



**DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
PTAR's SAN AGUSTIN**

**DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
PTAR's SAN AGUSTIN**

Autores

Ing. Dioselina Clemencia Navarrete Chèvez, M.Sc.

Ing. Luis Angel Tinoco Romero, M.Sc.,

Ict. Tamara Borodulina, M. Sc.

Ing. Carlos Munoz Cajiao, M.Sc.,



DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
PTAR's SAN AGUSTIN

Autores

Ing. Dioselina Clemencia Navarrete Chèvez, M.Sc.

Ing. Luis Angel Tinoco Romero, M.Sc.

Ict. Tamara Borodulina, M. Sc.

Ing. Carlos Munoz Cajiao, M.Sc.

Primera edición: abril 2018

Diseño de portada y diagramación:

Grupo Compás

Equipo Editorial

ISBN: 978-9942-770-91-2

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Agradecimiento

Mi principal y único agradecimiento está dirigido al Dios Todopoderoso Jehová, Dios de los Ejércitos, Dios de los Escuadrones de Israel en el Nombre que está sobre todo nombre, en el dulce Nombre de su Hijo Jesús, en comunión con su Santísimo Espíritu, que pronto viene. A Él sea la Gloria, el Poder, el Honor y la Honra antes de los siglos, ahora, siempre y por todos los siglos de los siglos. Amén.

Índice

Índice.....	3
Prólogo	6
Introducción.....	8
Las afectaciones al medio ambiente	10
Las limitaciones	11
Idea para defender	12
Relevancia de la construcción e implementación de PTAR's	14
Características de las aguas residuales.....	16
Planta de tratamiento de Agua.....	17
Etapas del proceso	18
Tratamiento preliminar o pretratamiento.....	18
Principales pasos del tratamiento	22
Estudios realizados y actualizados.....	25
Características de las Aguas Residuales de las Industrias Avícolas	42
Impacto Ambiental de los Residuos de las Industrias Avícolas.....	44
Teoría a utilizar.....	55
Desarrollo experimental	59
Resultados de prueba de laboratorio en sitio	70
Ingeniería del proceso	81
Dimensionamiento	89
Resultados experimentales	125
Comparación de los datos obtenidos	130
Sistema de soluciones	132
Bibliografía	135



Prólogo

El autor expone las causas, motivos por lo que se establece como objetivo el diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de la planta de tratamiento de aguas industriales de aves de la Faenadora San Agustín, situado en la vía a Leito, sector La Esperanza, cantón Patate, Provincia del Tungurahua.

Las aguas residuales de las actividades avícolas contienen altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, grasas, nitrógeno y fósforo. Su composición y flujo generalmente varían dependiendo del proceso, tamaño de la planta, número de animales sacrificados, la eficiencia de recogida de sangre y derivados, consumo de agua por ave sacrificada y la gestión del agua en el proceso industrial. En este sentido, la disposición de estos efluentes sin tratar en cuerpos receptores causa un impacto ambiental negativo.

La demanda química de oxígeno (DQO), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos volátiles en suspensión (VSS), aceites y grasas (A y G), nitrógeno (N), fósforo (P), se determinaron parámetros, temperatura (T), el potencial de hidrógeno (pH), la alcalinidad obtenidas en el sacrificio de aves de corral a la salida del sistema.

Cabe señalar que en el diseño de esta planta se han considerado factores climáticos característicos del entorno, tratando de mitigar el impacto negativo que pueda derivarse de las actividades en los días de trabajo diarios.



Introducción

La industria avícola en nuestro país se ha incrementado debido al aumento industrial y poblacional íntimamente relacionados y a las necesidades ascendentes de consumos que se han presentado en nuestra sociedad. Es por ello que la eficiencia de remoción de los contaminantes de dicha industria debe ser considerable y se debe tener precaución con aquellos factores y condiciones físico-químicas que se implementan; uno de ellos es la presencia de sólidos suspendidos totales, los cuales, debido a la actividad llevada a cabo en el faenamiento de aves de engorde, son presumiblemente aceites y grasas.

La presente obra documenta el diseño, construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR's de la FAENADORA DE POLLOS SAN AGUSTIN.

La necesidad de su construcción está dada por el cumplimiento de la Normativa Ambiental establecida por el Ministerio del Ambiente, para conceder la Licencia Ambiental, de tal manera que pueda seguir laborando en condiciones normales de trabajo y proyectar un potencial crecimiento.



CAPÍTULO 1

Las afectaciones al medio ambiente

Se pueden resumir en:

- Afectación al medio ambiente con proliferación de vectores y sus consiguientes resultados de enfermedades que impactan en la población vecina,
- Como consecuencia de lo anterior afectación a la salud de la población vecina,
- Contaminación de vertientes y caídas naturales de agua,
- Emanación de olores nauseabundos.

Los productos avícolas han ganado popularidad en los últimos años y en el presente constituyen una parte importante de toda la carne consumida. Sin embargo, la mayor producción y consumo de carne de pollo ha originado un incremento en la producción de residuos líquidos y sólidos, generados durante el proceso de matanza de estas aves, en el lavado de equipos e instalaciones y en las secciones de subproductos.

En este sentido, las industrias avícolas generan gran cantidad de aguas residuales, que contienen alto contenido de materia orgánica (medida como Demanda Química de Oxígeno, DQO), sólidos suspendidos (SS), grasas, nitrógeno (N) y fósforo (P). La calidad de estas aguas varía dependiendo del proceso industrial, del consumo de agua por aves sacrificadas, del tamaño de las instalaciones de la procesadora, de la eficiencia de recolección de sangre y del manejo del agua en el proceso industrial. En general, la composición y el flujo de estas aguas residuales dependen del número de animales sacrificados.

Ante este escenario, los efluentes de las industrias avícolas deben ser llevados a una planta de tratamiento hasta alcanzar parámetros bajo norma dadas por el MAE, antes de su descarga a los cuerpos receptores o a las redes de alcantarillado, puesto que se ha reportado que producen efectos negativos sobre el ambiente, tales como la disminución del oxígeno, los depósitos de fangos, olores y una situación general desagradable.

Es por ello, que los contaminantes presentes en los efluentes industriales avícolas deben ser reducidos en unidades de sistemas de tratamiento de aguas residuales por métodos físicos, químicos y biológicos. Las principales características de las aguas residuales de faenadero de aves las hacen apropiadas para la aplicación de tratamientos físico-químicos y/o biológicos. Muchos faenaderos de aves utilizan como principales métodos de tratamiento en sus sistemas de tratamiento de aguas residuales los lodos activados, lagunas de estabilización o reactores anaerobios, reportando altas eficiencias (90%).

Las limitaciones

Los limitantes del estudio se pueden sintetizar en:

- La distancia de aproximadamente 5 km desde la Planta de Faenamiento San Agustín PFSA hasta el Cantón Patate.
- Las vías angostas y peligrosas, ya que a un costado se halla la montaña mientras que al otro se halla el abismo.

Idea para defender

La idea principal para defender es que la naturaleza, el medio ambiente y la vida humana no sean afectadas por las labores que realiza el humano en una actividad dada.

Las Aguas Residuales de las Industrias Avícolas se han asociado a impactos ambientales en cursos de agua, causando disminución del oxígeno, depósitos de lodos, colores, desprendimiento de gases nauseabundos, destrucción de la microflora habitual y de la fauna y pueden transmitir enfermedades por la presencia de vectores sanitarios.

Ante este escenario, las aa.rr. requieren niveles de tratamiento apropiados que incluyan tratamientos primarios, para remover sólidos sedimentables y suspendidos; secundarios, para descomponer materia orgánica, y terciarios, para eliminar nitrógeno y fósforo o sólidos suspendidos; presentándose un número importante de procesos y operaciones que pueden realizar eficientemente la remoción de los contaminantes. Sin embargo, debido a la variedad de factores que influyen en las características se presentan problemas en los Sistemas de Tratamientos de las Aguas Residuales, encontrándose en algunos casos los parámetros fisicoquímicos de calidad del efluente por encima del límite establecido en las normativas ambientales.



CAPÍTULO 2

Relevancia de la construcción e implementación de PTAR's

El autor justifica la solución al problema es evidente y se pone de relieve que la construcción e implementación de la PTAR's es altamente importante para un mejor desarrollo de las actividades diarias de las personas y familias vecinas del sector, así como la no afectación a la flora y fauna del lugar, que constituyen los principales beneficiarios.

En este sentido, si los residuos líquidos generados en las industrias avícolas no son sometidos a tratamientos adecuados producirían impactos ambientales negativos tales como deterioro de la flora y fauna por las altas cargas orgánicas y grasas, generación de malos olores por descomposición, patógenos, contaminación de aguas subterráneas, contaminación de aguas superficiales, molestias a la comunidad, transmisión de enfermedades, emisión de amoníaco, entre otros.

Características de las aguas residuales

Se presenta a continuación información básica sobre las aguas residuales. Los aspectos que considerar en este capítulo son: definición, clasificación, origen, fuentes, principales características físicas, químicas y biológicas y métodos de tratamiento de las aguas residuales. Adicionalmente, se presenta información sobre las industrias cárnicas avícolas, destacando los procesos de faenamiento, las fuentes de los residuos, las características de las aguas residuales y los métodos de tratamiento de los residuos.

Aguas residuales

Desde el punto de vista de las fuentes de generación, las aguas residuales son la combinación de residuos líquidos procedentes de residencias, instituciones públicas, establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Metcalf & Eddy, 1995).

En este orden de ideas, las aguas residuales podrían definirse como aguas o líquidos, generados durante el uso del agua, que contienen impurezas o contaminantes en forma sólida, líquida o gaseosa (o combinación de éstas) en concentraciones que son peligrosas si se disponen al ambiente.

Entre estos contaminantes están: detergentes, sólidos, metales pesados, compuestos orgánicos diversos, microorganismos fecales, nutrientes, efluentes industriales provenientes de diferentes tipos de

industrias como cárnicos, pulpa de papel, curtiembres, elaborados de diferentes tipos de productos como cacao, café, pulpa de frutas, entre otros.

Planta de tratamiento de Agua

Aguas residuales, ptar's

La contaminación de las aguas puede ser causada por compuestos en estado sólido, líquido o gaseoso, los cuales pueden disolverse, ser insolubles, quedar en suspensión, ser inmiscibles, reaccionar, entre otros. Además de la naturaleza de los contaminantes, las características de las aguas residuales dependen de varios factores, entre éstos: la calidad del agua usada por las comunidades, las prácticas de conservación y cultura de la población, el tipo de industrias (actividad y nivel de producción), tratamiento dado por las industrias, entre otros.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado bio-sólido o lodo) convenientes para su disposición o re-
uso.

Etapas del proceso

El proceso de tratamiento del agua residual se puede dividir en cuatro etapas: pre-tratamiento, primaria, secundaria y terciaria.

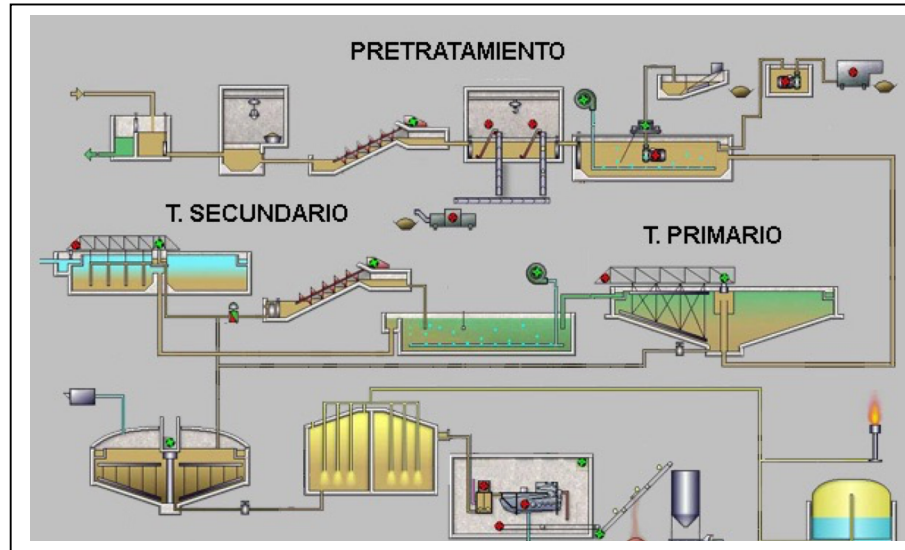


Gráfico 2: Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales

Tratamiento preliminar o pretratamiento

La etapa preliminar debe cumplir dos funciones:

1. Regular el caudal de agua que ingresa a la PTAR's, en el caso de no haber "batchs".
2. Extraer los sólidos flotantes grandes y la grasa.

Las plantas pueden ser diseñadas para tratar un volumen de agua constante, o también por lotes denominados "batch", lo cual debe

adaptarse a que el agua residual producida no es constante, como es el caso del presente libro.

Asimismo, para que el proceso pueda efectuarse normalmente, es necesario filtrar el agua para retirar de ella sólidos y grasas. Las estructuras encargadas de esta función son las rejillas, tamices, desengrasadores y desarenadores. En esta etapa también se puede realizar la pre-aireación, cuyas funciones son: a) Eliminar los compuestos volátiles presentes en el agua servida, que se caracterizan por ser malolientes, y b) Aumentar el contenido de oxígeno del agua, lo que ayuda a la disminución de la producción de malos olores en las etapas siguientes del proceso de tratamiento. En esta etapa también se inyecta el químico dosificado, el cual se mezcla con las aguas residuales, cayendo por gravedad al Tercer Tanque, llamado Reactor biológico.

Tratamiento primario

Tiene como objetivo eliminar los sólidos en suspensión por medio de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por coagulantes y floculantes. Así, para completar este proceso se pueden agregar compuestos químicos (sales de hierro, aluminio y poli-electrolitos floculantes) con el objeto de precipitar el fósforo, los sólidos en suspensión muy finos o aquellos en estado de coloide.

Las estructuras encargadas de esta función son los estanques de sedimentación primarios o clarificadores primarios. Habitualmente están diseñados para suprimir aquellas partículas que tienen tasas de sedimentación de 0,3 a 0,7 mm/s. Asimismo, el período de

retención es normalmente corto, 1 a 2 h. Con estos parámetros, la profundidad del estanque fluctúa entre 2 a 5 m.

En esta etapa se elimina por precipitación alrededor del 60 al 70% de los sólidos en suspensión.

Tratamiento secundario

Tiene como objetivo eliminar la materia orgánica en disolución y en estado coloidal mediante un proceso de oxidación de naturaleza biológica seguido de sedimentación. Este proceso biológico es un proceso natural controlado en el cual participan los microorganismos presentes en el agua residual, y que se desarrollan en un reactor o cuba de aireación, más los que se desarrollan, en menor medida en el decantador secundario. Estos microorganismos, principalmente bacterias, se alimentan de los sólidos en suspensión y estado coloidal produciendo en su degradación anhídrido carbónico y agua, originándose una biomasa bacteriana que precipita en el decantador secundario. Así, el agua queda limpia a cambio de producirse unos fangos para los que hay que buscar un medio de eliminarlos. También se pueden agregar bacterias o enzimas adicionales para que cumplan ese trabajo.

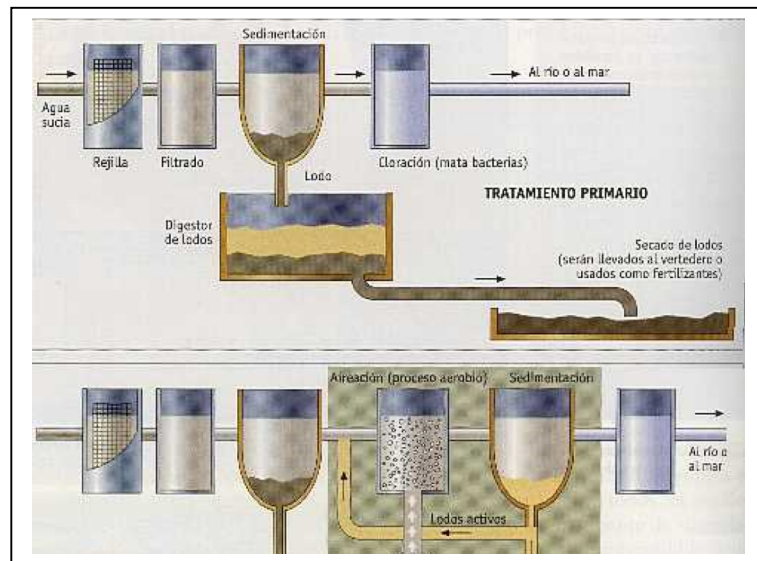


Gráfico 3: Detalles del tratamiento primario

En esta fase se toman los parámetros de las aguas residuales, dependiendo de sus valores, en el caso de que todavía permanezcan altos se pueden colocar difusores de aire que contribuyen a la oxidación y clarificación de las aguas residuales.

En el decantador secundario, denominado Clarificador hay un flujo reposado de agua, de forma que la biomasa, es decir, los flóculos bacterianos producidos en el reactor sedimentan. El sedimento que se produce y que, como se dijo, está formado fundamentalmente por bacterias, se denomina fango activo, de ahí su nombre “lodos activados”.

Los microorganismos del reactor aireado pueden estar en suspensión en el agua (procesos de crecimiento suspendido o fangos activados), adheridos a un medio de suspensión (procesos de crecimiento adherido) o distribuidos en un sistema mixto (procesos de crecimiento mixto).

Lecho de lodos

Tiene como objetivo receptor las aguas provenientes de las anteriores fases del tratamiento de las aguas residuales y separar el lodo propiamente dicho que se queda en filtros de arena, piedras mientras que la parte líquida se recibe al fondo en el recipiente vecino, en donde se encuentra una bomba sumergible que dirige el agua al Segundo Tanque denominado Mezclador para repetir el proceso.

Principales pasos del tratamiento

Desinfección

Las aguas servidas tratadas normalmente contienen microorganismos patógenos que sobreviven a las etapas anteriores de tratamiento. Las cantidades de microorganismos van de 10.000 a 100.000 coliformes totales y 1.000 a 10.000 coliformes fecales por 100 ml de agua, como también se aíslan algunos virus y huevos de parásitos. Por tal razón es necesario proceder a la desinfección del agua. Esta desinfección es especialmente importante si estas aguas van a ser descargadas a aguas de uso recreacional, en la agricultura o que pudieran usarse como fuente de agua para consumo humano.

Los métodos de desinfección de las aguas servidas son principalmente la cloración y la iozonización, pero también se ha usado la bromación y la radiación ultravioleta. El más usado es la cloración por ser barata, fácilmente disponible y muy efectiva. Sin

embargo, como el cloro es tóxico para la vida acuática el agua tratada con este elemento debe ser sometida a dechloración antes de disponerla a cursos de agua natural. Desde el punto de vista de la salud pública se encuentra aceptable un agua servida que contiene menos de 1.000 coliformes totales por 100 ml y con una DBO inferior a 50 mg/L.

La estructura que se usa para efectuar la cloración es la cámara de contacto. Consiste en una serie de canales interconectados por los cuales fluye el agua servida tratada de manera que ésta esté al menos 20 minutos en contacto con el cloro, tiempo necesario para dar muerte a los microorganismos patógenos. En el caso puntual de la PFSA no es necesaria la cloración ya que las aguas van al sistema de alcantarillado con DQO de hasta 500 mg/l, como lo indica la Normativa Ambiental establecida por el Ministerio de Ambiente del Ecuador MAE.

Tratamiento de los fangos

Los sedimentos que se generan en las etapas primaria y secundaria se denominan fangos. Estos fangos contienen gran cantidad de agua (99%), microorganismos patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos. Se han desarrollado varios métodos para el tratamiento de los fangos e incluyen: digestión anaerobia, digestión aerobia, compostaje, acondicionamiento químico y tratamiento físico. El propósito del tratamiento de los fangos es destruir los microbios patógenos y reducir el porcentaje de humedad.

La digestión aerobia se realiza en un estanque abierto y requiere la presencia de oxígeno y, por tanto, la inyección de aire u oxígeno puede ser mediante difusores de aire. En este caso la digestión de la materia orgánica es efectuada por bacterias aerobias, las que realizan su actividad a temperatura ambiente. El producto final de esta digestión es anhídrido carbónico y agua. No se produce metano. Este proceso bien efectuado no produce olores y garantiza un mejor ambiente.

Acondicionamiento químico

Se puede aplicar tanto a los fangos crudos como digeridos e incluye la aplicación de coagulantes tales como el sulfato férrico, sulfato de aluminio, el policloruro de aluminio, el cloruro férrico y los polímeros, los que tienen como función ayudar a la sedimentación de las materias en suspensión y solución en el fango; la elutriación o lavado del fango, la cloración y la aplicación de floculante aniónico, catiónico o neutro, según sea la aplicación requerida es el complemento al proceso iniciado.

Tratamiento físico

Incluye el tratamiento por recirculación y mezcla completa de las aguas residuales con los químicos dosificados y que son entregados mediante bomba.

Una vez concluida la etapa de digestión microbiana, ya sea aerobia o anaerobia, los fangos aún contienen mucha agua

(alrededor de un 90%) por lo que se requiere deshidratarlos para su disposición final. Para ello se han diseñado dos métodos principales: secado por aire y secado mecánico.

Deshidratación de los fangos

Se han hecho diversas estructuras para el secado por aire de los fangos. Entre ellas están: lechos de arena, lechos asistidos de arena, lagunas de fangos, lechos adoquinados y eras de secado.

Los fangos deshidratados deben disponerse en una forma ambientalmente segura. Para ello, según el caso, pueden llevarse a rellenos sanitarios, ser depositados en terrenos agrícolas y no agrícolas o incinerados. La aplicación en terrenos agrícolas requiere que el fango no presente sustancias tóxicas para las plantas, animales y seres humanos. Lo habitual es que sí las contengan por lo que lo normal es que sean dispuestos en rellenos sanitarios o incinerados.

Estudios realizados y actualizados

Los métodos de tratamiento en los que la remoción de contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica se denominan procesos biológicos unitarios.

Entre estos procesos están los aerobios, anaerobios y facultativos, también se incluye la nitrificación y desnitrificación.

De esta manera, el tratamiento de las aguas residuales incluye una serie de procesos industriales de carácter fisicoquímico y biológico. En el caso de aguas residuales domésticas los más utilizados son los procesos biológicos debido a que la contaminación existente es orgánica, susceptible de ser eliminada mediante degradación microbiana controlada. Sin embargo, por la presencia de sólidos orgánicos e inorgánicos se hace necesario aplicar adicionalmente operaciones físicas y procesos químicos.

En este sentido, la depuración de aguas residuales industriales ricas en contaminantes inorgánicos (sulfatos, cloruros, cromo metales en general, entre otros) suele acometerse por procesos fisicoquímicos con adición de reactivos químicos, más que por vía biológica, puesto que muchos de estos contaminantes son tóxicos para la flora microbiana utilizada para llevar a cabo el tratamiento biológico. Sin embargo, en el caso de aguas industriales con alta carga orgánica suelen aplicarse técnicas de depuración anaerobias, más críticas en su control operativo, pero más eficientes en su rendimiento que las aerobias. Los niveles de tratamiento de las aguas residuales se deben establecer en forma racional, para lograr la remoción de los contaminantes antes que el agua residual tratada pueda ser reutilizada o vertida al medio ambiente.

Por lo anteriormente expuesto, los procesos físicos unitarios y las operaciones químicas y biológicas unitarias se combinan y complementan para dar lugar a los diversos niveles de tratamiento de las aguas: preliminar (pretratamiento), primario, secundario y terciario (avanzado). Además de estos niveles de tratamiento es importante considerar los métodos para el tratamiento de los lodos

y residuos generados en una planta de tratamiento. En el Gráfico 4 se muestra la ubicación de cada nivel dentro de un diagrama de tratamiento de aguas residuales. A continuación se presenta una breve descripción de los procesos y operaciones que forman parte de cada nivel de tratamiento de las aguas residuales.

El pretratamiento. Es el primer paso en la depuración del agua residual y consiste en eliminar los sólidos en suspensión (materia gruesa, cuerpos gruesos y grasas) cuya presencia en el efluente perturbaría el tratamiento total y el eficiente funcionamiento de las máquinas e instalaciones de la PTAR's.

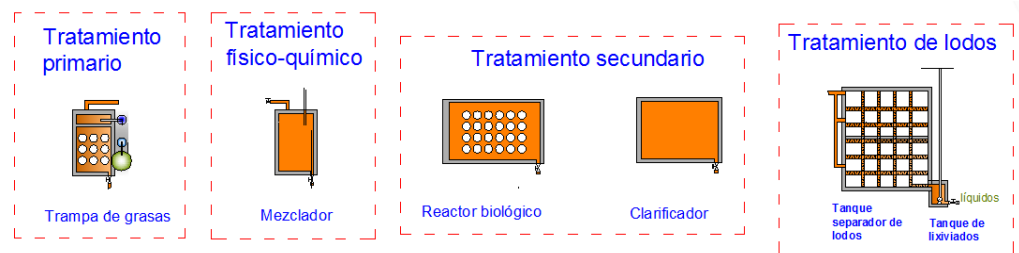


Gráfico 4. Diagrama de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR's.

Fuente: Elaboración propia.

Entre las operaciones utilizadas en el pretratamiento de las aguas residuales se encuentran: desbaste, trituración, tamizado, desarenado, desengrasado y homogenización de caudales.

Desbaste. El desbaste consiste en la eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por retención, se realiza por medio de rejillas (rejas, mallas o cribas) y tiene como objetivo retener y separar los cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión, que arrastra consigo el agua residual.

Con esta operación se consigue: (1) evitar posteriores depósitos, (2) evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general, (3) interceptar las materias que por sus excesivas dimensiones podrían impedir el funcionamiento de unidades posteriores y (4) aumentar la eficiencia de los tratamientos posteriores.

Existen diferentes tipos de rejillas, clasificadas según los criterios de: (1) Inclinación: pueden ser horizontales, verticales e inclinadas; (2) Separación libre entre barras: finas (abertura inferior a 1,5 cm), medias (abertura entre 1,5 cm y 5,0 cm) y gruesas (abertura mayor a 5,0 cm); y (3) Limpieza: manuales y automáticas.

Los residuos del desbaste de barras gruesas son sólidos grandes como rocas, ramas, pedazos de madera, hojas de árboles, plásticos y trapos, también se puede retener algo de materia orgánica. Mientras que los residuos de barras finas son trozos de tela, papel, materiales plásticos de diferente clase, cuchillas de afeitar, arenas, residuos de comida, heces, entre otros.

Tamizado. El tamizado se utiliza para la separación de partes gruesas y finas, grasas y sólidos en suspensión (30%). También se emplea en la eliminación de partículas en suspensión en procesos biológicos. Con el tamizado se busca, en muchos casos, sustituir los desbastes.

Los tamices pueden clasificarse en: tamiz plano estático, tamiz curvo estático, tamiz giratorio con sistema de limpieza y tamiz con superficies móviles.

Desengrasado. El desengrasado es la separación de grasas y aceites de las aguas residuales, antes de llegar a los sedimentadores, debido a los problemas que causan durante el tratamiento de las aguas: obstrucciones, capas superficiales y dificultan la aireación.

Evidentemente, las aguas residuales contienen inicialmente cantidades aceptables de aceites y grasas procedentes de garajes, hogares, lavaderos, mataderos y producto de la escorrentía, que se vierten a los colectores.

En este sentido, el principio de los separadores de grasas es el aprovechamiento de la menor densidad de los aceites y grasas, que permite que suban a la superficie al reducir la velocidad de las aguas. Se suele utilizar aire comprimido para arrastrar los aceites y grasas hacia la superficie, donde se eliminan las espumas formadas.

Homogeneización de caudales. La homogeneización de caudales es una operación importante en el pretratamiento de las aguas. La ubicación de esta operación depende del tipo de planta, en general puede ubicarse entre el desarenador y el tratamiento primario.

La homogeneización de caudales se emplea con la finalidad de alcanzar un caudal constante o casi constante, y concentraciones de contaminantes mucho más homogéneas. También puede utilizarse para amortiguar las variaciones de pH y la concentración de constituyentes tóxicos presentes en las aguas a tratar. Con esta operación se consigue mayor efectividad de los tratamientos posteriores, pues se superan los problemas de tipo operativo que causan estas variaciones de caudal.

Mezcla. Según Crites & Tchobanoglous (2000), la mezcla es una operación unitaria de gran importancia en el diseño y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales y se realiza cuando sea necesario: (1) homogeneizar completamente un reactivo químico, (2) la mezcla de fluidos en reactores y tanques de almacenamiento, y (3) la floculación.

La mezcla es generalmente utilizada en los procesos de lodos activados, desinfección y precipitación química. Puede realizarse en tanques con ayuda de elementos mecánicos, en canales abiertos por resalto hidráulico, en bombas, en conexiones, en tubos ventura y en mezcladores estáticos.

Tratamiento Primario

Durante el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión (40 al 60%) y de la materia orgánica del agua residual. Se utilizan operaciones como la sedimentación, tamizado y flotación.

Sedimentación. La sedimentación también llamada clarificación o decantación, consiste en la separación por acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua.

La sedimentación puede ser primaria o secundaria y se lleva a cabo en tanques circulares o rectangulares.

En tal sentido, la sedimentación primaria tiene por finalidad la reducción de los sólidos en suspensión sedimentables presentes en

las aguas residuales, se coloca después del pretratamiento y antes de un proceso biológico.

Con su aplicación se consigue reducir la carga contaminante, mejorando el rendimiento y las condiciones de funcionamiento de los procesos posteriores. Por otra parte, la sedimentación secundaria es parte integral del proceso de lodos activados, tiene como función la clarificación y el espesamiento.

En función de la concentración y de la tendencia a la interacción de las partículas se pueden producir cuatro tipos de sedimentación: discreta, floculenta, retardada (zonal) y por compresión.

Flotación. La flotación es una operación unitaria usada para separar sólidos o líquidos contenidos en el agua residual (grasas, jabón, espumas, madera, corcho, vegetales, partículas en suspensión). Los líquidos y sólidos con una menor densidad que la del agua flotarán en ésta y en consecuencia pueden recogerse en su superficie.

Los sólidos se separan introduciendo burbujas de aire en el agua, las burbujas se adhieren a las partículas sólidas en suspensión haciendo que asciendan a la superficie, de esta forma se puede eliminar sólidos en suspensión con densidad mayor que la del líquido.

Las unidades de flotación se han utilizado a cambio de la sedimentación en casos donde la mayor cantidad de las partículas en suspensión tiene densidad cercana a la densidad del agua. Sin embargo, la aplicación más frecuente de la flotación es el espesamiento de lodos. La principal ventaja de la flotación frente a

la sedimentación consiste en que permite eliminar mejor y en menor tiempo las partículas pequeñas y ligeras cuya deposición es lenta.

Tratamiento Secundario

Durante el tratamiento secundario de las aguas residuales se consigue la eliminación de sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables. Generalmente se basan en procesos unitarios biológicos. Sin embargo, se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario. Entre los procesos y operaciones aplicados durante el tratamiento secundario se encuentran: la transferencia de gases, la sedimentación secundaria y los procesos biológicos aerobios y anaerobios.

Transferencia de gases (Aireación). La transferencia de gases es el fenómeno mediante el cual se transfiere gas de una fase a otra, normalmente de la fase gaseosa a la fase líquida. Se emplea en el tratamiento de las aguas residuales para la adición o eliminación de gases en procesos como lodos activados, desinfección, lagunas aireadas, entre otros. Cuando se transfiere aire (u oxígeno) al agua se habla de aireación.

El suministro de oxígeno es necesario para mantener el balance ecológico en el agua, especialmente en procesos aerobios. Para su transferencia se utilizan diferentes sistemas, entre estos se pueden mencionar: placas, tubos porosos, tubos perforados y diferentes configuraciones de difusores metálicos y de plástico, aparatos de

cizalladura hidráulica, mezcladores mecánicos de turbina y aireadores de superficie.

Desinfección. La desinfección es un proceso en el cual los organismos patógenos (productores de enfermedades) son destruidos o inactivados. Este proceso puede llevarse a cabo mediante diferentes tratamientos fisicoquímicos, incluyendo: aplicación directa de energía, radiación ultravioleta, gamma, X y con microondas y adición de reactivos químicos como cloro, hipoclorito sódico y dióxido de cloro, método utilizado más corrientemente para la desinfección de aguas y aguas residuales.

El mecanismo de destrucción de los organismos en la desinfección depende principalmente de la naturaleza del desinfectante y del tipo de organismo. Agentes como el ozono, dióxido de cloro y cloro, capaces de oxidar a los compuestos orgánicos, pueden actuar como desinfectantes por degradación química directa de la materia celular. Sin embargo, el desinfectante más ampliamente en el tratamiento de las aguas es el cloro, no sólo por su bajo costo, sino por su capacidad oxidante para destruir los patógenos.

Los principales objetivos de la cloración de las aguas residuales son: (1) desinfección de los efluentes primarios, secundarios y de mayor grado; (2) oxidación del amoníaco y materia orgánica que contribuye a la DBO; (3) control de condiciones sépticas, y (4) control de algas y organismos relacionados.

Las condiciones que debe tener un desinfectante ideal para ser usado en las plantas de desinfección son: (a) Debe ser capaz de destruir los organismos causantes de enfermedades; (b) Debe realizar esta labor a la temperatura del lugar y en un tiempo

adecuado; (c) Debe ser de fácil obtención, sencillo manejo y de bajo costo; (d) No debe hacer al agua tóxica, peligrosa para la salud o de sabor desagradable (en el caso de potabilización de las aguas); Su concentración en el agua debe poderse determinar rápidamente; (f) Debe dejar un efecto residual, para que proteja al agua de posteriores contaminaciones.

Coagulación y floculación. La coagulación describe el efecto producido por la adición de un producto químico a una dispersión coloidal, que se traduce en la desestabilización de las partículas por una reducción de aquellas fuerzas que tienden a mantenerlas separadas.

La floculación consiste en unir las partículas desestabilizadas o coaguladas para formar partículas de mayor tamaño comúnmente llamadas flóculos. La floculación puede realizarse de tres maneras: (1) la fuerza de atracción entre la masa de una partícula y la masa de otra origina que éstas se unan cuando colisionen, (2) el entrampamiento de partículas en un flóculo y (3) por enlaces químicos intermoleculares entre una partícula y otra.

En la coagulación la fuerza primaria es de tipo electrostático, o interiónico, mientras que la floculación se debe a un mecanismo de formación de puentes químicos o enlaces físicos. La coagulación se refiere a la desestabilización producida por compresión de las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales, mientras que la floculación se refiere a la desestabilización por la adsorción de polímeros orgánicos y formación posterior de puentes partículas-polímeros-partículas. La floculación depende de la frecuencia de las colisiones (número de

colisiones por unidad de volumen y por segundo) y de la eficiencia de las mismas (número de colisiones para producir un flóculo).

La coagulación y floculación tienen como objetivo facilitar o hacer posible la sedimentación de partículas finamente divididas o en estado coloidal, mediante la aplicación de sustancias químicas. Se hace necesaria, debido a que es tan baja la velocidad de asentamiento de las partículas discretas muy pequeñas, que no es económico pensar en sedimentarlas. Se aplican para la remoción de la turbiedad orgánica e inorgánica que no puede sedimentar rápidamente, remoción de color verdadero y aparente, eliminación de bacterias y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación, destrucción de algas, eliminación de sustancias productoras de sabor, olor y de precipitados químicos suspendidos en otros.

Entre los principales coagulantes pueden distinguirse dos grupos: (1) Coagulantes inorgánicos: sulfato de alúmina, sulfato ferroso, sulfato férrico, aluminato sódico, cloruro de aluminio, y (2) Coagulantes orgánicos: pueden ser naturales (incluidos los polímeros de origen biológico y los derivados del almidón, de la celulosa) y sintéticos (polielectrolitos no iónicos, aniónicos y catiónicos).

Procesos biológicos unitarios. Los objetivos del tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En aguas residuales domésticas el objetivo principal es la reducción de la materia orgánica y de nutrientes (como nitrógeno y fósforo), en el caso de aguas de retorno de usos agrícolas es eliminar nutrientes que favorecen el crecimiento de plantas

acuáticas (eutrofización) y en aguas residuales industriales el objetivo es la reducción de la concentración de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos (Metcalf & Eddy, 1995).

Los tratamientos biológicos tuvieron en un principio como objetivo la eliminación de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Sin embargo, actualmente también se aplican para la oxidación del nitrógeno amoniacal (nitrificación), la eliminación de nitrógeno mediante conversión de formas oxidadas a nitrógeno gas, N_2 (desnitrificación) o la eliminación de fósforo.

Todo lo anteriormente planteado se consigue, biológicamente, gracias a la acción de una población mixta de microorganismos, principalmente bacterias, que utilizan como nutrientes las sustancias que contaminan el agua. Así, las bacterias y otros microorganismos, transforman la materia orgánica biodegradable en tejido celular y diferentes gases por reacciones bioquímicas. Esta transformación se puede llevar a cabo en presencia de oxígeno (proceso aerobio), en ausencia de oxígeno (proceso anaerobio) y también existen procesos facultativos donde los organismos pueden funcionar en presencia o ausencia de oxígeno molecular.

Entre esta compleja población biológica, mezclada e interrelacionada, que lleva a cabo el tratamiento biológico, los microorganismos eucariotas más importantes son los hongos, protozoos y las algas; mientras que del grupo arqueobacterias y eubacterias (dominios procariotas), las bacterias son las primordiales en el tratamiento biológico.

Los principales procesos aplicados al tratamiento biológico son: (1) procesos aerobios, (2) procesos anaerobios, (3) procesos anóxicos,

(4) procesos de lagunaje y (5) combinación de procesos aerobios, anaerobios y anóxicos. Estos procesos a su vez se clasifican dependiendo de si el tratamiento se lleva a cabo en sistemas de cultivo en suspensión, aquellos donde los microorganismos responsables del proceso se mantienen en suspensión dentro del líquido; en sistemas de cultivo fijo, donde los microorganismos responsables del proceso están fijados a un medio inerte; o en sistemas resultantes de la combinación de ambos.

Lodos activados. El proceso consiste en introducir el agua en un Reactor Sedimentador Biológico donde se mantiene en suspensión una masa activa de microorganismos, capaz de estabilizar la materia orgánica por vía aerobia. Después de haber removido la materia orgánica presente en el agua residual, ésta es llevada a un segundo clarificador en el cual se lleva a cabo la separación de la biomasa desde el líquido, una parte de las células sedimentadas es recirculada para mantener la concentración deseada de organismos en el reactor (Gráfico 5). El ambiente aerobio en el Reactor se consigue mediante el uso de difusores o aireadores mecánicos, que también sirven para mantener el líquido mezcla en estado de mezcla completa.

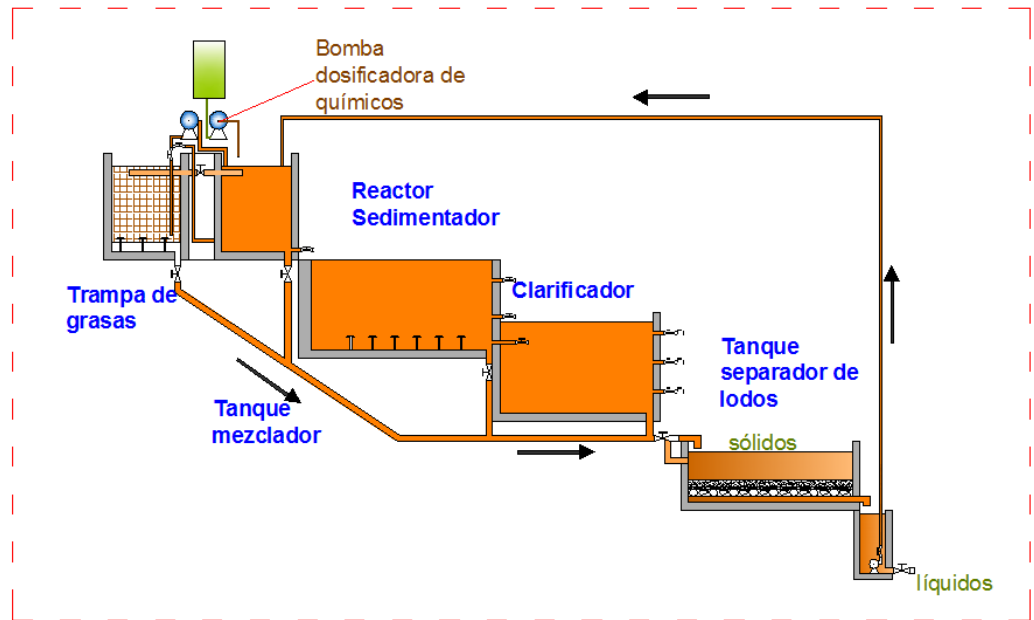


Gráfico 5. Proceso de la PTAR's, visto en corte.

Tratamiento de Lodos y Residuos

En toda planta de tratamiento debe considerarse el tratamiento y eliminación de los residuos obtenidos de los diferentes procesos u operaciones por los que pasa el agua residual. El objetivo del tratamiento de lodos es reducir su volumen para aumentar su estabilidad biológica y eliminar de un modo aceptable toda el agua que sea posible económica y rápidamente, para producir un material suficientemente concentrado e inofensivo antes de su disposición final.

En este sentido, el espesamiento, acondicionamiento, deshidratación y secado del lodo se utilizan para eliminar la humedad del mismo; mientras que la digestión, compostaje,

incineración, oxidación con aire humeado y los reactores verticales se utilizan principalmente para estabilizar la materia orgánica contenida en el lodo.

Lavado de instalaciones. En esta sección se origina gran cantidad de aguas residuales que contienen sustancias orgánicas y grasas, además de restos de agentes detergentes y desinfectantes.

En este sentido, los efluentes líquidos de las faenadoras avícolas se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica (DQO), sólidos suspendidos, grasas, nitrógeno y fósforo. Sus características varían dependiendo del proceso industrial y del consumo de agua. La composición de este efluente y el flujo generalmente depende del número de animales sacrificados, de la eficiencia de recolección de sangre y del manejo del agua en el proceso productivo, de la periodicidad del lavado de los sistemas de filtrado para la retirada de sólidos, del tipo de animal sacrificado y de si se realiza o no limpieza y vaciado de tripas y estómagos, también influyen el tamaño de los animales y del tipo de instalación. En las Tablas 1 y 2 se muestran las principales características y la composición de las aa.rr. respectivamente, que si bien como se mencionó anteriormente varían en función de muchos factores pueden dar una idea de las características generales del tipo de agua residual que se genera en estas faenadoras y del alto contenido de materia orgánica que poseen.

Tabla 1. Principales características de las aguas residuales de faenadoras.

Parámetro	B	B	Por	P	A
DQO total	6	7	27	7	1
DQO	2	5	NR	3	5
DBO	N	N	12	N	3
SST (mg/L)	1	1	11	1	2
SSV (mg/L)	1	1	NR	1	N
A y G	1	N	NR	1	1
NTK (mg/L)	9	1	49	5	1
P total	6	2	15	N	N
pH	6	7	6,0	6	N
Alcalinidad CaCO ₃ /L)	N	8	NR	9	2

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno. DQO: Demanda Química de Oxígeno. SST: Sólidos Suspendidos Totales. SSV: Sólidos Suspendidos Volátiles. A y G: Aceites y Grasas. NTK: Nitrógeno Total Kjeldahl. P: Fósforo. NR: No Reportado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Composición de las aguas residuales de faenadoras

Procedencia	ss (pp)	Nor (pp m)	DBO (pp m)
Zona de sacrificio	220		
Sangre y agua del tanque	369	540	3200
Zona de escaldar	836	129	4600
Cortado de carne	610	33	520
Lavado de intestinos	151	643	1320
Zona de embutidos	560	136	800
Zona de tocinos	180	84	180
Subproductos	138	186	2200

SS: Sólidos Suspendidos; Norg: Nitrógeno orgánico; DBO: Demanda

Bioquímica de Oxígeno

Lo anteriormente planteado, permite aseverar que los procesos fisicoquímicos y los biológicos son viables técnicamente para el tratamiento de las aguas residuales de faenadora, obteniéndose remociones de materia orgánica superiores al 80%. Sin embargo, algunas ventajas y desventajas permitirán seleccionar el más adecuado y económicamente factible. Los procesos fisicoquímicos implican mayores gastos por los reactivos, polímeros y ácidos para ajustes de pH, de lo cual el proceso biológico está exento. Además, generan mayor cantidad de lodo que el proceso biológico ocasionando costos más elevados para el traslado, acondicionamiento y disposición. Por otra parte, los procesos fisicoquímicos son más eficientes para remover los A y G de estas aguas, que además causan inestabilidad en los procesos biológicos. La aplicación del tratamiento físico químico debe de ser adecuada de tal modo que se tenga una mezcla completa de los químicos usados con las aguas residuales.

Características de las Aguas Residuales de las Industrias Avícolas

Durante el proceso de faenamiento de aves el agua es usada principalmente para el escaldado, lavado antes y después del eviscerado, limpieza y saneamiento de equipos e instalaciones, también se usa para remover las plumas y las vísceras desde las áreas de producción. Sin embargo, el volumen de agua usado y de agua residual generado durante el procesamiento de aves puede variar dependiendo de la industria y del número de aves sacrificadas (Aurelio Hernández Lehmann. Universidad de la Coruña), indican que el consumo específico de agua puede estar entre 8 y 15 L/ave faenada.

En este sentido, las faenadoras de aves producen gran cantidad de aguas residuales, caracterizadas por presentar altas concentraciones de materia orgánica biodegradable, materia coloidal y suspendida, tales como grasas, proteínas y celulosa. En la Tabla 3 se presentan las principales características de las Aguas Residuales de las Industrias Avícolas.

Tabla 3. Características de las aguas residuales de industrias avícolas,

Parámetro	1	2	3	
DQO total (mg/L)		23	15	58
DQO soluble		NR	79	N
DBO (mg/L)		11	10	45
SST (mg/L)		64	25	72
SSV(mg/L)		60	N	62
A y G (mg/L)		24	70	1
NTK (mg/L)		14	15	7,
P total (mg/L)		33-	16	7,
pH		6,5	7,	6,
Alcalinidad (mg		NR	N	7,

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno. DQO: Demanda Química de Oxígeno. SST: Sólidos Suspendidos Totales. SSV: Sólidos Suspendidos Volátiles. A y G: Aceites y Grasas. NTK: Nitrógeno Total Kjeldahl. P: Fósforo. NR: No Reportado. Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, la principal fuente de DQO, DBO, N y P en las PTAR'S es la sangre, también influyen en las concentraciones de nitrógeno de las deyecciones. Inicialmente el nitrógeno se presenta como orgánico y algo de amoniacal, los nitritos y nitratos están presentes como trazas. Adicionalmente, en las concentraciones de fósforo pueden contribuir los detergentes con compuestos de fosfato empleados en las áreas de limpieza y saneamiento.

Las PTAR'S también contienen elementos minerales provenientes de equipos mecánicos, como el cobre, cromo, molibdeno, níquel, titanio y vanadio; el zinc y arsénico pueden provenir desde heces y

orina. A su vez, la presencia de patógenos de origen entérico también se suma a la composición de las aguas, como Salmonella sp. Campylobacter jejuni, parásitos gastrointestinales y virus entéricos patógenos (Behling, E., Marín, J., Gutiérrez, E., & Fernández, N. (2003b).

Impacto Ambiental de los Residuos de las Industrias Avícolas

Las aguas residuales de las industrias avícolas son altamente contaminantes debido a su elevada DBO, por lo que provocan un alto impacto ambiental en cuerpos receptores y en el suelo. Los principales efectos perjudiciales de los vertidos de las faenadoras de productos avícolas son: la disminución del oxígeno, los depósitos de fangos, colores y una situación general desagradable. Si estas aguas residuales no son tratadas contribuyen a la degradación de los medios acuáticos. (Iñaki Tinajero, Joaquín Suárez, Alfredo Jácome y Javier Temprano).

En este orden de ideas, los efluentes de las industrias avícolas se caracterizan por su rápida putrefacción, con desprendimiento de gases nauseabundos, proporcionan una elevada DQO en los cursos de agua receptoras agotando el oxígeno, provocan la destrucción de la microflora habitual y de la fauna, originan la formación de depósitos de lodos y grasas, facilitan el desarrollo masivo de hongos y pueden transmitir enfermedades por la presencia de vectores sanitarios. La presencia de sangre comunica al agua una coloración roja, visible a gran distancia del punto de vertido.

En cuanto a problemas en instalaciones y equipos, estas aguas residuales provocan obstrucciones por su contenido de grasas, por ciertos productos resultantes de su descomposición, averías en las bombas por residuos de tripas, obstrucciones de los aspersores de los lechos bacterianos y formación de capas flotantes en los digestores.

Los mayores riesgos potenciales en los seres humanos se relacionan con la contaminación que puedan causar a los cursos de agua utilizados como fuentes de agua potable y la transmisión de enfermedades por patógenos como fiebre tifoidea, cólera, hepatitis, entre otras.

Características físico-químicas

Se procedió a realizar lo que se conoce como “caracterización” de las aguas residuales, y los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 4: Resultados de pruebas en LABCESTTA

		28/04/2015	29/04/2015	30/04/2015		
		753	757	768	k=2	
PARAMETROS	Unidades	Resultado	Resultado	Resultado	Incertidumbre	Valor límite
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/l	>1500	>1500	>1500	+/-8%	500,C
Demanda Biológica de Oxígeno DBO	mg/l	950	900	840	+/-15%	250,C
Sólidos Totales Disueltos	mg/l ó g/m³	2016	1876	2204	+/-11%	---
Coliformes fecales	UFC/100 ml	>1*10 ⁸	>1*10 ⁸	>1*10 ⁸	%	---
Fósforo Total	mg/l	29,35	>33	12,71	+/-12%	15,0
Sólidos suspendidos	mg/l ó g/m³	596	504	620	+/-11%	220,C
SSSedimentables	mg/l ó g/m³	1.420	1.372	1.584	+/-11%	220,C
Lodos producidos	kg/4 hr	8,52	8,23	9,50		
	lb/4 hr	18,79	18,15	20,96		

CAUDAL	6,0	m³/4 hr
	1,5	m³/hr

Se pueden apreciar valores de DQO mayores a 1500 mg/l, mientras que el DBO en un rango de 840 a 950 mg/l. Se tienen valores altos de Sólidos Totales Disueltos STD, Sólidos Suspendidos Totales SST y Sólidos Suspendidos Sedimentables SSS. De donde se pueden calcular la producción de lodos, que sirve posteriormente para calcular las dimensiones del lecho de lodos.

Por consiguiente, las aguas residuales se caracterizan por su composición, física, química y biológica (Cuadros 1 y 2). Se describen a continuación los principales parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales, destacando su origen y efectos asociados.

Parámetros Físicos

Los principales parámetros físicos de caracterización de las aguas residuales son: temperatura, sólidos, olor, turbiedad y color.

Temperatura. Las aguas residuales pueden presentar variación en la temperatura debido a la incorporación de aguas calientes desde residencias. La importancia de la variación de la temperatura está relacionada con la influencia que ésta tiene en la velocidad de reacciones químicas, el desarrollo y equilibrio de la vida acuática, la actividad de microorganismos y la solubilidad de gases y sales. En el caso puntual de la Planta Faenadora San Agustín la temperatura ambiente oscila entre entre los 12°C (en la madrugada) a 22°C (en el día). Mientras que la temperatura de las aguas residuales varían en el mismo valor y proporción.

Sólidos. Las aguas residuales están cargadas de sólidos: materia en suspensión, sedimentable, coloidal y disuelta; de origen orgánico e inorgánico, con la degradación estética; mientras que los sólidos sedimentables se acumulan en el fondo de éstas y dan lugar a demanda de oxígeno, generando condiciones anaerobias en el fondo y degradación general del hábitat.

Luego, se procedió a realizar una segunda caracterización en Laboratorio PSI (Productos & Servicios Industriales) del Dr. Francisco Torres, de aguas residuales con los siguientes resultados:

Tabla 5: Informe de resultados de análisis de aguas residuales en PSI.

BA-LABPSI-15 1772

**INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES**

PARA:	GLOBAL TECHNOLOGY ENTERPRISES S.A		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	Ing. Luis Tinoco		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	MI: # 1		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	MI	---
	Este	---	---
	Norte	---	---
FECHA DE MUESTREO:	04 de Septiembre del 2015		
HORA DE MUESTREO:	17:52		
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual industrial, puntual		
CODIGO DE LA MUESTRA:	MI: 15 1772-1;		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	04 de Septiembre del 2015		
ANALIZADO POR:	Ing. Rafael Macías - Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	04 - 09 de Septiembre del 2015		
EMISIÓN DEL INFORME:	15 de Septiembre del 2015		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados		Método de análisis
		MI	U k=2 s	
Potencial de Hidrógeno (pH)	U de pH	6,2	0,2	SM 4500-H ⁺ B PEELAB-PSI/08
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /l	2754	7%	EPA 410.4 PEELAB-PSI/03
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /l	1705	10%	SM 5210 B PEELAB-PSI/03
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	1305	10%	EPA 160.2 PEELAB-PSI/02
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	3409	10%	EPA 160.1 PEELAB-PSI/09
Sólidos Totales (ST) ^(*)	mg/l	4714	10%	EPA 160.3 PEELAB-PSI/07
Sólidos Suspendedos Volátiles [*]	mg/l	1044	—	SM 2540 E
Fósforo Total ^(*)	mg P/l	22,69	10%	HACH 8180 PEELAB-PSI/49
Alcalinidad Total	mg/l	366,3	10%	SM 2320-B PEELAB-PSI/57
Tensoactivos	mg/l	0,341	10%	HACH 8028 PEELAB-PSI/53
Nitrógeno Total	mg N/l	179	17%	SM 4500-N/C PEELAB-PSI/22

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (s) Fuera de rango de acreditación U: Incertidumbre.


Melissa Mijangos

Coordinador de Análisis LAB-PSI Aguas - Suelos

Guayaquil, 15 de Septiembre del 2015

Garantía de Confidencialidad y Confidencialidad: LAB-PSI garantiza resultados confiables y respaldó México al cliente. Se mantiene absoluta confidencialidad de los resultados.
Nota: Los resultados no podrán ser reproducidos de forma parcial. Los incertidumbres calculadas están a disposición del cliente. Los resultados obtenidos corresponden solo a la muestra ensayada.

REC2002-08

Página 1 de 1

Se puede apreciar en este segundo análisis que los valores de los parámetros tienen aumento, así el DQO en 46%, el DBO en 47%, los Sólidos Totales Disueltos STD en 40%, los Sólidos Suspendidos Totales SST en 56%, los Sólidos Suspendidos Volátiles han disminuido en 40%, A y G en 170 mg/l, el Fósforo Total P ha aumentado en 38% y la producción de lodos ha disminuido en 28%. Las fechas de toma de muestras se pueden apreciar en la parte superior tanto para el uno como para el otro Laboratorio. El análisis de los resultados determina que la diferencia se debe al procedimiento de toma de muestras, ya que en el segundo caso ésta fue realizada por el suscrito y también a diferentes procedimientos de trabajo en la PFSA.

Pruebas-experimentos

Se realiza como primera etapa una gestión de tratabilidad del agua la misma que se la realiza in situs por medio del conocido TÉST de JARRAS para poder cuantificar algunos parámetros que servirán para la decisión del diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales, PTAR's de la Faenadora San Agustín.

Este primer ensayo nos dará una idea de qué tipo de afluente descarga la PFSA, Faenadora San Agustín. Así podemos mencionar algunos de ellos que se los puede observar a simple vista y a nivel de campo.

- El pH
- Coloración

- Contenido de residuos
- Sólidos suspendidos,
- Sólidos totales,
- Temperatura
- Selección del mejor producto coagulador –floculador
- Parámetros que permitan definir el caudal de diseño, el caudal de químicos.

Luego de lo cual se realiza una prueba de DQO, DBO, turbidez con la finalidad de establecer la idoneidad de los elementos químicos usados y su dosificación adecuada. Estas pruebas se realizan en sitio en varias jornadas de trabajo, probando con distintos químicos como:

- Cloruro férrico,
- Sulfato férrico,
- Sulfato de Aluminio
- Policloruro de Aluminio
- Floculante aniónico
- Carbonato de Calcio
- Poliamidas

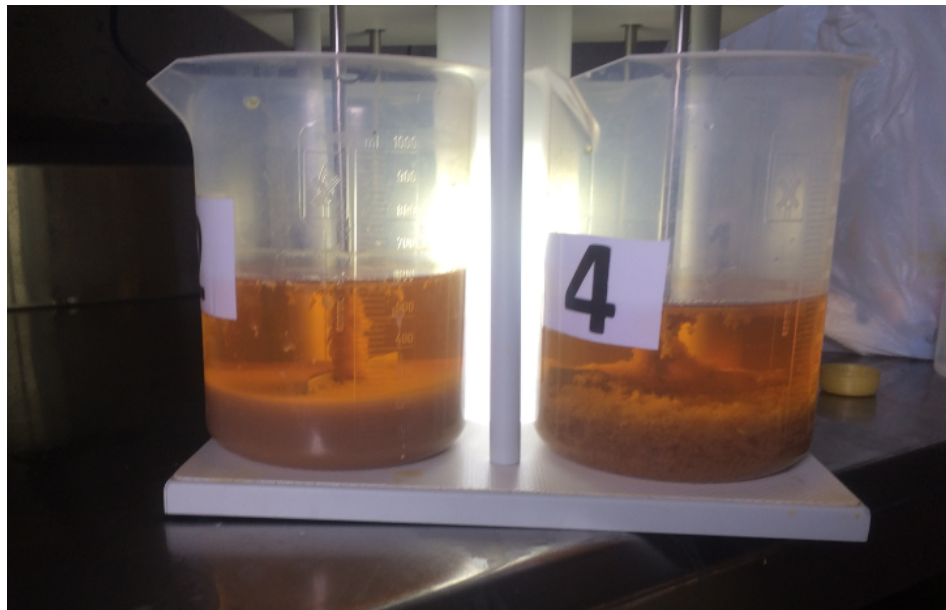


Foto 1: Pruebas de Tratabilidad con el equipo de Test de Jarras

Para seleccionar los productos, se deberá solicitar al proveedor la correspondiente hoja técnica y para su elección se deberán considerar los siguientes factores:

- Contenido de metales en su estructura molecular
- Índice de agotamiento de los colorantes.
- Índice de degradabilidad
- Toxicidad para los organismos acuáticos y terrestres

Ya que aquellas sustancias que presentan altos valores de AOX (halógenos orgánicos absorbibles) son consideradas peligrosas, ya que no permiten utilizar los lodos de tratamiento en la agricultura, puesto que su permanencia en el suelo persiste por más de 10 años, en tanto que los solventes clorados permanecen en

el agua hasta 6.000 años. La acumulación de estas sustancias en el hígado o riñones de los individuos pueden producir intoxicaciones agudas o envenenamiento.



CAPÍTULO 3

Teoría a utilizar

La concentración, eliminación o reducción de los contaminantes presentes en las aguas residuales se lleva a cabo en Plantas de Tratamiento. El objetivo del tratamiento es transformar las características iniciales del agua residual a niveles aceptables para cumplir con la normativa vigente de descarga y de reutilización del agua tratada, preservando el medio ambiente y evitando problemas sanitarios.

Es importante indicar que este proceso es particular para cada caso, ya que en el 99% de los casos ninguno es igual a otro, por tanto lo que sirvió en un proceso no sirve en otro similar.

En este sentido, para la selección de un método de tratamiento adecuado es necesario considerar el origen y fuente, el flujo, las características (físicas, químicas y biológicas) y el destino de las aguas residuales y residuos, además de los costos involucrados y recursos disponibles para ejecución del libro y la normativa ambiental vigente; en el Gráfico 6 se muestran dichos criterios.

Origen y fuente de las aguas residuales



Gráfico 6: Origen y fuente de las aguas residuales

Recursos económicos y costos: Se realiza un análisis Costo – Beneficio, con el objetivo de obtener una media de costo que se incurre en la aplicación del Proyecto y compararla con los beneficios que se espera obtener como resultado de este análisis, solamente como una ilustración, ya que un examen más profundo justifica realizar un Proyecto de Factibilidad, en el que añaden Estudio de Mercado y Análisis Financiero.

Los costos son tangibles por este motivo se los puede valorar económicamente, a diferencia de los beneficios que puede ser tangibles o intangibles, y se los puede dar con valores objetivos y subjetivos. Para establecer la factibilidad o no de un proyecto se utiliza la siguiente relación:

$$\text{BENEFICIOS} > 1 \quad \text{COSTOS}$$

El objetivo es demostrar que la cantidad de beneficios económicos son mayores que los costos incurridos y por

tanto se justifica proseguir en la inversión del Proyecto, ya que además de considerar los costos fijos, costos de operación, administrativos se necesita considerar gastos en Inversiones, como es el valor del costo de diseñar, construir e implementar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para PFSA.

Los recursos económicos se obtienen de la misma actividad que desarrolla la actividad de faenamiento que se cumple en la Planta PFSA.



CAPÍTULO 4

Desarrollo experimental

En esta sección se presenta información del proceso productivo y de la planta de tratamiento de la industria avícola, se realizan visitas de inspección a la hora que empieza el trabajo, es decir a las 3h00 que es la hora en que empieza el trabajo, se describe el procedimiento de faenamiento de las aves y la producción de las aguas residuales, su tratamiento y la toma de muestras, se presentan los métodos empleados para determinar los parámetros fisicoquímicos y el análisis estadístico de los datos.

Tipos de enfoques metodológicos

La investigación evaluativa cuales aspectos, contribuyen o entorpecen dicho objetivo de acuerdo con los tipos de enfoques metodológicos. El autor diseña, y realiza la construcción e implementación de la PTAR's de una faenadora avícola y de las unidades que integran el sistema, para ello se determinaron las características fisicoquímicas DQO, DBO, SST, SSV, A y G, N y P en las mismas. De esta manera se proporciona información útil para la industria sobre la eficiencia de su planta de tratamiento y que sus potenciales variaciones puedan ser corregidas al establecer límites máximos y mínimos, con la correspondiente dosificación de químicos, que provocan la coagulación y

floculación de las aguas residuales, facilitando su separación en “aguas limpias” ó clarificadas y lodos, así como su tratamiento biológico. Las primeras se revisan en los equipos de Laboratorio que posee el suscrito autor del presente documento para establecer su idoneidad, es decir, que se encuentren bajo la normativa dada por el Ministerio de Ambiente del Ecuador MAE, que en caso de no cumplirse se vuelve a recircular para iniciar de nuevo el proceso haciendo las correcciones necesarias hasta que se tenga agua clarificada bajo norma, para luego poder certificar en Laboratorio Autorizado por el MAE la idoneidad de los resultados.

Métodos y técnicas

Se hallan incluídos en los procedimientos realizados, que consisten principalmente en manejar con mucha precisión cada proceso, ya sea en tiempos, así como en la dosificación de los químicos, de tal modo que se puedan lograr los objetivos de producir agua clarificada bajo las normas previstas por el Ministerio de Ambiente para las aguas que van a ingresar al sistema de alcantarillado.

Normas

Las normas vigentes cuando los efluentes son vertidos al sistema de alcantarillado que especifica el Ministerio de Ambiente son:

DQO: hasta 500 mg/l

DBO: hasta 250 mg/l

Planta Piloto

Con el propósito de experimentar lo que va a suceder en la PTAR's de la Planta de Faenamiento San Agustín PFSA, se ha dispuesto la construcción de una Planta Piloto en donde se pretende realizar los mismos pasos que se van a dar en la Planta real, es decir, tiene compartimientos de recepción, de trampa de grasas, de dosificación de químicos con el proceso de mezclado para producir la coagulación y floculación, posteriormente hacer la sedimentación y finalmente clarificación, mientras que los lodos se los drena al recipiente de lecho de lodos, en donde se separan, quedando los lodos propiamente dichos en la parte superior, mientras que la parte líquida drena a la parte inferior desde son bombeados al tanque mezclador por medio de una bomba sumergible para repetir el proceso de manera continua.

Al agua clarificada se le toman muestras para establecer si está o no cumpliendo las normas vigentes establecidas por el Ministerio de Ambiente del Ecuador, que en caso negativo se deberán tomar las correcciones necesarias, al igual que en la Planta principal PTAR's. Mientras que los lodos son recogidos y colocados en fundas para disposición final, ya sea para ser usado como abono una vez que mezcle con tierra, en la agricultura o para ser enviado al relleno sanitario, dependiendo del resultado del Análisis que se practique en el Laboratorio a las muestras de lodo.

El autor utilizó el proceso de lodos activados de tipo mezcla completa con flujo intermitente, es decir, de “batchs” que se diseñó, construyó y operó en el sitio mismo de la PFSA. Consta de: mezclador, 3 reactores de lodos activados, un sedimentador, un clarificador y un lecho de lodos.

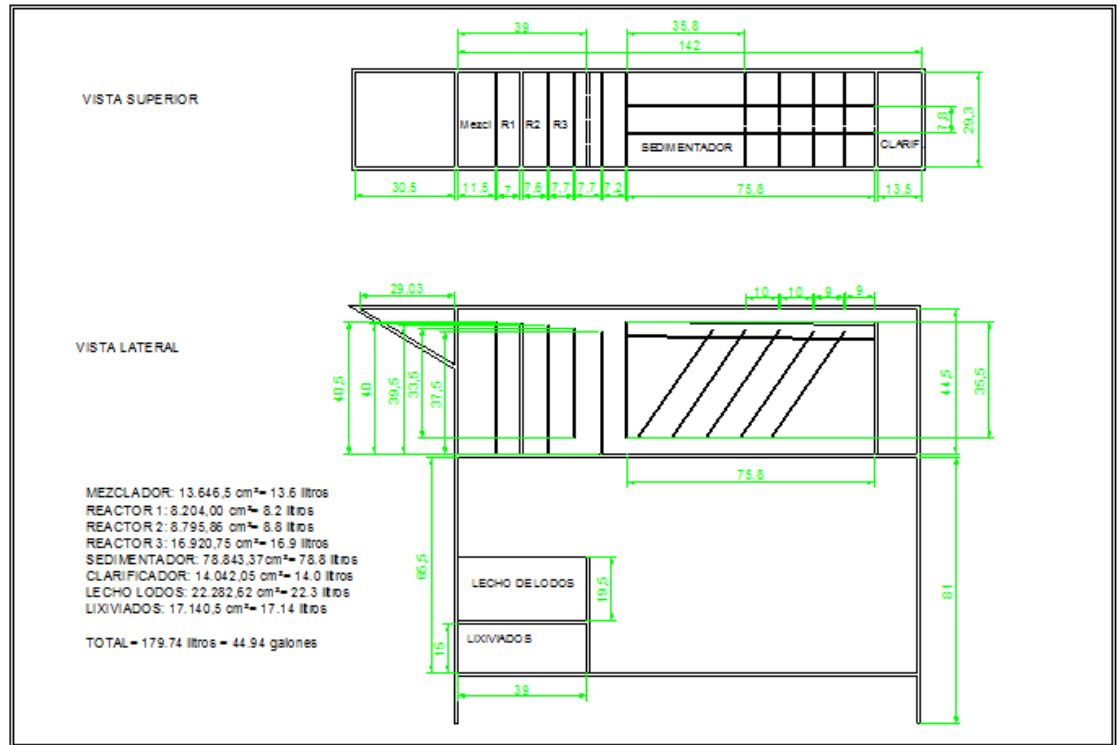


Gráfico 7: Dimensionamiento de la Planta Piloto

Experimentación en Planta Piloto

Como ya se indicó en el párrafo anterior, la operación de la Planta Piloto se realiza mediante el empleo de bombas tanto en la labor de introducción de las aguas residuales al primer tanque de la Planta Piloto, teniendo en su descarga un by-pass para recirculación y graduación del caudal y presión necesarias para un adecuado funcionamiento. Para la dosificación de químicos se emplean tres recipientes

para dosificar la cantidad que va a ser introducida en el tanque mezclador, va a pasar por gravedad al tanque de sedimentación y de clarificación, y como ya indicó los lodos van a ser enviados al tanque de lecho de lodos, quedando los lodos deshidratados en la parte superior mientras que los lodos líquidos van a llegar a la parte inferior en donde mediante una bomba sumergible son retornados hasta el tanque mezclador, cerrando el circuito, evitando toda contaminación al exterior de la Planta y monitoreando la calidad del agua mediante los Análisis de Laboratorio así como los lodos deshidratados para proceder en su disposición final, de manera similar a lo que ocurre en la Planta real.



Foto 2: Vista de la Planta Piloto

La experimentación se desarrolló en dos fases, en la primera fase se aclimataron los lodos para obtener una concentración de biomasa alta que permitiera una operación similar a la de un flujo continuo. La segunda fase consistió en operar el bioreactor con la biomasa aclimatada

como ya se indicó a diferentes edades de lodos para poder calcular las constantes cinéticas y estequiométricas.

El bioreactor se operó con tiempo de retención hidráulica constante de 4 horas y edad de lodos variable (5, 10 y 15 días). El control del sistema se realizó con el monitoreo permanente y diario del pH, así como la temperatura y la determinación del DQO y los Sólidos Suspendidos Volátiles SSV cada tres a cuatro días.

Con los valores encontrados se determinaron: las constantes cinéticas y estequiométricas, la eficiencia de remoción de materia orgánica en términos de DBO, DQO y SST.



Foto 3: Vista izquierda de la Planta Piloto



Foto 4: Vista derecha de la Planta Piloto

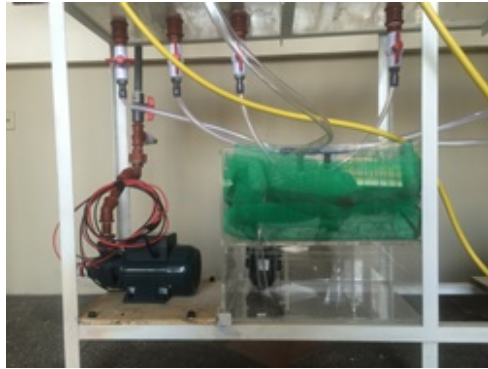


Foto 5: Vista de la Bomba de alimentación



Foto 6: Vista del compresor de aire y Lecho de lodos



CAPÍTULO 4

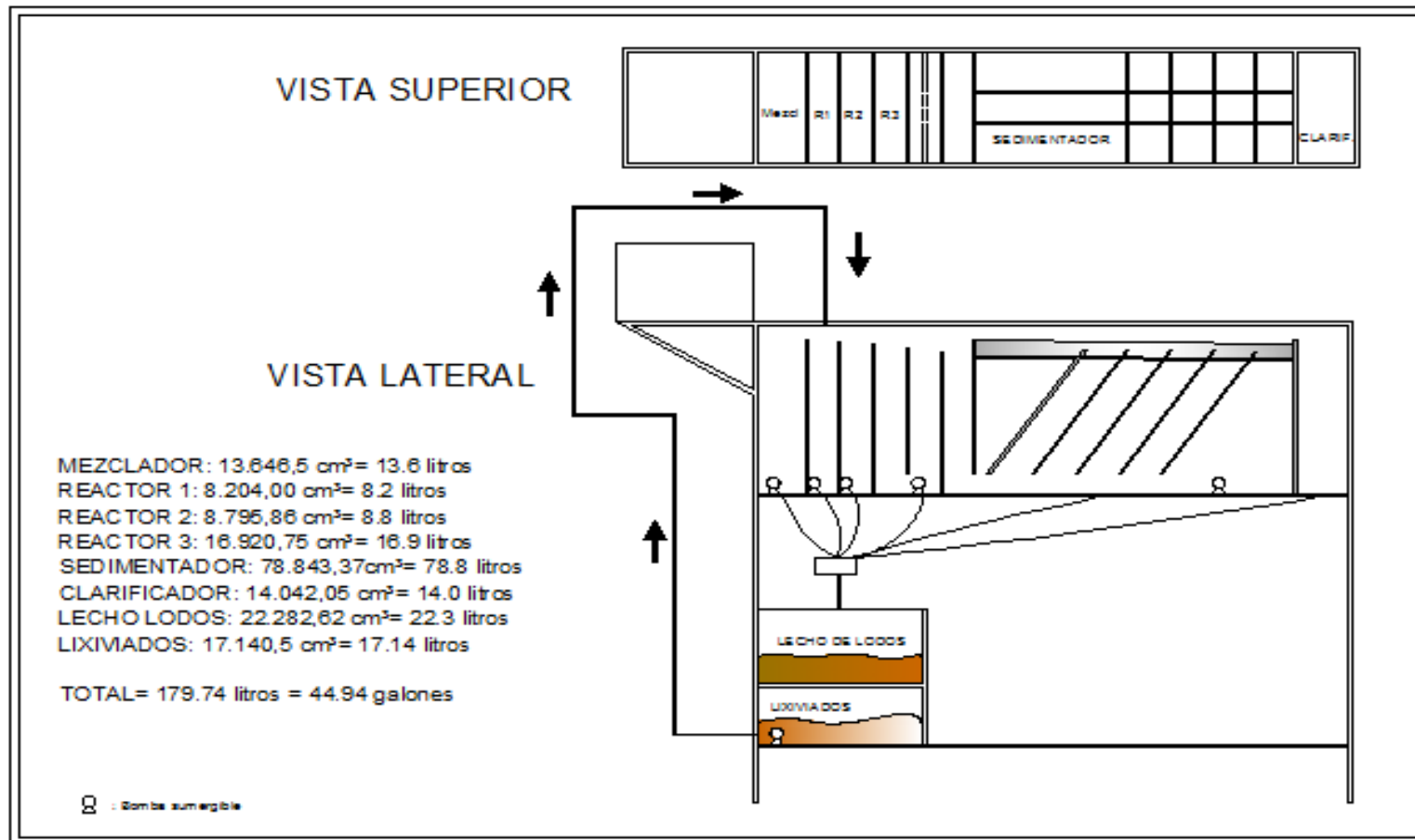


Gráfico 8: Otra vista de la Planta Piloto

Pruebas y análisis

Los análisis realizados a las aguas residuales clarificadas luego de someterse al proceso dado en la Planta Piloto cumplen con la normativa dada por el Ministerio de Ambiente del Ecuador:



Foto 7: Vista de Difusor de aire



Foto 8: Vista de surtidores de químicos

Calidad del (los) producto(s)

La calidad de los productos obtenidos como se indicó en el párrafo anterior se encuentra acorde a las normativas vigentes.

Parámetros

Los parámetros obtenidos se los compara con los que indica la normativa dada por el Ministerio de Ambiente que establece que el valor permitido es de:

DQO: hasta 500 mg/l

DBO: hasta 250 mg/l

O menos a ese valor, por lo que los resultados alcanzados demuestran que se encuentran dentro de norma.



Foto 9: Vista de línea de alimentación de aa.rr. de salida de efluente



Foto 10: Vista de línea de salida de efluente

Pruebas de Operación en Planta Piloto



Foto 11: Vista de la operación de la Planta Piloto con sus equipos

La Planta Piloto pudo trabajar con las aguas residuales de la Planta de faenamiento de aves y se pudo hacer conclusiones de la eficiencia de la misma mediante pruebas realizadas con equipos de Laboratorio del suscrito, como se puede apreciar a continuación:

Resultados de prueba de laboratorio en sitio

Prueba 1:

DQO: 255 mg/l

Prueba 2:

DQO: 170 mg/l

Lo que indica que el proceso realizado ha sido todo un éxito.

Experimentación (diseño) en Planta real

Se procedió a realizar el Test de Jarras el día Jueves, 3 de Septiembre del 2015 con soluciones preparadas de Sulfato Férrico, Cal, Poliamida y Floculante Catiónico, soluciones preparadas de la siguiente manera:

Tabla 7: PREPARACION DE SOLUCIONES											
Orden de colocación:			Solución 1, 5 minutos, Solución 2, 5 minutos, Solución 3, 5 minutos, Sol.4								
Sol. 1: (SO ₄) ₃ Fe ₂			Sol. 2: CAL			Sol. 3: Pam			Sol. 4: Feat		
Sulfato Férrico						Poliamida			Floculante Catiónico		
TEST DE JARRAS			TEST DE JARRAS								
	gr	cc		gr	cc		cc	cc		gr	cc
30%	75	250	30%	75	250	8%	20	250	0,50%	1,25	250
PLANTA PILOTO			PLANTA PILOTO								
	gr	cc		gr	cc		cc	cc		gr	cc
30%	300	1000	30%	300	1000	8%	40	500	0,5%	2,5	500
PLANTA SAN AGUSTIN			PLANTA SAN AGUSTIN								
	Kg	litros		Kg	litros		litros	litros		gr	litros
30%	16,2	54	30%	16,2	54	8%	1,6	20	0,5%	100	20

Con estas soluciones preparadas y correctamente pesadas se procede a realizar las Pruebas de Tratabilidad mediante el Test de Jarras, para lo cual se colocan 1000 cc en cada uno de los 4 vasos que para el efecto posee el equipo.

Se colocó 1000 cc de aguas residuales en dos momentos distintos de recogida, el primero se recogió de las aguas que salen del proceso a las 5h00 y el segundo de las aguas que se hallaban en el piso a las 6h30, con los siguientes resultados:

Los valores que se hallan sombreados con amarillo son los más aceptables con el inconveniente de que el Ph se encontraba por abajo de los valores normales, por lo que es necesario añadir solución Cal para bajar el Ph.



Foto 11: Vista de aa.rr. en Cono Imhoff



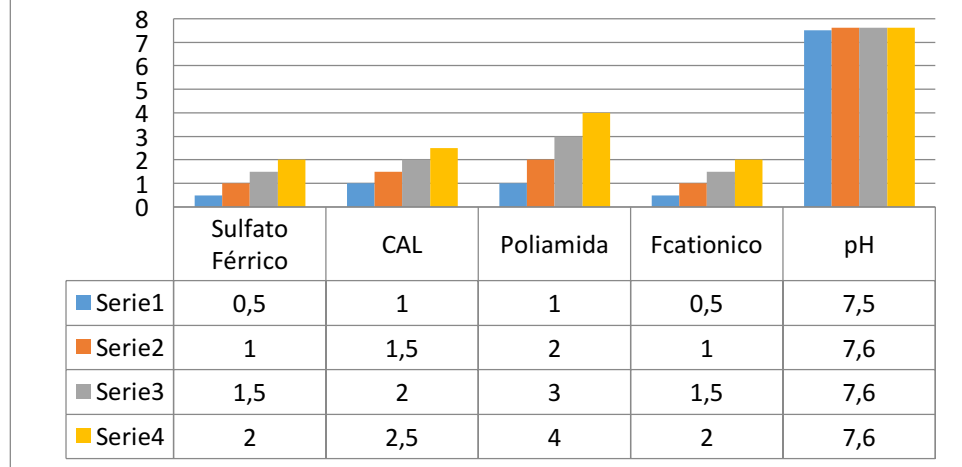
Foto 12: Otra vista en conos Imhoff

Los productos auxiliares también deberán ser biodegradables (>80%) y no tóxicos. Las aguas residuales industriales de la planta no tendrán un flujo continuo, se generarán periódicamente en "batches". Análogamente, del fondo de los tanques las aguas residuales periódicamente se drenarán hasta el lecho de lodos.

La planta de tratamiento de aguas residuales no será de flujo continuo y las aguas se drenarán siempre y cuando éstas cumplan las correspondientes normas establecidas por los organismos reguladores locales y nacionales, ya que posee el mecanismo para regresar las aguas que van a salir al alcantarillado al primer tanque en caso de no cumplir con las especificaciones requeridas por el Ministerio de Ambiente. Por lo que se procede a realizar las pruebas de Jarras:

PRUEBA 1					
RECIPIENTE	Sulfato Férrico	CAL	Poliamida	Fcationico	pH
1	0,5	1	1	0,5	7,5
2	1	1,5	2	1	7,6
3	1,5	2	3	1,5	7,6
4	2	2,5	4	2	7,6

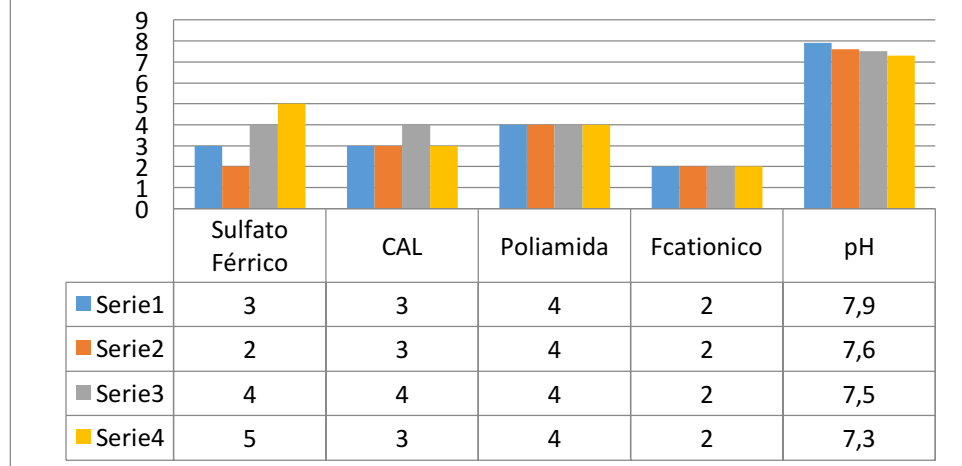
Prueba de Jarras 1



Luego se realiza nuevamente una segunda prueba de jarras:

PRUEBA 2					
RECIPIENTE	Sulfato Férrico	CAL	Poliamida	Fcationico	pH
1	3	3	4	2	7,9
2	2	3	4	2	7,6
3	4	4	4	2	7,5
4	5	3	4	2	7,3

Prueba de Jarras 2



Por lo que se establece un Cuadro Resumen de la cantidad de químicos en kilogramos que se deben de utilizar para un determinado volumen en litros como se aprecia a continuación:

Tabla 8: DOSIFICACION de QUIMICOS											
(SO ₄) ₃ Fe ₂			CAL			Pam			Fcat		
Sulfato Férrico			Caebonato de Calcio			Poliamida			Floculante Catiónico		
TEST DE JARRAS			500 cc						500 cc		
	cc	cc		cc	cc		cc	cc		cc	cc
0,2%	2,0	1000	0,3%	3,0	1000	0,4%	4,0	1000	0,2%	2,0	1000
PLANTA PILOTO			250 cc						250 cc		
	cc	litros		cc	litros		cc	litros		cc	litros
0,2%	80,0	40	0,3%	120,0	40	0,4%	160,0	40	0,2%	80,0	40
PLANTA SAN AGUSTIN			6000 litros						6000 litros		
	litros	litros		litros	litros		litros	litros		litros	litros
0,2%	12,0	6000	0,3%	18,0	6000	0,4%	24,0	6000	0,2%	12,0	6000
0,2%	10,0	5000	0,3%	15,0	5000	0,4%	20,0	5000	0,2%	10,0	5000
0,2%	8,0	4000	0,3%	12,0	4000	0,4%	16,0	4000	0,2%	8,0	4000
0,2%	6,0	3000	0,3%	9,0	3000	0,4%	12,0	3000	0,2%	6,0	3000
0,2%	4,0	2000	0,3%	6,0	2000	0,4%	8,0	2000	0,2%	4,0	2000
0,2%	2,0	1000	0,3%	3,0	1000	0,4%	4,0	1000	0,2%	2,0	1000

Se prepara solución para tratar 6000 litros en los que se van a emplear químicos en diversas dosificaciones, aunque no necesariamente la cantidad es exacta, sino por el contrario difiere de un día a otro, por lo que se ha colocado dosificaciones para los diferentes caudales que se puedan dar, como se aprecia en la siguiente tabla:

A continuación, se han colocado los volúmenes de químicos a ser suministrados. En cada prueba se toman los valores de pH y de temperatura para verificar que el procedimiento es correcto en sus respectivas dosificaciones:

Tabla 9: CUADRO DE CONSUMO DE QUIMICOS

Volumen	(SO₄)₃Fe₂	CAL	Poliamida	Fcatiónico
m ³	litros	litros	litros	litros
6	12	18	24	12
5	10	15	20	10
4	8	12	16	8
3	6	9	12	6
2	4	6	8	4
1	2	3	4	2

En último término se ha colocado la cantidad que debe colocarse por cada metro cúbico, lo que facilita la dosificación.

Equipos y materiales

Para realizar las pruebas respectivas se ha recurrido a la adquisición de variados equipos y herramientas, que a continuación se enumeran:

- Test de Jarras (de 4 servicios),
- Termo reactor digital
- Colorímetro HDM para la obtención del DQO
- Conos Imhoff
- Probetas de 1 litro
- Balanza gramera
- Solutos de PAC (Policloruro de Aluminio), Sulfato férrico, Sulfato de Aluminio, Cloruro férrico, floculante aniónico y catiónico.

Se han utilizado varias tecnologías con la finalidad de realizar la “tratabilidad” de las aguas residuales producidas en la PFSA,

para lo cual ha sido necesario utilizar variados equipos e instrumentos como:

➤ Equipo Test de Jarras



Foto 13: Vista de pruebas de tratabilidad en equipo Test de Jarras

➤ Termo Reactor digital y Colorímetro



Foto 14: Vista del Termo Reactor digital Foto 15: Vista del Colorímetro

➤ Conos Imhoff

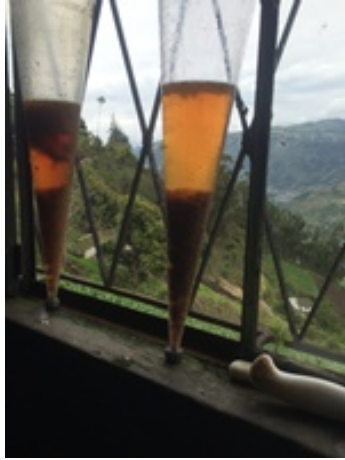


Foto 16: Vista de los Conos Imhoff

➤ Viales para determinar el DQO



Foto 17: Vista de los viales con reactivos para pruebas de DQO

➤ Ph metro



Foto 18: Medidor de pH

➤ Balanza gramera



Foto 19: Balanza digital que mide hasta en gramos

➤ Instrumentos menores



Foto 20: Instrumentos menores utilizados

Técnicas

Las técnicas utilizadas son las mismas que se disponen en todo Laboratorio, con los limitantes propios de hacerlo en el sitio mismo de libro.

Análisis estadístico

Se han realizado tomas de muestras y se han establecido mediante estadísticas conclusiones y recomendaciones propias del autor que se implementa.

Las variaciones entre los distintos valores no son significativos, de lo que se puede concluir que las pruebas realizadas son coherentes y representativas.



CAPÍTULO 5

Ingeniería del proceso

Características del agua bruta

Se dispone de los datos de caudales y cargas contaminantes de la PFSA, que se reflejan en las tablas siguientes:

Tabla 11: Caudales de la PFSA

CAUDALES	Situación actual	DATOS DISEÑO
Caudal medio (m ³ /d) (4 horas)	6	9,7
Caudal medio (m ³ /hr)	1,5	2,4
Caudal punta (m ³ /hr)	2,9	2,9
Coefficiente Caudal punta	1,6	4

Tabla 12: Parámetros actuales de funcionamiento de la PFSA

PARAMETROS (De Tabla 5)	Situación actual
DBO5 (mg/l)	1705
DQO (mg/l)	2754
SST (mg/l)	1305
SSV (mg/l)	1044
pH	6,2
T (°C)	19

Tabla 13: CARGAS DE DISEÑO de la PFSA

CARGAS DE DISEÑO	Situación actual	DATOS DISEÑO
Kg DBO5/d	10,2	18,3
ppm DBO5	1705,0	1875,5
Coeficiente de punta	2	2

CARGAS DE DISEÑO	Situación actual	DATOS DISEÑO
Kg DQO/d	16,5	29,6
ppm DQO	2754,0	3029,4
Coeficiente de punta	2	2

CARGAS DE DISEÑO	Situación actual	DATOS DISEÑO
Kg SST/d	7,83	14,0
ppm SST	1305,0	1448,6
Coeficiente de punta	2	2

CARGAS DE DISEÑO	Situación actual	DATOS DISEÑO
Kg SSV/d	6,3	11,2
ppm SSV	1044,0	1158,8
Coeficiente de punta	2,52	2,52

Las cargas de diseño se las encuentra de la siguiente manera:

Como ejemplo se lo realiza en el caso del DBO₅, desde la Tabla de Parámetros donde se tiene el valor de 1705 mg/l, los que se llevan Kg/m³ y se multiplica por el valor del caudal que es de 6.0 m³/d, lo cual da 10,2 Kg DBO₅/d, como se aprecian los valores que se hallan en las tablas.

Características exigidas en el vertido

Tabla 14: CARACTERISTICAS de aa.rr. EXIGIDAS EN EL VERTIDO

CARACTERISTICAS EXIGIDAS EN EL VERTIDO	
DBO ₅ (mg/l)	< 250
DQO (mg/l)	< 500

Línea de agua: calculo y dimensionamiento

Determinación de los caudales y cargas de diseño

Como primer aspecto a considerar es la determinación de los caudales en cada una de las etapas del proceso. La limitación de los caudales a tratar se consigue mediante la construcción de recipientes calculados para alcanzar un determinado grado de dilución de los vertidos o caudales entregados. Este grado de dilución vendrá dado por:

$$\frac{Q_{medio}}{Q_{medio} + Q_s} = \frac{1}{x}$$

Donde:

Q_{medio} : caudal medio ca.rr.

Q_a : caudal de aguas lluvias

$1/x$: grado de dilución

Por lo que se hacen las siguientes hipótesis:

➤ A la entrada de la PTAR's el caudal transportado se limitará hasta alcanzar una dilución:

$$\frac{Q_{medio}}{Q_{medio} + Q_s} = \frac{1}{4}$$

➤ A lo largo de la PTAR's se construirá un by-pass con capacidad para transportar el volumen total que entrega la Planta faenadora. A este by-pass llegará el caudal aliviado a la entrada de la PTAR's, el caudal aliviado entre el pretratamiento y el mezclador, por lo que el caudal transportado se limitará:

$$\frac{Q_{medio}}{Q_{medio} + Q_s} = \frac{1}{2.4}$$

➤ El caudal aliviado entre el mezclador (tratamiento físico) y el reactor biológico con dilución:

$$\frac{Q_{medio}}{Q_{medio} + Q_s} = \frac{1}{1.8}$$

➤ De acuerdo con lo indicado los datos base para el dimensionamiento de los distintos recipientes para las fases del proceso son:

Tabla 15: CAUDALES DE PRETRATAMIENTO

CAUDALES	Situación actual	Datos diseño
Caudal medio (m ³ /hr)	1,5	2,4
Caudal punta (m ³ /hr)= Qmedio*1,95	2,9	4,7
Caudal máximo (m ³ /hr)= Qmedio*4	6,0	9,7

Tabla 16: CAUDALES Y CARGA DE TRATAMEN

CAUDALES	Situación actual	Datos diseño
Caudal medio (m ³ /hr)	1,5	2,4
Caudal punta (m ³ /hr)= Qmedio*1,95	2,9	4,7
Caudal máximo (m ³ /hr)= Qmedio*4	3,6	5,8

CARGAS	Situación actual	Datos diseño
Kg DBO5/d	10,2	18,3
Kg DQO/d	16,5	29,6
Kg SST/d	7,8	14,0
Kg SSV/d	6,3	11,3

Tratamiento secundario

Los rendimientos exigidos al Tratamiento Primario son:

SS 55% de eliminación

DBO₅ 35% de eliminación

Con lo anterior los datos del dimensionado del tratamiento secundario serán:

Tabla 17: CAUDALES DE TRATAMIENTO SECUNDARIO

CAUDALES	Situación actual	Datos diseño
Caudal medio (m ³ /hr)	1,5	2,4
Caudal punta (m ³ /hr)= Qmedio*1,75	2,6	4,2
Caudal máximo (m ³ /hr)= Qmedio*1,8	2,7	4,4

CARGAS	Situación actual	Datos diseño
Kg DBO ₅ /d	6,6	11,9
Kg DQO/d	11,4	19,2
Kg SST/d	3,5	6,3
Kg SSV/d	2,8	5,1

Obra de recepción de las aa.rr.

Aliviaderos: conceptos básicos

Es importante que en las Plantas de Tratamiento de aa.rr. se provean de vertederos de crecidas o rebose o sobrecarga de las mismas. Su objetivo, es realizar la evacuación en el curso de agua más próximo, el excedente de caudal sobre el que se ha calculado como máximo para el funcionamiento de la PTAR's. Es importante indicar que el agua lluvia que cae en la PTAR's en los primeros 10-15 minutos tiene contaminación tipo medio y a partir de los 20-30 minutos se puede considerar como agua residual diluida. Por lo que se debe tener en prevención depósitos de retención que recojan las primeras aguas de lluvia con alta contaminación, en el caso presente en que no se tienen los depósitos mencionados el coeficiente de dilución estará en función directa del sistema de limpieza, por lo que el coeficiente oscila entre 2 y 5 y se expresa así:

$$\frac{\text{Agua residual + Agua lluvia}}{\text{agua residual}}$$

Desbaste: rejas y tamices

Rejas: consideraciones generales

El desbaste se lo hace por medio de rejillas (rejas, mallas o cribas) y tiene como finalidad retener y separar los cuerpos que se hallan en suspensión flotando que son arrastrados por las aa.rr. en el recorrido de su trayectoria. Lo que facilita:

- Eliminar posteriores depósitos

- Evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general.
- Retirar o evitar obstáculos que por sus excesivas dimensiones podrían dificultar el funcionamiento de las unidades posteriores y el tratamiento físico químico.
- Aumentar el rendimiento de las siguientes fases del proceso.
- Facilitar un adecuado proceso de coagulación y floculación.
- Obtener agua clarificada, depurada bajo la normativa ambiental dada por el MAE.

Desengrasado

Desengrasado: antecedentes

Las grasas deben de ser separadas antes de que ser tratadas las aa.rr., ya que en caso contrario crean muchos problemas en su tratabilidad, procesamiento y clarificación ó purificación.

Los inconvenientes más comunes se los puede resumir en:

- Rejillas finas causan obstrucciones,
- En las decantaciones forman una capa superficial que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica.
- En la depuración por lodos activados se dificulta la aireación disminuyendo el coeficiente de transferencia y produciendo el "bulking".
- Perturban el proceso de digestión de lodos.
- La DQO se incrementa en un 20 a 30% por las grasas en suspensión.

El sistema de depuración de grasas más utilizado consta de dos fases:

- La emulsión de las grasas en el recipiente de desengrasado ó trampa de grasas, que permite su ascenso a la superficie y su subsecuente retirada. La velocidad ascensional de las burbujas de grasa puede estimarse entre 3 y 4 mm/s.
- Separación de las grasas residuales en balsas de decantación, las mismas que son retiradas mediante rasquetas superficiales.

Dimensionamiento

Las medidas de la trampa de grasas están en relación directa con el caudal del afluente, como se puede apreciar en la Gráfica 1, en donde se observan las medidas en Vista Superior y en Vista lateral, siguiendo las siguientes recomendaciones de proporcionalidad por medios de explotación y condiciones de pared y formación de líneas de corriente.

$$l < h/a < 5$$

donde:

l, largo

a, ancho,

h, altura

En el siguiente Cuadro se observan los datos de diseño para hacer el dimensionamiento de la trampa de grasas.

Tabla 18: DEFINICION DE CAUDALES PARA DISEÑO

CAUDALES	Situación actual	Datos diseño
Caudal medio (m ³ /hr)	1,5	2,4
Caudal punta (m ³ /hr)= Qmedio*1,95	2,9	4,7
Caudal máximo (m ³ /hr)= Qmedio*4	6,0	9,7

Por tanto, las medidas establecidas son:

$$l = 2.6 \text{ m}$$

$$a = 1.1 \text{ m}$$

$$h = 1.21 \text{ m}$$

Dando un volumen de 3.1 m³

En este caso la sección transversal útil por línea vendrá dada por:

$$Q_{\text{máx por línea}} : \frac{9.7}{2} = 4.85 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$\text{Sección transversal} : \frac{Q_{TG}}{V_H} = \frac{4.85}{1.54} = 3.14 \text{ m}^2$$

Donde se asume el valor de la velocidad: $V_H = 1.54 \text{ m/hr}$. Además, este recipiente se halla separado por un mamparo y provisto de difusores de aire en el piso del mismo para que al emitir burbujas finas de aire puedan elevar las grasas (de menor densidad que el agua) y ser evacuadas, el mamparo llega

hasta 15 cm antes de tocar el fondo, para que precisamente por ahí se introduzcan las aguas de mayor densidad, y puedan ser bombeadas al siguiente tanque que es el de mezclado, en donde se realiza el tratamiento físico-químico.

Tratamiento físico – químico: antecedentes

Constituye el proceso clave para la depuración y clarificación de las aa.rr. de la PTAR's y está provista de bomba de alimentación y de los tanques alimentadores de los químicos necesarios para el tratamiento de las aa.rr.

El dimensionamiento realizado se lo hizo con las mismas medidas que el recipiente anterior considerando que es el mismo caudal. Este recipiente se llama así, porque aquí se realiza el mezclado de los químicos con las aguas residuales y luego son trasladadas al siguiente recipiente en donde se hace el tratamiento de lodos activados, denominado Tanque Sedimentador o Decantador o también Reactor Biológico.

Decantación primaria

Reactor: antecedentes de decantación primaria

El objetivo fundamental de la decantación primaria es la eliminación de los sólidos sedimentables. Un gran porcentaje de sólidos en suspensión en las aa.rr. no pueden retenerse, por razón de su finura o densidad, en las rejillas, cribas y trampas de grasa ni tampoco pueden separar mediante flotación ya que son de mayor densidad que el agua. Mediante un tiempo de

retención hidráulica establecido, en el que se logra la coagulación y floculación, obteniendo en que finalmente después de ese tiempo se produzca la separación de lodos al fondo del recipiente y el agua clarificada pasa al siguiente recipiente denominado Clarificador.

La reducción de la velocidad de corriente por debajo de un determinado valor, (función de la eficacia deseada en la decantación en relación directa con el tiempo de retención hidráulica) es el fundamento de la eliminación de un 50 a 60 por ciento de las materias en suspensión del efluente en el Reactor Biológico, la que también se ayuda con el trabajo de difusores de aire. Al depositarse estas partículas de lodo, arrastran en su caída una cierta cantidad de bacterias, con lo que se alcanza también una reducción de la DBO, DQO y una cierta depuración biológica. La velocidad de recorrido de las aa.rr. debe de ser suficientemente lenta para un buen resultado de decantación ó depuración, lo cual es apoyado por la configuración adecuada del recipiente.

Los elementos fundamentales son:

- La entrada del afluente debe de adecuarse de tal forma que la corriente de alimentación se difunda homogéneamente por todo el tanque desde el primer momento.
- El recipiente puede diseñarse con deflectores como la trampa de grasas, dependiendo del Técnico.
- El suelo debe de ser inclinado respecto a un vértice delantero, para que el efluente de lodos tenga una fácil salida, la relación del caudal del afluente a la longitud total de vertido debe ser menor de 10-12 m³/hr/m.
- La forma del recipiente y las relaciones de sus dimensiones deben de ser adecuadas para la sedimentación de las

partículas de las aa.rr. y pueden de forma: rectangular (como en el presente caso), cuadrada ó circular.

➤ La sedimentación puede ser: de flujo horizontal, ó de flujo vertical.

➤ Dependiendo de los resultados del análisis del efluente, el reactor ó sedimentador puede estar provisto de difusores de aire que van a contribuir en clarificar ó depurar las aa.r., de tal manera que los parámetros se encuentren bajo la normativa ambiental vigente prevista por el MAE.

Dimensionamiento

El criterio utilizado para el dimensionamiento del recipiente de sedimentación se fundamenta tanto en el caudal de trabajo de la PTAR's como en el tiempo de retención hidráulica adecuado para la separación de agua clarificada y lodos mediante coagulación, floculación y tratamiento biológico.

Balance masas

El esquema general de balance de masas en un proceso de lodos activados puede mostrarse en la siguiente forma:

Sumatoria de microorganismos = entrada – salida + crecimiento neto

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{(S_o - S)}{V_r} * Q$$

Donde:

$S_0 - S$: cantidad de sustrato consumida (mg/l)

S_0 : concentración de sustrato en el afluente (mg/l)

S : concentración de sustrato en el efluente (mg/l)

t_θ : tiempo de retención hidráulica (d)

θ_c : edad de los lodos

Q : Caudal del afluente (m³/hr)

V_r : Volumen del reactor (m³)

Tiempo de retención hidráulica

Se define como el cociente entre el volumen del reactor y el caudal influente de diseño del tratamiento biológico:

$$t_\theta = \frac{V_r}{Q}$$

Edad de los lodos

De manera sencilla la edad de lodos se define como la relación entre la masa de lodos presentes en el reactor biológico y la masa de lodos extraídos diariamente del sistema.

$$\theta_c = \frac{V_r X}{Q_w X_r + Q_e X_e}$$

Donde:

Q_w : caudal de purga

Q_e : caudal efluente

X_e : concentración de microorganismos en el efluente

Para seleccionar una edad de los lodos en función del dimensionamiento se efectúa en base a la experiencia en plantas en funcionamiento.

Cálculo del volumen del Reactor

La cantidad de microorganismos en el reactor viene dada por:

$$X = \frac{\theta_c}{t_R} \cdot \frac{Y(S_o - S)}{(1 + k_d \cdot \theta_c)}$$

Si sustituye el tiempo de retención hidráulico, se tiene:

$$V_r = \frac{Q \cdot \theta_c \cdot Y}{X} \cdot \frac{(S_o - S)}{(1 + k_d \cdot \theta_c)} = \frac{9.72 * 24 * 3.5 * 0.65 * (1031.25 - 45.77)}{2900 * (1 + 0.06 * 3.5)}$$

Donde:

$$Q_{\text{diseño}} = 9.72 \text{ m}^3/\text{d}$$

θ_c : edad de los lodos = 8 días

$Y = 0.65$: Coeficiente de crecimiento

$K_d = 0.06$: Coeficiente de mortandad

$X = 2.200 \text{ mg/l}$: sólidos en suspensión en el licor de mezcla

$$\begin{aligned}
 & \text{DBO5 inicial} * (1 - \text{rendimiento}) = 1875 * (1 - 0,45) = 1031,25 \\
 & S_0 = 1500,00 \\
 & S = \text{asumida} = 45,77 \\
 & S_0 - S = (1500,00 - 45,77) = 1454,23
 \end{aligned}$$

Reemplazando:

$$V_r = 7.38 \text{ m}^3$$

Con lo que se tiene el volumen del reactor, el mismo que en la parte real tiene un volumen de 7.36 m³, con lo que se tiene una confirmación de lo adecuado del dimensionamiento, como se puede apreciar en el Cuadro de volúmenes de la PTAR's. Así mismo se calcula el tiempo de retención hidráulica:

$$t_R = \frac{V_r}{Q} = \frac{9.72/4}{7.38} = 3.04 \text{ horas}$$

Cálculo del Volumen del Tanque lecho de Lodos

De las pruebas de Tratabilidad realizadas con el equipo Test de Jarras se tuvo en un volumen de 1000 cc un volumen de lodos del 20%, es decir de 200 cc, por lo que para definir el volumen del Tanque Lecho de Lodos se realizó la siguiente operación:

PRUEBAS DE CAMPO	Volumen (cc)	Lodos (cc)	Porcentaje
Prueba con el equipo Test de Jarras	1.000	200	20%
Volumen Tanque Trampa Grasas	3.000.000	600.000	20%
Volumen Tanque Mezclador	3.000.000	600.000	20%
Volumen Tanque Reactor	7.980.000	1.596.000	20%
Volumen Tanque Clarificador	6.970.000	1.394.000	20%

Volumen (cc) **4.190.000**

Volumen (litros) 4.190,00

Volumen (m³) 4,19

Se construyó con un margen de seguridad del 5%

Volumen Tanque Lodos = 4,44 m³

Clarificación

Clarificación: antecedentes

El fundamento de lodos activados se basa en la propiedad que tiene el agua residual (una vez eliminados los sólidos sedimentables) cuando es sometida durante algún tiempo a la inyección de aire en el Reactor biológico, de producir la coagulación de aquellas sustancias en suspensión que fácilmente no pueden decantarse por sí mismos.

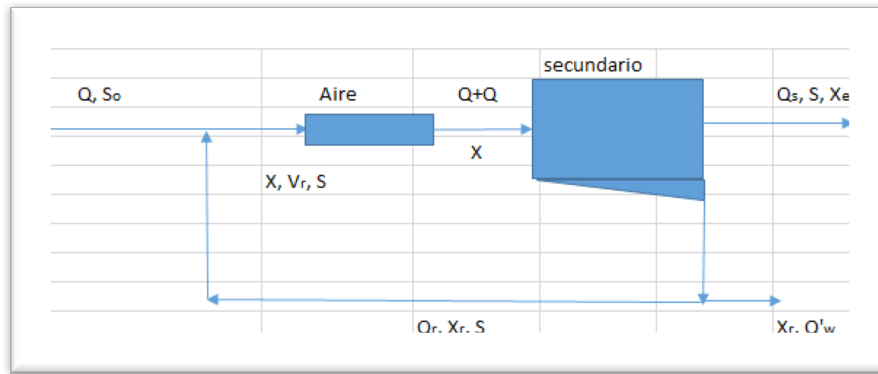


Gráfico 9: Esquema de ingreso de aire para fase secundaria

A la salida del Reactor Biológico (donde se inyecta aire si es necesario) la mezcla de agua y lodos pasa a la clarificación. El agua así obtenida, ya decantada es el efluente depurado. Los lodos sedimentados se extraen del decantador, una parte se recircula al reactor biológico como lodos activados (caudal de recirculación) y el resto es retirado del sistema para su estabilización (lodos en exceso).

Todo lo ocurrido se puede dar debido a la actividad de los microorganismos de las aa.rr. que actúan sobre la materia orgánica carbonosa suspendida coloidal y disuelta convirtiéndola en gases y tejido celular, el cual debido a una mayor densidad que el agua es eliminada del aa.rr. por decantación o sedimentación.

Fundamentos de los procesos biológicos aerobios

La oxidación biológica consiste en la transformación de la materia orgánica presente en las aa.rr. con la presencia de oxígeno y nutrientes como se muestra en el siguiente cuadro:

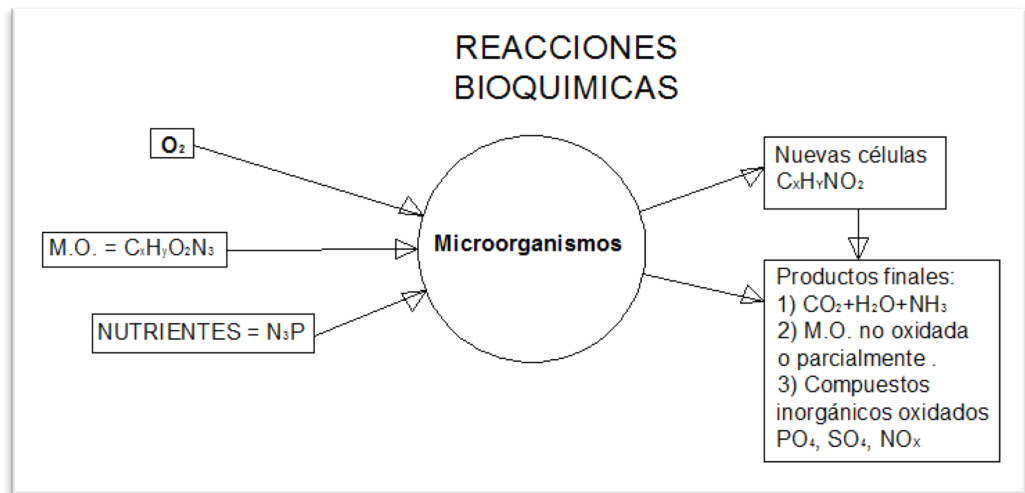


Gráfico 10: Esquema de reacciones químicas de procesos aerobios

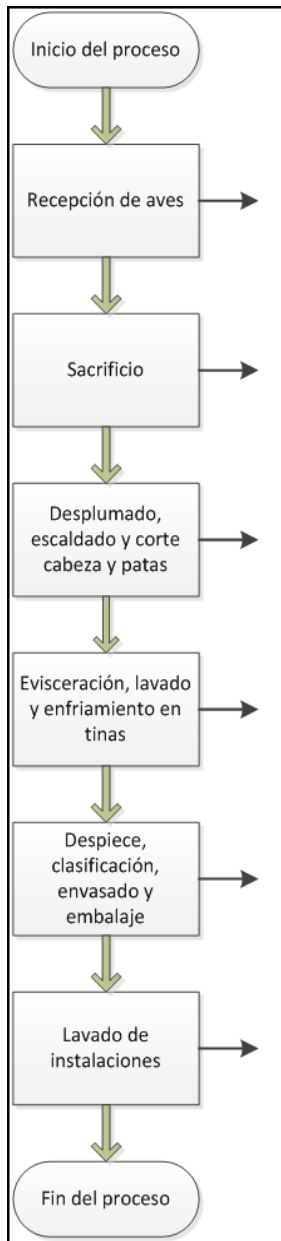
Hay tres tipos de reacciones químicas más definidas:

- Reacciones de síntesis
- Reacciones de oxidación
- Respiración endógena (autooxidación)

En los sistemas de tratamiento biológico, los procesos indicados intervienen de manera simultánea. Los principales factores que intervienen en todo proceso biológico son:

- Características del sustrato
- Microorganismos
- Nutrientes
- Oxígeno
- Temperatura
- pH
- Salinidad
- Inhibidores

Diagrama de flujo del proceso de faenamiento



FASES DEL FAENAMIENTO DE AVES Y GENERACION DE RESIDUOS DEL PROCESO

Deyecciones, plumas, polvo, aves muertas, olores, aguas residuales del lavado de jaulas y camiones

Sangre, aguas residuales con materia orgánica y color en lotes de 10 aves.

Plumas, suciedad, aguas residuales con sólidos, plumas, temperatura y sangre en agua caliente y posterior baño en colorante amarillo de huevo.

Residuos sólidos, intestinos, pulmones, corazón, hígado, mollejas y cuellos. Las aves pasan por hasta 10 tinas para

lavado de la sangre. Se genera agua
sangre con grasa.

Clasificación en pechugas, caderas, alas,
piernas y menores.

Aguas residuales con sangre y grasas.

Restos de plásticos
y de material de
embalaje.

Aguas residuales con carga orgánica,
grasas, detergentes y
desinfectantes.

**Gráfico 11: Esquema
del flujo de proceso
del trabajo que
desarrolla la PFSA**

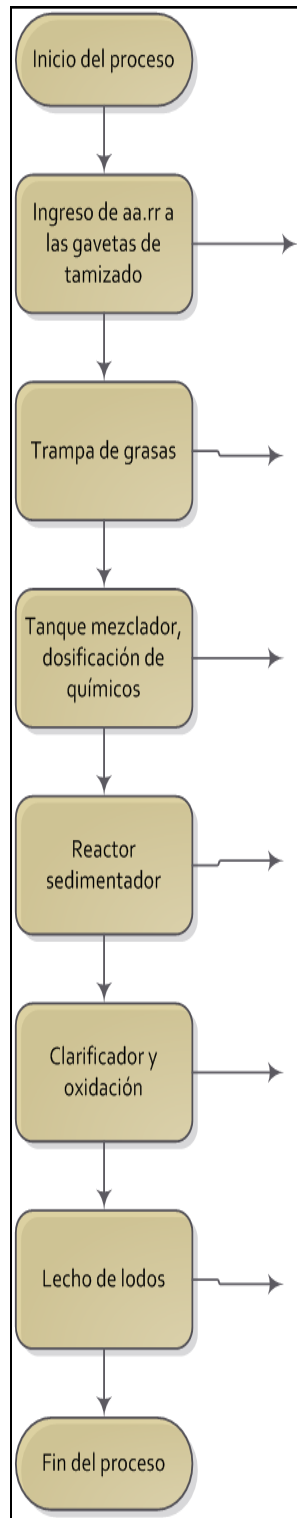
Descripción del proceso de faenamiento

La Planta de Faenamiento San Agustín PFSA labora seis días a la semana y sacrifica un promedio de 400 aves diarias por lo que el proceso se describe como sigue:

- Llegan los camiones con las aves en sus respectivas jaulas el día anterior, mientras que en la Planta se tienen preparados los recipientes con agua caliente a aproximadamente 100°C,
- Las aves son bajadas en lotes de 10 unidades y colocadas de cabeza en los embudos que se tienen para el efecto,
- En esa posición, mediante cuchillo se les practica una incisión en el cuello, con lo que se produce la muerte con el consiguiente desangrado,
- Las aves sin vida se las coloca en lotes de 10 unidades en el recipiente metálico de pelado, con un volumen cercano al ½ metro cúbico, posee unos “dedos” de caucho de 4” de largo y 1” de ancho, de forma cónica, los mismos que al girar el recipiente hacen la labor de sacar las plumas,
- Se hace el corte de cabeza y patas y al ave se la introduce en un baño de agua caliente con colorante amarillo de huevo,
- Se procede a la evisceración, en donde se sacan residuos sólidos, como intestinos, pulmones, hígado, molleja y cuello,
- Las aves todavía tienen en su interior sangre por lo que se tienen 10 finas de aproximadamente 500 litros en donde se las introduce, con la finalidad de que se elimine todos los restos de sangre posibles así como grasa,
- Luego mediante un disco de sierra las aves son cercenadas y sus partes clasificadas en pechugas, caderas, alitas, piernas,

- Las partes ahora son embaladas en finas plásticas y envueltas con material plástico transparente y pesadas, por lo que se les coloca una etiqueta con el peso respectivo y el valor de venta al público,
- A las pechugas se les extrae la piel y se las filetea para disponerlas en embalaje, pesadas y etiquetadas,
- Las presas clasificadas, embaladas y etiquetadas son colocadas en gavetas las mismas que se las dispone en los vehículos de transporte,
- Finalmente, en la Planta se procede al lavado de las instalaciones para lo que se usa el detergente adecuado y desinfectante con abundante agua con lo que finaliza el proceso de faenamiento de aves.

Diagrama de flujo del proceso en la PTAR's



Caudal promedio: 1.5 m³/hora

Las aa.rr. pasan por rejillas de filtrado con orificios de tamaño descendente para atrapar residuos sólidos cada vez más pequeños.

Ingresa a la trampa de grasas que está provista por difusores que entregan diminutas burbujas de aire que hacen elevar las grasas mientras que el agua sin grasas pasa por debajo de un mamparo desde donde es bombeada al segundo tanque.

En este tanque ingresa el aa.rr. "limpia" de residuos y grasas,

recibe los químicos dosificados para ser mezclados.

En este tanque las aa.rr. se sedimentan provocando separación por densidad, ya que lo más pesado, o sea los lodos van al fondo y son evacuados al lecho de lodos.

Las aa.rr. son recibidas y mediante difusores de aire son oxida-

das y clarificadas, desde donde las que se hallan en la parte superior pueden ser llevadas al exterior para consumo, mientras que en el fondo se producen lodos con bacterias que no se deben eliminar ya que ayudan a clarificar a las aguas residuales. Al Tanque Lecho de Lodos llegan lodos provenientes de los tanques mencionados y está provisto de piedras, arena gruesa y fina que sirven como filtro para que los lodos sólidos queden suspendidos en la parte superior, mientras que los líquidos bajen a la parte inferior y sean evacuados mediante un cuadro de tuberías que conducen el líquido hasta un pequeño tanque en donde se encuentra una bomba sumergible que reenvía las aa.rr. al 2do.

Tanque y se cierra el ciclo.



CAPÍTULO 5

Descripción del proceso en la PTAR's

Las aguas de lavado producidas pasarán por cribas de tamizado, con la finalidad de impedir que residuos sólidos, plumas y otros objetos puedan ingresar a la Planta de Tratamiento.

De tal manera que al llegar por gravedad al primer tanque denominado Desengrasador o también Trampa de Grasas se procede a separar las grasas mediante difusores de aire, que facilitan el ingreso de finas partículas de aire provocando que las grasas floten y vayan a la superficie.

Mientras que las aguas sin grasa y con mayor densidad pasan por debajo de un mamparo de este primer tanque Desengrasador y desde aquí son enviadas las aguas mediante vasos comunicantes en primera instancia y luego en segunda tomadas las aguas mediante bomba centrífuga hacia el Tanque Mezclador.

Tanque Mezclador, de coagulación y floculación, en donde se coloca el químico dosificado, que se mezcla completamente con las aguas residuales libres de impurezas y de grasas. Con la bomba centrífuga se hace recircular el agua de este tanque para conseguir una alta eficiencia en el mezclado de las aguas residuales con los químicos dosificados.

Luego de este proceso y por gravedad las aguas residuales van a pasar a un tercer tanque denominado Reactor Biológico ó Sedimentador, en donde se va a producir la sedimentación de los lodos mediante un adecuado tiempo de retención hidráulica, este tanque está también provisto de difusores de aire que sirven también para inyectar mayor cantidad de oxígeno a las aguas tratadas y en el fondo se crea un mínimo de lodos bacterianos que no se deben eliminar ya que esas bacterias también actúan eliminando la contaminación, luego de lo cual, los líquidos pasan al tanque de Oxidación o Clarificador, con la fuerza de la gravedad a través de tubería con su respectiva válvula.

Este cuarto tanque denominado Clarificador sirve para “clarificar” el agua residual de manera más minuciosa entregando “agua limpia”, es decir bajo norma exigida por el Ministerio de Ambiente del Ecuador MAE.

Los lodos producidos en cada tanque se envían al quinto tanque denominado Lecho de Lodos, en el que primeramente se retienen los lodos más compactos que luego serán retirados por personal de limpieza una vez que se hallan “secado” o deshidratado adecuadamente, filtrándose al fondo la parte líquida a través de varias capas: la primera de 10 cm es una capa de piedra “bola” en el fondo, la segunda capa de 5 cm, es de piedra de ½” conocida como “ripio”, mientras que la tercera capa, o capa superior es de arcilla. Cada capa se separa una de otra mediante una malla plástica. Los líquidos del fondo son reenviados por una bomba sumergible de lodos al segundo tanque llamado Mezclador.

En el Lecho de Lodos se obtienen dos productos, por una parte agua que es reenviada como se indicó al tanque Mezclador y

residuos sólidos deshidratados, que se pueden utilizar como abono orgánico al ser mezclados con tierra natural, previa confirmación del Análisis de lodos dados por el Laboratorio.

El sistema de tratamiento de la PFSA se diseñó con el objetivo de descargar un efluente final cuyos parámetros fisicoquímicos cumplieran con los valores o rangos establecidos en las normas ecuatorianas para descarga a red de alcantarillado. Se estableció como caudal de diseño $1.5 \text{ m}^3/\text{hr}$ para un número de aves sacrificadas de 100 pollos/h, jornada de trabajo de 4 h por día. Por otra parte, las aguas residuales producto de las actividades del personal que labora en empresa no se mezclan con las de la PFSA, son descargadas directamente a la red de alcantarillado.

En la Figura 8 se muestra el diagrama de flujo del sistema de tratamiento de aguas residuales. El sistema está integrado por operaciones físicas y procesos biológicos y químicos, los cuales se combinan para brindar los diferentes niveles de tratamiento: preliminar, primario, secundario y tratamiento de lodos. Las unidades que forman parte de este sistema son: recipientes de desbaste, estación de bombeo, trampa de grasas con difusores, mezclador, reactor biológico de lodos activados, sedimentador secundario o clarificador.

3.6 CONSTRUCCIÓN DE LA PTAR's

3.7.1 Diseño de la PTAR's

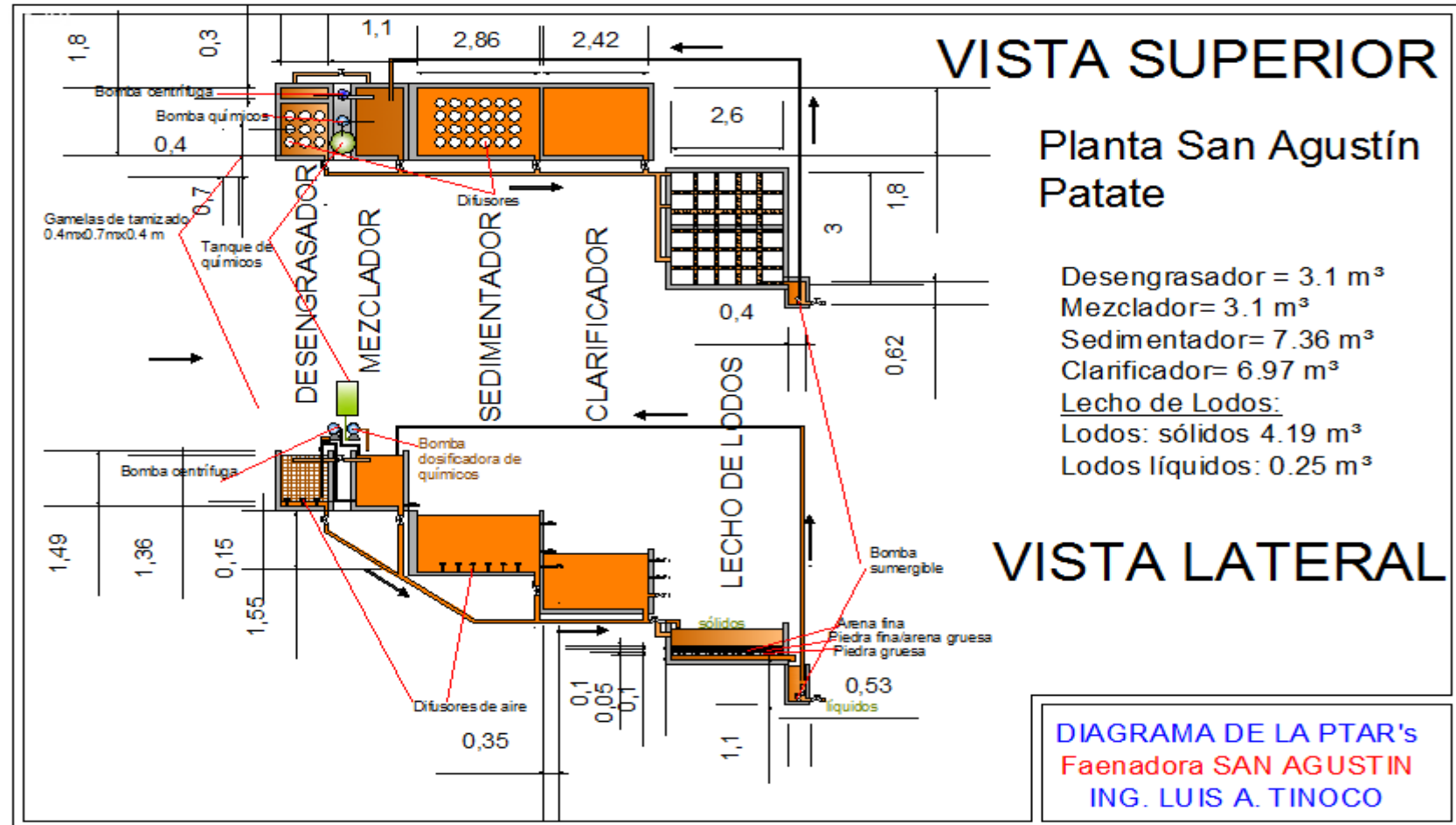


Gráfico 13: Diseño de la Planta de Tratamiento de aguas residuales PTAR's, San Agustín.

3.7.2 Fases de construcción



Foto 21: Vista del lugar elegido



Foto 22: Otra vista del lugar elegido

➤ Primera fase construcción



Foto 23: Colocación de bases

Foto 24: Colocación de mallas de hierro



Foto 25: Bases y estructura



Foto 26: Inspección de obra

➤ Segunda fase de construcción



Foto 27: Vista parcial de la PTAR's PFSA



Foto 28: Vista del Lecho de lodos



Foto 29: Vista de tanque Clarificador y Reactor



Foto 30: Otra vista de los tanques Tercera y última fase de construcción



Foto 31: Disposición de Blower y Bomba



Foto 32: Otra vista del Blower



Foto 33: Vista del interior de Trampa de Grasas



Foto 34: Vista del interior del Mezclador



Foto 35: Vista de Bypass 2do-3er tanque



Foto 36: Vista del lecho de lodos

Automatización del control de operación

La automatización de la Planta se halla a cargo del Técnico Víctor Soto, el mismo que ha implementado las distintas partes de acuerdo al siguiente orden:

1. Las aguas entran al primer tanque trampa de grasas, donde mediante difusores de aire la grasa se eleva a la superficie, la misma que es recogida por un tamiz rotatorio. Equipos necesarios:

- Soplador de aire, (ya está colocado)
- Difusores de aire (ya están colocados)
- tamiz rotatorio movido por

- motor eléctrico con
- reductor de revoluciones.

2. Luego las aguas entran al segundo tanque mezclador, en donde reciben los químicos, que en primera instancia se lo realiza de manera manual. Los dos primeros químicos se almacenan en tanques de 54 litros, el tercer y cuarto químico se lo colocará en tanques de 20 litros . Para que salga cada químico de manera alternada con intervalo de 10 minutos y cada químico debe salir, el primero, el segundo en 15 minutos, el tercero en 10 minutos y el cuarto en 10 minutos siempre mezclados y en movimiento deben de ser controlados mediante un PLC y válvulas solenoides a la salida de cada tanque que se abrirán y se cerrarán de manera programada de acuerdo a lo indicado. Equipos necesarios:

- 2 tanques plásticos de 54 litros
- 1 tanque plástico de 20 litros
- 2 bombas de ½ HP
- 1 bomba de 1 HP (ya está colocada)
- 1 PLC (Controlador Lógico Programable).
- 2 válvulas solenoides
- Relés, contactores adecuados

3. A continuación, las aguas entran al tercer tanque denominado Reactor biológico ó Sedimentador en donde se realiza el proceso de flóculo coagulación, y donde se colocarán también difusores de aire en función del grado de DQO que tengan las aguas residuales al ser analizadas y además se realiza el proceso biológico mediante bacterias.

4. Luego las aguas residuales entran al cuarto tanque denominado Clarificador en donde se separan “perfectamente” en agua limpia y lodos en la parte inferior.

5. En cada proceso descrito siempre habrá lodos que se depositan en el fondo de los tanques los cuales son evacuados hacia el tanque final denominado lecho de lodos, en donde los lodos se depositan en la parte superior para ser evacuados y enviados a disposición final y los líquidos caen a un tanque que tiene una bomba sumergible que funciona mediante sensores que la apagan cuando no hay nivel de agua y la encienden cuando si hay nivel de agua, la cual es enviada al segundo tanque llamado Mezclador.

- Bomba sumergible (ya está colocada)
- Sensor de nivel controlado por el PLC.

Puesta en operación

La puesta en operación empieza abriendo las válvulas correspondientes para que se llene el Primer Tanque denominado Trampa de Grasas, por lo que tiene que luego se hace funcionar el Blower (soplador) que suministra aire a los difusores que permita elevar las grasas a la superficie para que el tamiz rotatorio proceda a sacar las partes de grasas suspendida, elementos sólidos y plumas presentes en las aa.rr.



Foto 37: Vista del llenado del Primer Tanque



Foto 38: Otra vista de Operación de PTAR's

Una vez lleno el Primer Tanque se abre la Válvula de Transferencia al siguiente Tanque denominado Mezclador en donde también se agregan los químicos necesarios como ya se indicó en el párrafo anterior para que se produzca la coagulación y floculación, en el lapso aproximado de una hora, en donde se separan las aguas residuales en una parte superior más clara y la otra parte inferior conteniendo mayor densidad provista con más cantidad de lodos.

Una vez terminadas de ingresar la totalidad de aguas residuales al primer tanque, quedará un remanente que será enviado al Tanque Lecho de Lodos, en donde quedarán suspendidos los sólidos, mientras que los líquidos pasarán al siguiente tanque que se halla provisto de una bomba sumergible que funciona

cuando hay nivel de agua y se apaga cuando el nivel baja a un nivel mínimo. Enviando esta agua residual al Segundo Tanque denominado Mezclador para que continúe el proceso de coagulación y floculación como ya se indicó en un lapso aproximado de una hora también.

El agua residual del Tanque Mezclador va pasando de manera paulatina al Tercer Tanque llamado Reactor Biológico en donde tiene lugar el proceso biológico, formándose la separación del agua “limpia” en la parte superior y la más pesada ó lodo con bacterias benéficas que realizan una labor beneficiosa en favor de descontaminación de las aguas residuales, por lo que hay que tratarlas con cuidado de tal manera que no se eliminen sino que permanezcan “guardarlas” para el siguiente día puedan actuar descontaminando las aguas que recién ingresan para un nuevo procedimiento de tratamiento. Solamente se evacúan las aguas superficiales más claras para que vayan al siguiente tanque.



Foto 39: Segundo y Tercer Tanque Reactor Foto 40: Tanque Clarificador

Las aguas residuales del Reactor Biológico pasan al Cuarto Tanque llamado Clarificador en donde el remanente de aguas residuales se clarifican más aún, el cual tiene las facilidades para tomar muestras de agua para comprobar sus

características que deben de estar bajo la norma ambiental exigida por el MAE, mientras que las aguas del fondo se envían la tanque Lecho de Lodos.

En el caso de que la diferencia entre el resultado de las características de la muestra de agua residual en el tanque Clarificador y lo que dice la Normativa Ambiental sobrepase el límite, entonces se debe recurrir al uso de los difusores de aire en el Reactor con la finalidad de limpiar ó descontaminar aún más a las aguas residuales.



Foto 41: Vista del Tanque Lecho de Lodos y al costado izquierdo tanque de trabajo de la bomba sumergible.



Foto 42: Otra vista del Lecho de Lodos

Después que la muestra tomada en el Tanque Clarificador cumpla con lo establecido por la Normativa Ambiental exigida por el MAE, entonces se puede dar por terminado este trabajo.

Calibraciones finales

Las calibraciones finales estarán dadas por las pruebas a las que será sometida la PTAR's, así como la preparación de los químicos usados en la tratabilidad de las aguas.

Mediante la Prueba de Tratabilidad que establece la preparación de los químicos necesarios a ser utilizados y también definir la dosificación a ser administrada en el tratamiento de las aguas residuales, como ya se ha visto paso

a paso se realizan las calibraciones finales de manera que se cumpla con lo establecido en las Tablas 7,8 y 9, afinando las mismas de manera de obtener excelentes resultados.

Pruebas y análisis de Laboratorio

Una vez puesta en operación la PTAR's y con la seguridad de que sus parámetros de salida en el efluente se hallan bajo la normativa ambiental del MAE, se toman muestras nuevamente para enviar a un Laboratorio acreditado por el MAE para certificar su eficiente labor.

De los Análisis de Laboratorio realizados en sitio se ha establecido:

DQO: 341 mg/l



Foto 43: Pruebas realizadas con las aguas tratadas

Valor que se halla por debajo de los 500 mg/l establecido por el MAE, con lo que se puede establecer la idoneidad del trabajo y el éxito del procedimiento realizado.

De los Análisis de Laboratorio realizados en PSI se ha establecido:

DQO: 416 mg/l

Como se puede observar en el siguiente Análisis de Laboratorio. La diferencia entre ambos resultados se puede atribuir a que el primer resultado es obtenido del equipo de Análisis de Jarras sin haber pasado por la PTAR's, mientras que el segundo resultado si es propiamente obtenido de la PTAR's, y se atribuye a que es necesario alisar las paredes de hormigón de los recipientes de la PTAR's y pintar unas "tres manos" con pintura epóxica, de tal manera que la contaminación sea mínima con las aguas residuales procesadas en un día, mientras que los recipientes en donde se ha desarrollado ese proceso se contaminan para el día siguiente con los restos de aguas residuales que han quedado impregnados en las paredes del mismo.



Video 1: Operación PTAR's

Operando la Planta de Tratamiento de aguas residuales San Agustín, de manera manual, ya que el propietario no ha querido realizar la inversión de automatización de la PTAR's.

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARA:	GLOBAL TECHNOLOGY ENTERPRISES S.A. TECHPRISES		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	Kennedy Norte Av. Victor Hugo 90118		
REPRESENTANTE LEGAL :	Ing. Luis Tinoco		
SOLICITADO POR:	Ing. Luis Tinoco		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	MI: descarga planta de tratamiento		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	MI	
	Este	----	
	Norte	----	
FECHA DE MUESTREO:	18 de enero de 2016		
HORA DE MUESTREO:	---		
TIPO DE MUESTRA:	Residual Industrial, Simple		
CODIGO DE LA MUESTRA:	MI: 16 0077		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	18 de enero de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	18 - 19 de enero del 2016		
EMISION DEL INFORME:	20 de enero de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Límite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	416	7%	500	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, el resultado de la muestra analizada "Cumple" con el límites máximos permisibles.

Ing. Melissa Moyano
Coordinador de Análisis LAB-PSI Aguas - Suelos

Guayaquil, 20 de enero de 2016

⁽¹⁾ Interpretación de resultados se encuentran fuera del alcance de acreditación.



CAPÍTULO 6

Resultados experimentales

El autor hace referencia a los resultados, su análisis y discusión, la información se ordenó según los objetivos planteados. Se presentan las características de las aguas residuales en función de los parámetros fisicoquímicos evaluados, el comportamiento de los parámetros en cada una de las unidades que integran el sistema de tratamiento y la eficiencia de la planta de tratamiento.

En la Tabla 4 se presentan las características de las Aguas Residuales de la PFSA, dadas en el Laboratorio LabCestta de la Escuela Politécnica del Chimborazo, mientras que en la Tabla 5 se muestran los valores dados en el Laboratorio PSI del Dr. Francisco Torres. En la parte derecha de la Tabla 6, de Análisis de Resultados de ambos Laboratorios, se aprecian los límites establecidos según la Normativa Ambiental vigente Tabla 16, y los parámetros de diseño de la Planta de Tratamiento. Se observa que los parámetros DQO, DBO, SST, Tensoactivos, P y N presentan valores superiores a los establecidos como rango o límite permisible para descarga de efluentes a redes de alcantarillado como se puede comparar con lo descrito en la Tabla 16. Por otra parte, la Normativa establece que la temperatura de las aguas residuales no debe superar en 3 °C la temperatura de las aguas del cuerpo receptor; en el Cantón Patate la temperatura promedio varía entre 14 °C y 18°C razón por la cual está dentro del rango. Es evidente que las aa.rr. deben someterse a un tratamiento antes de descargarlas para disminuir los valores de dichos parámetros y evitar impactos ambientales negativos.

En este sentido, las aa.rr. se caracterizan por presentar altas concentraciones de materia orgánica biodegradable del último análisis realizado en Laboratorios PSI: (DBO: 1.705,0 mg/L), materia coloidal y suspendida (SSV: 1.044,0 mg/L) y Fósforo total (P: 22,69 mg/L).

Tabla 16: Límites de descarga al Sistema de alcantarillado

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables.	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables		ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220,0
Sólidos totales		mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

También contienen altas concentraciones de nitrógeno y fósforo (N: 179,0 mg/L y P: 22,69 mg/L). Por otra parte, una fracción importante de la materia orgánica es biodegradable, presentando una relación DBO/DQO de 0,62; así como la mayor cantidad de los sólidos suspendidos son volátiles (SSV/SST: 0,80). En cuanto a condiciones para que se lleven a cabo las funciones biológicas, presentan valores de pH en el rango adecuado (4 - 9) y nutrientes (N y P) para que los microorganismos cumplan su función de descomponer la materia orgánica.

En la Tabla 9 se presentan los valores de los parámetros fisicoquímicos considerados para el diseño de la PTAR's. Los valores promedio obtenidos en este estudio para los parámetros DQO, DBO, SST, N y pH (Tabla 15) son menores a los establecidos para el diseño, mientras que las concentraciones de A y G son superiores. Por su parte, los valores de fósforo son iguales. Sin embargo, al comparar los valores máximos (Tabla 16) se observa que las concentraciones de DBO (1357,74 mg/L) y nitrógeno (123,20 mg/L) son muy cercanas a dichos valores, (DBO: 1344,0 mg/L y N: 123,6 mg/L, mientras que los valores máximos para el fósforo y A y G superan las concentraciones de diseño. Esto permite inferir que la PTAR's va a remover eficientemente los contaminantes presentes en las aa.rr., quizás con algunos problemas para los parámetros A y G y P.

Otro aspecto importante que considerar es el caudal promedio de generación del efluente; en la Tabla 16 se observa el caudal promedio de las aa.rr. de 1,5 m³/hr (0,42 L/s) con máximos de 0,7 L/s. Los valores máximos encontrados son superiores al caudal de diseño de la planta de tratamiento (0,42 L/s).

También es importante destacar que para el diseño de la Planta de Tratamiento se estimó un sacrificio de 100 aves/h por jornada de 4 h, para un total de 400 aves/jornada; actualmente la jornada de trabajo tarda más de 4 horas, el total de aves sacrificadas es de 100 aves/hora. El consumo específico de agua en las industrias avícolas puede variar dependiendo del proceso de utilizado y de la limpieza. Para la PFSA se estimó un consumo de diseño de 12 L/ave faenada, sin embargo, en esta investigación se obtuvo un valor mayor (15 L/ave) indicando alto consumo de agua durante el proceso de faenado, que puede variar entre 10 y 12 L/ave faenada. Queda entonces de parte de la PFSA realizar una inspección y evaluación del proceso productivo con la finalidad de disminuir el consumo de agua, haciendo uso racional de la misma.

Análisis e interpretación de los resultados

Los resultados de los Análisis iniciales tal como constan en el inciso 2.3 denominado Características Físicas en donde se aprecian valores de DQO mayores a 1500 mg/l, así como valores altos de DBO, STD, SST y SSS de los resultados presentados por el Laboratorio Labcestta de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, ESPOCH, mientras que por otra parte se realizaron nuevos análisis en el Laboratorio PSI del Catedrático Dr. Francisco Torres de donde se tienen nuevos resultados con valores mayores a los anteriores, así por ejemplo el DQO alcanza 2754 mg/l y en ese orden aumentan los restantes parámetros característicos de las aguas residuales de la PFSA. Se estableció que esta diferencia es producida por la diferencia de procedimientos de trabajo en la PFSA, lo cual es razonable si se considera que todos los días no se tiene la misma cantidad

de aves faenadas, además que esa cantidad varía en función de la temporada.

Comparación de los datos obtenidos

Al comparar los datos obtenidos en los resultados generados por los Laboratorios acreditados para realizar estos Análisis, se establece una variación aproximada del orden del 50% en lo que se refiere a los parámetros de DQO, DBO, STD, SST no así los SSV .

Mientras que el resultado del Análisis de Laboratorio en sitio:
DQO = 416 mg/l

Con lo que se puede apreciar la bondad del tratamiento aplicado, de lo que se puede concluir que las pruebas realizadas confirman el adecuado procedimiento tomado por el suscrito.

Este resultado ha sido obtenido sin aplicar las bacterias en el tercer Tanque denominado Reactor Biológico.



CAPÍTULO 7

Sistema de soluciones

EL autor busca encontrar la solución a los problemas de contaminación originados por la labor diaria de sacrificar aves de corral para que sus partes sean comercializadas en el mercado y optimizar la eficiencia del sistema de tratamiento de Aguas Residuales de PFSA integrado por: rejas de desbaste, estación de bombeo, tanque de separación denominada Trampa de Grasas de A y G, Tanque Mezclador, Reactor Biológico de Lodos Activados, Clarificador; además del Tanque de Lecho de Lodos. En este sentido se concluye:

La Planta de Tratamiento PTAR's fue eficiente para remover los parámetros SST, SSV, A y G, DQO, DBO y N en altos porcentajes; alcanzando concentraciones de estos contaminantes menores a los establecidos en la normativa ambiental vigente en Ecuador, indicando los resultados que la PFSA está cumpliendo con dicha Normativa Ambiental ecuatoriana en cuanto a descargas a redes de alcantarillados.

El fósforo presente en las aa.rr. de PFSA no fue eficientemente removido del sistema, sin embargo las concentraciones promedio estuvieron por debajo de las establecidas en la normativa.

El sistema Lodos Activados se torna como la unidad más eficiente del sistema de tratamiento de aa.rr. de PFSA puesto que removería casi la totalidad de las concentraciones de DQO, DBO, A y G, SST, SSV y N, la que todavía no ha sido implementada.

Además, en el Lecho de Lodos se realizó la separación de los

lodos que se asentaron en la parte superior mientras que la parte líquida avanzó hasta el fondo para llenar el recipiente que contiene una bomba sumergible que trabaja cuando tiene nivel de líquido.

El diseño de la Planta fue realizado esperando un crecimiento del caudal de aguas residuales en los próximos años, por lo que su dimensionamiento está acorde con esta realidad y proyección.

Se recomienda a la PFSA realizar una inspección a las unidades de tratamiento primario provista de rejillas y cribas de desbaste con la finalidad de verificar su eficiencia en cuanto a la remoción de SST y A y G.

Evaluar la posibilidad de un tratamiento terciario para remover fósforo del sistema.

Hacer una evaluación sobre el consumo de agua durante el proceso de faenado con respecto al número de animales sacrificados. Evaluar el funcionamiento del Tanque de Trampa de Aceites y grasas.

Realizar inspecciones periódicas en las unidades que integran el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales con la finalidad de mejorar la eficiencia de estas.

Realizar el mantenimiento apropiado a las unidades que integran el sistema de tratamiento.



Bibliografía

1. Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales. Aurelio Hernández Lehmann. Universidad de la Coruña.
2. Ingeniería de Aguas Residuales. Jairo Alberto Romero Rojas. Editorial Escuela colombiana de Ingeniería.
3. Manual de Aguas Residuales. Metcalf&Eddy, 1995.
4. Comportamiento de un reactor biológico rotativo de contacto (RBC) en el tratamiento de efluentes de una industria cárnica. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 37, (1), 56-69. Behling, E., Marín, J., Gutiérrez, E., & Fernández, N. (2003b). Tratamiento aeróbico de dos efluentes industriales utilizando reactores biológicos rotativos de contacto.
5. Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Iñaki Tinajero, Joaquín Suárez, Alfredo Jácome y Javier Temprano. Universidad de La Coruña.
6. Plantas de Tratamiento de aguas residuales. Crites & Tchobanoglous

Ing. Dioselina Clemencia Navarrete Chèvez, M.Sc.

Email: (dnavarrete@uagraria.edu.ec), teléfono celular: 0993890768.

Ingeniera Agrícola Mención Agroindustrial (Universidad Agraria del Ecuador); Tecnóloga en Alimentos (Universidad Agraria del Ecuador); Magister en Gestión Ambiental (Universidad de Guayaquil). Funcionaria del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Santa Lucía (desde el año 2011 hasta el año 2013). Fiscalizadora en Gestiones Ambientales y de Seguridad y Salud en el trabajo (Desde el año 2004 hasta la actualidad), ha fiscalizado los siguientes proyectos: Construcción de las carreteras: Zhud-Cochancay-El triunfo; Construcción del puente peatonal y ciclo vía Duran-Isla Santay, Guayas; Construcción de la carretera la Troncal-Puerto Inca, provincia del Cañar; Vía de acceso al Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito. Experiencia docente: Universidad de Guayaquil ayudante de cátedra en la asignatura de Tratamiento de lodos activados del programa de Maestría en Gestión ambiental en el año 2014. Universidad Agraria del Ecuador: Docente (Desde el año 2012 hasta la actualidad).

Ing. Luis Angel Tinoco Romero, M.Sc.,

Email: (luistinoco@globaltec.ec), teléfono celular: 0999523728

Ingeniero Mecánico de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.- ESPOL, Oficial Máquinas, Escuela Marina Mercante Nacional.- ESMENA, Magister Administración de Empresas, Escuela Superior Politécnica del Litoral.- ESPAE, Magister Gestión Ambiental, Facultad Ing. Química.- Universidad de Guayaquil. Experiencia laboral: Gerente de la compañía GLOBAL ENTERPRISES S.A., Gerente y propietario de la compañía Globaltec, consultor ambiental autorizado por el MAE

Ict. Tamara Borodulina, M. Sc.

Email: (tborodulina@uagraria.edu.ec), teléfono celular: 0983832099.

Ictióloga-Piscicultora (Astrajan, Rusia); Magister en Ciencias Biológicas (Astrajan, Rusia); Magister en Procesamiento de Alimentos (Universidad Agraria del Ecuador); Candidata a PhD en Ciencias Ambientales (Universidad Nacional de Tumbes, Perú); Profesora Titular de la Carrera Ingeniería Agrícola Mención Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Agraria del Ecuador. Entre las investigaciones realizadas se destacan los aspectos relacionados con Medio Ambiente y, especialmente, con contaminación ambiental como calidad de agua del mar; presencia de aflatoxinas en los cereales; presencia de metales pesados en peces y otros. Fue Directora del Proyecto BID – 198: “Cultivo de las especies no tradicionales, scallops (*Argopecten circularis*)” realizado por ESPOL-CENAIM-FUNDACYT; Investigadora Principal del Proyecto “Ampliación del terminal marítimo del Puerto Bolívar “(Estudio del impacto ambiental). También ha publicado 6 Artículos Científicos en Revistas Indexadas. Fue Instructora de Maestría en Procesamiento de Alimentos. Además, tiene amplia experiencia laboral en Sector Privado, ocupando cargos administrativos y técnicos.

Ing. Carlos Munoz Cajiao, M.Sc.,

Email: (dakarube@hotmail.com), teléfono celular: 0992451001

Master en biotecnología, Especialista en Ingeniería genética y Biología Molecular, Ingeniero Químico, Vicedecano de la Facultad de Ingeniería Química, Fiscal (E) de la Facultad de Ingeniería Química, Director de Maestría en Gestión Ambiental, Profesor de Química en el Pre politécnico de la ESPOL, Profesor de química en el Colegio Cruz del Sur-Balandra. División de Medio Ambiente (ECOCARE) en la SGS. Profesor de Química en la ESPOL. Jefe de planta y producción de CEVALLOS S.A, Planta procesadora de hielo seco y gas carbónico. Gerente de Rojas Express S.A. Gerente de servicios petroleros Ecuatorianos SERPETEC. Mejor profesor de primer nivel en la Facultad de Ingeniería Química en los años de 1993, 2001 y 2012.



