



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ EN LA PROVINCIA DE
EL ORO.

RIOS ROMERO YENER YOEL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ EN LA
PROVINCIA DE EL ORO.

RIOS ROMERO YENER YOEL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO TITULACIÓN
PROYECTO TÉCNICO

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
LA CIUDAD DE MARCABELÍ EN LA PROVINCIA DE EL ORO.

RIOS ROMERO YENER YOEL
INGENIERO CIVIL

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 28 DE ABRIL DE 2021

MACHALA
2021

EVALUCION DE PTAR DE MARCABELI

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ arquitectura.uasnet.mx

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, RIOS ROMERO YENER YOEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ EN LA PROVINCIA DE EL ORO., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.


El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 28 de abril de 2021



RIOS ROMERO YENER YOEL
0706111226

DEDICATORIA

A Dios y a San Antonio de Padua, por llenarme de sabiduría, vitalidad, esperanza y fe en todo momento, en especial en los más difíciles. A mis padres Ulbio y Dora, por todo su apoyo y bendiciones. A mis hermanos Yandri, Dunia, Yuri y Rigoberto. A mis sobrinos Mateo, Valentina, Josué, Kary, Yanoha, Mavic, Patricio y Dania.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos, por todos los consejos, apoyo moral y entusiasmo brindado a lo largo de mi vida para alcanzar mis metas.

A la Universidad Técnica de Machala y a la Facultad de Ingeniería Civil, las cuales fueron mi segundo hogar, aquí me formé como profesional, hice grandes amigos y tuve grandes mentores.

A mis docentes, por todo el tiempo, esfuerzo y dedicación, al compartir sus conocimientos y experiencia para formarme ética y profesionalmente como Ingeniero Civil.

A mi tutor y docente, Ing. Fredy Aguirre, por todos sus conocimientos impartidos a lo largo de mi carrera como estudiante y al final como tesista.

A mi hermana Dunia Rios y a mi cuñado Patricio Vite, por acogerme en el seno de su hogar durante todo mi periodo de estudiante universitario.

A mis compañeros y grandes amigos, Javier Jaramillo, Joel Montaña, Jefferson Quevedo, Byron Vargas y Cristopher Salazar, con ellos compartí todos mis años de estudiante y los cuales son un claro ejemplo de perseverancia.

Al Ing. Henry Luna, al Ing. Javier Gonzales, a la Ing. Cristina Murillo, al Lic. Javier Ramírez, a la Sra. Rosita Paladines y al Sr. Víctor Ramos, por toda la ayuda e información prestada durante la realización de mi tesis.

Gracias.

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ EN LA PROVINCIA DE EL ORO

AUTOR: Yener Yoel Rios Romero

TUTOR: Ing. Fredy Alejandro Aguirre Morales, Mg. Sc

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad realizar la evaluación de la PTAR de la ciudad de Marcabelí, para comprobar si el efluente de la misma cumple con los parámetros de descarga al cuerpo receptor, establecidos en el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Texto unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente), proceso que se llevó a cabo mediante la evaluación hidráulica de sus unidades de tratamiento y de la caracterización de sus aguas, para esto se realizaron análisis físico-químico y microbiológico de las aguas residuales en los siguientes parámetros: pH, Sólidos Totales, DBO₅, DQO, Nitrógeno Total, Nitrógeno Amoniacal y Coliformes Fecales. Todo esto a través de MSV Laboratorio (Análisis de Alimentos, Aguas y Suelos) de la ciudad de Cuenca, laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano-SAE. Para la caracterización completa de las aguas residuales se realizó la toma de cuatro muestras, en los puntos de entrada y salida de la planta y a la salida de las unidades de tratamiento del tanque séptico y filtro anaerobio, necesarios para evaluar el cumplimiento de los parámetros de descarga y la eficiencia de remoción de agentes contaminantes en las unidades de tratamiento. También se realizó la toma de muestras en el cuerpo receptor, aguas arriba y aguas abajo, para medir el nivel de contaminación que produce la descarga de agua residual al río Marcabelí. La evaluación hidráulica de las unidades de tratamiento de tanque séptico y filtro anaerobio, mostró que su volumen actual no será capaz de tratar las demandas futuras al final del periodo de diseño. Los resultados de los análisis de las aguas residuales a la salida del tanque séptico y filtro anaerobio mostraron que las unidades presentan una eficiencia de remoción moderada en algunos parámetros, en otros baja y en algunos no se produjo remoción sino un incremento de los agentes contaminantes. Los análisis realizados en el efluente de la planta mostraron que los parámetros: DBO₅, Nitrógeno Total y Coliformes Fecales, no cumplen con el límite permisible de descarga según lo establecido en la normativa ambiental vigente, esto se debe en gran parte, al mantenimiento no periódico de las unidades de tratamiento, al corto tiempo de retención con el que cuentan las unidades de filtración y a que no se está llevando a cabo el proceso de desinfección con ozono del efluente, lo que conlleva a la contaminación del cuerpo receptor. Ante estos problemas expuestos se plantea, la ampliación de la planta de tratamiento mediante la construcción de dos unidades adicionales de tanque séptico y tres de filtro anaerobio, necesarias para atender las demandas futuras y cumplir con los tiempos de retención recomendados, es necesario también la puesta en marcha del equipo de ozonificación para que se produzca la desinfección del efluente y realizar el mantenimiento periódico de las unidades de acuerdo a los tiempos establecidos en el manual de operación y mantenimiento de la planta, todo esto ante la necesidad de prolongar la vida útil de la PTAR hasta el final del periodo de diseño en el año 2035.

Palabras Clave: Agua residual, Caracterización del agua, Evaluación hidráulica, Filtro Anaerobio, Tanque Séptico.

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ EN LA PROVINCIA DE EL ORO

AUTHOR: Yener Yoel Rios Romero

TUTOR: Ing. Fredy Alejandro Aguirre Morales, Mg. Sc

ABSTRACT:

The present thesis paper aims to carry out the evaluation of the WWTP of the city of Marcabelí, to verify if the effluent of the same meets the parameters of discharge to the receiving body, established in Annex 1 of Book VI of TULSMA (Texto unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente), process that was carried out by means of the hydraulic evaluation of its treatment units and the characterization of its waters, for this purpose physico-chemical and microbiological analyses of the waste water were carried out in the following parameters: pH, Total Solids, BOD₅, COD, Total Nitrogen, Ammoniacal Nitrogen and Fecal Coliforms. All this through MSV Laboratory (Food, Water and Soil Analysis) of Cuenca city, a laboratory accredited by the Ecuadorian Accreditation Service-SAE. For the complete characterisation of the waste water, four samples were taken at the entry and exit points of the plant and at the exit of the treatment units of the septic tank and anaerobic filter, necessary to assess compliance with discharge parameters and pollutant removal efficiency in treatment units. Samples were also taken in the receiving body, upstream and downstream, to measure the pollution produced by the discharge of waste water to the Marcabelí River. Hydraulic evaluation of septic tank and anaerobic filter treatment units showed that their current volume will not be able to address future demands at the end of the design period. The results of the analysis of the sewage at the outlet of the septic tank and anaerobic filter showed that the units have a moderate removal efficiency in some parameters, In some cases there was no removal but an increase in pollutants. The analyses carried out in the effluent of the plant showed that the parameters: BOD₅, Total Nitrogen and Fecal Coliforms, do not comply with the allowable discharge limit as established in the current environmental regulations, this is due in large part, the non-recurrent maintenance of the treatment units, the short retention time available to the filtration units and the fact that the process of ozone disinfection of the effluent is not being carried out, leading to contamination of the receiving body. Faced with these problems, the expansion of the treatment plant through the construction of two additional units of septic tank and three anaerobic filter, necessary to meet future demands and to meet the recommended retention times, the commissioning of the ozonification equipment is also necessary for the disinfection of the effluent and for the regular maintenance of the units in accordance with the times laid down in the plant operation and maintenance manual, all this in view of the need to extend the service life of the WWTP until the end of the design period in 2035.

Keywords: Wastewater, Water characterization, Hydraulic evaluation, Anaerobic filter, Septic tank.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
1. CAPÍTULO I. Diagnóstico del Problema _____	18
1.1. Contextualización y descripción del problema objeto de intervención _	18
1.1.1. Situación actual _____	19
1.1.2. Delimitación del problema _____	20
1.1.3. Ubicación _____	20
1.2. Objetivos del proyecto técnico. _____	21
1.2.1. Objetivo General _____	21
1.2.2. Objetivos Específicos _____	21
1.3. Justificación e importancia del proyecto técnico _____	21
2. CAPÍTULO II. Estudios de factibilidad de la alternativa de solución adoptada ____	23
2.1. Estudios de ingeniería para la definición de alternativas técnicas de solución y sus escenarios _____	23
2.1.1. Periodo de diseño _____	23
2.1.2. Población futura _____	23
2.1.3. Dotación de agua potable _____	23
2.1.4. Coeficiente de retorno _____	23
2.1.5. Aguas Residuales _____	23
2.1.6. Caudales de diseño _____	24
2.1.7. Características Físicas, Químicas y Biológicas del Agua Residual _____	24
2.1.8. Parámetros para caracterizar las aguas residuales _____	25
2.1.9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce _____	26
2.1.10. Tratamiento de aguas residuales _____	26
2.1.10.1. Tratamiento Preliminar _____	27
2.1.10.2. Tratamiento primario _____	27
2.1.10.3. Tratamiento secundario _____	28
2.1.10.4. Tratamiento terciario _____	29
2.1.10.5. Tratamiento y disposición de lodos _____	30
2.1.11. Evaluación hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales _	31
2.1.12. Evaluación de los parámetros de descarga de la PTAR _____	48
2.1.13. Evaluación del cuerpo receptor _____	52
2.2. Prefactibilidad _____	57
2.2.1. Alternativa A: Mantenimiento y reparación de las unidades de tratamiento, puesta en marcha del equipo de ozonificación e implementación de una bomba de succión sumergible para la extracción de los lixiviados producidos en el lecho de secado de lodos _____	57
2.2.2. Alternativa B: Mantenimiento, reparación y construcción de unidades adicionales de tanque séptico y filtro anaerobio, puesta en marcha del equipo de ozonificación e implementación de una bomba de succión sumergible para la extracción de los lixiviados producidos en el lecho de secado de lodos _____	57
2.3. Factibilidad _____	58
2.4. Identificación de la alternativa de solución viable para su diseño _____	58

3.	CAPÍTULO III. Diseño definitivo de la alternativa de solución.	59
3.1.	Concepción del prototipo	59
3.2.	Memoria técnica	59
3.2.1.	Periodo de diseño	59
3.2.2.	Población futura	59
3.2.3.	Tasa de Crecimiento	60
3.2.4.	Densidad Poblacional	60
3.2.5.	Dotación de Agua Potable	61
3.2.6.	Coeficiente de retorno	61
3.2.7.	Determinación del caudal de diseño	62
3.2.8.	Determinación del caudal teórico	64
3.2.9.	Diseño del tanque séptico	68
3.2.10.	Diseño del filtro anaerobio	71
3.3.	Presupuesto	72
3.4.	Programación de obras	73
4.	CONCLUSIONES	74
5.	RECOMENDACIONES	75
6.	BIBLIOGRAFÍA	76
7.	ANEXOS	79

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Análisis de pH a la salida del tanque séptico _____	38
Gráfico 2.	Análisis de Sólidos Totales a la salida del tanque séptico _____	38
Gráfico 3.	Análisis de DQO a la salida del tanque séptico _____	39
Gráfico 4.	Análisis de DBO ₅ a la salida del tanque séptico _____	39
Gráfico 5.	Análisis de Nitrógeno Amoniacal a la salida del tanque séptico _____	39
Gráfico 6.	Análisis de Nitrógeno Total a la salida del tanque séptico _____	40
Gráfico 7.	Análisis de Coliformes fecales a la salida del tanque séptico _____	40
Gráfico 8.	Análisis del pH a la salida del filtro anaerobio _____	42
Gráfico 9.	Análisis de Sólidos Totales a la salida del filtro anaerobio _____	42
Gráfico 10.	Análisis de DQO a la salida del filtro anaerobio _____	42
Gráfico 11.	Análisis de DBO ₅ a la salida del filtro anaerobio _____	43
Gráfico 12.	Análisis de Nitrógeno total a la salida del filtro anaerobio _____	43
Gráfico 13.	Análisis de Nitrógeno amoniacal a la salida del filtro anaerobio _____	44
Gráfico 14.	Análisis de Coliformes fecales a la salida del filtro anaerobio _____	44
Gráfico 15.	Análisis de pH en el efluente _____	48
Gráfico 16.	Análisis de sólidos totales en el efluente _____	49
Gráfico 17.	Análisis de DQO en el efluente _____	49
Gráfico 18.	Análisis de DBO ₅ en el efluente _____	49
Gráfico 19.	Análisis de Nitrógeno Amoniacal en el efluente _____	50
Gráfico 20.	Análisis de Nitrógeno Total en el efluente _____	50
Gráfico 21.	Análisis de Coliformes fecales en el efluente _____	51
Gráfico 22.	Análisis de pH en el cuerpo receptor _____	52
Gráfico 23.	Análisis de Sólidos totales en el cuerpo receptor _____	53
Gráfico 24.	Análisis de DQO en el cuerpo receptor _____	53
Gráfico 25.	Análisis de DBO ₅ en el cuerpo receptor _____	53
Gráfico 26.	Análisis de Nitrógeno Amoniacal en el cuerpo receptor _____	54
Gráfico 27.	Análisis de Nitrógeno Total en el cuerpo receptor _____	54
Gráfico 28.	Análisis de Coliformes Fecales en el cuerpo receptor _____	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la planta de tratamiento _____	21
Figura 2.	Cajón de ingreso a la PTAR _____	31
Figura 3.	Canal de entrada y cribado grueso _____	32
Figura 4.	Canal desarenador y cribado fino _____	32
Figura 5.	Desengrasador _____	35
Figura 6.	Cajón repartidor de caudales _____	36
Figura 7.	Tanque Séptico y Filtro Anaerobio _____	37
Figura 8.	Cámara de desinfección _____	45
Figura 9.	Equipo de ozonificación _____	45
Figura 10.	Lecho de Secado de Lodos _____	46
Figura 11.	Descarga final _____	47
Figura 12.	Aforo del cuerpo receptor _____	55
Figura 13.	Tirante de agua en el tubo de entrada _____	65
Figura 14.	Aforo del caudal que ingresa a la planta (método volumétrico) _____	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Principales grupos de contaminantes del agua y sus efectos _____	25
Tabla 2.	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce _____	26
Tabla 3.	Datos para la evaluación hidráulica de las unidades de tratamiento _____	31
Tabla 4.	Datos de diseño del desarenador _____	33
Tabla 5.	Evaluación Hidráulica del desarenador _____	34
Tabla 6.	Evaluación Hidráulica del Tanque Séptico _____	37
Tabla 7.	Evaluación de la eficiencia del tanque séptico _____	38
Tabla 8.	Evaluación Hidráulica del Filtro Anaerobio _____	41
Tabla 9.	Evaluación de la eficiencia del Filtro Anaerobio _____	41
Tabla 10.	Evaluación hidráulica del lecho de secado de lodos _____	46
Tabla 11.	Evaluación de los parámetros de descarga de la PTAR _____	48
Tabla 12.	Evaluación de los parámetros del cuerpo receptor _____	52
Tabla 13.	Determinación del caudal del cuerpo receptor _____	55
Tabla 14.	Caudal del efluente vertido _____	56
Tabla 15.	Resultados del cálculo del índice de crecimiento _____	60
Tabla 16.	Población actual y futura de la zona urbana del cantón Marcabelí _____	60
Tabla 17.	Consumo anual de los usuarios de agua potable de la planta central _____	61
Tabla 18.	Datos para el cálculo del caudal de diseño _____	62
Tabla 19.	Aportes de caudal por infiltración _____	63
Tabla 20.	Resultado del cálculo de caudales _____	64
Tabla 21.	Caudal obtenido mediante fórmulas hidráulicas _____	67
Tabla 22.	Caudal obtenido mediante método volumétrico _____	68
Tabla 23.	Caudal Teórico _____	68
Tabla 24.	Datos para el diseño del tanque séptico _____	69
Tabla 25.	Datos para el diseño del filtro anaerobio _____	71
Tabla 26.	Contribución diaria de agua residual (C) y lodo fresco (Lf) por el tipo de construcción y de ocupante _____	79
Tabla 27.	Periodo de detención de los vertidos, por rango de contribución diaria _____	80
Tabla 28.	Tasa de acumulación total de lodos (K), en días, por intervalo entre limpiezas y temperatura del mes más frío _____	80
Tabla 29.	Profundidad útil mínima y máxima, por rango de volumen útil _____	80
Tabla 30.	Datos de diseño lecho de secado _____	81
Tabla 31.	Tiempo de retención de sólidos en función de la temperatura _____	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Tablas empleadas en el diseño del tanque séptico_____	79
Anexo 2.	Dimensionamiento del Lecho de Secado de Lodos _____	81
Anexo 3.	Análisis de Laboratorio de las aguas a la Entrada de la PTAR _____	84
Anexo 4.	Análisis de Laboratorio de las aguas a la Salida de la PTAR _____	86
Anexo 5.	Análisis de Laboratorio de las aguas a la Salida del Tanque Séptico ____	88
Anexo 6.	Análisis de Laboratorio de las aguas a la Salida del Filtro Anaerobio ____	90
Anexo 7.	Análisis de Laboratorio de las aguas del cuerpo receptor aguas arriba _	92
Anexo 8.	Análisis de Laboratorio de las aguas del cuerpo receptor aguas abajo _	94
Anexo 9.	Presupuesto Total _____	96
Anexo 10.	Programación de obras _____	98
Anexo 11.	Planos de las unidades de tratamiento _____	100
Anexo 12.	Planos diseño actual de la planta _____	110
Anexo 13.	Plano diseño definitivo de la planta _____	111
Anexo 14.	Plano propuesta tanque séptico y filtro anaerobio _____	112
Anexo 15.	Plano propuesta filtro anaerobio _____	113

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación denominado “Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Marcabelí en la provincia de El Oro”, tiene por objetivo, evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento actual, para comprobar el cumplimiento de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

El Gobierno Cantonal de Marcabelí, con la finalidad de dar solución de forma definitiva al problema sanitario originado por la no existencia de un adecuado tratamiento de las aguas servidas, en el año 2010, contrató los estudios y diseños para la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la cual tendría una cobertura del 90 % del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la ciudad y un periodo de diseño de 25 años, contados a partir de su construcción y puesta en marcha de cada uno de los elementos del sistema, la cual se llevó a cabo en el año 2013.

Los estudios realizados para el tratamiento de las aguas residuales establecieron la implementación de un pretratamiento y de tres tratamientos diferenciados, el pretratamiento inicia con un canal con rejilla, el cual permite la retención de sólidos gruesos y basuras de gran tamaño, seguido de un desarenador diseñado para la retención de gravas, arenas y partículas minerales, al final del pretratamiento un desengrasador cuya función es retener las grasas y aceites del afluente sanitario, de este sale el caudal total a través de una tubería hacia el repartidor de caudales, donde el flujo se uniformiza y se reparte equitativamente mediante seis vertederos hacia las unidades de tratamiento posteriores.

En el tratamiento primario se realizará la sedimentación de sólidos suspendidos a través de seis tanques sépticos, el tratamiento secundario se encargará de la remoción de partículas no sedimentables y de la reducción de organismos patógenos, proceso que se llevará a cabo mediante seis unidades de filtro anaerobio de flujo ascendente, el tratamiento terciario se encargará de la desinfección del efluente, para esto se contará con una cámara de desinfección con ozono. Además, se realizará la remoción y tratamiento de lodos mediante tres unidades de lechos de secado.

La metodología empleada en el desarrollo del presente trabajo será de dos tipos: bibliográfica y de campo. De tipo bibliográfica haciendo uso de artículos científicos, libros, tesis, revistas, planos existentes, estudios realizados con anterioridad y toda la información proporcionada por la entidad encargada de administrar el sistema, la cual es de suma importancia y necesaria para la evaluación.

El trabajo de campo se desarrolló con visitas frecuentes a la planta de tratamiento, en las cuales se realizaron mediciones del caudal de ingreso, se tomaron medidas y niveles reales con la ayuda de equipos topográficos, se evaluó el estado físico actual de la planta y los procesos de mantenimiento que se realizan, además los análisis de agua efectuados para comprobar la eficiencia del sistema de tratamiento y la contaminación generada al río Marcabelí.

El trabajo se encuentra dividido en tres capítulos. El Capítulo I, describe el diagnóstico del problema partiendo de lo general hasta lo más específico, los objetivos y la justificación e importancia del proyecto. En el Capítulo II, se desarrollan los estudios de

ingeniería para la definición de alternativas técnicas de solución y sus escenarios y el Capítulo III presenta el diseño definitivo de la alternativa de la solución adoptada.

Finalmente, se presentan las conclusiones que darán solución a cada uno de los objetivos planteados en la tesis y, además, se desarrollarán las recomendaciones necesarias sobre el diseño, operación y mantenimiento de la planta.

1. CAPÍTULO I. Diagnóstico del Problema

1.1. Contextualización y descripción del problema objeto de intervención

El agua es un elemento importante para la vida y que presenta gran relevancia en la economía mundial, es necesaria e indispensable para la supervivencia de los seres humanos, además es un recurso clave utilizada en diversas actividades como la agricultura y la industria, lo que genera una demanda creciente y produce una gran cantidad de aguas residuales, las mismas que requieren de un tratamiento previo antes de su disposición final [1].

Los recursos hídricos no solo son un activo importante para el desarrollo de la vida y la protección del medio ambiente, sino también un entorno natural estratégico único, para el crecimiento de diferentes sectores productivos. Por lo tanto, los países han incluido en sus políticas, estrategias que garantizan el acceso de este importante elemento en un ambiente libre de contaminación, promoviendo el desarrollo económico y la sostenibilidad de las actividades que requieren de este recurso [2].

Uno de los factores que impactan al ecosistema, es el crecimiento poblacional, provocando que la degradación de este recurso también aumente. Según datos de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) en 1999 se alcanzaron los 6.000 millones de personas. Se espera que en los próximos 30 años la población mundial aumente en 2.000 millones, pudiendo llegar a un máximo de 11.000 millones de personas para el año 2100.

El aumento de la población, el calentamiento global, el desarrollo industrial y el comportamiento humano irresponsable; han provocado el vertimiento de grandes volúmenes de aguas residuales, industriales y lixiviados al medio ambiente, causando un fuerte impacto y gran deterioro de los cuerpos receptores de agua y de los suelos; razón por la cual es importante buscar procedimientos alternativos eficaces para tratar las aguas residuales altamente contaminadas y mejorar los procesos de tratamiento [3].

De acuerdo con la ONU, el acceso al agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, pero alrededor de 1.800 millones de personas en todo el mundo utilizan una fuente de agua que está contaminada con desechos fecales. Se estima que 2.400 millones de personas no tienen acceso a condiciones de saneamiento básico, como retretes y letrinas. Más del 40% de la población mundial sufre escasez de agua y este porcentaje puede incrementar [4].

Si bien, los países desarrollados continúan trabajando para establecer procesos de tratamiento más efectivos o nuevas tecnologías en las PTAR para satisfacer la creciente demanda de agua, los países en desarrollo aún se encuentran luchando por establecer la infraestructura de tratamiento necesaria [5]. Entre el 80% y el 90% de las aguas residuales producidas en los países en desarrollo se vierten directamente en los cuerpos de agua [6].

En los países de América Latina y el Caribe, en relación a los servicios de saneamiento, sólo el 51% de la población regional se conecta a sistemas convencionales de alcantarillado y otro 26% utiliza sistemas de saneamiento in situ. Sin embargo, el saneamiento, ya sea por alcantarillado o en situ, en la mayoría de los casos, no se asocia con la infraestructura adecuada para su tratamiento [7].

A partir de finales de los años 90, la proporción de aguas residuales tratadas en Latinoamérica casi se ha duplicado, actualmente entre un 20% y 30% de las aguas residuales recolectadas en redes de alcantarillado urbano son objeto de tratamiento. Sin embargo, aún queda mucho camino por recorrer, ya que estos porcentajes también significan que entre el 70% y el 80% de las aguas se vierten sin tratamiento [8].

1.1.1. Situación actual

En Ecuador, se trata aproximadamente el 12% de las aguas residuales domésticas, de las cuales el 88% de las aguas residuales restante, se vierte directamente a quebradas y ríos sin tratar [9].

La ley ecuatoriana establece que todas las aguas servidas deben ser tratadas. Esto consta en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), donde se especifican los parámetros de descarga. Esta normativa ha sido obviada por los municipios, la mayoría de ciudades no cuenta con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ni tampoco con sistemas de alcantarillado por separado para aguas servidas y aguas lluvia, lo que dificulta su tratamiento [9].

En el 2015 el Ecuador contaba con 421 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales el 49,88% se encontraban en la Región Sierra, el 30,64% en la Región Costa, el 19% en la Región Amazónica y el 0,48% restante en la Región Insular [10].

De los 221 municipios existentes en el país, solo 133 cuentan con un sistema de tratamiento de agua residual, 53 lo hacen de manera inconclusa y 82 no realizan ningún tipo de tratamiento, de éstos, el 59,26% depositan el agua residual no tratada en los ríos, el 25,19% en quebradas y el restante 15,56% se vierte en otros sitios. En la Región Insular el 100% del agua residual no tratada se vierte al mar [10].

Así mismo, 6 de cada 10 GAD Municipales, direccionan la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado a través del Municipio, 3 mediante Empresa Pública Municipal y la diferencia opera con gestión de Empresa Pública Mancomunada, Empresa Regional y Operador Privado [10].

En la Provincia de El Oro, la cobertura de alcantarillado en el año 2013 era del 74,8%, siendo Machala la ciudad de mayor cobertura de redes con un 74,5%, seguida de Marcabellí, con un 71,1%, y las de menor cobertura, Chilla con un 31,8% y Huaquillas con 39,2% [11].

En la ciudad de Marcabellí, el porcentaje de viviendas que cuentan con eliminación de aguas servidas por red pública de alcantarillado es del 93,3% en la cabecera cantonal, el porcentaje restante disponen de otro tipo de sistema de eliminación de excretas como letrinas, fosa séptica o pozo ciego.

Este sistema de alcantarillado fue construido en el año 1988 en la parte central, posteriormente se han ido incrementando redes de acuerdo al crecimiento urbano y demanda poblacional. El sistema cuenta con alrededor de 20 Km de redes de recolección, de las cuales el 80% son tuberías de hormigón de 150, 200 y 300 mm de diámetro y el 20% restante son tuberías de PVC de 200 mm de diámetro.

1.1.2. Delimitación del problema

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Marcabelí, fue construida por el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón, junto a la Dirección de Obras Públicas y la Unidad de Prestación de Servicios Públicos en la jurisdicción cantonal en el año 2013.

La construcción de la PTAR se adoptó como medida de mitigación que ayude a disminuir o contrarrestar la contaminación que producían las aguas servidas al río Marcabelí. Este objetivo sólo se cumplirá si la planta se opera de forma apropiada y se efectúa un mantenimiento periódico.

Para lograr este objetivo, el GAD del cantón Marcabelí, a través de la Dirección de Obras Públicas y el Departamento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, se encarga de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, así como de asignar dentro del presupuesto municipal los recursos necesarios para la operación del sistema.

La estructura de las diferentes unidades de tratamiento es relativamente nueva y se encuentran en normal funcionamiento, el principal inconveniente que presenta la planta es la cercanía de esta con los predios y viviendas correspondientes a la Ciudadela Municipal del barrio Imbabura, ya que se producen malos olores, los cuales originan malestar en los habitantes del sector.

En relación con la problemática expuesta, el presente trabajo de titulación se centrará en evaluar el funcionamiento de la PTAR, a través del análisis de los parámetros de calidad del agua y el modo de operación de la planta, el mejor indicador será analizar la calidad del agua en los puntos de ingreso y descarga, así mismo a la salida de las unidades de tratamiento del tanque séptico y del filtro anaerobio, determinando así la eficacia de la reducción porcentual de la carga de contaminación.

De este modo, la metodología que se aplicará en el presente estudio será una investigación cualitativa, con un enfoque interpretativo y descriptivo, que permitirá evaluar los parámetros de descarga al río Marcabelí y comprobar si estos se encuentran dentro de los permitidos por la norma ambiental.

1.1.3. Ubicación

La PTAR de Marcabelí, se encuentra ubicada en el área urbano – marginal de esta ciudad, en la Ciudadela Imbabura, a mil quinientos metros desde el parque central, en dirección Sur-Oeste de la plaza central de la ciudad y a solamente treinta metros de las viviendas más cercanas, limita al norte y oeste con el río Marcabelí, al sur con la Cdla. Municipal y al este con un predio particular.

El área original según los catastros municipales, es de 2,99 hectáreas, sus coordenadas UTM son: E 619,844 y N 9 '580,950 con un nivel promedio del predio de 520 m.s.n.m.

Las aguas tratadas de la planta se descargan al río Marcabelí, que nace en las montañas altas del cantón, ubicadas en los sitios El Rocío y El Rosal. El río Marcabelí con sus quebradas y yacimientos son afluentes del río Puyango, río de mayor categoría que desemboca al Océano Pacífico con el nombre de Río Tumbes.

Figura 1. Ubicación de la planta de tratamiento



Fuente: Google Earth

1.2. Objetivos del proyecto técnico.

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Marcabellí, a través del análisis de los parámetros de calidad del agua y el modo de operación de la planta, comprobando así el cumplimiento de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar la evaluación hidráulica de las unidades de tratamiento y del estado físico de la planta.
- Evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento mediante la caracterización de la calidad del agua y el análisis de los parámetros de descarga.
- Realizar las respectivas recomendaciones sobre el diseño, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

1.3. Justificación e importancia del proyecto técnico

La evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de la ciudad surge de la necesidad de contrarrestar los daños ambientales, las enfermedades infecciosas, la emanación de olores y ayudar a preservar los recursos naturales, mejorando el desarrollo poblacional y habitacional de la ciudad de Marcabellí.

El problema que origina la contaminación del río Marcabellí afecta principalmente a la población del área de influencia del proyecto, que corresponde a la ubicada en la zona urbana de la ciudad y a un pequeño porcentaje que habita en los márgenes del río.

Se estima que las enfermedades transmitidas por el agua contaminada causan la muerte de 1,8 millones de personas cada año a nivel mundial, debido al mal manejo del sistema de saneamiento público. Es importante mencionar que la gestión de las aguas residuales es fundamental en el saneamiento, previniendo así la propagación de dichas enfermedades [12].

Según datos estadísticos del Centro de Salud Marcabelí, las enfermedades infectocontagiosas que aparecen en diferentes épocas del año, sumado a los malos hábitos de higiene de la población, han permitido el desarrollo de enfermedades infecciosas como son parasitosis, desnutrición en primer y segundo grado, síndrome diarreico, enfermedades gastrointestinales, enfermedades de la piel. Son estos algunos de los casos más frecuentes de enfermedades en la ciudad, algunas de ellas originadas por la disposición de las aguas servidas al río Marcabelí.

Sin embargo, actualmente la descarga directa sin tratamiento de las aguas del sistema de alcantarillado sanitario hasta el cauce del río que atraviesa la ciudad, han ocasionado cuantiosos daños al medio ambiente y por consiguiente la contaminación de sus aguas.

Esto se debe, a la falta de una planificación técnica adecuada durante las múltiples etapas de construcción de la red de alcantarillado sanitario de la ciudad, en lo cual, no se ha previsto la construcción de un colector principal en la red que permita la conducción total de estas aguas hasta un sitio único de descarga, un 10% de las redes y conexiones domiciliarias instaladas no están conectadas al colector principal, estas conexiones tienen descargas puntuales al río Marcabelí y a quebradas afluentes.

Secuencialmente, el río Marcabelí desemboca sus aguas al río Puyango, siendo este la principal cuenca hidrográfica del sur del país, el cual se convierte en binacional al cruzar sus aguas al vecino país Perú, donde toma el nombre de río Tumbes, por lo que es necesario atender esta situación, la cual genera graves problemas de contaminación para el territorio ecuatoriano como para el peruano.

Con estos antecedentes, es importante justificar la relevancia del tema, ya que la PTAR de la ciudad, no cuenta con un mantenimiento periódico de sus unidades de tratamiento y no se realizan los respectivos análisis de la calidad del agua en los periodos establecidos de tiempo, por lo tanto, no se está cumpliendo en su totalidad con los parámetros de descarga que establece la norma ambiental, es por eso que la siguiente investigación, no solo comprobará la operación y funcionamiento de la planta, también proporcionará las recomendaciones necesarias ante la problemática existente.

2. CAPÍTULO II. Estudios de factibilidad de la alternativa de solución adoptada

2.1. Estudios de ingeniería para la definición de alternativas técnicas de solución y sus escenarios

2.1.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño es un parámetro importante en el dimensionamiento de toda obra de infraestructura sanitaria. Por lo tanto, el periodo de diseño es el lapso de tiempo para el cual el sistema y sus partes funcionen eficientemente, para satisfacer las necesidades actuales y futuras, además de garantizar la durabilidad de los materiales y equipos, la calidad de la construcción, su operación y mantenimiento.

2.1.2. Población futura

El tamaño y la capacidad de las obras de un proyecto de infraestructura sanitaria están íntimamente ligados al número de habitantes que se va a beneficiar; por consiguiente, el cálculo de la población futura es un parámetro de suma importancia en el diseño de cualquier proyecto, para esto es necesario realizar una proyección de la población y su distribución, mediante un análisis de los índices de crecimiento y la aplicación de métodos para determinar la población demandante al final del periodo de diseño.

2.1.3. Dotación de agua potable

Se refiere a la cantidad de agua potable asignada diariamente a cada habitante para cubrir su consumo, se expresa en términos de litros por habitante por día, se incluyen los consumos doméstico, comercial, industrial y público. Generalmente el consumo varía a lo largo del año, de acuerdo a la temperatura, hábitos de higiene de la población, usos del agua, crecimiento y desarrollo económico de la ciudad, la cantidad y calidad del agua disponible.

2.1.4. Coeficiente de retorno

Se conoce que no toda el agua utilizada dentro de las viviendas es devuelta al sistema de alcantarillado, por lo tanto, el coeficiente de retorno es el porcentaje de agua doméstica que se descarga al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales como agua negra. Este valor se considera constante durante todo el periodo de diseño y para toda el área servida.

2.1.5. Aguas Residuales

Se denominan aguas residuales (AR) a todos los líquidos que utilizan los seres humanos en procesos industriales, domésticos, comerciales y de servicios. Generalmente, se habla de aguas negras (agua que contiene restos fecales) y de aguas grises, que son aguas utilizadas en los hogares (por ejemplo, aguas producidas en la cocina o en procesos de limpieza) [13].

A nivel mundial, la cantidad de aguas residuales generadas es muy alta, se estima que entre el 90% y el 95% de las aguas residuales urbanas no han sido sometidas a ningún proceso de depuración, esto afecta la calidad de los cuerpos de agua superficial por la presencia de agentes contaminantes como: materia orgánica soluble y suspendida, nitrógeno, amonio, fosfatos, sulfatos los cuales se derivan de materia orgánica en

descomposición o de compuestos químicos de origen antropogénico; cuando dichos nutrientes se encuentran en altas concentraciones activan la eutrofización de los cuerpos [14].

2.1.6. Caudales de diseño

El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación resulta de la suma de los caudales de aguas residuales domésticas e industriales, afectados por los coeficientes de mayoración y retorno, más el caudal por infiltración y conexiones ilícitas.

Caudal de Aguas Residuales Domésticas

Se componen básicamente del agua ya usada procedente de viviendas, edificios, comerciales e instituciones de la comunidad, a los que se unen residuos de baños, cocinas y lavanderías.

Caudal de Aguas Residuales Industriales

Estas aguas proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de creación, transformación o manipulación se utilice agua. Varían en cuanto a caudal y composición, afectando las características de los vertidos.

Caudal de Aguas Residuales por conexiones erradas o ilícitas

Estas aguas son el resultado de conexiones ilícitas que se realizan al alcantarillado sanitario, provenientes de bajantes de tejados, patios de casa y parte de la escorrentía superficial que se introduce a través de tapas de revisión y drenaje en general. Estos aportes dependen de la efectividad de las medidas de control que se tomen sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvia.

Caudales por infiltración

La infiltración de aguas subsuperficiales es inevitable en las redes de alcantarillado sanitario, este caudal se ve afectado por la permeabilidad del terreno, la profundidad del nivel freático, el tipo de tubería y el tipo de junta empleada, el tipo de conexión de las tuberías con los pozos de inspección y la profundidad de estos.

2.1.7. Características Físicas, Químicas y Biológicas del Agua Residual

Características Físicas

Las principales características físicas del agua residual son el contenido total de sólidos (materia en suspensión, sedimentable, coloidal y disuelta), además de otras características físicas importantes como el olor, temperatura, densidad, color y turbiedad.

Características Químicas

Las características químicas del agua residual abordan cuatro apartados: la materia orgánica, la medición del contenido orgánico, la materia inorgánica y los gases presentes en el agua residual.

Características Biológicas

Las características biológicas de las aguas residuales son aquellas que abordan los siguientes parámetros: microorganismos biológicos, organismos patógenos e indicadores de contaminación y los métodos empleados para determinar la toxicidad de las aguas tratadas.

2.1.8. Parámetros para caracterizar las aguas residuales

La caracterización de las aguas residuales incluye la determinación de la concentración de elementos o compuestos químicos y biológicos presentes en una muestra representativa mediante una serie de pruebas de laboratorio [15].

Tabla 1. Principales grupos de contaminantes del agua y sus efectos

PARÁMETRO	CONTAMINANTE CONSIDERADO	EFEECTO
Aceites y grasas	Aceites y grasas	Acumulación en drenajes y cuerpos de agua. Reducen la transferencia de oxígeno a los cuerpos de agua. Flotación de lodos. Contaminación visual
Sólidos disueltos totales (SDT)	Sales inorgánicas	Restringen el uso de agua tratada
Sólidos suspendidos totales (SST) Volátiles (SSV) y fijos (SSF)	Materia en suspensión sedimentable y no sedimentable (coloidal)	Sedimentación y azolvamientos en cuerpos receptores. Digestión y liberación de materia orgánica e inorgánica
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)	Materia orgánica biodegradable	Abatimiento del oxígeno disuelto en cuerpo receptor. Crecimiento de microorganismos
Demanda Química de oxígeno (DQO)	Material orgánico total	Mismos que DBO
Nitrógeno total Kjeldhal (NTK), nitratos y nitritos NO ₃ , NO ₂ , fósforo total (Pt)	Nitrógeno y fósforo	Nutrientes que provocan eutrofización en cuerpos de agua. Contaminación de acuíferos

Coliformes fecales	Patógenos	Transmisión de enfermedades gastrointestinales
--------------------	-----------	--

Fuente: Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales, 2013

2.1.9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Para la caracterización del agua residual se hace uso del Anexo 1 del Libro VI del “Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua”, el cual establece los valores del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máx. permisible
Potencial de Hidrógeno	pH	-	6-9
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	100
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno total	N	mg/l	50
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	10000

Fuente: Anexo 1 del Libro VI (TULSMA), 2015

El numeral 5.2.4.10 de la presente norma establece “Las aguas residuales que no cumplan, con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencia frente a cualquier situación que afecte su eficiencia”[16].

2.1.10. Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es el proceso de eliminar las impurezas de las aguas residuales y de las aguas residuales domésticas. Incluye procesos físicos, biológicos y químicos encargados de la eliminación de contaminantes. Su objetivo es proporcionar agua residual ambientalmente segura, llamada efluente, y un residuo sólido, llamado lodo, adecuado para su eliminación [17].

Los procesos biológicos de tipo anaerobio son los de más grande aplicación en Latinoamérica para el tratamiento de aguas residuales domésticas, se basan en los principios naturales que ocurren en los ríos, lagos o suelos, donde los microorganismos presentes, consumen la materia orgánica produciendo material celular, con el objeto de estabilizar, coagular y remover los sólidos coloidales que no se sedimentan de manera natural [18].

La tecnología existente de tratamiento de aguas residuales municipales es relativamente costosa y dificulta su adopción en las comunidades urbanas ubicadas en zonas tropicales, en donde el avance constructivo es menor al de otras regiones del mundo, con obras e inversiones que presentan problemas operativos y conllevan al cierre parcial o total de los procesos de tratamiento [19].

La construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales se atribuye a la garantía de viviendas y condiciones de vida dignas para la población y también ayuda a mantener en buen estado el entorno natural. El desarrollo integrado de sistemas de eliminación de aguas residuales con instalaciones para su tratamiento se debe a la aplicación de las normas de depuración establecidas para la descarga de aguas residuales al cuerpo receptor [20].

Para que las aguas residuales se puedan volver a reutilizar y llegue al medio ambiente con un nivel bajo de contaminación, es fundamental realizar un proceso de tratamiento seguro y eficaz.

2.1.10.1. Tratamiento Preliminar

Su objetivo es eliminar todas las materias gruesas y/o visibles transportadas por el agua residual. La descarga de estos materiales al cuerpo receptor puede tener un impacto estético fundamental. Si pasan a etapas posteriores de depuración se producirán inconvenientes y existirá un deficiente funcionamiento de los procesos. Suele incluir las siguientes operaciones: desbaste, desarenado y desengrasado, en algunos casos también se puede incluir pre aireación, tamizado, pre decantación, etc. [21].

Desbaste

Consiste en la retención de sólidos de pequeño y mediano tamaño. El procedimiento más común es la implementación de rejillas, según la separación entre barrotes puede clasificarse en: desbaste de gruesos, donde el paso libre entre barrotes es de 50 a 100 mm y desbaste de finos, con un paso libre entre barrotes de 10 a 25 mm.

Desarenado

Los desarenadores son estructuras con canales de flujo variable o constante, su objetivo es la eliminación de materias pesadas de tamaño superior a 0,2 mm, aparte de las arenas, gravas, partículas minerales y elementos orgánicos, provenientes del agua residual.

Desengrasado

En esta etapa se eliminan grasas, aceites y demás materias flotantes más ligeras que el agua. El agua pasa a través de un depósito provisto de un tabique, que obliga al agua a salir por la parte inferior del mismo, de modo que los componentes de menor densidad queden retenidos en la superficie.

2.1.10.2. Tratamiento primario

Las aguas residuales contienen diferentes tipos de sólidos orgánicos e inorgánicos, según la fuente, en forma disuelta y suspendida. Los procesos físicos y químicos se

utilizan para eliminar sustancias disueltas específicas en aguas residuales, aceite emulsionado, productos químicos tóxicos precipitados, sólidos en suspensión, etc. [22].

Debido a que parte de los sólidos suspendidos son materia orgánica se reducirá la turbidez y DBO₅. También se eliminará cierta contaminación bacteriana (Coliformes, estreptococos, etc.). A partir de los sólidos en suspensión, se intentará eliminar específicamente los sedimentables. Dentro de este proceso unitario se incluye la sedimentación, flotación y los procesos físico químicos, estos últimos pueden incrementar la reducción de sólidos suspendidos y DBO₅ [21].

Tanque Séptico

Los tanques sépticos son depósitos cerrados donde los sólidos sedimentables que contiene el agua residual se decantan, dando como resultado un líquido libre de sedimentos que se infiltra con facilidad en el subsuelo, el material sedimentable decantado se descompone bajo condiciones anaerobias por acción de microorganismos presentes en el agua residual [23].

Se suelen utilizar para el tratamiento de aguas residuales domésticas (agua homogénea). Entre sus principales ventajas tenemos: son aptos para comunidades rurales, limpieza poco frecuente, bajos costos de construcción y operación, y no requiere mano de obra especializada para su operación. Si cuenta con infraestructura de remoción de lodos el grado de dificultad de mantenimiento es mínimo [24].

Los tanques sépticos tienen dos unidades o áreas: en la primera unidad llegan todas las aguas residuales, donde se da una situación de estabilidad hidráulica, lo que permite que las partículas pesadas se depositen en el fondo y las partículas ligeras y las grasas se acumulen en la parte superior (etapa de sedimentación). Para esto se requiere un tiempo de retención durante un tiempo mínimo de 6 horas y un máximo de 72 horas. Donde los sólidos sedimentables que se encuentran en el agua residual forman una capa de lodo en el fondo del sistema [25].

Después de algún tiempo, los lodos sedimentados son degradados de forma anaerobia por los microorganismos presentes en las aguas residuales. La velocidad de acumulación es más rápida que la de descomposición de la capa de lodo. Este lodo sedimentado y la capa de grasas debe eliminarse en intervalos regulares de tiempo [26].

2.1.10.3. Tratamiento secundario

El tratamiento secundario de aguas residuales se da a través de un depósito biológico de contaminantes solubles de agua residual resultantes del tratamiento primario. En el tratamiento secundario de las aguas residuales debe tenerse en cuenta la manipulación de los lodos, cuando los microorganismos se encuentran en condiciones ambientales adecuadas, para contaminar las aguas residuales [22].

Proceso anaerobio

La digestión anaeróbica es una de los procesos más antiguos utilizados para estabilizar y reducir los lodos primarios y biológicos domésticos. El proceso de tratamiento anaeróbico implica la descomposición de la materia orgánica de las aguas residuales en metano y dióxido de carbono en ausencia de oxígeno [22].

La tecnología anaerobia es atractiva, sostenible y adecuada para el tratamiento de aguas residuales in situ. Dentro de las principales ventajas se incluyen: menores costos de instalación, no es necesario el suministro de oxígeno, por lo que el proceso es más económico, requiere de poca energía y produce menor cantidad de lodos que la tecnología aerobia [27].

Dado que la cinética bacteriana anaeróbica es más lenta que la aeróbica, estos sistemas alcanzan una calidad de efluente moderada por lo que requieren otro tratamiento para cumplir con las normas de descarga más estrictas. La digestión anaeróbica fue originalmente la primera tecnología utilizada en el tratamiento de aguas residuales, en forma de tanques sépticos (tanques Imhoff), con un rendimiento de tratamiento generalmente bajo (30-50% de DQO y 60% de SST) [28].

Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

Este sistema consiste en un reactor de flujo ascendente o descendente empacado de soportes plásticos o piedras con un diámetro promedio de 3 a 5 cm. El agua residual pasa por medio del lecho empacado, de modo que el sustrato en el agua residual interactúa con los microorganismos adheridos al empaque. Debido a que en este sistema los microorganismos se encuentran adheridos al empaque, su tiempo de retención celular es mayor al tiempo de retención hidráulica manejado. Este sistema generalmente se construye después del tanque séptico con la finalidad de retener sólidos y flotantes. Su eficiencia de remoción de DQO se encuentra alrededor del 65% en aguas residuales de tipo doméstico [15].

2.1.10.4. Tratamiento terciario

El objetivo principal del tratamiento terciario de aguas residuales es eliminar el amoníaco, el fosfato y los sólidos en suspensión, y purificar las aguas residuales secundarias a un nivel suficiente para descargarse al medio ambiente. El tratamiento secundario de aguas residuales elimina aproximadamente el 90% de la demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos en suspensión y contaminantes. Por lo tanto, el proceso de tratamiento terciario diseñado para cumplir con el sistema de tratamiento secundario de desechos puede garantizar la reducción de amoníaco, fosfato y otros contaminantes para cumplir con los requisitos del permiso y garantizar la protección ambiental [22].

Desinfección con ozono

Los adelantos actuales en temas de generación de ozono y de tecnología de dilución permitieron que el ozono se haya convertido en una posibilidad económicamente competitiva en la desinfección de agua residual. En el tratamiento de aguas residuales, el ozono se emplea en el control de olores y en la eliminación de materia orgánica soluble refractaria [29].

La fuerte capacidad oxidante del ozono establece su uso en la oxidación de un enorme conjunto de sustancias orgánicas, la obtención de compuestos oxigenados, el tratamiento de mezclas de compuestos orgánicos para mejorar su biodegradabilidad, y para minimizar los contaminantes químicos en aguas residuales, industriales o domésticas y para la oxidación de compuestos que no se oxidan fácilmente con los métodos convencionales [30].

2.1.10.5. Tratamiento y disposición de lodos

Lodos residuales

El lodo es un residuo orgánico semisólido generado a partir del tratamiento de aguas residuales [31].

En las plantas de tratamiento de aguas residuales que operan según métodos de tratamiento convencionales (pretratamiento, floculación, tratamiento biológico, sedimentación secundaria) generan una gran cantidad de lodos residuales. Varios problemas medioambientales están relacionados con la generación de lodos residuales, como los contaminantes del aire, el agua y el suelo. Además, representan un peligro real para la salud pública [32].

Lechos de secado

Las principales ventajas de los lechos de secado de lodo son su bajo costo, requieren de poco mantenimiento y producen una gran cantidad de sólidos. El lodo se deposita sobre la arena formando una capa de 20 a 30 cm de espesor y se deja secar, el lodo se deshidrata por drenaje a través de la masa del lodo y la arena y por la incidencia de la luz solar y el viento [33].

2.1.11. Evaluación hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales

Para la evaluación hidráulica de la planta se ha tomado en cuenta las demandas futuras como caudal de evaluación y así poder identificar si las dimensiones de las unidades existentes tendrán la capacidad de tratar el caudal proyectado hasta el 2035.

Tabla 3. Datos para la evaluación hidráulica de las unidades de tratamiento

DATOS PARA LA EVALUACIÓN				
Año a Evaluar	2010	2021	2035	Unidad
Población de diseño	3684	4536	5912	hab
Consumo de agua per cápita	175	190	200	L/hab/día
Coeficiente de retorno	0,8	0,8	0,8	
Caudal de diseño	14,29	29,78	39,62	L/s

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Marcabelí cuenta con los siguientes tratamientos:

Pretratamiento:

Cajón de entrada

Este cajón cumple con la función de receptor el caudal de agua residual proveniente de la red de alcantarillado sanitario, su tubería de ingreso es de 315 mm PVC Novafort, cuenta con una caja derivadora de demasías, diseñada para evacuar los excesos de agua residual y para poder realizar labores de limpieza, la tubería de salida del aliviadero es de 315 mm PVC Novafort, a la salida del cajón de ingreso existe una compuerta que regula el caudal de ingreso al canal de entrada.

Figura 2. Cajón de ingreso a la PTAR



Fuente: El Autor

Canal de entrada y cribado grueso

Tiene por finalidad realizar una transición entre el cajón de entrada y el desarenador, las dimensiones internas de la estructura son 30 cm de ancho, 30 cm de alto y 3 m de longitud, cuenta con dos rejillas encargadas de la retención de sólidos de tamaño mayor a 5 cm.

La primera rejilla fabricada en acero de refuerzo de 12mm, tiene una separación entre barrotes de 3 cm, la segunda rejilla fabricada en acero de refuerzo de 10mm, tiene una separación entre barrotes de 2,5 cm.

La estructura se encuentra en buen estado, no se evidencian fisuras o grietas en las paredes, las rejillas presentan oxidación y desgaste de sus barrotes.

Figura 3. Canal de entrada y cribado grueso



Fuente: El Autor

Canal desarenador y cribado fino

Está diseñado para la retención de gravas, arenas, partículas minerales y cualquier otro tipo de material pesado de tamaño superior a los 0,2 mm, el canal está diseñado hidráulicamente de tal forma que se disminuya la velocidad horizontal del flujo, permitiendo la decantación de partículas. Las dimensiones internas del canal son 30 cm de alto, 50 cm de ancho y 4 m de longitud, cuenta con dos rejillas de cribado fino.

La primera rejilla fabricada en acero de refuerzo de 12mm, tiene una separación entre barrotes de 2 cm, la segunda rejilla fabricada en acero de refuerzo de 12mm y 10mm alternados entre sí, tiene una separación entre barrotes de 0,5 cm.

La estructura se encuentra en buen estado, no se evidencian fisuras o grietas en las paredes, las rejillas presentan oxidación y desgaste de sus barrotes.

Figura 4. Canal desarenador y cribado fino



Fuente: El Autor

Dimensionamiento del Desarenador

Tabla 4. Datos de diseño del desarenador

DATOS PARA EL DISEÑO		
Año a evaluar	2035	Unidad
Población de diseño	5912	hab
Caudal de diseño	39,62	L/s
Velocidad del flujo en la cámara	0,1	m/s
Coeficiente de seguridad K	1,2	
Velocidad de sedimentación de las partículas W	0,085	m/s
Altura del desarenador	1	m

Sección hidráulica

$$A = \frac{Q}{V} \quad (2.1)$$

Donde:

$A =$ sección hidráulica (m^2)

$Q =$ caudal de diseño (m^3/s)

$V =$ velocidad de flujo en la cámara (m/s)

$$A = \frac{Q}{V}$$
$$A = \frac{0,03962 \text{ (} m^3/s \text{)}}{0,1 \text{ (} m/s \text{)}}$$
$$A = 0,3962 \text{ m}^2$$

Área hidráulica

$$A = B * H_{asu} \quad (2.2)$$

Donde:

$A =$ sección hidráulica (m^2)

$B =$ ancho del desarenador (m)

$H_{asu} =$ altura asumida (m)

Despejando el ancho del desarenador tenemos:

$$B = \frac{A}{H_{asu}} \quad (2.3)$$

$$B = \frac{0,3962}{1 (m)}$$

$$B = 0,3962 \approx 0,40 m$$

Longitud del desarenador

$$L = K \times H \times \left(\frac{V}{W}\right) \quad (2.4)$$

Donde:

L = longitud del desarenador (m)

K = coeficiente de seguridad (1,20 – 1,50)

H = altura asumida (m)

V = velocidad de flujo en la cámara (m/s)

W = velocidad de sedimentación de las partículas (m/s)

$$L = 1,20 \times 1 \times \left(\frac{0,1}{0,085}\right)$$

$$L = 1,5 m$$

Tabla 5. Evaluación Hidráulica del desarenador

DESARENADOR				
Año a Evaluar	2010	2021	2035	Unidad
Población de diseño	3684	4536	5912	hab
Caudal de diseño	14,29	29,78	39,62	L/s
Velocidad	0,1	0,1	0,1	m/s
Sección Hidráulica	0,1429	0,2978	0,3962	m ²
Coeficiente de seguridad K	1,2	1,2	1,2	
Velocidad de sedimentación de las partículas W	0,085	0,085	0,085	m/s
Altura del desarenador	0,3	1	1	m
Ancho del desarenador	0,5	0,3	0,4	m
Longitud del desarenador	4	1,5	1,5	m
Volumen total	0,6	0,45	0,6	m ³

Como se observa en la siguiente tabla, las dimensiones de diseño del desarenador de 4m de largo, por 0,50 m de ancho y 0,30 m de altura son las necesarias para satisfacer las demandas futuras. El desarenador presenta un diseño ineficaz, ya que cuenta solo con un canal desarenador, lo ideal hubiera sido que se construyan dos unidades de este, para que, al momento de realizar labores de limpieza y extracción de arena, se pueda dejar un canal en total operación y el tratamiento no se vea interrumpido.

Desengrasador

Es una cámara provista de una pantalla transversal cuya función es retener las grasas y aceites que por diferencia de densidad flotan en el líquido. Sus dimensiones internas son 60 cm de ancho, 1,30 m de alto y 1,70 m de largo, el flujo que ingresa a la cámara circula por el fondo de la pantalla y pasa por un vertedero, a la salida existe una compuerta que regula el caudal que pasa mediante una tubería de PVC de 250 mm hacia el cajón repartidor de caudales.

De acuerdo a su evaluación, el desengrasador cuenta con un diseño erróneo, ya que la salida del flujo se encuentra en la parte superior, dando el libre paso a las grasas y aceites, cuando el diseño ideal sería que la salida del flujo se encuentre en la parte inferior, logrando así su función de diseño.

Figura 5. Desengrasador



Fuente: El Autor

Cajón repartidor de caudales

En esta cámara el caudal se uniformiza y se reparte equitativamente a las unidades de tratamiento mediante una tubería de PVC de 200mm, proceso que se realiza a través de 6 vertederos metálicos, cada salida de agua cuenta con una compuerta de cierre que permite suspender el flujo de entrada a cada unidad. Las dimensiones internas del cajón son: 85 cm de ancho, 3,45 m de largo y 1 m de alto. Las compuertas y vertederos se encuentran en estado de oxidación, dificultando el cierre y apertura de cada compuerta.

Figura 6. Cajón repartidor de caudales



Fuente: El Autor

Tratamiento Primario

Tanque séptico

La cámara de sedimentación o tanque séptico es una estructura cuya función es la sedimentación de sólidos suspendidos, la descomposición de la materia orgánica, la deglución bacteriológica de lodos orgánicos y una mínima reducción de organismos patógenos. Es la más grande y voluminosa unidad de tratamiento, cuenta con 15,5 m de largo, 4,40 m de ancho y 2,48 m de alto incluida su estructura.

La cámara se divide en dos compartimentos, el primero de 11 m, correspondiente a $\frac{2}{3}$ la longitud total del tanque, en esta cámara se produce la sedimentación de los sólidos más pesados, el paso del caudal a la segunda cámara se da a través de cinco aberturas rectangulares en su pared divisoria, cada una de 20x40 cm, esta cámara funciona como trampa de grasas y aceites, su longitud es de 4,50 m. Entre la cámara de sedimentación y del filtro existe una pequeña cámara con tres tubos de PVC de 200 mm que permiten el paso del agua desde el tanque séptico hacia el filtro anaerobio, la cual tiene una longitud de 1 m.

Cada cámara cuenta con pantallas para la retención de espumas, tapas de boca de visita, tuberías para la extracción de lodos por bombeo y tuberías de ventilación.

Figura 7. Tanque Séptico y Filtro Anaerobio



Fuente: El Autor

Tabla 6. Evaluación Hidráulica del Tanque Séptico

TANQUE SÉPTICO				
Año a Evaluar	2010	2021	2035	Unidad
Población de diseño	3684	4536	5912	hab
Consumo de agua per cápita	175	190	200	L/hab/día
Coeficiente de retorno	0,8	0,8	0,8	
Caudal de diseño	14,29	29,78	39,62	L/s
Número de unidades	6	6	6	u
Tiempo de retención	0,55	0,5	0,5	días
Contribución Lodo Fresco	1	1	1	L/día
Tasa acumulación lodo fresco	180	57	57	
Volumen útil	723,1	604,29	810,94	m ³
Volumen de un tanque	130,2	100,72	135,16	m ³

En base a los resultados obtenidos de la evaluación hidráulica del tanque séptico, se tiene que, el volumen necesario de cada unidad para el tratamiento de la demanda futura al año 2035 es de 135,16 m³, mientras que la actual es de 130,2 m³, es decir, la capacidad volumétrica de cada tanque séptico no es la suficiente para el tratamiento del caudal proyectado. Cada tanque tiene un periodo de retención de 0,55 días, el cual cumple con el tiempo de retención recomendado.

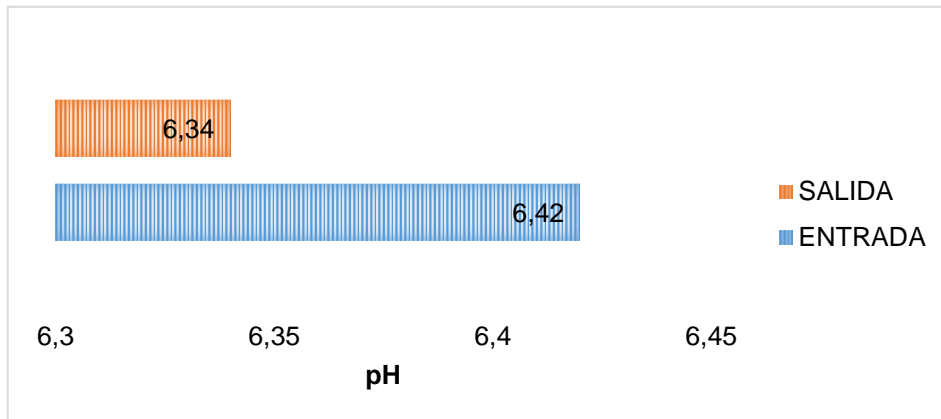
Para evaluar la eficiencia del tanque séptico se realizó un análisis pre y post de la calidad del agua, es decir, se tomaron muestras de agua residual al ingreso y a la salida del tanque séptico. Obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 7. Evaluación de la eficiencia del tanque séptico

Parámetro	Unidad	ENTRADA	SALIDA	Eficiencia %
		Resultado	Resultado	
pH	-	6,42	6,34	
Sólidos totales	mg/l	497	340	31,59
DQO	mg/l	438	240	45,21
DBO ₅	mg/l	180	160	11,11
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	20,16	27,16	-34,72
Nitrógeno total	mg/l	467	700	-49,89
Coliformes fecales	NMP/100ml	350000	220000	37,14

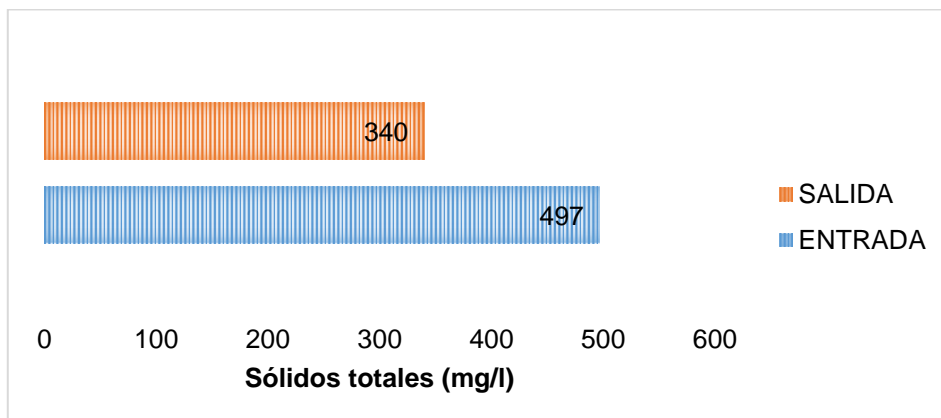
El pH a la entrada del tanque séptico fue de 6,42 y a la salida de 6,34.

Gráfico 1. Análisis de pH a la salida del tanque séptico



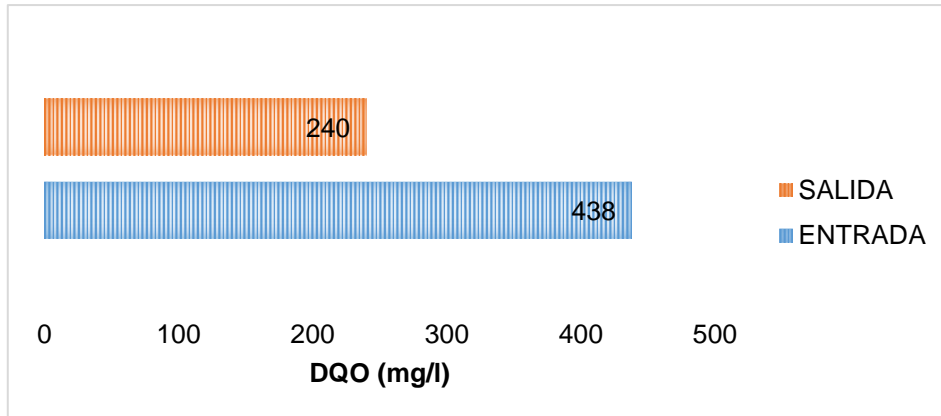
El contenido de sólidos totales a la entrada del tanque séptico fue de 497 mg/l y a la salida de 340 mg/l, lo que representa una eficiencia de remoción de un 31,59%.

Gráfico 2. Análisis de Sólidos Totales a la salida del tanque séptico



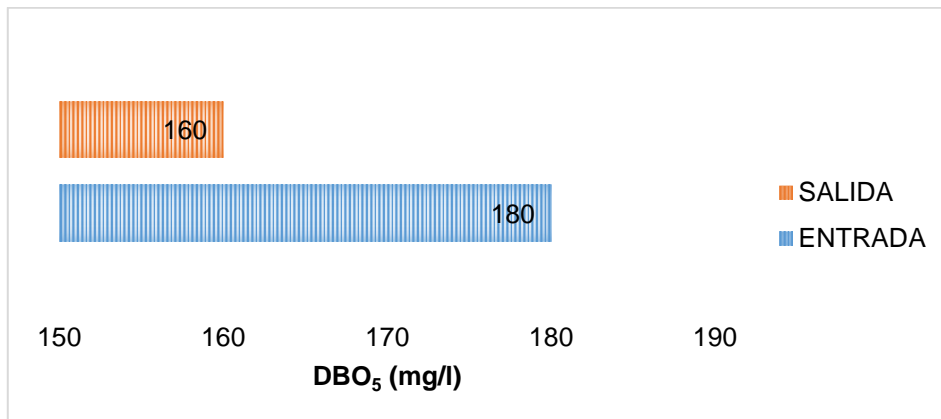
El contenido de DQO a la entrada del tanque séptico fue de 438 mg/l y a la salida de 240 mg/l, lo que representa una eficiencia de remoción de DQO de un 45,21%.

Gráfico 3. Análisis de DQO a la salida del tanque séptico



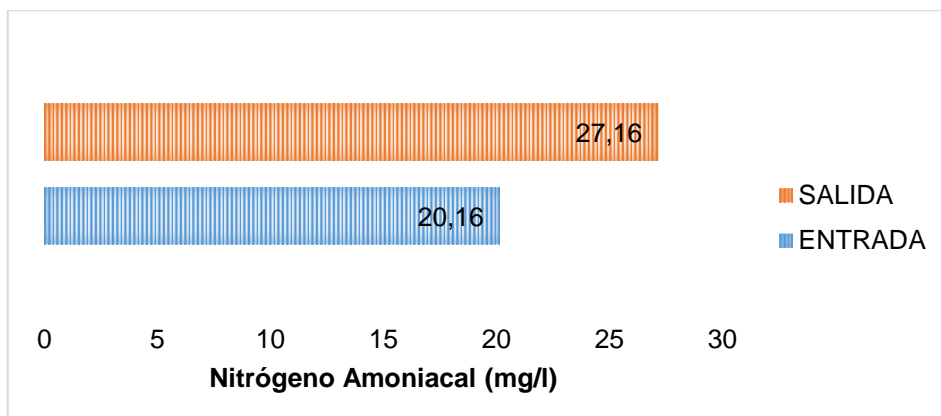
El contenido de DBO₅ a la entrada del tanque séptico fue de 180 mg/l y a la salida de 125 mg/l, lo que representa una eficiencia de remoción de DBO₅ de un 11,11%.

Gráfico 4. Análisis de DBO₅ a la salida del tanque séptico



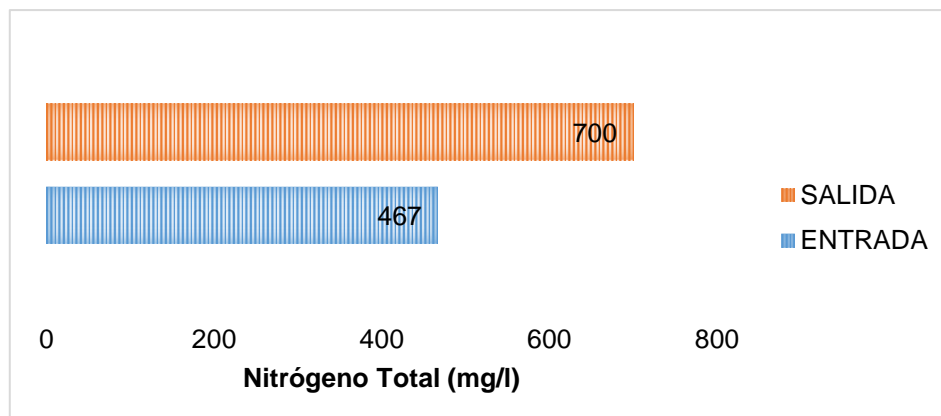
El contenido de Nitrógeno Amoniacal a la entrada del tanque séptico fue de 20,16 mg/l y a la salida de 27,16 mg/l, el tanque no presenta remoción de Nitrógeno Amoniacal, sino un incremento del mismo.

Gráfico 5. Análisis de Nitrógeno Amoniacal a la salida del tanque séptico



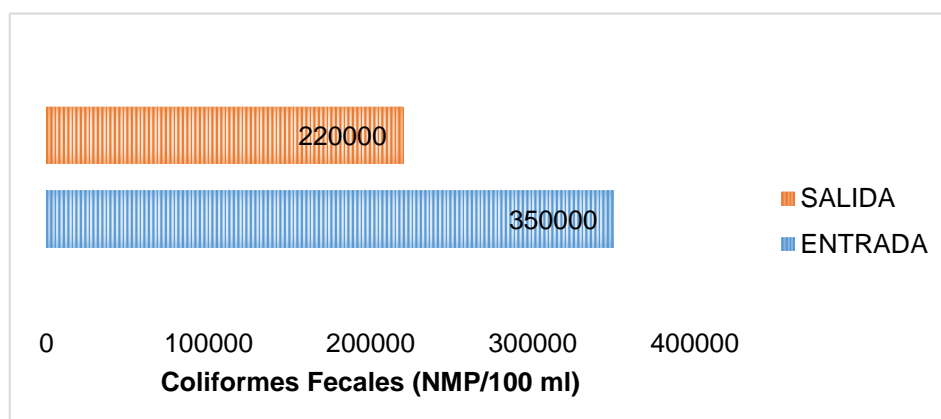
El contenido de Nitrógeno Total a la entrada del tanque séptico fue de 467 mg/l y a la salida de 700 mg/l, el tanque no presenta remoción de Nitrógeno Total, sino un incremento del mismo.

Gráfico 6. Análisis de Nitrógeno Total a la salida del tanque séptico



El contenido de Coliformes fecales a la entrada del tanque séptico fue de 350000 NMP/100 ml y a la salida de 220000 NMP/100 ml, lo que representa una eficiencia de remoción de Coliformes fecales de un 37,14%.

Gráfico 7. Análisis de Coliformes fecales a la salida del tanque séptico



Tratamiento Secundario

Filtro anaerobio de flujo ascendente

A continuación de cada una de las cámaras de sedimentación se encuentra el filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), cuya función es remover las partículas no sedimentables y reducir los organismos patógenos. En el fondo del piso se encuentran las tuberías de ingreso de caudal para el ascenso vertical del flujo hacia el filtro de grava de 2" de diámetro y 1 m de altura, asentado sobre un piso formado por losetas cuadradas prefabricadas de hormigón de 60x60 cm, estas a su vez se apoyan en dados rectangulares de hormigón, que forman un espacio en el fondo del filtro de 40 cm de altura para la libre circulación del flujo de agua y lodo.

Las dimensiones de cada unidad de tratamiento son de 8,20 m de largo, 4,40 m de ancho y 2,48 m de alto incluida su estructura. Cada unidad cuenta con un vertedero en la parte superior para la salida del efluente, tapas de boca de visita y tuberías de ventilación, la extracción de lodos se realiza a través de tuberías de succión instaladas en el fondo del filtro.

Tabla 8. Evaluación Hidráulica del Filtro Anaerobio

FILTRO ANAERÓBIO				
Año a Evaluar	2010	2021	2035	Unidad
Población de diseño	3684	4536	5912	hab
Consumo de agua per cápita	175	190	200	L/hab/día
Coeficiente de retorno	0,8	0,8	0,8	
Número de unidades	6	6	6	u
Tiempo de retención	0,28	0,5	0,5	
Volumen del lecho filtrante	403,2	551,58	756,74	m3
Volumen de un filtro	67,2	91,93	126,12	m3

El filtro anaerobio de flujo ascendente presenta un error de diseño, ya que el volumen actual de cada filtro es de 67,2 m³, mientras que el proyectado para el 2035 es de 126,12 m³, por consiguiente, las unidades de filtración actual no cuentan con la capacidad de tratar las demandas futuras proyectadas y no cumplen con el tiempo de retención recomendado para que el proceso sea satisfactorio, actualmente el tiempo de retención es de 0,28 días, lo recomendable es 0,5 días.

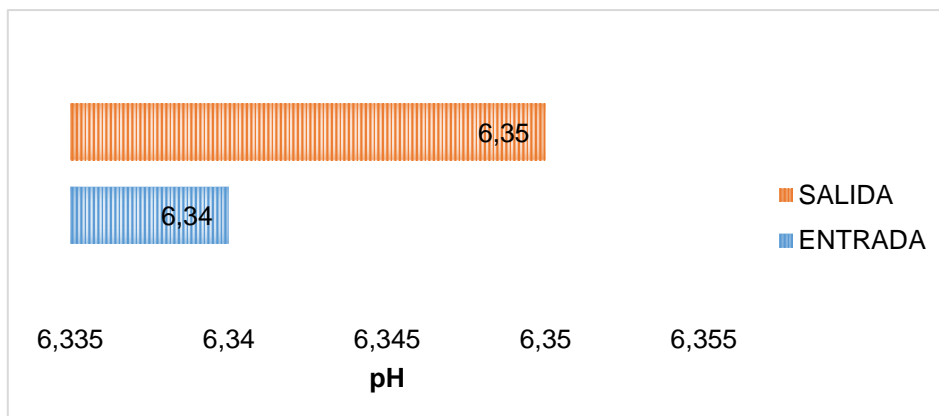
Para evaluar la eficiencia del filtro anaerobio se realizó un análisis pre y post de la calidad del agua, es decir, se tomaron muestras de agua residual al ingreso y a la salida del filtro. Obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 9. Evaluación de la eficiencia del Filtro Anaerobio

Parámetro	Unidad	ENTRADA	SALIDA	Eficiencia %
		Resultado	Resultado	
pH	-	6,34	6,35	
Sólidos totales	mg/l	340	312	8,24
DQO	mg/l	240	195	18,75
DBO5	mg/l	160	160	0
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	27,16	27,44	-1,03
Nitrógeno total	mg/l	700	467	33,29
Coliformes fecales	NMP/100ml	220000	240000	-9,09

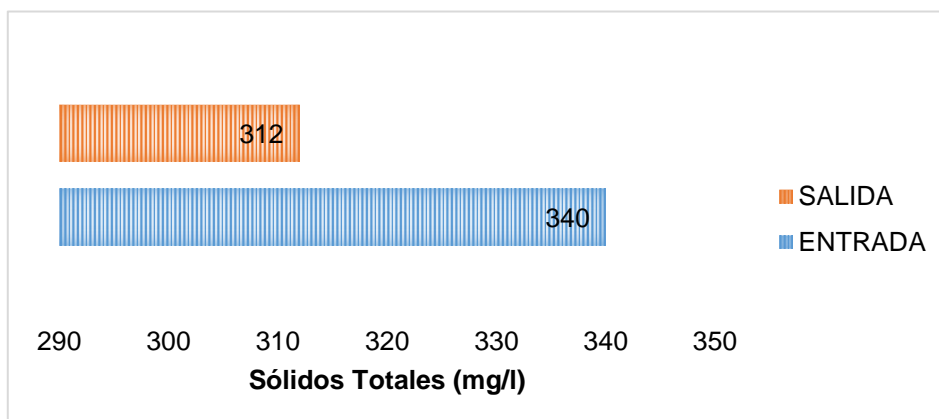
El pH a la entrada del filtro anaerobio fue de 6,34 y a la salida de 6,35.

Gráfico 8. Análisis del pH a la salida del filtro anaerobio



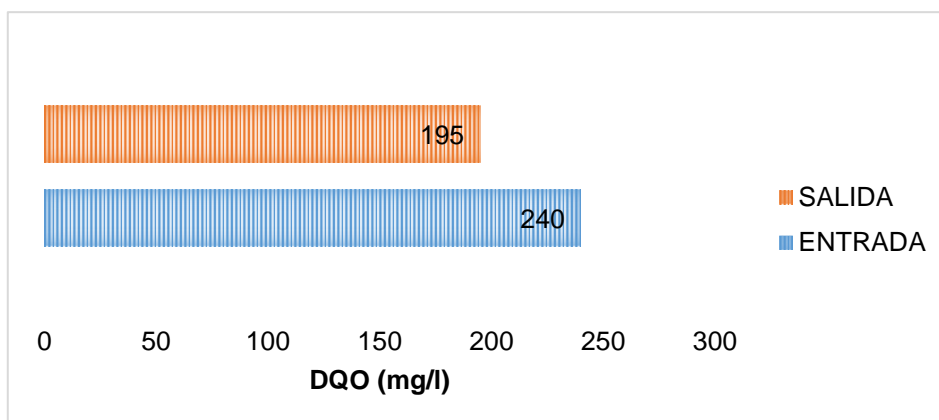
El contenido de sólidos totales a la entrada del filtro anaerobio fue de 340 mg/l y a la salida de 312 mg/l, lo que representa una eficiencia de remoción de sólidos totales de un 8,24%.

Gráfico 9. Análisis de Sólidos Totales a la salida del filtro anaerobio



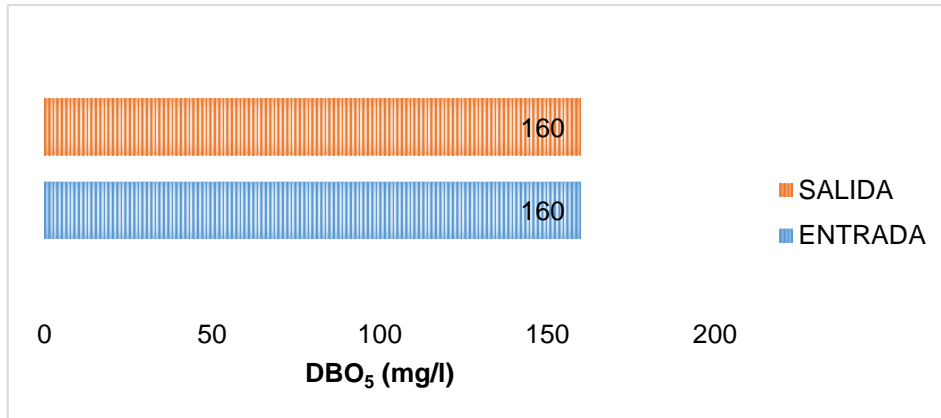
El contenido de DQO a la entrada del filtro anaerobio fue de 240 mg/l y a la salida de 195 mg/l, lo que representa una eficiencia de remoción de DQO de un 18,75%.

Gráfico 10. Análisis de DQO a la salida del filtro anaerobio



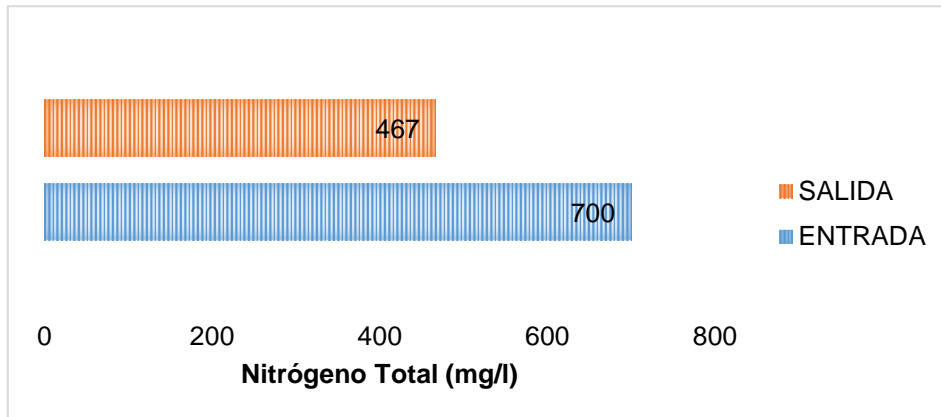
El contenido de DBO_5 a la entrada del filtro anaerobio fue de 160 mg/l y a la salida de 160 mg/l, por lo tanto, se entiende que, el filtro no muestra remoción de DBO_5 .

Gráfico 11. Análisis de DBO₅ a la salida del filtro anaerobio



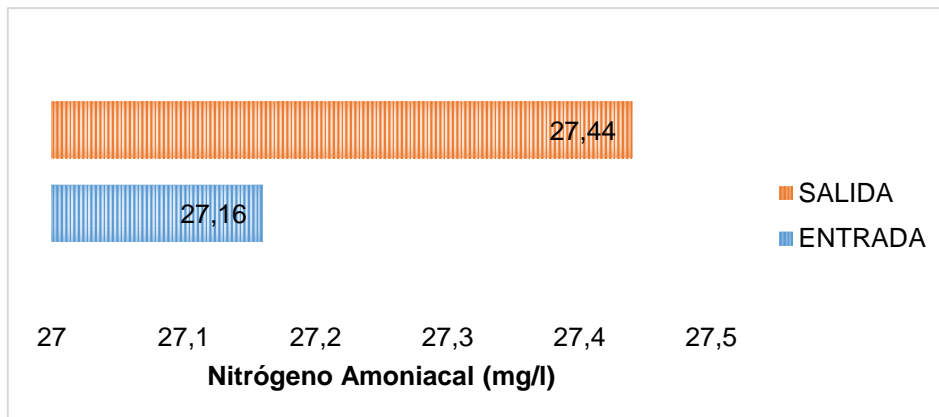
El contenido de Nitrógeno Total a la entrada del filtro anaerobio fue de 467 mg/l y a la salida de 700 mg/l, por lo tanto, se entiende que, el filtro no muestra remoción de Nitrógeno Total, sino un incremento del mismo.

Gráfico 12. Análisis de Nitrógeno total a la salida del filtro anaerobio



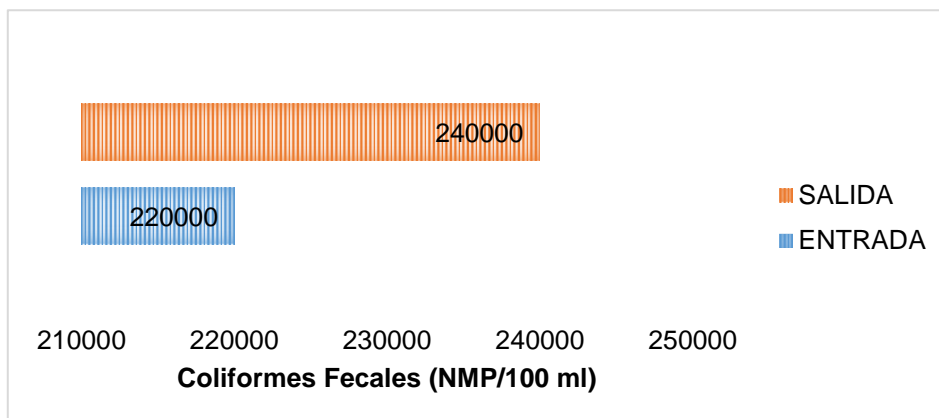
El contenido de Nitrógeno Amoniacal a la entrada del filtro anaerobio fue de 27,16 mg/l y a la salida de 27,44 mg/l, por lo tanto, se entiende que, el filtro no muestra remoción de Nitrógeno Amoniacal, sino un incremento del mismo.

Gráfico 13. Análisis de Nitrógeno amoniacal a la salida del filtro anaerobio



El contenido de Coliformes fecales a la entrada del filtro anaerobio fue de 220000 NMP/100 ml y a la salida de 240000 NMP/100 ml, por lo tanto, se entiende que, el filtro no muestra remoción de Coliformes fecales, sino un incremento de los mismos.

Gráfico 14. Análisis de Coliformes fecales a la salida del filtro anaerobio



Tratamiento Terciario

Desinfección con ozono

La planta cuenta con una cámara de hormigón armado donde fluyen los caudales provenientes de los tratamientos anteriores a través de una tubería de PVC Novafort de 315 mm de diámetro. La unidad de desinfección se encuentra dividida en cinco componentes básicos: la unidad de preparación de gas, el generador de ozono, la fuente de energía eléctrica, el contactor y la unidad para la eliminación del gas sobrante.

El gas ozono producido en la fuente de generación se dosifica e inyecta con un difusor a una determinada presión en el fondo de la cámara de contacto, las dimensiones de la cámara son: 3,45 m de largo, 3 m de ancho y 1,9 m de altura, esta se encuentra dividida en cuatro compartimentos mediante tabiques deflectores, el flujo de agua que ingresa circula a través de los compartimentos de la cámara mezclándose con el ozono inyectado en el fondo, produciéndose el proceso de desinfección.

Actualmente el tratamiento de desinfección con ozono no se está llevando a cabo, debido a la falta de un transformador que alimente directamente al sistema de ozonificación, ya que la demanda de electricidad del sistema para su funcionamiento es elevada y la red

domiciliaria no satisface dicha demanda, por lo que es necesaria la instalación de un transformador que permita el óptimo funcionamiento del sistema de desinfección.

La falta de funcionamiento del sistema de desinfección, conlleva a que el efluente que se descarga al río Marcabelí no cumpla con los parámetros de descarga establecidos en la norma ambiental.

Figura 8. Cámara de desinfección



Fuente: El Autor

Figura 9. Equipo de ozonificación



Fuente: El Autor

Tratamiento y disposición de lodos

Lecho de secado

Como parte del proceso de tratamiento de las aguas residuales de Marcabelí, se da el tratamiento de los lodos producidos en las cámaras de sedimentación, mediante lechos

de secado, que consiste en un método simple y económico de deshidratar los lodos, eliminando una cantidad de agua suficiente para que el resto pueda manejarse como material sólido hasta obtener un contenido de humedad inferior al 70%.

La extracción del lodo desde las cámaras de sedimentación hasta el lecho de secado se realiza a través de un sistema de bombeo por medio de tuberías de succión y descarga incorporadas en cada unidad de tratamiento.

La planta cuenta con tres unidades de lecho de secado, cada una con 20 m de largo, 3,5 de ancho y 0,60 m de alto. El diseño de las instalaciones para el manejo de lodos se ha realizado teniendo en cuenta las posibles variaciones de la cantidad de sólidos que ingresan diariamente a la planta.

Figura 10. Lecho de Secado de Lodos



Fuente: EL Autor

Tabla 10. Evaluación hidráulica del lecho de secado de lodos

LECHO DE SECADO				
Año a Evaluar	2010	2021	2035	Unidad
Población de diseño	3684	4536	5912	hab
Caudal de diseño	14,29	29,78	39,62	L/s
SS: Sólidos en suspensión	133	133	133	mg/L
C: Carga de sólidos	164,21	342,21	455,28	Kg SS/día
Msd: Masa de sólidos que conforman los lodos	53,37	111,22	147,97	Kg SS/día
pl: densidad de los lodos	1,04	1,04	1,04	Kg/L
%S: porcentaje de sólidos contenidos en el lodo	0,12	0,12	0,12	%
Vld: Volumen diario de lodos digeridos	427,64	891,19	1185,66	L/día
Td: Tiempo de digestión	180	20	20	días
Vel: volumen de lodos a extraerse	76,98	17,82	23,71	m ³
Hn: Profundidad de extracción	0,4	0,4	0,4	m
Als: Área de lecho de secado	192,45	44,55	59,28	m ²

Los resultados de la evaluación del lecho de secados muestran que el área del lecho de secado actual es de 192,45 m², siendo esta la necesaria para satisfacer las demandas futuras de generación de lodos hasta el final del periodo de diseño.

Mediante la evaluación de las unidades del lecho de secado se constataron algunos problemas en cuanto al diseño, pues los lixiviados no regresan a las unidades de tratamiento primario como debería de ser, sino que se vierten directamente al cuerpo receptor. Otro de los problemas visibles que presenta el lecho de secados es la ausencia de una cubierta, que permita el tratamiento de lodos en época invernal.

Descarga final

Completando el proceso de tratamiento del agua residual, esta es devuelta al río Marcabellí por medio de una estructura de descarga o cabezal cerca del cuerpo receptor. El emisario de descarga está conformado por una tubería de PVC Novafort de 315 mm de diámetro.

El principal problema que presenta el emisario de descarga es que no cuenta con una estructura de contención que lo proteja de la época invernal, ya que el río crece y llega hasta este, cubriéndolo de arena y escombros, impidiendo la libre descarga al cuerpo receptor.

Figura 11.Descarga final



Fuente: El Autor

2.1.12. Evaluación de los parámetros de descarga de la PTAR

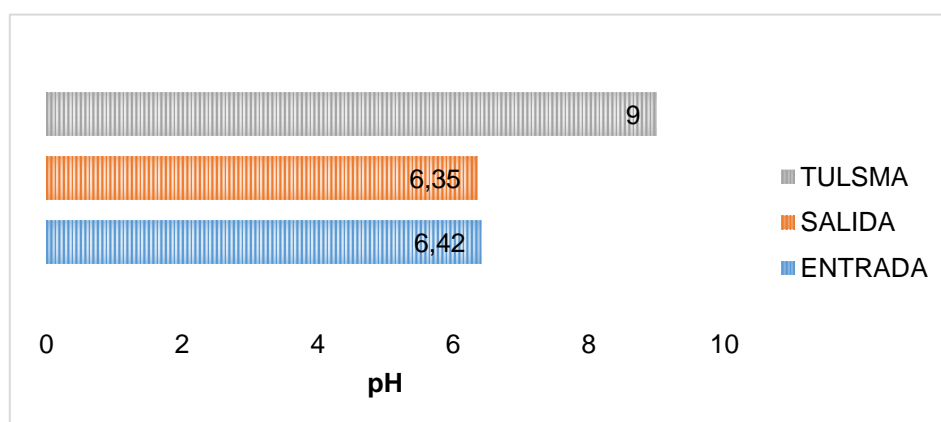
Para evidenciar la eficiencia de la planta de tratamiento se realizó la caracterización del agua residual, mediante un análisis pre y post de la calidad del agua, es decir, a la entrada (afluente) y a la salida (efluente). Obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 11. Evaluación de los parámetros de descarga de la PTAR

Parámetro	Unidad	ENTRADA	SALIDA	Límite máx. permisible	Observación
		Resultado	Resultado		
pH	-	6,42	6,35	6-9	Cumple
Sólidos totales	mg/l	497	359	1600	Cumple
DQO	mg/l	438	194	200	Cumple
DBO5	mg/l	180	125	100	No Cumple
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	20,16	26,04	30	Cumple
Nitrógeno total	mg/l	467	373	50	No Cumple
Coliformes fecales	NMP/100ml	350000	280000	2000	No Cumple

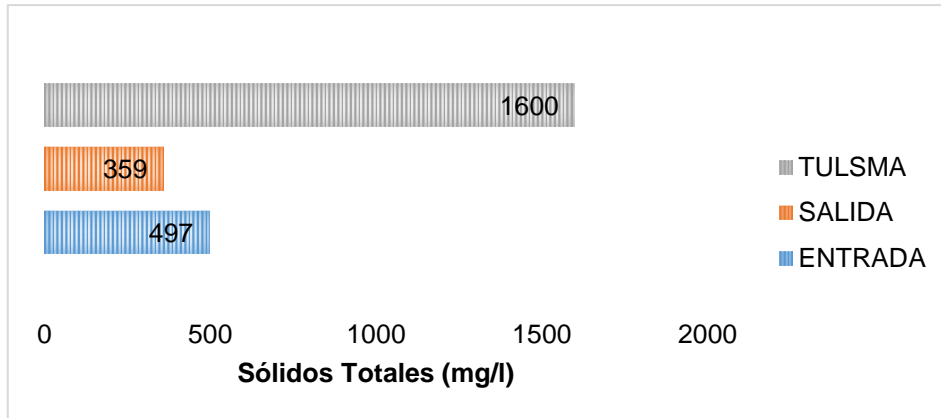
El pH a la entrada de la planta fue de 6,42 y a la salida de 6,35. El TULSMA, establece un rango de pH de 6-9, por lo tanto, el pH obtenido se encuentra dentro del rango permitido.

Gráfico 15. Análisis de pH en el efluente



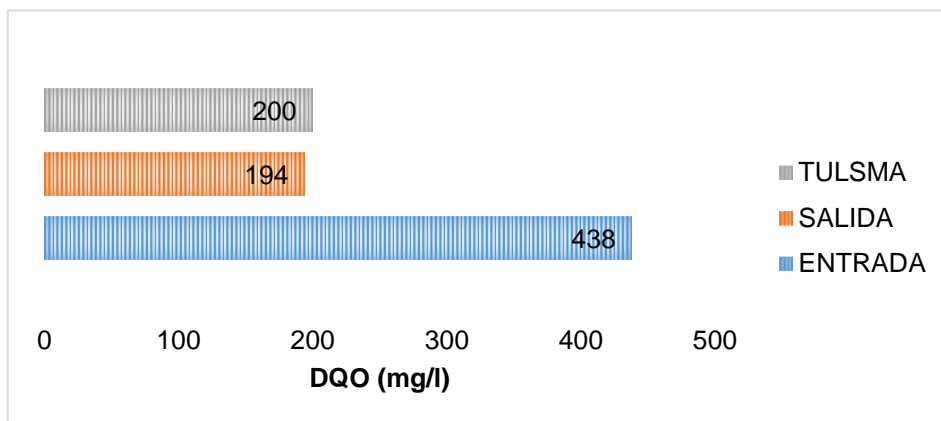
El contenido de sólidos totales a la entrada de la planta fue de 497 mg/l y a la salida de 359 mg/l, lo que representa una eficiencia de remoción de sólidos totales de un 27,77%. El TULSMA, establece un límite máximo de 1600 mg/l, por lo tanto, los sólidos totales se encuentran dentro del límite permisible de descarga.

Gráfico 16. Análisis de sólidos totales en el efluente



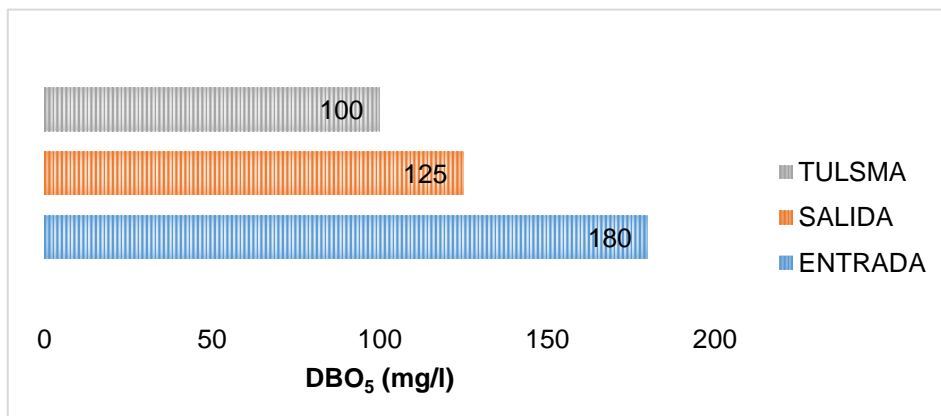
El contenido de DQO a la entrada de la planta fue de 438 mg/l y a la salida de 194 mg/l, lo que representa una eficiencia de remoción de DQO de un 55,71%. El TULSMA, establece un límite máximo de 200 mg/l, por lo tanto, el DQO se encuentra dentro del límite permisible de descarga.

Gráfico 17. Análisis de DQO en el efluente



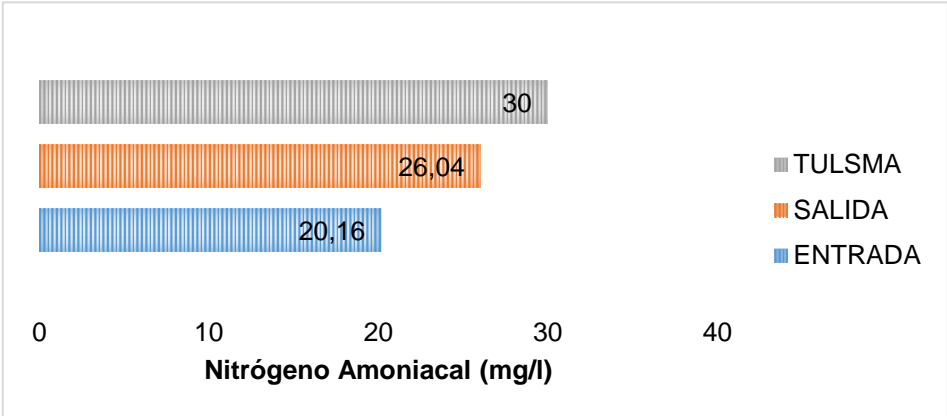
El contenido de DBO₅ a la entrada de la planta fue de 180 mg/l y a la salida de 125 mg/l, lo que representa una eficiencia de remoción de DBO₅ de un 30,56%. El TULSMA, establece un límite máximo de 100 mg/l, por lo tanto, la DBO₅ no se encuentra dentro del límite permisible de descarga.

Gráfico 18. Análisis de DBO₅ en el efluente



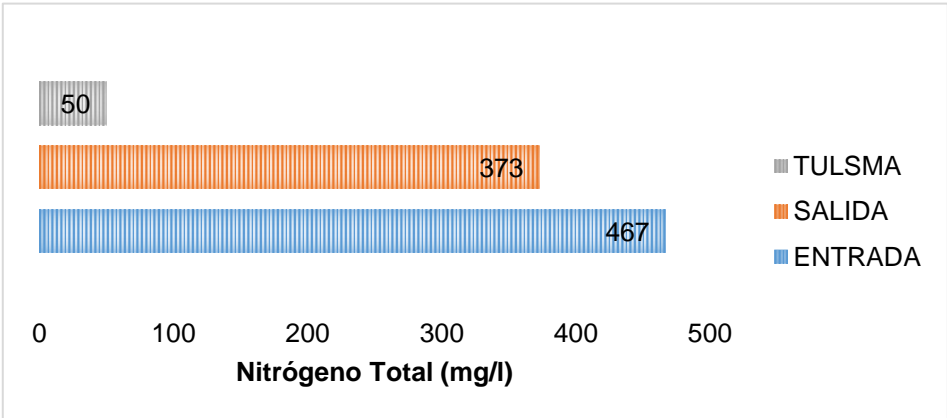
El contenido de Nitrógeno Amoniaco a la entrada de la planta fue de 20,16 mg/l y a la salida de 26,04 mg/l, la planta no muestra remoción de Nitrógeno Amoniaco, sino un incremento del mismo. El TULSMA, establece un límite máximo de 30 mg/l, por lo tanto, el Nitrógeno Amoniaco se encuentra dentro del límite permisible de descarga.

Gráfico 19. Análisis de Nitrógeno Amoniaco en el efluente



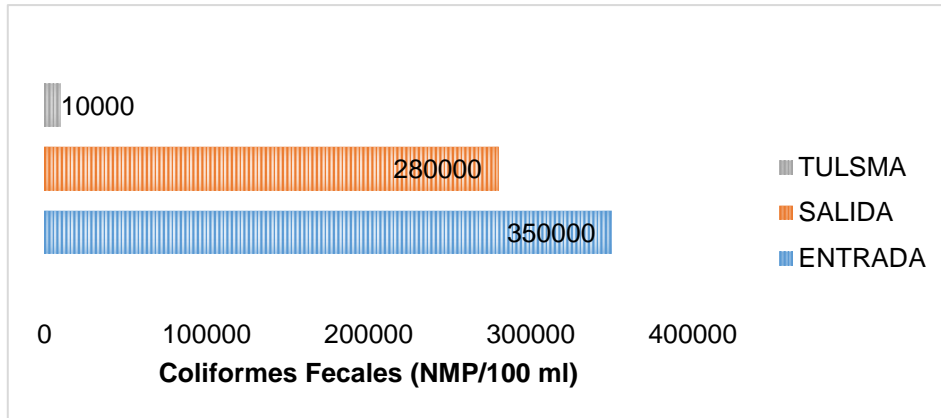
El contenido de Nitrógeno Total a la entrada de la planta fue de 467 mg/l, mientras que a la salida de 373 mg/l, lo que representa una eficiencia de remoción de Nitrógeno Total de un 20,13%. El TULSMA, establece un límite máximo de 50 mg/l, por lo tanto, el Nitrógeno Total no se encuentra dentro del límite permisible de descarga.

Gráfico 20. Análisis de Nitrógeno Total en el efluente



El contenido de Coliformes fecales a la entrada de la planta fueron de 350000 NMP/100 ml y a la salida de 280000 NMP/100 ml, lo que representa una eficiencia de remoción de Coliformes fecales de un 20%. El TULAS, establece un límite máximo de 10000 NMP/100 ml, por lo tanto, los Coliformes fecales no se encuentran dentro del límite permisible de descarga.

Gráfico 21. Análisis de Coliformes fecales en el efluente



2.1.13. Evaluación del cuerpo receptor

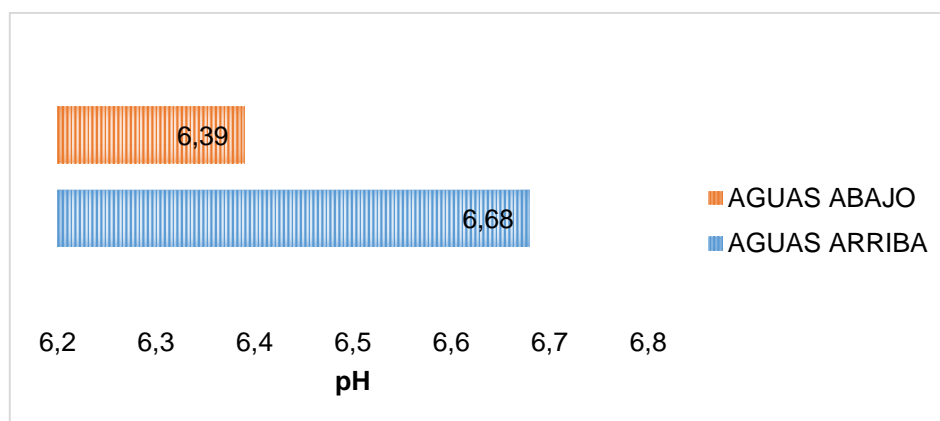
Para evaluar el cuerpo receptor donde se vierten las aguas residuales producidas en la planta de tratamiento, se realizaron análisis 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo después de la descarga, también se realizó el aforo del río para determinar su tasa de dilución.

Tabla 12. Evaluación de los parámetros del cuerpo receptor

Parámetro	Unidad	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO
		Resultado	Resultado
pH	-	6,68	6,39
Sólidos totales	mg/l	250	228
DQO	mg/l	49	47
DBO5	mg/l	26,6	28,66
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,56	0,56
Nitrógeno total	mg/l	467	467
Coliformes fecales	NMP/100ml	11000	43000

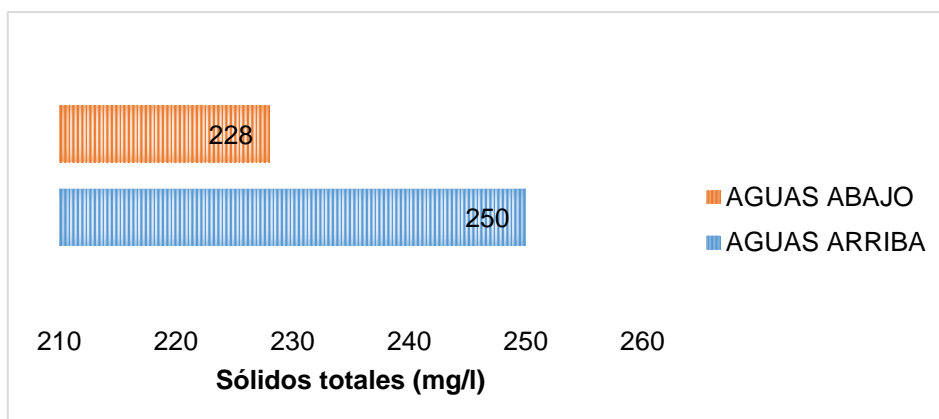
El pH aguas arriba del río fue de 6,68 y aguas abajo después de la descarga de 6,39.

Gráfico 22. Análisis de pH en el cuerpo receptor



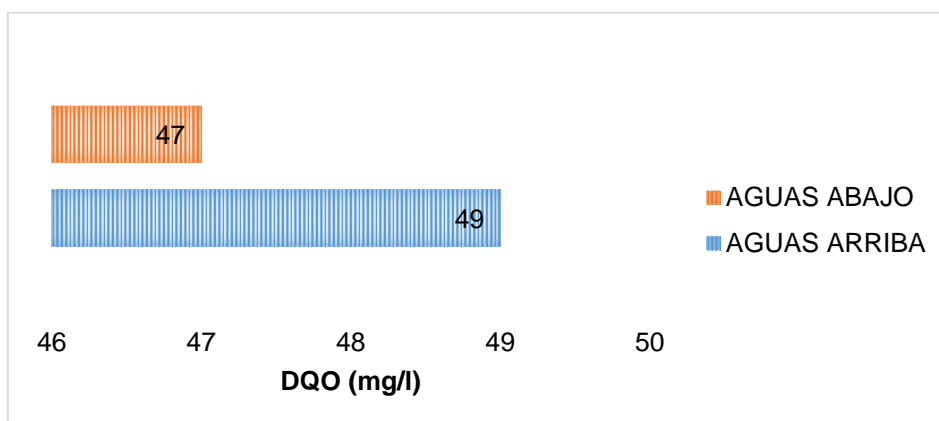
El contenido de sólidos totales agua arriba del río fue de 250 mg/l y aguas abajo después de la descarga de 228 mg/l.

Gráfico 23. Análisis de Sólidos totales en el cuerpo receptor



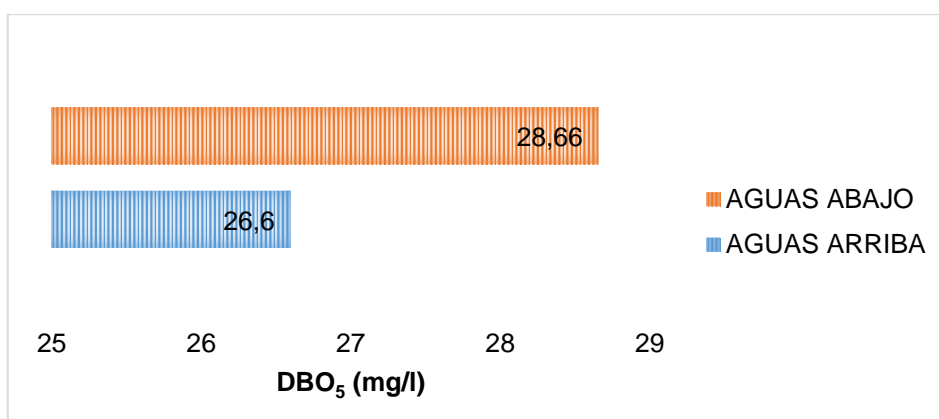
El contenido de DQO agua arriba del río fue de 49 mg/l y aguas abajo después de la descarga de 47 mg/l.

Gráfico 24. Análisis de DQO en el cuerpo receptor



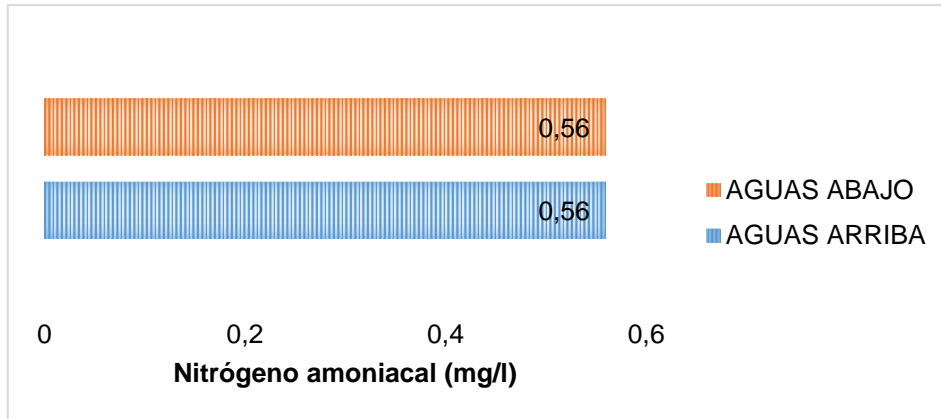
El contenido de DBO₅ agua arriba del río fue de 26,6 mg/l y aguas abajo después de la descarga de 28,66 mg/l.

Gráfico 25. Análisis de DBO₅ en el cuerpo receptor



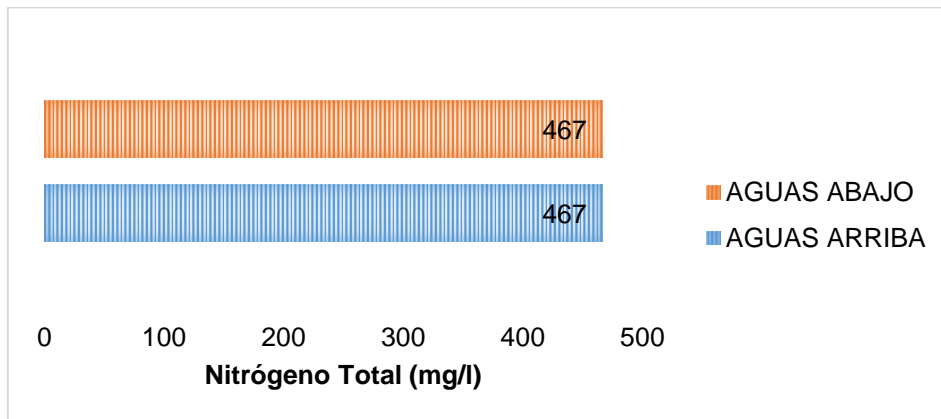
El contenido de Nitrógeno amoniacal agua arriba del río fue de 0,56 mg/l y aguas abajo después de la descarga de 0,56 mg/l.

Gráfico 26. Análisis de Nitrógeno Amoniacal en el cuerpo receptor



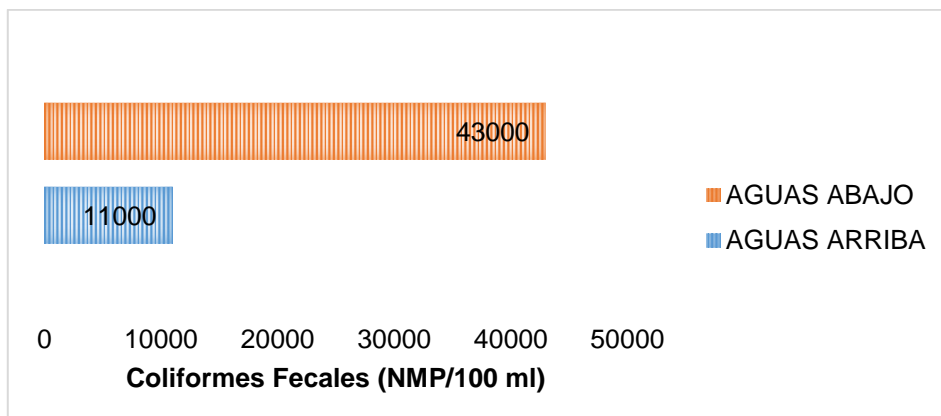
El contenido de Nitrógeno total agua arriba del río fue de 467 mg/l y aguas abajo después de la descarga de 467 mg/l.

Gráfico 27. Análisis de Nitrógeno Total en el cuerpo receptor



El contenido de Coliformes fecales agua arriba del río fue de 11000 NMP/100 ml, mientras que aguas abajo después de la descarga incrementaron a 43000 NMP/100 ml.

Gráfico 28. Análisis de Coliformes Fecales en el cuerpo receptor



Aforo del cuerpo receptor

Con el fin de determinar la tasa de dilución del efluente sanitario vertido al cuerpo receptor, se realizó el respectivo aforo del río Marcabelí, 200 metros aguas arriba antes

de la descarga. El aforo del caudal se realizó por el método área-velocidad o flotadores, el 15 de febrero del 2021 (época de avenida) y sus resultados fueron:

Figura 12. Aforo del cuerpo receptor



Fuente: El Autor

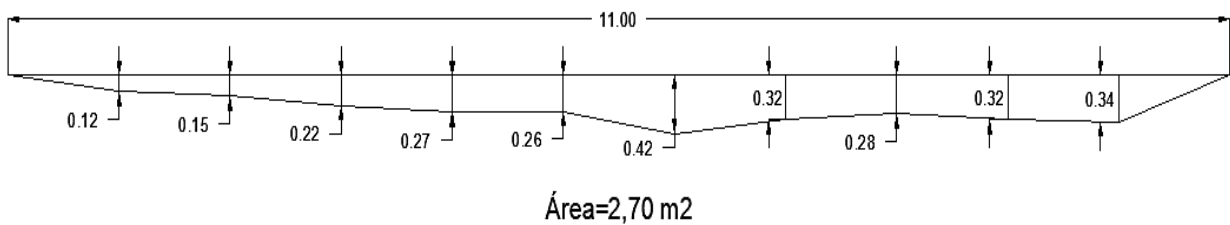


Tabla 13. Determinación del caudal del cuerpo receptor

Área (m ²)	Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)
2,7	30	48,49	0,62	1,67
2,7	30	47,06	0,64	1,73
2,7	30	46	0,65	1,76
Caudal medio				1,72

El caudal obtenido mediante el método del flotador en época de avenida fue de 1,72 m³/s.

Mediante estudios realizados en el 2010 para la construcción de la planta se determinó el caudal del río Marcabellí en época de estiaje, mediante el mismo método, obteniendo un caudal de 0,76 m³/s.

Tabla 14. Caudal del efluente vertido

Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
15	1,1	13,64
14	0,8	17,5
12,5	0,82	15,24
14	0,87	16,09
16	0,9	17,78
15	1	15
17	1	17
Promedio		16,04

Se realizó el aforo del caudal que ingresa a la planta mediante el método volumétrico, con la ayuda de un recipiente graduado de 20 L y un cronómetro, obteniendo un caudal promedio de 16,04 L/s, como se sabe, el caudal que ingresa es igual al que sale.

Tasa de dilución del efluente vertido (D)

La tasa de dilución del efluente vertido es la relación entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal medio de aguas residuales.

$$D = \frac{\text{Caudal disponible del cuerpo receptor}}{\text{Caudal medio del efluente vertido}} \quad (2.5)$$

Obtendremos la tasa de dilución es época de estiaje y de avenida.

$$D = \frac{\text{Caudal del cuerpo receptor (estiaje)}}{\text{Caudal medio del efluente vertido}}$$

$$D = \frac{0,76 \text{ m}^3/\text{s}}{0,008 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$D = 95$$

$$D = \frac{\text{Caudal del cuerpo receptor (avenida)}}{\text{Caudal medio del efluente vertido}}$$

$$D = \frac{1,72 \text{ m}^3/\text{s}}{0,008 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$D = 215$$

De acuerdo a los resultados obtenidos, se establece que el río Marcabelí, en época de estiaje presenta una tasa de dilución del efluente vertido del 95%, considerándose alta, la cual incrementa considerablemente en la época invernal.

2.2. Prefactibilidad

El estudio de prefactibilidad del proyecto se fundamenta en proponer alternativas que den solución al problema de contaminación originado al río Marcabelí, por la descarga de aguas residuales que no cumplen con el límite permisible de descarga según lo establece la norma ambiental, debido al tratamiento incompleto que se produce al no llevarse a cabo el proceso de desinfección con ozono de las aguas residuales tratadas previamente, ni el mantenimiento periódico de sus unidades de tratamiento.

La evaluación hidráulica de las unidades de tanque séptico y filtro anaerobio, dio como resultado que el volumen actual de las unidades no será el suficiente para tratar las demandas futuras al final del periodo de diseño en el año 2035.

Ante el problema expuesto se han definido dos alternativas de solución, considerando estas las más direccionadas a resolver dicho problema.

2.2.1. Alternativa A: Mantenimiento y reparación de las unidades de tratamiento, puesta en marcha del equipo de ozonificación e implementación de una bomba de succión sumergible para la extracción de los lixiviados producidos en el lecho de secado de lodos

El mantenimiento de las unidades de tratamiento de tanque séptico y filtro anaerobio, se debe realizar en los periodos de tiempo de seis meses, según lo establecido en el manual de operaciones de la planta, con esto se logrará una reducción considerable de la carga orgánica y de agentes contaminantes.

La puesta en marcha del equipo de ozonificación logrará de manera considerable la desinfección del efluente, reduciendo los agentes contaminantes del agua residual y cumpliendo en parte con los parámetros de descarga que establece la norma ambiental.

Con la implementación de una bomba de succión sumergible se pretende bombear los lixiviados producidos en el lecho de secado a las unidades de tratamiento primario y que no se viertan directamente al cuerpo receptor.

2.2.2. Alternativa B: Mantenimiento, reparación y construcción de unidades adicionales de tanque séptico y filtro anaerobio, puesta en marcha del equipo de ozonificación e implementación de una bomba de succión sumergible para la extracción de los lixiviados producidos en el lecho de secado de lodos

Debido a que las unidades de tratamiento no cuentan con el volumen necesario para atender las demandas futuras, se plantea la construcción de nuevas unidades, las cuales prolonguen el periodo de vida útil de la planta y cumplan con los tiempos de retención recomendados.

La reparación y puesta en marcha del sistema de desinfección con ozono es de suma importancia en cualquiera de las dos alternativas, ya que, sin este la planta realizaría un tratamiento incompleto y no cumpliría con los parámetros de descarga que dicta la norma ambiental.

El lixiviado producido en el lecho de secado debe regresar a cumplir con el tratamiento primario y no verterse directamente al cuerpo receptor como se lo está haciendo, es por

esto que se plantea la implementación de una bomba de succión sumergible que regrese los lixiviados a las unidades de tratamiento primario.

2.3. Factibilidad

La factibilidad del proyecto está definida por la selección de la alternativa más viable y que mejor se adapte a resolver el problema planteado, para este caso se ha escogido la alternativa B: Mantenimiento, reparación y construcción de unidades adicionales de tanque séptico y filtro anaerobio, puesta en marcha del equipo de ozonificación e implementación de una bomba de succión sumergible para la extracción de los lixiviados producidos en el lecho de secado de lodos.

Para la elección de la alternativa adoptada se ha tenido en cuenta el tiempo de funcionamiento de la planta, el cual es de 8 años desde su puesta en marcha en el 2013, con la construcción de nuevas unidades de tanque séptico y filtro anaerobio se podrá alargar el periodo de vida útil hasta el final del periodo de diseño y no requerir de la construcción de una nueva planta, ahorrando recursos y aprovechando el espacio existente.

2.4. Identificación de la alternativa de solución viable para su diseño

La solución viable que mejor se adapta al problema existente es la ampliación de la planta de tratamiento, mediante la construcción de dos unidades de tanque séptico y tres unidades de filtro anaerobio, las mismas que en conjunto con las unidades existentes serán capaces de tratar las demandas futuras.

Las nuevas unidades de tanque séptico y filtro anaerobio se construirán en el espacio disponible entre las unidades actuales, con la misma geometría para conservar la estética de la planta, sin embargo, dos unidades de filtro anaerobio adicionales no serán suficientes para atender las demandas futuras, por lo que se plantea la construcción de un filtro adicional, este se encontrará a lado de las unidades de lecho de secado de lodos, siguiendo la pendiente del terreno, al cual ingresarán todas las aguas tratadas en las unidades anteriores a través de una tubería de PVC de 250mm de diámetro, posteriormente las aguas serán dirigidas mediante tubería de PVC de 315 mm de diámetro a la cámara de desinfección para su respectivo tratamiento con ozono.

Actualmente existen 6 unidades de tanque séptico y filtro anaerobio, con la implementación de dos unidades adicionales de tanque séptico y 3 de filtro anaerobio sumarán 8 y 9 unidades respectivamente, ante esto se hace necesaria la ampliación del cajón repartidor de caudales, el cual pasará de tener 6 a 8 vertederos, de aquí se repartirá equitativamente el caudal a cada unidad de tanque séptico mediante tubería de PVC de 200 mm de diámetro.

Para la puesta en marcha del equipo de ozonificación se requiere de la implementación de un transformador de 25 Kva, el mismo que es necesario para atender la demanda de energía originada por el equipo y para su óptimo funcionamiento.

Los lixiviados producidos en el lecho de secado serán devueltos al tratamiento primario mediante una bomba de succión sumergible de 1 HP, la misma que se encontrara dentro de una caja colectora donde se juntan los lixiviados producidos en las tres unidades de lecho de secado.

3. CAPÍTULO III. Diseño definitivo de la alternativa de solución.

3.1. Concepción del prototipo

El prototipo de diseño adoptado plantea la ampliación de la planta de tratamiento mediante la construcción de nuevas unidades de tanque séptico y filtro anaerobio, las mismas que serán capaces de tratar las demandas futuras de aguas residuales. Con la puesta en marcha del equipo de ozonificación se logrará la desinfección del efluente y se cumplirá con los límites permisibles de descarga que dicta la norma ambiental. La implementación de una bomba de succión sumergible permitirá extraer los lixiviados producidos en el lecho de secado y transportarlos a las unidades de tratamiento primario. Todo esto con el objetivo de reducir la contaminación ocasionada al río Marcabelí.

3.2. Memoria técnica

3.2.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño establecido para el siguiente proyecto basándose en las leyes, reglamentaciones y normativa vigente en el país y en las condiciones socioeconómicas de la población de Marcabelí fue de 25 años para la obra física y 10 años para los equipos, considerados a partir de la construcción y puesta en marcha de cada uno de los elementos del sistema.

3.2.2. Población futura

Para el cálculo de la proyección futura se harán las proyecciones de crecimiento utilizando por lo menos tres métodos conocidos (aritmético, geométrico, logarítmico, etc.) que permitan establecer comparaciones que orienten el criterio del proyectista [34].

Método Aritmético

$$Pf = Pa(1 + rn) \quad (3.6)$$

Método Geométrico

$$Pf = Pa(1 + r)^n \quad (3.7)$$

Método Logarítmico

$$Pf = Pa e^{rn} \quad (3.8)$$

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Tasa de crecimiento

n = número de años a proyectar

3.2.3. Tasa de Crecimiento

En base a datos estadísticos del censo de población y vivienda del año 2001 y 2010 realizados por el INEC se procedió a calcular el índice de crecimiento.

Tabla 15. Resultados del cálculo del índice de crecimiento

Datos Censales INEC			Tasa de Crecimiento %
Método	Año	Población (Hab)	
Aritmético	2001	3119	2,01
	2010	3684	
Geométrico	2001	3119	1,87
	2010	3684	
Exponencial	2001	3119	1,85
	2010	3684	
Promedio			1,91

Con una tasa de crecimiento promedio del 1,91% procedemos a calcular la población actual y futura de la zona urbana de la ciudad proyectada a 25 años.

Tabla 16. Población actual y futura de la zona urbana del cantón Marcabelí

Método	Año	Población
Aritmético	2021	4458
	2035	5650
Geométrico	2021	4536
	2035	5912
Logarítmico	2021	4545
	2035	5939

El valor de población futura tomado es el obtenido mediante el método geométrico, con una población proyectada de 5912 habitantes para el año 2035.

3.2.4. Densidad Poblacional

Densidad Poblacional actual

$$Densidad\ Poblacional = \frac{Número\ de\ habitantes}{Superficie} \quad (3.9)$$

$$Densidad\ Poblacional = \frac{4536\ hab}{246,56\ ha}$$

$$Densidad\ Poblacional = 18,39\ hab/ha$$

Densidad Poblacional futura

$$\text{Densidad Poblacional} = \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{Superficie}}$$

$$\text{Densidad Poblacional} = \frac{5912 \text{ hab}}{246,56 \text{ ha}}$$

$$\text{Densidad Poblacional} = 23,97 \text{ hab/ha}$$

3.2.5. Dotación de Agua Potable

Según datos proporcionados por el Departamento de Agua Potable y Alcantarillado del GAD Marcabelí, en base a registros de consumo de agua potable por parte de los usuarios de la planta central, la dotación actual de agua potable en la zona urbana de la ciudad de Marcabelí es de 190 l/hab/día.

Tabla 17. Consumo anual de los usuarios de agua potable de la planta central

MES DE CONSUMO	CONSUMO PLANTA CENTRAL (m3)	
	2018	2019
Enero	23887	30122
Febrero	28340	27120
Marzo	21026	24843
Abril	29286	27774
Mayo	25110	24177
Junio	25552	34139
Julio	28698	22878
Agosto	30990	30826
Septiembre	30672	36766
Octubre	30387	26204
Noviembre	26027	28736
Diciembre	26698	28548
Total	326673	342133
Promedio	334403	

$$\text{Dotación Actual} = 334403000 \text{ L}/4536 \text{ hab}/365 \text{ días}$$

$$\text{Dotación Actual} = 190 \text{ L/hab/día}$$

De acuerdo a lo establecido en la norma (CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992), la dotación que corresponde al área de estudio tomando en cuenta el tamaño de la población se encuentra en el rango de 200 a 230 L/hab/día, por lo que se asume una dotación futura de 200 L/hab/día.

3.2.6. Coeficiente de retorno

Es la relación entre el agua potable consumida y el agua residual producida, por lo tanto, se establece un porcentaje de retorno, el cual varía entre 70 y 85%, dependiendo del nivel de complejidad del sistema según la establece la norma EMAAP-Q.

Para el presente proyecto se ha establecido un coeficiente de retorno del 80%.

3.2.7. Determinación del caudal de diseño

Tabla 18. Datos para el cálculo del caudal de diseño

DATOS PARA EL CAUDAL DE DISEÑO		
Año a evaluar	2035	Unidad
Población de diseño	5912	hab
Dotación	200	L/hab/día
Coeficiente de Retorno	0,8	

Caudal medio diario de aguas residuales

$$Q_D = \frac{C_R \times P \times D_{NETA}}{86400} \quad (3.10)$$

Donde:

Q_D = Caudal de aguas residuales domésticas (L/s)

C_R = Coeficiente de retorno (adimensional)

P = Número de habitantes proyectados al período de diseño (hab)

D_{NETA} = Demanda neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab/día)

$$Q_D = \frac{0,8 \times 5912 \times 200}{86400}$$

$$Q_D = 10,95 \text{ L/s}$$

Factor de mayoración

Ecuación de Metcalf & Eddy:

$$M = \frac{2,228}{Q_{Df}^{0.073325}} \quad (3.11)$$

Donde:

M = Factor de mayoración (adimensional)

Q_{Df} = Caudal de aguas domésticas final (m^3/s)

$$M = \frac{2,228}{\left(\frac{10,95}{1000}\right)^{0.073325}}$$

$$M = 3,1$$

Caudal máximo horario final

$$QMH_f = M \times Q_{Df} \quad (3.12)$$

Donde:

QMH_f = Caudal máximo horario final (L/s)

M = Factor de mayoración (adimensional)

Q_{Df} = Caudal de aguas domésticas final (L/s)

$$QMH_f = 3,1 \times 10,95$$

$$QMH_f = 33,95 \text{ L/s}$$

Caudal por infiltración

El centro cantonal de Marcabelí cuenta con alrededor de 20 Km de redes de recolección de aguas residuales, donde el 80% son tuberías de hormigón de 150, 200 y 300 mm, el otro 20% restante son tuberías de PVC de 200 mm de diámetro, los pozos de revisión son unos construidos en ladrillo y los más nuevos en hormigón.

Marcabelí posee un nivel freático muy bajo, según estudios de suelo realizados en el año 2010, a una profundidad de 12 metros no se detectó nivel freático.

En ausencia de medidas reales del caudal de infiltración, el aporte puede establecerse en base a los valores de la siguiente tabla.

Tabla 19. Aportes de caudal por infiltración

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (l/s-ha)	Infiltración media (l/s-ha)	Infiltración baja (l/s-ha)
Bajo y medio	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2
Medio alto y alto	0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009

El valor adoptado por caudal de infiltración es de 0,2 L/s-ha, debido a que la cabecera cantonal de Marcabelí, cuenta en su mayor parte con calles de hormigón rígido y capa de rodadura de pavimento, produciéndose así una infiltración baja.

Caudal de aguas residuales por conexiones erradas

Para sistemas de alcantarillado sanitario se considera un caudal de 80 L/hab/día referente a conexiones erradas o ilícitas.

$$Q_{CE} = \frac{80 \text{ (L/hab/día)} \times \text{Población (hab)}}{86400} \quad (3.13)$$

$$Q_{CE} = \frac{80 \text{ (L/hab/día)} \times 5912 \text{ (hab)}}{86400}$$

$$Q_{CE} = 5,47 \text{ L/s}$$

Caudal de diseño

$$Q_D = Q_{MHf} + Q_{INF} + Q_{CE} \quad (3.14)$$

Donde:

Q_D = Caudal de diseño

Q_{MHf} = Caudal máximo horario final

Q_{INF} = Caudal por infiltraciones

Q_{CE} = Caudal por conexiones erradas

$$Q_D = 33,95 + 0,2 + 5,47$$

$$Q_D = 39,62 \text{ L/s}$$

Tabla 20. Resultado del cálculo de caudales

CAUDAL DE DISEÑO				
Año	2010	2021	2035	Unidad
Población de diseño	3684	4536	5912	hab
Dotación	175	190	200	L/hab/día
Coefficiente de Retorno	0,8	0,8	0,8	
Caudal medio	5,97	7,98	10,95	L/s
Factor de Mayoración	2,5	3,18	3,1	
Caudal máximo horario	14,93	25,38	33,95	L/s
Caudal por infiltración	4,86	0,2	0,2	L/s
Caudal por conexiones erradas	3,41	4,2	5,47	L/s
Caudal de diseño en Litros	10,83	29,78	39,62	L/s
Caudal de diseño en m3	0,01	0,03	0,04	m3/s

3.2.8. Determinación del caudal teórico

Fórmula de Manning

Para determinar el caudal mediante las fórmulas hidráulicas de Manning se hizo uso de una regla graduada para medir el tirante de agua en el tubo y aplicar las respectivas fórmulas. La tubería tiene un diámetro de 0,285 m, una pendiente de 0,007 m/m y un coeficiente de rugosidad de Manning para tuberías de PVC de 0,009.

Figura 13. Tirante de agua en el tubo de entrada



Fuente: El Autor

Ángulo

$$\theta = 2\arcsin\left(1 - \frac{y}{R}\right) \quad (3.15)$$

Donde:

θ = ángulo (rad)

y = tirante (m)

R = radio de la tubería (m)

Área mojada

$$A = \frac{(\theta - \sin \theta) \times D^2}{8} \quad (3.16)$$

A = área mojada (m²)

θ = ángulo (rad)

D = diámetro de la tubería (m)

Perímetro mojado

$$P = \frac{\theta \times D}{2} \quad (3.17)$$

P = *perímetro mojado (m)*

θ = *ángulo (rad)*

D = *diámetro de la tubería (m)*

Radio Hidráulico

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.18)$$

Donde:

R = *radio hidráulico (m)*

A = *área mojada (m²)*

P = *perímetro mojado (m)*

Velocidad

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{s} \quad (3.19)$$

Donde:

V = *velocidad (m/s)*

n = *coeficiente de Manning*

R = *radio hidráulico (m)*

s = *pendiente (m/m)*

Caudal

$$Q = A \times V \quad (3.20)$$

Donde:

A = *área mojada (m²)*

V = *velocidad (m/s)*

Tabla 21. Caudal obtenido mediante fórmulas hidráulicas

Hora	Tirante (cm)	Ángulo (rad)	Área mojada (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio Hidráulico (m)	Velocidad (m/s)	Q (m ³ /s)	Q (L/s)
7:00	8	2,234	0,015	0,318	0,047	1,211	0,0182	18,2
8:00	7,5	2,155	0,013	0,307	0,042	1,123	0,0146	14,6
9:00	9	2,387	0,017	0,34	0,05	1,262	0,0215	21,5
10:00	6	1,907	0,01	0,272	0,037	1,032	0,0103	10,3
11:00	5	1,729	0,008	0,246	0,033	0,956	0,0076	7,6
12:00	9	2,387	0,017	0,34	0,05	1,262	0,0215	21,5
13:00	9	2,387	0,017	0,34	0,05	1,262	0,0215	21,5
14:00	9	2,387	0,017	0,34	0,05	1,262	0,0215	21,5
15:00	8	2,234	0,015	0,318	0,047	1,211	0,0182	18,2
16:00	7	2,074	0,012	0,296	0,041	1,105	0,0133	13,3
Promedio							0,01682	16,82

Método Volumétrico

El caudal se define como la cantidad de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado. La forma más práctica de calcular un caudal pequeño es medir el tiempo necesario para llenar un recipiente de volumen conocido, en este caso se utilizó un recipiente graduado de 20 L. El tiempo requerido para llenarlo se medirá con precisión con ayuda de un cronómetro. La diferencia entre mediciones sucesivas mostrara la precisión de los resultados.

Figura 14. Aforo del caudal que ingresa a la planta (método volumétrico)



Fuente: El Autor

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\text{Litros (L)}}{\text{segundos (s)}} \quad (3.21)$$

Tabla 22. Caudal obtenido mediante método volumétrico

Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
15	1,1	13,64
14	0,8	17,5
12,5	0,82	15,24
14	0,87	16,09
16	0,9	17,78
15	1	15
17	1	17
Promedio		16,04

El caudal obtenido mediante los dos métodos se promedió y se obtuvo un valor referencial, obteniendo un caudal teórico de 16,43 L/s.

Tabla 23. Caudal Teórico

CAUDAL TEÓRICO	
Método	Caudal (L/s)
Fórmula de Manning	16,82
Método Volumétrico	16,04
Promedio	16,43

3.2.9. Diseño del tanque séptico

Volumen útil

Según la ABNT [35] el volumen útil total del tanque séptico debe ser calculado mediante la fórmula:

$$V = 1000 + N(CT + KLf) \quad (3.22)$$

Donde:

$V = \text{volumen útil (L)}$

$N = \text{número de personas o contribuyentes (hab)}$

$C = \text{contribución de vertidos (l/hab/día)}$

$T = \text{período de retención (días)}$

$K = \text{tasa de acumulación de lodo digerido (días)}$

$Lf = \text{aportación de lodo fresco (l/hab/día)}$

Tabla 24. Datos para el diseño del tanque séptico

DATOS PARA EL DISEÑO			
Número de contribuyentes	5912	N	hab
Consumo de agua per cápita	200		L/hab/día
Coeficiente de retorno	0,8	CR	
Producción de aguas residuales por persona	160	C	
Producción total de aguas residuales	945920	CT	L/día
Número de unidades	6		u
Tiempo de retención	0,5	T	días
Contribución Lodo Fresco	1	Lf	L/día
Intervalo entre limpieza	1		años
Rango de temperatura	$t > 20^\circ$		$^\circ\text{C}$
Tasa acumulación lodo fresco	57	K	
Altura tanque	2,3		m
Borde Libre	0,2		m
Altura útil	2,1		m
Relación Largo/Ancho	3	L/b	

$$V = 1000 + 5912(160 \times 0,5 + 57 \times 1)$$

$$V = 810944 \text{ L} \approx 810,94 \text{ m}^3$$

Volumen de un tanque séptico

$$V_{1t} = \frac{V}{n} \quad (3.23)$$

$$V_{1t} = \frac{810,94 \text{ m}^3}{8}$$

$$V_{1t} = 101,37 \text{ m}^3$$

Ancho del tanque

$$b = \sqrt{\frac{V_{1t}}{k \cdot h}} \quad (3.24)$$

$$b = \sqrt{\frac{101,37 \text{ m}^3}{3 \cdot (2,1 \text{ m})}}$$

$$b = 4,01 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$$

Longitud del tanque

$$L = k \cdot b \quad (3.25)$$

$$L = 3 \times 5m$$

$$L = 15 m \approx 15,50 m$$

Volumen final del tanque

$$V = L \times b \times h \quad (3.26)$$

$$V = 15,5 \times 5 \times 2,1$$

$$V = 162,75 m^3$$

Longitudes de las cámaras

$$L_1 = \frac{2}{3} \cdot L \quad (3.27)$$

$$L_1 = \frac{2}{3} \cdot 15,50 m$$

$$L_1 = 10,33 m \approx 11 m$$

$$L_2 = \frac{1}{3} \cdot L \quad (3.28)$$

$$L_2 = \frac{1}{3} \cdot 15,50 m$$

$$L_2 = 5,17 m \approx 4,5 m$$

Número de orificios de paso

$$N_{orif} = \frac{A_{totalorif}}{A_{orif}} \quad (3.29)$$

Las cámaras deben tener orificios de interconexión con un área del 5% de la sección transversal del tanque.

$$A_{totalorif} = 0,05 \times b \times h$$

$$A_{totalorif} = 0,05 \times 5m \times 2,1m$$

$$A_{totalorif} = 0,525 m^2$$

Para este caso se han tomado orificios rectangulares de 20x40.

$$A_{orif} = (0,20m \times 0,40m)$$

$$A_{orif} = 0,08 \text{ m}^2$$

$$N_{orif} = \frac{0,525 \text{ m}^2}{0,08 \text{ m}^2}$$

$$N_{orif} = 6,56 \approx 7 \text{ orificios}$$

3.2.10. Diseño del filtro anaerobio

El volumen útil del lecho filtrante se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$V_u = 1,6 NCT \quad (3.30)$$

Donde:

$V_u = \text{volumen útil (L)}$

$N = \text{número de personas o contribuyentes (hab)}$

$C = \text{contribución de vertidos (l/hab/día)}$

$T = \text{período de retención (días)}$

Tabla 25. Datos para el diseño del filtro anaerobio

DATOS PARA EL DISEÑO			
Número de contribuyentes	5912	N	hab
Consumo de agua per cápita	200		L/hab/día
Coefficiente de retorno	0,8	CR	
Producción de aguas residuales por persona	160	C	L/hab/día
Número de unidades	8		u
Tiempo de retención	0,5	T	días
Altura filtro	2,3		m
Borde Libre	0,2		m
Altura útil	2,1		m
Ancho filtro	5		m

$$V_u = 1,6 * 5912 * 160 * 0,5$$

$$V_u = 756736 \text{ L} \approx 756,74 \text{ m}^3$$

Volumen de un filtro anaerobio

$$V_{1FA} = \frac{V_u}{n} \quad (3.31)$$

$$V_{1FA} = \frac{756,74 \text{ m}^3}{8}$$

$$V_{1FA} = 94,6 \text{ m}^3$$

Longitud del filtro anaerobio

$$L_{FA} = \frac{V_{1FA}}{b \cdot h} \quad (3.32)$$

$$L_{FA} = \frac{94,6 \text{ m}^3}{5 \text{ m} \cdot 2,1 \text{ m}}$$

$$L_{FA} = 9 \text{ m} \approx 8 \text{ m}$$

Se ha adoptado una longitud de 8m para mantener la geometría de las unidades existentes de la planta y no afectar su estética.

Volumen final del filtro

$$V = L \times b \times h \quad (3.33)$$

$$V = 8 \times 5 \times 2,1$$

$$V = 84 \text{ m}^3$$

Las unidades de filtro anaerobio existentes tienen un volumen de 67,2 m³ cada una, las 6 unidades hacen un total de 403,2 m³, más los 168 m³ que aportarían las dos nuevas unidades a construirse se tendría un total de 571,2 m³. El volumen proyectado al final del periodo para el 2035 es de 756,74 m³, por lo que haría falta de 185,54 m³ adicionales.

$$V = L \times b \times h$$

$$185,54 = L \times 6 \times 2,1$$

$$L = \frac{185,54}{6 \times 2,1}$$

$$L = 14,72 \text{ m} \approx 15 \text{ m}$$

Para satisfacer esta demanda es necesaria la construcción de un filtro adicional, asumiendo un ancho de 6 m y 2,1 m de alto se necesitaría una longitud de 15 m, el volumen final del filtro será de 189 m³, necesarios para tratar el volumen proyectado al final del periodo de diseño.

3.3. Presupuesto

Se elaboró un presupuesto referencial en base a las cantidades y volúmenes de obra de las unidades de tratamiento a construirse, además el presupuesto requerido para la instalación de un transformador, necesario para la puesta en marcha del equipo de ozonificación y la implementación de una bomba de succión sumergible. Obteniendo así

una cantidad total de Ciento siete mil quinientos cuarenta y seis con treinta y ocho dólares americanos \$107.546,38. (Ver Anexo #9)

3.4. Programación de obras

Con la ayuda del programa Microsoft Project se determinó el tiempo estimado para la ampliación de la planta mediante la construcción de nuevas unidades de tanque séptico y filtro anaerobio, estimando una duración de 83 días calendario. (Ver Anexo #10)

4. CONCLUSIONES

- La evaluación hidráulica de las unidades de tratamiento mostró que estas no cuentan con el volumen necesario para tratar las demandas futuras proyectadas al final del periodo de diseño en el año 2035, el volumen actual de cada unidad de tanque séptico es de 130,2 m³, mientras que el necesario para la demanda futura de 135,16 m³, el tiempo de retención actual de cada tanque es de 0,55 días. Las unidades de filtro anaerobio presentan el mismo problema, su volumen actual es de 67,2 m³ y el necesario al final del periodo de 126,12 m³, el tiempo de retención de las unidades filtrantes es de 0,28 días. Para que los procesos de decantación y filtración sean satisfactorios debe existir un tiempo de retención recomendado de 0,5 días. El estado físico de las unidades de tratamiento de la planta se encuentra en óptimas condiciones, las cuales seguirán operativas hasta el final del periodo de diseño.
- La evaluación de los procesos de tratamiento del tanque séptico y filtro anaerobio demostraron tener una eficiencia de remoción moderada en algunos parámetros, en otros baja y en algunos no se produjo remoción sino un incremento de los agentes contaminantes. Los resultados de los análisis del agua residual establecieron que el efluente de la PTAR no cumple con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente ecuatoriana, en los parámetros: DBO₅, Nitrógeno Total y Coliformes Fecales, esto se debe en parte a que el tiempo de retención de los filtros es muy corto, además de no llevarse a cabo el proceso de desinfección con ozono del efluente y de no realizar el mantenimiento pertinente de las unidades de tratamiento.
- La planta presenta ciertos errores de diseño, empezando por el caudal de diseño, el cual fue mal calculado, por lo cual las unidades de tratamiento no cuentan con el volumen necesario para atender las demandas futuras. La planta fue construida en una cota superior al de muchas viviendas las cuales no pueden conectarse al sistema de alcantarillado y descargan sus aguas al río. La planta se encuentra muy cerca al río y en época de avenida este ingresa hasta sus unidades de tratamiento, causando daño en estas. La operación de la planta se lleva a cabo solo mediante la limpieza de las rejillas y de las unidades de pretratamiento, no se está realizando el mantenimiento de las unidades de tratamiento primario y secundario ni los análisis de calidad del agua en los periodos establecidos de seis meses como lo recomienda el manual de operación y mantenimiento de la planta.

5. RECOMENDACIONES

- La falta de volumen de las unidades de tratamiento para atender las demandas futuras, hace necesaria la ampliación de la PTAR mediante la construcción de dos unidades de tanque séptico y tres de filtro anaerobio, las cuales tratarán la demanda proyectada al final del periodo de diseño. El volumen actual total de tratamiento mediante tanque séptico es de 723,1 m³, el proyectado al final del periodo de diseño de 810,94 m³, con la implementación de las nuevas unidades se contará con un volumen de tratamiento de 1106,7 m³. El volumen actual del tratamiento de filtro anaerobio es de 403,2 m³, el proyectado de 756,74m³, con la implementación de las nuevas unidades se contará con un volumen de tratamiento de 760,2 m³, el volumen adicional por la construcción de las nuevas unidades será el necesario para atender las demandas futuras y cumplir con el tiempo de retención recomendado.
- Para mejorar la eficiencia de remoción de agentes contaminantes en las unidades de tratamiento y reducir la contaminación causada al río Marcabelí por el incumplimiento de los parámetros de calidad, es recomendable la construcción de una novena unidad de filtro anaerobio, la cual en conjunto con las demás unidades cumplirá con el tiempo de retención recomendado de 0,5 días, necesario para que el proceso de filtración sea eficiente, además de la puesta en marcha del equipo de ozonificación, necesario en la desinfección del efluente y de realizar el mantenimiento periódico de las unidades, con esto se logrará que los parámetros de descarga cumplan con los límites permisibles que establece la norma ambiental. Así mismo la asignación de más recursos de parte del GAD Municipal para una mejor operación y mantenimiento de la planta.
- El sistema de tratamiento está diseñado para que su funcionamiento sea continuo y las labores de operación y control sean mínimas. Sin embargo, la naturaleza de los procesos: físicos, químicos y biológicos, que se desarrollan en las diferentes unidades requieren de algunos cuidados en la operación y control del sistema, para esto, el manual de operación y mantenimiento de la planta, recomienda que las labores de mantenimiento y extracción de lodos de las unidades de tratamiento se realicen de forma semestral, de la misma manera, se deben realizar muestreos del efluente sanitario, para monitorear y controlar el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos en la norma de calidad ambiental vigente.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Valladares, C. Valerio, P. de la Cruz, and R. Melgoza, “Adsorbentes no-convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales,” *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 16, no. 31, pp. 55–73, 2017, doi: 10.22395/rium.v16n31a3.
- [2] V. Passtani, E. Muñoz, S. Lira, and E. Garrido, *Eco-efficiency assessment of domestic wastewater treatment technologies used in Chile*, vol. 11, no. 2. 2020.
- [3] J. I. Maldonado M, A. M. Márquez R, and J. A. Rodríguez Chona, “Tratamiento eficiente de aguas residuales orgánicas con filtros anaerobios de flujo ascendente de tres fases,” *Bistua Rev. la Fac. Ciencias Básicas*, vol. 16, no. 2, pp. 29–41, 2018.
- [4] ONU, “Objetivo 6. Agua Limpia Y Saneamiento: Por Que Es Importantes,” *United Nations*, pp. 1–2, 2015.
- [5] I. Alyaseri, “Performance of Wastewater Treatment Plants in Iraq: Life Cycle Assessment Approach,” *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol.*, vol. 10, no. 08, pp. 29–36, 2016, doi: 10.9790/2402-1008022936.
- [6] M. J. Nikuze, J. B. Niyomukiza, A. Nshimiyimana, and J. P. Kwizera, “Assessment of the efficiency of the wastewater treatment plant: A case of Gacuriro Vision City,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 448, no. 1, pp. 0–10, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/448/1/012046.
- [7] J. De Anda Sánchez, “Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México,” *Soc. y Ambient.*, pp. 119–143, 2017.
- [8] UNESCO, “¿Son las aguas residuales el nuevo ‘oro negro’?. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos,” pp. 0–3, 2017.
- [9] M. Torske, “La realidad de las aguas servidas en Ecuador,” 2019. <https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/> (accessed Mar. 25, 2021).
- [10] INEC, “Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2015 (Agua y Alcantarillado),” 2016.
- [11] Senplades, “Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador,” p. 120, 2014.
- [12] M. Suliman, M. Abuzaid, A. Salman, and H. Ali, “Performance assessment of a wastewater treatment plant in Khartoum, Sudan,” *Natl. Organ. Water Supply Environ. Sanit.*, 2019.
- [13] E. A. Barrantes Barrantes and M. Cartín Nuñez, “Eficacia del tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Costa Rica en la Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica,” *UNED Res. J.*, vol. 9, no. 1, pp. 193–197, 2017, doi: 10.22458/urj.v9i1.1697.
- [14] M. A. Sánchez Góngora, I. E. Peón Escalante, T. Cardona Juárez, L. Ortega Arroyo, and G. Urriolagoitia Calderón, “Evaluación inicial de parámetros de campo

- en un biodigestor anaeróbico para el tratamiento de aguas residuales,” *Rev. Colomb. Biotecnol.*, vol. 18, no. 1, 2016, doi: 10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57725.
- [15] A. Noyola, J. Morgan, and L. Guereca, *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. 2013.
- [16] Ministerio del Ambiente, “Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua,” *Regist. Of. No. 387*, no. 028, 2015.
- [17] V. Priyadarshini, “Waste Water Treatment Plant in Apartment Area,” *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 11, pp. 333–336, 2019, doi: 10.22214/ijraset.2019.11053.
- [18] A. K. N. Vargas, J. Calderón, D. Velásquez, M. Castro, and D. A. Núñez, “Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia,” *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 28, no. 2, pp. 315–322, 2020, doi: 10.4067/S0718-33052020000200315.
- [19] L. Salazar-Larrota, L. Uribe-García, L. Gómez-Torres, and C. Zafra-Mejía, “Análisis de la eficiencia de reactores UASB en una planta de tratamiento de aguas residuales municipales,” *DYNA*, vol. 86, no. 209, pp. 319–326, 2019, doi: 10.15446/dyna.v86n209.70332.
- [20] O. I. Vaganova, V. Smirnova Zhanna, M. M. Kutepov, and E. A. Semakhin, “Calculation of engineering waste water treatment units,” *Int. J. Emerg. Trends Eng. Res.*, vol. 8, no. 5, pp. 1556–1560, 2020, doi: 10.30534/ijeter/2020/14852020.
- [21] I. Chávez Vera, “Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales,” *Dominio las Ciencias*, vol. 3, no. 1, pp. 536–560, 2017.
- [22] J. S. Joshi and D. Thakkar, “A Review: Waste Water Treatment,” *IOSR J. Eng.*, vol. 09, no. 04, pp. 162–165, 2019.
- [23] A. Mejía-López, M. Cabrera, and Y. Carrillo, “Remoción De Contaminantes Orgánicos Presentes En Agua Residual Doméstica Mediante Prototipo a Escala de Laboratorio,” *La Granja Rev. Ciencias la Vida*, vol. 26, no. 2, pp. 72–83, 2017.
- [24] I. Isaza, G. Freddy, and Y. Gómez, “Comparación De Dos Sistemas De Tratamiento Anaeróbicos De Aguas Residuales De Características Homogéneas Para Escuelas Sin Sistema De Tratamiento,” *Rev. Científica CENTROS*, vol. 10, no. 1, pp. 54–67, 2021.
- [25] S. Aguirre Solis, M. Vargas Urbano, M. Zeron Cancha, M. Cruz Huaranga, and S. Flores Gómez, “Tratamiento primario de aguas servidas mediante tanque séptico en urbanización de Lurigancho, Lima,” *Rev. Investig. Ciencia, Tecnol. y Desarro.*, vol. 4, no. 2, pp. 29–41, 2018, doi: 10.17162/rictd.v4i2.1095.
- [26] S. Kumari, “Innovative Technologies for Urban Waste Water Treatment,” *Int. J. Innov. Res. Eng. Multidiscip. Phys. Sci.*, vol. 6, no. 4, pp. 1–2, 2018.
- [27] S. Crombet Grillet, A. Abalos Rodríguez, S. Rodríguez Pérez, and N. Pérez Pompa,

- “Evaluación del tratamiento anaerobio de las aguas residuales de una comunidad universitaria,” *Rev. Colomb. Biotecnol.*, vol. XVIII, pp. 49–56, 2016, doi: 10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57715.
- [28] A. G. Capodaglio, A. Callegari, D. Cecconet, and D. Molognoni, “Sustainability of decentralized wastewater treatment technologies,” *Water Pract. Technol.*, vol. 12, no. 2, pp. 463–477, 2017, doi: 10.2166/wpt.2017.055.
- [29] Metcalf and Eddy, *Ingeniería de aguas residuales. Volumen 1: Tratamiento, vertido y reutilización*. 1995.
- [30] E. Veliz, J. Guadalupe, L. Fernández, and L. Bataller, “Coagulación-floculación, filtración y ozonización de agua residual para reutilización en riego agrícola,” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. VII, p. 2432, 2016.
- [31] J. Castellanos-Rozo, N. A. Merchán, J. Galvis, and E. H. Manjarres, “Deshidratación de los lodos en lecho de secado y su influencia sobre la actividad biológica de los microorganismos,” *Gestión y Ambient.*, vol. 21, no. 2, pp. 242–251, 2018, doi: 10.15446/ga.v21n2.75876.
- [32] M. Aadraoui *et al.*, “Characteristics of sewage sludge produced from wastewater treatment plant in the Moroccan City khouribga,” *Desalin. Water Treat.*, vol. 112, no. June 2017, pp. 179–185, 2018, doi: 10.5004/dwt.2018.22069.
- [33] F. Ugaz, “Reúso de aguas residuales tratadas biológicamente, para el regadío del Jardín Botánico, Trujillo,” *Sciéndo*, vol. 21, no. 1, pp. 7–14, 2018, doi: 10.17268/sciende.2018.001.
- [34] INEN, “Normas para estudio de sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas residuales, para poblaciones mayores a 1000 habitantes.,” no. 6, p. 420, 2016.
- [35] ABNT, “Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos,” p. 15, 1993.

7. ANEXOS

Anexo 1. Tablas empleadas en el diseño del tanque séptico

Contribución de lodo fresco Lf

La contribución de lodo fresco se estima de acuerdo a la contribución de aguas residuales según lo establece la siguiente tabla.

Tabla 26. Contribución diaria de agua residual (C) y lodo fresco (Lf) por el tipo de construcción y de ocupante

Construcción	Unidad	Contribución de aguas residuales (C)	y lodo fresco (Lf)
1. Ocupantes permanentes			
- residencia			
- nivel alto	persona	160	1
- nivel medio	persona	130	1
- nivel bajo	persona	100	1
- hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
- alojamiento temporal	persona	80	1
2. Ocupantes temporales			
-fábrica en general	persona	70	0,30
- oficina	persona	50	0,20
- edificios públicos o comerciales	persona	50	0,20
- escuelas (internados) y lugares de larga estancia	persona	50	0,20
- bares	persona	6	0,10
- restaurantes y similares	comida	25	0,10
- cines, teatros y lugares de corta estancia	lugar	2	0,02
sanitarios públicos	lavabo	480	4,0

Fuente: ABNT-Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 1993

Periodo de detención de los vertidos T

El diseño del tanque séptico debe cumplir con el periodo de detención mínimo según la siguiente tabla.

Tabla 27. Periodo de detención de los vertidos, por rango de contribución diaria

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención	
	Días	Horas
Hasta 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Más de 9000	0,50	12

Fuente: ABNT-Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 1993

Tasa de acumulación total de lodo K

La tasa de acumulación total de lodos en días se obtendrá en función de los volúmenes de lodo digerido y en digestión producidos por cada usuario en litros, rangos de temperatura ambiente y el intervalo entre limpieza en años, de acuerdo a lo establecido en la siguiente tabla.

Tabla 28. Tasa de acumulación total de lodos (K), en días, por intervalo entre limpiezas y temperatura del mes más frío

Intervalo entre limpiezas (años)	Valores de K por rango de temperatura ambiente (t), en °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fuente: ABNT-Asociación Brasileña de Normas Técnicas 1993

Profundidad útil mínima y máxima por rango de volumen útil

La profundidad útil del tanque se determina de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 29. Profundidad útil mínima y máxima, por rango de volumen útil

Volumen útil (m ³)	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Más de 10,00	1,80	2,80

Fuente: ABNT-Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 1993

Anexo 2. Dimensionamiento del Lecho de Secado de Lodos

Calculo de la carga de sólidos que ingresan al sedimentador

$$C = Q_{dis} \times SS \times 0,0864$$

Donde:

C = carga de sólidos que ingresan al sedimentador (Kg de SS/día)

Q_{dis} = Caudal de diseño (L/seg)

SS = sólidos en suspensión en el agua residual cruda (mg/L)

Tabla 30. Datos de diseño lecho de secado

DATOS PARA EL DISEÑO			
Año a evaluar	2035	Símb.	Unidad
Población de diseño	5912		hab
Caudal de diseño	39,62		L/s
Sólidos en suspensión	133	SS	mg/L
Densidad de los lodos	1,04	pl	Kg/L
Porcentaje de sólidos contenidos en el lodo	0,12	%S	%
Profundidad de extracción	0,4	Hn	m

$$C = 39,62 \times 133 \times 0,0864$$

$$C = 455,28 \text{ Kg SS/día}$$

Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos

$$M_{sd} = (0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times C) + (0,5 \times 0,3 \times C)$$

Donde:

M_{sd} = masa de sólidos (Kg de SS/día)

C = carga de sólidos (Kg de SS/día)

$$M_{sd} = (0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times 455,28) + (0,5 \times 0,3 \times 455,28)$$

$$M_{sd} = 147,97 \text{ Kg SS/día}$$

Cálculo del volumen diario de lodos digeridos

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} \times \%_{sólidos}}$$

Donde:

V_{ld} = Volumen diario de lodos digeridos (L/día)

M_{sd} = masa de sólidos (Kg de SS/día)

ρ_{lodo} = densidad de lodos

%_{sólidos} = porcentaje de sólidos contenidos en el lodo

$$V_{ld} = \frac{147,97}{1,04 \times 0,12}$$

$$V_{ld} = 1185,65 \text{ L/día}$$

Cálculo del volumen de lodos a extraerse del tanque

$$Vel = \frac{V_{ld} \times T_d}{1000}$$

Donde:

Vel = Volumen de lodo a extraerse (m^3)

V_{ld} = Volumen diario de lodos digeridos (L/día)

T_d = Tiempo de digestión (días)

Tabla 31. Tiempo de retención de sólidos en función de la temperatura

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión (días)
18	28
24	20
30	14
35	10
40	10

Fuente: Norma Ecuatoriana CO 10.7-601, 2012

Marcabelí posee una temperatura promedio de 24°C, por lo tanto, el tiempo de digestión de lodos será de 20 días.

$$Vel = \frac{1185,65 \times 20}{1000}$$

$$Vel = 23,71 \text{ m}^3$$

Área del lecho de secado

$$Als = \frac{Vel}{Hn}$$

Donde:

Als = Área del lecho de secado (m^2)

Vel = Volumen de lodo a extraerse (m^3)

Hn = Profundidad de extracción (m)

$$Als = \frac{23,71}{0,40}$$

$$Als = 59,28 \text{ m}^2$$

Anexo 3. Análisis de Laboratorio de las aguas a la Entrada de la PTAR



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL SAE CON
ACREDITACION
N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-707-21
Orden de ingreso: OI-262-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: ENTRADA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: MARCABELI - EL ORO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	*TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
*PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26221	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2021-03-08	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-18	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO5	APHA 5210 B - COLORIMETRIA	mg/L	180	---
*DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO DQO	APHA 5220 C - COLORIMETRIA	mg/LO2	438	---
***NITROGENO AMONIAICAL	MÉTODO NESSLER - COLORIMETRÍA	mg/l	20.16	---
*NITROGENO TOTAL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	mg/L	467	---
PH	APHA 4500H-B - POTENCIOMETRICO	upH	6.42	±3.99%
*SOLIDOS TOTALES	APHA 2540 B - GRAVIMETRIA	mg/L	497	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. *Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. *Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: *Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. *Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-708-21
Orden de ingreso: OI-262-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

1NOMBRE DE LA MUESTRA: ENTRADA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL			
2MARCA COMERCIAL: N/A		2FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: MARCABELI - EL ORO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	2TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
3PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		2FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26221	2LOTE: N/A	2FECHA ELAB: 2021-03-08	2FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-12	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 B (15) - NMP	NMP/100ml	3.5x10 ⁵

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.



Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. 1Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. 2Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia; •Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE., MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 4. Análisis de Laboratorio de las aguas a la Salida de la PTAR



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL SAE CON
ACREDITACION
N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-713-21
Orden de ingreso: OI-265-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: EFLUENTE (SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO).			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: MARCABELI - EL ORO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	*TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
*PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26521	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2021-03-08	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-18	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO5	APHA 5210 B - COLORIMETRIA	mg/L	125	---
*DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO DQO	APHA 5220 C - COLORIMETRIA	mg/LO2	194	---
***NITROGENO AMONICAL	MÉTODO NESSLER - COLORIMETRÍA	mg/l	26.04	---
*NITROGENO TOTAL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	mg/L	373	---
PH	APHA 4500H-B - POTENCIOMETRICO	upH	6.35	±3.99%
*SOLIDOS TOTALES	APHA 2540 B - GRAVIMETRIA	mg/L	359	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. *Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. *Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: *Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. *Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-714-21
Orden de ingreso: OI-265-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

¹NOMBRE DE LA MUESTRA: EFLUENTE (SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO).			
²MARCA COMERCIAL: N/A		²FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: MARCABELI - EL ORO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	²TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
³PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		²FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26521	²LOTE: N/A	²FECHA ELAB: 2021-03-08	²FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-12	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 B (15) - NMP	NMP/100ml	2.8x10 ⁵

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.



Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia; •Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 5. Análisis de Laboratorio de las aguas a la Salida del Tanque Séptico



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL SAE CON
ACREDITACION
N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-709-21
Orden de ingreso: OI-263-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: PASO DEL TANQUE SÉPTICO AL FILTRO ANAEROBIO.			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: MARCABELI - EL ORO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	*TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
*PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26321	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2021-03-08	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-18	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO5	APHA 5210 B - COLORIMETRIA	mg/L	160	---
*DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO DQO	APHA 5220 C - COLORIMETRIA	mg/LO2	240	---
***NITROGENO AMONICAL	MÉTODO NESSLER - COLORIMETRÍA	mg/l	27.16	---
*NITROGENO TOTAL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	mg/L	700	---
PH	APHA 4500H-B - POTENCIOMETRICO	upH	6.34	±3.99%
*SOLIDOS TOTALES	APHA 2540 B - GRAVIMETRIA	mg/L	340	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. *Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. *Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: *Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. *Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-710-21
Orden de ingreso: OI-263-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

1 NOMBRE DE LA MUESTRA: PASO DEL TANQUE SÉPTICO AL FILTRO ANAEROBIO.			
2 MARCA COMERCIAL: N/A		2 FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: MARCABELI - EL ORO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	2 TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
2 PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		2 FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26321	2 LOTE: N/A	2 FECHA ELAB: 2021-03-08	2 FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-12	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 B (15) - NMP	NMP/100ml	2.2x10 ⁵

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.



Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia; •Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE., MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 6. Análisis de Laboratorio de las aguas a la Salida del Filtro Anaerobio



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL SAE CON
ACREDITACION
N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-711-21
Orden de ingreso: OI-264-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: SALIDA DEL FILTRO ANAEROBIO.			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: MARCABELI - EL ORO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	*TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
*PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26421	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2021-03-08	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-18	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO5	APHA 5210 B - COLORIMETRIA	mg/L	160	---
*DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO DQO	APHA 5220 C - COLORIMETRIA	mg/LO2	195	---
***NITROGENO AMONIAICAL	MÉTODO NESSLER - COLORIMETRÍA	mg/l	27.44	---
*NITROGENO TOTAL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	mg/L	467	---
PH	APHA 4500H-B - POTENCIOMETRICO	upH	6.35	±3.99%
*SOLIDOS TOTALES	APHA 2540 B - GRAVIMETRIA	mg/L	312	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. *Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. *Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: *Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. *Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-712-21
Orden de ingreso: OI-264-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

¹NOMBRE DE LA MUESTRA: SALIDA DEL FILTRO ANAEROBIO.			
²MARCA COMERCIAL: N/A		²FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: MARCABELI - EL ORO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	²TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
³PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		²FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26421	²LOTE: N/A	²FECHA ELAB: 2021-03-08	²FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-12	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 B (15) - NMP	NMP/100ml	2.4x10 ⁵

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.



Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia; •Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE., MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 7. Análisis de Laboratorio de las aguas del cuerpo receptor aguas arriba



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL SAE CON
ACREDITACION
N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-715-21
Orden de ingreso: OI-266-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: RÍO AGUA ARRIBA			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: YENER YOEL RIOS ROMERO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	*TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
*PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26621	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2021-03-08	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-18	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO5	APHA 5210 B - COLORIMETRIA	mg/L	26.6	---
*DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO DQO	APHA 5220 C - COLORIMETRIA	mg/LO2	49	---
***NITROGENO AMONICAL	MÉTODO NESSLER - COLORIMETRÍA	mg/l	0.56	---
*NITROGENO TOTAL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	mg/L	467	---
PH	APHA 4500H-B - POTENCIOMETRICO	upH	6.68	±3.99%
*SOLIDOS TOTALES	APHA 2540 B - GRAVIMETRIA	mg/L	250	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. *Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. *Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: *Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. *Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-716-21
Orden de ingreso: OI-266-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

¹NOMBRE DE LA MUESTRA: RÍO AGUA ARRIBA			
²MARCA COMERCIAL: N/A		²FABRICANTE: N/A	
PROCEDECENCIA: YENER YOEL RIOS ROMERO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	²TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
³PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		²FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26621	²LOTE: N/A	²FECHA ELAB: 2021-03-08	²FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-12	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 B (15) - NMP	NMP/100ml	1.1x10 ⁴

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.



Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia; •Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 8. Análisis de Laboratorio de las aguas del cuerpo receptor aguas abajo



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL SAE CON
ACREDITACION
N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-717-21
Orden de ingreso: OI-267-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

¹NOMBRE DE LA MUESTRA: RÍO AGUAS ABAJO			
²MARCA COMERCIAL: N/A		³FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: MARCABELI - EL ORO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	⁴TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
⁵PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		⁶FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26721	⁷LOTE: N/A	⁸FECHA ELAB: 2021-03-08	⁹FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-18	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO5	APHA 5210 B - COLORIMETRIA	mg/L	28.66	---
*DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO DQO	APHA 5220 C - COLORIMETRIA	mg/LO2	47	---
***NITROGENO AMONICAL	MÉTODO NESSLER - COLORIMETRÍA	mg/l	0.56	---
*NITROGENO TOTAL	APHA 4500 NORG C - VOLUMETRIA	mg/L	467	---
PH	APHA 4500H-B - POTENCIOMETRICO	upH	6.39	±3.99%
*SOLIDOS TOTALES	APHA 2540 B - GRAVIMETRIA	mg/L	228	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. •Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-718-21
Orden de ingreso: OI-267-21
Cuenca, 19 de Marzo del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: YENER YOEL RIOS ROMERO
Dirección: MARCABELI - EL ORO
Teléfono: 0978711564

DATOS DE LA MUESTRA

¹NOMBRE DE LA MUESTRA: RÍO AGUAS ABAJO			
²MARCA COMERCIAL: N/A		²FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: MARCABELI - EL ORO	TIPO DE MUESTRA: AGUA	²TIPO DE ENVASE: ENVASES PET	
³PRESENTACIONES: 500 ml, 3 L		²FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI26721	²LOTE: N/A	²FECHA ELAB: 2021-03-08	²FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-03-09	FECHA ANALISIS: 2021-03-09 - 2021-03-12	FECHA ENTREGA: 2021-03-19	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: LABORATORIO	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 B (15) - NMP	NMP/100ml	4.3x10 ⁴

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.



Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia; •Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 9. Presupuesto Total

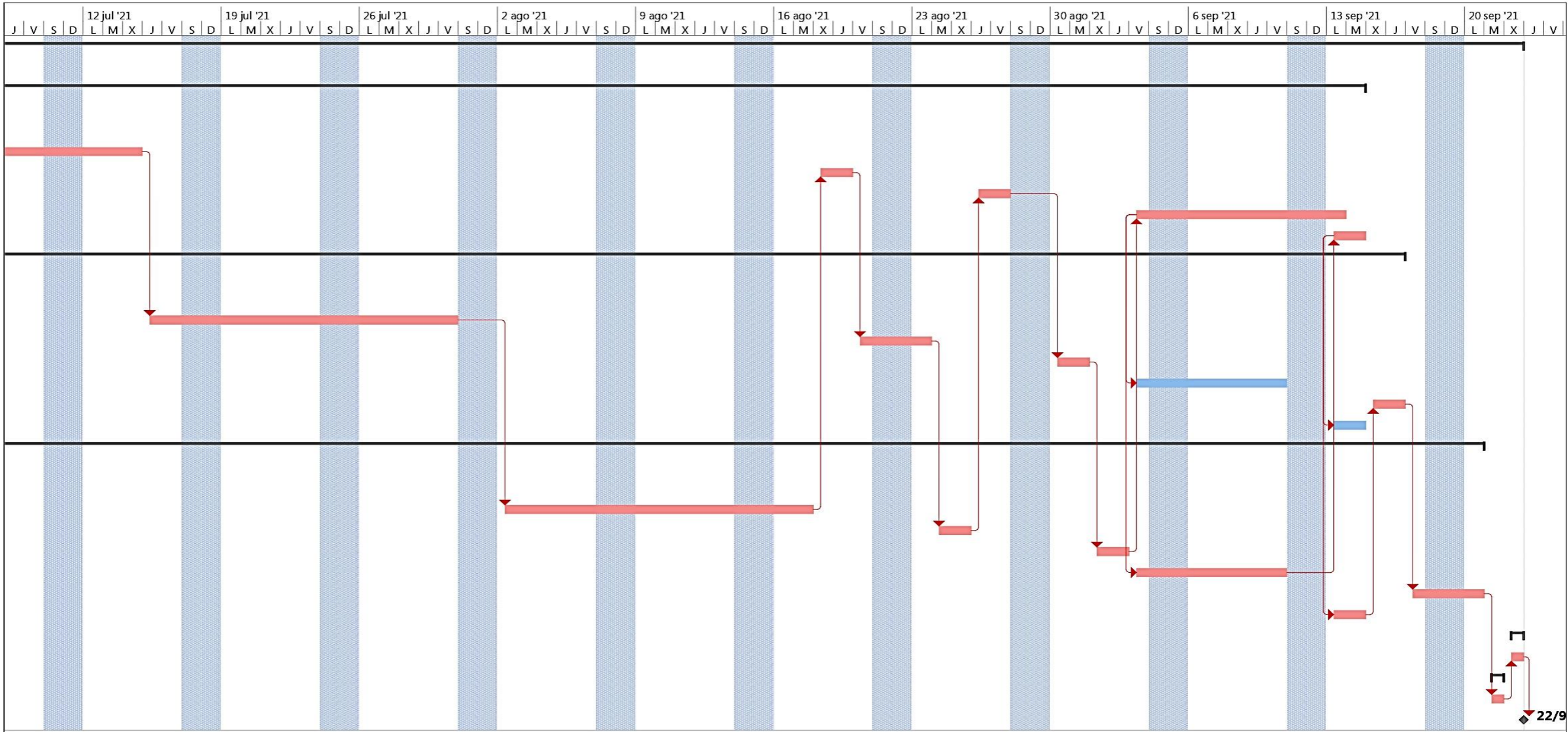
TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
FOSA SÉPTICA 15,5x5x2,5					
1	Excavación sin clasificar a máquina (retroexcavadora)	m3	216,25	\$ 2,52	\$ 544,95
2	Contrapiso h.s. 180 kg/cm2, e= 6 cm, piedra bola e= 15 cm.	m2	83,50	\$ 22,62	\$ 1.888,77
3	Acero de refuerzo f'y= 4200kg/cm2	kg	1715,75	\$ 1,77	\$ 3.036,88
4	Encofrado en muros	m2	100,00	\$ 12,51	\$ 1.251,00
5	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	m3	27,30	\$ 172,14	\$ 4.699,42
6	Enlucido paletado fino mortero 1:3	m2	127,50	\$ 10,97	\$ 1.398,68
7	Accesorios fosa séptica	u	1,00	\$ 503,64	\$ 503,64
			Subtotal 1 unidad		\$ 13.323,34
			Subtotal 2 unidades		\$ 26.646,68
FILTRO ANAEROBIO 8x5x2,5					
8	Excavación sin clasificar a máquina (retroexcavadora)	m3	100,00	\$ 2,52	\$ 252,00
9	Contrapiso h.s. 180 kg/cm2, e= 6 cm, piedra bola e= 15 cm.	m2	40,00	\$ 22,62	\$ 904,80
10	Acero de refuerzo f'y= 4200kg/cm2	kg	1270,91	\$ 1,77	\$ 2.249,51
11	Encofrado en muros	m2	25,00	\$ 12,51	\$ 312,75
12	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	m3	10,00	\$ 172,14	\$ 1.721,40
13	Enlucido paletado fino mortero 1:3	m2	52,50	\$ 10,97	\$ 575,93
14	Grava para filtro	m3	40,00	\$ 45,35	\$ 1.814,00
16	Accesorios filtro anaerobio	gbl	1,00	\$ 189,95	\$ 189,95
			Subtotal 1 unidad		\$16.040,68
			Subtotal 2 unidades		\$32.081,36
FILTRO ANAEROBIO 15x6x2,5					
17	Excavación sin clasificar a máquina (retroexcavadora)	m3	251,75	\$ 2,52	\$ 634,41

18	Contrapiso h.s. 180 kg/cm ² , e= 6 cm, piedra bola e= 15 cm.	m ²	100,70	\$ 22,62	\$ 2.277,83
19	Acero de refuerzo f'y= 4200kg/cm ²	kg	2541,82	\$ 1,77	\$ 4.499,02
20	Encofrado en muros	m ²	233,25	\$ 12,51	\$ 2.917,96
21	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm ²	m ³	43,65	\$ 172,14	\$ 7.513,91
22	Enlucido paletado fino mortero 1:3	m ²	105,00	\$ 10,97	\$ 1.151,85
23	Grava para filtro	m ³	90,00	\$ 45,35	\$ 4.081,50
24	Accesorios filtro anaerobio	gbl	1,00	\$ 189,95	\$ 189,95
			Subtotal		\$46.532,86
BOMBA DE SUCCIÓN SUMERGIBLE					
25	Bomba sumergible Vortex VXm 10/50 1Hp	U	1,00	\$ 435,13	\$ 435,13
TRANSFORMADOR					
26	Instalación transformador monofásico 25 Kva	U	1,00	\$ 1.850,35	\$ 1.850,35
			Presupuesto Total		\$107.546,38

Anexo 10. Programación de obras

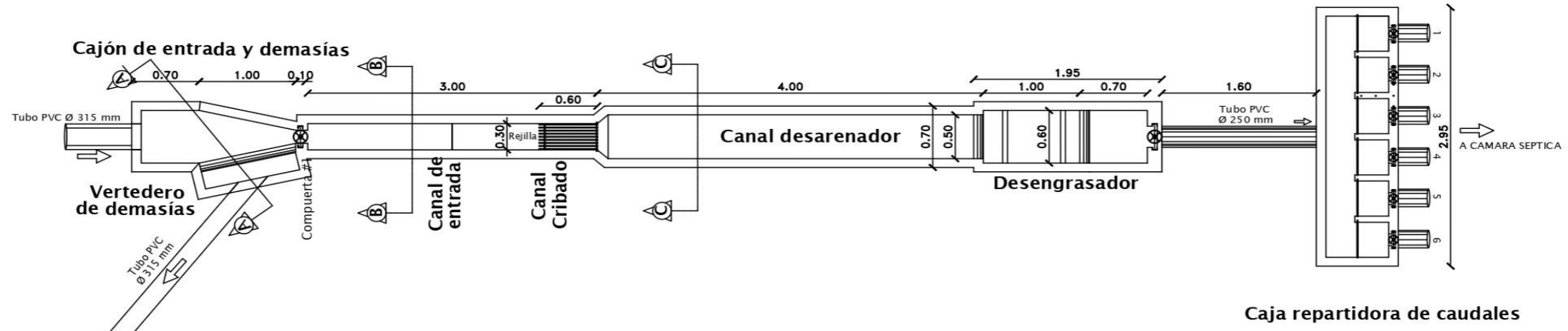
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	31 may '21							7 jun '21							14 jun '21							21 jun '21							28 jun '21							5 jul '21						
					S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V
1		PROYECTO FINAL	83 días	lun 31/5/21	[Gantt bar for task 1]																																									
2		INICIO	0 días	lun 31/5/21	[Gantt bar for task 2]																																									
3		TANQUE SÉPTICO 15,5x5x2.1	77 días	lun 31/5/21	[Gantt bar for task 3]																																									
4		Excavación sin clasificar a máquina (retroexcavadora)	2 días	lun 31/5/21	[Gantt bar for task 4]																																									
5		Contrapiso h.s. 180 kg/cm2, e= 6 cm, piedra bola e= 15 cm.	2 días	jue 10/6/21	[Gantt bar for task 5]																																									
6		Acero de refuerzo f'y= 4200kg/cm2	17 días	mar 22/6/21	[Gantt bar for task 6]																																									
7		Encofrado en muros	2 días	mié 18/8/21	[Gantt bar for task 7]																																									
8		Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	2 días	jue 26/8/21	[Gantt bar for task 8]																																									
9		Enlucido paletado fino mortero 1:3	7 días	vie 3/9/21	[Gantt bar for task 9]																																									
10		Accesorios fosa sèptica	2 días	lun 13/9/21	[Gantt bar for task 10]																																									
11		FILTRO ANAEROBIO 8x5x2.1	77 días	mié 2/6/21	[Gantt bar for task 11]																																									
12		Excavación sin clasificar a máquina (retroexcavadora)	3 días	mié 2/6/21	[Gantt bar for task 12]																																									
13		Contrapiso h.s. 180 kg/cm2, e= 6 cm, piedra bola e= 15 cm.	4 días	lun 14/6/21	[Gantt bar for task 13]																																									
14		Acero de refuerzo f'y= 4200kg/cm2	12 días	jue 15/7/21	[Gantt bar for task 14]																																									
15		Encofrado en muros	2 días	vie 20/8/21	[Gantt bar for task 15]																																									
16		Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	2 días	lun 30/8/21	[Gantt bar for task 16]																																									
17		Enlucido paletado fino mortero 1:3	6 días	vie 3/9/21	[Gantt bar for task 17]																																									
18		Grava para filtro	2 días	mié 15/9/21	[Gantt bar for task 18]																																									
19		Accesorios filtro anaerobio	2 días	lun 13/9/21	[Gantt bar for task 19]																																									
20		FILTRO ANAEROBIO 15x6x2.1	76 días	lun 7/6/21	[Gantt bar for task 20]																																									
21		Excavación sin clasificar a máquina (retroexcavadora)	3 días	lun 7/6/21	[Gantt bar for task 21]																																									
22		Contrapiso h.s. 180 kg/cm2, e= 6 cm, piedra bola e= 15 cm.	2 días	vie 18/6/21	[Gantt bar for task 22]																																									
23		Acero de refuerzo f'y= 4200kg/cm2	12 días	lun 2/8/21	[Gantt bar for task 23]																																									
24		Encofrado en muros	2 días	mar 24/8/21	[Gantt bar for task 24]																																									
25		Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	2 días	mié 1/9/21	[Gantt bar for task 25]																																									
26		Enlucido paletado fino mortero 1:3	6 días	vie 3/9/21	[Gantt bar for task 26]																																									
27		Grava para filtro	2 días	vie 17/9/21	[Gantt bar for task 27]																																									
28		Accesorios filtro anaerobio	2 días	lun 13/9/21	[Gantt bar for task 28]																																									
29		BOMBA DE SUCCIÓN SUMERGIBLE	1 día	mié 22/9/21	[Gantt bar for task 29]																																									
30		Bomba sumergible Vortex VXm 10/50 1Hp	1 día	mié 22/9/21	[Gantt bar for task 30]																																									
31		TRANSFORMADOR	1 día	mar 21/9/21	[Gantt bar for task 31]																																									
32		Instalacion transformador monofásico 25 Kva	1 día	mar 21/9/21	[Gantt bar for task 32]																																									
33		FIN	0 días	mié 22/9/21	[Gantt bar for task 33]																																									

Proyecto: Proyecto1 Fecha: dom 4/4/21	Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
	División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
	Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
	Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
	Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			



Proyecto: Proyecto1 Fecha: dom 4/4/21	Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
	División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
	Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
	Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
	Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			

Anexo 11. Planos de las unidades de tratamiento



UNIDADES DE PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO PRIMARIO

Escala 1:50

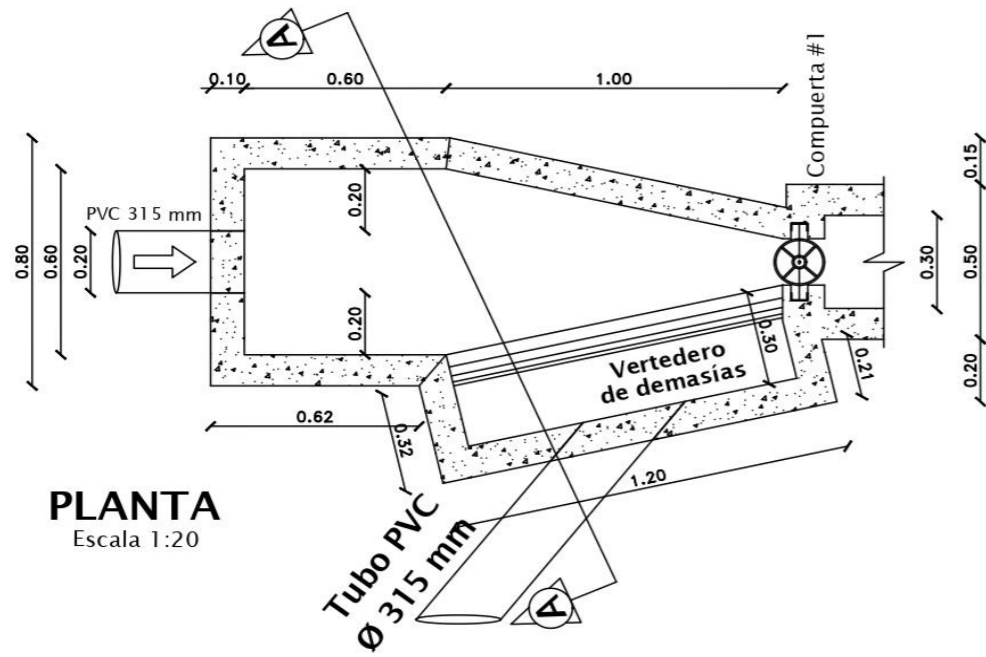


PERFIL HIDRÁULICO

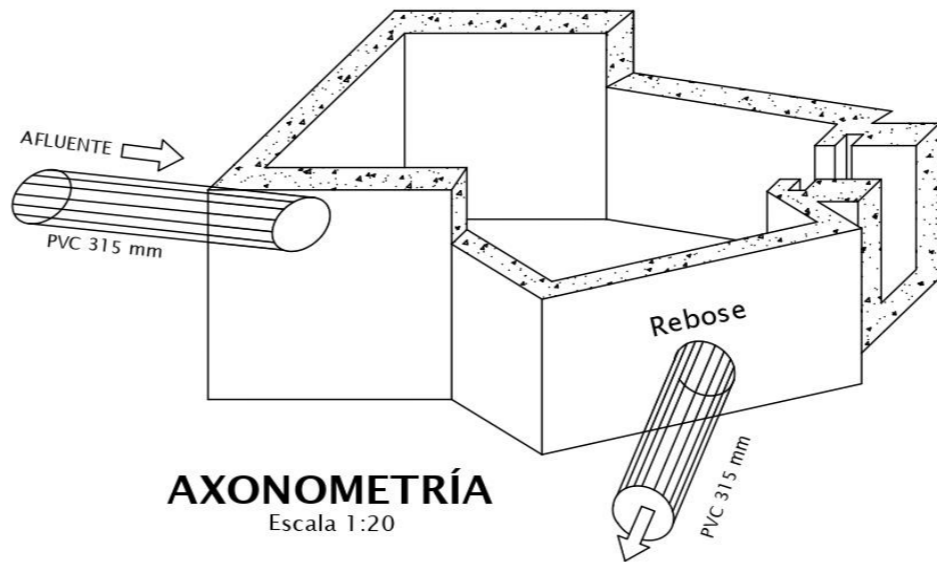
Escala 1:50

 <p>UTMACH Facultad de Ingeniería Civil</p>	<p>PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN</p>	<p>CONTENIDO: UNIDAD DE PRETRATAMIENTO UNIDAD DE TRATAMIENTO PRIMARIO PERFIL HIDRÁULICO</p>
	<p>TEMA: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ</p>	<p style="font-size: 48pt; font-weight: bold;">1</p>
	<p>AUTOR: YENER YOEL RIOS ROMERO</p>	
	<p>TUTOR: ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.</p>	<p>FECHA: 4-04-2021</p> <p>ESCALA: LAS INDICADAS</p>

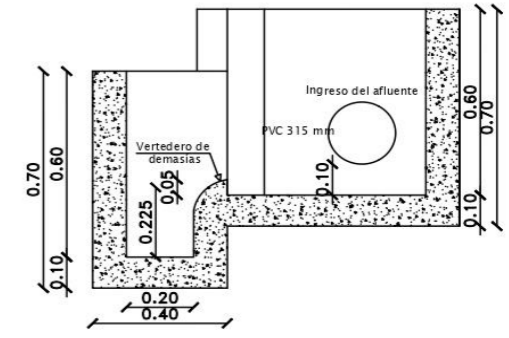
CAJÓN DE ENTRADA Y DEMASÍAS



PLANTA
Escala 1:20

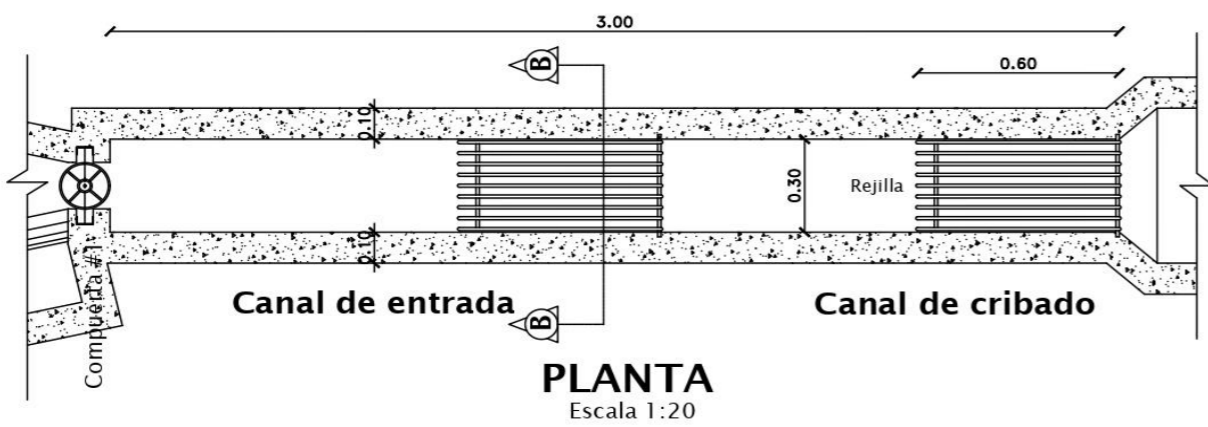


AXONOMETRÍA
Escala 1:20

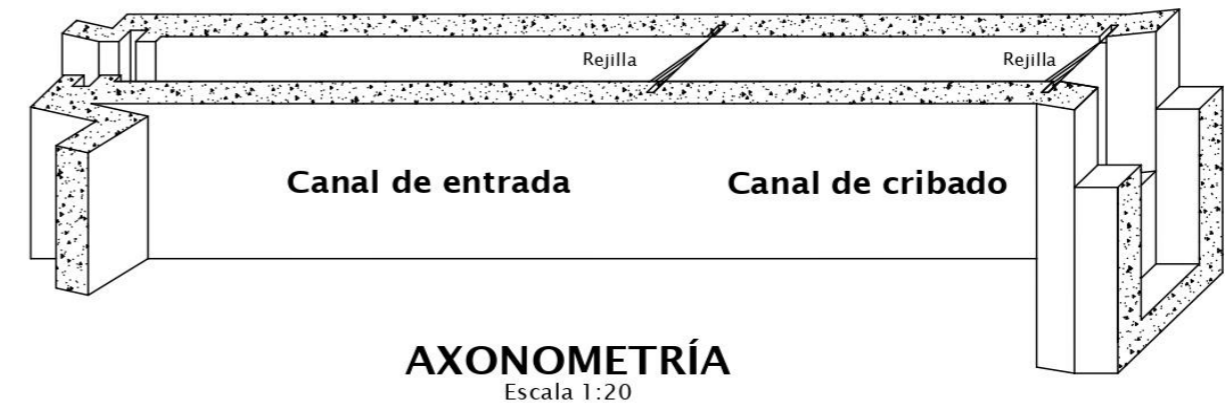


CORTE A-A
Escala 1:20

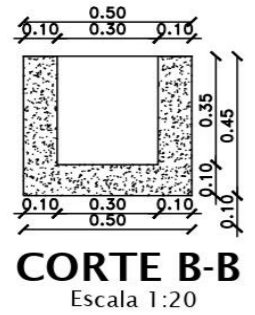
CANAL DE ENTRADA Y CRIBADO



PLANTA
Escala 1:20



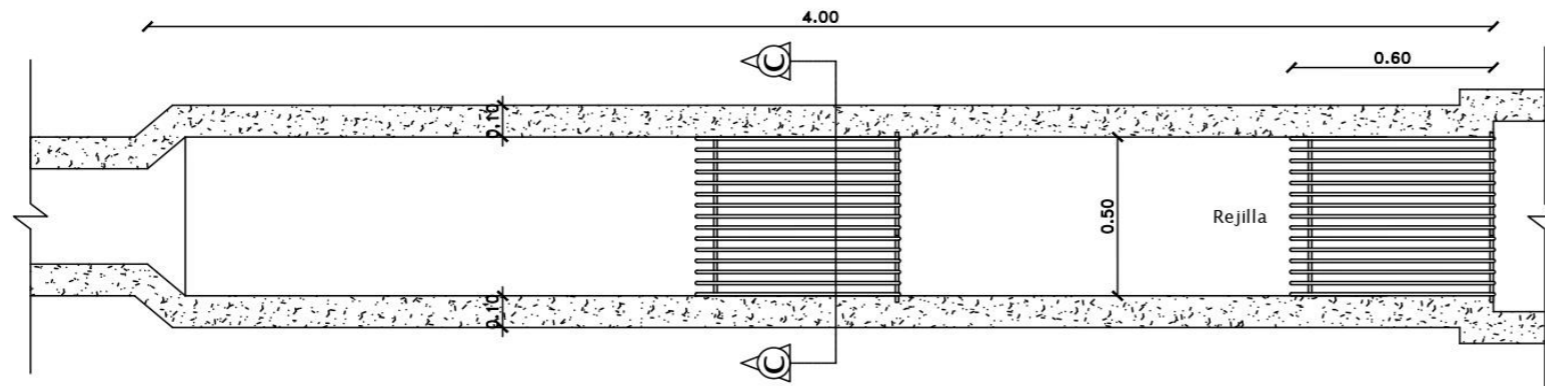
AXONOMETRÍA
Escala 1:20



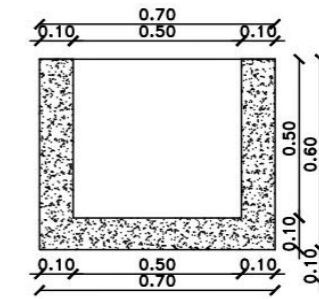
CORTE B-B
Escala 1:20

 UTMACH Facultad de Ingeniería Civil	PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN	CONTENIDO: CAJÓN DE ENTRADA Y DEMASÍAS CANAL DE ENTRADA Y CRIBADO	
	TEMA: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ	AUTOR: YENER YOEL RIOS ROMERO	FECHA: 4 - 04 - 2021
TUTOR: ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.	ESCALA: LAS INDICADAS		

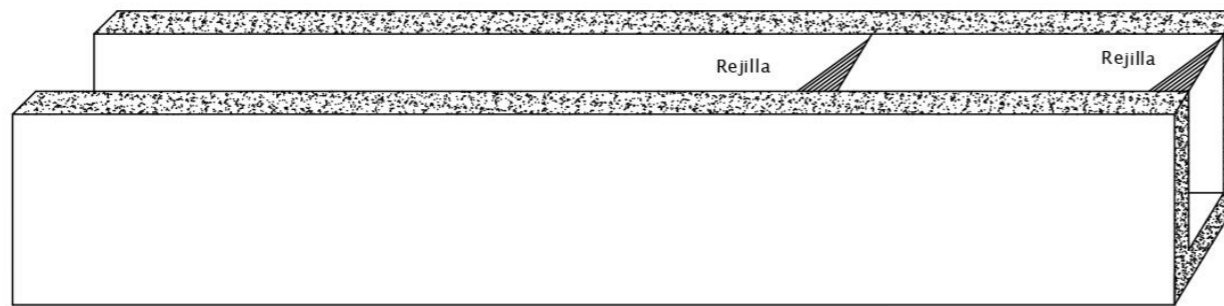
CANAL DESARENADOR



PLANTA
Escala 1:20



CORTE C-C
Escala 1:20



AXONOMETRÍA
Escala 1:20

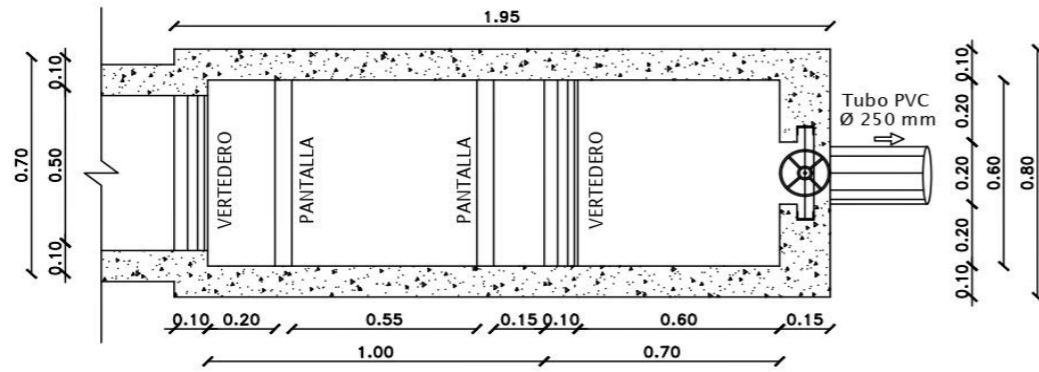


UTMACH
Facultad de Ingeniería Civil

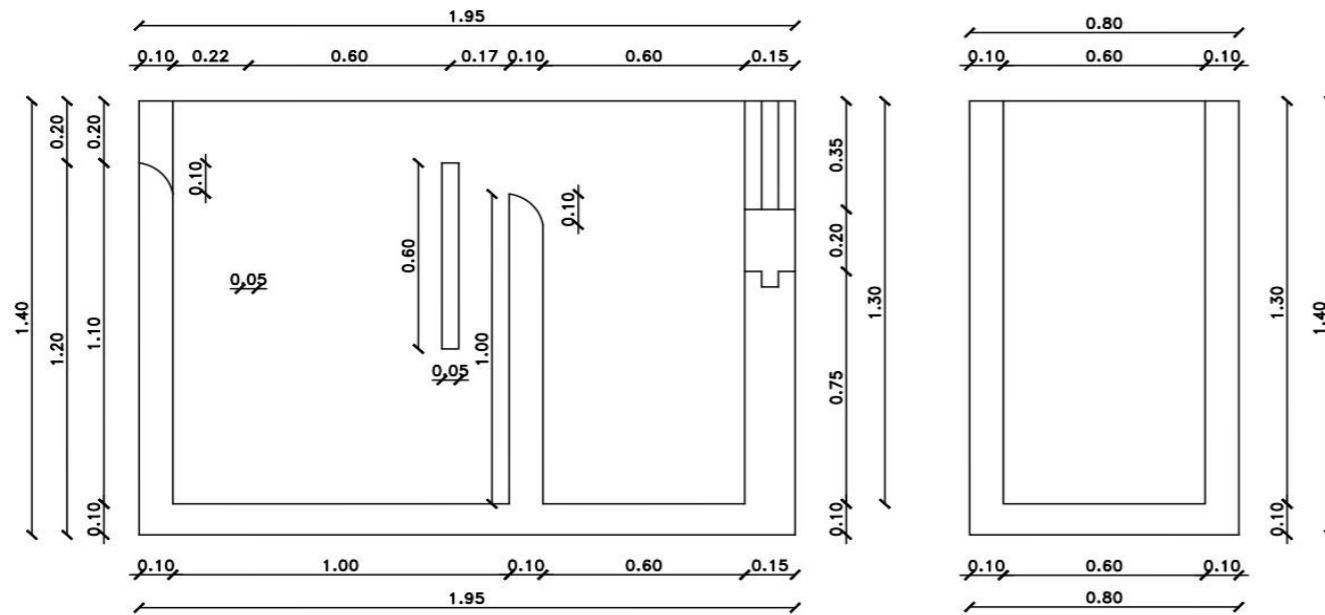
PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN	CONTENIDO: CANAL DESARENADOR
TEMA: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ	
AUTOR: YENER YOEL RÍOS ROMERO	FECHA: 4-04-2021
TUTOR: ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.	ESCALA: LAS INDICADAS

3

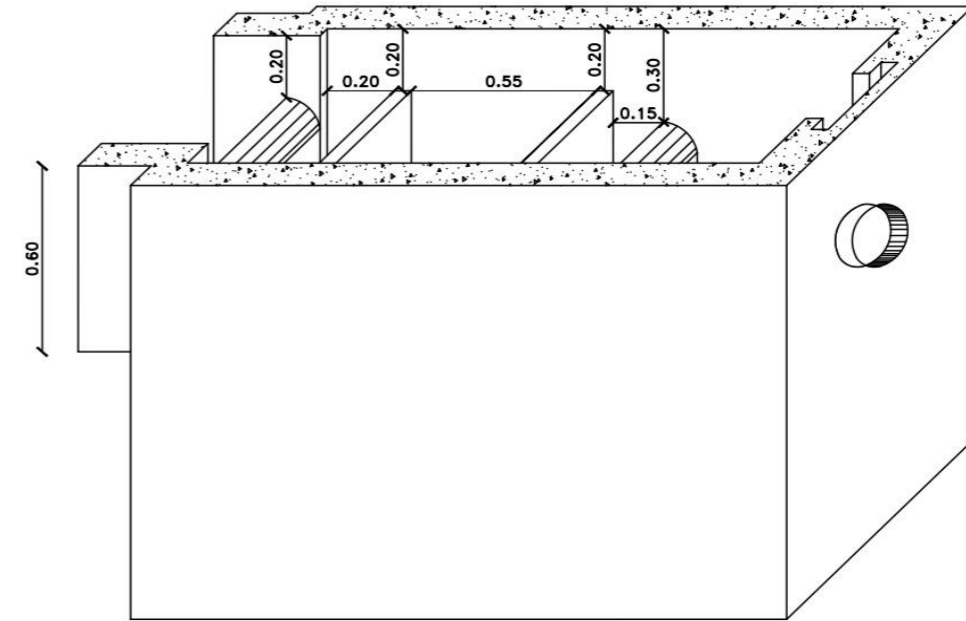
DESENGRASADOR



PLANTA
Escala 1:20



SECCION LONGITUDINAL
Escala 1:20



AXONOMETRÍA
Escala 1:20



UTMACH
Facultad de Ingeniería Civil

PROYECTO:

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ

AUTOR:

YENER YOEL RIOS ROMERO

TUTOR:

ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.

CONTENIDO:

DESENGRASADOR

FECHA:

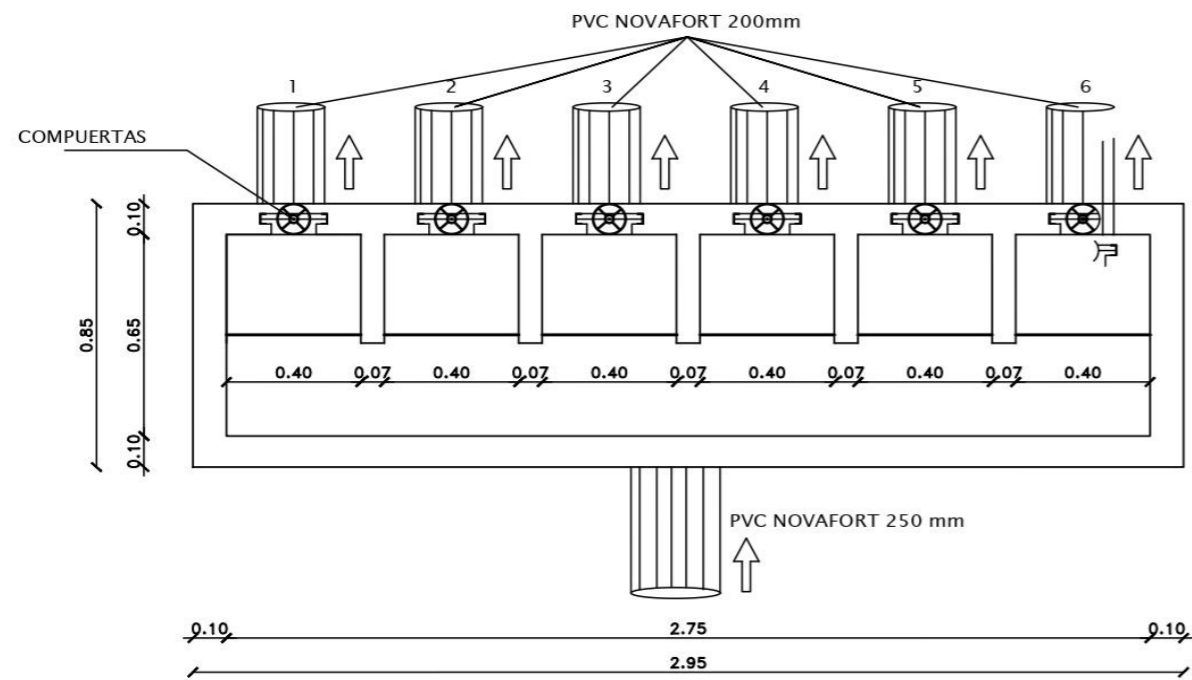
4 - 04 - 2021

ESCALA:

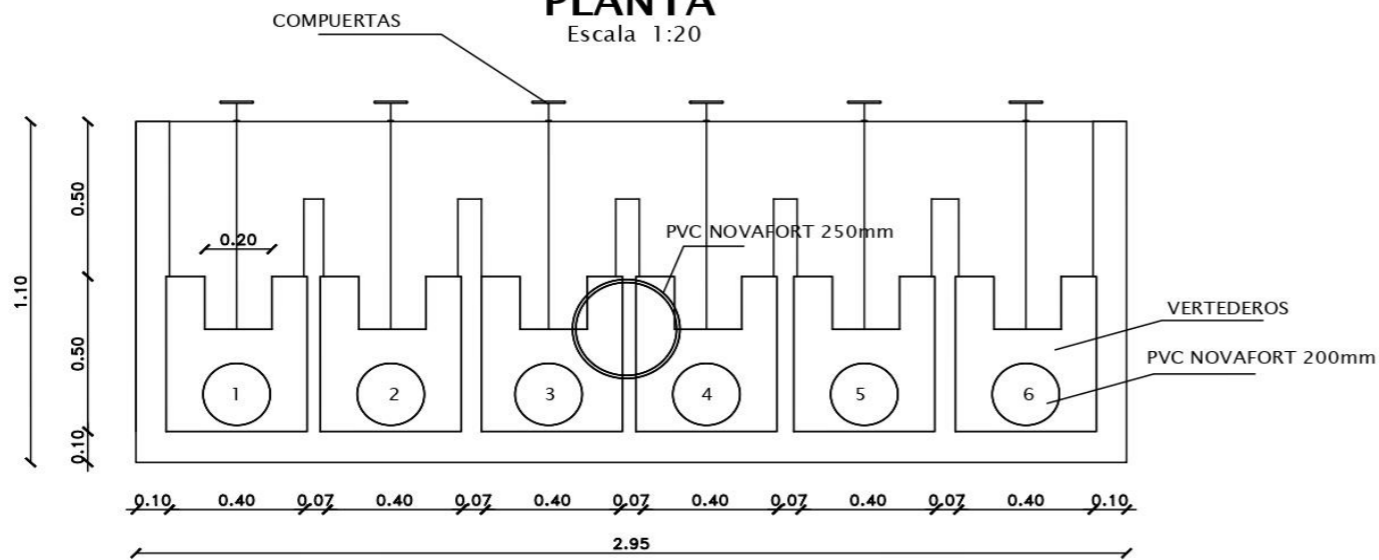
LAS INDICADAS

4

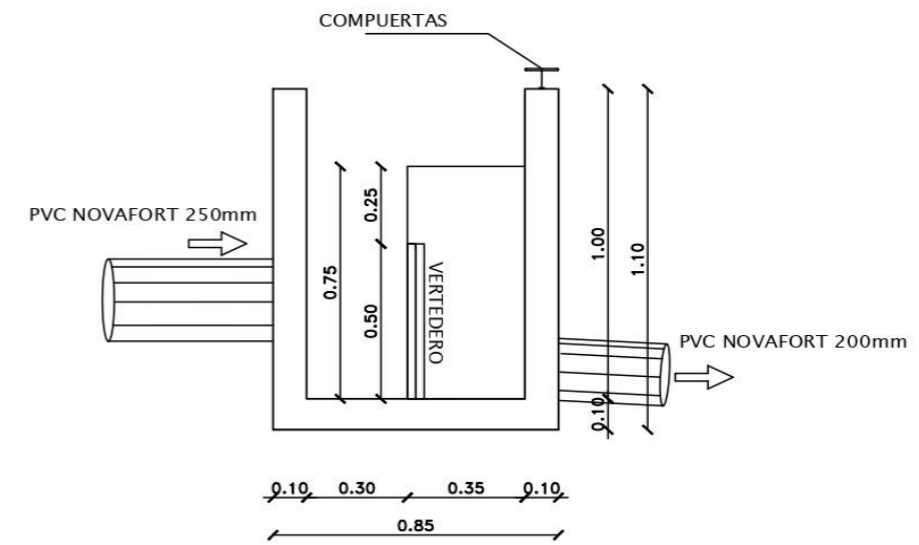
CAJA REPARTIDORA DE CAUDALES



PLANTA
Escala 1:20



SECCION LONGITUDINAL
Escala 1:20



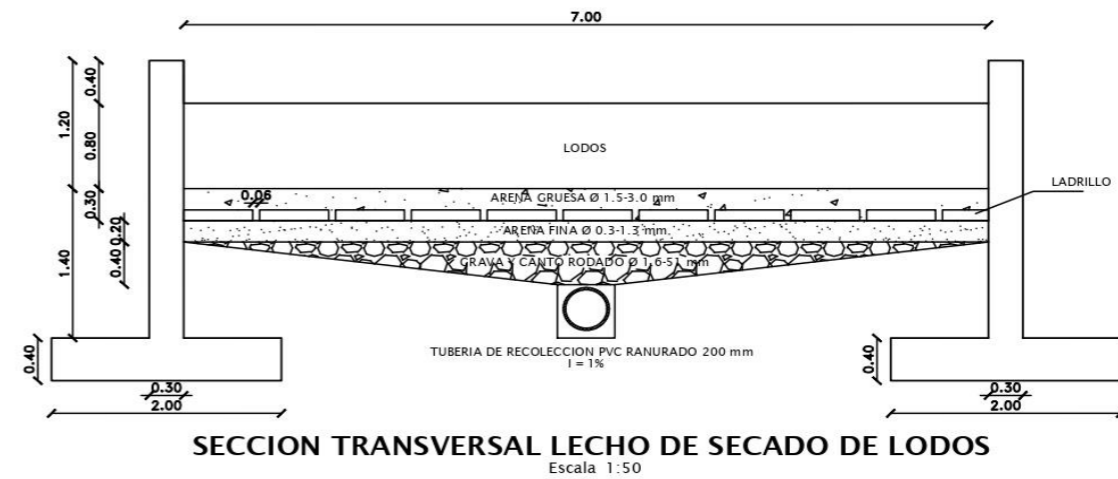
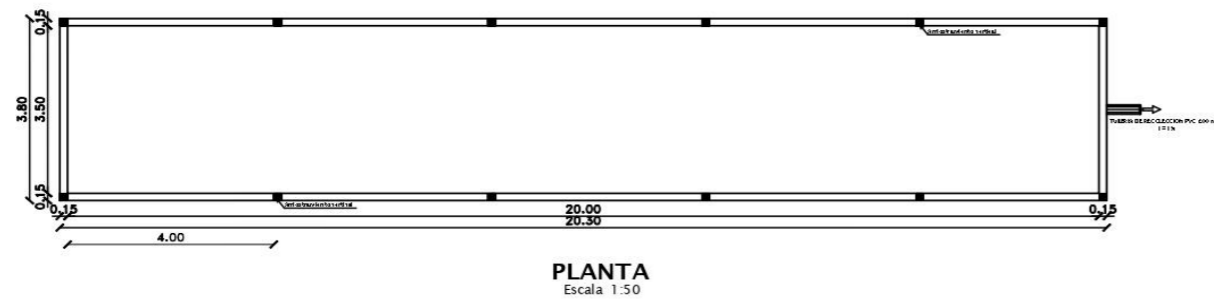
SECCION TRANSVERSAL
Escala: 1:20



UTMACH
Facultad de Ingeniería Civil

PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN	CONTENIDO: CAJA REPARTIDORA DE CAUDALES	
TEMA: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ	FECHA: 4 - 04 - 2021	5
AUTOR: YENER YOEL RIOS ROMERO	ESCALA: LAS INDICADAS	
TUTOR: ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.		

LECHO DE SECADO DE LODOS



UTMACH
Facultad de Ingeniería Civil

PROYECTO:

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ

AUTOR:

YENER YOEL RIOS ROMERO

TUTOR:

ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.

CONTENIDO:

LECHO DE SECADO DE LODOS

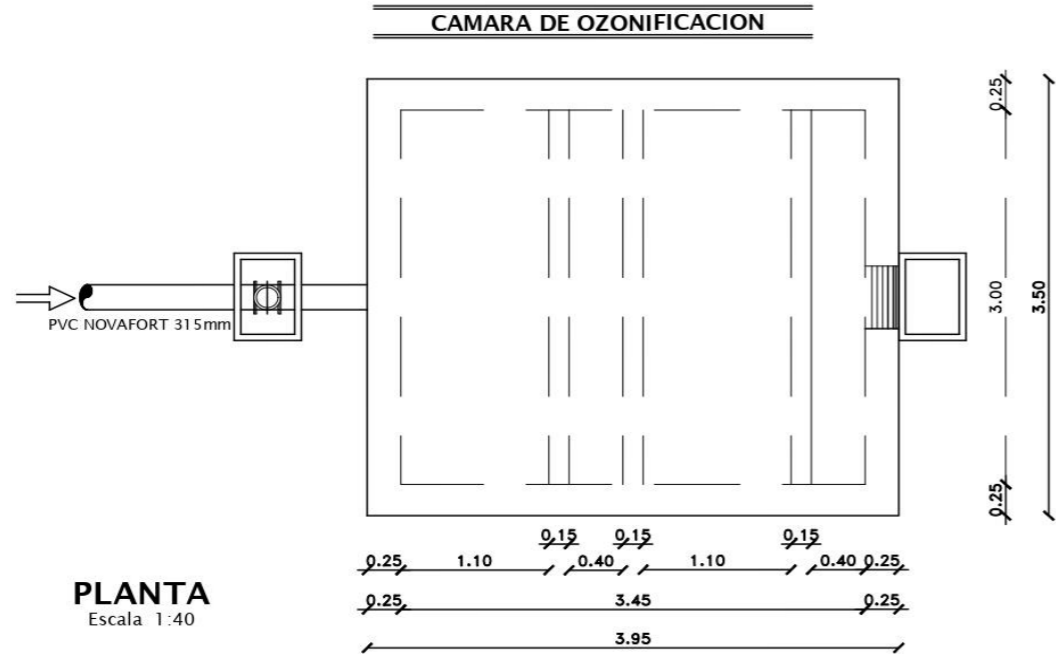
FECHA:

4 - 04 - 2021

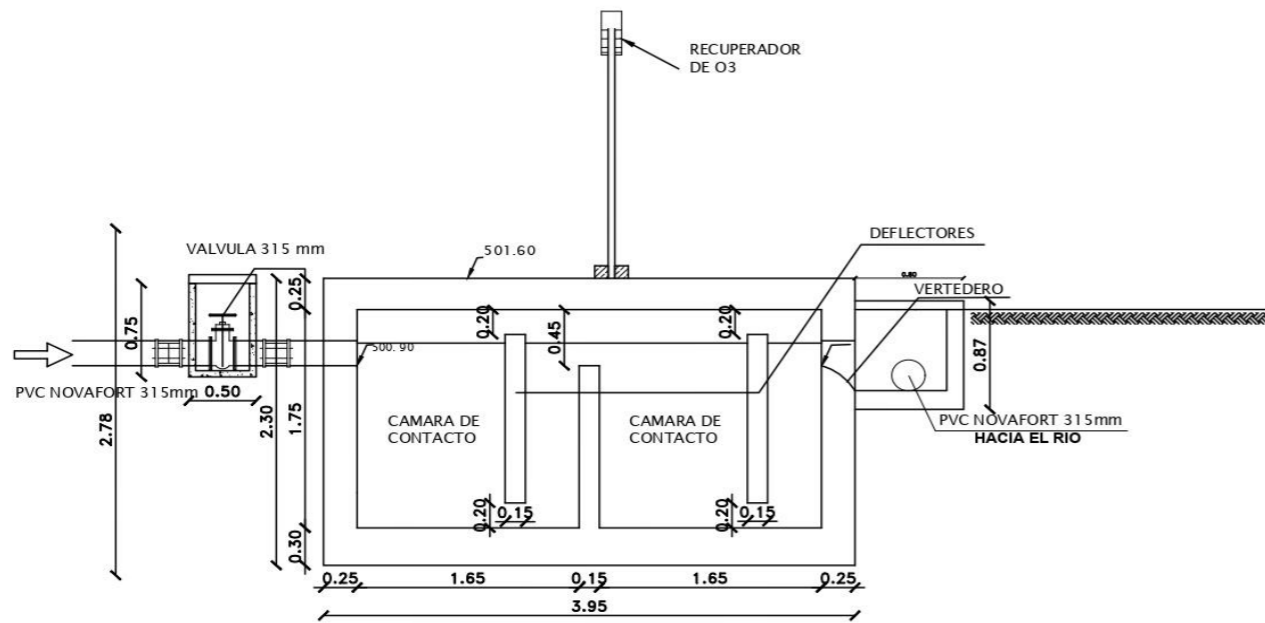
ESCALA:

LAS INDICADAS

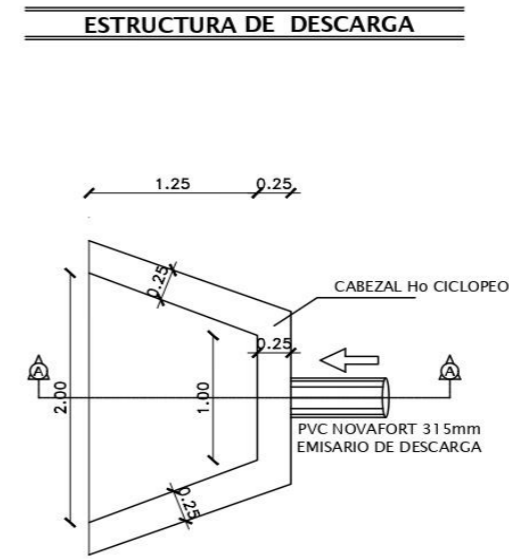
6



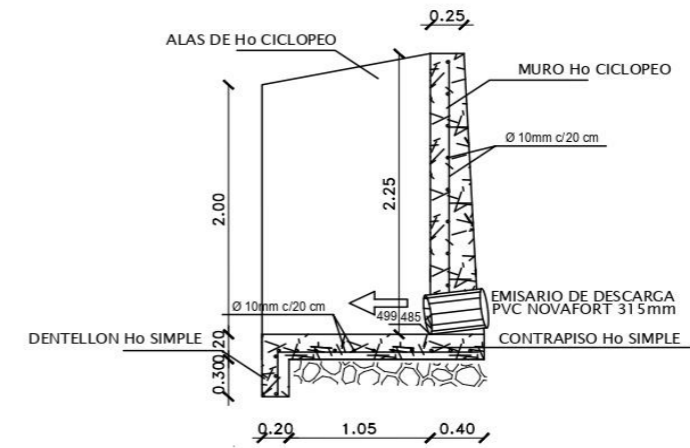
PLANTA
Escala 1:40



SECCION LONGITUDINAL
Escala 1:40



PLANTA
Escala 1:50



CORTE A-A
Escala 1:50



UTMACH
Facultad de Ingeniería Civil

PROYECTO:

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ

AUTOR:

YENER YOEL RIOS ROMERO

TUTOR:

ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.

CONTENIDO:

ESTRUCTURA DE DESCARGA
CAMARA DE OZONIFICACIÓN

FECHA:

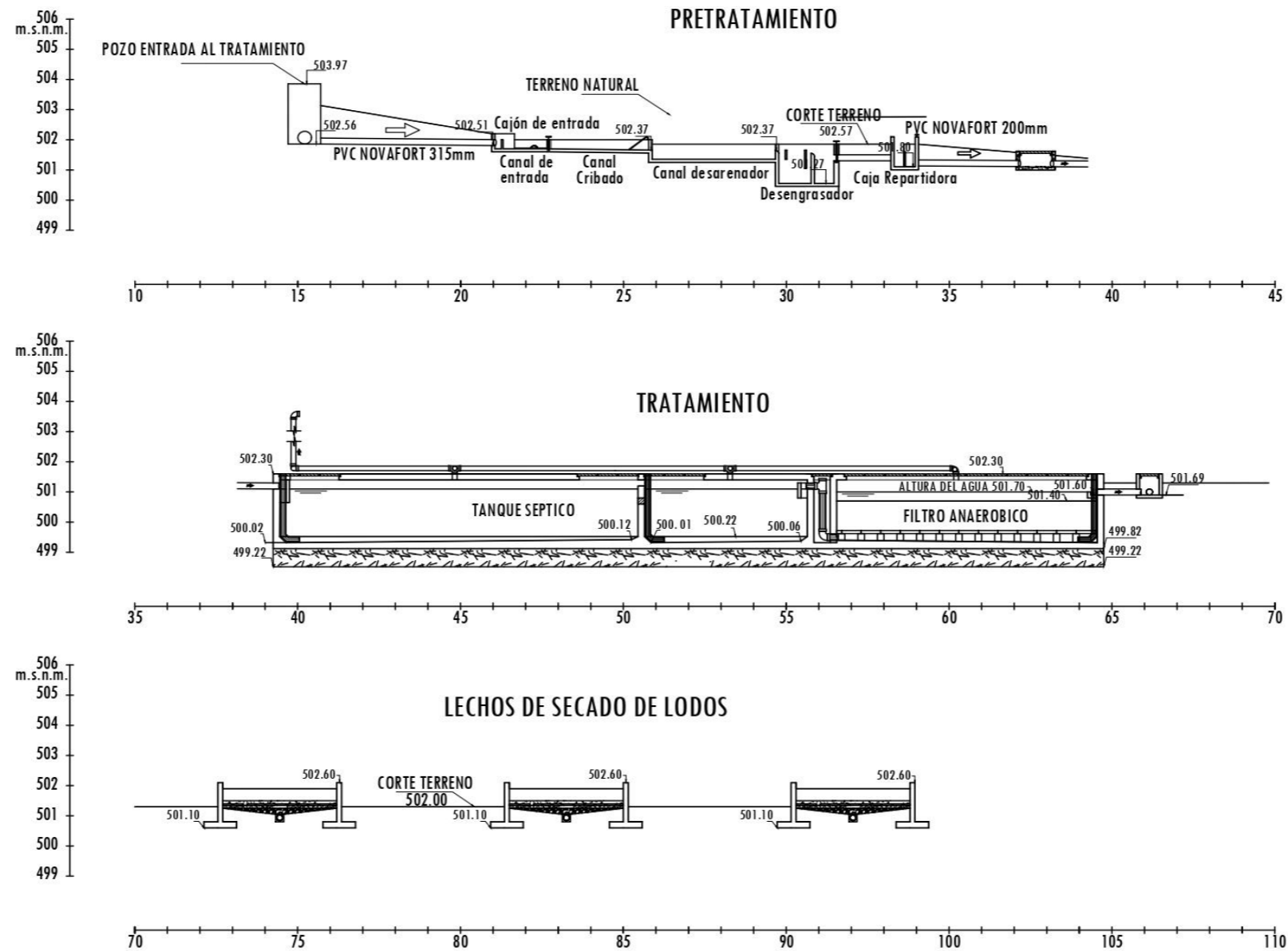
4-04-2021

ESCALA:

LAS INDICADAS

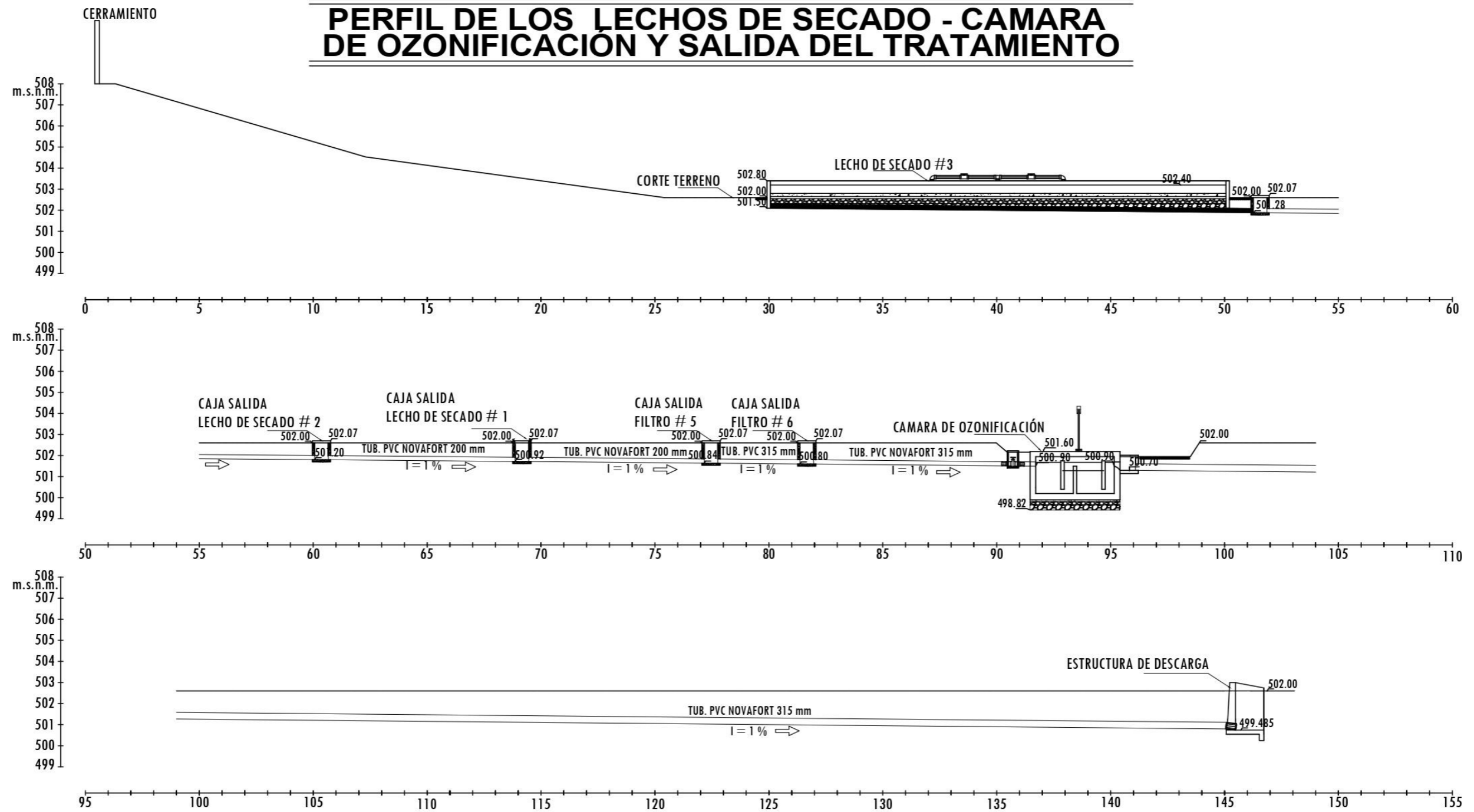
7

PERFIL DE LAS UNIDADES DEL TRATAMIENTO Y LECHOS DE SECADO DE LODOS



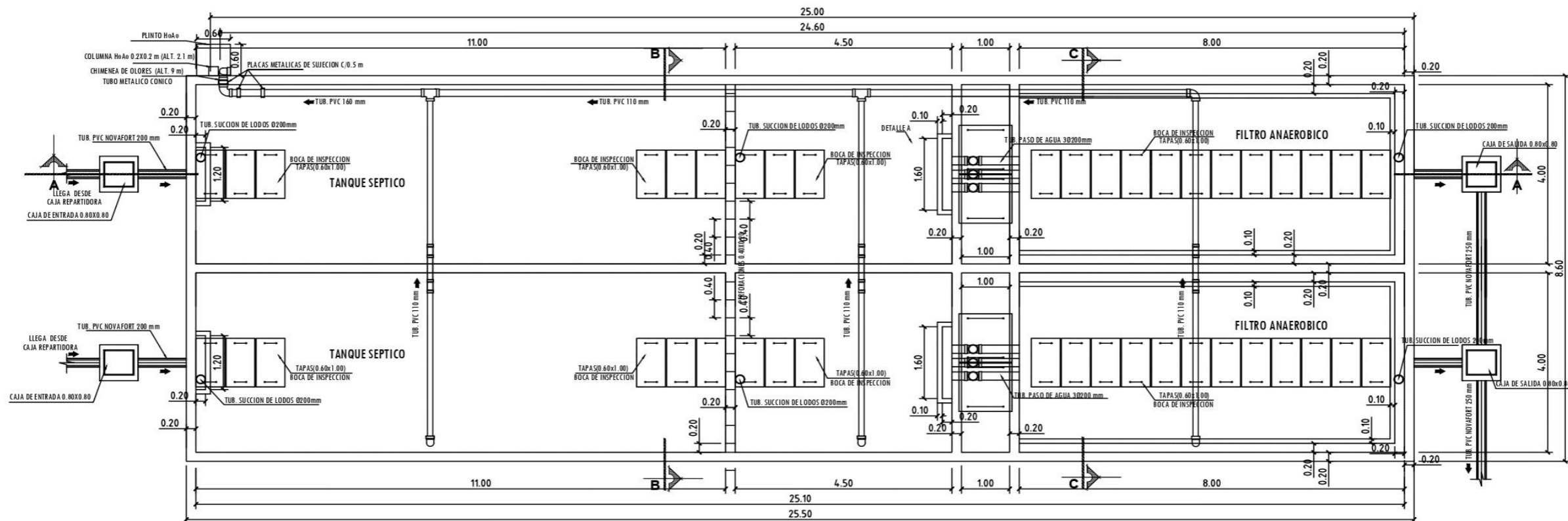
<h1>UTMACH</h1> <p>Facultad de Ingeniería Civil</p>	PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN	CONTENIDO: PERFIL DE LAS UNIDADES DEL TRATAMIENTO Y LECHOS DE SECADO DE LODOS
	TEMA: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ	<h1>8</h1>
	AUTOR: YENER YOEL RIOS ROMERO	
	TUTOR: ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.	ESCALA: 1:150

PERFIL DE LOS LECHOS DE SECADO - CAMARA DE OZONIFICACION Y SALIDA DEL TRATAMIENTO

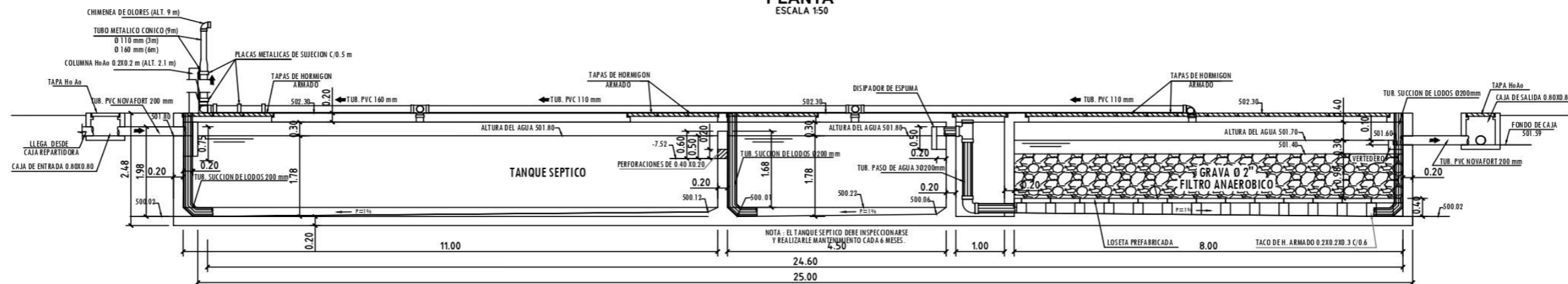


<b style="font-size: 24px; font-weight: bold;">UTMACH Facultad de Ingeniería Civil	PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN	CONTENIDO: PERFIL DE LOS LECHOS DE SECADO - CAMARA DE OZONIFICACION Y SALIDA DEL TRATAMIENTO
	TEMA: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ	FECHA: 4 - 04 - 2021
	AUTOR: YENER YOEL RIOS ROMERO	9
	TUTOR: ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.	


TANQUE SEPTICO Y FILTRO ANAEROBICO

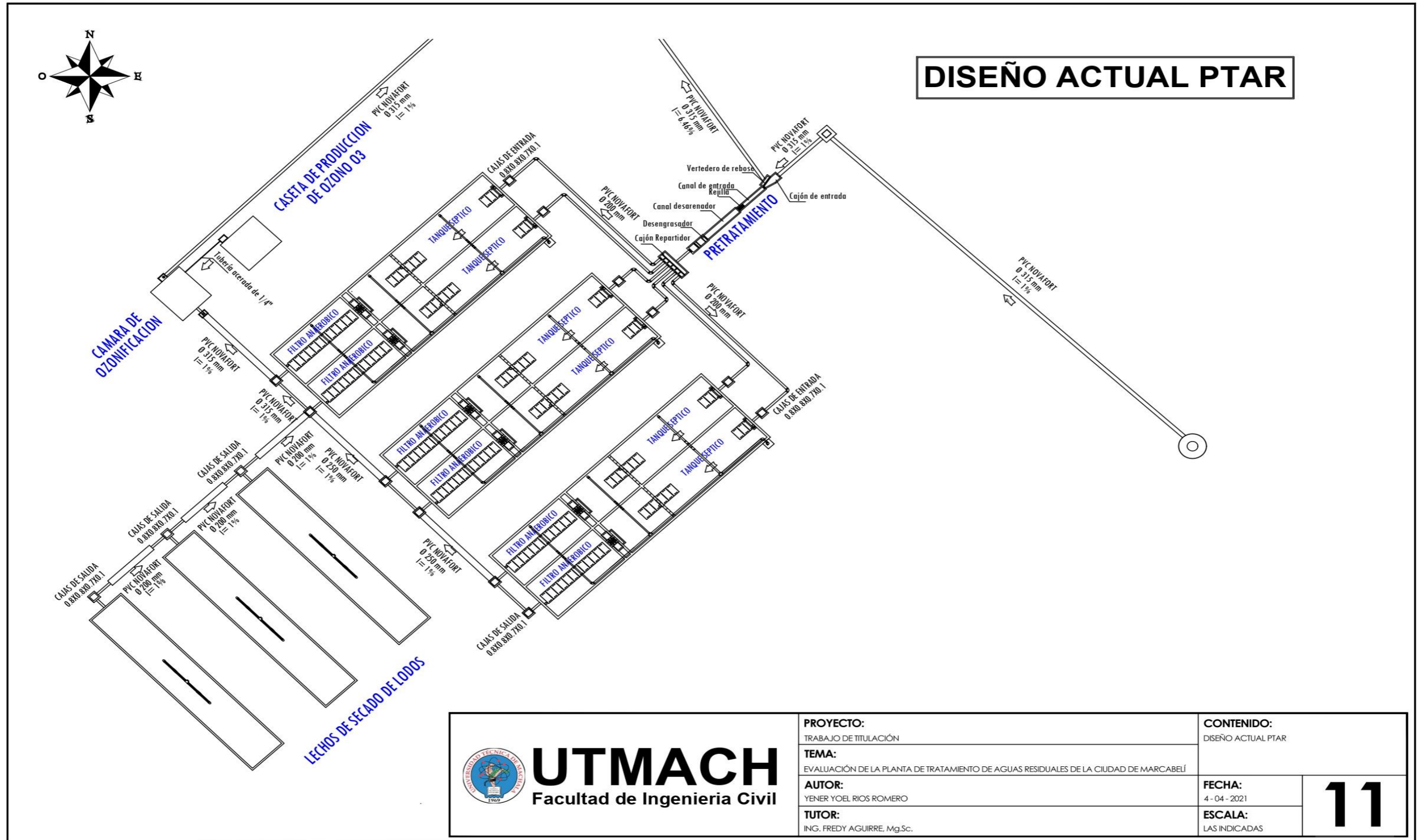


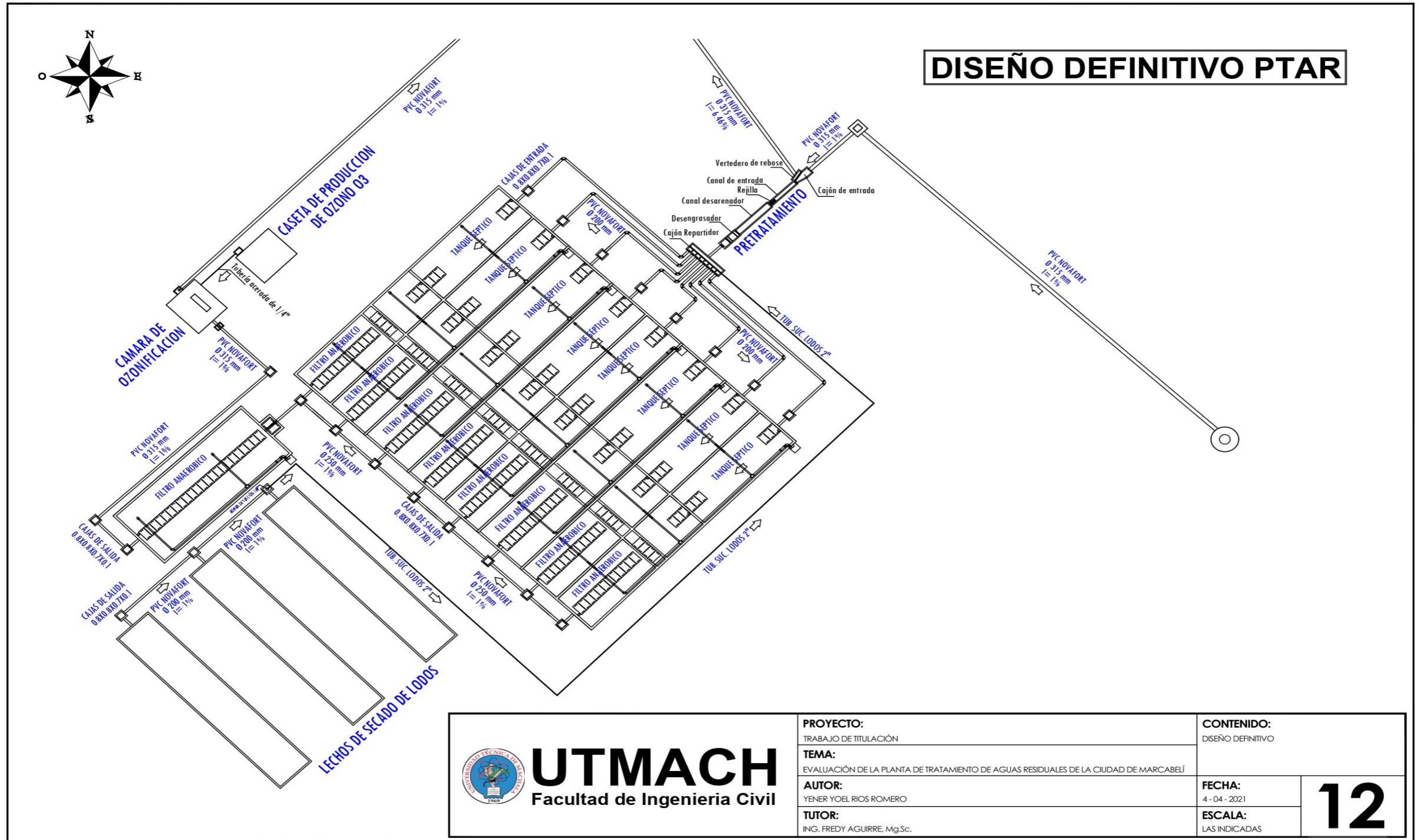
PLANTA
ESCALA 1:50



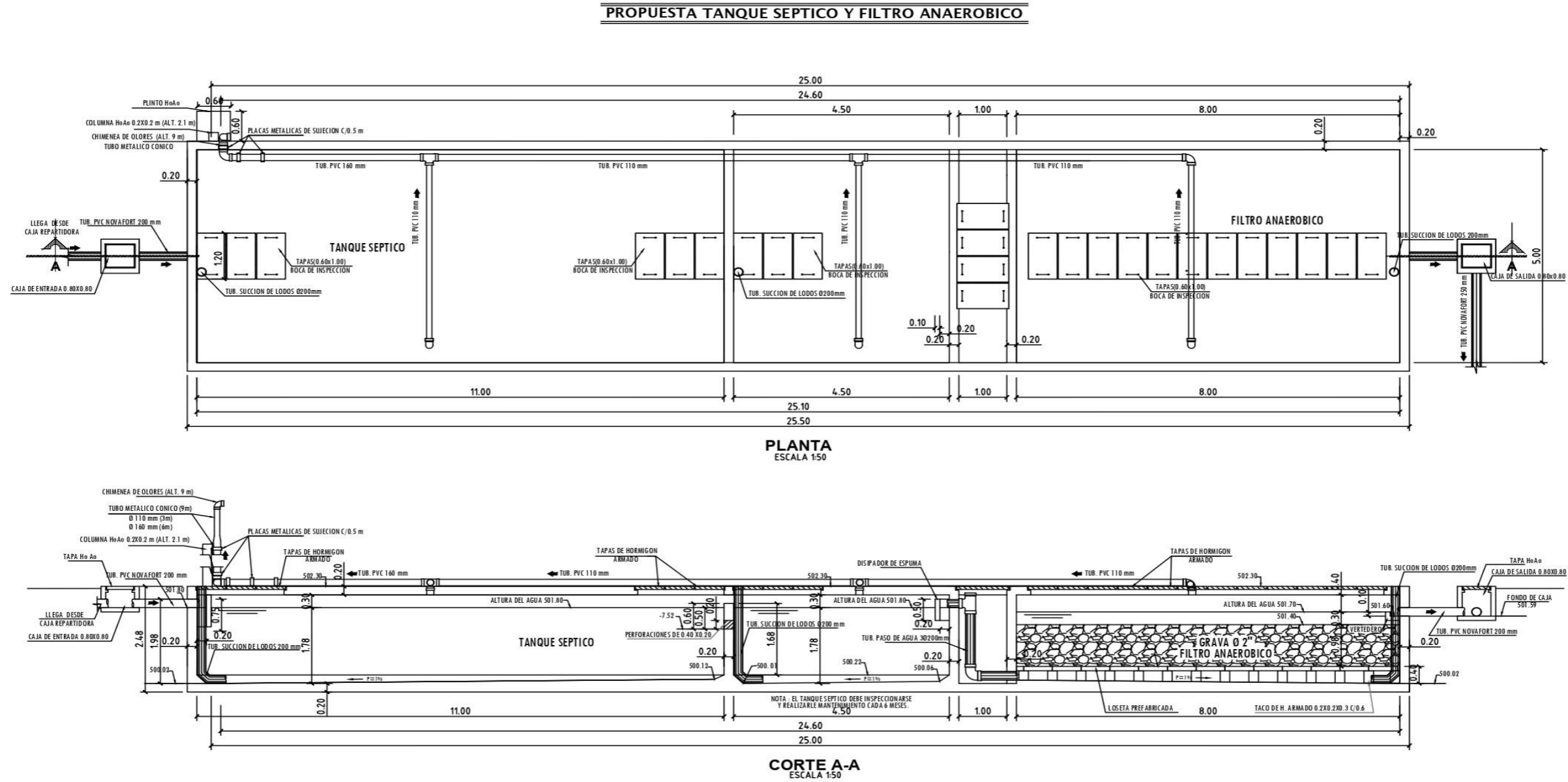
CORTE A-A
ESCALA 1:50

 <p>UTMACH Facultad de Ingenieria Civil</p>	<p>PROYECTO: TRABAJO DE TITULACION</p>	<p>CONTENIDO: TANQUE SEPTICO Y FILTRO ANAEROBICO</p>
	<p>TEMA: EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELI</p>	<p>FECHA: 4-04-2021</p>
<p>AUTOR: YENER YOEL RIOS ROMERO</p>	<p>ESCALA: LAS INDICADAS</p>	10
<p>TUTOR: ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.</p>		



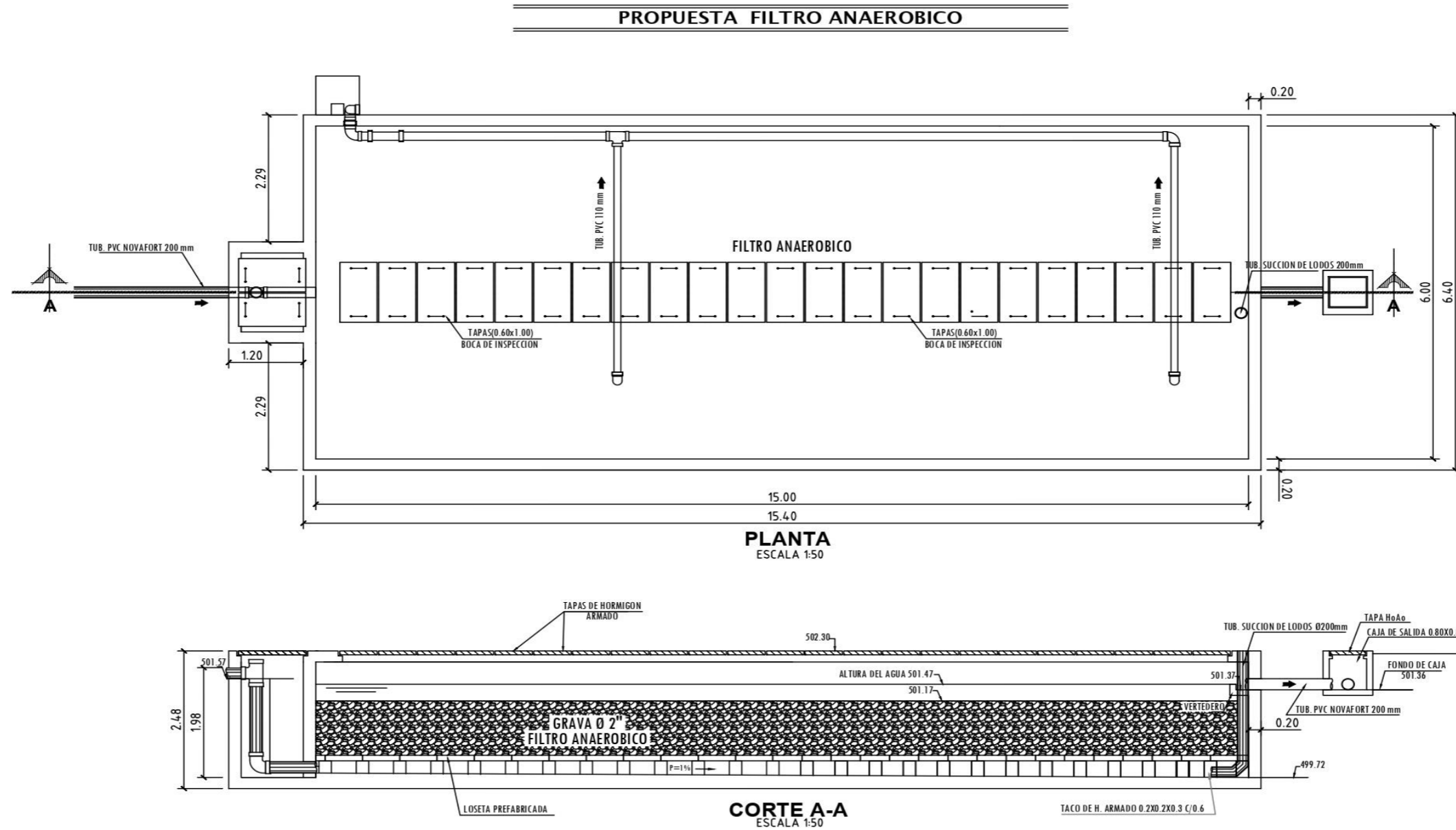



Anexo 14. Plano propuesta tanque séptico y filtro anaerobio



 <p>UTMACH Facultad de Ingeniería Civil</p>	<p>PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN</p>	<p>CONTENIDO: PROPUESTA TANQUE SEPTICO Y FILTRO ANAEROBICO</p>
	<p>TEMA: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ</p>	<p>FECHA: 4 - 04 - 2021</p>
<p>AUTOR: YENER YOEL RIOS ROMERO</p>	<p style="font-size: 48pt;">13</p>	
<p>TUTOR: ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.</p>		<p>ESCALA: LAS INDICADAS</p>

Anexo 15. Plano propuesta filtro anaerobio



 UTMACH Facultad de Ingeniería Civil	PROYECTO: TRABAJO DE TITULACIÓN	CONTENIDO: PROPUESTA FILTRO ANAEROBICO
	TEMA: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MARCABELÍ	FECHA: 4 - 04 - 2021
AUTOR: YENER YOEL RIOS ROMERO	<h1 style="font-size: 48px; margin: 0;">14</h1>	
TUTOR: ING. FREDY AGUIRRE, Mg.Sc.		ESCALA: LAS INDICADAS