



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE LA URBANIZACIÓN Y CLUB LOS ARRAYANES.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero Ambiental en Prevención y Remediación

Profesor Guía

MSc. Santiago Daniel Piedra Burgos

Autor

Danielle Alberto Calero Chiriboga

Año

2016

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientado sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Santiago Daniel Piedra Burgos
Master in Hydro Science and Engineering
CC: 1715384150

DECLARACIÓN AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Danielle Alberto Calero Chiriboga

CC: 1713337234

AGRADECIMIENTOS

A mi Papá por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por su valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi Mamá le agradezco por la confianza y el apoyo que me ha brindado que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi profesor guía Santiago Piedra, por sus conocimientos, orientaciones, su manera de trabajar y su motivación han sido fundamentales para mi formación como Ingeniero.

Y a Dios.

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

RESUMEN

Con el propósito de disminuir la contaminación en la quebrada los Arrayanes, se desarrolló una propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales del Club y Urbanización los Arrayanes. El estudio se basó en el levantamiento de información para determinar los caudales que ingresan a la planta de tratamiento, caracterización del agua residual, verificación del diseño actual de la planta de tratamiento y una propuesta de mejora para disminuir la contaminación en la quebrada de los Arrayanes.

Según los resultados obtenidos, el caudal máximo que ingresó a la planta de tratamiento durante el periodo de estudio fue de 13.65 L/m, mientras que el caudal mínimo de ingreso fue de 1.21 L/m. En los análisis de la DBO se validó que, el agua que ingresa a la planta de tratamiento tiene una concentración de DBO de 220 mg/l y en la descarga final del agua residual la concentración de DBO registrada fue de 280 mg/l.

Este trabajo logró demostrar que la planta de tratamiento no es capaz de soportar los caudales de descarga del Club y Urbanización los Arrayanes. Además, los niveles de DBO y DQO no disminuyen en el tratamiento del agua residual, debido a la acumulación de lodos activados en los tanques y que el diseño de la planta de tratamiento no es la adecuada, ya que está conformada por 4 tanques de sedimentación y 2 tanques biológicos que tienen el mismo diseño y concepto.

ABSTRACT

In order to reduce pollution in the ravine los Arrayanes, it has been developed a proposal for improving the treatment plant wastewater in the Club and Urbanization los Arrayanes. The study was based on gathering information to determine the flows entering the treatment plant, characterization of wastewater, verification of the current design of the treatment plant and a proposal for improvement to reduce pollution in the ravine los Arrayanes.

According to the results obtained, the maximum flow that entered the treatment plant during the study period was 13.65 liters per minute and the minimum flow that entered was 1.21 liters per minute. In the analysis of BOD it was found that the water entering the treatment plant has a BOD of 220 mg / l and that the final discharge of wastewater has a BOD of is 280 mg / l.

Through the development of this work it was possible to show that the wastewater treatment plant is not able to withstand the discharge flow of the Club and Urbanization los Arrayanes. Furthermore, levels of BOD and COD did not decrease in the treatment of wastewater treatment plant due to the high retention time and that the design of the treatment plant is not adequate because it is made of 4 sedimentation tanks and two biological tanks that have the same design and concept.

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Alcance del proyecto	2
1.3 Justificación del proyecto	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Calidad del Agua	4
2.2 Caracterización del Agua	5
2.3 Descripción de los parámetros para determinar la calidad	5
2.3.1 Demanda bioquímica de oxígeno.....	5
2.3.2 Demanda química de oxígeno.....	6
2.3.3 Sólidos en suspensión total.....	6
2.3.4 Sólidos disueltos totales	6
2.3.5 Potencial de Hidrógeno (pH)	7
2.3.6 Oxígeno disuelto.....	7
2.3.7 Nitrógeno total	8
2.3.8 Presencia de tensoactivos.....	8
2.4 Aguas Residuales	8
2.5 Normativas para descarga en aguas superficiales	10
2.6 Descarga de aguas residuales en las quebradas	12
2.7 Cuenca hidrográfica intermitente.....	13
2.8 Planta de tratamiento de aguas residuales.....	13
2.9 Selección de planta de tratamiento.....	14
2.10 Eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales.....	14

2.11	Tipos de planta de tratamiento.....	16
2.11.1	Tipos de reactores biológicos	16
2.11.2	Según la intensidad del proceso	17
2.11.3	El régimen operacional	17
2.12	Ventajas y desventajas de las tecnologías actuales.....	18
2.12.1	Tecnologías extensivas	18
2.12.2	Tecnologías intensivas	18
2.12.3	Tecnologías semi-intensivas.....	19
2.12.4	Tabla de comparación entre tecnologías extensivas e intensivas ...	19
2.13	Puntos de muestreo.....	20
2.14	Métodos estadísticos de tabulación de datos.....	21
2.14.1	R-Project	21
3.	CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	22
3.1	Diseño de estudio	22
3.2	Procedimiento para la toma de muestras.....	22
3.3	Caracterización de muestras: métodos.....	24
4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
4.1	Análisis de caudales de entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales.....	29
4.2	Análisis de DBO en el agua residual doméstica de la Urbanización y Club los Arrayanes	31
4.3	Comparación de DBO de entrada antes y después del pico de descarga	36
4.4	Determinación de eficiencia de la planta de tratamiento de agua residuales del Club y Urbanización los Arrayanes	37
4.5	Comparación de la infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales de Arrayanes con las Normas INEN aplicables para el diseño	40

4.6 Propuestas de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales	45
4.6.1 Pretratamiento y acondicionamientos de ingreso	45
4.6.2 Desarenadores	46
4.6.2.1 Componentes de un desarenador	46
4.6.2.2 Criterios de diseño para un desarenador.....	47
4.6.3 Tanques de sedimentación	49
4.6.3.1 Componentes de un sedimentador.....	49
4.6.3.2 Criterios de diseño para un sedimentador	50
4.6.4 Tratamiento biológico mediante filtros percoladores	51
4.6.4.1 Componentes de un filtro percolador.....	51
4.6.4.2 Criterios de diseño de un filtro percolador	52
4.6.5 Diseño actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Urbanización y Club los Arrayanes	54
4.6.5.1 Vista Superior	55
4.6.5.2 Corte A – A’	56
4.6.5.3 Corte B – B’	57
4.6.5.4 Corte C – C’	58
4.6.5.5 Corte D – D’	59
4.6.5.6 Corte E – E’	60
4.6.6 Diagrama de flujo del tratamiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Urbanización y Club los Arrayanes .	61
4.6.7 Diagrama de flujo de la propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales del Club y Urbanización los Arrayanes	62
5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1 Conclusiones	63
5.2 Recomendaciones	64
6. REFERENCIAS	65
7. ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aportes per cápita para aguas residuales domésticas.....	9
Tabla 2. Aportes per cápita de los diferentes componentes del agua residual doméstica.	10
Tabla 3. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el acuerdo ministerial 028, Anexo vigente.....	11
Tabla 4. Comparación entre Tecnologías para tratamientos de aguas residuales.....	20
Tabla 5. Horario establecido para realizar el muestreo del caudal	23
Tabla 6. Muestreo en la planta de tratamiento de aguas residuales.....	24
Tabla 7. Volúmenes de Muestra y Factor de corrección establecidos en el manual de uso de las botellas Oxitop.....	25
Tabla 8. Comparativo de infraestructura de la planta de tratamiento actual con la normativa INEN	40
Tabla 9. Parámetros de diseño para filtros percoladores de alta o de baja carga.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mediciones del caudal que ingresó a la planta de tratamiento después del pico de descarga de las 8:00 de la mañana.....	30
Figura 2. Mediciones del caudal que ingresó a la planta de tratamiento antes del pico de descarga de las 6:00 de la mañana.	31
Figura 3. Carga que ingresó a la planta de tratamiento antes del pico de descarga de las 6:00 de la mañana.	33
Figura 4. Carga que ingresó a la planta de tratamiento antes del pico de descarga de las 12:00 de la tarde.	33
Figura 5. Carga que ingresó a la planta de tratamiento antes del pico de descarga de las 18:00 de la tarde.	34
Figura 6. Carga que ingresó a la planta de tratamiento después del pico de descarga de las 8:00 de la mañana.	34
Figura 7. Carga que ingresó a la planta de tratamiento después del pico de descarga de las 15:00 de la tarde.	35
Figura 8. Carga que ingresó a la planta de tratamiento después del pico de descarga de las 20:00 de la noche.....	35
Figura 9. DBO que ingresó a la planta de tratamiento antes de los picos de descarga.....	36
Figura 10. Carga que ingresó a la planta de tratamiento después de los picos de descarga.	37
Figura 11. Comparación de la carga que es descargada y la que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales de Arrayanes. El gráfico de arriba demuestra la carga que fue descargada, mientras que el de abajo la carga de materia orgánica que fue tratada.....	38
Figura 12. Desarenador planta y corte longitudinal	47
Figura 13. Diseño de un desarenador en paralelo.....	47
Figura 14. Diseño del by-pass	48
Figura 15. Ángulo de transición	48
Figura 16. Entrada a la zona de transición	48
Figura 17. Sedimentador planta y corte longitudinal.....	49
Figura 18. Ubicación de los difusores en el tanque sedimentador	50

Figura 19. Ubicación de los orificios en el tanque sedimentador.....	51
Figura 20. Estructura de un filtro percolador.....	53
Figura 21. Diseño de la planta de aguas residuales del Club y Urbanización actual.....	54
Figura 22. Descripción de la vista superior de la planta de tratamiento	55
Figura 23. Descripción del Corte A de la planta de tratamiento en metros.....	56
Figura 24. Descripción del Corte B de la planta de tratamiento en metros.....	57
Figura 25. Descripción del Corte C de la planta de tratamiento en metros	58
Figura 26. Descripción del Corte D de la planta de tratamiento en metros	59
Figura 27. Descripción del Corte E de la planta de tratamiento en metros.....	60
Figura 28. Diagrama de Flujo del tratamiento del agua residual	61
Figura 29. Diagrama de Flujo de la propuesta para el diseño de la futura planta tratamiento	62

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las aguas residuales de la Urbanización y Club los Arrayanes no son tratadas por la planta de tratamiento, debido al escaso mantenimiento efectuado. En la actualidad, las aguas residuales son descargadas directamente hacia la quebrada de los Arrayanes generando un foco de contaminación y problemas ambientales. Los estudios realizados por el gobierno autónomo descentralizado de Puenbo y Pifo, indican que la contaminación generada por el Club y la Urbanización los Arrayanes ha contribuido con el deterioro de los ecosistemas y a los cuerpos hídricos de la zona (GAD Tumbaco, 2012).

Las alteraciones a los ecosistemas de la zona debido a las aguas residuales descargadas, han generado la presencia de vectores dentro de la quebrada, como roedores y producción de malos olores. La propagación de los roedores en los ecosistemas afectan de forma negativa, debido principalmente a que representan vectores de contaminación en el sector en el que viven y se alimentan (Storey, 2002) de forma que mejorar el tratamiento de aguas residuales es un tema urgente y necesario para precautelar la integridad y salud de la población del sector. Además, el cauce natural que se genera en la quebrada durante la temporada de lluvias, provoca que toda la contaminación de las aguas residuales arribe al río Chiche arrastrada por las escorrentías superficiales (Carrera, 2011), debido a que la planta de tratamiento de Arrayanes no puede soportar todo el cauce generado.

El escaso tratamiento de las aguas residuales en la planta de tratamiento de Arrayanes ha causado malestar dentro de la urbanización, debido principalmente a la generación de malos olores en época seca, mientras que en la época lluviosa el caudal pico sobrepasa la capacidad de la planta de tratamiento, e incluso se produce esparciendo de desechos por la cancha de golf. Además, debido al mal diseño que tiene la planta de tratamiento, existen sólidos gruesos, animales muertos y heces fecales dentro de la planta, las que

se han ido acumulando con el tiempo y disminuyendo la efectividad y eficiencia de la planta.

Una de las características de las aguas residuales es que contienen un alto nivel de materia orgánica. Cuando son descargadas a los cuerpos de agua, estas afectan principalmente a la demanda bioquímica de oxígeno, turbiedad y sólidos suspendidos (Méndez, 2007). Cuando existe una gran concentración de materia orgánica en las aguas superficiales, se produce una descompensación que genera mayor presencia de microorganismos que disminuyen la concentración de oxígeno e incrementan la temperatura del agua (Pérez & Robledillo, 2009, p. 97).

En este contexto, existe la necesidad de rediseñar la planta de tratamiento de aguas residuales de la Urbanización y Club los Arrayanes, lo que protegerá al ecosistema alrededor de la quebrada ubicada dentro del Club, y evitará una sanción económica por parte del Ministerio del Ambiente, la cual estaría motivada por incumplimiento con los límites máximos permisibles de parámetros de fluidos a descargar en fuentes superficiales.

1.2 Alcance del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un rediseño de la planta de tratamiento que se encuentra en la Urbanización y Club los Arrayanes, para garantizar su funcionamiento óptimo, así como la disminución del impacto de la descarga de aguas residuales en la quebrada, actividad que debe cumplir con los requerimientos establecidos en la normativa ambiental.

Para realizar la propuesta de mejora, se determinó la caracterización de las aguas residuales, y la cuantificación de los caudales que ingresan a la planta de tratamiento. Dentro de la caracterización se estableció el tipo de contaminantes que están presentes en el agua residual, y se analizó la concentración de materia orgánica que ingresa a la planta de tratamiento. La eficiencia de la planta fue validada mediante una caracterización cuantitativa de la concentración de materia orgánica que ingresa y sale de la planta, a partir de

los caudales mínimos y máximos que ésta recibe. También se verificó la influencia de los caudales en el proceso de tratamiento del agua residual.

1.3 Justificación del proyecto

La planta de tratamientos del Club y Urbanización Arrayanes no está cumpliendo la normativa ambiental, debido a que no funciona de forma adecuada. Esto provoca que se descarguen las aguas residuales domésticas, directamente en la quebrada, lo que afecta al ecosistema, y por ende se deteriora el ambiente de la zona.

Mediante este proyecto se propone mejorar la planta de tratamiento de aguas residuales, lo que protegería el ecosistema que se encuentra dentro de la quebrada de los Arrayanes. La propuesta evitaría que se sigan descargando las aguas residuales sin cumplir con los límites máximos permitidos, según los parámetros de la quebrada, ya que existe un cauce de río estacional que se genera dentro de la quebrada en la temporada lluviosa.

Las quebradas tienen una gran importancia ambiental y ecológica, lo cual se debe a que generalmente son una fuente de agua, y por tanto concentran una gran variedad de vida (Ros, 1995, p. 23). Debido a la cultura manejada tradicionalmente por la sociedad, estos accidentes geográficos han sido tratados como un basurero, lo que ha motivado que en la actualidad se generen leyes para la protegerlas; sin embargo, el desconocimiento, ha incidido en la deforestación de las quebradas, dejándolas completamente expuestas (Madroño, 2006).

La descarga de aguas residuales altera el ciclo hídrico de la cuenca y disminuye la biodiversidad acuática (Navarrette, 2001, p. 91). Por esta razón, es necesario establecer un plan de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales de la Urbanización y Club los Arrayanes, y determinar los contaminantes que están siendo liberados hacia la quebrada y al río Chiche cuando existe un desborde por caudales que sobrepasan la capacidad actual de la planta, más aún debido al valor ecológico de la zona, al albergar una

fauna de aves, insectos y pequeños mamíferos (Müller-Sämman Y Restrepo, 1997, pp. 95-104).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Rediseñar la planta de tratamiento de aguas residuales para disminuir la contaminación de la quebrada de los Arrayanes de la Urbanización y Club los Arrayanes.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los caudales y calidad de las descargas de aguas residuales de la Urbanización y Club los Arrayanes.
- Evaluar la eficiencia de la planta actual de tratamiento de aguas residuales de la Urbanización y Club los Arrayanes.
- Elaborar un plan de mejoras en el diseño de la planta de tratamientos de aguas residuales en la Urbanización y Club los Arrayanes.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Calidad del Agua

La calidad del agua se relaciona a las condiciones en las que esta se encuentra con respecto a sus características físicas, químicas y biológicas. Ésta puede encontrarse en su estado natural o puede ser alterada por las actividades humanas. El concepto de calidad del agua ha sido vinculado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que la calidad del agua cumple con ciertas características necesarias para ser utilizada (OMS, 2006). Hoy en día el concepto de calidad del agua también es utilizado en la parte ambiental, debido a que las actividades humanas alteran las propiedades naturales del agua y ésta debe cumplir con ciertos requisitos para poder ser liberada en el ambiente (FAO, 2008).

2.2 Caracterización del Agua

La caracterización del agua se determina mediante las características físicas, químicas y biológicas del agua. Es una forma de medir la condición del agua en relación con los requisitos que establece una ley (OMS, 2006).

Dentro de los parámetros considerados para determinar la calidad del agua, para el agua residual doméstica se hace mayor énfasis en la parte de la carga orgánica, pH, temperatura, también valores de PO₄ (fosfato) y NO₃ (nitrato), oxígeno disuelto, bacterias, coliformes en aguas de descarga, etc. (Orellana, 2005). Los requisitos máximos para determinar la calidad del agua residual que puede ser descargada, se relacionan directamente con la salud del ecosistema receptor, es decir, la capacidad de un ecosistema de tolerar cierta contaminación sin que éste se vea afectado (Payeras, 2013).

Las aguas residuales domésticas tienden a seguir un patrón, debido a que tienen las mismas características pero varían en diferentes cantidades y concentraciones. Esto se debe a que existen diferentes factores que afectan la calidad del agua como: la población, la cultura y la ubicación geográfica. Para determinar la calidad del agua residual es necesario entender cuáles son las características más importantes y cómo estas afectan la calidad del agua (Escobar, 2002).

2.3 Descripción de los parámetros para determinar los indicadores de calidad

Dentro de los parámetros para determinar los indicadores de calidad se manejará la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos en suspensión total, sólidos disueltos totales y otros.

2.3.1 Demanda bioquímica de oxígeno

Es un método de ensayo que se utiliza para medir el grado de contaminación que presenta el agua. La (DBO) es un método que cuantifica la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos al degradar la materia orgánica

(Santambrioso, 2012). La curva de consumo de oxígeno tiende a ser al principio baja, debido a que los microorganismos pasan por un periodo de adaptación a un medio que inhibe los procesos fotosintéticos. Por lo general la DBO se mide durante 5 días de reacción y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l) (Rodríguez, 1998).

2.3.2 Demanda química de oxígeno

Es un parámetro que determina la cantidad de sustancias que son susceptibles a ser oxidadas por métodos químicos en un medio líquido. La demanda química de oxígeno se expresa en miligramos de oxígeno diatómicos por litro (mg O₂/l) (Rodríguez, 1998). Se debe tomar en cuenta que este método se utiliza principalmente para medir la concentración de materia orgánica en el agua. Este es afectado debido a la presencia de sustancias inorgánicas que son propensas a ser oxidadas como: sulfuros, sulfitos y yoduros, las cuales también se ven reflejadas en el ensayo (Santambrioso, 2012).

2.3.3 Sólidos en suspensión total

Los sólidos en suspensión total o SST constituyen un parámetro que se utiliza en el tratamiento de las aguas residuales. Éste indica la cantidad de sólidos presentes en estado de suspensión que pueden ser separados por métodos mecánicos, como por ejemplo: filtración, sedimentación o centrifugación. Normalmente se expresa en ml/l. El método que se utiliza para determinar la cantidad de sólidos en suspensión total es el cono de Imhoff, donde se deja reposar el agua residual y permitir la sedimentación de los STT por un tiempo determinado (Baquero, Larra-Borrero, & Torres, 2011, pp. 90-96).

2.3.4 Sólidos disueltos totales

Los sólidos disueltos totales (TDS) corresponden al contenido combinado de todas las sustancias orgánicas e inorgánicas que existen en un medio líquido; estas moléculas se encuentran ionizadas y forman coloides, por lo que no suelen sedimentarse y se diferencian de los sólidos suspendidos totales ya que

estos no pueden atravesar un medio filtrante de dos micrómetros (Baquero, Larra-Borrero, & Torres, 2011, pp. 90-96). Estos sólidos no sedimentables son los causantes de turbiedad en el agua.

2.3.5 Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH es una escala para determinar la acidez o la alcalinidad de una solución, el pH mide la concentración de hidrógeno $[H]^+$ que se encuentran en determinadas disoluciones (Sepúlveda, 2004). Se trata de un indicador que permite conocer el grado de acidez o alcalinidad en el agua, pues un pH bajo podría indicar que el agua puede ser ácida y corrosiva.

2.3.6 Oxígeno disuelto

Este método mide la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelta en el agua, es un parámetro que indica la contaminación presente en un agua o valida su nivel de aptitud para ser utilizada en las plantas, animales o microorganismos. Generalmente, cuando hay mayor presencia de oxígeno disuelto en el agua es de mejor calidad, si los niveles de oxígeno disuelto se encuentran demasiado bajos los peces u otros organismos no pueden sobrevivir (Sette, Jiménez, & de Lora, 1990, pp. 20-29).

El oxígeno disuelto en el agua es resultado del proceso de autodepuración o de la cantidad de O_2 que se absorbe por el intercambio aire-agua, y que a mayor turbulencia, genera un mayor enriquecimiento. La fotosíntesis de las plantas acuáticas también proporciona oxígeno al agua y debido a esto durante el día, cuando hay demasiadas plantas en un medio acuático, suele existir una sobre saturación de oxígeno disuelto. Además, existen otros factores que se tienen que tomar en cuenta como: salinidad, altitud y temperatura (González, 2011).

Los niveles de oxígeno disuelto disminuyen cuando un medio presenta material orgánico en descomposición, debido a que las bacterias necesitan oxígeno para descomponer los desechos orgánicos y, por lo tanto disminuyen el oxígeno del agua (Owen, 2006).

2.3.7 Nitrógeno total

Este procedimiento toma en cuenta el nitrógeno orgánico que puede estar presente como proteínas o ácidos nucleicos en diversos estados de degradación y el ion amonio NH_4^+ . Las aguas tienden a disminuir la presencia de oxígeno disuelto cuando hay demasiada concentración de nitrógeno, debido a que éste es un elemento esencial para los microorganismos y lo requieren para su metabolismo (Jlménez, 2001, pp. 67-69).

2.3.8 Presencia de tensoactivos

La presencia de tensoactivos en el agua residual influye en la eficiencia de los procesos de la degradación de la materia orgánica. Especialmente en los procesos bioquímicos de la reducción del fósforo, donde si la concentración de tenso activos es mayor de 50 mg/l se promueve una mayor liberación de fósforo en condiciones anaeróbicas (Tomczak-Wandzel, Dereszewska, Cytawa, & Medrzycka, 2011). La reducción de la demanda química de oxígeno se vuelve más lenta cuando las concentraciones de tensoactivos son mayores (Ostroumov, 2006, pp. 231-232).

2.4 Aguas Residuales

Las aguas residuales son aquellas cuya calidad ha sido afectada de manera negativa por las actividades humanas. La clasificación de aguas residuales se determina según su origen; por esto, los tipos de aguas residuales son: Domésticas, Industriales y otras que resultan de la mezcla de las anteriores (CuidoelAgua.org, 2009). Debido a su importancia, las aguas residuales son transportadas por sistemas de canalización, y deben recibir un tratamiento que evite que este tipo de agua genere graves problemas ambientales (Sans & de Pablo, 1989, pp. 67-68).

Las aguas residuales domésticas, también conocidas como grises, se caracterizan por ser de origen antropológico. Este tipo de aguas residuales corresponde a las generadas en el lavado doméstico y otras que provienen del

sistema de drenajes que son recogidas en el alcantarillado. En este grupo también se mencionan las aguas fecales o negras, que no se pueden reutilizar (Sans & de Pablo, 1989, pp. 67-68).

Las aguas residuales urbanas suelen presentar homogeneidad en cuanto a su composición de DBO, DQO, y nitrógeno como amoníaco (ver Tablas 1 y 2). Sin embargo, esta uniformidad presenta márgenes extremadamente amplios, que varían según los factores de la población como: número de personas, cultura, clima y la presencia de industrias (Restrepo, et al, 2007, p. 207).

Tabla 1. Aportes per cápita para aguas residuales domésticas.

Componente	DBO	DQO	NH3-N
	g/(Hab.d)	g/(Hab.d)	g/(Hab.d)
Aguas Grises	25.15	51.63	0.442
Lavadero de Cocina	9.2	18.8	0.074
Baño	6.18	9.08	0.043
Lavabo Baño	1.86	3.25	0.009
Lavado de Ropa	7.9	20.3	316
Excretas	23.54	67.78	2.78
Construcción Total	48.69	119.41	3.22

Tomado de Servicio Ecuatoriano de Normalización capítulo 10 "Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales", p. 221

Tabla 2. Aportes per cápita de los diferentes componentes del agua residual doméstica.

Parámetro	Intervalo	Valor Sugerido
DBO 5 días, 20 °C, g/(Hab.d)(1)	36- 78	50
Coliformes totales, NMP/(Hab.d) (2)	60-115	90
Salmonella Sp (Hab.d) (3)	7.4-11	8.4
Nematodos intestinales, (Hab.d) (4)	9.3-13.7	12
	2x10 ⁸ – 2x10 ¹¹	2 x 10 ¹¹ 10 ⁸ 4 x 10 ¹¹

Tomado de Servicio Ecuatoriano de Normalización capítulo 10 “Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales”, p. 222

2.5 Normativas para descarga en aguas superficiales

La normativa que se aplica para las descargas de aguas residuales en cuerpos hídricos superficiales, es el Acuerdo Ministerial 061 publicado el 5 de Mayo del 2015. El acuerdo ministerial derogó el libro VI del TULSMA y el acuerdo ministerial 028, el que fue publicado el 13 de Febrero del 2015 donde especifica que:

“ÚNICA.- Se derogan expresamente los siguientes Acuerdos Ministeriales: El Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente con los Anexos: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo 1), Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados (Anexo 2), Norma de Emisiones al Aire desde Fuentes fijas de Combustión (Anexo 3), Límites Permisibles de Niveles de Ruido Ambiente para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles, y para Vibraciones (Anexo 5).”

El acuerdo ministerial 028 propone nuevas tablas de límites permisibles para las descargas de agua residual en aguas superficiales, eliminando todos los

anexos establecidos por el TULSMA. Y, el acuerdo ministerial 061 establece que se mantendrán los Anexos, tal como lo indicó la Décima Primera transitoria, dando a entender que los Anexos y las tablas de límites permisibles del acuerdo ministerial 028 publicado el 13 de Febrero del 2015 se encuentran vigentes:

“DÉCIMA PRIMERA.- En tanto no sean derogados expresamente los anexos establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 028 de 28 de enero de 2015, se entenderán como vigentes.”

Tabla 3. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el acuerdo ministerial 028, Anexo vigente

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30.0
Alkil Mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico Total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2.0
Boro Total	B	mg/l	2.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro Total	CN	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5.0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes Fecales	MNP	NMP/100 ml	10000
Color Real	Color Real	Unidades de Color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos Fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DB05	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fósforo Total	P	mg/l	10.0
Hierro Total	Fe	mg/l	10.0
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	20.0
Magnesio Total	Mn	mg/l	2.0
Materia Flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio Total	Mg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30.0
Nitrógeno Total de Kjeldahl	N	mg/l	50.0
Compuestos Orgánoclorados	Orgánoclorados Totales	mg/l	0.05
Compuesto Organofosforados	Organofosforados Totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Sólidos Suspendidos Totales	STT	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1,600
Sulfatos	SO ₄ - 2	mg/l	1,000
Sulfuros	S - 2	mg/l	0.5
Temperatura	Grados Celsius		Condición Normal ± 3
Tenso activos	Activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruros de Carbono	Tetracloruros de Carbono	mg/l	0.1

Tomado de (Ministerio de Ambiente, 2015)

2.6 Descarga de aguas residuales en las quebradas

La descarga de aguas residuales en el ambiente provoca un desequilibrio de los ecosistemas, que afecta a todos los organismos de la cadena trófica, disminuyendo la diversidad y productividad del ecosistema (Orozco, 2003, p. 206) debido a la disponibilidad de dióxígeno O² y cargas orgánicas. Si la descarga se la realiza en una cuenca hidrográfica intermitente provoca una alteración de los ciclos naturales y a todos los organismos que se encuentren dentro de este ecosistema (Escobar, 2002).

Los focos de contaminación atraen especies transmisoras de enfermedades como roedores e insectos, debido a la facilidad que tienen esas especies para conseguir su alimento. La invasión de ratas afecta a la biodiversidad de la cuenca debido a que estos mamíferos se alimentan de huevos de aves (IGME, 2004).

La erosión de los cauces hídricos tiene una incidencia por las descargas que afectan a la estabilidad del suelo, debido a que se canaliza un gran caudal de aguas residuales a través de una tubería; lo que causa inestabilidad del suelo, desaparición de árboles y arbustos, con una intensidad notable (Escobar, 2002). Debido a que las descargas tienen altos niveles de nutrientes y estas son aprovechadas por plantas herbáceas, se incrementan este tipo de especies, y dificultan el crecimiento de nuevos arbustos ya que obstruyen la luz y capturan la mayoría de los nutrientes (Velarde, 2011).

2.7 Cuenca hidrográfica intermitente

Una cuenca hidrográfica intermitente es aquella que forma un cauce en temporada de lluvias, es decir, que cuando la cuenca hidrográfica intermitente captura las aguas lluvias, forma un caudal pequeño que puede desembocar en un río o mar (Ibañez, Moreno, & Gisbert, 2009).

2.8 Planta de tratamiento de aguas residuales

Hoy en día existe una gran variedad de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales. Cada tratamiento puede variar según las características del agua residual, la ubicación, población, caudales y presupuesto. Se deben determinar las características del agua residual para cumplir con la normativa, por esta razón se deben realizar varios estudios para determinar las mejores opciones para el diseño y, así no realizar inversiones innecesarias o sobredimensionamiento de la planta (Jacobson, 1996).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) son instalaciones que se utilizan para retirar los contaminantes presentes en el agua que ha sido alterada por su uso en actividades humanas. Existen diferentes tipos de plantas de tratamiento, cada una utiliza diferentes técnicas para remover los contaminantes según la calidad del agua residual. En las plantas se realizan diferentes procesos para disminuir la contaminación del agua residual, y cada etapa tiene un objetivo específico por lo que se deben realizar cálculos precisos para que su funcionamiento sea óptimo (Manahan, 2006, pp. 209-214).

Los procesos de tratamiento habituales en plantas de tratamiento son: primario, secundario, terciario y final. Los tratamientos primarios se caracterizan por la remoción de sólidos de grandes o medianas dimensiones por medio de rejillas y un sedimentador primario donde se depositan las partículas sólidas que se encuentran en suspensión (Glynn & Heinke, 1999, pp. 456-481).

El tratamiento secundario o biológico es el proceso en el cual se produce la oxigenación de materia orgánica por medio de microorganismos utilizados para

ello. Además, dependiendo del tipo de tratamiento que se utilice, se emplearán bombas de aire o medios filtrantes para mejorar el tratamiento (Glynn & Heinke, 1999, pp. 456-481).

En el tratamiento terciario se pretende sedimentar todas las partículas que salen del tratamiento secundario, en esta sedimentación se utilizan químicos para que las partículas logren sedimentarse más rápido y así pasar a la siguiente etapa del tratamiento (Glynn & Heinke, 1999, pp. 456-481).

Antes de la descarga al afluente, se realiza una desinfección del agua que sale de la planta de tratamiento, comúnmente se utiliza cloro para eliminar los patógenos que puedan estar presentes en el agua (Glynn & Heinke, 1999, pp. 456-481).

2.9 Selección de una planta de tratamiento

Cada tecnología tiene sus ventajas y desventajas en relación a costos de operación, uso de energía, costos de construcción, tamaño y facilidad operativa. Cada una se adapta mejor a las condiciones del lugar y a la calidad del agua residual que se vaya a tratar. El trabajo más difícil de diseño de la planta de agua residual es seleccionar las mejores tecnologías que se ajustan a las condiciones del proyecto. Se tendrá que investigar, recolectar y analizar los datos que se tienen del sector para tomar una buena decisión (Xie, 2014, pp 173-184).

El planificador deberá elaborar la óptima combinación de tecnologías para la planta de tratamiento de aguas residuales, la que debe considerar la máxima protección de la salud, el medio ambiente y los mínimos costos de operación y construcción (Lamizana, 2008).

2.10 Eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales

La determinación de la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales es bastante complicada, debido al cambio que se produce en los flujos de entrada y de salida de la planta de tratamiento; así también, el cálculo

del tiempo de permanencia del líquido en las instalaciones de la planta (Campos, 2005). El grado de eficiencia de una planta de tratamiento se mide en relación al trabajo que ésta realiza para eliminar los contaminantes y para esto se deben establecer los siguientes aspectos:

- Los puntos de muestreo y el tiempo que durará el estudio.
- La duración entre las tomas de muestras y el tipo de muestro que se va a realizar.
- Los procedimientos que se van a realizar para el tratamiento de las muestras y los tipos de análisis.
- La metodología de cómo se va a realizar la evaluación de los resultados (Sánchez, 2012).

Se deben considerar las características que tiene la planta y la calidad del agua residual, las tecnologías disponibles para tratar las aguas residuales domésticas, las curvas de comportamiento del caudal, la influencia de las condiciones climáticas y la composición del agua residual que va a ser tratada.

El grado de eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales es la reducción porcentual de los contaminantes presentes en un periodo de tiempo determinado, una relación entre la carga contaminante que ingresa a la planta de tratamiento, la carga que es eliminada dentro de la planta y la carga que sale (Campos, 2005).

El cálculo de la carga requiere que se determinen las concentraciones de los contaminantes que se van a tratar en la planta, debe hacerse una medición del caudal y tomar las muestras en los lugares más representativos de la planta. Además, debe tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- Debe considerarse que cuanto más sean las oscilaciones del agua residual en la entrada de la planta, mayor deberá ser el periodo de observación.

- Es posible determinar el grado de eficiencia de una planta mediante la comparación de concentraciones cuando las variaciones del caudal no sean tan significativas.
- La determinación del grado de eficiencia de las plantas de tratamiento biológico, los valores de DBO y DQO son las variables más importantes que se deben analizar.

En el tratamiento de materia orgánica se reducen los contaminantes como el nitrógeno y fósforo, debido a que son nutrientes esenciales para las bacterias y estos son utilizados en sus metabolismos (Van Haandel y Lubbe Van der, 2012). Por esta razón, determinar los niveles de DBO y DQO que son eliminados en las instalaciones de la planta resulta de gran importancia, ya que ayudan a eliminar otros contaminantes presentes en el agua (Henze, 2002. pp. 54).

2.11 Tipos de planta de tratamiento

2.11.1 Tipos de reactores biológicos

- Procesos facultativos: son procesos en los que los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica están presentes o en ausencia de oxígeno. Las lagunas facultativas, humedales artificiales y reservorios de aguas servidas son ejemplos en los cuales se pueden observar este tipo de procesos.
- Procesos aeróbicos: corresponde al uso de oxígeno para degradar la materia orgánica en un agua residual, los microorganismos aerobios se alimentan de los residuos biológicos para generar flóculos que se depositan en el fondo de tanque formando lodos. Como por ejemplo: los filtros biológicos, lodos activados y lagunas de maduración.
- Procesos anaeróbicos: la digestión anaerobia es un proceso en el que los microorganismos degradan la materia orgánica en ausencia de oxígeno, como resultado de este proceso se obtiene biogás y puede ser utilizado como fuente de calor o de energía. Como por ejemplo: las

lagunas anaeróbicas y reactores anaeróbicos (Lapena, 1989, pp. 144-156).

2.11.2 Según la intensidad del proceso

- Reactores intensivos: lodos activados, filtros biológicos de alta tasa y reactores anaeróbicos.
- Reactores súper-intensivos: lodos activados combinados con biomasa fija y reactores de membrana.
- Reactores extensivos: reservorios de aguas servidas, humedales artificiales, lagunas de macrofitas y lagunas de estabilización.
- Reactores semi-intensivos: lagunas airadas, filtros biológicos y lagunas anaeróbicas (Lapena, 1989, pp. 114-156)

2.11.3 El régimen operacional

- Reactores batch: lodos activados y reservorios de aguas servidas.
- Reactores de flujo continuo: lodos activados, reactores anaeróbicos, filtros biológicos, lagunas de estabilización, lagunas de macrofitas y humadales artificiales.
- Reactores de mezcla completa y en flujo de pistón (Lapeña, 1989, pp. 144-156).

Cada tecnología tiene sus ventajas y desventajas en relación a costos de operación, uso de energía, costos de construcción, tamaño y facilidad operativa. Cada una se adapta mejor a las condiciones del lugar y a la calidad del agua residual que se vaya a tratar. El trabajo más difícil de diseño de la planta de agua residual es seleccionar las mejores tecnologías que se ajustan a las condiciones del proyecto, se tendrá que investigar, recolectar y analizar los datos que se tienen del sector para tomar una buena decisión (Xie, 2014, pp 173-184).

El planificador deberá elaborar la óptima combinación de tecnologías para la planta de tratamiento de aguas residuales, la que debe considerar la máxima

protección de la salud, el medio ambiente y los mínimos costos de operación y construcción (Lamizana, 2008).

2.12 Ventajas y desventajas de las tecnologías actuales

2.12.1 Tecnologías extensivas

Se caracterizan por utilizar grandes extensiones de terreno y por el tiempo de retención de las aguas dentro del reactor, esta retención puede ser de semanas e inclusive meses (Life & Minaqua, 2013). La concentración de microorganismos es baja y el oxígeno es abastecido por las algas fotosintéticas y la difusión desde la atmósfera. La degradación de la materia orgánica es uno de los muchos y complejos procesos que ocurren en este tipo de reactores, tanto así, que hay sustancias que son tóxicas para que algunos organismos lleguen a ser degradados, los sistemas extensivos descargan muy poco o nada de lodos residuales (Huerta, Marcos, Ibarguren, & Ordás, 2013).

Las principales desventajas de las tecnologías extensivas son los costos de mantenimiento de suelo y grandes extensiones, ya que se requiere una gran cantidad de terreno para que el agua sea retenida y asegurar el suministro de oxígeno adecuado a través de la fotosíntesis y la difusión. Si las dimensiones no son las correctas, las distancias son menores y tienen demasiada profundidad, el sistema puede entrar en un proceso anaerobio (Huerta et al., 2013).

2.12.2 Tecnologías intensivas

Los reactores intensivos están diseñados para acelerar la degradación de la materia orgánica, las aguas residuales son puestas en contacto con microorganismos concentrados y grandes cantidades de oxígeno que se inyecta en el reactor para activar el metabolismo de las bacterias. Ésta tecnología tiene un excelente rendimiento en la remoción de la materia orgánica, a pesar del pequeño espacio y corto tiempo de permanencia del

agua; sin embargo, los compuestos son pobremente removidos al igual que los patógenos (Ortega, Ferrer, Salas, Aragón, & Real, 2004).

Este tratamiento tiene que ser complementado con otros procedimientos, para cumplir con la desinfección de las aguas residuales. Estas tecnologías requieren realizar inversiones adicionales y los costos operacionales son altos, el consumo de energía y la producción de desechos “lodos activados” requieren un tratamiento adicional y una disposición especial. Además, el sistema es altamente sensible a los cambios en la cantidad y calidad de las aguas servidas que entran al tratamiento (Ortega et al., 2004).

2.12.3 Tecnologías semi-intensivas

Estas tecnologías representan una combinación de las mejores características de las tecnologías intensivas y extensivas, el objetivo de estas técnicas es reducir el tiempo de retención y remover parcialmente la materia orgánica, para completar el tratamiento en una unidad extensiva de menor tamaño, ya que una parte de la materia orgánica ya fue removida en las unidades previas (Ortega et al., 2004).

Las principales ventajas de las tecnologías semi-intensivas son:

- Requieren menos extensión de terreno que las extensivas
- Descargan muy poco o nada de lodos
- Remueven tanta DBO como las intensivas
- Requieren menos energía que las intensivas
- Remueven tantos patógenos y substancias refractarias como las extensivas

2.12.4 Tabla de comparación entre tecnologías extensivas e intensivas

A continuación se presenta una tabla en la que se realiza la comparación entre tecnologías extensivas e intensivas para el tratamiento de aguas residuales, calificando la facultad de remoción, el costo, el consumo de energía y el uso de

terreno. En la tabla se puede interpretar el uso de una cruz (+) como bajo y el uso de cuatro cruces (++) como alto.

Tabla 4. Comparación entre Tecnologías para tratamientos de aguas residuales

Parámetros		REACTORES EXTENSIVOS	REACTORES INTENSIVOS
R E M O C I O N	DBO, DQO Y SST	++	++++
	Nutrientes	+++	+++
	Patógenos	+++	+
	Metales Pesados	+++	++
	Comp. Orgánicos refractarios	++++	+
	Descarga de lodos	+	+++
Costo		+	++++
Consumo de energía		+	+++
Uso de terreno		++++	+

Nota: calificación de las tecnologías disponibles para el tratamiento de aguas residuales.

Tomado de (Ortega et al., 2004)

2.13 Puntos de muestreo

Determinar las cargas contaminantes del agua residual puede resultar difícil cuando una planta no tiene un diseño adecuado, en el momento que las unidades de procesos no se encuentran bien diferenciadas, esto puede generar incertidumbre en los resultados debido a que existe una mezcla entre tratamientos biológicos y mecánicos. Para evitar estos problemas se debe realizar el muestreo únicamente en la entrada y la salida de la planta de tratamiento, de esta forma se evita que las muestras tomadas tengan influencia de los procesos no completos (Arce, Calderón, & Tomasini, 2007).

Las muestras obtenidas deben ser tratadas según sea el objetivo del análisis que se vaya a realizar, el estudio se debe realizar sobre la muestra original, para impedir el desarrollo de los procesos biológicos que puedan alterar la calidad de muestra; por esto, se deben refrigerar a 4 grados Celsius (EPA,2002). Las muestras de agua deben ser sometidas a los exámenes analíticos tan pronto como sea posible, para desarrollar los análisis de demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno se debe

refrigerar el envase a 4 grados Celsius y utilizar envases oscuros para evitar que las bacterias realicen la fotosíntesis (EPA, 2002).

Se debe realizar una cadena de custodia de la muestras en el caso de que no se realicen los análisis el mismo día, la cadena de custodia se utiliza para el control de calidad de las muestras y que estas puedan ser confiables. La cadena de custodia debe contener información sobre:

- Día y hora que se realizó el muestro
- Persona responsable que hizo el muestro
- Lugar donde se recogió la muestra
- Temperatura en la que fue almacenada
- Personal que manejo o transporte las muestras, con sus respectivas horas de recepción y de entrega validando con una firma de identificación
- Día y hora que se realizó el análisis

Se debe tomar en cuenta que dependiendo del tipo de análisis que se va a realizar, hay que definir un tiempo límite para que el estudio sea válido. En el caso que se vayan a realizar los análisis para DBO Y DQO, se tiene un tiempo máximo de 24 horas para realizar las pruebas analíticas (Bowman, 1998).

2.14 Métodos estadísticos de tabulación de datos

2.14.1 R-Project

Es un software libre que utiliza el lenguaje “S” para realizar análisis estadísticos complejos, es uno de los programas más utilizados en el campo de la investigación científica como en: bioinformática, matemáticas financieras y en la biomedicina (R-project, s.f.). R-Project permite a los usuarios cargar diferentes bibliotecas o paquetes informáticos para realizar modelos lineales, no lineales, test estadísticos, análisis de series de tiempo mediante gráficas avanzadas, comparación de datos y funcionalidades de cálculo (R-project, s.f.).

3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño de estudio

En el presente estudio se procedió a realizar una medición de los caudales y se tomaron muestras para establecer la calidad del agua, con esto, se pretendió identificar la eficiencia actual de la planta de tratamiento de aguas residuales y por tanto, justificar la necesidad de su rediseño.

Para determinar los picos máximos y mínimos de las descargas de agua residual se realizó un estudio desde el 6 de Agosto del 2015 hasta el 8 de Noviembre del 2015, observándose el comportamiento de los caudales a lo largo del tiempo; para esto se utilizó un tanque plastigama de 1000 litros en el que se almacenó el agua residual durante un periodo de tiempo determinado, de esta forma se pudo calcular el caudal que ingresaba a la planta de tratamiento.

El procedimiento que se utilizó para determinar los caudales consistió en medir 500 litros en el tanque plastigama para obtener un nivel de referencia, y así cronometrar el tiempo que se necesitaba para que el agua residual llegara al nivel establecido. Una vez que el agua residual llegaba al nivel de referencia se aplicaba la fórmula para determinar el caudal.

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Las mediciones de los caudales se las realizó tres veces al día, para poder determinar la relación entre la población residente y la población fluctuante.

3.2 Procedimiento para la toma de muestras

El muestreo se realizó en la entrada de la planta de tratamiento y a la salida, para determinar la eficiencia de la planta (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Horario establecido para realizar el muestreo del caudal

Hora:	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
6:00-8:00							
13:00-15:00							
18:00-20:00							

Se llevó a cabo un programa de asistencia dentro del Club Los Arrayanes para determinar la cantidad de empleados que ingresaban y personas que utilizaban las instalaciones del club de manera diaria. Posteriormente, se efectuó un censo poblacional para precisar la cantidad de habitantes que tiene la urbanización y se realizó una estimación de la población futura que puede llegar a habitar dentro de la urbanización, determinándose la carga volumétrica, con la que se determinó si la planta de tratamiento de aguas residuales tiene la capacidad de tratar los caudales cuando la urbanización este completamente habitada.

Se realizó una inspección a la planta de tratamiento de aguas residuales para determinar las condiciones en las que normalmente opera. Así también se realizó un muestreo para caracterizar las aguas que ingresan a la planta de tratamiento y otro aleatorio para determinar si a la salida se logran remover los contaminantes.

Se llevó a cabo un levantamiento de información para realizar los planos sobre las dimensiones que la planta de tratamiento tiene actualmente para determinar si existen problemas de dimensionamiento, problemas de mantenimiento u otros factores. Luego de una visita de verificación se procedió a levantar datos sobre el dimensionamiento de la planta, con los cuales se verificó la capacidad real de la planta.

El muestreo que se elaboró en la planta de tratamiento de aguas residuales para determinar la carga de materia orgánica que ingresa se realizó a partir los días Jueves 11, Viernes 19, Sábado 27 y Domingo 28 de Febrero del 2016. La toma de muestras se efectuó en el ingreso y al final de la planta de tratamiento,

además, se tomó una muestra de forma aleatoria para verificar que la planta cumpliera con la norma a cualquier hora

La toma de muestras se realizó como lo indica la Tabla 6:

Tabla 6. Muestreo en la planta de tratamiento de aguas residuales

Hora:	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
6:00 AM	Antes del Pico	Antes del Pico	Antes del Pico	Antes del Pico
9:00 AM	Después del Pico	Después del Pico	Después del Pico	Después del Pico
12:00 PM	Antes del Pico	Antes del Pico	Antes del Pico	Antes del Pico
15:00 Pm	Después del Pico	Después del Pico	Después del Pico	Después del Pico
18:00 Pm	Antes del Pico	Antes del Pico	Antes del Pico	Antes del Pico
20:00PM	Después del Pico	Después del Pico	Después del Pico	Después del Pico

Con este muestreo se logró determinar cuáles eran las concentraciones de los contaminantes que ingresaban a la planta de tratamiento. Mientras que la muestra aleatoria fue tomada a cualquier momento del día para verificar el funcionamiento de esta. A partir de la toma de muestras se procede a la caracterización respectiva.

La toma de muestras se la ejecutó siguiendo el procedimiento establecido por Caparros (2014) en el que sugiere iniciar con un envase de recolección evitando la presencia de sólidos suspendidos. Una vez tomada la muestra se la almacenó en una nevera a una temperatura alrededor de 4 °C. La muestra fue tomada en la entrada y salida de la planta de tratamiento para verificar su funcionamiento.

3.3 Caracterización de muestras: métodos

Para determinar la concentración de DQO en el agua residual se procedió a recolectar 200 ml de agua residual obtenida durante un día de muestreo en un vaso de precipitación. Con las muestras obtenidas en siete días (1400 ml) y posteriormente a la homogenización de las mismas, se utilizó el kit NANOCOLOR DQO 1500 mg/l Test -029 para determinar la cantidad de DQO

presente en el Agua. En los anexos se puede encontrar la descripción de la utilización del método.

Una vez que se determinaron los niveles de concentración de DQO en el agua residual, se referenció el factor de corrección 10, según la Tabla 7 presentada a continuación. Debido a que los resultado de DQO se encontraban dentro del rango de 0-400 mg/l se utilizaron 164 ml de cada muestra de agua residual y se lo multiplicó por factor de corrección de 10.

Una vez que se determinaron las concentraciones de la DQO, se utilizó la tabla que establece el manual de Oxitop, que es una metodología respirométrica que tiene como finalidad determinar la demanda bioquímica de oxígeno. Las botellas Oxitop miden la generación de dióxido de carbono mediante un medidor de presión que registra la biodegradación de la materia orgánica causada por las bacterias. La descripción sobre el método utilizado se encuentra en los anexos.

Tabla 7. Volúmenes de Muestra y Factor de corrección establecidos en el manual de uso de las botellas Oxitop

Volumen de Muestra (mL)	Rango de Medición (mg/L)	Factor
432	0 - 40	1
365	0 - 80	2
250	0 - 200	5
164	0 - 400	10
97	0 - 800	20
43.5	0 - 2000	50
22.7	0 - 4000	100

Tomado del Manual para uso de las botellas Oxitop, pp. 6

La medición de la DBO5 debe ser tomada al quinto día de análisis ya que se evalúa el crecimiento de las bacterias y la oxidación de la materia orgánica. Las botellas Oxitop registran la evolución diaria e instantánea de la oxidación de la

materia orgánica; estos valores se utilizaron como referencia para que al quinto día del análisis se tomara el valor indicado.

Los datos que se obtuvieron en las pruebas de laboratorio se los ingresó en el programa estadístico R-Project donde se graficaron los datos en una serie de tiempo. De esta forma se pudo observar como los caudales que ingresaron a la planta de tratamiento influyeron en el tratamiento de las aguas residuales. De la misma manera, se observó el crecimiento de las bacterias y cómo cambia la DBO según el caudal que ingresa a la planta de tratamiento.

Para determinar la concentración de los contaminantes que están presentes en el agua residual que ingresa y sale de la planta de tratamiento, se utilizaron los datos que se obtuvieron en los análisis de la DBO. También, se utilizaron las mediciones de los caudales que ingresaban a la planta de tratamiento durante el periodo de estudio. Multiplicando la concentración de la DBO y el caudal se obtuvo la carga, utilizando para ello la ecuación 2.

$$L = Q \times C \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Dónde:

L= carga

Q= caudal (determinado con la ecuación 1)

C= concentración de DBO

La eficiencia de la planta de tratamiento se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{FZ-FA}{FZ} \times 100 \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Dónde:

η = grado de eficiencia en %

FZ= sumatoria de las cargas de materia orgánica que ingresan a la planta de tratamiento

FA= sumatoria de las cargas de materia orgánica que salen de la planta de tratamiento

Determinados los análisis químicos del agua residual que ingresaba a la planta de tratamiento, se efectuaron las gráficas de los datos, para lo cual se utilizó el software R-Project, en el que se obtuvieron los resultados mediante los comandos expuestos en el anexo 3.

Para el diseño de los planos de la planta de tratamiento, se realizaron mediciones necesarias para los bosquejos de los planos, seguidamente, se digitalizó en AutoCAD, y se pudieron determinar las características físicas, así como el funcionamiento de la planta de tratamiento.

Una vez que se determinaron las dimensiones de la planta de tratamiento de aguas residuales del Club y Urbanización los Arrayanes, se realizó una comparación con lo estipulado en las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), establecidas en el capítulo décimo, denominado: "Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales". Con esta comparación se verificó el cumplimiento del diseño, respecto de la normativa actual. Adicionalmente, la norma INEN establece que se deben determinar los caudales presentes y futuros, así como también los aportes per cápita presentes y futuros que va a recibir la planta de tratamiento. Los valores especificados por la normativa se presentaron en la Tabla 1 y en la Tabla 2.

Con los valores establecidos por las normas INEN de aporte por persona al agua residual, se determinaron la carga futura y los caudales que ingresarán a la planta de tratamiento de aguas residuales del Club y Urbanización los Arrayanes, una vez que se encuentre completamente habitada. Para realizar los cálculos de los caudales y cargas futuras que van a ingresar a la planta de tratamiento, se utilizaron las fórmulas que establece Henze (2002, pp.64-67).

3.3.1 Cálculo de la población futura de la urbanización

$$Pf = Pa + IN \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

Pf = población futura.

Pa = población actual.

N = número de lotes

I = promedio por hogar, se tomará como 4 personas.

3.3.2 Caudal medio

$$Q_{med} = \frac{PxDot}{86400} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

P = Población que utilizará la planta de tratamiento de aguas residuales

Dot = Consumo promedio de agua, en litros por persona por día. (200 litros per cápita) fuente: INEN 1108

86400 = periodo de diseño

3.3.3 Caudal Máximo Horario

$$Q_{mh} = KxQ_{med} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

Qmh = Caudal máximo horario

K = Coeficiente establecido por Norma de Diseño 1.5

Qmed= Caudal medio

3.3.4 Tiempo de Retención

$$\text{Tiempo de Retención} = \frac{\text{Volumen del Reactor}}{\text{Caudal}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

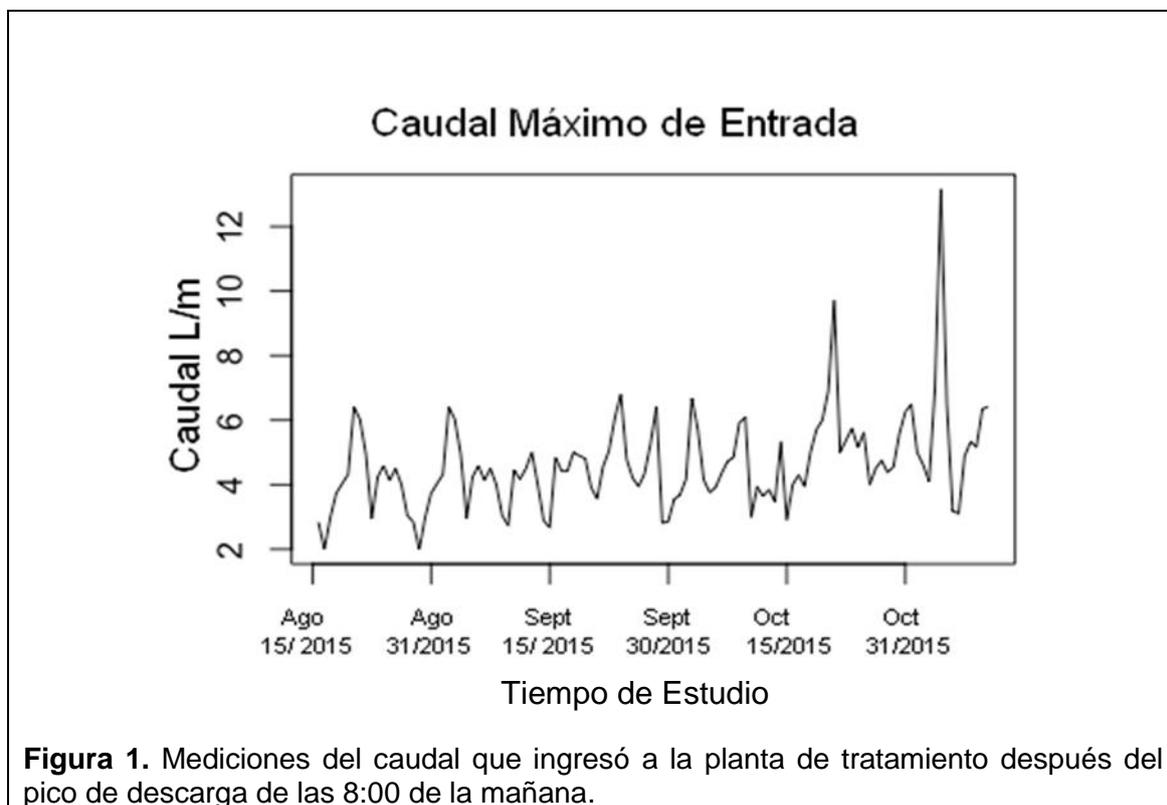
4.1 Análisis de caudales de entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales

En la medición de los caudales de entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales en la Urbanización y Club los Arrayanes, los valores máximos fueron obtenidos después del pico de descarga, aproximadamente a las 8 de la mañana. El día 31 de Octubre de 2015 se registró el mayor caudal de entrada a la planta de tratamiento con un valor de 13.65 L/m Figura 1, mientras que el día 17 de Agosto de 2015 fue el día que menor entrada de caudal, cuando la cifra registrada fue de 1.94 L/m Figura 2. El promedio del agua residual que ingresó durante los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y principios de Noviembre, después del pico de las 8 de la mañana a la planta de tratamiento de aguas residuales, fue de 5.21 L/m.

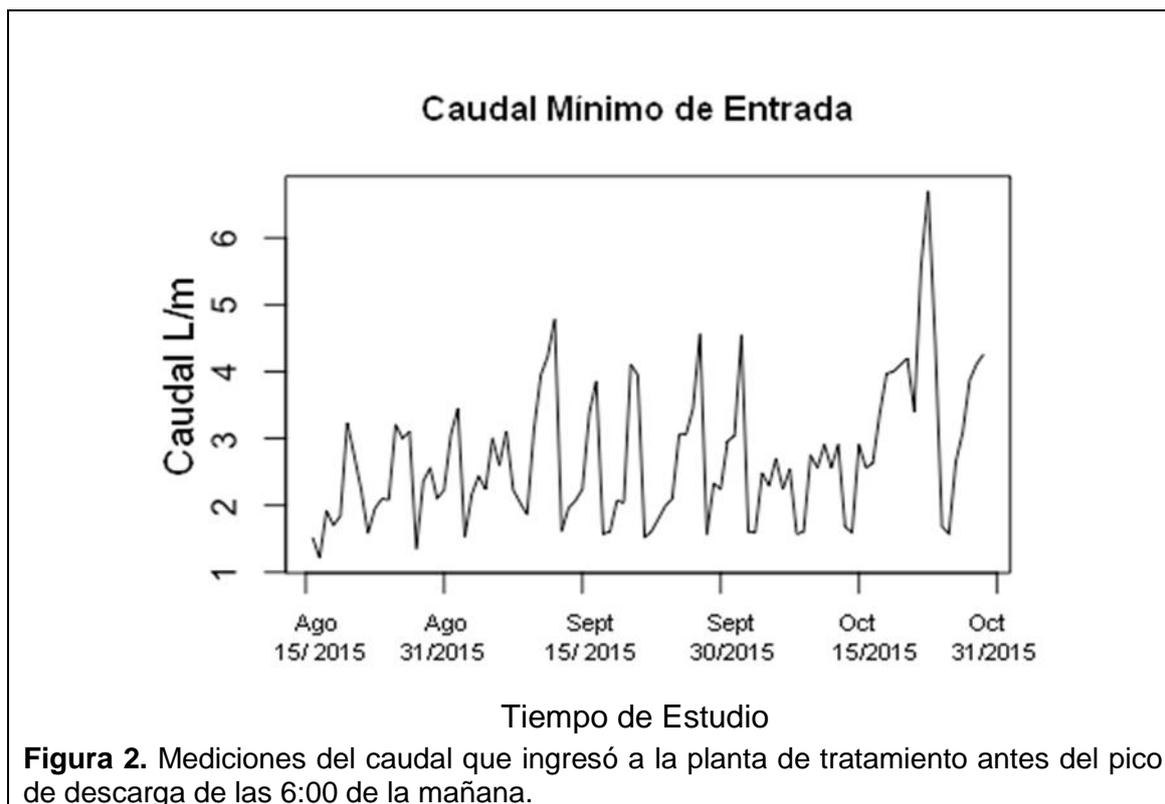
El pico más alto del caudal de octubre, ocurrió debido a que la noche anterior a las mediciones hubo la presencia de lluvia, situación que aumento dicho caudal del sistema de alcantarillado, lo que generó un desbordamiento del agua residual debido a que la capacidad de la planta de tratamiento no está diseñada para soportar el caudal registrado. En cambio, la razón del caudal más bajo de agosto, fue que previamente se realizó manteamiento a las lavadoras, duchas y lavabos del conjunto; además, ese mes fue extremadamente seco, por lo que hubo acumulación de sedimentos en las redes de alcantarillado. Esto demuestra que el diseño del sistema de recolección de aguas residuales tampoco es eficiente.

En los meses de Agosto y Septiembre se registraron los niveles más bajos de lluvias que en los últimos tres años (AccuWeather, 2016). Además, hubo presencia de incendios dentro del Club los Arrayanes debido a la sequía. Entre

los dos meses mencionados hubo un total de 26 mm de lluvia; mientras que a inicios de Octubre, se incrementó el caudal que ingresaba a la planta de tratamiento, debido un total de 135 mm de lluvia y al tratarse de un sistema mixto para el tratamiento de agua de lluvia y residuales domésticas.



Con respecto a los valores obtenidos antes de la hora pico, el caudal más bajo que se registró fue de 1.21 L/m, mientras que el caudal más alto, fue también el 31 de Octubre con un valor de 7.12 L/m. El promedio del caudal mínimo que ingresó a la planta de tratamiento fue de 3.15 L/m. Los valores promedio de agua residual que ingresan a la planta de tratamiento, permitirán determinar el redimensionamiento, verificación de tratamientos que se aplicarán, además de ser necesaria la implementación de un sistema que amortigüe o desvíe los excedentes, cuando se sobrepase la capacidad de la planta.



Cabe mencionar que se pudieron conocer los picos horarios de descarga a pesar de no haber realizado un monitoreo por hora, debido a la información pre existente sobre la planta de tratamiento de agua de la urbanización y Club los Arrayanes. Por esta razón las mediciones se tomaron a las 8:00 y 6:00.

4.2 Análisis de DBO en el agua residual doméstica de la Urbanización y Club los Arrayanes

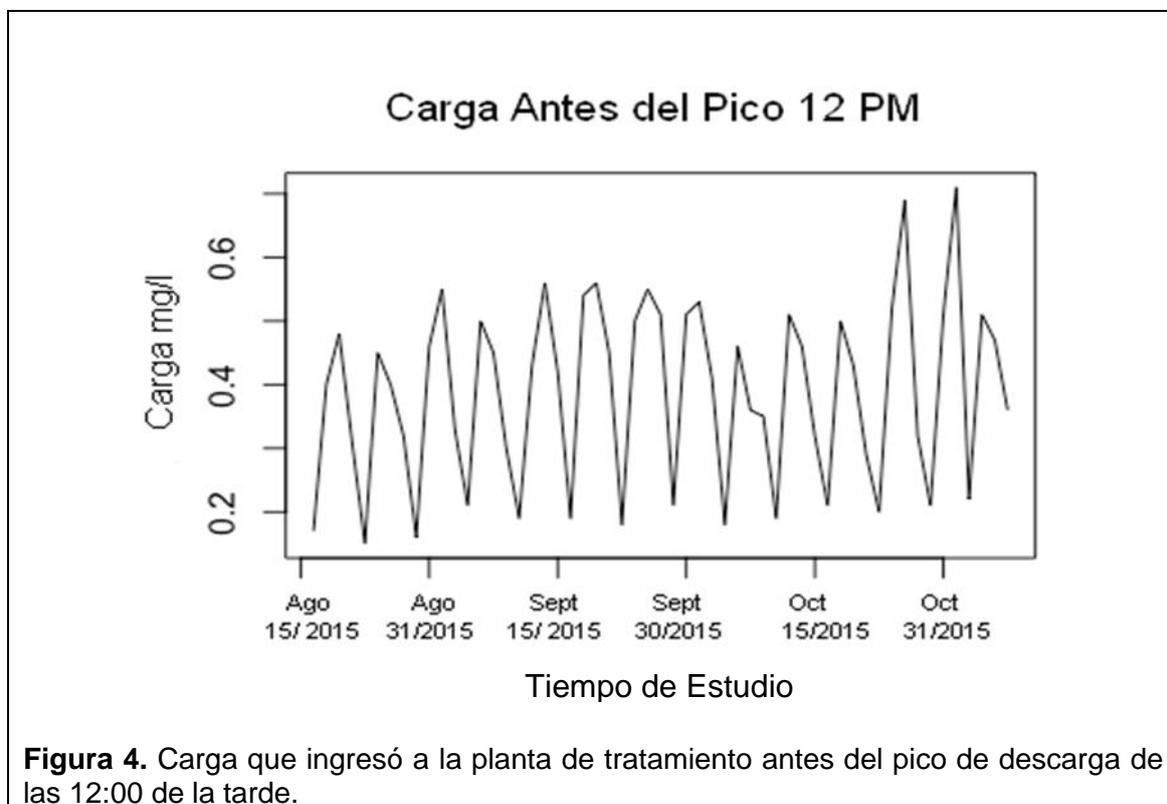
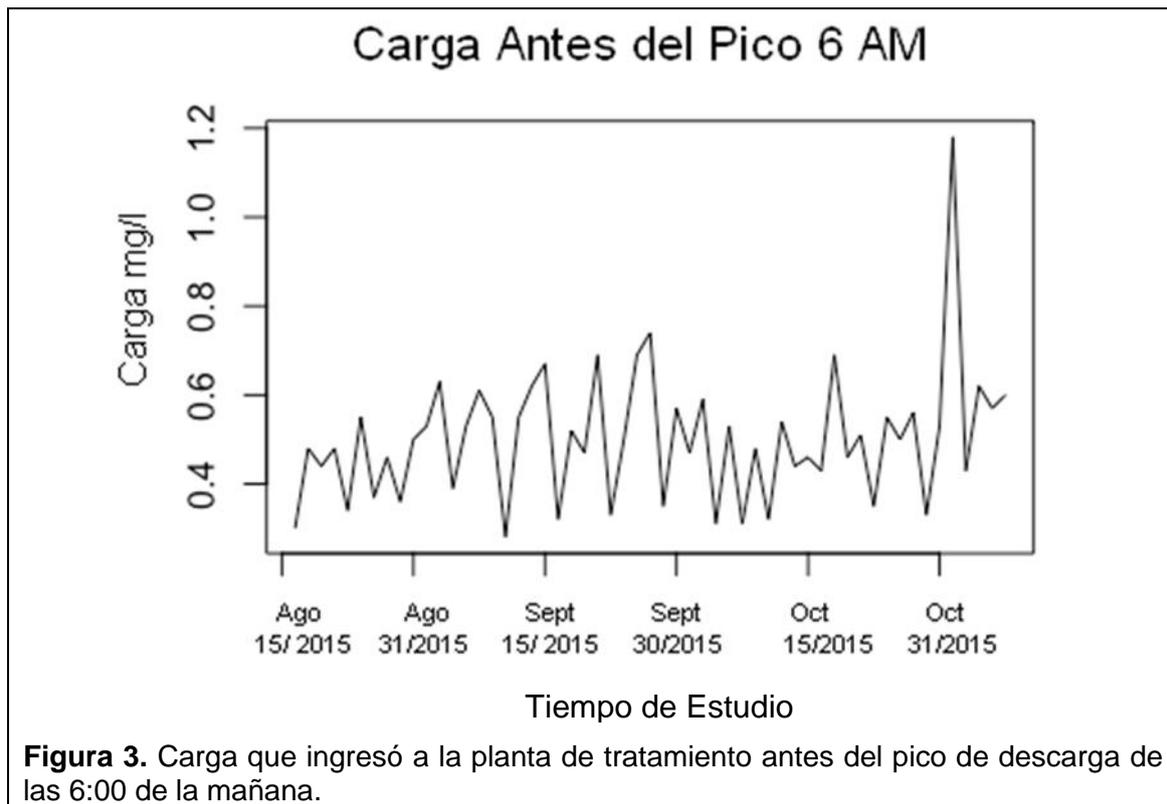
La carga orgánica del agua residual varió según la hora a la que fue tomada la muestra. En el mes de Agosto la carga que ingresaba a la planta de tratamiento fue bastante homogénea debido a que no hubo una variación significativa del caudal de entrada, y a la ausencia de precipitaciones. También influyó en la calidad y cantidad de aguas residuales el hecho que Agosto es un mes de vacaciones, y no se registró mucha actividad de los socios. En el mes de Septiembre la carga aumentó debido a la fuerte variación de los caudales, se acumuló gran parte de las aguas residuales en el sistema de alcantarillado y hubo mayor presencia de socios que utilizaban el Club por el inicio del periodo escolar.

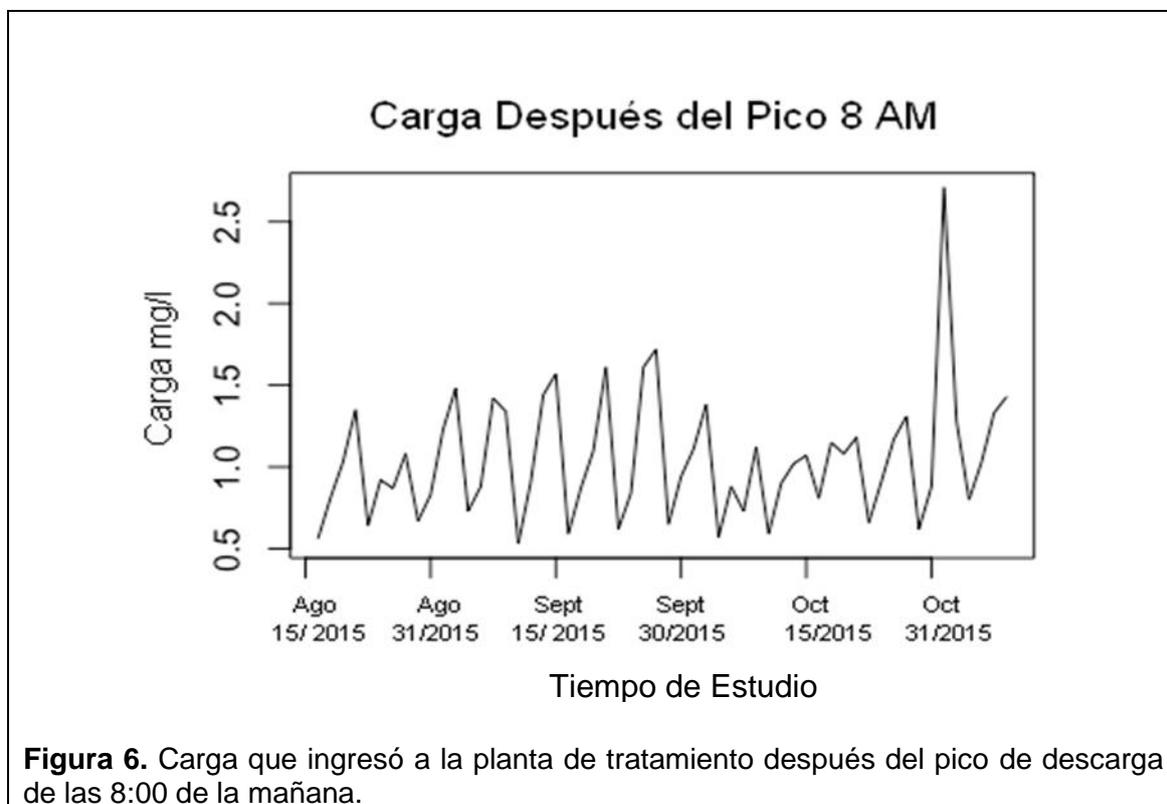
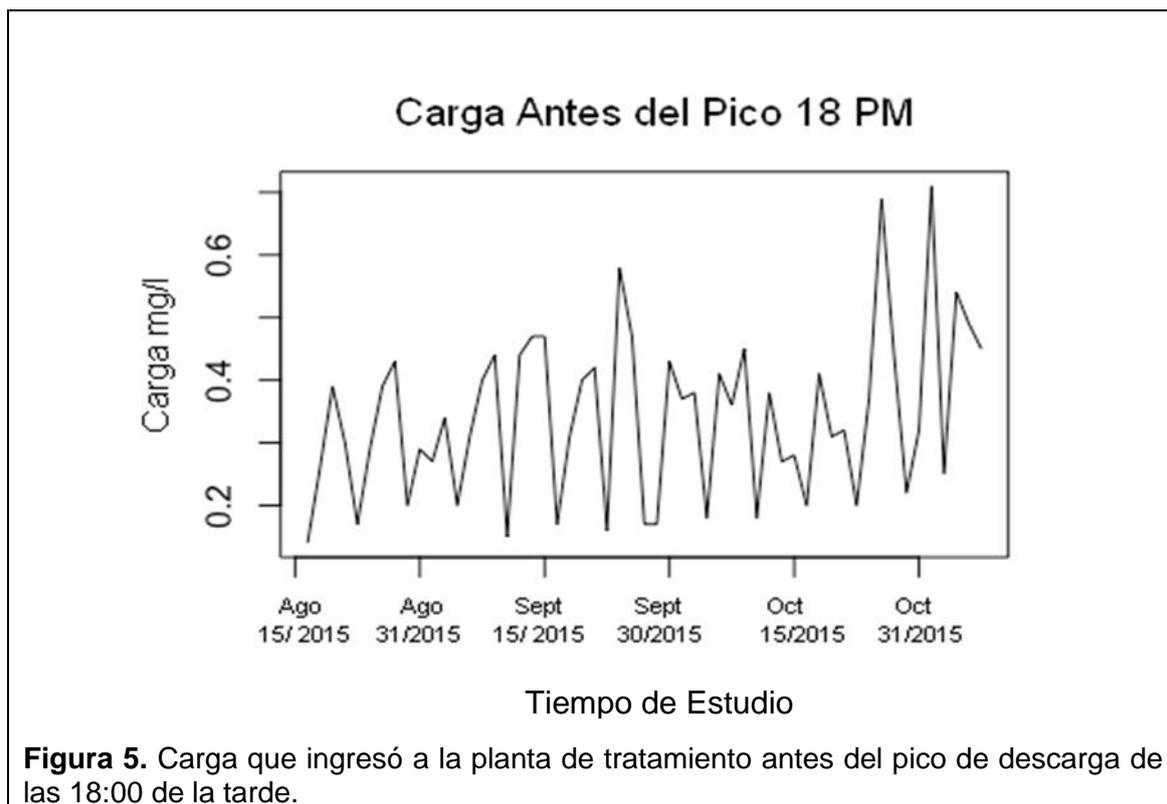
En el mes de Octubre, cuando iniciaron las lluvias, la carga varió significativamente debido a que hubo cambios más drásticos en el caudal de ingreso a la planta, lo que arrastró gran parte de los sedimentos que se encontraban en las redes de alcantarillado, aumentando la carga que ingresaba a la planta de tratamiento.

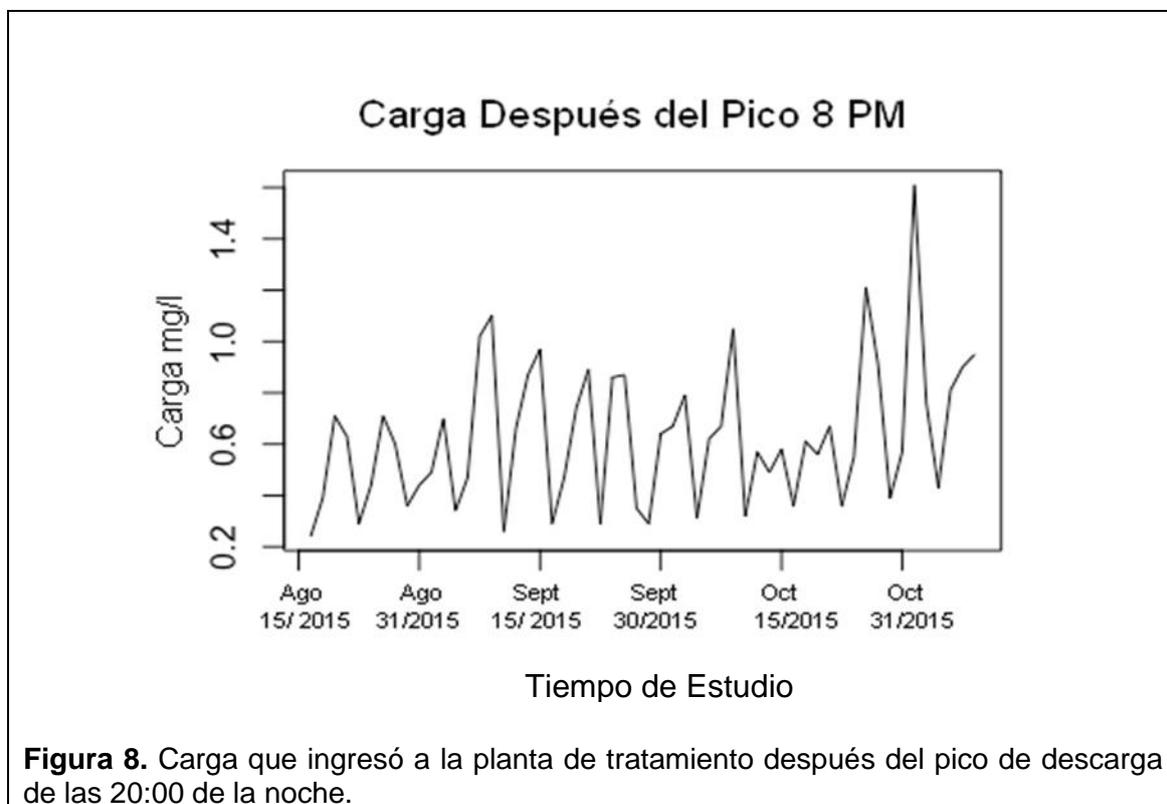
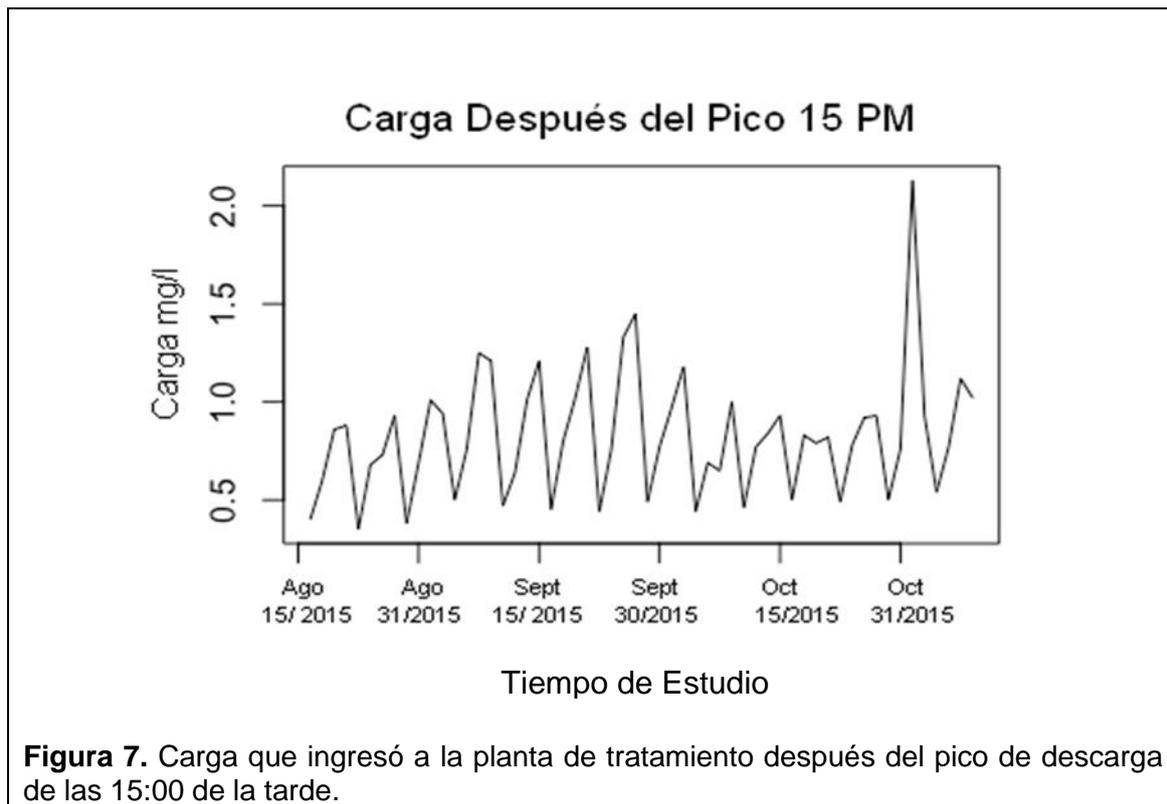
La carga posterior del pico de descarga, es mayor que la registrada antes de este evento. Esto se debe a una mayor influencia de las actividades humanas, con lo que se produce un mayor caudal de ingreso a la planta de tratamiento y se arrastran con mayor fuerza los sedimentos en las redes (Henze, 2002, pp. 64-67). La variación más significativa se registró en las mediciones realizadas entre las 6 y a las 8 de la mañana.

Con esta información se pueden escoger los métodos más eficaces y con menor costo, para realizar el tratamiento; además, se puede estimar cual será la carga que la planta de tratamientos va a recibir una vez que el conjunto se encuentre totalmente habitado.

El día que más carga recibió la planta de tratamiento fue el día 31 de Octubre donde se registró 2.76 g/min de materia orgánica, debido a que grandes cantidades de sedimentos fueron llevados hacia la planta. El día que menor carga llegó a la planta de tratamiento se registró a mediados de Agosto con 0.14 g/min de materia orgánica. Nuevamente, esto se debe a que existe una acumulación del agua residual en el sistema de alcantarillado.



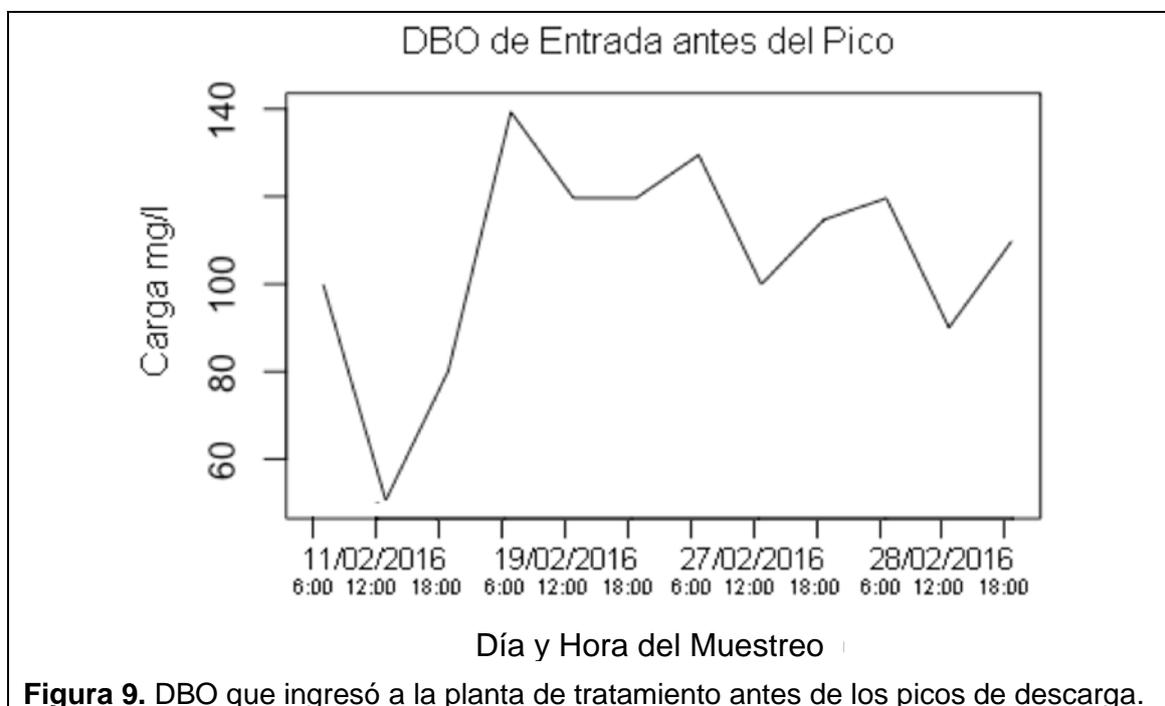


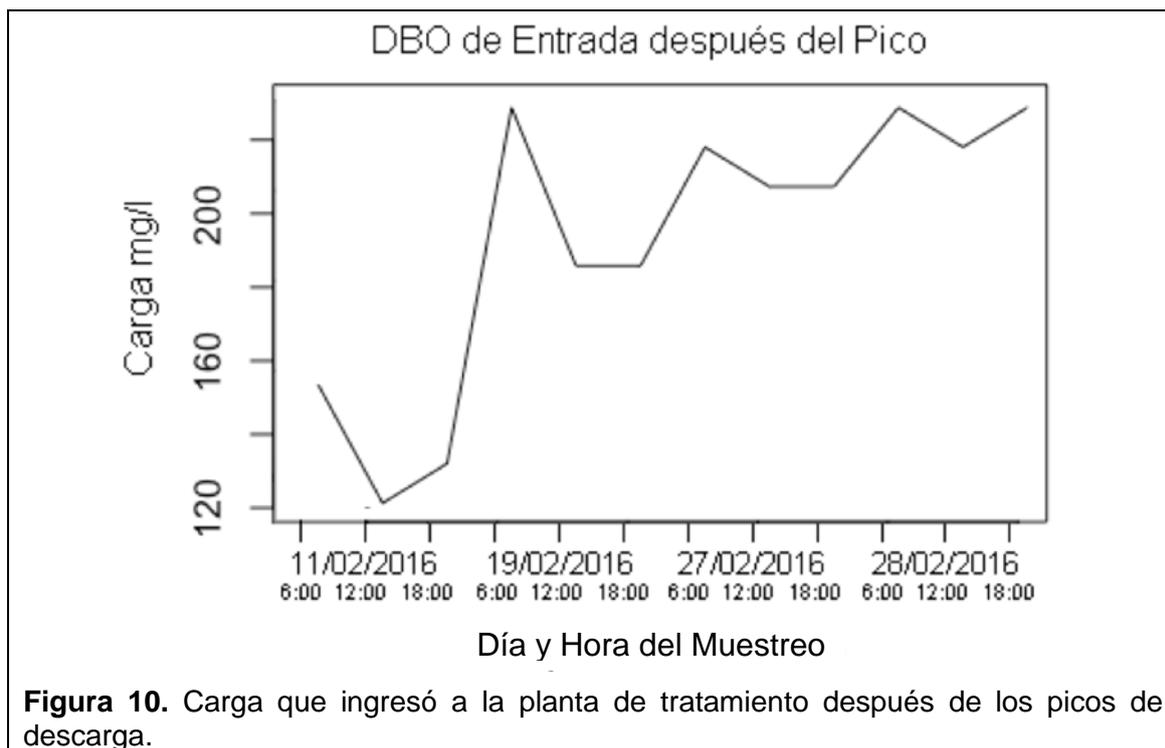


4.3 Comparación de la DBO de entrada antes y después del pico de descarga

La DBO que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales después del pico de la descarga es mayor, debido a que hay una presencia superior de actividades humanas; de igual manera ocurre con las muestras que se tomaron a las 6 de la mañana, a esta hora el agua residual tiende a tener un nivel más alto de DBO que a otras horas del día. En cambio las muestras tomadas a las 12 del día y a las 6 de la tarde tienden a registrar bajas concentraciones de DBO.

El día 19 de Febrero de 2016 hubo una variación en el caudal de entrada y de salida de la planta de tratamiento. El agua que ingresó acarreó sedimentos, y esto provocó un aumento significativo en la DBO. Además, aumentó la velocidad en los tanques de sedimentación provocando que el lodo que se encontraba en el fondo de los tanques fuera arrastrado, lo que duplicó la DBO del agua residual que salía de la planta de tratamiento.





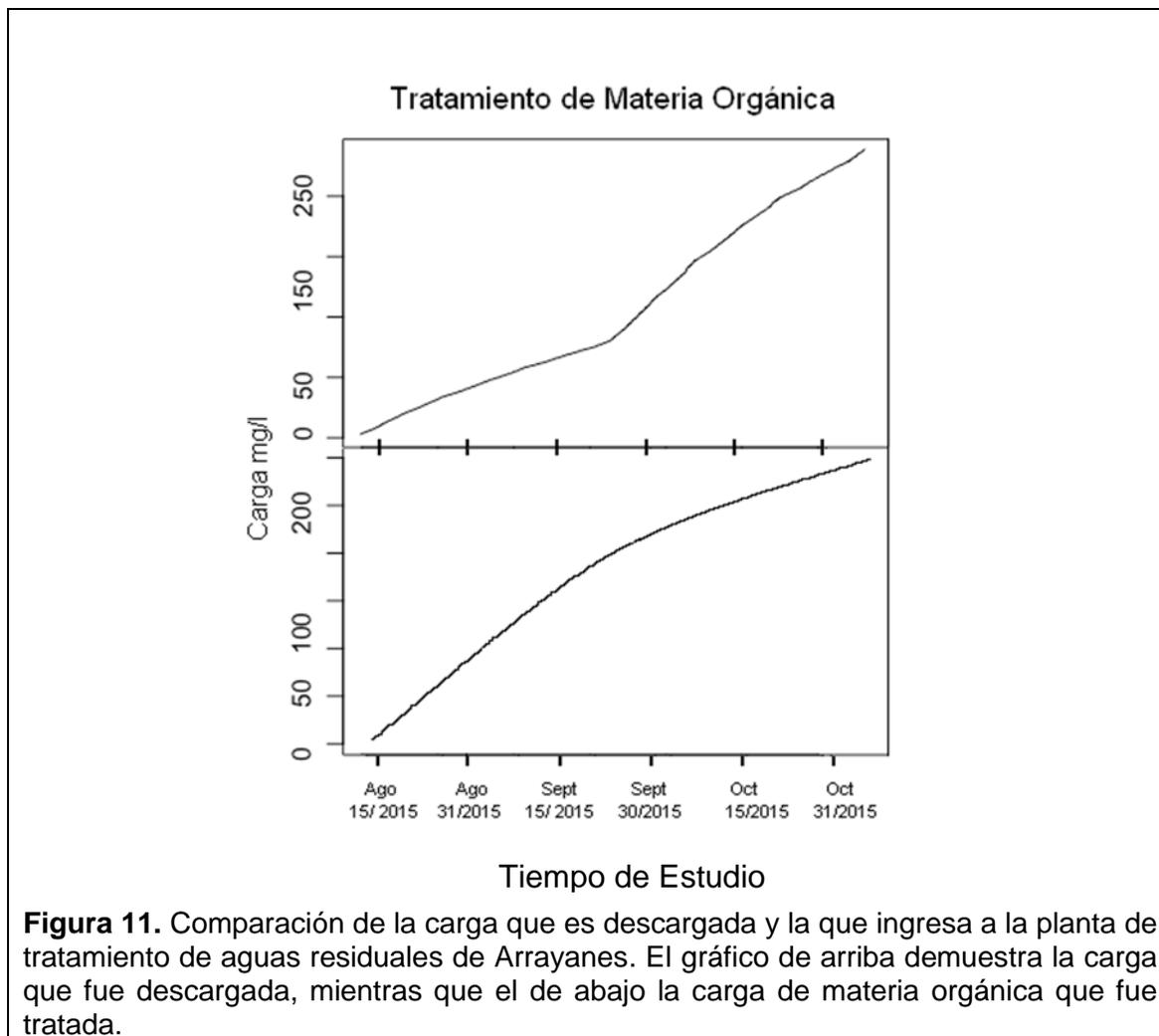
4.4 Determinación de eficiencia de la planta de tratamiento de agua residuales del Club y Urbanización los Arrayanes

Durante los tres meses de estudio se determinó que la planta de tratamiento de aguas residuales del Club y Urbanización Arrayanes recibió un total de 299,6 kg de materia orgánica y trató 237,9 kg. Aplicando la ecuación 3 para determinar la eficiencia de la planta de tratamientos da como resultado:

$$\eta = \frac{299,6 - 237,9}{299,6} \times 100 = 20,59\% \quad (\text{Ecuación 8})$$

La planta de tratamiento de aguas residuales del Club y Urbanización los Arrayanes tiene una eficiencia del 20,59%. Lo que significa que la planta de tratamiento no cumple con las normas establecidas por el Acuerdo Ministerial 061, en donde el máximo de concentración de DBO en agua dulce es de 100 mg/l y 200 mg/l de DQO. La planta de tratamiento descarga un promedio de 225 mg/l de DBO y un DQO de 478 mg/l, esto se debe a un diseño con bajo

grado de tratabilidad, que incrementa el DBO y DQO dentro de los sedimentadores.



Actualmente, alrededor de 221 personas viven en la urbanización los Arrayanes, en 53 casas que se encuentran construidas; mientras que existe un promedio diario de 93 personas que utilizan las instalaciones del club. En la urbanización se encuentran disponibles todavía 147 lotes para la construcción de casas, lo que significa que la población puede incrementarse conforme pase el tiempo. En función de estos datos se llevó a cabo el cálculo de la población futura y los caudales que descargarán el agua residual hacia la planta de tratamiento, para determinar si se deben ampliar las instalaciones.

4.4.1 Cálculo de la población futura de la urbanización:

$$Pf = Pa + IN \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$Pf = 221 + (4 * 147) = 809$$

La población futura será aproximadamente de 809 habitantes.

4.4.2 Caudal medio Futuro: El caudal medio futuro se calculó utilizando la ecuación 5. Al reemplazar los valores correspondientes se obtuvo:

$$Q_{med} = \frac{PxDot}{86400} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$Q_{med} \text{ población residente} = \frac{809 \text{ habitantes} \times 200 \text{ L/h/día}}{86.400} = 1,87 \frac{l}{s}$$

La Urbanización y Club Arrayanes tiene una proyección que aumente el número promedio de usuarios a 150 diarios, una vez que la urbanización se encuentre completamente desarrollada.

$$Q_{med} \text{ población fluctuante} = \frac{150 \text{ habitantes} \times 200 \frac{L}{hab \cdot día}}{86.400} = 0,34 \frac{l}{s} \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$Total \text{ de } Q_{med} = 1,87 \frac{l}{s} + 0,34 \frac{l}{s} = 2,21 \frac{l}{s} \quad (\text{Ecuación 12})$$

4.4.3 Caudal Máximo Diario Futuro

$$Q_{hm} = 1,5 \times 2,21 \frac{l}{s} = 3,32 \frac{l}{s} \quad (\text{Ecuación 13})$$

El día 31 de Octubre del 2015 fue el día que ingresó el mayor caudal a la planta de tratamientos, el cual fue de 13,65 l/m; es decir, 0,23 l/s. Ese día hubo problemas en las instalaciones de la planta ya que no está diseñada para soportar un caudal tan alto. Cuando la urbanización se encuentre completamente habitada se podría generar un caudal máximo diario de alrededor de 3,32 l/s.

4.4.4 Tiempo de retención de la planta de tratamiento

El caudal de ingreso es de 11,95 m³/h, pero en el diseño actual de la planta de tratamiento hay 4 distribuidores de caudal, es decir que a cada reactor ingresa un caudal de 2,9875 m³/h.

El tiempo de retención de la planta de tratamiento es de:

$$\text{Tiempo de Retención} = \frac{10,34 \text{ m}^3}{2,9875 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 3,461 \text{ horas} \quad (\text{Ecuación 14})$$

4.5 Comparación de la infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales de Arrayanes con las Normas INEN aplicables para el diseño

Tabla 8. Comparativo de infraestructura de la planta de tratamiento actual con la normativa INEN

Numeral	Parámetros de la Norma INEN Aplicables	Cumplimiento	Observaciones
5.1	Aspectos Básicos		
5.1.1	En ningún caso se diseñará la descarga de desechos crudos a un cuerpo receptor.	Sí	Existe la planta de tratamiento
5.1.1	El tratamiento mínimo que deberán recibir las aguas residuales domésticas antes de su descarga a ríos es lagunas de estabilización y en caso de ser más económico, tratamiento primario.	Sí	Tiene un tratamiento primario de sedimentación
5.2	Obras de llegada		
5.2.1	Las obras deben dimensionarse para el caudal máximo instantáneo del interceptor y comprobarse para que no exista septicidad (períodos de retención mayores a 4 h)	Si	El tiempo de retención de la planta de tratamiento es de 3,461 horas por cada reactor
5.2.2	Se deberá proyectar un cajón de llegada del interceptor con facilidades para romper la presión de llegada y uniformizar velocidades.	Sí	

5.2.3	Inmediatamente después del cajón de llegada se ubicarán las facilidades de by-pass de la planta. La existencia, tamaño y condiciones de diseño de estas facilidades serán debidamente justificadas teniendo en cuenta los tipos de procesos de la planta y sobre todo el funcionamiento en condiciones de mantenimiento correctivo de uno o varios de los procesos	No	No existe by-pass en la planta, cuando hay demasiado caudal se desborda
5.3	Tratamientos Preliminares		
5.3.1	Las unidades de tratamiento preliminar que se pueden utilizar en el tratamiento de aguas residuales son: cribas medias, desarenadores, desengrasadores, medidor y repartidores de caudal.	Sí	Tiene rejillas, cuellos de ganso y repartidores de caudal
5.3.1.3	Una Plataforma de Operación y drenaje del material cribado con barandas de seguridad	No	
5.3.1.4	Iluminación para trabajo en la noche	No	
5.3.1.5	Almacenamiento temporal del material cribado durante al menos dos días	No	
5.3.3	El diseño de los canales se efectuará para las condiciones de caudal máximo horario	No	En los picos muy alto hay desbordamiento del agua residual
5.3.4	Se utilizará barras de sección rectangular de 5 mm a 15 mm de espesor por 30 mm a 75 mm.	No	No cumplen con estas características
5.3.3.1	La velocidad a través de las barras limpias debe mantenerse entre 0.4 m/s y 0.75 m/s (basado en el caudal medio).	No	Las cribas no se limpian y obstruyen la velocidad del caudal
5.3.3.2	Determinadas las dimensiones se procederá a calcular la velocidad del canal antes de las barras, la misma que debe mantenerse entre 0.3 m/s y 0.6 m/s, siendo 0.45 m/s el valor comúnmente utilizado.	No	La velocidad del agua antes de la criba es de 0,17 m/s
5.3.3.3	El ángulo de inclinación de las barras	Sí	Las cribas tienen un

	será entre 44 y 60 grados con respecto a la horizontal		ángulo de 60 grados de inclinación
5.3.4	Desengrasadores	No	No hay desengrasadores en la planta
5.3.5	Desarenadores		
5.3.5.3	Los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,2 mm. Para el efecto se debe tratar de controlar y mantener la velocidad del flujo alrededor de 0,3 m/s con una tolerancia del (+/-) 20%	No	Los reactores funcionan al mismo tiempo como desarenadores. La velocidad del agua dentro de los desarenadores es demasiado baja. Existen procesos anaerobios por la baja velocidad del agua.
5.3.5.5	Se deben proveer dos unidades como mínimo. La velocidad debe comprobarse para el caudal medio y diseñarse varias unidades según sea necesario	No	Tiene más de dos unidades pero no están diseñadas para el caudal medio.
5.3.5.6	Para desarenadores de limpieza manual se deben incluir las facilidades necesarias (compuertas) para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades. Las dimensiones de la parte destinada al depósito de arena deben ser determinadas en función de la cantidad prevista de material y la frecuencia de limpieza deseada (semanal, quincenal o mensual).	No	No existen compuertas, no se las puede poner fuera de funcionamiento y el material sedimentado se mezcla con los lodos lo que dificulta la limpieza.
5.3.6	Repartidores de Caudal		
5.3.6.1	Después de las cribas y desarenadores se debe incluir en forma obligatoria un medidor de caudal en canal abierto,	No	Existe un vertedero antes del repetidor de caudales, los

	<p>pudiendo ser del tipo Parshal o Palmer Bowlus. El propósito de esta facilidad es proveer datos históricos sobre el caudal y sus variaciones, para desarrollar criterios de diseño para futuras ampliaciones y para evaluación del funcionamiento de los procesos de tratamiento. No se recomienda la instalación de vertederos, ya que se llenan de arena y obstruyen con material flotante</p>		<p>repartidores de caudales no cumplen con ninguna especificación de la Norma. Son orificios en la estructura que divide el caudal de forma irregular.</p>
5.3.6.2	<p>El medidor de caudal debe incluir facilidades para la instalación de un limnógrafo, recomendándose el de acción mecánica, con cuerda o mecanismo de relojería. Este mecanismo debe estar instalado en una caseta debidamente protegido</p>	No	<p>No hay presencia de medidor de caudales y no hay caseta</p>
5.4	<p>Tratamientos Primarios</p>		
5.4.1.1	<p>El objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos</p>	No	<p>El DBO y DQO aumentan durante el tratamiento</p>
5.4.3	<p>Tanques Sedimentadores</p>		
5.4.3.1	<p>En estos casos la inclinación de las paredes de las tolvas de lodos será de por lo menos 60° con respecto a la horizontal</p>	No	<p>Existe un Canal en los sedimentadores, no son como los diseños establecidos.</p>
5.4.3.2	<p>El uso de tanques de sedimentación convencionales implica la utilización de equipos mecánicos caros para barrido de lodos y transporte a los procesos de digestión y secado, por lo cual se debe tener en cuenta el costo de todas estas facilidades adicionales que encarecen el proyecto</p>	No	<p>No hay equipos que ayuden a la recolección de los lodos. Lo que lleva a acumulaciones, mal olores y procesos anaerobios.</p>
5.4.3.3.1	<p>Los canales de repartición y entrada a los tanques deben ser diseñados para el</p>	No	<p>El tamaño de los sedimentadores ya no</p>

	caudal máximo horario		es suficiente y existe desbordamientos
5.4.3.3.2	Los requisitos de área deben determinarse usando cargas superficiales entre 30 m ³ /d y 60 m ³ /d basado en el caudal medio de diseño, lo cual corresponde a una velocidad de sedimentación de 1.25 m/h a 2.5 m/h	No	La velocidad de sedimentación en los tanques sedimentadores es de 0,034 m/s.
5.4.3.3.3	El periodo de retención nominal será de 1.5 a 2.5 horas (recomendable <2h), basado en el caudal medio de diseño	No	Tiempo de retención es de 3,461 horas dentro de los tanques
5.4.3.3.4	La profundidad debe ser entre 3.0 a 3.5 metros (lo recomendable es 3.0 metros)	No	Los tanques tienen una profundidad de 1,5 metros
5.4.3.3.5	La relación largo/ancho debe estar entre 3 y 10 (recomendable 4) y la relación largo/profundidad deber ser igual o menor que 3	Sí	Relación largo/ancho es de 3,38 y la relación largo/profundidad es de 2,9
5.4.3.3.6	La carga hidráulica en los vertederos será de 1.25 m ³ /d a 500 m ³ /d por metro lineal (recomendable 250), basado en el caudal medio de diseño	Si	La planta recibirá 190,94 m ³ /d cuando la urbanización este completa y aumente el número de socios
5.4.3.4	El mecanismo de barrido de lodos de tanques rectangulares tendrá una velocidad entre 0,6m/min y 1,2 m/min, para evitar la formación de corrientes mezcladoras.	No	No hay mecanismos de barrido ni recolección
5.5	Tratamientos Secundarios	No	No se realiza tratamientos secundarios
5.6	Otros tratamientos	No	
5.7	Tratamiento de Lodos	No	

Tomado de INEN 1108,

La planta de tratamiento de aguas residuales del Club y Urbanización los Arrayanes no cumple con la mayoría de los requerimientos establecidos por la

norma técnica INEN para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Además, se puede observar que la planta fue diseñada para realizar tratamientos preliminares y primarios, ya que no se evidenció la existencia de estructuras ni espacios para tratamientos secundarios, terciarios y finales.

Uno de los problemas que tiene la planta, es la falta de eliminación y recirculación de los lodos. Eso se debe a que los 6 tanques no eliminan los lodos, lo que aumenta la concentración de materia orgánica en el agua. La falta de oxígeno estimula la digestión anaerobia, lo cual produce malos olores alrededor de la planta, así como una acumulación excesiva de lodos dentro de la planta. Por esta razón los días que el caudal incrementa significativamente, la velocidad del agua aumenta y arrastra lodos sedimentados en los reactores, aumentando la carga contaminante del agua del afluente de la planta de tratamiento, lo que afecta a la quebrada donde son liberadas dichas aguas.

4.6 Propuestas de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales

Para mejorar el tratamiento del agua residual generada por la Urbanización y Club los Arrayanes, se propone la implementación de nuevas estructuras y tratamientos para optimizar las condiciones operativas de la planta, las que se diseñarán en función de la normativa vigente.

4.6.1 Pretratamiento y acondicionamientos de ingreso

Los sistemas de pretratamientos son estructuras auxiliares que ayudan a mejorar la calidad del agua residual que ingresa a la planta de tratamientos. El objetivo de los pretratamientos es reducir los sólidos en suspensión. Es de gran importancia remover dichos sólidos en suspensión, especialmente en temporada de lluvias; por esto, los procedimientos de separación de material muy grueso y fino se consideran pretratamientos, dentro de los que se encuentran las unidades como: desarenadores y sedimentadores (Wu, Lee, & Wang, 2007).

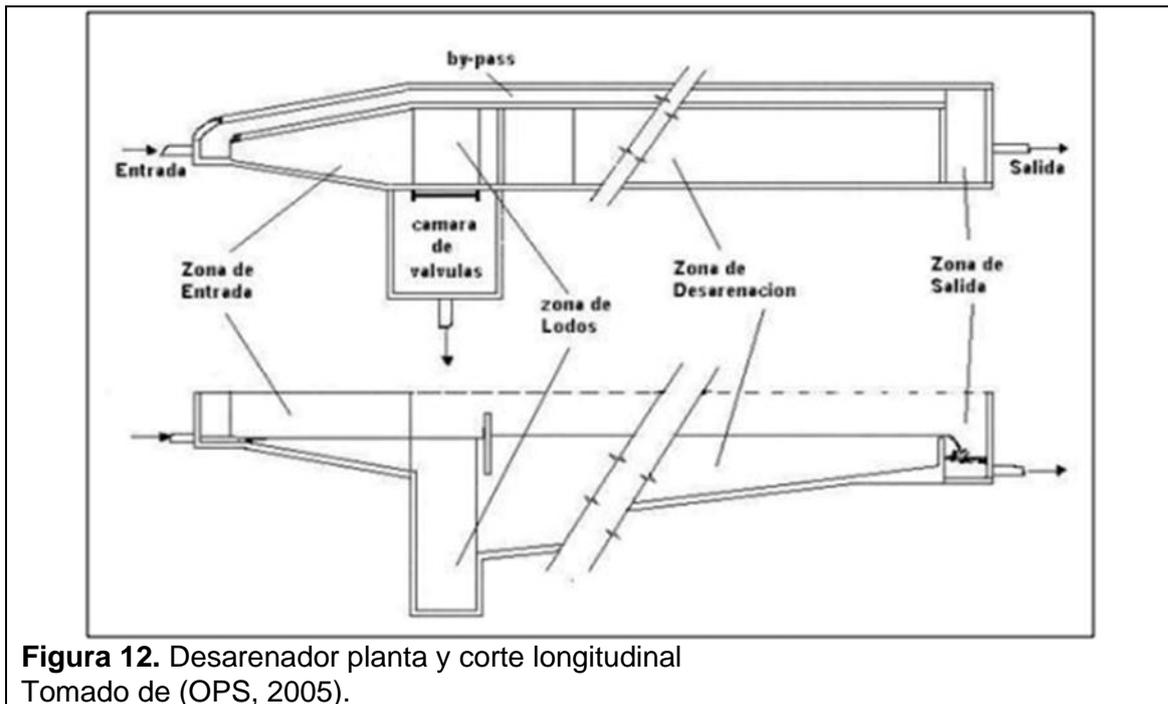
La sedimentación es un proceso de gran importancia, ya que las partículas que se encuentran en el agua puede ser perjudiciales para el tratamiento de las aguas residuales; las que pueden inhibir los procesos biológicos y generar depósitos dentro de los tanques, causando pérdidas de carga y provocando problemas en el tratamiento del agua (Wu et al., 2007).

4.6.2 Desarenadores

4.6.2.1 Componentes de un desarenador

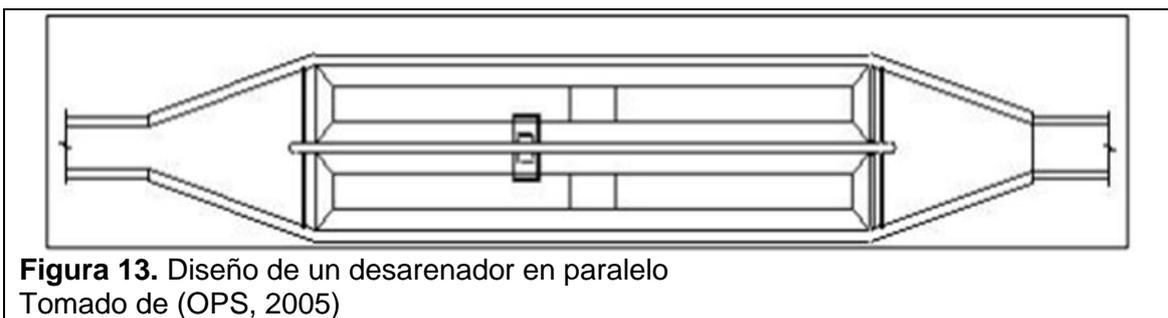
Un desarenador se puede dividir en 5 componentes:

1. Zona de Entrada: Tiene como objetivo la homogenización de la velocidad del caudal que ingresa.
2. Zona de Desarenación: Lugar donde se depositan las partículas sedimentables por medio de la gravedad.
3. Zona de Salida: Comúnmente se coloca un vertedero de rebose para mantener la velocidad del caudal, evitando la afectación de la zona de desarenación.
4. Zona de Depósito y eliminación: es una tolva que debe tener una pendiente mínima de 10% que permita la deposición de la arena dentro del canal de limpieza.
5. By-pass: estructura del desarenador para casos de emergencia cuando los caudales sobrepasen los límites de diseño (Burt & Ganeshalingam, 2005).



4.6.2.2 Criterios de diseño para un desarenador

El tiempo de operación de un desarenador debe ser de 8 a 16 años, se debe incluir como mínimo dos unidades desarenadores debido a que cada cierto tiempo se debe realizar mantenimiento y los desarenadores no pueden dejar funcionar, en caso de que no se diseñe el segundo desarenador se debe implementar un by-pass (OPS,2005).



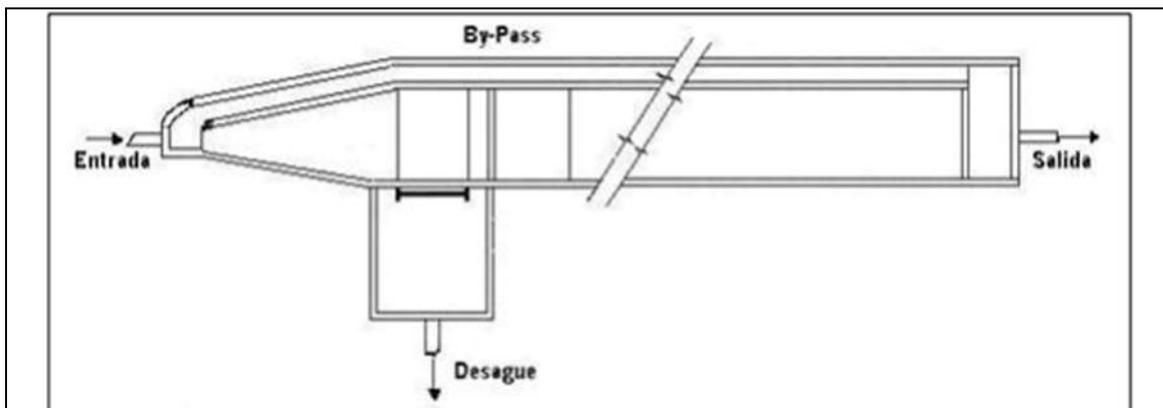


Figura 14. Diseño del by-pass
Tomado de (OPS, 2005)

La zona de entrada debe asegurar la uniformidad de la velocidad mediante la aplicación de una transición en la entrada del desarenador. La transición debe tener un ángulo menor a $12^{\circ} 30'$; el ingreso del fluido a la zona de transición no debe ser curva, ya que aumenta la velocidad del agua en la cámara de lodos. La relación entre largo y ancho de un desarenador debe ser de 10m y 20m respectivamente, según el tipo de arena que se encuentre presente en el agua se debe calcular la velocidad de sedimentación apropiada según el número de Reynolds. (OPS,2005)

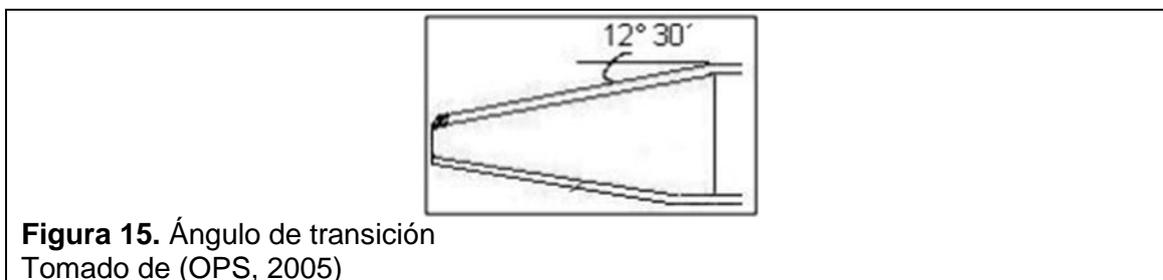


Figura 15. Ángulo de transición
Tomado de (OPS, 2005)

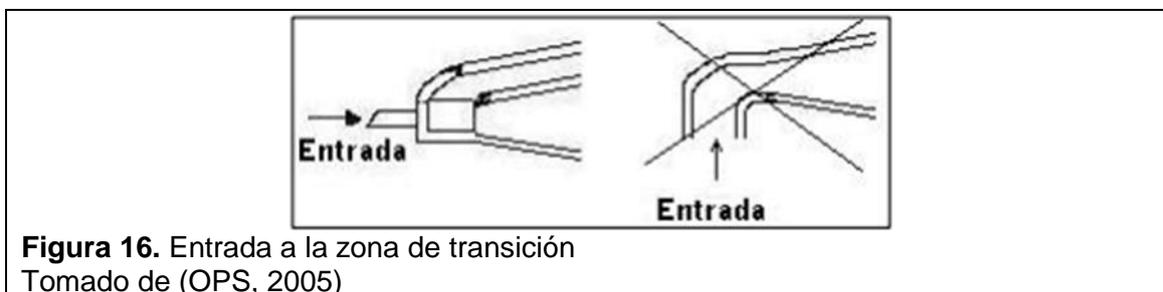


Figura 16. Entrada a la zona de transición
Tomado de (OPS, 2005)

4.6.3 Tanques de sedimentación

4.6.3.1 Componentes de un sedimentador

Un sedimentador está conformado por 4 componentes:

1. Zona de Entrada: Es una estructura que permite el ingreso del agua residual al sedimentador, este regula la velocidad con la que el agua ingresa y lo distribuye uniformemente.
2. Zona de Sedimentación: Es un canal de forma rectangular con un volumen, longitud y condiciones específicas para que se sedimenten las partículas, la dirección del flujo es horizontal y la velocidad se mantiene constante en todos los puntos del tanque.
3. Zona de Salida: Ubicada al final del tanque con la finalidad de recolectar el efluente sin impedir la sedimentación de las partículas depositadas.
4. Zona de Depósito y eliminación: Una pendiente con un ángulo mínimo de 10% que permite la recolección de las partículas sedimentadas, una tubería y una válvula que permite la evacuación de los lodos de manera periódica (Suárez, Jácome, & Ures, 2015).

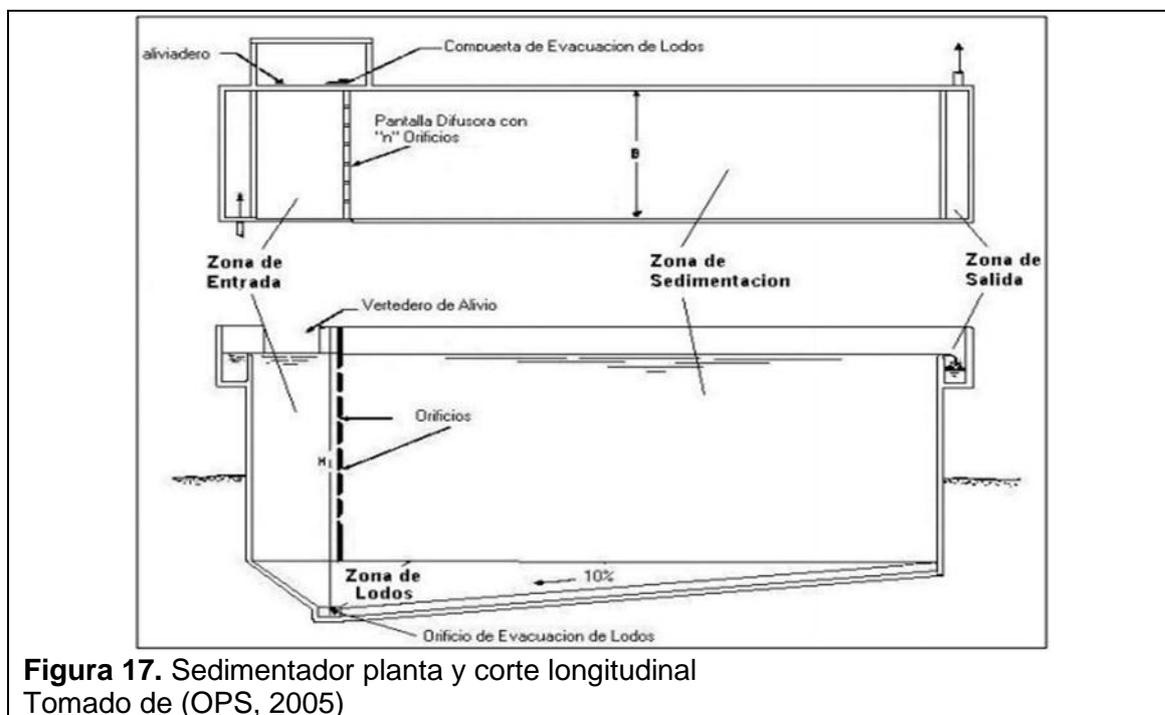


Figura 17. Sedimentador planta y corte longitudinal
Tomado de (OPS, 2005)

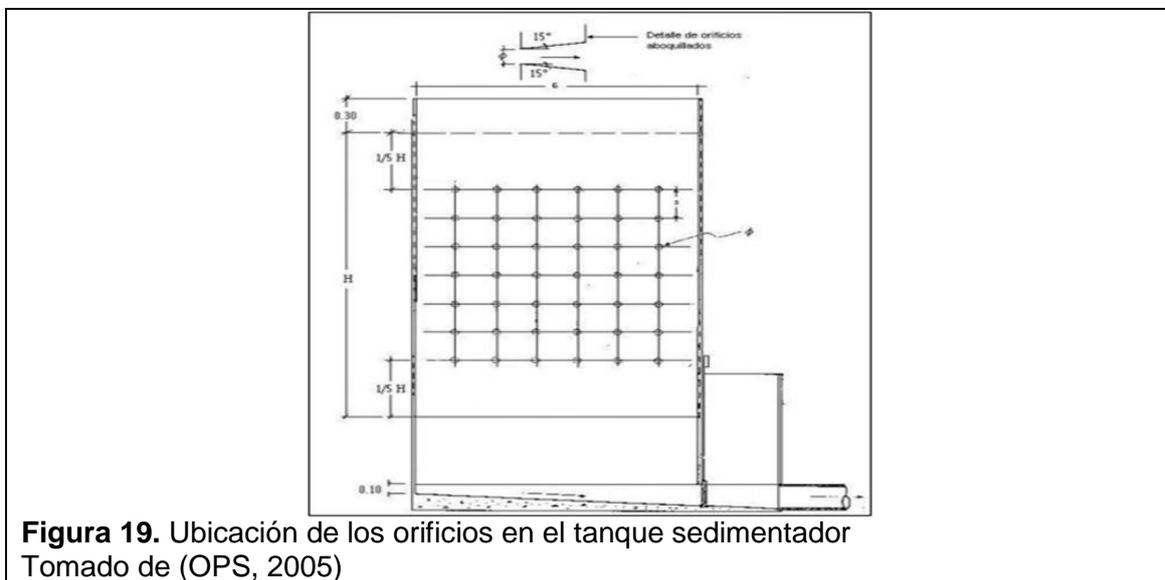
4.6.3.2 Criterios de diseño para un sedimentador

De igual manera, el sedimentador debe ser diseñado para un período de operación de 8 a 16 años. Se deben realizar como mínimo dos unidades desarenadoras, porque cada cierto tiempo se debe realizar mantenimiento y estos no pueden dejar de trabajar. En caso de que no se implemente el segundo desarenador, se debe realizar un by-pass (OPS,2005). El tiempo de retención en un sedimentador debe ser entre 2 y 6 h, y la carga superficial debe estar entre los 20 y 40 m.

La profundidad del sedimentador debe ser de 2 a 4 metros, mientras que la relación entre el largo y el ancho es de 6 a 3 respectivamente; la tolva donde se van a sedimentar los lodos debe tener una inclinación mínima del 10%, para facilitar la sedimentación de los lodos hacia la fosa de depósitos. La pantalla difusora debe ser ubicada a una distancia de 0,75 a máximo 1 metro de la zona de ingreso. Dicha pantalla debe constar de unos orificios que permitan el paso del agua.



Los orificios deben ubicarse a $1/5$ de la altura del agua, tener una inclinación de 15° en el sentido del flujo para disminuir la velocidad del fluido a $0,15 \text{ m/s}$ y permitir la sedimentación de SST (Burt & Ganeshalingam, 2005).



4.6.4 Tratamiento biológico mediante filtros percoladores

4.6.4.1 Componentes de un filtro percolador

El tanque comúnmente es cilíndrico con una profundidad de 1,5 a 3 metros, relleno de un material inerte. En la parte superior del tanque se rocía el agua residual. La concentración de oxígeno se debe mantener alta para conservar un medio aerobio. Sobre el material inerte se forma una película bacteriana, y según el espesor de la misma, bajo la capa de bacterias aerobias, puede existir otra capa de bacterias anaeróbicas (Logan, Hermanowics, & Parker, 1987).

El material de los rellenos de un percolador puede ser:

- Puzolanas
- Carbón Activado
- Arena
- Piedras silíceas
- Plásticos

El objetivo de estos materiales es tener mayor superficie específica de contacto, para que la película bacteriana tenga un mayor empalme con el agua residual, y así, reducir con mayor eficiencia la materia orgánica (Brown, 1974).

4.6.4.2 Criterios de diseño de un filtro percolador

Para realizar el tratamiento de las aguas residuales mediante un filtro percolador, se necesario incluir tratamientos previos como desarenadores y tanques de sedimentación primarios. Para determinar si el filtro percolador es de alta o de baja carga, se debe realizar una caracterización del agua que va a ser tratada. En los filtros de baja carga, la dosificación debe realizarse mediante válvulas o sifones en intervalos de 5 minutos; mientras que para los filtros de alta carga, la dosificación debe ser continua por el efecto de recirculación. En caso de utilizarse válvulas, el intervalo de dosificación deberá ser inferior de 15 segundos (Logan et al., 1987). Los parámetros de diseño se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Parámetros de diseño para filtros percoladores de alta o de baja carga

Parámetro	Tipo de carga	
	Baja	Alta
Carga hidráulica, $m^3/m^2/d$	1,00 - 4,00	8,00 - 40,00
Carga orgánica, $kg\ DBO/m^3/d$	0,08 - 0,40	0,40 - 4,80
Profundidad (lecho de piedra), m	1,50 - 3,00	1,00 - 2,00
(medio plástico), m	Hasta 12 m	
Razón de recirculación	0	1,00 - 2,00

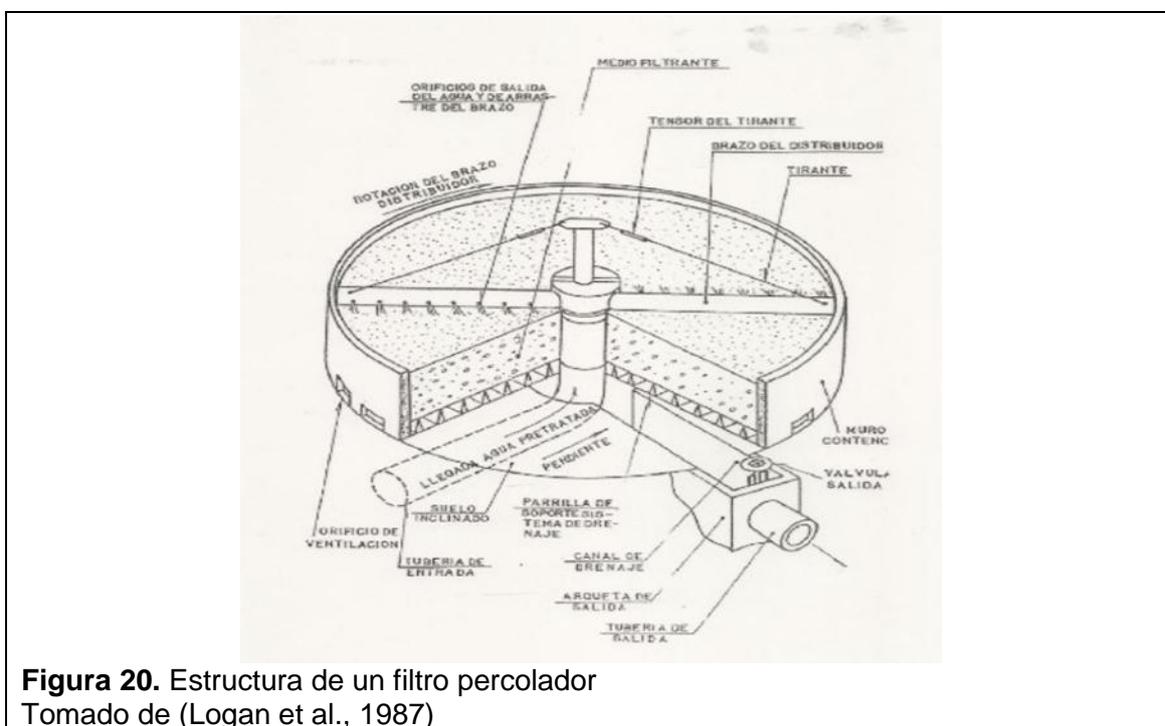
Tomado de (Logan et al., 1987)

El sustrato debe ser utilizado para promover el desarrollo de la película bacteriana, que permita la circulación del agua residual, el aire y sin generar obstrucciones. El tamaño de las piedras pequeñas deberá ser de 25 mm y máximo de 75 mm, las piedras grandes deberán tener máximo 12 cm. Se debe incluir un sistema de ventilación que facilite la circulación natural de aire a través del sistema de drenaje y del lecho de contacto (Logan et al., 1987).

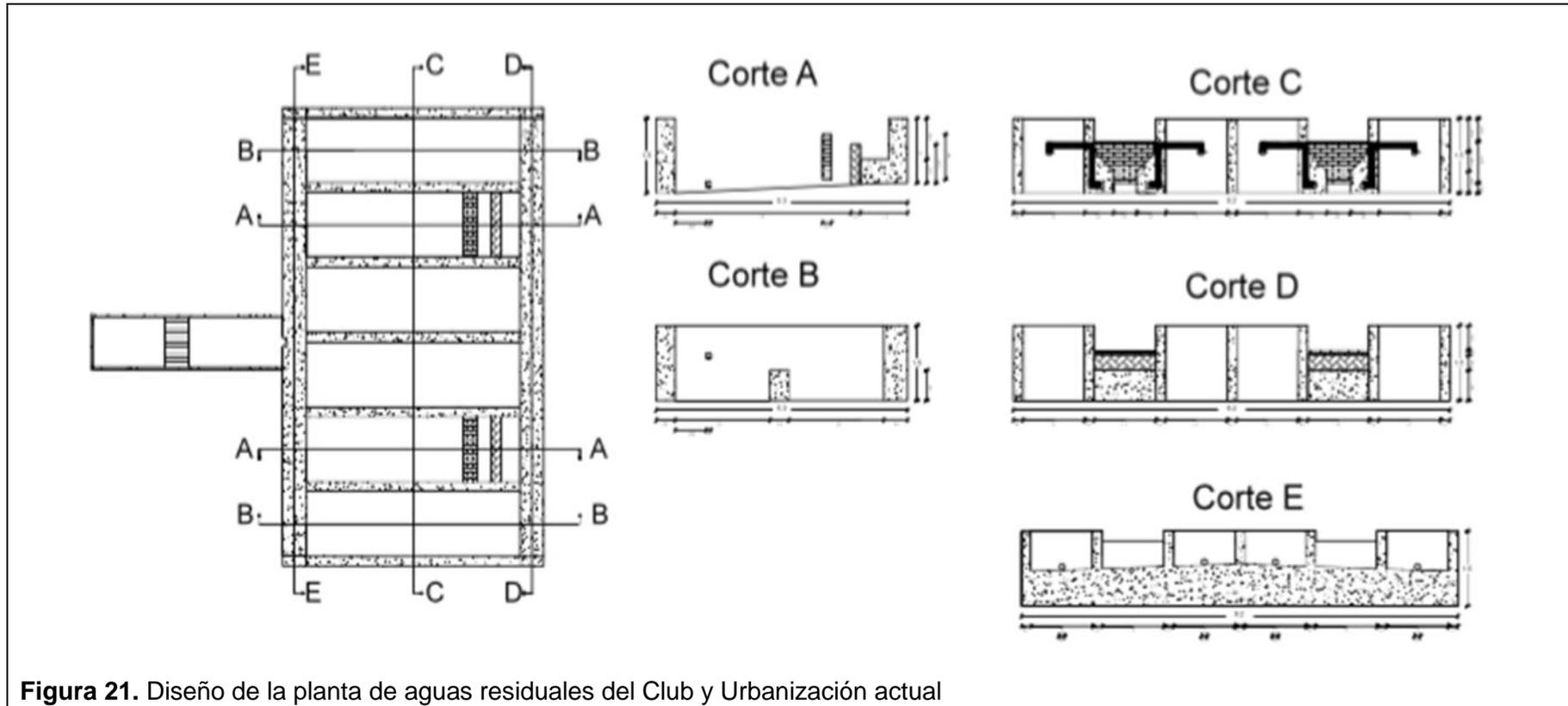
Si los filtros son de gran superficie, deben diseñarse pozos de ventilación en perímetro de la unidad. La superficie abierta de estos pozos será de $1\ m^2$ por cada $250\ m^2$ de la superficie del lecho. El falso fondo del sistema de drenaje

debe tener un área de orificios no menor a 15% del área total del filtro (Logan et al., 1987).

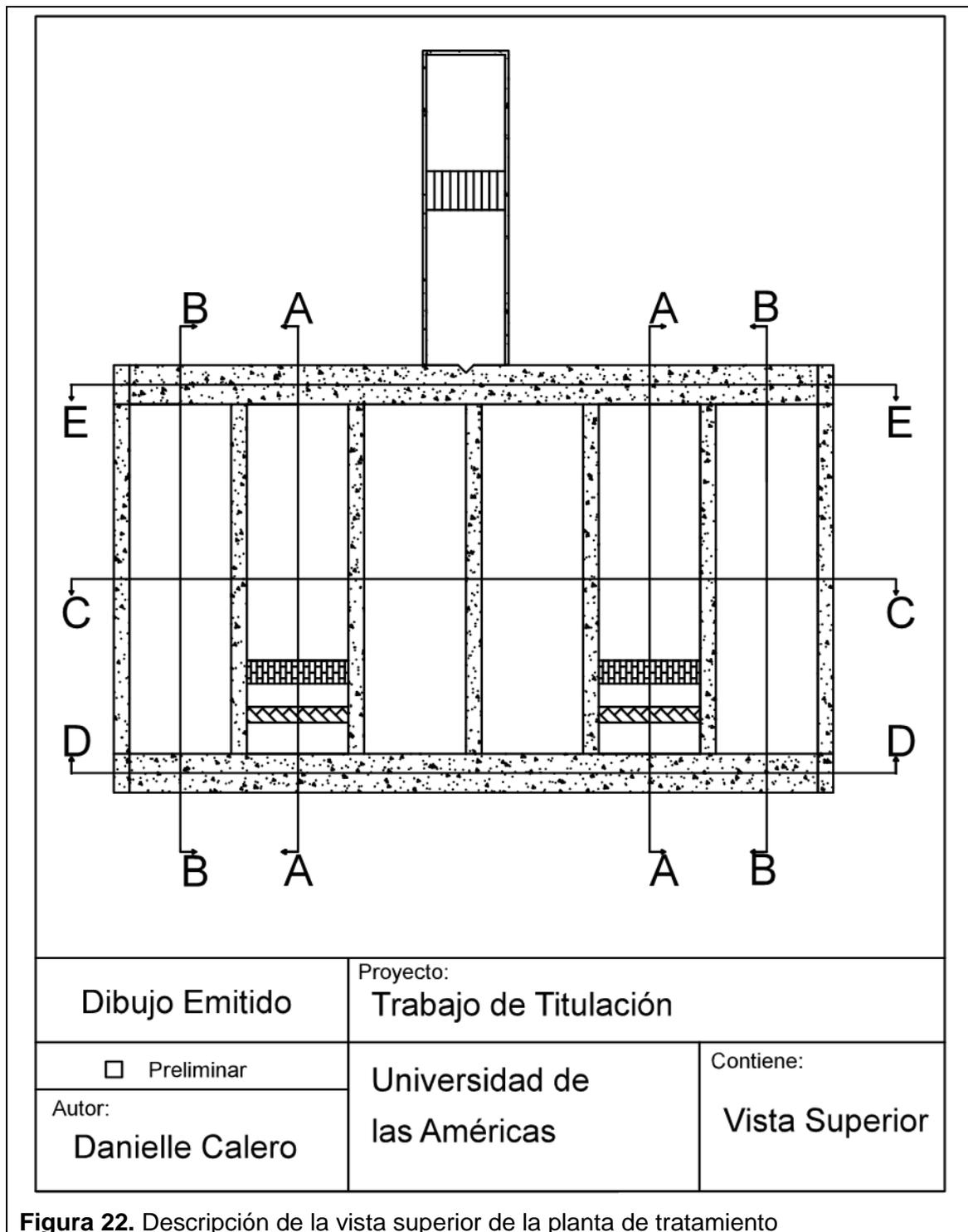
Se deben diseñar sedimentadores secundarios, con el propósito de que se separe la biomasa en exceso producida en el filtro. El diseño del sedimentador secundario puede ser similar al del sedimentador primario, con la condición de que la carga de diseño se base en el flujo de la planta, adicionando el flujo de recirculación. La carga superficial no debe exceder de $48 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$, basada en el caudal máximo (Logan et al., 1987).



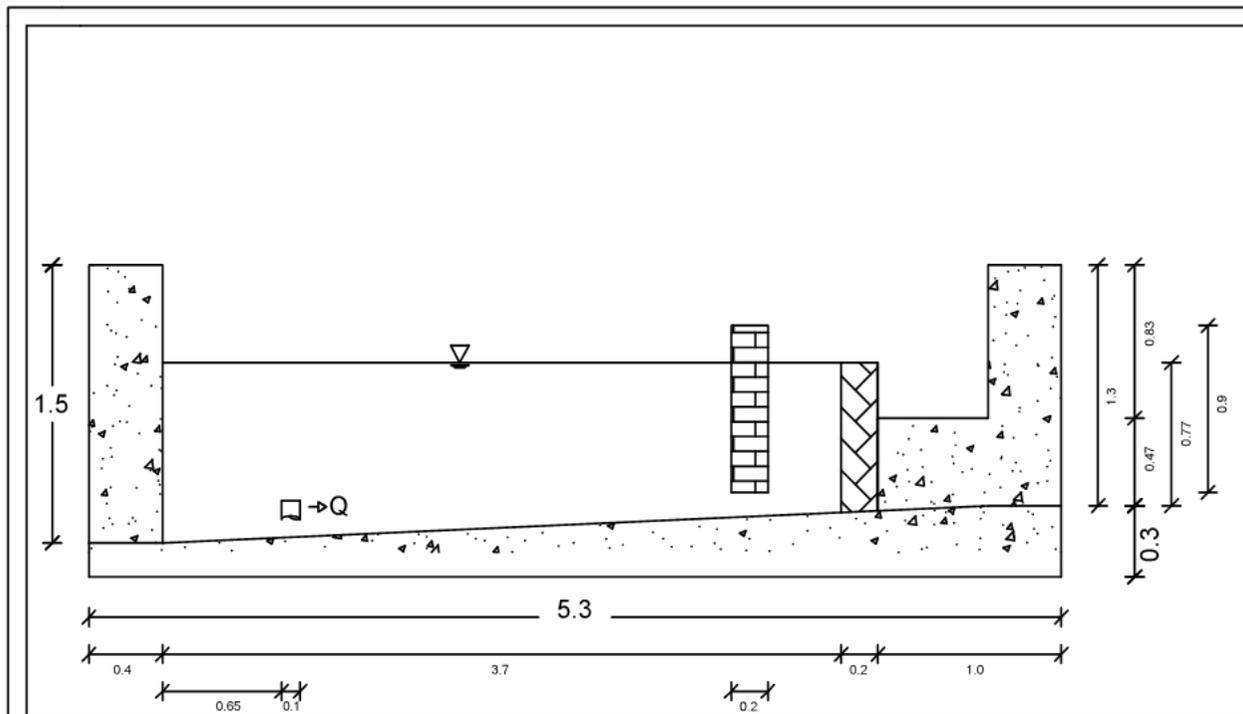
4.6.5 Diseño actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Urbanización y Club los Arrayanes



4.6.5.1 Vista Superior



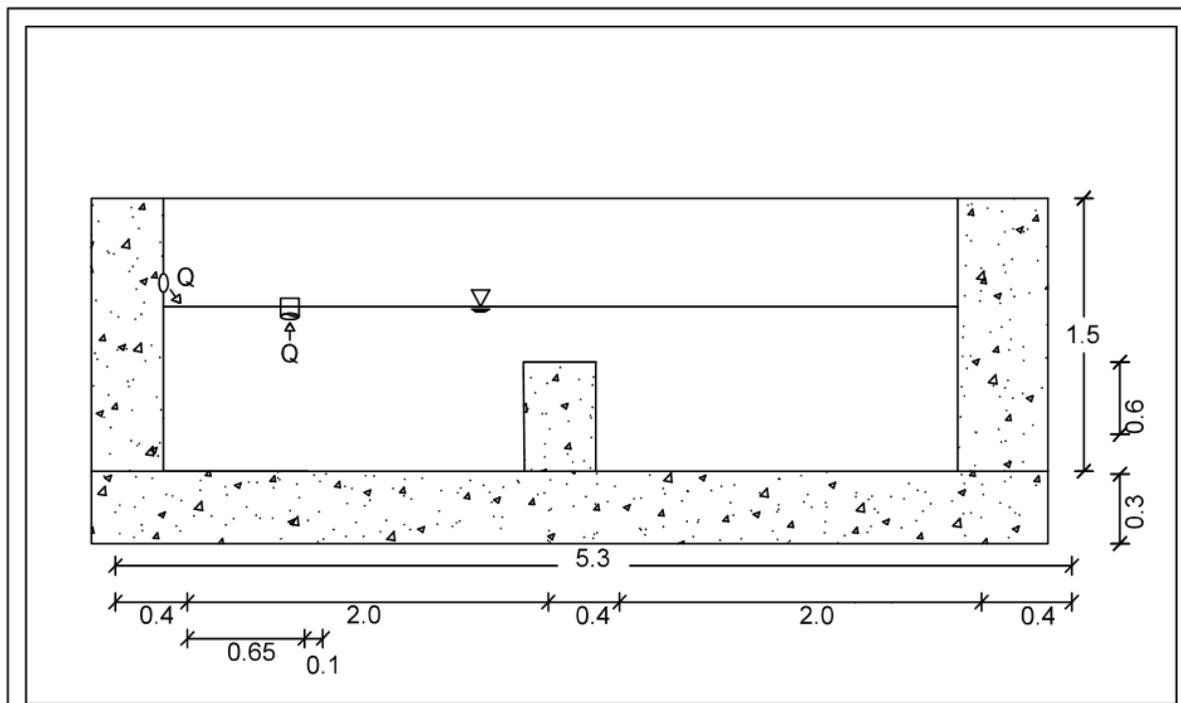
4.6.5.2 Corte A – A'



<p>Dibujo Emitido</p>	<p>Proyecto: Trabajo de Titulación</p>	
<p><input type="checkbox"/> Preliminar</p>	<p>Universidad de las Américas</p>	<p>Contiene: Corte A</p>
<p>Autor: Danielle Calero</p>		

Figura 23. Descripción del Corte A de la planta de tratamiento en metros

4.6.5.3 Corte B – B'



Dibujo Emitido		Proyecto: Trabajo de Titulación	
<input type="checkbox"/> Preliminar	Autor: Danielle Calero	Universidad de las Américas	Contiene:
			Corte B

Figura 24. Descripción del Corte B de la planta de tratamiento en metros

4.6.5.4 Corte C – C'

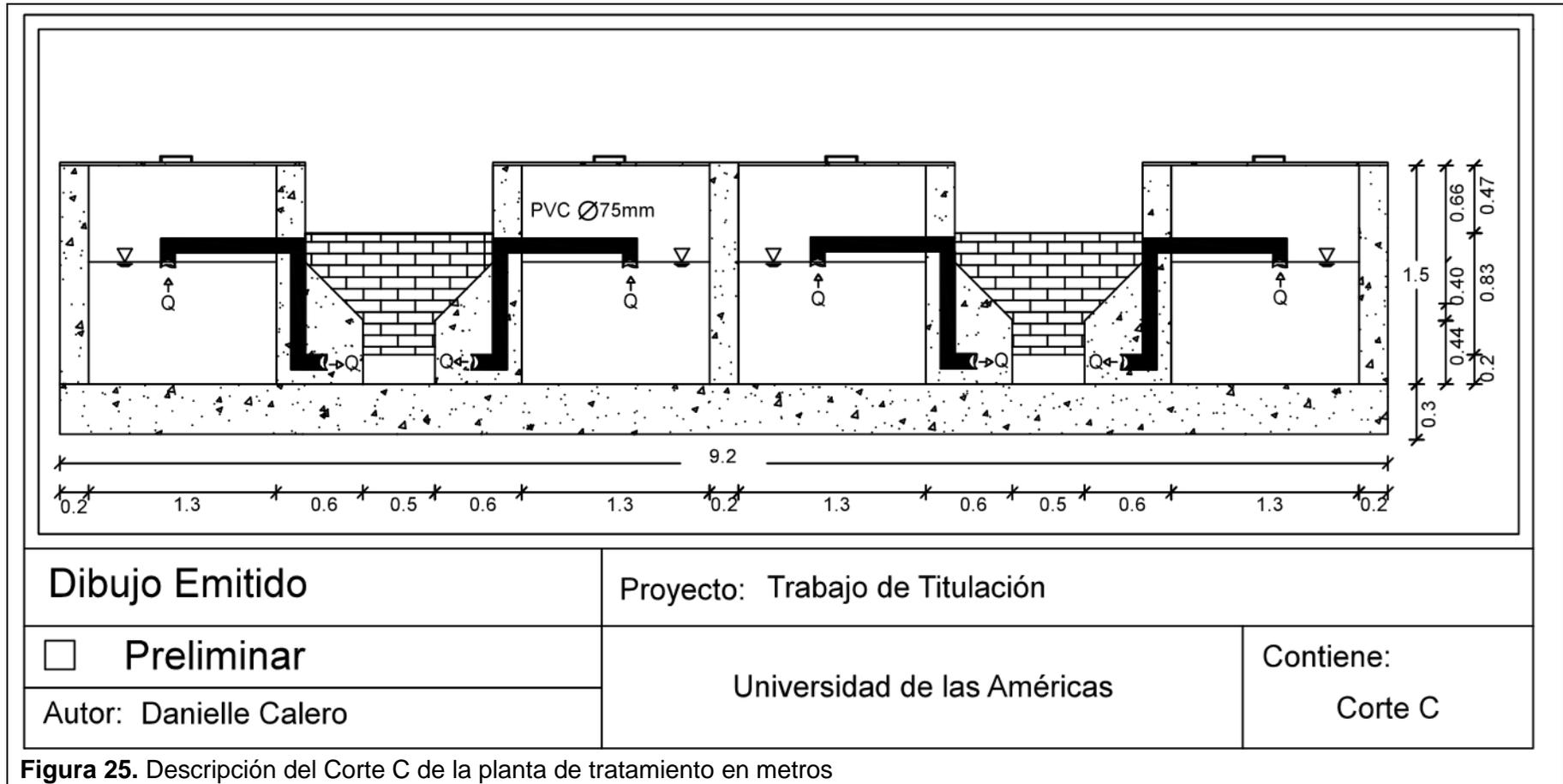


Figura 25. Descripción del Corte C de la planta de tratamiento en metros

4.6.5.5 Corte D – D'

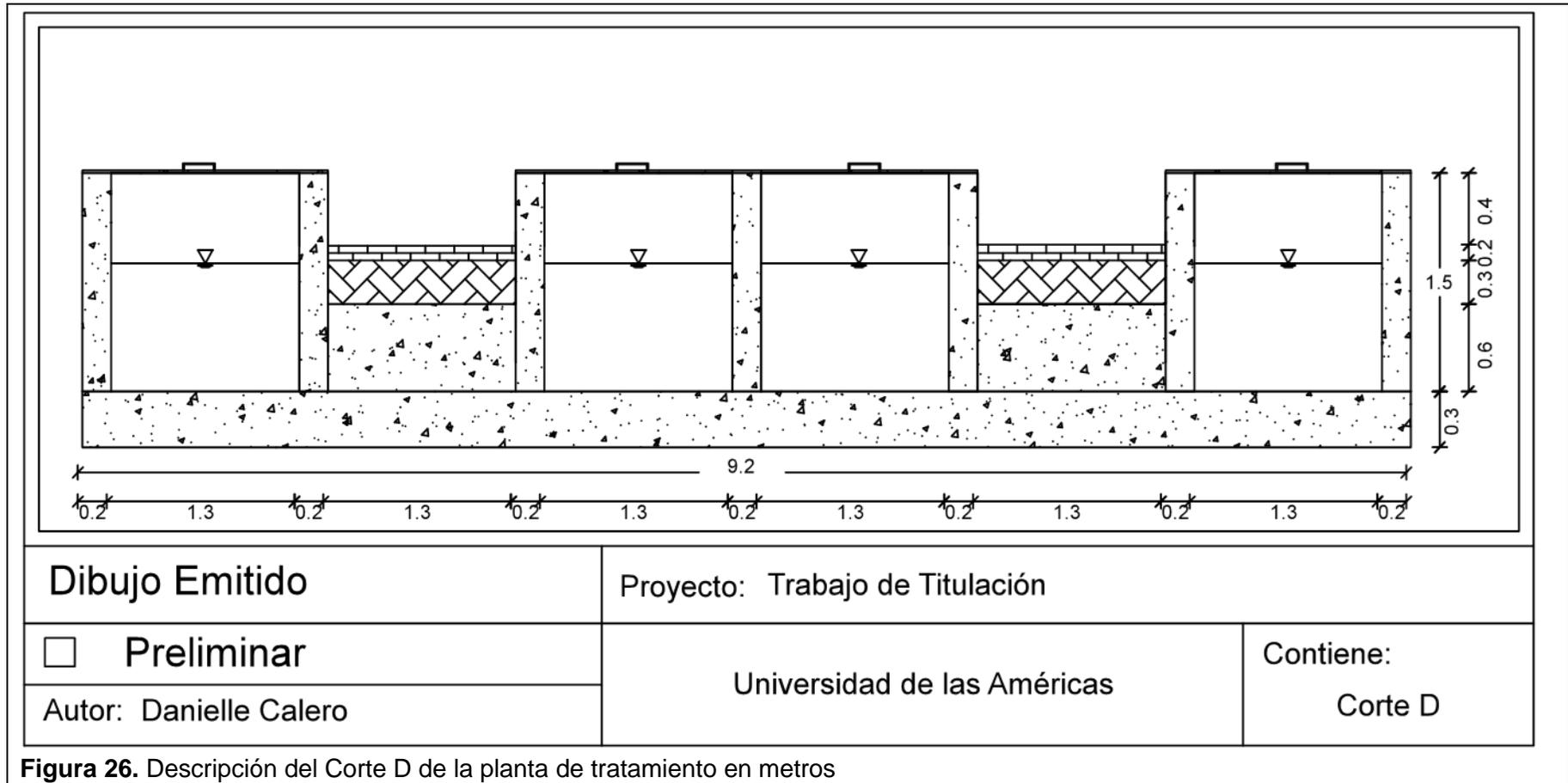


Figura 26. Descripción del Corte D de la planta de tratamiento en metros

4.6.5.6 Corte E – E'

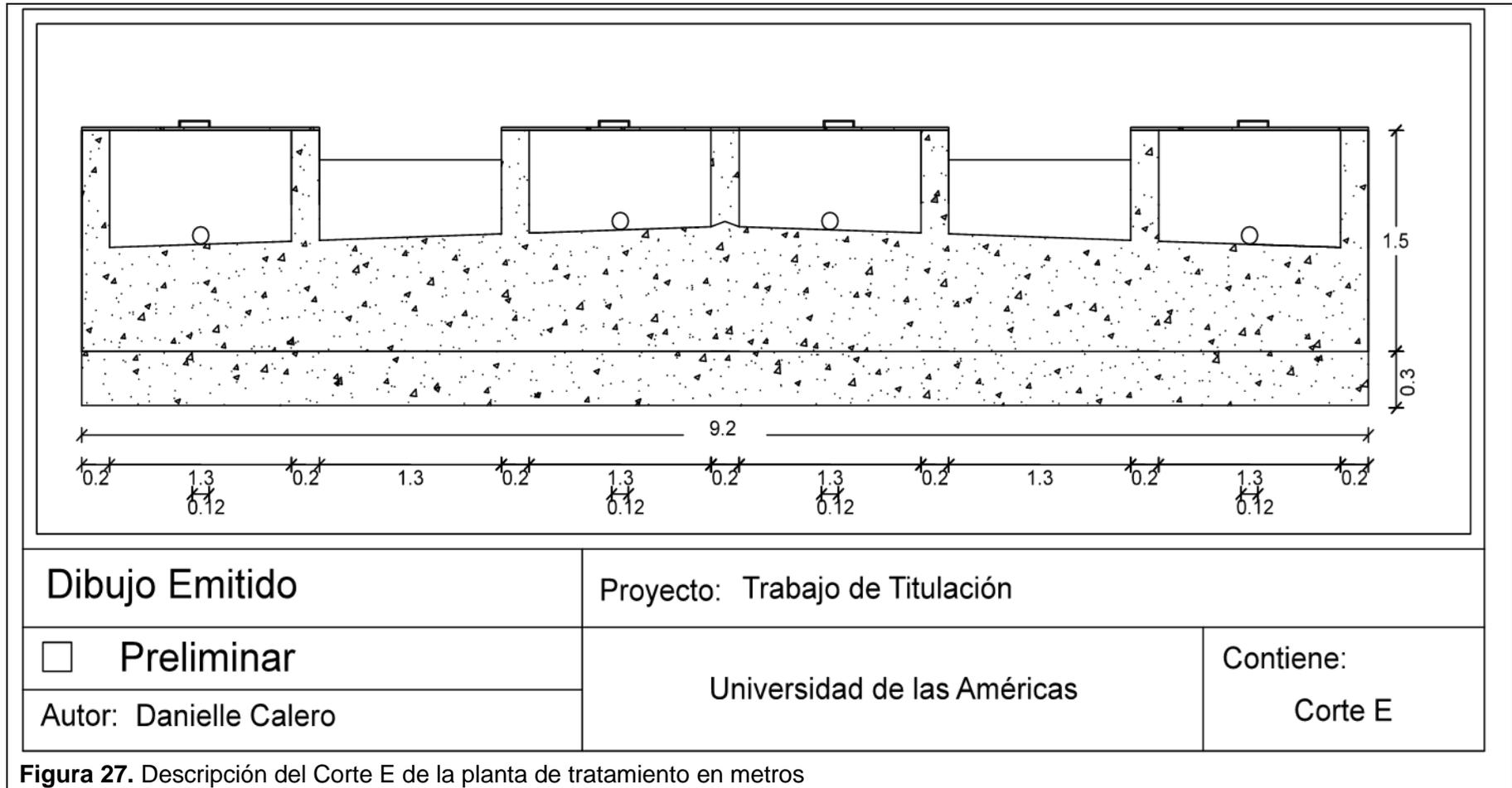


Figura 27. Descripción del Corte E de la planta de tratamiento en metros

4.6.6 Diagrama de flujo del tratamiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Urbanización y Club los Arrayanes

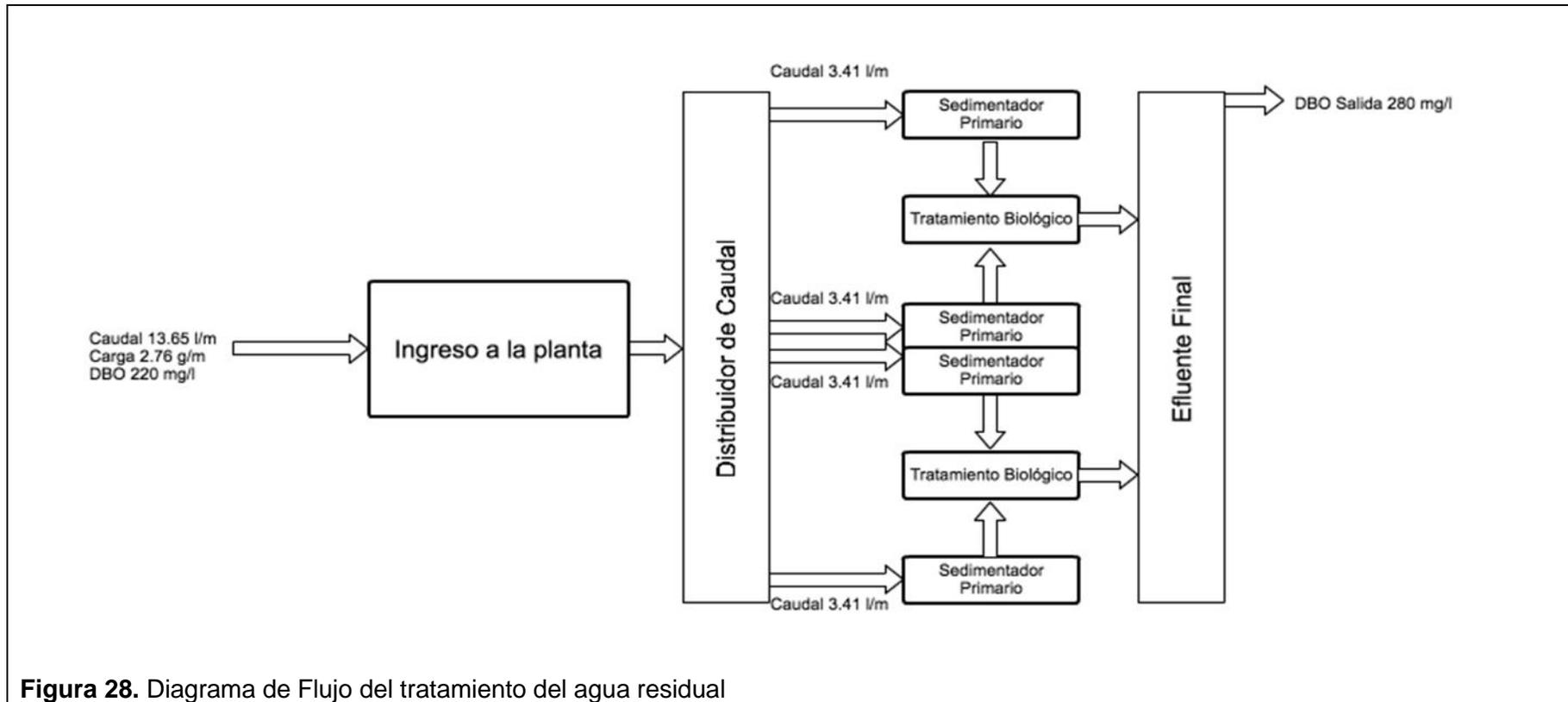


Figura 28. Diagrama de Flujo del tratamiento del agua residual

4.6.7 Diagrama de flujo de la propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales del Club y Urbanización los Arrayanes

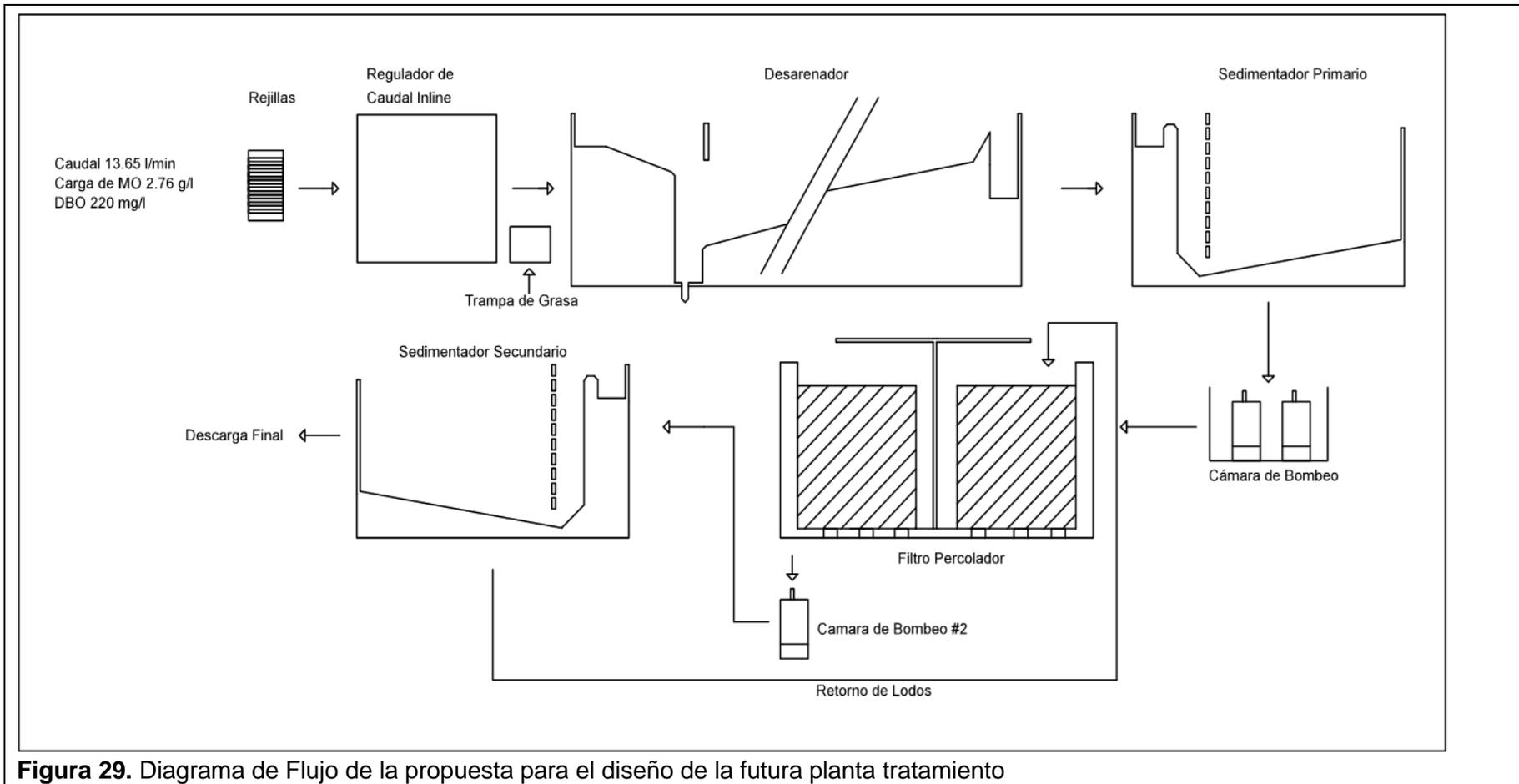


Figura 29. Diagrama de Flujo de la propuesta para el diseño de la futura planta tratamiento

5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Basándose en los resultados obtenidos de los análisis de la DBO, se puede concluir que la planta de tratamiento de aguas residuales del Club y Urbanización los Arrayanes no cumple con los parámetros establecidos por el Acuerdo Ministerial 028. El límite permisible para descarga en cuerpos de agua dulce para la DBO es de 100 mg/l y de DQO es de 200 mg/l, mientras que la planta de tratamiento de aguas residuales libera 280 mg/l de DBO y 478 mg/l de DQO.

La concentración máxima de DBO que ingresó a la planta de tratamiento durante el periodo de estudio fue de 220 mg/l, mientras que la concentración de DBO que salía de la planta de tratamiento era de 280 mg/l. Es decir, que la planta de tratamiento está aumentando la contaminación del agua residual. Esto se debe a que la planta de tratamiento tiene un diseño de baja tratabilidad; además de una falta de recirculación y eliminación de los lodos activados en los reactores biológicos, lo que aumenta la concentración de bacterias.

Los caudales que ingresaron a la planta de tratamiento fueron altamente irregulares y se vieron afectados por las condiciones climáticas, uso de socios de las instalaciones del club y los habitantes de la urbanización. En los picos más altos se levantaron los sólidos sedimentables en los sedimentadores y en el tanque biológico; esto arrastró los lodos hacia la zona de descarga. Mientras que, durante los periodos de caudales más bajos, los lodos se veían expuestos al aire produciendo malos olores e incremento de insectos.

La eficiencia de la planta de tratamientos es extremadamente baja, ya que durante el periodo de estudio se recibieron 299,6 kg de materia orgánica y solo logró tratar 237,9 kg. Es decir, que la planta de tratamiento tiene una eficiencia 20.59%, lo que se debe a que la acumulación de lodos en los tanques aumente la contaminación en el agua.

En el presente trabajo, se logró demostrar que la planta de tratamiento del Club y Urbanización los Arrayanes no se encuentra diseñada correctamente, no es capaz de soportar los cambios de los caudales, ni los caudales máximos. Además, aumenta la concentración de la materia orgánica lo que significa que la contaminación también aumenta y la planta no sería capaz de atender a la población futura de la Urbanización.

5.2 Recomendaciones

De acuerdo a la información recolectada durante el tiempo de estudio, se deben adoptar medidas de inmediato para disminuir la contaminación en la quebrada de los Arrayanes, ya que la planta de tratamiento fue construida hace 16 años y es necesario cambiar su diseño, así como implementar tecnologías más actualizadas. Además, es necesario tomar en cuenta la población fluctuante y residente.

Se debe implementar un regulador de caudal antes del ingreso a la planta de tratamiento para amortiguar los picos de los caudales. También, se debe efectuar la eliminación de los lodos acumulados en los tanques, para que esto no aumente la contaminación en el agua.

Verificar la existencia de difusores en los tanques que reciben el caudal, ya que su diseño presenta características de un reactor biológico aerobio, y estos pueden estar averiados o tapados por los lodos.

6. REFERENCIAS

- AccuWeather. (2016). Clima de Puenbo-Ecuador. Recuperado 11 el
 Noviembre del 2015 de:
<http://www.accuweather.com/es/ec/puenbo/1238476/weather-forecast/1238476>
- American Water Work Association. (2003). Water Treatment Part 2 Principles and practices of water supply operation series water supply operations training. Recuperado 12 de Septiembre 2016 de:
https://books.google.com.ec/books?id=WO6A_4JAdVsC&dq=sludge+recirculation&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Arce, A., Calderón, C., & Tomasini, A. (2007). Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua. Recuperado el 13 de Enero del 2016 de:
http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/fundamentos_tecnicos.pdf
- Baquero, A., Larra-Borrero, J., & Torres, A. (2011). *Estudio de tratabilidad de las aguas residuales en Bogotá con lodos activados: Aspectos de monitoreo en continuo, caracterización detallada, modelación y simulación del proceso*. Cali: Pontificia Universal. Recuperado el 14 de Diciembre del 2015 de:
https://books.google.com.ec/books?id=DH3_AwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Bowman, G. (1998). BOD Analysis: Basics and Particulars. Recuperado el 4 de Marzo del 2016 de:
<http://dnr.wi.gov/regulations/labcert/documents/training/bod101.pdf>
- Brown, J. (1974). *Methods for improvement of trickling filter plant performance* (1st ed.). North Carolina: Environmental Protection Agency. Recuperado el 25 de Mayo del 2016 de:
https://books.google.com.ec/books?id=k24WgAPNAdgC&dq=trickling+filter&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Burt, D., & Ganeshalingam, J. (2005). Design and optimisation of final clarifier performance with CFD modelling. Recuperado el 18 de Enero del 2016

de: http://clarisim.net/Consultancy_files/CIWEMPaper_DavidJBurt-Rev2.pdf

Campos, R. (2005). *Evaluacion de la operacion mantenimiento y mejoramiento do 12 plantas de tratamiento de aguas residuales en Guatemala, El Salvador y Honduras*. Turrialba: Prodomia-catie. Recuperado el 24 de Enero del 2016 de: https://books.google.com.ec/books?id=BxwOAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

CuidoelAgua.org. (2009). Que son las aguas residuales.

EPA. (2002). Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection. Recuperado 24 de Febrero del 2016 de: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/g5s-final.pdf>

Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Recuperado el 6 de Marzo del 2016 de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aidis-ar/lcl1799e.pdf>

Fao. (2008). Calidad del Agua Ambiental. Recuperado el 11 de Julio del 2016 de: <http://faolex.fao.org/docs/pdf/per91588.pdf>

Glynn, H., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería ambiental*. Juarez: Pretince Hall. Recuperado 19 de Diciembre del 2015 de: https://books.google.com.ec/books?id=ToQmAKnPpzlC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

González, C. (2011). Monitoreo de la calidad del agua. Recuperado el 5 de Febrero del 2016 de: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-861/maguaoxigenodisuelto.pdf>

Huerta, R., Marcos, C., Ibarguren, N., & Ordás, S. (2013). Guía Práctica para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Recuperado el 7 de Noviembre del 2015 de: <http://www.chduero.es/descarga.aspx?fich=/Publicaciones/guiapractica-depuracionaguas-chd.pdf>.

- Ibanez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (2009). Morfología de las cuencas hidrográficas. Recuperado el 15 de Marzo del 2016 de: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfolog%C3%ADa de una cuenca.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfolog%C3%ADa%20de%20una%20cuenca.pdf)
- IGME. (2004). ANALISIS DE FOCOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES. Recuperado 18 de Noviembre del 2015 de: http://www.igme.es/igme/publica/libros1/libro21/pdf/lib21/8_analisis.pdf
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEN. (2011). Agua Potable Requisitos. Recuperado el 16 de Julio del 2016 de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1108.2011.pdf>
- Jacobson, W. (1996). *Programa de formación continua en educación ambiental para profesores y asesores de ciencia de enseñanza secundaria*. Espana: Grafillés. Recuperado el 18 de Noviembre del 2015 de: [https://books.google.com.ec/books?id=zqyAlsLXv88C&pg=PA84&dq=tipos+de+plantas+de+tratamiento+de+aguas+residuales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjCqNihltHNAhWLFx4KHT_NC64Q6AEISzAF#v=onepage&q=tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=zqyAlsLXv88C&pg=PA84&dq=tipos+de+plantas+de+tratamiento+de+aguas+residuales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjCqNihltHNAhWLFx4KHT_NC64Q6AEISzAF#v=onepage&q=tipos%20de%20plantas%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales&f=false)
- Jlménez, B. (2001). *La Contaminación Ambiental en México*. Mexico D.F: Lumisa. Recuperado el 24 de Noviembre del 2015 de: https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Lamizana, B. (2008). Appropriate treatment technology and environmental effects of wastewater use in agriculture. Recuperado el 18 de Marzo del 2016 de: [http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/231/mod_page/content/188/Session5d_Lamizana_UNEP_Appropriate treatment technology and environmental effects of wastewater use in agriculture.pdf](http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/231/mod_page/content/188/Session5d_Lamizana_UNEP_Appropriate%20treatment%20technology%20and%20environmental%20effects%20of%20wastewater%20use%20in%20agriculture.pdf)
- Lapena, M. (1989). *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. Barcelona: MARCOMBO, S.A. Recuperado el 3 de Abril del 2016 de: https://books.google.com.ec/books?id=fQcXUq9WFC8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- Life, & Minaqua. (2013). Informe técnico: tecnologías blandas para el tratamiento de aguas residuales y el reciclaje en el lavado industrial de vehículos. Recuperado el 5 de Abril del 2016 de: [http://minacqua.org/wp8c/?download=A7_Informe técnico: tecnologías blandas para el tratamiento de a.](http://minacqua.org/wp8c/?download=A7_Informe_técnico:_tecnologías_blandas_para_el_tratamiento_de_a)
- Logan, B., Hermanowics, S., & Parker, D. (1987). A Fundamental model for trickling filter process design. Recuperado el 18 de Mayo del 2016 de: <http://www.engr.psu.edu/ce/enve/logan/publications/1987-Logan-et-al-tf1.pdf>
- Madronero, S. (2006). Manejo del recurso hídrico y estrategias para su gestión integral en la microcuenca Mijitayo. Recuperado el 23 de Mayo del 2016 de : <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0690e/A0690e.pdf>
- Manahan, S. (2006). *Introducción a la química ambiental*. Mexico D.F: Reverté. Recuperado el 2 de Junio del 2016 : https://books.google.com.ec/books?id=5NR8DIk1n68C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Méndez, R. (2007). *Producción limpia en la industria de curtiembre*. Espana. Recuperado de 3 de Diciembre del 2015 de: <https://books.google.com.ec/books?id=h4h5Zel3howC&printsec=frontcover&dq=Una+de+las+características+de+las+aguas+residuales+es+que+contienen+un+alto+nivel+de+materia+orgánica,+cuando+son+descargadas+a+los+cuerpos+de+agua+estas+afectan+principalm>
- Müller-Sämman, K., & Restrepo, J. (1997). *Conservación de suelos y aguas en la zona andina* (1st ed.). Colombia: CIAT. Recuperado el 18 de Febrero del 2016 de: https://books.google.com.ec/books?id=wUXFmOTDDX0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Navarrette, E. (2001). *GUIA DE REFORESTACION*. El semillero SAS.
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Recuperado el 16 de Junio del 2016 de:

- http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf
- OPS. (2005). Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Recuperado el 18 de Junio del 2016 de: [http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion 6 Tratamiento de agua/Guia desarenadores y sedimentadores.pdf](http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/Guia%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf)
- Orellana, J. (2005). Características del agua potable. Recuperado el 22 de Mayo de 2016 de: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf
- Orozco, C. (2003). *Ordenamiento territorial y medio ambiente: incidencia de las normas*. Universidad del Valle. Recuperado de: https://books.google.com.ec/books?id=5FaJ1rmk_gQC&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Ortega, M., Ferrer, Y., Salas, J., Aragón, C., & Real, A. (2004). La depuración de las aguas residuales para pequeñas poblaciones. Recuperado 1 de Julio de 2016 de: <http://www.ingenieriadelagua.com/2004/JIA/Jia2009/fs/CO16rev.pdf>
- Ostroumov, S. (2006). *Biological Effects of Surfactants*. Florida: Taylos and France. Recuperado 29 de Marzo del 2016 de: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=prERduflXg4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Biological+Effects+of+Surfactants&ots=8XD1v4S8zD&sig=MuHJR7wblVSTfuhX3bhjeN8JKOM#v=onepage&q=Biological Effects of Surfactants&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=prERduflXg4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Biological+Effects+of+Surfactants&ots=8XD1v4S8zD&sig=MuHJR7wblVSTfuhX3bhjeN8JKOM#v=onepage&q=Biological%20Effects%20of%20Surfactants&f=false)
- Owen, J. (2006). Contaminación de las aguas. Recuperado 15 de Diciembre del 2016 de: <http://www2.medioambiente.gov.ar/sian/chubut/trabajos/contagua.htm>
- Payeras, A. (2013). Parámetros de Calidad de las Aguas de Riego. Recuperado 23 de Marzo del 2016 de: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/>
- Pérez, M., & Robledillo, J. M. (2009). *Piscicultura y eutrofización: regulación de*

- cultivos piscícolas en jaulas flotantes*. (P. y A. Ministerio de Agricultura, Ed.) (Cornell Un). Cornell University.
- Restrepo, I., Sanchez, D., Galvis, A., Rojas, J., & Sanabria, I. (2007). *Avances en investigación y desarrollo de agua y saneamiento para el cumplimiento de las metas del milenio*. Cali: Artes gráficas del Valle. Recuperado el 25 de Mayo de 2016: [https://books.google.com.ec/books?id=vpFqgpfHBmYC&pg=PA202&dq=agua+residual+domestica&hl=es&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwi97r2P5c7NAhWG7R4KHVxIDA4Q6AEIQjAD#v=onepage&q=agua residual domestica&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=vpFqgpfHBmYC&pg=PA202&dq=agua+residual+domestica&hl=es&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwi97r2P5c7NAhWG7R4KHVxIDA4Q6AEIQjAD#v=onepage&q=agua%20residual%20domestica&f=false)
- Rodríguez, M. (1998). Demanda bioquímica de oxígeno de efluentes con productos xenobióticos. Recuperado el 3 de Julio del 2016 de: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/3048/54article5.pdf>
- Ros, G. Da. (1995). *La Contaminación de Aguas en Ecuador* (Vol. 1). Abya Yala.
- Sánchez, A. (2012). Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias. Recuperado 28 de Mayo del 2016 de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=8522494500>
- Sans, R., & de Pablo, J. (1989). *Ingeniería Ambiental: contaminación y tratamientos*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- Santambrioso. (2012). Demanda Bioquímica de Oxígeno. Recuperado el 6 de Febero del 2016 de: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/bioteconologia/DBO.pdf
- Sepúlveda, M. (2004). Laboratorio pH. Recuperado de 6 de Febero de 2016 de: http://server-enjpp.unsl.edu.ar/escuela/images/laboratorio_de_ph.pdf
- Sette, R., Jiménez, D., & de Lora, F. (1990). *Tratamiento de aguas residuales*. Quebec: Reverté. Recuperado el 21 de Mayo del 2016 de: https://books.google.com.ec/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Suárez, J., Jácome, A., & Ures, P. (2015). Technology fact sheet for effluent

- treatment plants on textile industry: Primary clarifier. Recuperado 22 de Mayo de 2016 de: [http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion_6 Tratamiento de agua/Guia desarenadores y sedimentadores.pdf](http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion_6_Tratamiento_de_agua/Guia_desarenadores_y_sedimentadores.pdf)
- Tomczak-Wandzel, R., Dereszewska, A., Cytawa, S., & Medrzycka, K. (2011). *THE EFFECT OF SURFACTANTS ON ACTIVATED SLUDGE PROCESS*. USA.
- Velarde, F. (2011). *Mantenimiento y mejora de elementos vegetales*. Espana: Gráficas Summa, S.A. Recuperado el 12 de Febrero de 2016 de: <https://books.google.com.ec/books?id=5LKXwzxcW4sC&pg=PA93&lpg=PA93&dq=problemas+de+riego+con+agua+residual+vegetales&source=bl&ots=YrGfSKcPYq&sig=Aco0fV27CvFUM-vJRVQ-LNOcEyK&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjR8NCa8s7NAhXHKh4KHW0eBmE4ChDoAQgsMAM#v=onepage&q=problemas>
- Wu, R.-M., Lee, T.-H., & Wang, J.-Y. (2007). A Study of Water Treatment Clarifier. Recuperado el 3 de Julio del 2016 de: <http://www2.tku.edu.tw/~tkjse/10-4/10-4-3.pdf>
- Xie, L. (2014). *Resources, Environment and Engineering*. Shangai: CRC Press. Recuperado el 6 de Julio del 2016 de: https://books.google.com.ec/books?id=IOmsBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

7. ANEXOS

Anexo 1. Descripción del método Kit NANOCOLOR DQO 1500 mg/l Test - 029

1. Se utilizó 200 ml de cada muestra que se obtuvo durante un día de muestreo en un vaso de precipitación.
2. Se mezcló con un agitador durante 5 minutos los 1400 ml para homogenizar las muestras del agua residual.
3. Una vez homogenizada el agua residual se utilizó el Kit NANOCOLOR DQO 1500 mg/l Test -029 para determinar la cantidad de DQO presente en el Agua.
4. Se extrajo 2 ml de la mezcla homogenizada y se la introdujo en el tubo de ensayo del Kit y se agitó por 3 minutos el tubo de ensayo.
5. Terminados los 3 minutos de agitar el tubo de ensayo, se realizó una incubación a 160 grados Celsius durante 30 minutos.
6. Finalizados los 30 minutos de incubación se tomó la muestra y se la dejó enfriar por otros 30 minutos más.
7. Una vez que el tubo de ensayo se enfrió, se prosiguió a realizar el análisis en el scanner.

Anexo 2. Descripción del método Oxytop

Para utilizar las botellas Oxytop se siguió el procedimiento descrito a continuación:

1. Lavar las botellas antes de ser utilizadas.
2. Colocar el agitador magnético dentro de la botella.
3. Agregar los 164 ml de agua residual que establece la tabla de Oxytop.
4. Agregar dos gotas de inhibidor de nitrificación.
5. Colocar el tapón dentro de botellas y agregar dos pastillas de Hidróxido de Sodio.
6. Poner la tapa de las botellas Oxytop y verificar que se encuentren bien cerradas.
7. Colocar las botellas sobre la base agitadora, prender la incubadora a 20 grados Celsius y finalmente cerrar la puerta de la incubadora.

Anexo 3. Comando utilizados para la realización de las gráficas en R-Project

1. Import Dataset: Cargar los datos desde Excel en formato .csv
2. >Summary(Carga_Final\$V1): Revisar los datos que fueron cargados al software
3. >Q=Carga_Final\$V1: Cambiar el nombre del archivo que fue cargado. como Carga_Final a "Q" para facilitar los comandos.
4. >plot.ts(Q\$V1): Graficar los datos cargados.
5. >plot.ts(x,y, xlab=Time), ylab=carga l/m): Nombrar los ejes "x" y "y".
6. >par(mfrow=c(2,1)): Comparación de las graficas