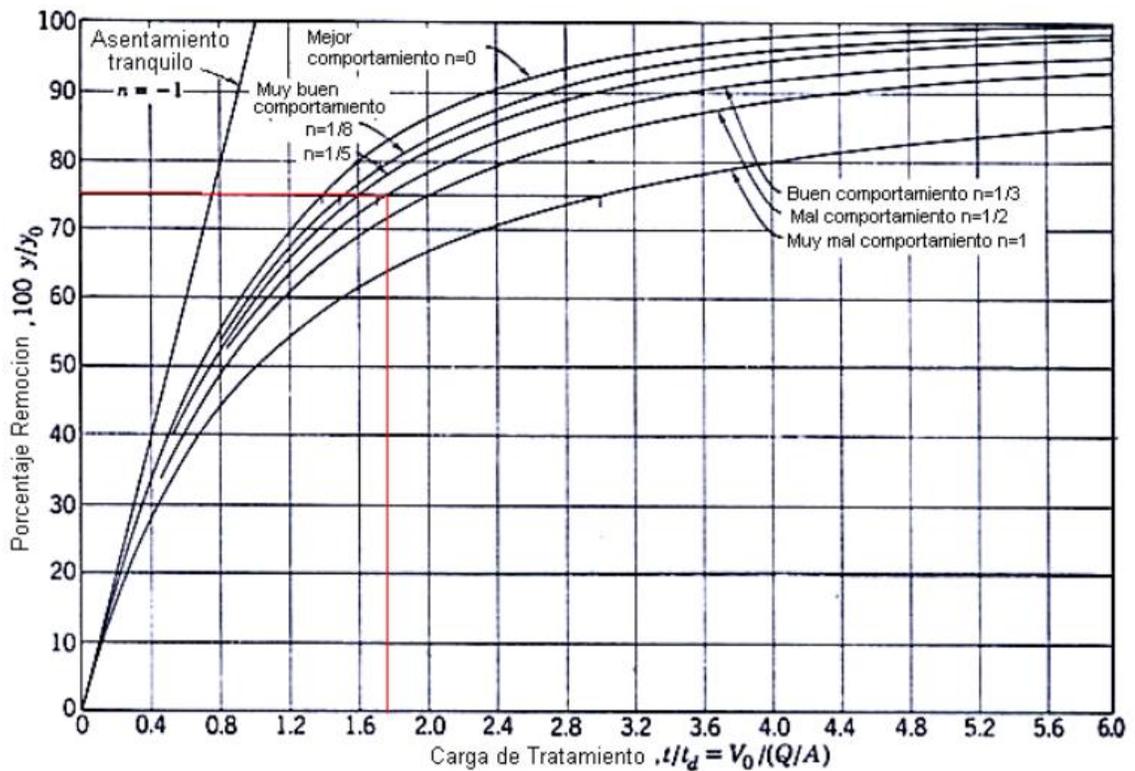
$$\therefore V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{CD} * (p_s - 1) * d}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{980 \text{ cm/s}^2}{3.96} * (2.53 - 1) * (0.02 \text{ cm})}$$

$$V_s = 3.18 \text{ cm/s}$$

Asumimos una eficiencia del 75%.

Gráfico 5. Curva de Comportamiento



Fuente: Tratamiento de aguas residuales, G. Rivas, 1978

- CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL

$$V_s = \left(\frac{Q * \text{coeficiente de seguridad}}{A_s} \right)$$

$$A_s = \left(\frac{Q * \text{coeficiente de seguridad}}{V_s} \right)$$

$$As = \left(\frac{620 \text{ cm/s} * 1.75}{3.18 \text{ cm/s}} \right)$$

$$As = 341.19 \text{ cm}^2 \approx 0.35 \text{ m}^2$$

$$As = 0.35 \text{ m}^2$$

- **CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL**

$$Ts = \left(\frac{H}{Vs} \right)$$

$$Ts = \left(\frac{1.50 \text{ m}}{0.0318 \text{ m/s}} \right)$$

$$Ts = 47.17 \text{ s}$$

- **CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CÁMARA**

$$L = k * Vd * Ts$$

$$L = 2.1 * 0.0622 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 47.17 \text{ s}$$

$$L = 6.16 \text{ m} \approx L = 6.20 \text{ m}$$

- **CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CÁMARA**

$$LT = \left(\frac{B - H}{2 * tg(\theta)} \right)$$

$$LT = \left(\frac{1.50 \text{ m} - 1.50 \text{ m}}{2 * tg(\theta)} \right)$$

$$LT = 0$$

- Se determina las dimensiones de largo, ancho y profundidad; conforme a los criterios de diseño.

Tabla 26. Dimensiones evaluadas del Desarenador

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Altura	1.50	M
Ancho	1.50	M
Largo	6.20	M
Transición de entrada y salida	0	M
Espesor pared	0.15	M

Fuente: El autor

Conforme a los resultados obtenidos en el diseño del desarenador y según los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), tenemos los siguientes resultados; cumple con la profundidad mínima de 1.50 m, la relación de las dimensiones largo y ancho es de 4 m, valor que cumple con el criterio de la OPS (3 – 6)m, la relación de las dimensiones largo y profundidad es de 4 m, valor que no cumple con el criterio de la OPS (5 -20)m. El desarenador que actualmente esta construido en la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre no cumple en su totalidad con las dimensiones y criterios de diseño.

3.3.2 Diagnóstico de funcionamiento del Tanque Séptico (Norma RAS 2000)

Para el diagnóstico del Tanque Séptico se ha tomado las recomendaciones indicadas de la norma RAS 2000, capítulo E.7

DATOS:

- Altura útil del tanque séptico (h) = 2.95 m
- Ancho útil del tanque séptico (a) = 3.30 m
- Largo útil del tanque séptico (l) = 6.45 m
- Dotación de agua potable (D) = 75 lt/hab*día
- Número de contribuyentes (Nc) = 773 hab

El número de contribuyentes actual lo tomamos de la tabla 31.

- CÁLCULO DE LA CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR CONTRIBUYENTES (C)

El agua residual es la derivación del uso del agua potable y la contribución de aguas residuales por contribuyentes se denota de un porcentaje el cual termina desalojado en el sistema de alcantarillado, sin embargo la norma RAS 2000 nos recomienda que para lugares estudio rurales la contribución de aguas residuales será 100 lt/día.

$$C = 100 \text{ Lt/hab*días}$$

- CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN DEL TANQUE SÉPTICO

El tiempo de retención está relacionado con la contribución diaria de aguas residuales de todos los habitantes (L). [18]

$$L = C * \text{Número de Habitantes}$$

$$L = 100 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}} * 773 \text{ hab}$$

$$L = 77300 \text{ lt/día}$$

Tabla 27. Tiempo de retención de acuerdo con la contribución de agua residual

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	Días	Horas
Hasta 1,500	1.00	24
De 1,501 a 3,000	0.92	22
De 3,000 a 4,500	0.83	20
4,501 a 6,000	0.75	18
6,001 a 7,500	0.67	16
7,501 a 9,000	0.58	14
Más de 9,000	0.50	12

Fuente: Tabla E.7.2 – RAS 2000[18]

: $L > 9\ 000 \therefore T = 0.50 \text{ días} \approx 12 \text{ días}$

: $198800 \text{ lt/día} > 9\ 000 \therefore T = 0.50 \text{ días} \approx 12 \text{ días}$

- **DETERMINACIÓN DE LA TASA DE ACUMULACIÓN DE LODOS DIGERIDOS (K)**

Tabla 28. Tasa de acumulación de lodos digeridos

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo temperatura ambiente (t) en °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t \geq 20$
	1	94	65
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fuente: Tabla E.7.3 – RAS 2000[18]

Debido a la temperatura que se obtuvo en el análisis de las muestras de agua que es 16.3 °C, y gracias al criterio de la norma RAS 2000, en el capítulo 7, se pudo determinar que la tasa de acumulación de lodos diferidos (K), es de 65.

- **CÁLCULO DEL VOLUMEN ÚTIL DEL TANQUE SÉPTICO**

DATOS:

- Número de habitantes (N_c) = 773 Hab
- Contribución de aguas residuales por contribuyente (C) = 100 Lt/hab*días
- Tiempo de retención del Tanque Séptico (T) = 50 días
- Tasa de acumulación de Lodos Digeridos (K) = 65
- Lodos Frescos generados al día por persona (L_f) = 1 Lt/día

$$V_u = 1000 + N_c * (C * T + K * L_f)$$

$$V_u = 1000 + 773 \text{ hab} * (100 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{días} * 0.50 \text{ días} + 65 * 1 \text{ lt/día})$$

$$V_u = 203895 \text{ lt}$$

$$V_u = 203.90 \text{ m}^3$$

- **CÁLCULO DEL VOLUMEN ACTUAL DEL TANQUE SÉPTICO**

$$V_a = l * a * h$$

$$V_a = (2.95 * 3.30 * 6.45) \text{ m}^3$$

$$V_a = 62.79 \text{ m}^3$$

: $V_u > V_a \therefore$ **No abastece**

Al hacer la comparación con el volumen del tanque séptico calculado, y el volumen del tanque séptico actual, se puede llegar a la conclusión que el tanque séptico construido actualmente no abastece con la demanda actual del agua residual que llega a la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre.

La relación largo y ancho debe estar entre los valores de:

$$2 < \frac{l}{b} < 4$$

$$\rightarrow 2 < \frac{6.45 \text{ m}}{3.30 \text{ m}} < 4$$

$$2 < 1.95 \text{ m} < 4 \therefore \text{No cumple}$$

3.3.3 Diagnóstico de funcionamiento Filtro Biológico (Norma CONAGUA)

- Caudal Medio (Qm) = 2.66 m³/h
- Caudal Máximo Diario Afluyente (QMD) = 3.72 m³/h
- Caudal Máximo Horario Afluyente (QMH) = 3.99 m³/h
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) = 0.48 kg/m³
- Tiempo de retención hidráulica (TRH) = 5 horas
- Altura borde (hl) = 0.50 m
- Altura bajo dren (hb) = 0.50 m
- Altura de medio filtrante o empaque (hm) = 1.60 m

- CÁLCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO (Qmd)

DATOS:

- Periodo de Diseño = 20 años
- Población = 773 hab
- Dotación = 75 lt/hab*día
- Factor de seguridad = 10%

$$cmd = f * \frac{Población * Dotación}{86400}$$

$$cmd = 1.1 * \frac{773 \text{ hab} * 75 \text{ lt/hab} * \text{día}}{86400}$$

$$cmd = 0.74 \frac{lt}{s} \approx 2.66 \text{ m}^3/h$$

$$cmd = 2.66 \text{ m}^3/h$$

$$QMD = k1 * cmd$$

$$QMD = 1.4 * 2.66 \text{ m}^3/h$$

$$QMD = 3.72 \text{ m}^3/h$$

$$QMH = k2 * cmd$$

$$QMH = 1.5 * 2.66 \text{ m}^3/h$$

$$QMH = 3.99 \text{ m}^3/h$$

- **CÁLCULO DEL FILTRO EN m³**

$$V = Qmd * (TRH)$$

$$V = 2.66 \text{ m}^3/h * (5 \text{ horas})$$

$$V = 13.3 \text{ m}^3$$

- **CÁLCULO DE LA ALTURA TOTAL DEL FILTRO**

$$H = hl + hb + hm$$

$$H = 0.50 \text{ m} + 0.50 \text{ m} + 1.60 \text{ m}$$

$$H = 2.60 \text{ m}$$

- **CÁLCULO DEL ÁREA DEL FILTRO ANAERÓBIO EN m²**

$$A = V/H$$

$$A = 13.3 \text{ m}^3 / 2.60 \text{ m}$$

$$A = 5.12 \text{ m}^2$$

- **CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL MEDIO FILTRANTE EN m³**

$$V_{mf} = A * h_m$$

$$V_{mf} = 5.12 \text{ m}^2 * 1.60 \text{ m}$$

$$V_{mf} = 8.18 \text{ m}^3$$

- **VERIFICACIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL**

- Cálculo de la Carga Hidráulica Superficial con el CAUDAL MEDIO DIARIO (Q_{md})

$$CHS = Q_{md}/A$$

$$CHS = \frac{2.66 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5.12 \text{ m}^2} * 24 \text{ h}$$

$$CHS = 12.48 \frac{m^3}{m^2d}$$

- Cálculo de la Carga Hidráulica Superficial con el CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)

$$CHS = QMD/A$$

$$CHS = \frac{3.72 \frac{m^3}{h}}{5.12 m^2} * 24h$$

$$CHS = 17.44 \frac{m^3}{m^2d}$$

- Cálculo de la Carga Hidráulica Superficial con el CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMH)

$$CHS = QMH/A$$

$$CHS = \frac{3.99 \frac{m^3}{h}}{5.12 m^2} * 24h$$

$$CHS = 18.70 \frac{m^3}{m^2d}$$

- **VERIFICACIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA VOLUMÉTRICA 1**

- $S_o = DBO$ del afluente (mg/L)

$$S_o = 228.85 \text{ mg/L}$$

$$S_o = 0.229 \text{ kg/m}^3$$

$$COV 1 = \frac{Qmd * S_o}{V}$$

$$COV 1 = \frac{2.66 \frac{m^3}{h} * 0.229 \text{ kg/m}^3}{13.3 \text{ m}^3} * 24 \text{ h}$$

$$COV 1 = 1.10 \text{ kg} \frac{DBO}{m^3 \text{ d}}$$

- **VERIFICACIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA VOLUMÉTRICA 2**

- $S_o = DBO \text{ del afluyente (mg/L)}$

$$S_o = 476.05 \text{ mg/L}$$

$$S_o = 0.476 \text{ kg/m}^3$$

$$COV 2 = \frac{Q_{md} * S_o}{V_{mf}}$$

$$COV 2 = \frac{2.66 \frac{m^3}{h} * 0.229 \text{ kg/m}^3}{8.18 \text{ m}^3} * 24 \text{ h}$$

$$COV 2 = 1.79 \text{ kg} \frac{DBO}{m^3 \text{ d}}$$

- **CÁLCULO DEL TIEMPO REAL DE RESIDENCIA HIDRÁULICA (TRH)**

$$TRH = \frac{V_{mf}}{Q_{md}}$$

$$TRH = \frac{8.18 \text{ m}^3}{2.66 \frac{m^3}{h}}$$

$$TRH = 3.08 \text{ h}$$

- **CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ESPERADA (E)**

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

$$E = 100 [1 - 0.87 (3.08)^{-0.5}]$$

$$E = 50.42 \%$$

- **CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE DBO, ESPERADA EN EL EFLUENTE**

- $So = DBO \text{ del efluente (mg/L)}$

$$So = 137.82 \text{ mg/L}$$

$$So = 0.138 \text{ kg/m}^3$$

$$DBO_{ef} = So - \frac{E * So}{100}$$

$$DBO_{ef} = 137.82 \text{ mg/L} - \frac{50.42 \% * 137.82 \text{ mg/L}}{100}$$

$$DBO_{ef} = 68.33 \text{ mg/L}$$

- **CÁLCULO DE LA CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL (CHS)**

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

$$CHS = \frac{2.66 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{5.12 \text{ m}^2} * 24 \text{ h}$$

$$CHS = 12.48 \text{ m}^2$$

La carga hidráulica volumétrica según el manual CONAGUA es el volumen del agua que se aplica por unidad de superficie del medio filtrante.[19]

La carga hidráulica superficial (CHS) calculada es 12.48 m², este valor se encuentra entre 6-15 como lo establece CONAGUA, el diseño del filtro cumple con los parámetros establecidos.

El tiempo de retención cumple con el límite del rango de remisión, teniendo el 50.42% de su eficacia, comprobando así los resultados de la tabla 15, de los análisis químicos del agua residual, en donde se evidencia la escasa remoción de contaminantes químicos que tiene el agua residual tratada.

Tabla 29. Dimensiones evaluadas del Filtro Biológico

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Altura	4	m
Ancho	3.50	m
Largo	2.5	m
Espesor pared	0.50	m

Fuente: El autor

3.3.4 Diagnóstico de funcionamiento del Lecho Secado de Lodos (Manual OPS 2015)

Los lechos de secado sin plantas consisten en filtros poco profundos, llenos de arena y grava (piedras pequeñas, a veces llamada ripio), con un sistema de drenaje por debajo para recolectar los lixiviados. Los lodos fecales son descargados sobre la superficie para desaguar y deshidratarse.[20]

DATOS:

- Número de contribuyentes (N_c) = 773 hab
- Sólidos en suspensión en el agua residual (SS) = 322.65 mg/lt
- Caudal de diseño (Q_d) = 0.62 lt/seg
- P_{lodos} = densidad de lodos = 1.04 kg/lt
- % *solidos* = porcentaje de solidos (8-12%) 12
- Largo útil de un patio de secado de lodos (l) = 3.48 m
- Ancho útil del lecho de secado de lodos (a) = 1.80 m
- Profundidad de aplicación (H)= 4.71 m

- DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DIGESTIÓN

El tiempo de digestión de los lodos depende de la temperatura del medio ambiente, el cantón Latacunga tiene una temperatura de 15°C, dicho tiempo de digestión lo obtenemos mediante la siguiente tabla dispuesto por el manual OPS.

Tabla 30. Tiempo de digestión de lodos

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

Fuente: Manual OPS , Guía para el diseño de tanques sépticos, Tabla 2

$T_d = 55$ días

- **CÁLCULO DE LA CARGA DE SÓLIDOS QUE INGRESAN AL SEDIMENTADOR**

$$C = Qd * SS * 0.0864 \text{ kg SS/día}$$

$$C = 0.62 * 322.65 * 0.0864 \text{ kg SS/día}$$

$$C = 17.28 \text{ kg SS/día}$$

- **CÁLCULO DE LA MASA DE SÓLIDOS QUE CONFORMAN LOS LODOS (Mcd)**

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

$$Mcd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 17.28 \text{ kg SS/día}) + (0.5 * 0.3 * 17.28 \text{ kg SS/día})$$

$$Mcd = 5.62 \text{ kg SS/día}$$

- **CÁLCULO DEL VOLUMEN DIARIO DE LODOS DIGERIDOS (Vsd)**

$$Vsd = \frac{Mcd}{P \text{ lodos} * \left(\frac{\% \text{ de sólidos}}{1000}\right)}$$

$$Vsd = \frac{5.62 \text{ kg/día}}{1.04 \text{ kg/lt} * \left(\frac{12\%}{1000}\right)}$$

$$Vsd = 45.03 \text{ lt/día}$$

- **CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LODOS A EXTRAERSE DEL TANQUE (Vel)**

$$Vel = \frac{Vsd * Td}{1000}$$

$$Vel = \frac{45.03 \frac{lt}{día} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 2.48 \text{ m}^3$$

- **CÁLCULO DEL ÁREA TEÓRICA DEL LECHO DE SECADO DE LODOS (At)**

$$At = \frac{V \text{ el}}{H}$$

$$At = \frac{2.48 \text{ m}^3}{4.71 \text{ m}}$$

$$At = 0.53 \text{ m}^2$$

- **CÁLCULO DEL ÁREA REAL DEL LECHO SECADO DE LODOS (A)**

$$A = a * l$$

$$A = 1.80 \text{ m} * 3.48 \text{ m}$$

$$A = 6.26 \text{ m}^2$$

$$: 6.26 \text{ m}^2 > 0.53 \text{ m}^2$$

$$\therefore At > A \approx \text{OK}$$

Se puede notar que el área teórica es menor al área real del lecho secado de lodos, siendo estas 0.53 m² y 6.26 m² correspondientemente, esto nos ayuda a corroborar que el sistema unitario que está construido actualmente está funcionando de una manera óptima.

Tabla 31. Dimensiones evaluadas del Lecho Secado de Lodos

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Altura	4.71	m
Ancho	3.48	m
Largo	1.8	m
Espesor pared	0.15	m

Fuente: El autor

3.4 Verificación de la hipótesis

Según los análisis de laboratorio de las aguas residuales que se llevó a cabo en los laboratorios de la empresa SAVEWATER, evidencia que la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la parroquia a rural Once de Noviembre recibe una alta concentración de contaminantes y esto hace que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) , aumente directamente como se puede corroborar en las tablas 17, 18 y 19.

Estos contaminantes son removidos por parte de los diferentes procesos de los sistemas unitarios que tiene la PTAR, por lo tanto, al no estar correctamente dimensionados estos elementos y al no encontrarse operando de manera correcta son inhábiles para cumplir su funcionamiento, el cual es remover de una manera adecuada los contaminantes presentes en el agua residual y con esto cumplir con los parámetros dispuestos por la norma TULSMA 2015, dispuestos por la tabla 4.

Una vez concluida la evaluación actual de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la parroquia a rural Once de Noviembre, se comprueba la hipótesis del

presente trabajo de investigación, la misma que indica que la PTAR que se encuentra construida actualmente no está funcionando de forma correcta.

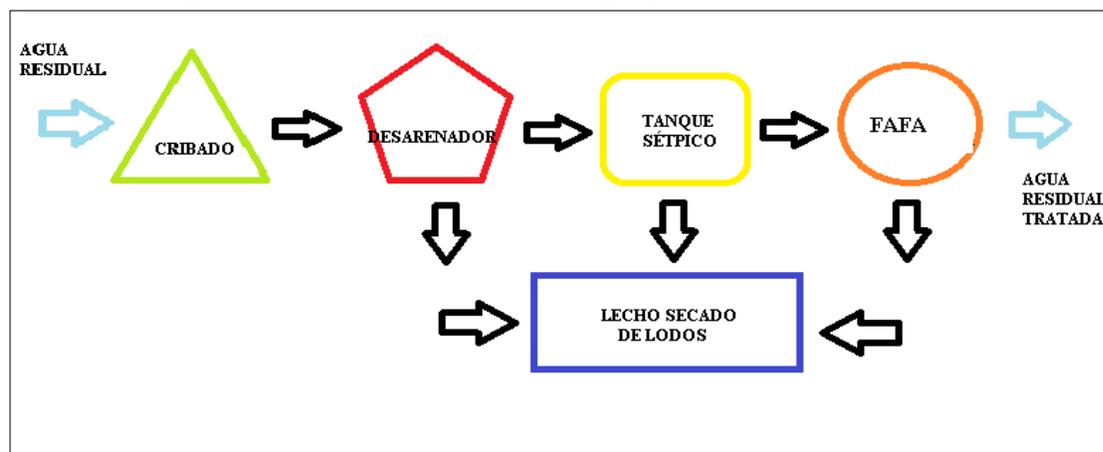
3.5 Propuesta de mejora para el proceso de tratamiento de la PTAR

Conforme a los resultados obtenidos y con la determinación de las características del afluente, la presente propuesta de mejoramiento establece un idóneo tren de tratamiento para una correcta remoción de contaminantes presentes en el agua residual.

Las mejoras propuestas serán las siguientes:

- Realizar un rediseño de todos los procesos unitarios que no cumplen con las dimensiones de las normas respectivas.
- Incorporar una criba al ingreso de la PTAR, esto con el fin de retener partículas gruesas, protegiendo cada uno de los sistemas unitarios de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Incorporar un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), con esto disminuir de forma considerable la Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), debido a que los valores de estos parámetros son excesivos, esto se pudo verificar a través del análisis realizado en la PTAR.
- Diseñar un muro de contención para la parte sur de la PTAR, con la finalidad de proteger a la misma y con ello que no haya un deslizamiento de tierra por presencia de viento y lluvia.
- Diseñar un canal en la corona del talud, con la finalidad de interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su paso a la PTAR.

Figura 5. Proceso de Tratamiento propuesto.



Fuente: El autor

La remoción que tendrán los contaminantes de las aguas residuales de la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre de forma teórica, se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 32: Remoción de contaminantes por etapas del proceso de tratamiento propuesto.

UNIDADES DE TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE, PORCENTAJE					
	DBO	DQO	SS	Pb	N-Organic	NH3-N
Rejas de barra	0	0	0	0	0	0
Desarenadores	0-5	0-5	0-10	0	0	0
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Filtros percoladores						
Alta carga, medio pétreo	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
Total remoción teórica	99.05	97.15	98.65	34	75	27.75

Fuente: METCALF & EDDY [9]

3. 5. 1 Diseño del nuevo proceso de tratamiento de la PTAR

3. 5. 1. 1 Trabajos Preliminares

- LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Desde el punto de vista hidrográfico, el Levantamiento Topográfico consiste en una serie de actividades llevadas a cabo con el propósito de describir la composición de aquellas partes de la superficie de la tierra que sobresalen del agua. Incluye el relieve de la costa y la ubicación de accidentes y características naturales o artificiales permanentes. Tal información es obtenida en parte al determinar la posición de los puntos del terreno, que permiten obtener su forma, como así también los detalles de los accidentes a ser mostrados, permitiendo su ubicación y descripción de la red de alcantarillado.[21]

El equipo que se utilizó para llevar a cabo el levantamiento topográfico de la zona que se encuentra la PTAR, fue un dron DJI Mavic 2 Pro.

El Dron Mavic 2 Pro cuenta con un estabilizador en 3 ejes y una cámara con un sensor CMOS de 1" (desarrollada de forma conjunta entre DJI y Hasselblad) que permite grabar vídeo 4K, hacer fotos de 20 megapíxeles y admite filtro.[22]



Imagen 29. DJI Mavic 2 Pro - Dron .
Fuente: DJI



Imagen 30. PTAR de la parroquia Once de Noviembre, vista de 60m de altura
Fuente: autor

3. 5. 1. 2 Parámetros de diseño

- DETERMINACIÓN DEL PERÍODO DE DISEÑO

El período de diseño de la planta de tratamiento debe estar comprendido entre 20 y 30 años, con etapas de implementación de alrededor de 10 años.[23]

El periodo de diseño, teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años. [24], por lo tanto el período de diseño que se planteará para la propuesta será de 8 años, tomando en cuenta el dato del último año censal el cual es el 2010 y la diferencia al 2022 es de 12 años, de tal manera el período de diseño que se proyectará la planta de tratamiento de aguas residual de la parroquia rural Once de Noviembre será de 20 años.

$$\text{PERÍODO DE DISEÑO} = 20 \text{ años}$$

- DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN ACTUAL

Para la determinación de la población actual de la parroquia rural Once de Noviembre , nos basaremos en los datos propuestos por el análisis demográfico del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de la parroquia, proyectada para el año 2020, con una densidad poblacional de 2.60 hab/ha.[6]

Tabla 33: Promedio de Personas por Hogar, según Barrio de la Parroquia Once de Noviembre

DISTRIBUCIÓN DE ÁREA POR BARRIO		
BARRIOS	ÁREA Ha	Área %
Angamarca	28	2.43
Barrio Centro	149	17.03
Cristo Rey	220	19.1
La Libertad	53	6.45
La Unión	47	4.14
Las Parcelas	136	16.55
Plaza Arenas	77	9.37
San Alfonso	79	9.61
San Gerardo	106	12.9
San Pedro	34	2.43
TOTAL	920	100

Fuente: INEC

La población actual que se va a determinar va a referir la del área de estudio que abarca el sistema de alcantarillado que termina en la PTAR de la parroquia Once de Noviembre, dicha área de estudio corresponde al los barrios Cristo Rey y Plaza Arenas con 220 y 77 Ha respectivamente; comprendiendo un área total de estudio de 297 Ha.

Tabla 34: Población Actual de la parroquia Once de Noviembre

Ecuación	Nomenclatura
$Pa = \text{Área (Ha)} * Dp$	Pa = Población actual (hab). Dp= Densidad Poblacional.

Fuente: autor

$$Pa = \text{Área (Ha)} * Dp$$

$$Pa = 297 \text{ Ha} * 2.60 \text{ hab/Ha}$$

$$Pa = 772.2 \text{ hab} \approx 773 \text{ hab}$$

- DETERMINACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

El interés fundamental de la demografía se concentra en el estado y la dinámica de la población en el tiempo. Uno de los objetivo de la demografía está dada precisamente en

estudiar los movimientos que se presentan en las poblaciones humanas. Dicho movimiento está en función de los tres componentes que provocan cambios en el estado a lo largo del tiempo: nacimientos, defunciones y migración. Es decir, a medida que las personas nacen, mueren o se mueven, los números totales de habitantes en un área cambian. Es por tal razón que reiteramos que en cierto período de tiempo, el tamaño de una población puede crecer, mantenerse constante o disminuir, dependiendo del efecto que estén ejerciendo estos determinantes o componentes de cambio.[25]

Es recomendable obtener la mayor cantidad de datos censales, como se muestra en la tabla 35, para valorar la tasa de crecimiento poblacional de una manera más eficaz.

Tabla 35. Censo Poblacional de la Parroquia Once de Noviembre.

Año Censal	Población (hab)
1962	2379
1974	2192
1982	2185
1990	2123
2001	2088
2010	1988

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial del GAD Parroquial de la Once de Noviembre 2015 –2019 y Demografía en el Ecuador: una bibliografía. [6],[26]

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional (r), nos basaremos en el método aritmético y geométrico, tal como lo detalla Torres-Degró, A en su artículo “Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial”, publicado por la revista digital CIDE.

No utilizaremos el método exponencial porque la población en donde se realizó la presente investigación es rural.

- **Método Aritmético**[25]

$$r = \frac{\left(\frac{P_f}{P_i}\right) - 1}{t}$$

$$r = \frac{\left(\frac{2379 \text{ hab}}{2192 \text{ hab}}\right) - 1}{1962 - 1974}$$

$$r = -0.66 \%$$

Aplicamos la formula consecutivamente con los años censales y número de habitantes que están presentes en la tabla 35, para obtener los resultados de la tabla 36.

Tabla 36. Tasa de crecimiento poblacional-Método Aritmético.

Año Censal	Población (habitantes)	t (años)	r %
1962	2379		
1974	2192	12	-0.66
1982	2185	8	-0.04
1990	2123	8	-0.35
2001	2088	11	-0.15
2010	1988	9	-0.53
Promedio (rp)			-0.35

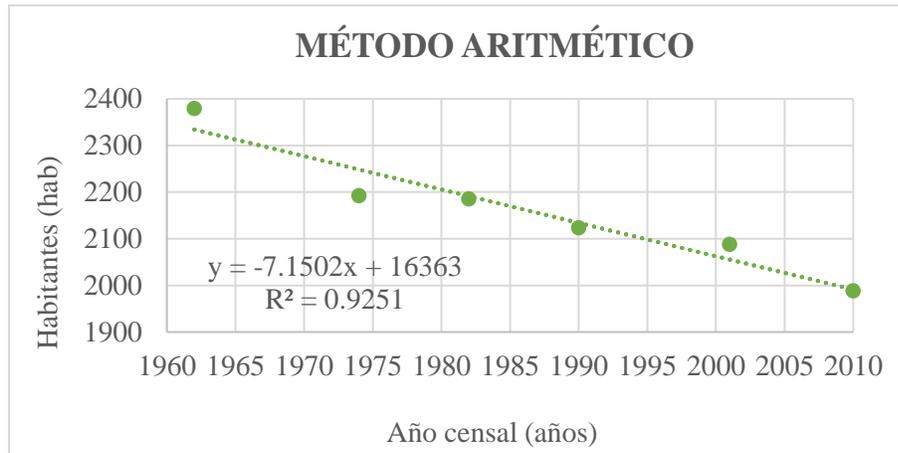
Fuente: autor

Se puede evidenciar que promedio la tasa de crecimiento calculada por el Método Aritmético es de -0.35%, así que asumimos una tasa de crecimiento del 1%, dado que una tasa de crecimiento poblacional no puede ser negativa.

$$r = 1.00\%$$

El gráfico 6 se puede observar que la tendencia del método aritmético es potencial, con un coeficiente de correlación 0.9251

Gráfico 6. Tendencia Poblacional – Método Aritmético.



Fuente: El autor

- **Método Geométrico** [25]

$$r = \left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

$$r = \left(\frac{2379}{2192} \right)^{\frac{1}{1974-1962}} - 1$$

$$r = -0.68 \%$$

Aplicamos la fórmula consecutivamente con los años censales y número de habitantes que están presentes en la tabla 35, para obtener los resultados de la tabla 37.

Tabla 37. Tasa de crecimiento poblacional-Método Geométrico.

Año Censal	Población (habitantes)	t	r
		(años)	%
1962	2379		
1974	2192	12	-0.68
1982	2185	8	-0.04
1990	2123	8	-0.36
2001	2088	11	-0.15
2010	1988	9	-0.54
Promedio (rp)			-0.35

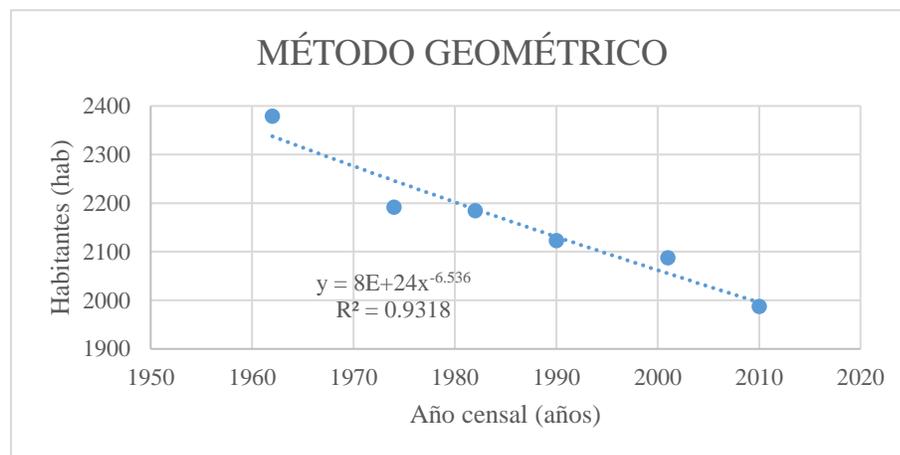
Fuente: El autor

Se puede evidenciar que promedio la tasa de crecimiento calculada por el Método Geométrico es de -0.35%, así que asumimos una tasa de crecimiento del 1%, dado que una tasa de crecimiento poblacional no puede ser negativa.

$$r = 1.00\%$$

El gráfico 7 se puede observar que la tendencia del método aritmético es potencial, con un coeficiente de correlación 0.9318

Gráfico 7. Tendencia Poblacional – Método Geométrico.



Fuente: El autor

Los dos métodos calculados anteriormente consideraremos los resultados obtenidos del método aritmético ya que como se puede observar la población está decreciendo, teniendo una tendencia lineal.

- DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA

La población futura es el número de habitantes que se tendrá al final del período o etapa de diseño. [27]

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

$$Pf = 773 \text{ hab} * \left(1 + \left(\frac{1\%}{100\%}\right)\right)^{20}$$

$$Pf = 943.20 \text{ hab} \approx 944 \text{ hab}$$

Tomando en cuenta que la incidencia de la PTAR abarca a los dos barrios más grandes que tiene la parroquia Once de Noviembre siendo estos Plaza las Arenas y Cristo Rey.

- DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN ACTUAL

La norma para estudios y diseños de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, dispone dotaciones recomendadas según el tipo de clima y número de habitantes tal como se puede apreciar en la tabla 38.

Tabla 38. Dotaciones recomendadas – Secretaría del Agua.

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	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

Fuente: Norma para estudios y diseños de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes

Sin embargo para tener una dotación más apegada a la realidad, dependiendo de las costumbre de los habitantes de la parroquia rural Once de Noviembre y otros requerimientos, se optó por hacer una análisis del consumo doméstico de la parroquia, como se alcanza a estimar en la tabla 39. Determinando así una dotación actual de 146.25 lt/hab/día.

Tabla 39. Dotación por habitante al día de la parroquia rural Once de Noviembre.

Actividad	lts/hab/día
Bebidas	6
Preparación de alimentos	10
Lavado de vajilla	10
Aseo personal	10
Baño	15
Lavado de ropa	20
Servicio Sanitario	36
Riego	5
Usos eventuales	5
Suma Consumo	117
25% desperdicios	29.25
Suma Total Consumo	146.25

Fuente: El autor

- DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN FUTURA

La dotación media diaria puede incrementarse de acuerdo con los factores que afectan el consumo y se justifica por el mayor hábito en el uso de agua y por la disponibilidad de esta. Por lo que, se debe considerar en el proyecto una dotación futura para el período de diseño, la misma que debe ser utilizada para la estimación de los caudales de diseño.[28]

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, en el reglamento técnico de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial publicado en el 2007, dispone estimar un incremento anual entre el 0.5% - 2.0%, para el cálculo de la dotación futura, de tal manera se opta por escoger un incremento anual del 1.25%, siendo este el promedio de los valores anteriormente dispuestos.

DATOS:

- Dotación inicial (Do)= 146.25 lt/hab/día
- Variación anual de la dotación (d)= 1.50 lt/hab/día
- Dotación inicial (Do)= 1.25%
- Periodo de Diseño (n) = 20 años

$$Df = D_0 * \left(1 + \left(\frac{d}{100\%}\right)\right)^n$$

$$Df = 146.25 \text{ lt/hab/día} * \left(1 + \left(\frac{1.5\%}{100\%}\right)\right)^{20}$$

$$Df = 196.97 \text{ lt/hab/día}$$

- **CÁLCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO (Qmd)**

$$Qmd = \frac{\text{Dotación} * \text{Población futura}}{86400} [29]$$

$$Qmd = \frac{196.97 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} / \text{día} * 944 \text{ hab}}{86400}$$

$$Qmd = 2.15 \text{ lt/s}$$

El Caudal medio diario sanitario o denominado caudal doméstico, será producto del consumo del caudal de agua potable utilizado en las actividades domésticas, comerciales o institucionales, menos el volumen de pérdidas. Este valor se tabula como un coeficiente de retorno “C” que varía entre el 60% al 80%. [30]

Escogemos un coeficiente de retorno del 80% para el cálculo del caudal doméstico.

$$Qmds = C * Qmd$$

$$Qmds = 80\% * 2.15 \text{ lt/s}$$

$$Qmds = 1.72 \text{ lt/s}$$

- **CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)**

El coeficiente de variación del consumo máximo diario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar un coeficiente de variación de 1.3-1.5.[31]

El coeficiente de variación que escogemos para el cálculo de caudal máximo diario será de 1.4.

$$QMD = 1.4 * Qmds$$

$$QMD = 1.4 * 1.72 \text{ lt/s}$$

$$QMD = 2.41 \text{ lt/s}$$

- **CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMH)**

El coeficiente de variación del consumo máximo diario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar un coeficiente de variación de 2-2.3.[31]

El coeficiente de variación que escogemos para el cálculo de caudal máximo diario será de 2.15.

$$QMH = 2.15 * Qmds$$

$$QMH = 2.15 * 1.72 \text{ lt/s}$$

$$QMH = 3.70 \text{ lt/s}$$

- **CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO (Qd)**

El Código Ecuatoriano de la Construcción parte IX de Obras Sanitarias CO10.07-601, nos recomienda para el cálculo del caudal para el diseño de plantas de tratamiento, el caudal máximo diario más un 10 % del mismo.

El 10% representa un factor de seguridad el mismo que engloba el caudal de infiltración que puede existir en las tuberías y el caudal de conexiones erradas.[29]

$$Qd =Fs * QMD$$

$$Qd =1.10 * 2.41 \text{ lt/s}$$

$$Qd = 2.65 \text{ lt/s}$$

3. 5. 1. 3 Diseño del nuevo Proceso de tratamiento

Se tomará para el nuevo diseño de tratamiento el caudal de 2.65 lt/s, correspondiente al cálculo realizado con todos los parámetros de diseño, como; período de diseño 20 años, población futura 944 habitantes.

3. 5. 1. 3. 1 Diseño del Cribado

El cribado conforma el pretratamiento o tratamiento preliminar, esta etapa encarga de retener sólidos grueso, evitando su ingreso a la PTAR, garantizando la vida útil de todos los sistemas unitarios que conforma la misma.

DATOS:

- Caudal de Diseño (Qd) = 2.65 lt/s
- Velocidad de canal (V) = 0.3 m/s
- Dimensiones del canal = 1.50x1.50 m
- Diámetro de Barrotes (d) = 0.6 cm
- Separación entre Barrotes (L) = 1 cm

- DETERMINACIÓN DEL ÁREA ÚTIL DEL CANAL

$$Au = Bc * \frac{L}{L + b} * \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

$$Au = 1.50 \text{ m} * \frac{0.010 \text{ m}}{0.010 \text{ m} + 0.006 \text{ m}} * \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

$$Au = 0.65 \text{ m}^2$$

- CÁLCULO DE PROFUNDIDAD EN LA ZONA DE REJILLA

$$P = Q * \frac{b + L}{\left(1 - \frac{G}{100}\right) * Vp * L * Bc}$$

$$P = 0.00265 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{0.006 \text{ m} + 0.010 \text{ m}}{\left(1 - \frac{30}{100}\right) * 0.4 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.010 \text{ m} * 1.50 \text{ m}}$$

$$P = 0.010 \text{ m}$$

$$P = 0.010 \text{ m} \therefore P = 1.5 \text{ cm}$$

- CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA GENERADA POR LA REJILLA

$$\Delta H = \frac{Vp^2}{9.1}$$

$$\Delta H = \frac{0.4 \text{ m/s}^2}{9.1}$$

$$\Delta H = 0.04 \text{ m} \approx 4 \text{ cm}$$

- CÁLCULO DE NÚMERO DE BARROTOS

$$N = \frac{BR - L}{b + L}$$

$$N = \frac{1.50 \text{ m} - 0.010 \text{ m}}{(0.006 + 0.012)\text{m}}$$

$$N = 82.77 \text{ barrotes} \approx 83 \text{ barrotes}$$

Tabla 40. Dimensiones propuestas del cribado.

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Cantidad	83	m
Abertura	1.00	cm
Diámetro	0.6	cm
Largo	1.50	m
Ancho	1.50	m
Inclinación	45	°

Fuente: El autor

3. 5. 1. 3. 2 Diseño del Desarenador Propuesto

En una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, el sistema unitario que corresponde al desarenador es la parte más importante, porque este sistema es una obra hidráulica que su función principal es remover arenas pequeñas, evitando que las mismas ingresen a los demás sistemas unitarios de la PTAR.

El valor de la densidad relativa de la arena (ρ_s), se tomará de la tabla 25.

El valor del diámetro de la partícula (d), se tomará de la tabla 26.

DATOS

- Caudal de diseño (QMH): 2.65 l/s
- Densidad relativa de la arena (ρ_s): 2.53
- Temperatura (T): 16.3 °
- Diámetro de la partícula (d): 0.02 cm
- Viscosidad Cinemática (η): 0.0110 cm²/s
- Peso específico de las partículas (λ_s)= 2.63 g/cm³
- Factor en Función del Diámetro (a): 44

- **CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO (Velocidad de Esgurrimiento)**

$$V_s = a\sqrt{d}$$

$$V_s = 44 \sqrt{0.020 \text{ cm}}$$

$$V_s = 6.22 \text{ cm/s}$$

$$V_s = 0.0622 \text{ m/s}$$

- **ANCHO DE LA CAMARA DE SEDIMENTACIÓN (Asumido)**

$$B = 1.50 \text{ m}$$

- **ALTURA DE LA CAMARA DE SEDIMENTACIÓN**

$$H = \frac{Q}{v * B}$$

$$H = \frac{0.00265 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0622 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 1.5 \text{ m}}$$

$$H = 0.028 \text{ m}$$

Según el manual de la OPS, asumimos el siguiente valor de la altura de sedimentación.

$$H = 1.50 \text{ m}$$

- **CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN**

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s}{\eta} \right) d^2$$

$$V_s = \frac{1}{18} * 980 \text{ cm/s}^2 \left(\frac{2.53 \text{ gr/cm}^3}{0.0110 \text{ cm}^2/\text{s}} \right) (0.02 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 5.01 \text{ cm/s}$$

Comprobación del número de Reynolds:

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta}$$

$$Re = \frac{5.01 \text{ cm/s} * 0.02 \text{ cm}}{0.0110 \text{ cm}^2/\text{s}}$$

$$Re = 9.12$$

$$Re = 9.12 > 0.5 \therefore$$

*no se encuentra en la zona de la LEY DE STOKES (regimen laminar),
se encuentra en la zona de la LEY DE ALLEN*

- **CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE**

$$CD = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

$$CD = \frac{24}{9.12} + \frac{3}{\sqrt{9.12}} + 0.34$$

$$CD = 3.96$$

$$\therefore V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{CD} * (\rho_s - 1) * d}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{980 \text{ cm/s}^2}{3.96} * (2.53 - 1) * (0.02 \text{ cm})}$$

$$V_s = 3.18 \text{ cm/s}$$

Asumimos una eficiencia del 75%, tal como se detalla en el gráfico 4.

- **CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL**

$$V_s = \left(\frac{Q * \text{coeficiente de seguridad}}{A_s} \right)$$

$$A_s = \left(\frac{Q * \text{coeficiente de seguridad}}{V_s} \right)$$

$$A_s = \left(\frac{2650 \text{ cm/s} * 1.75}{3.18 \text{ cm/s}} \right)$$

$$A_s = 1458.33 \text{ cm}^2 \approx 0.15 \text{ m}^2$$

$$A_s = 0.15 \text{ m}^2$$

- **CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL**

$$T_s = \left(\frac{H}{V_s} \right)$$

$$T_s = \left(\frac{1.50 \text{ m}}{0.0318 \text{ m/s}} \right)$$

$$T_s = 47.17 \text{ s}$$

- **CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CÁMARA**

$$L = k * V_d * T_s$$

$$L = 2.1 * 0.0622 \frac{m}{s} * 47.17 s$$

$$L = 6.16 m \approx L = 6.20 m$$

- **CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CÁMARA**

$$LT = \left(\frac{B - H}{2 * tg(\theta)} \right)$$

$$LT = \left(\frac{1.50 m - 1.50 m}{2 * tg(\theta)} \right)$$

$$LT = 0$$

- Se determina las dimensiones de largo, ancho y profundidad; conforme a los criterios de diseño.

Tabla 41. Dimensiones propuestas del Desarenador.

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Altura	1.50	m
Ancho	1.50	m
Largo	6.20	m
Transición de entrada y salida	0	m
Espesor pared	0.15	m

Fuente: El autor

Conforme a los resultados obtenidos en el diseño del desarenador y según los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), tenemos los siguientes resultados; cumple con la profundidad mínima de 1.50 m, la relación de las dimensiones largo y ancho es de 4 m, valor que cumple con el criterio de la OPS (3 – 6)m, la relación de las dimensiones largo y profundidad es de 4 m, valor que no cumple con el criterio de la OPS (5 -20)m. El desarenador diseñado para la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre ya cumple en su totalidad con las dimensiones y criterios de diseño.

3. 5. 1. 3. 3 Diseño del Tanque Séptico

Para el diagnóstico del Tanque Séptico se ha tomado las recomendaciones indicadas de la norma RAS 2000, capítulo E.7

DATOS:

- Altura útil del tanque séptico (h) = 2.95 m
- Ancho útil del tanque séptico (a) = 3.30 m
- Largo útil del tanque séptico (l) = 6.45 m
- Dotación de agua potable (D) = 146.25 lt/hab*día
- Número de contribuyentes (Nc) 944 hab

- CÁLCULO DE LA CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR CONTRIBUYENTES (C)

El agua residual es la derivación del uso del agua potable y la contribución de aguas residuales por contribuyentes se denota de un porcentaje el cual termina desalojado en el sistema de alcantarillado, sin embargo la norma RAS 2000 nos recomienda que para lugares estudio rurales la contribución de aguas residuales será 100 lt/día.

$$C= 100 \text{ Lt/hab*días}$$

- CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN DEL TANQUE SÉPTICO

El tiempo de retención está relacionado con la contribución diaria de aguas residuales de todos los habitantes (L). [18]

$$L = C * \text{Número de Habitantes}$$

$$L = 100 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}} * 944 \text{ hab}$$

$$L = 94400 \text{ lt/día}$$

El tiempo de retención de acuerdo con la contribución de agua residual como lo delimita la norma RAS 2000, para contribución diaria (L) mayor a 9000, será de 0.50 días, lo que es igual a 12 horas , lo cual se encuentra detallado en la tabla 27.

$$: L > 9\ 000 \therefore T = 0.50 \text{ días} \approx 12 \text{ horas}$$

$$: 94400 \text{ lt/día} > 9\ 000 \therefore T = 0.50 \text{ días} \approx 12 \text{ días}$$

- DETERMINACIÓN DE LA TASA DE ACUMULACIÓN DE LODOS DIGERIDOS (K)

Debido a la temperatura que se obtuvo en el análisis de las muestras de agua que es 16.3 °C, y gracias al criterio de la norma RAS 2000, en el capítulo 7, se pudo determinar que la tasa de acumulación de lodos digeridos (K), es de 65; de tal forma como se detalla en la tabla 28.

- CÁLCULO DEL VOLUMEN ÚTIL DEL TANQUE SÉPTICO

DATOS:

- Número de habitantes (Nc) = 944 Hab
- Contribución de aguas residuales por contribuyente (C) = 100 Lt/hab*días

- Tiempo de retención del Tanque Séptico (T) = 50 días
- Tasa de acumulación de Lodos Digeridos (K) = 65
- Lodos Frescos generados al día por persona (Lf) = 1 Lt/día

$$Vu = 1000 + Nc * (C * T + K * Lf)$$

$$Vu = 1000 + 944 \text{ hab} * \left(100 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{días} * 0.50 \text{ días} + 65 * 1 \text{ lt/día}\right)$$

$$Vu = 109560 \text{ lt}$$

$$Vu = 109.56 \text{ m}^3$$

- CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD ÚTIL DEL TANQUE SÉPTICO

La norma RAS 2000 nos recomienda tomar medidas referenciales de la profundidad del tanque séptico según el valor del volumen útil según lo podemos apreciar en la tabla 42.

Tabla 42. Valores de profundidad útil del Tanque Séptico.

Volumen útil (m ³)	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1.2	2.2
De 6 a 10	1.5	2.5
Más de 10	1.8	2.8

Fuente: Tabla E.3.3 Título E RAS 2000

: Vu > 9 000 ∴ Profundidad útil mínima 1.80 m

: Vu > 9 000 ∴ Profundidad útil máxima 2.8 0m

- **CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL DEL TANQUE SÉPTICO**

$$A = \frac{V}{\text{Profundidad útil}}$$

$$A = \frac{109.56 \text{ m}^3}{2.80 \text{ m}}$$

$$A = 39.13 \text{ m}^2$$

- **CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL DEL TANQUE SÉPTICO**

$$2 < \frac{l}{b} < 4$$

Se optó por un valor de relación de 2.5

$$L = 2.50 * b$$

$$Af = L * b$$

$$Af = 2.5 * b * b$$

$$b = \sqrt{\frac{Af}{2.5}}$$

$$b = \sqrt{\frac{29.59 \text{ m}^2}{2.5}}$$

$$b = 3.44 \text{ m} \therefore 3.45 \text{ m}$$

- **CÁLCULO DEL ÚTIL DEL TANQUE SÉPTICO (L)**

$$L = 2.5 * b$$

$$L = (2.5 * 3.45)m$$

$$L = 8.63 m \therefore 8.65 m$$

- **CÁLCULO DE LA ALTURA TOTAL DEL TANQUE SÉPTICO**

$$Ht = h + \text{borde libre}$$

$$Ht = (2.80 + 0.30) m$$

$$Ht = 3.10 m$$

Tabla 43. Dimensiones del Tanque Séptico de la propuesta.

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Largo	8.65	m
Ancho	3.45	m
Altura	3.10	m
Borde Libre	0.30	m

Fuente: El autor

3. 5. 1. 3. 4 Diseño del Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente

- Caudal Medio (Q_m) = 6.19 m³/h
- Caudal Máximo Diario Afluente (Q_{MD}) = 8.676 m³/h
- Caudal Máximo Horario Afluente (Q_{MH}) = 13.32 m³/h
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) = 0.48 kg/m³
- Tiempo de retención hidráulica (TRH)= 5 horas
- Altura borde (h_l) = 0.50 m
- Altura bajo dren (h_b) = 0.50 m
- Altura de medio filtrante o empaque (h_m) = 1.60 m

- CÁLCULO DEL FILTRO EN m³

$$V = Q_{md} * (TRH)$$

$$V = 6.19 \text{ m}^3/\text{h} * (5 \text{ horas})$$

$$V = 30.95 \text{ m}^3$$

- CÁLCULO DE LA ALTURA TOTAL DEL FILTRO

$$H = h_l + h_b + h_m$$

$$H = 0.50 \text{ m} + 0.50 \text{ m} + 1.60 \text{ m}$$

$$H = 2.60 \text{ m}$$

- CÁLCULO DEL ÁREA DEL FILTRO ANAERÓBIO EN m²

$$A = V/H$$

$$A = 30.95 \text{ m}^3/2.60 \text{ m}$$

$$A = 11.90 \text{ m}^2$$

- **CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL MEDIO FILTRANTE EN m³**

$$V_{mf} = A * h_m$$

$$V_{mf} = 11.90 \text{ m}^2 * 1.60 \text{ m}$$

$$V_{mf} = 19.05 \text{ m}^3$$

- **VERIFICACIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL**

- Cálculo de la Carga Hidráulica Superficial con el CAUDAL MEDIO DIARIO (Qmd)

$$CHS = Q_{md}/A$$

$$CHS = \frac{6.19 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{11.90 \text{ m}^2} * 24h$$

$$CHS = 12.48 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 d}$$

- Cálculo de la Carga Hidráulica Superficial con el CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)

$$CHS = Q_{MD}/A$$

$$CHS = \frac{8.68 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{11.90 \text{ m}^2} * 24h$$

$$CHS = 17.50 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 d}$$

- Cálculo de la Carga Hidráulica Superficial con el CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMH)

$$CHS = QMH/A$$

$$CHS = \frac{13.32 \frac{m^3}{h}}{11.90m^2} * 24h$$

$$CHS = 26.86 \frac{m^3}{m^2d}$$

- VERIFICACIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA VOLUMÉTRICA 1

- $S_o = DBO$ del afluente (mg/L)

$$S_o = 228.85 \text{ mg/L}$$

$$S_o = 0.229 \text{ kg/m}^3$$

$$COV 1 = \frac{Qmd * S_o}{V}$$

$$COV 1 = \frac{6.19 \frac{m^3}{h} * 0.229 \text{ kg/m}^3}{30.95 \text{ m}^3} * 24 \text{ h}$$

$$COV 1 = 4.80 \text{ kg} \frac{DBO}{m^3 d}$$

- VERIFICACIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA VOLUMÉTRICA 2

- $S_o = DBO$ del afluente (mg/L)

$$S_o = 476.05 \text{ mg/L}$$

$$S_o = 0.476 \text{ kg/m}^3$$

$$COV\ 2 = \frac{Q_{md} * S_o}{V_{mf}}$$

$$COV\ 2 = \frac{6.19 \frac{m^3}{h} * 0.229 \text{ kg/m}^3}{19.05 \text{ m}^3} * 24 \text{ h}$$

$$COV\ 2 = 7.80 \text{ kg} \frac{DBO}{m^3 d}$$

- **CÁLCULO DEL TIEMPO REAL DE RESIDENCIA HIDRÁULICA (TRH)**

$$TRH = \frac{V_{mf}}{Q_{md}}$$

$$TRH = \frac{19.05 \text{ m}^3}{6.19 \frac{m^3}{h}}$$

$$TRH = 3.08 \text{ h}$$

- **CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ESPERADA (E)**

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

$$E = 100 [1 - 0.87 (3.08)^{-0.5}]$$

$$E = 50.42 \%$$

- **CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE DBO, ESPERADA EN EL EFLUENTE**

- $S_o = DBO \text{ del efluente (mg/L)}$

$$S_o = 137.82 \text{ mg/L}$$

$$S_o = 0.138 \text{ kg/m}^3$$

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E * S_o}{100}$$

$$DBO_{ef} = 137.82 \text{ mg/L} - \frac{50.42 \% * 137.82 \text{ mg/L}}{100}$$

$$DBO_{ef} = 68.33 \text{ mg/L}$$

- **CÁLCULO DE LA CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL (CHS)**

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

$$CHS = \frac{6.19 \frac{m^3}{h}}{11.90 \text{ m}^2} * 24 \text{ h}$$

$$CHS = 12.48 \text{ m}^2$$

Tabla 44. Dimensiones del FAFA de la propuesta.

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Altura	4	m
Ancho	4.15	m
Largo	4.15	m
Espesor pared	0.50	m

Fuente: El autor

3. 5. 1. 3. 5 Diseño del Lecho Secado de Lodos

Los lechos de secado sin plantas consisten en filtros poco profundos, llenos de arena y grava (piedras pequeñas, a veces llamada ripio), con un sistema de drenaje por debajo

para recolectar los lixiviados. Los lodos fecales son descargados sobre la superficie para desaguar y deshidratarse.[20]

DATOS:

- Número de contribuyentes (N_c) = 944 hab
- Sólidos en suspensión en el agua residual (SS) = 322.65 mg/l
- Caudal de diseño (Q_d) = 2.65 lt/seg
- P_{lodos} = densidad de lodos = 1.04 kg/l
- % *solidos* = porcentaje de solidos (8-12%) 12
- Largo útil de un patio de secado de lodos (l) = 3.48 m
- Ancho útil del lecho de secado de lodos (a) = 1.80 m
- Profundidad de aplicación (H)= 0.40 m

- **DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DIGESTIÓN**

El tiempo de digestión de los lodos depende de la temperatura del medio ambiente, el cantón Latacunga tiene una temperatura de 15°C, dicho tiempo de digestión es de 55 días como se lo aprecia en la tabla 30.

- **CÁLCULO DE LA CARGA DE SOLIDOS QUE INGRESAN AL SEDIMENTADOR**

$$C = Q_d * SS * 0.0864 \text{ kg SS/día}$$
$$C = 2.65 * 322.65 * 0.0864 \text{ kg SS/día}$$
$$C = 73.87 \text{ kg SS/día}$$

- **CÁLCULO DE LA MASA DE SÓLIDOS QUE CONFORMAN LOS LODOS (M_{cd})**

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

$$Mcd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 73.87 \text{ kg SS/día}) + (0.5 * 0.3 * 73.87 \text{ kg SS/día})$$

$$Mcd = 24.00 \text{ kg SS/día}$$

- **CÁLCULO DEL VOLUMEN DIARIO DE LODOS DIGERIDOS (Vsd)**

$$Vsd = \frac{Mcd}{P \text{ lodos} * \left(\frac{\% \text{ de solidos}}{1000}\right)}$$

$$Vsd = \frac{24.00 \text{ kg/día}}{1.04 \text{ kg/lt} * \left(\frac{12}{100}\right)}$$

$$Vsd = 192.31 \text{ lt/día}$$

- **CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LODOS A EXTRAERSE DEL TANQUE (Vel)**

$$Vel = \frac{Vsd * Td}{1000}$$

$$Vel = \frac{192.31 \frac{\text{lt}}{\text{día}} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 10.58 \text{ m}^3$$

- **CÁLCULO DEL ÁREA TEÓRICA DEL LECHO DE SECADO DE LODOS (At)**

$$At = \frac{V \text{ el}}{H}$$

$$At = \frac{10.58 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$At = 26.44 \text{ m}^2$$

Tabla 45. Dimensiones propuestas del Lecho Secado de Lodos.

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI		
		
PARÁMETRO	VALOR	U
Altura	4.71	m
Ancho	3.48	m
Largo	1.8	m
Espesor pared	0.15	m

Fuente: El autor

3. 5. 2 Comparación de la PTAR actual con la PTAR de la propuesta

En la actualidad la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la parroquia rural Once de Noviembre no está funcionando de una manera adecuada, debido a que ha colapsado por la saturación desmedida del talud que se encuentra en la parte sur de la misma, ocasionando deslizamiento de tierra del talud durante los últimos 4 años (vida útil de la PTAR), durante periodos de lluvia pasmosa. Esto quiere decir que el agua residual no ingresa a la PTAR en un 90%, ya que después de pasar por el desarenador el agua residual se desvía directamente a la salida de esta, esto se lo puede comprobar gracias a los análisis de laboratorio denotados en la tabla 15, los parámetros de comparación con el fósforo total, nitrógeno amoniacal, DQO, DBO5 exceden en gran medida los límites máximos permisibles.

Adicional, las dimensiones de la mayoría de los sistemas unitarios que conforma la PTAR no cumplen con la normativa estipulada para el diseño de cada una de las estructuras hidráulicas, por tal motivo se realiza la comparación del estado actual de la

PTAR, con la propuesta presentada, para determinar si se evidencia una mejora de los elementos hidráulicos .

Tabla 46. Comparación condición actual vs propuesta.

SISTEMA	CONDICIÓN ACTUAL		PROPUESTA	
	Función	Dimensión	Función	Dimensión
Cribado	No existe	No existe	Retención de las partículas sólidas de gran tamaño	Construir estructura, verificar anexo 2
Desarenador	Sedimentación de las partículas suspendidas en el agua residual	Incumple con la relación (largo/ancho)	Sedimentación de las partículas suspendidas en el agua residual	Sus dimensiones de encuentran diseñadas en base a los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), verificar anexo 2
Tanque Séptico	Decantación y digestión de material residual	Incumple con la normativa	Decantación y digestión de material residual	Sus dimensiones de encuentran diseñadas en base a los parámetros de la norma RAS 2000, verificar anexo 2
FAFA	Remueve la carga contaminante del agua residual	Cumple con la normativa	Remoción de la carga contaminante	Sus dimensiones se encuentran diseñadas en base a los parámetros de la Norma CONAGUA, verificar anexo 3
Lecho de secado de lodos	Recepción de los lodos producidos en el proceso de tratamiento	Cumple con el área mínima	Recepción de los lodos producidos en el proceso de tratamiento	Sus dimensiones de encuentran diseñadas en función a los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), verificar anexo 3

Fuente: El autor

3. 6 Operación y Mantenimiento de la PTAR

Para garantizar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia rural Once de Noviembre, se presenta un plan de operación y mantenimiento con el fin de prolongar la vida útil de la PTAR, el cual se detalla a continuación:

3. 6. 1 Plan de operación y mantenimiento del Cribado

La operación es verificar el buen estado de la criba y la parte del mantenimiento denota la limpieza diaria de la rejilla y remoción de partículas sólidas de gran tamaño. Estas actividades se realizaran por un operador, encargado de realizar la limpieza.

Tabla 47. Mantenimiento de la Criba.

FRECUENCIA	PERSONAL	ACTIVIDAD	EQUIPO/ HERRAMIENTAS
1 vez / 15 días	Operador	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar si existe el acaparamiento de demasiados solidos en las rejillas. • Realizar la limpieza de las rejillas. • Situar los sólidos en fundas plásticas para a continuación ser desechados en la basura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de seguridad (Ver tabla 11) • Rastrillo • Pala • Funda plástica
1 vez / año	Operador	<ul style="list-style-type: none"> • Chequear el estado de los varillas de acero. • Resarcir y sustituir las varillas defectuosas en caso de ser necesario 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de seguridad (Vertabla 11)

Fuente: El autor

3. 6. 2 Plan de operación y mantenimiento del Desarenador

El mantenimiento del desarenador se llevará a cabo por un operador, el cual con el equipo de protección pertinente realizará las actividades detalladas a continuación:

Tabla 48. Mantenimiento del Desarenador.

FRECUENCIA	PERSONAL	ACTIVIDAD	EQUIPO/HERRAMIENTAS
1 vez / 15 días	Operador	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorear el caudal de entrada para verificar el volumen de ingreso • Cerrar la válvula de ingreso de agua, para la remoción de lodos • Remover los sedimentos del tanque que se depositan en el fonde del mismo. • Desprender el material adherido del tanque en las paredes y en el fondo de la cámara • Enjuagar la cámara con agua limpia y restaurar su funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de seguridad (Ver tabla 11) • Manual de operación y mantenimiento • Pala • Baldes • Escobillas • Brochas • Carretilla
Mensual	Operador	<ul style="list-style-type: none"> • Untar con aceite los dispositivos de apertura de las compuertas 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de seguridad (Ver tabla 11) • Aceite para lubricación multiusos
Anual	Operador	<ul style="list-style-type: none"> • Pintar los dispositivos metálicos con pintura anticorrosiva. • Cambiar empaques de válvulas • Inspección completa del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de seguridad (Ver tabla 11) • Pintura corrosiva • Empaques para válvulas

Fuente: El autor

3. 6. 3 Plan de operación y mantenimiento del Tanque Séptico

El mantenimiento de un tanque séptico debe ser preventivo y debe ejecutarse por un operador una vez al año, y en el mismo período de tiempo para comprobar el funcionamiento de los filtros se debe realizar un análisis químico del agua.

Tabla 49. Mantenimiento del Tanque Séptico.

FRECUENCIA	PERSONAL	ACTIVIDAD	EQUIPO/ HERRAMIENTAS
Semestral	Operador	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el espesor de la capa de natas 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de seguridad (Ver tabla 11) • Vara de madera
Anual	Operador	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrar compuertas de ingreso del Tanque • Colocar cal hidratada • Remover la cal con las natas con la vara de madera • Verificar el nivel de lodos en el fondo del tanque con el pedazo de tela colocado en la parte superior de la vara de madera, por medio de impregnación • Limpiar el tanque con ayuda del carro motobomba. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de seguridad (Ver tabla 11) • Vara de madera • Pedazo de Tela • Carro motobomba • Pala • Carretilla

Fuente: El autor

3. 6. 4 Plan de operación y mantenimiento del FAFA

El mantenimiento del Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente debe hacerse semestralmente para verificar si existe presencia de terrones de biopelículas (natas en formas de natas), caso contrario solo se podrá ver el agua residual.

También se debe realizar la limpieza del material filtrante que se encuentra dentro del FAFA, mediante las actividades que se detallan en la tabla 46.

Tabla 50. Mantenimiento del FAFA.

FRECUENCIA	PERSONAL	ACTIVIDAD	EQUIPO/ HERRAMIENTAS
Semestral	Operador	<ul style="list-style-type: none">• Destapar las compuertas metálicas y dejar por 15 a 30 minutos que se ventile para que se desalojen todos los gases que se encuentran dentro del FAFA• Con la manguera de la hidro lavadora introducir agua a presión en la parte superior del FAFA.	<ul style="list-style-type: none">• Equipo de seguridad (Ver tabla 11)• Pico de metal• Hidro lavadora• Pala• Carretilla

Fuente: El autor

3. 6. 5 Plan de operación y mantenimiento del Lecho Secado de Lodos

El mantenimiento y limpieza del Lecho Secado de Lodos se debe llevar a cabo por parte de un operador, este revisará si el lecho alcanzó la altura permisible, también debe realizar las actividades quincenales y semestrales detalladas a continuación.

Tabla 51. Mantenimiento del Lecho de Secado de Lodos.

FRECUENCIA	PERSONAL	ACTIVIDAD	EQUIPO/HERRAMIENTAS
Quincenal	Operador	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que el nivel de lodos no sobrepase 1.20 m, si sobrepasa esta medida estarán listos para su extracción. • Distribuir los lodos de forma uniforme para que sea más efectivo su secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de seguridad (Ver tabla 11) • Pala
Semestral	Operador	<ul style="list-style-type: none"> • Remover los lodos que se encuentra secos • Recoger los lodos en saquillos y entregarlos a la autoridad pertinente para su posterior tratamiento y uso como abono. • Limpiar al lecho para que su progresivo uso 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de seguridad (Ver tabla 11) • Pala • Saquillos de yute o lona

Fuente: El autor

3. 7 Diseño de Muro de Contención de Concreto

- PARÁMETROS DE DISEÑO

Suelo de

Cimentación:

$\gamma=$	1800.00	kg/m ³	Peso Volumétrico
$\varphi=$	30	° (grados)	Ángulo de Fricción interna
$q_u=$	1.00	kg/cm ²	Capacidad de carga del terreno
$C_f=$	0.65		Coefficiente de fricción entre el terreno y el concreto

Material de Relleno:

$\gamma=$	800.00	ton/m ³	Peso volumétrico
$\varphi=$	30	° (grados)	Ángulo de Fricción interna

Concreto reforzado

$f'_c=$	250.00	kg/cm ²	Esfuerzo de compresión del concreto
$\gamma_c=$	2400.00	kg/m ³	Peso Volumétrico del concreto reforzado
$f_y=$	4200.00	kg/cm ²	Esfuerzo a la fluencia del acero de refuerzo

Factores de carga

$F_c=$	1.40		Factor de carga
$F_{r_f}=$	0.90		Factor de resistencia a flexión
$F_{r_c}=$	0.80		Factor de resistencia a cortante

- GEOMETRÍA DEL MURO

$H=$	3	m	Altura total del muro
$h=$	0.25	m	Peralte total de losa
$h_1=$	0.5	m	Profundidad de enterramiento

e=	0.25	m	Espesor del muro
T=	2	m	Talón
E=	0.50	m	Espesor final del muro
P=	0	m	Pie
h ₂ =	2.25	m	Altura libre del terreno
h ₃ =	2.75	m	Altura del muro en cantiliver
B=	2.25	m	Base total del muro

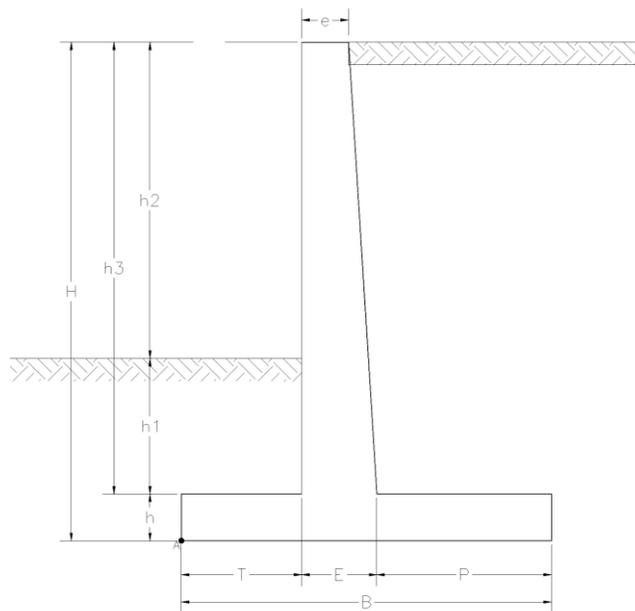


Imagen 31. Geometría del Muro de Contención de Concreto

Fuente: autor

- CÁLCULO DE LOS EMPUJES DEL TERRENO SOBRE EL MURO DE CONTENCIÓN

Módulo de reacción del suelo

$$k = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad K_a = 0.333$$

Empujes activos del suelo

$$E_s = \frac{\gamma H^2 k}{2}$$

$E_{s1} =$	1200.00	kg/m
$E_{s2} =$	75.00	kg/m

Puntos de aplicación de los empujes activos

$y_1 = H/3$	$y_1 =$	1.000	m
$y_2 = (h+h_1)/2$	$y_2 =$	0.250	m

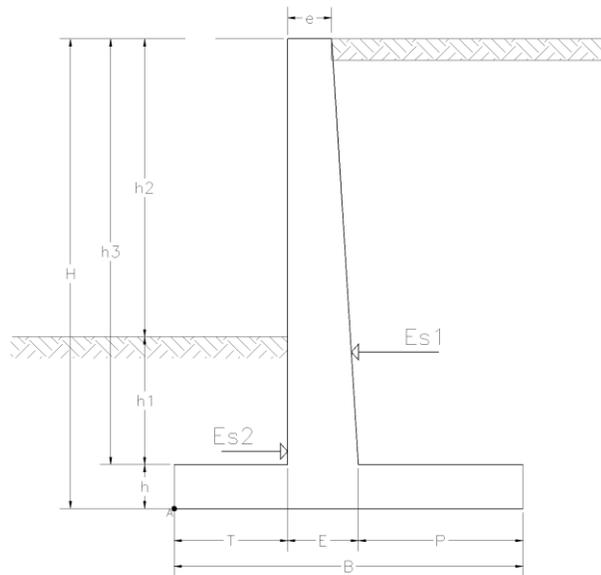


Imagen 32. Empuje del terreno sobre el Muro de Contención de Concreto

Fuente: autor

- **CÁLCULO DEL MOMENTO DE VOLTEO**

$$M_v = (E_{s1} * y_1) - (E_{s2} * y_2)$$

$$M_v = 1181.25 \text{ kg-m/m}$$

- **CÁLCULO DEL MOMENTO DE EQUILIBRIO**

Cálculo de los pesos muertos sobre la estructura y momentos con respecto al punto A.

Tabla 52. Momentos de Equilibrio

W (kg/m)		Brazo de palanca (m)	Momento de equilibrio (kg-m/m)
W1	1350.00	1.13	1518.75
W2	3865.00	2.13	8213.13
W3	548.00	2.25	1233.00
W4	0.00	2.25	0.00
W5	0.00	2.25	0.00

Fuente: El autor

$$\Sigma W = 5763.00 \qquad \Sigma Me = 10964.88$$

Peso por descarga de columnas sobre muro

$$P = 0 \text{ Kg}$$

$$\Sigma W = 5763 \text{ Kg}$$

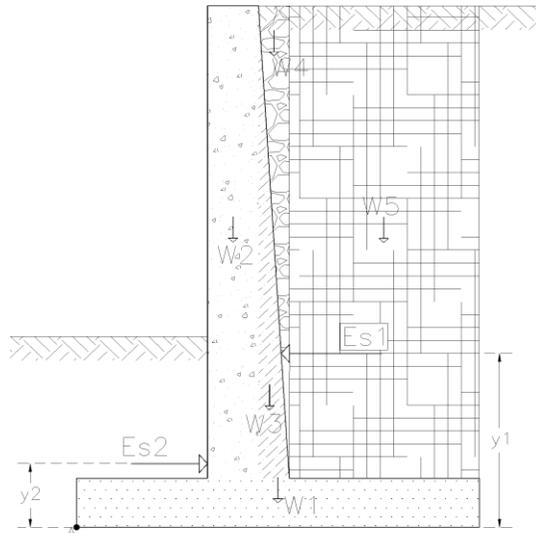


Imagen 33. Momentos de equilibrio sobre el Muro de Contención de Concreto

Fuente: El autor

- **REVISIÓN A VOLTEO DEL MURO**

La revisión a volteo del muro es la relación entre el momento de resistente y el momento de volteo, la cual debe ser mayor o igual a un Factor de Seguridad $F_s=2$.

$$\frac{\sum Me}{Mv} \geq 2; \frac{10964.88}{1181.25} = 9.28 \quad \text{Pasa por volteo!}$$

- **REVISIÓN CONTRA DESLIZAMIENTO DEL MURO**

Es necesario demostrar que la resultante R del empuje activo E_s y la suma de los pesos de la estructura ΣW y su punto de aplicación con el objeto de ver si ésta cae dentro del tercio medio de la base del muro asegurando su estabilidad y no generar tensiones en la misma.

De la ecuación de esfuerzo podemos notar que debemos limitarnos a una excentricidad menor o a lo más igual a la base entre 6.

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M c}{I} = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6 e}{B} \right)$$

$$e_1 \leq \frac{B}{6} \quad \text{por tanto} \quad e_1 \leq 0.375 \text{ m}$$

Tomando momentos con respecto al punto A

$$M_A=0 = (E_{s1} y_1) - (E_{s2} y_2) - \left(\Sigma w \left(e_p - \frac{B}{2} + e_1 \right) \right)$$

donde e_p es el brazo de palanca de la resultante de los pesos en la estructura

$$e_p = \frac{\sum Me}{\sum W} = \frac{10964.88}{5763.00} = 1.90 \text{ m}$$

y e_1 es la excentricidad formada por la resultante de las fuerzas actuantes por lo tanto:

$$e_1 = \frac{Mv}{\sum w} - e_p + \frac{B}{2}$$

$$= -0.57 \text{ m}$$

Comprobando que la resultante esté dentro del tercio medio de la estructura:

$$e_1 = -0.57 \leq 0.375 \quad \text{Cumple con la condición!}$$

- **CÁLCULO DE LAS PRESIONES DEL MURO SOBRE EL SUELO DE CIMENTACIÓN**

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M c}{I} = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6 e}{B} \right)$$

Se debe verificar que en los esfuerzos de la losa del muro de contención no se generen tensiones.

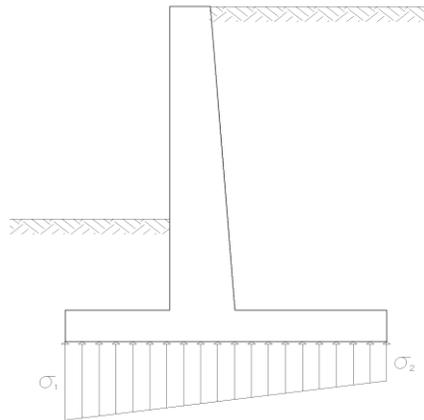


Imagen 34. Presiones del muro sobre el suelo de cimentación

Fuente: autor

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= 0.252 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 &= 0.260 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

No se generan tensiones en la Losa!

Se observa que el mayor esfuerzo encontrado se debe comparar con la capacidad de carga del suelo y verificar que ésta no sea sobrepasada.

$$q_u = 1 \text{ kg/cm}^2 \geq \sigma_1 = 0.260 \text{ kg/cm}^2$$

No sobrepasa la capacidad de carga

- DISEÑO A FLEXIÓN DEL MURO PANTALLA

El muro pantalla se calcula como cantiléver empotrado en la base de la zapata de la estructura.

Fuerzas actuantes sobre el muro:

$$E_{s1} = 1200.00 \text{ kg/m}$$

$$E_{s2} = 75.00 \text{ kg/m}$$

Momento en la base del muro: $M_{Base} = (E_{s1} * y_1) - (E_{s2} * y_2)$, igual al momento de volteo.

$$M_{Base} = 1181.25 \text{ kg-m/m}$$

Cálculo de momento último, $M_u = F_c * M_{base}$

$$M_u = 1653.75 \text{ kg-m/m}$$

Tomado en cuenta un recubrimiento de: $r = 5 \text{ cm}$

Entonces el peralte efectivo será: $d = 20 \text{ cm}$

Cálculo de índice de refuerzo:

$$q = 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{F_r b d^2 f'' c}}$$

$$q = 0.0274$$

Cálculo de porcentaje de acero:

$$P = q \frac{f'' c}{f_y}$$

$$P = 0.0011$$

Porcentaje Mínimo:

$$P_{\min} = \frac{0.7 \sqrt{f' c}}{f_y}$$

$$P_{\min} = 0.00264$$

Porcentaje balanceado:

$$P_{bal} = \frac{4800}{6000 + f_y} \left(\frac{f'' c}{f_y} \right)$$

$$P_{bal} = 0.01905$$

Porcentaje máximo:

$$P_{\max} = 0.75 P_{bal}$$

$$P_{\max} = 0.01429$$

Verificando que el porcentaje de acero este entre el máximo y el mínimo.

$$P_{\min} \leq P \leq P_{\max}$$

$$0.00264 \leq 0.0011 \leq 0.01429$$

Porcentaje de acero a utilizar: 0.0026

Verificando que el momento resistente sea mayor o igual al momento último. $q = P \frac{f_y}{f'' c}$

Nuevo valor del índice de refuerzo tomando el porcentaje adecuado: = 0.065

$$Mr = Fr b d^2 f'' c q (1 - 0.5q)$$

$$Mr = 3854.76 \text{ kg} - \text{m/m}$$

$$Mr \geq Mu \quad 3854.76 \quad \geq \quad 1653.75 \quad \text{Ok!}$$

Área de acero en cm²/m: $As = P * b * d$

$$As = 5.27 \text{ cm}^2$$

Tabla 53. Separación del refuerzo vertical para el muro pantalla

No. Var.	Área de acero cm ²	Separación cm
Var. # 3	0.71	13.47
Var. # 4	1.27	24.10
Var. # 5	1.98	37.57
Var. # 6	2.85	54.07
Var. # 8	5.08	96.39

Fuente: El autor

- **REVISIÓN POR CORTANTE DEL MURO PANTALLA**

Fuerzas cortantes actuantes: $Va = (Es1 - Es2)$, por lo tanto el cortante último es:

$$Vu = 1605.00 \text{ kg/m}$$

Cálculo del cortante que resiste el concreto:

Si $P < 0.0015$

$$Vcr = Fr b d (0.2 + 20 P) \sqrt{f'' c}$$

$$Vcr = 5718.05 \text{ kg/m}$$

Si $P > 0.0015$

$$Vcr = 0.5 Fr b d \sqrt{f'' c}$$

$$Vcr = 11313.71 \text{ kg/m}$$

El cortante resistente será igual a: $Vcr = 11313.71 \text{ kg/m}$

La fuerza cortante debe ser menor al cortante que resiste el concreto:

$$V_{cr} = 11313.71 \text{ kg/m}$$

$$V_u = 1605.00 \leq V_{cr} = 11313.71 \quad \text{Pasa por cortante!}$$

- **DISEÑO A FLEXIÓN DE LA LOSA DE MURO DE CONCENTRACIÓN**

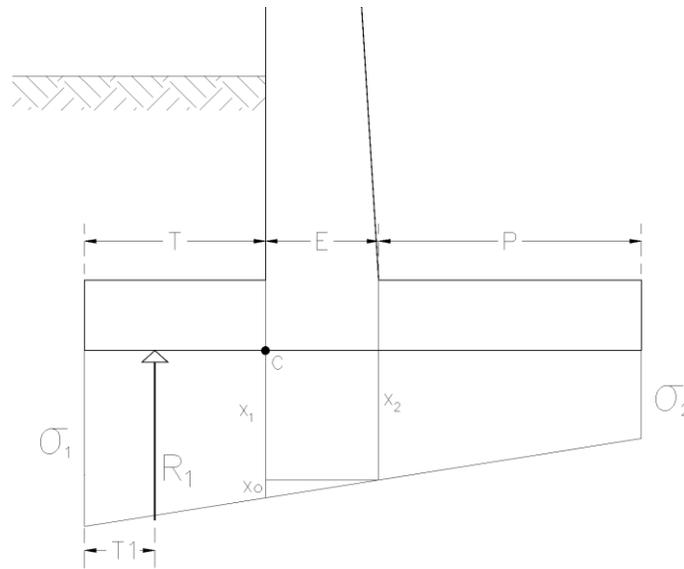


Imagen 35. Flexión de losa de muro de contención.

Fuente: autor

Wc=	1200 kg/m	Peso de losa
Wt=	600 kg/m	Peso de relleno
Wa=	1800 kg/m	Peso total sobre la losa del muro

$$X_o = -0.0009 \text{ kg/cm}^2$$

$$X_1 = -0.0087 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_1 = 5122.67 \text{ kg/m}$$

$$T_1 = 0.64 \text{ M}$$

Momento actuante sobre la losa del muro de contención de acuerdo con la resultante encontrada:

$$Mc = [R_1 (T - T_1)] - \left(\frac{Wa T^2}{2} \right)$$

$$Mc = 3352 \text{ kg} - \text{m/m}$$

Cálculo de momento último: $Mu = f'c * Mc$

$$Mu = 4692.96 \text{ kg} - \text{m/m}$$

Para el diseño de la losa

Tomado en cuenta un recubrimiento de: $r = 5 \text{ cm}$

Entonces el peralte efectivo será: $d = 20 \text{ cm}$

Cálculo de índice de refuerzo:

$$q = 1 - \sqrt{1 - \frac{2 Mu}{Fr b d^2 f'c}}$$

$$q = 0.0799$$

Cálculo de porcentaje de acero:

$$P = q \frac{f'c}{fy}$$

$$P = 0.0032$$

Porcentaje Mínimo:

$$P_{\min} = \frac{0.7 \sqrt{f'c}}{fy}$$

$$P_{\min} = 0.00264$$

Porcentaje balanceado:

$$P_{bal} = \frac{4800}{6000 + fy} \left(\frac{f'c}{fy} \right)$$

$$P_{bal} = 0.01905$$

Porcentaje máximo:

$$P_{\max} = 0.75 P_{bal}$$

$$P_{\max} = 0.01429$$

Verificando que el porcentaje de acero este entre el máximo y el mínimo.

$$P_{\min} \leq P \leq P_{\max}$$

$$0.00264 \leq 0.0032 \leq 0.01429$$

El porcentaje de acero a utilizar es: 0.0032

Verificando que el momento resistente sea mayor o igual al momento último

Nuevo valor del índice de refuerzo tomando el porcentaje adecuado:

$$q = P \frac{fy}{f'c}$$

$$q = 0.080$$

$$Mr = Fr b d^2 f'c q (1 - 0.5q); \quad Mr = 4692.96 \quad \text{kg-m/m}$$

$$M_r \geq M_u \quad 4692.96 \quad \geq \quad 4692.96 \quad \text{Ok!}$$

Área de acero en cm²/m: $A_s = P * b * d$
 $A_s = 6.47 \text{ cm}^2$

Tabla 54. Separación del refuerzo vertical para losa de muro.

No. Var.	Área de acero cm ²	Separación cm
Var. # 3	0.71	13.47
Var. # 4	1.27	24.10
Var. # 5	1.98	37.57
Var. # 6	2.85	54.07
Var. # 8	5.08	96.39

Fuente: El autor

- **REVISIÓN POR CORTANTE DE LA LOSA DEL MURO DE CONTENCIÓN.**

Fuerzas cortantes actuantes: $V_a = R_1 - W_a$

Por lo tanto el corte último es: $V_u = 10000 \text{ kg/m}$

Revisión por tensión diagonal como viga ancha.

Cálculo del cortante que resiste el concreto:

Si $P < 0.0015$

$$V_{cr} = F_r b d (0.2 + 20 P) \sqrt{f^* c}$$

$V_{cr} = 5988.54 \text{ kg/m}$

Si $P > 0.0015$

$$V_{cr} = 0.5 F_r b d \sqrt{f^* c}$$

$V_{cr} = 11313.71 \text{ kg/m}$

El cortante resistente será igual a: $V_{cr} = 11313.71 \text{ kg/m}$

La fuerza cortante debe ser menor al cortante que resiste el concreto:

$$V_u \leq V_{cr}$$

$V_u = 10000.00 \leq V_{cr} = 11313.71$

Pasa por tensión diagonal!

- **REVISIÓN POR PENETRACIÓN.**

El esfuerzo cortante en la sección será:

$$v_u = \frac{Vu}{b d}$$

$$v_u = 1.852 \text{ kg/cm}^2/\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente será igual a:

$$v_{cr} = Fr \sqrt{f^*c}$$

$$v_{cr} = 11.31 \text{ kg/cm}^2/\text{m}$$

El esfuerzo cortante debe ser menor al esfuerzo que resiste el concreto:

$$v_u = 1.852 \leq v_{cr} = 11.31 \quad \text{Pasa por penetración!}$$

3.8 Diseño de Canal en la corona del Talud

- CÁLCULO DEL CAUDAL

DATOS:

- Coeficiente de escorrentía (C) = 0.4
- Intensidad de precipitación (I) = 700 mm/hora
- Área de influencia (A) = 0.01616 km²

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

$$Q = \frac{0.4 * 700 \text{ mm/h} * 0.01616 \text{ km}^2}{3.6}$$

$$Q = 1.26 \text{ m}^3/\text{s}$$

- CÁLCULO DEL CANAL

Lugar: Parroquia rural 11 de Noviembre

Proyecto: Evaluación PTAR 11 de Nov.

Tramo: Cristo Rey

Revestimientos: 0.1

DATOS:

- Caudal (Q): 1.26 m³/s
- Ancho de solera (b): 0.5 m
- Talud (Z): 1
- Rugosidad (n): 0.014
- Pendiente (S): 0.022 m/m

Resultados:

Tirante normal (y): 0.3798 m

Área hidráulica (A): 0.3342 m²

Perímetro mojado (p): 1.5744 m

Radio hidráulico (R): 0.2123 m

Espejo de agua (T): 1.2597 m

Velocidad (v): 3.7701 m/s

Energía específica(E): 1.1043 m-Kg/Kg

Número de Froude (F): 2.3369

Tipo de flujo: Supercrítico

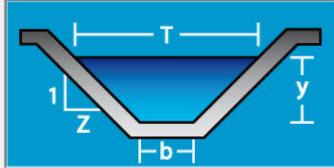
Imagen 36. Diseño del canal HCANALES.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **P. 11 de Noviembre** Proyecto: **Evaluación PTAR 11 de Nov.**
 Tramo: **Cristo Rey** Revestimiento: **0.1**

Datos:

Caudal (Q):	1.26	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.5	m
Talud (Z):	1	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.022	m/m



Resultados:

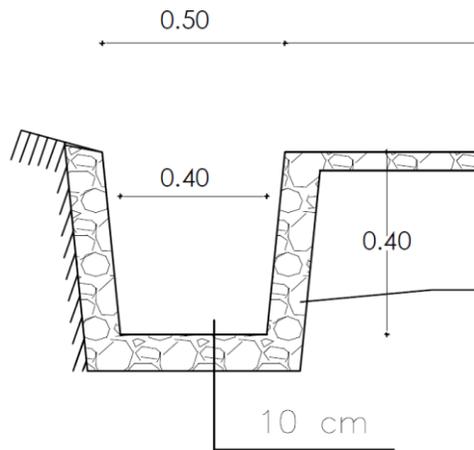
Tirante normal (y):	0.3798	m	Perímetro (p):	1.5744	m
Area hidráulica (A):	0.3342	m ²	Radio hidráulico (R):	0.2123	m
Espejo de agua (T):	1.2597	m	Velocidad (v):	3.7701	m/s
Número de Froude (F):	2.3369		Energía específica (E):	1.1043	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 18:31 08/12/2022

Fuente: El autor

Imagen 37. Dimensiones del canal propuesto.



Fuente: El autor

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Mediante el levantamiento de la información sobre la planta de tratamiento de aguas residuales, de la parroquia rural Once de Noviembre, del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, se logró conocer que la PTAR está construida desde el año 2018, por el GAD de Latacunga, debido a que se implantó una PTAR tipo teniendo esta 4 años de haberse construido, la planta de tratamiento de aguas residuales ha colapsado y actualmente no está en funcionamiento, ya que en temporada de lluvia el suelo saturado ha cubierto totalmente la misma, concluyendo así que; constituir una media de mitigación antes de la construcción de una PTAR es importante, de tal modo que este tipo de estructuras hidráulicas ayudan a disminuir el impacto desmesurado que tiene liberar al medio ambiente las aguas residuales sin tratamiento previo.
- Utilizando el método volumétrico se realizó la toma de caudales en el ingreso de la PTAR, para poder hallar un caudal pico que refleje un valor medio, para usarlo en el diagnóstico de cada uno de los sistemas unitarios que conforman la misma, obteniendo 0.573 lt/s como el caudal medio diario, multiplicado por factor de seguridad del 10%, de tal manera; se halló un caudal de diseño de 0.63 lt/s, concluyendo así que; la planta de tratamiento de aguas residuales, de la parroquia rural Once de Noviembre no está en funcionamiento, debido a que el caudal medido en el afluente es mínimo, del que se espera en este tipo de obras hidráulicas.
- Una vez conseguidos los resultados de laboratorio de los análisis físicos químicos del agua residual del afluente y efluente de la PTAR se procedió a la comparación con los límites máximos de la norma TULSAMA 2015 (Descargas

de agua en cuerpos de agua dulce), incumpliendo 4 parámetros (fósforo total, nitrógeno amoniacal, DQO, DBO5) de los 6 comparados como se puede apreciar en la tabla 15, llegando a la conclusión que; la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia rural Once de Noviembre está trabajando al 33.33% de lo esperado, aspecto que es de preocupación dado que el periodo de diseño de la PTAR es de 20 años y presentemente tan solo lleva 4 años construida.

- Con la ayuda de la evaluación, se denota que la planta de tratamiento presenta diversas anomalías en las dimensiones del desarenador y tanque séptico, de tal manera se puede decir que; los dos sistemas unitarios previamente nombrados no cumplen los criterios y parámetros de diseño que proponen las normas respectivas.
- Considerando que la vida útil que la PTAR es prematura y a pesar de ello tiene varias discordancias tanto en el cumplimiento de los límites máximos de la norma ambiental TULSMA 2015 y así como en el incumplimiento de las dimensiones mínimas de sus sistemas unitarios, se llega a la conclusión que es necesario un rediseño completo de la planta de tratamiento, para después volver a realizar un diagnóstico y comprobar si la hipótesis propuesta es eficaz.
- Se implementó la propuesta de un nuevo tren de tratamiento para la limpieza del agua residual que ingresa a la PTAR, el cual cuenta con el diseño de una criba, un desarenador, un tanque séptico, un filtro anaeróbico de flujo ascendente y de un lecho secado de lodos, con los parámetros recomendados por manuales, de tal forma que cada sistema unitario cumplirá con su función específica. (verificar apartado 3. 5)
- El diseño actualmente construido de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia rural Once de Noviembre, en la fase de pretratamiento no cuenta con un sistema unitario de cribado, denotando lo que menciona la revista de

Belzona titulada “Tratamiento de Aguas Residuales”, está área permite el paso del agua pero no de los sólidos de gran tamaño, evitando su ingreso a la PTAR y por ende garantizando la vida útil de la misma, por lo cual se llegó a la conclusión que; para un caudal de diseño de 2.65 lt/s y velocidad del canal de 0.3 m/s, se necesitará una criba de 1.50 m de largo, 1.50 m de ancho y 1.50 m de profundidad con una rejilla de 1.20x1.35 m, con una inclinación de 45°, 83 barrotes de 0.6 cm, con una abertura de 1.00 cm.

- Conforme a los resultados obtenidos en el diseño del desarenador y según los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se determinó que el desarenador cumple con la profundidad mínima de 1.50 m, la relación de las dimensiones largo y ancho es de 4 m, valor que cumple con el criterio de la OPS (3 – 6)m, la relación de las dimensiones largo y profundidad es de 4 m, valor que no cumple con el criterio de la OPS (5 -20)m, concluyendo así que; el desarenador que actualmente está construido en la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre no cumple en su totalidad con las dimensiones y criterios de diseño, teniendo en cuenta que sus medidas actuales son: 1.10 m de ancho, 3.50 m de largo y 1.00 de profundidad.
- Al realizar la comparación con el volumen del tanque séptico calculado que fue de 203.9 m³, y 62.79 m³ el volumen del tanque séptico actual, se puede llegar a la conclusión que el tanque séptico construido actualmente no abastece con la demanda actual del agua residual que llega a la PTAR de la parroquia rural Once de Noviembre, por tal motivo se implementó un nuevo diseño del tanque séptico, tomando los criterios de la norma RAS 2000.
- Una vez realizada la evaluación del filtro anaeróbico de flujo ascendente se obtuvo que carga hidráulica superficial (CHS) calculada del FAFA es 12.48 m², este valor se encuentra entre 6-15 como lo establece CONAGUA y el tiempo de retención cumple con el límite del rango de remisión, teniendo el 50.42% de su

eficacia, concluyendo así que, el del filtro construido actualmente cumple con los parámetros establecidos.

- Concluido el diagnóstico del lecho secado de lodos, se puede comprobar que el área teórica es menor al área real , siendo estas 0.53 m³ y 6.26 m² correspondientemente, criterio que establece la Organización Panamericana de la Salud, esto nos ayuda a corrobora que el sistema unitario que está construido actualmente está funcionando de una manera óptima.

4.2 Recomendaciones

- Antes de realizar la construcción de una PTAR se recomienda realizar un estudio de los factores directos o indirectos del sector como topografía, tipo de suelo, nivel freático, densidad poblacional, consumo de agua potable con la objetivo de realizar un diseño óptimo que abastezca el caudal del agua que se va a tratar.
- Cuando se tome las muestras del efluente y del afluente para ser análisis sus propiedades físicas y químicas utilizar el equipo de protección necesario, con el fin de evitar tocar el agua residual y por ende el contagio de una enfermedad viral.
- Se recomienda una vez cada año realizar un análisis en laboratorio del agua residual que sale de la PTAR, para verificar el estado de funcionabilidad de esta.
- Para dimensionar cada uno de los sistemas unitarios que conforman una PTAR, se recomienda basarse en manuales o normas de diseño para que no exista una sobre dimensión o a su vez la PTAR no abastezca con la demanda de caudal que ingresa a la misma.

- Se recomienda llevar a cabo por parte de un operario el plan de operación y mantenimiento propuesto en el apartado 3.5 Operación y Mantenimiento, con el fin de garantizar el funcionamiento al 100% de la PTAR, y evitar anomalías en cada sistema unitario de esta.
- Se recomienda la construcción de un muro de contención en la parte Este de la planta de tratamiento para impedir movimiento y deslizamiento de tierra por la saturación desmedida que se da en temporadas de lluvia.
- Se recomienda construir un canal en la corona del talud de la parte Este de la PTAR, esto servirá para conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su paso a esta.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias:

- [1] ONU, “Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos,” *ONU*, 2018.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>.
- [2] R. S. Ramalho, *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona, España: Editorial Reverté, 1996.
- [3] INEC, “ESTADÍSTICA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL ECONÓMICA EN GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS MUNICIPALES 2015 (AGUA Y ALCANTARILLADO),” 2016. [Online]. Available:
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf.
- [4] UNESCO and WWAP, *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás*. 2019.
- [5] ENCA, “Estrategia nacional de calidad del agua,” 2016, [Online]. Available:
https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf.
- [6] C. Fabricio and S. León, “Consultoría para la Formulación del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Once de Noviembre,” pp. 1–161, 2020, [Online]. Available:
<https://11denoviembre.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2021/04/PDOT-PARROQUIA-11-DE-NOVIEMBRE-2020-2023-FINAL-3a.pdf>.
- [7] M. Guerrero Legarreta, *El agua*. México, México: FCE - Fondo de Cultura Económica., 2010.

- [8] wiki, *Ingeniería de aguas residuales*. Madrid, España, 2007.
- [9] METCALF and I. Eddy, *Tratamiento, vertido y reutilización*, TERCERA ED. Madrid, España: McGraw-Hill, 1995.
- [10] J.D. Pillapa Ponluisa, “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA EL CORAZÓN, CANTÓN PANGUA, PROVINCIA COTOPAXI,” *Univ. Técnica Ambato*, pp. 19–20, 2021, [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33499/1/Tesis I. C. 1508 - Pillapa Ponluisa Jorge Daniel.pdf>.
- [11] Belzona, “Tratamiento de Aguas Residuales,” Miami, FL USA, 2010. [Online]. Available: https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf.
- [12] TULSMA, “Edición especial,” *Norma Calid. Ambient. y Descarga Efluentes Recur. AGUA.*, pp. 20–25, 2015, [Online]. Available: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf.
- [13] M. C. C. Poveda and J. F. D. Villalba, “Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas para el sector El Palmar municipio de Flandes – Tolima,” *Univ. Minutos Dios*, pp. 23–35, 2017, [Online]. Available: <https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/6691/1/T.IC CASTIBLANCO POVEDA MARIA CAMILA.pdf>.
- [14] CONAGUA, “Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales : Filtros,” *Comisión Nacional del Agua*, Coyoacán, México, D.F., p. 70, 2015.
- [15] R. S. Ramalho, “FILTROS PERCOLADORES,” p. 21, 2007, [Online]. Available: <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/PERCOLADORES.pdf>.

- [16] J. A. R. Rojas, *Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño*, 3era Edici. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2010.
- [17] MINAGRI, “Manual N° 5 Medición de agua,” *Minist. Agric. y Riego Lima*, vol. 2da Ed., p. 17, 2015, [Online]. Available: <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>.
- [18] RAS, “Reglamento Técnico Del Sector De Saneamiento Basico Agua Potable Y Ras - 2000 - Tratamiento De Aguas Residuales. Título E,” *Reglam. Técnico Del Sect. Agua Potable Y Saneam. Basico*, p. 150, 2000, [Online]. Available: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf.
- [19] J. De Anda, L. Alberto, E. Villegas-garc, B. Riveros Olivares, and CONAGUA, “Manual de agua potable , alcantarillado y saneamiento (Diseño de plantas de tratamiento pretratamiento y tratamiento primario),” *Publicaciones Estadísticas y Geográficas. SINA*, vol. 130, no. November, p. 92, 2016.
- [20] M. Ronteltap, “Lechos de Secado sin Plantas,” pp. 139–151, 2015, [Online]. Available: https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/EWM/FSM_Libro_low_res/manejo_fsm_cap7_120ppi.pdf.
- [21] B. H. I. OHI, “Capitulo 6 Levantamiento Topográfico,” *Man. Hidrogr.*, pp. 307–414, 2019, [Online]. Available: https://iho.int/uploads/user/pubs/cb/c-13/spanish/C-13_Capitulo_6.pdf.
- [22] L. DJI Technology CO., “MAVIC 2 PRO / ZOOM Manual de usuario,” pp. 1–68, 2018.
- [23] S. del Agua, “Normas Para Estudio De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes.,” *Código Ecuatoriano la Construcción*, no. 6, p. 420, 1992, [Online]. Available: http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf.

- [24] OPS, “Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores,” *Revista*, vol. 1, p. 34, 2005.
- [25] A. Torres Degro, “Tasas de crecimiento poblacional(r): Una mirada desde el modelo lineal, geométrico y exponencial,” *CIDE Digit.*, vol. 2, no. 1, pp. 143–162, 2011, [Online]. Available:
<https://revistas.upr.edu/index.php/cidedigital/article/view/11774/9736>.
- [26] Centro Ecuatoriano de Investigacion Geográfica “CEDIG,” “Demografía en el Ecuador_Poblaciones de las Parroquias Ecuador 1950-1982,” p. 69, 1985.
- [27] I. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, “Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposicion de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes,” *Inst. Ecuatoriano Norm.*, pp. 25–26, 2012, [Online]. Available:
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5 Parte_9-1.pdf.
- [28] Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, “Reglamentos técnicos de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial,” *Minist. del agua, Viceministro Serv. Básicos*, p. 380, 2007, [Online]. Available:
<http://www.aaps.gob.bo/images/MarcoLegal/ResolucionesMinisteriales/RM-49.pdf>.
- [29] R. Criollo, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Puñachizag, Cantón Quero, provincia de Tungurahua,” pp. 23–24, 2021.
- [30] D. Moya M, “Metodología de Diseño del Drenaje Urbano,” *UTA, FICM*, vol. 1, no. 35, p. 106, 2014.
- [31] Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07 - 601, “Norma para Estudios y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones mayores a 1000 Habitantes,” *SENAGUAS*, vol. 1, p. 420, 2009.

ANEXOS

ANEXOS A:

IMAGENES

PTAR parroquia rural Once de Noviembre



Fuente: El autor

Estado actual PTAR parroquia rural Once de Noviembre



Fuente: El autor

Cerramiento PTAR parroquia rural Once de Noviembre



Fuente: El autor

Talud sin protección lado sur de la PTAR parroquia rural Once de Noviembre



Fuente: El autor

Muestro del afluente de la PTAR



Fuente: El autor

Muestro del efluente de la PTAR



Fuente: El autor

Identificación de muestras obtenidas



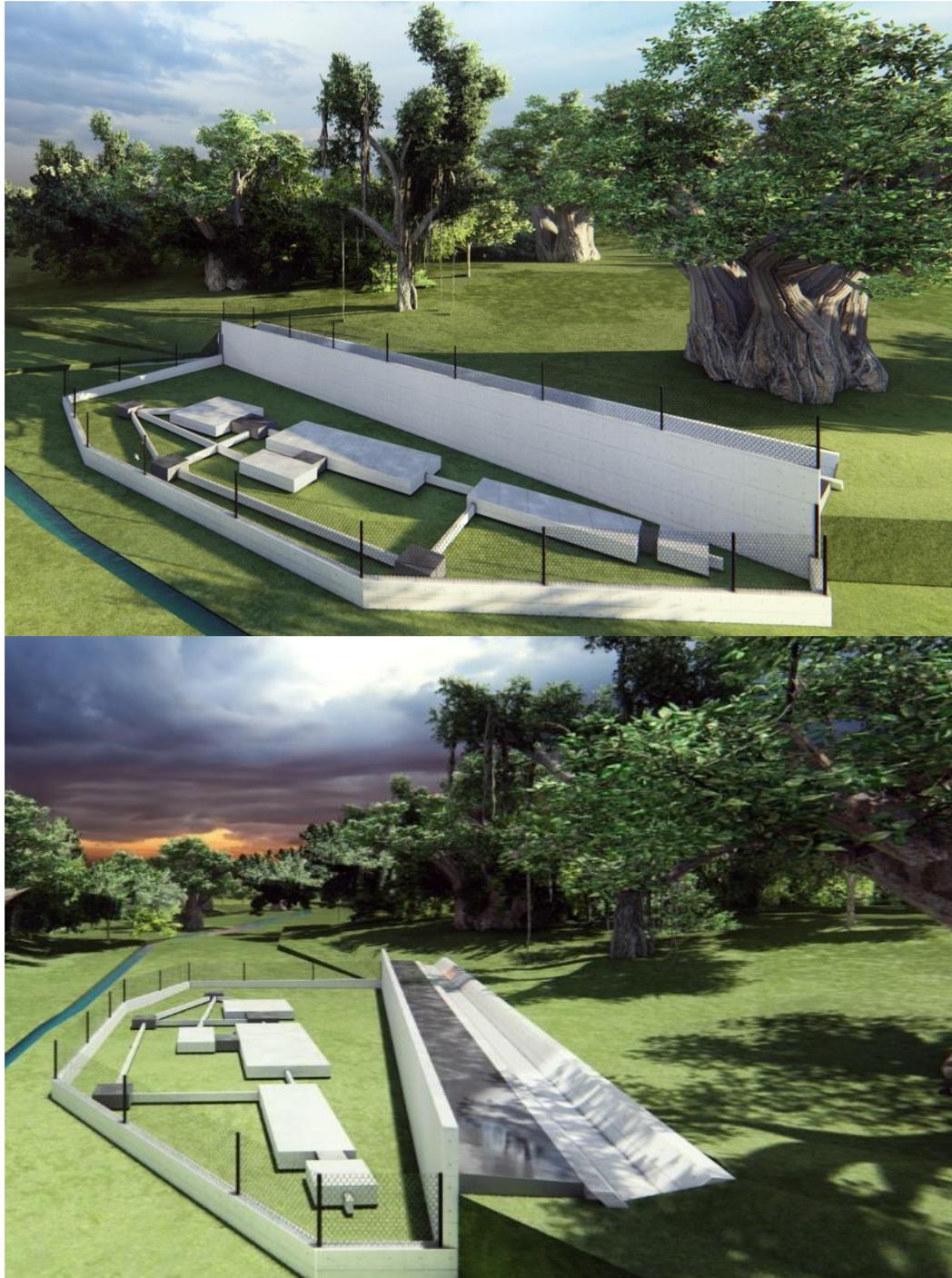
Fuente: El autor

Conservación de muestras obtenidas



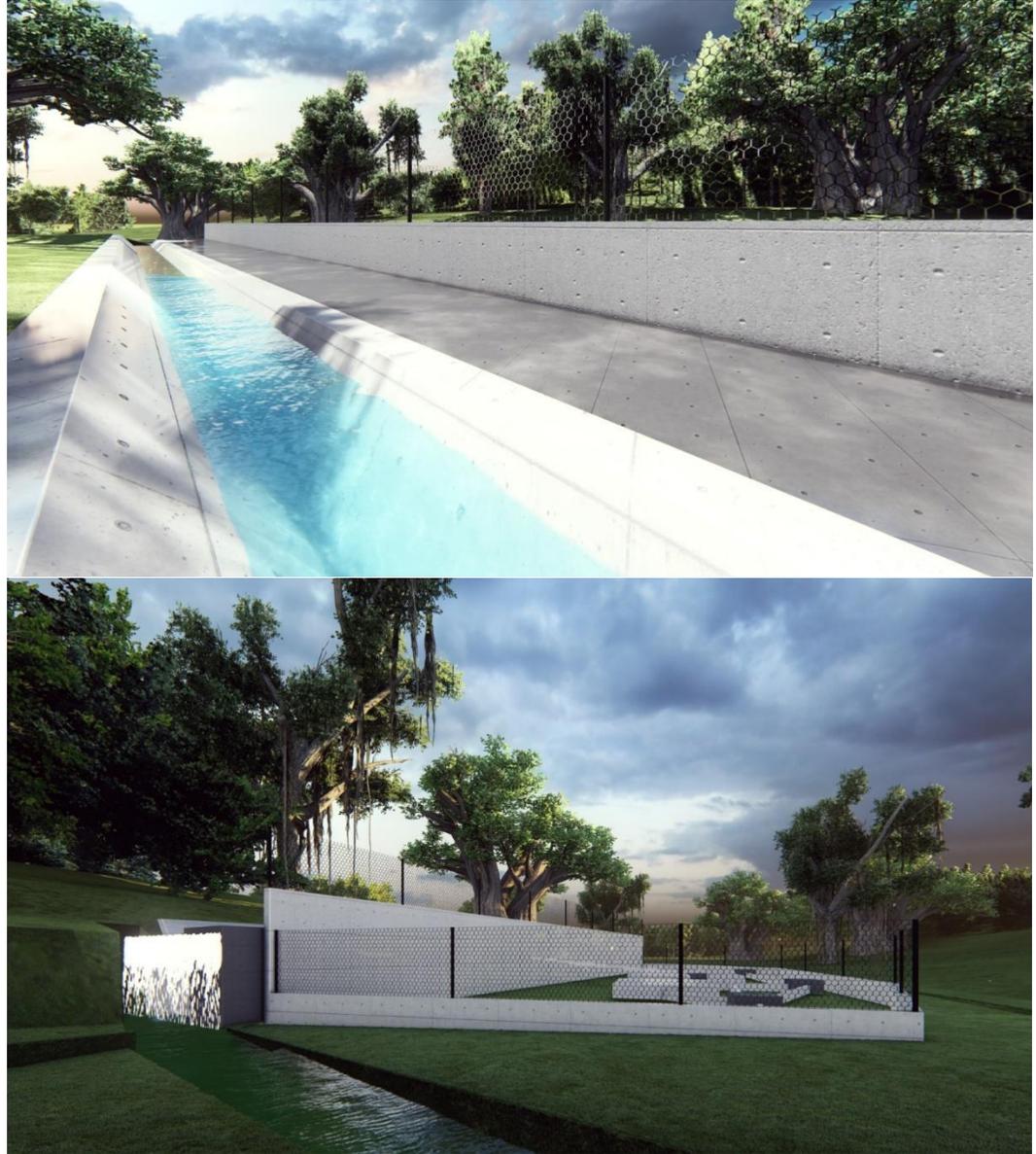
Fuente: El autor

Modelado de la PTAR



Fuente: El autor

Modelado del funcionamiento del canal



Fuente: El autor

ANEXOS B:

RESULTADOS DE LABORATORIO DEL AGUA RESIDUAL DE LA PTAR

AMPLIACIÓN AL INFORME DE ENSAYO N°: 0275A

Empresa: Ricardo Moreano
Ubicación: Parroquia 11 de noviembre
Fecha: 14 de agosto de 2022

Fecha y hora de la evaluación	09/08/2022	Fecha final de evaluación	09/08/2022	T. Ambiental
	15H05			16.3°C
Toma de muestra:	Ing. Israel Moreano		Fecha y Hora	09/08/2022
				17H00

Identificación: Afluente de la planta de tratamiento de agua residual.

Temperatura Agua	16.3 °C
------------------	---------

Se toma de referencia la norma NTE INEM – ISO 748. Hidrometría, medida de caudal de líquidos en canales abiertos.

Análisis solicitado	ITE-SAVW	Método / Norma referencia	Unidades	Resultado	Incertidumbre
Potencial Hidrogeno*	ITE-SAVW- 05	HACH 10076	Unidades de pH	7.36	± 0.056
Conductividad*	ITE-SAVW- 14	HACH 10025	µS/cm	1586	± 0.447
Solidos Suspendidos Totales*	ITE-SAVW-9	HACH 8011	mg/L	322.65	± 0.005
Solidos Disueltos*	ITE-SAVW-10	HACH 8006	mg/L	792	± 0.351
Oxígeno Disuelto*	ITE-SAVW-25	HACH 8166	mg/L	2.98	± 0.039
Fosforo*	ITE-SAVW -53	HACH 8021	mg/L	52.6	± 0.008
Nitrógeno total Kjeldahl*	ITE-SAVW -36	HACH 8030	mg/L	58.50	± 0.078
Nitrógeno amoniacal*	ITE-SAVW -37	HACH 8030	mg/L	43.5	± 0.013
Demanda Química de Oxígeno*	ITE-SAVW -43	HACH 8048	mg/L	476.05	± 0.052
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5*	ITE-SAVW -44	HACH 8057	mg/L	228.85	± 0.034
Coliformes Fecales**	-----	NTE INEN 1529-8	NMP/100mL	350000	-----

Nota: El análisis se realizó en las instalaciones de la empresa SaveWater.

* Resultados proporcionados por laboratorios SAVEWATER

** Resultados subcontrados acreditados

*** Resultados subcontrados no acreditados

Notas y condiciones de servicios:

En caso de requerir análisis no considerados dentro de la oferta técnica, éstos se realizarán subcontratando únicamente a un laboratorio acreditado por el SAE.

El Laboratorio proporcionará frascos, recipientes, fundas ziploc y preservantes térmicos sin recargo adicional.

Para cualquier aclaración, favor comuníquese con nosotros a InfoSaveWater@gmail.com, Telf. 032 262056, celular 0995239676.



ING. ISRAEL MOREANO CULQUI

Tel: 032262056 / 0995239676

E mail: infosavewater@gmail.com



AMPLIACIÓN AL INFORME DE ENSAYO N°: 0276A

Empresa: Ricardo Moreano
Ubicación: Parroquia 11 de noviembre
Fecha: 14 de agosto de 2022

Fecha y hora de la evaluación	09/08/2022	Fecha final de evaluación	09/08/2022	T. Ambiental
	15H05			16.3°C
Toma de muestra:	Ing. Israel Moreano		Fecha y Hora	09/08/2022
				19H00

Identificación: Efluente planta de tratamiento de agua residual.

Temperatura Agua	16.4 °C
------------------	---------

Se toma de referencia la norma NTE INEM – ISO 748. Hidrometría, medida de caudal de líquidos en canales abiertos.

Análisis solicitado	ITE-SAVW	Método / Norma referencia	Unidades	Resultado	Incertidumbre
Potencial Hidrogeno*	ITE-SAVW- 05	HACH 10076	Unidades de pH	8.21	± 0.042
Conductividad*	ITE-SAVW- 14	HACH 10025	µS/cm	1418	± 0.725
Solidos Suspendidos Totales *	ITE-SAVW-09	HACH 8011	mg/L	78	± 0.085
Solidos Disueltos*	ITE-SAVW-10	HACH 8006	mg/L	698	± 0.418
Oxígeno Disuelto*	ITE-SAVW-25	HACH 8166	mg/L	2.60	± 0.106
Fosforo*	ITE-SAVW -53	HACH 8021	mg/L	49.8	± 0.012
Nitrógeno total Kjeldahl*	ITE-SAVW -36	HACH 8030	mg/L	49.50	± 0.129
Nitrógeno amoniacal*	ITE-SAVW -37	HACH 8030	mg/L	34.9	± 0.028
Demanda Química de Oxígeno*	ITE-SAVW -43	HACH 8048	mg/L	285.63	± 0.262
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5*	ITE-SAVW -44	HACH 8057	mg/L	137.82	± 0.184
Coliformes Fecales **	-----	NTE INEN 1529-8	NMO/100mL	220000	-----

Nota: El análisis se realizó en las instalaciones de la empresa SaveWater.

* Resultados proporcionados por laboratorios SAVEWATER

** Resultados subcontrados acreditados

*** Resultados subcontrados no acreditados

Notas y condiciones de servicios:

En caso de requerir análisis no considerados dentro de la oferta técnica, éstos se realizarán subcontratando únicamente a un laboratorio acreditado por el SAE.

El Laboratorio proporcionará frascos, recipientes, fundas ziploc y preservantes térmicos sin recargo adicional.

Para cualquier aclaración, favor comuníquese con nosotros a InfoSaveWater@gmail.com, Telf. 032 262056, celular 0995239676.



ING. ISRAEL MOREANO CULQUI

Tel: 032262056 / 0995239676

E mail: infosavewater@gmail.com



Latacunga, 14 agosto del 2022

ANEXOS C:

ACTA DE COMPROMISO GAD ONCE DE NOVIEMBRE



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL
RURAL 11 DE NOVIEMBRE
Latacunga-cotopaxi

RUC. 0560018400001

CARTA DE COMPROMISO

Latacunga 16 de junio del 2022

Ingeniero M.Sc.
Segundo Espín
Presidente
Unidad de titulación
Carrera de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

Yo, **Herrera Calvopiña Victor Absalon** en mi calidad de **Presidente** de la Institución **GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL ONCE DE NOVIEMBRE**, me permito poner en su conocimiento la aceptación y respaldo para el desarrollo del Trabajo de Titulación bajo el Tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI .”** , propuesto por el estudiante **Erik Ricardo Moreano Panchi**, portador de la Cédula de Ciudadanía **050384888-9**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería Civil** Facultad de **Ingeniería Civil y Mecánica** de la Universidad Técnica de Ambato.

A nombre de la Institución a la cual represento, me comprometo a apoyar en el desarrollo del proyecto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente.

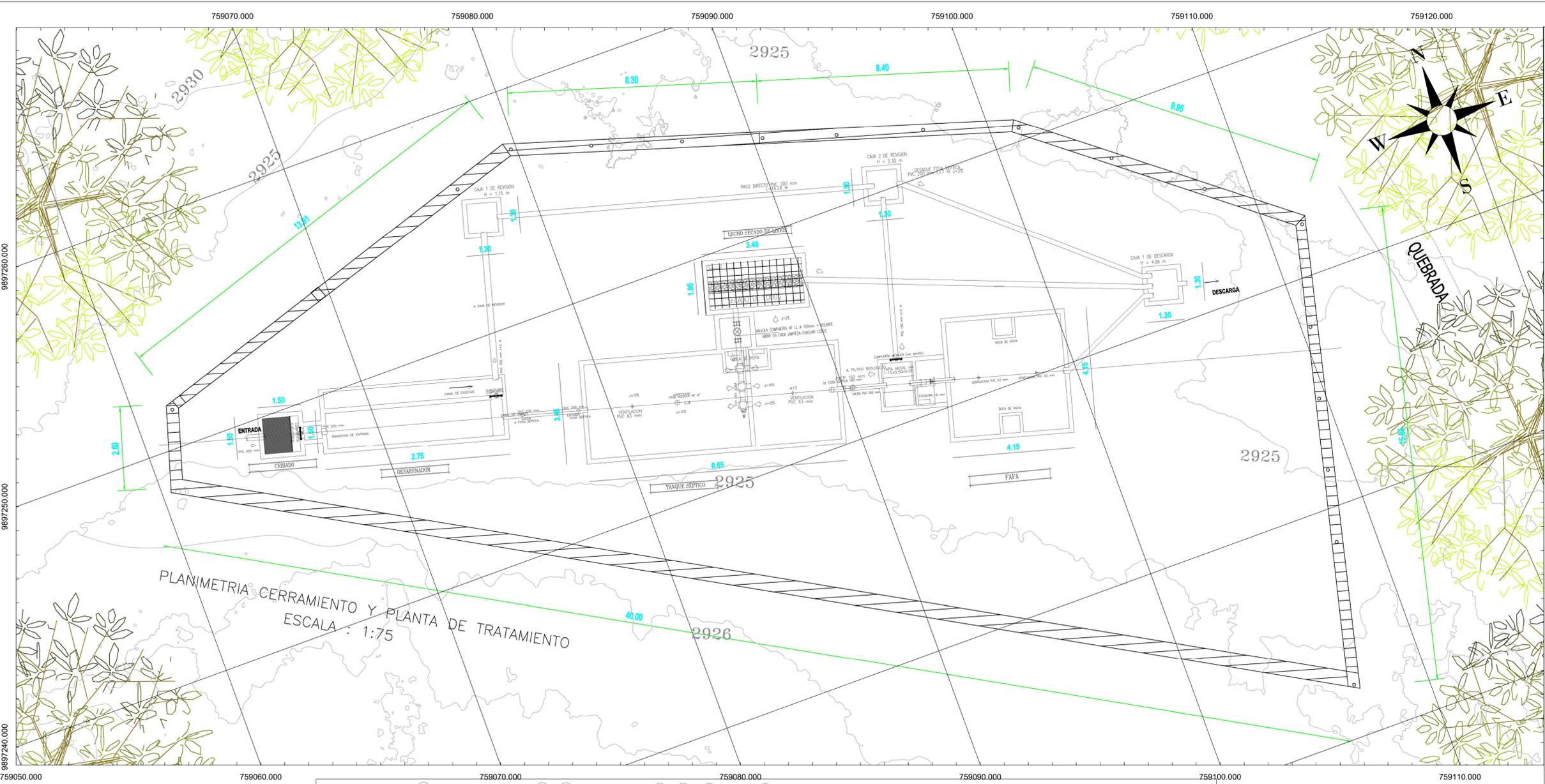


Herrera Calvopiña Victor Absalon
Presidente del GAD Parroquial Rural Once de Noviembre
CI: 0500909676
Teléf: 2380-640

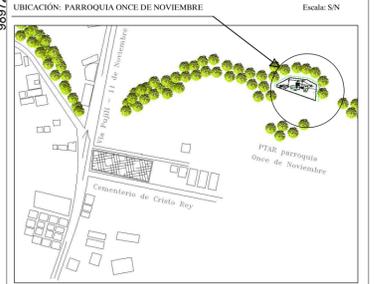
Dirección: AV. 10 de agosto - Barrio Centro - Once de Noviembre - Latacunga - Cotopaxi - Ecuador
E-mail: GADPARROQUIAL 11 DE NOVIEMBRE@gmail.com
Teléfono: (03) 2380640

ANEXOS D:

PLANOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL ONCE DE NOVIEMBRE



PROYECTO:
 EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
 DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL
 ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA
 PROVINCIA DE COTOPAXI



COORDENADAS:
 Norte: 9897300.00 Este: 759100.00 WGS84 17S Altitud: 2925m

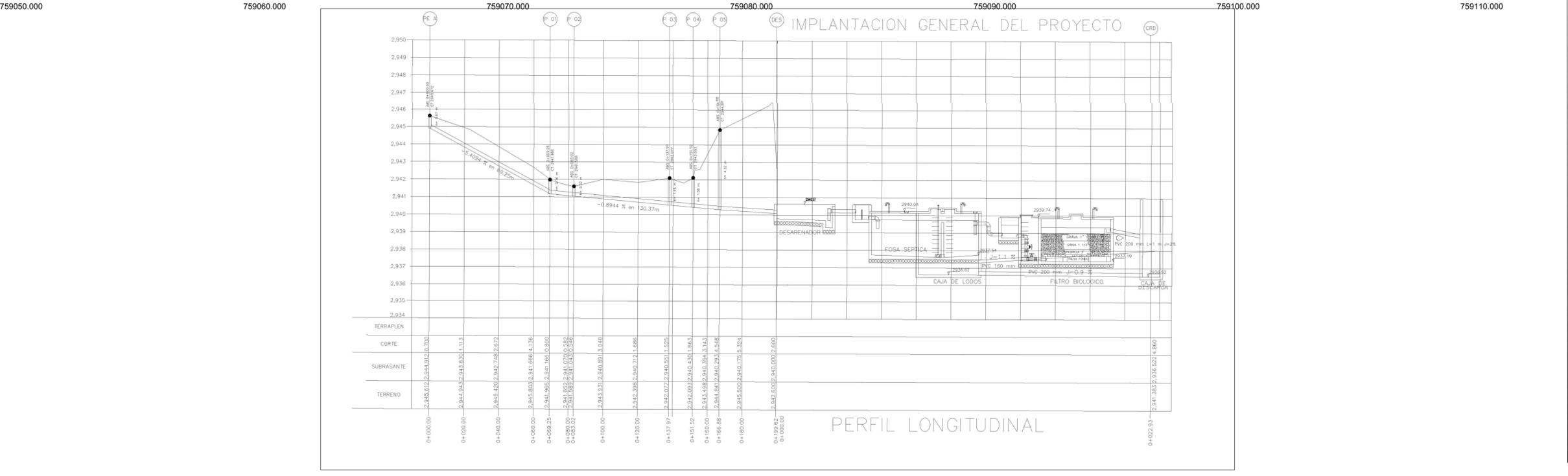
Cantón: **LATACUNGA**
 Provincia: **COTOPAXI**
 Contiene: **IMPLANTACIÓN - ELEVACIÓN**
 Escala: **INDICADAS**
 Lámina: **1/4**

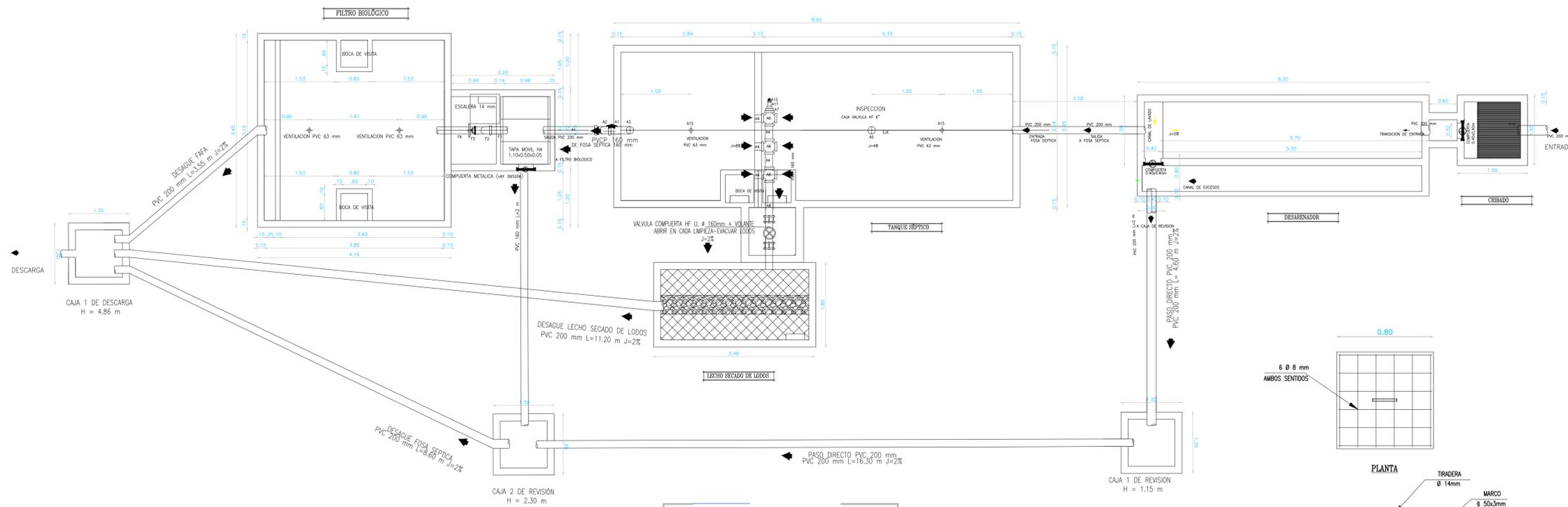
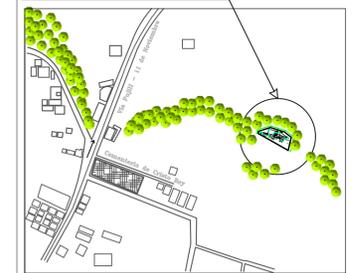
Tutor:
Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres
 Fecha: **Febrero 2023**

Realizado Por:
Erik Ricardo Moreano Panchi

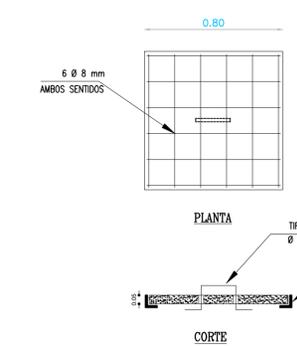
Revisado Por:
Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

OBSERVACIONES:

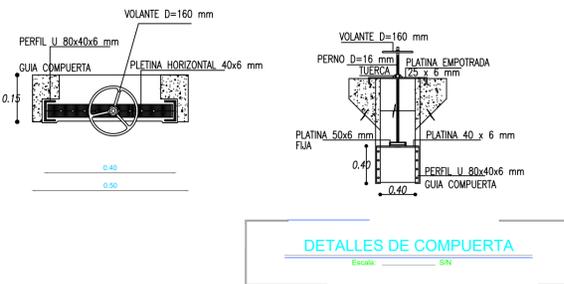
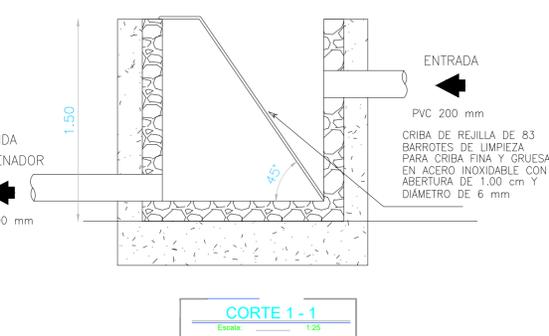
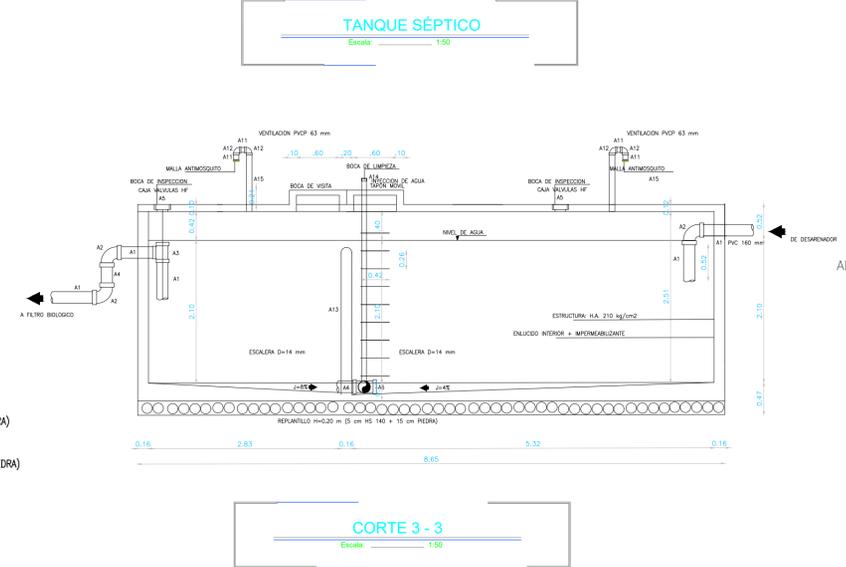
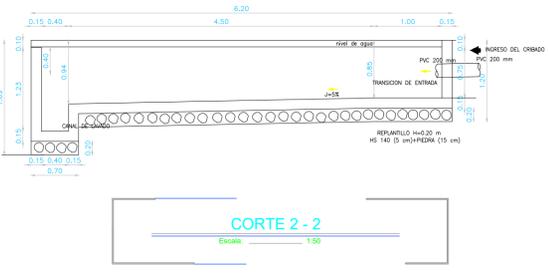
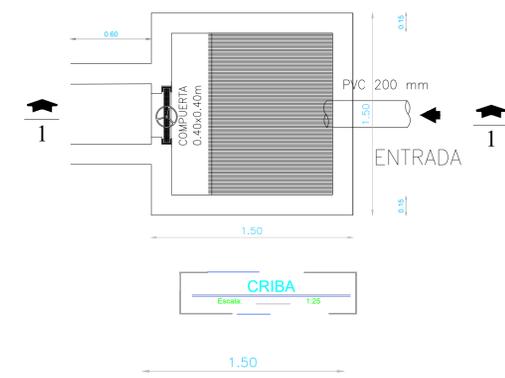
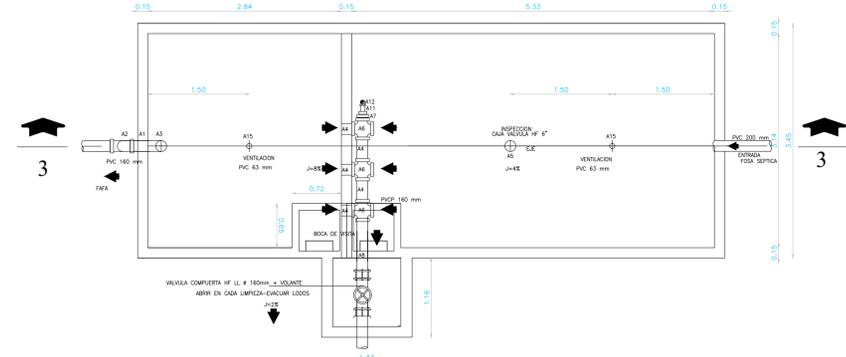




PTAR PARROQUIA ONCE DE NOVIEMBRE
Escala: 1:50



DETALLE DE BOCA DE VISITA
Escala: SN

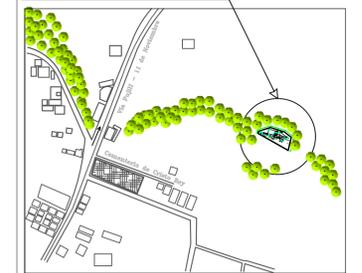


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
 HIERRO CORRUGADO f_y=4200 kg/cm²
 HORMIGÓN SIMPLE f_c=210 g/cm²
 REPLANTILLO (5 cm HS f_c=140 g/cm²+ 15 cm PIEDRA)
 ENLUCIDO INTERIOR IMPERMEABILIZADO
 ENLUCIDO EXTERIOR LISO
 HORMIGÓN CICLOPEO (40% HS 180 kg/cm² + 60% PIEDRA)



PROYECTO:
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA RURAL
ONCE DE NOVIEMBRE, CANTÓN LATACUNGA
PROVINCIA DE COTOPAXI

UBICACIÓN: PARROQUIA ONCE DE NOVIEMBRE Escala: SN



COORDENADAS:
Norte: 9897300.00 Este: 759100.00 WGS84 17S Altitud: 2925m

Cantón:
LATACUNGA
Provincia:
COTOPAXI

Contiene:
DETALLES Y CORTES MURO
CONTENCIÓN, CERRAMIENTO
DE MALLA Y PUERTA DE INGRESO

Escala:
INDICADAS

Lámina:
4/4

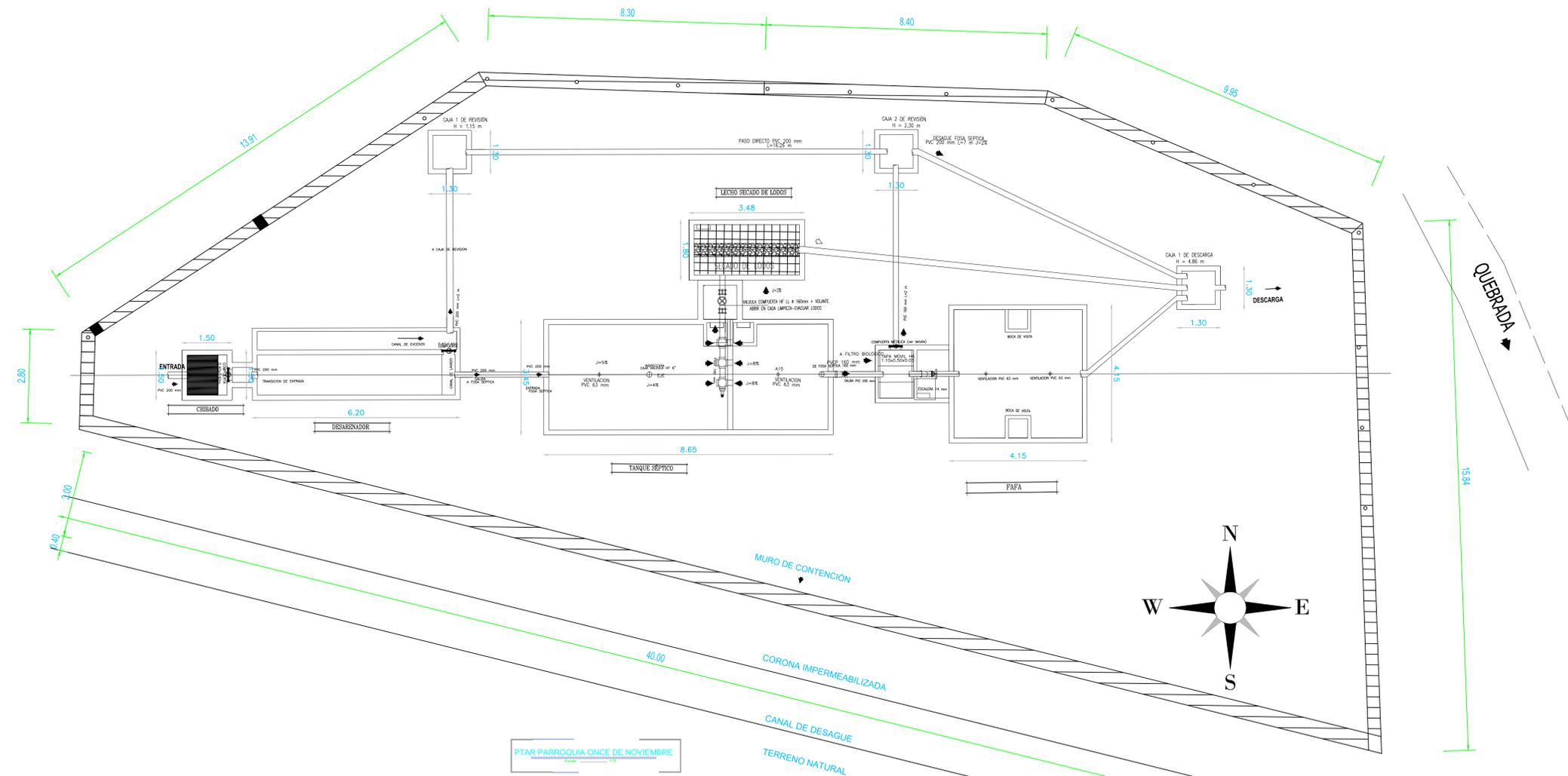
TUTOR:
Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

Fecha:
Febrero 2023

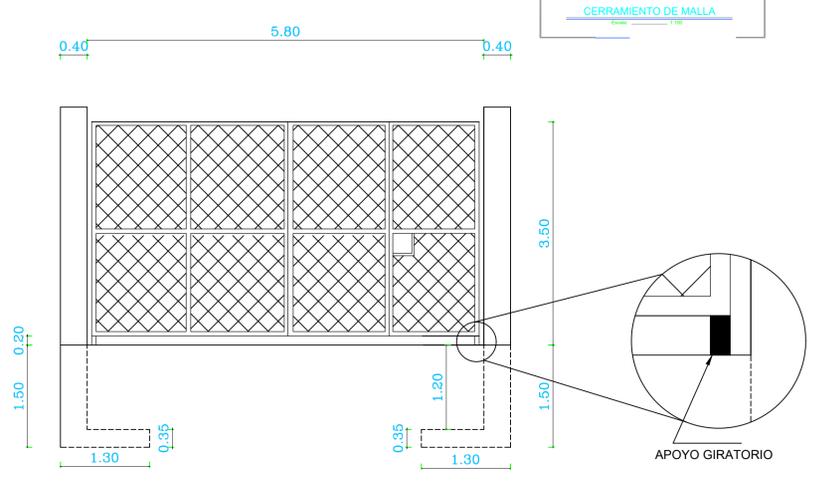
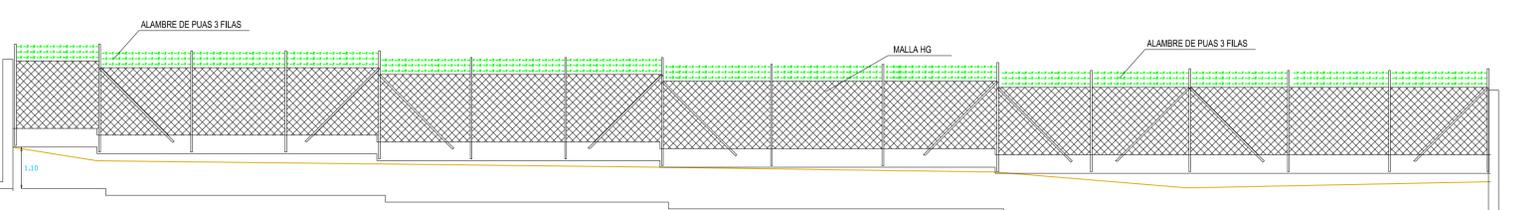
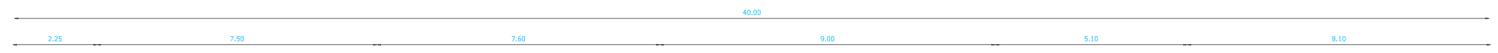
Realizado Por:
Erik Ricardo Moreano Panchi

Revisado Por:
Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

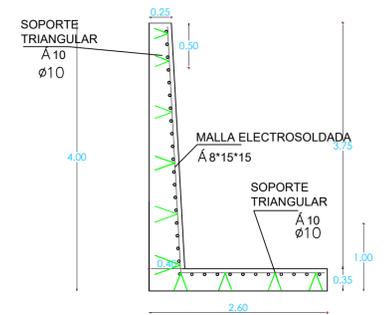
OBSERVACIONES:



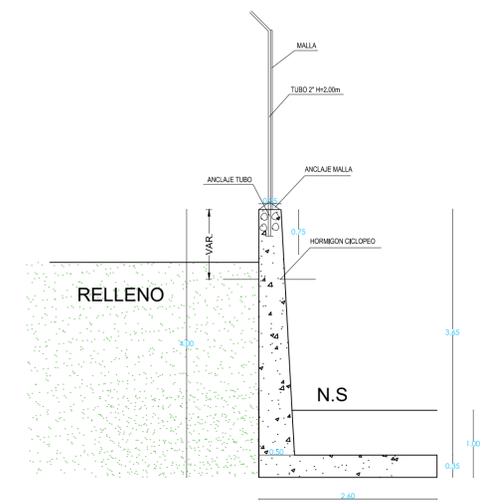
PTAR PARROQUIA ONCE DE NOVIEMBRE
Escala: 1/50



DETALLE DE PUERTA DE DOS HOJAS
Escala: 1/50



DETALLE DEL MURO
Escala: 1/50



CORTE TRANSVERSAL DE MURO
Escala: 1/50