

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**“EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO
PARA AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA
PROCESADORA DE ALIMENTOS P.L.A.C.” DE “LOS
POLLOS DE SAN BARTOLO”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

JOSÉ CARLOS ALARCÓN LATORRE
josecarlosalato@hotmail.com

DIRECTOR: ING. LUIS ANGEL JARAMILLO SANCHEZ MSc

luis.jaramillo@epn.edu.ec

Quito, mayo 2018

DECLARACIÓN

Yo, Alarcón Latorre José Carlos, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Alarcón Latorre José Carlos

C.I.171962375-1

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Alarcón Latorre José Carlos, bajo mi supervisión.

Ing. Raúl Zambrano
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A lo largo del desarrollo de la monografía he obtenido el apoyo de muchas personas que me han facilitado el camino, ya sea con sus consejos, su apoyo, así como su confianza y han permitido que pueda cumplir mi meta.

Empiezo mis agradecimientos a mi Dios. A mis padres que han sido mi apoyo, mi ejemplo, mi fortaleza para seguir y culminar mi carrera.

Agradezco a mi familia, Lorena mi esposa por su apoyo que nunca me dejo tropezar y siempre estuvo a mi lado dándome ánimo para seguir y seguir con mis estudios. A mi hijo Erick que hoy me acompaña, dejar una meta que me propuse, él un día pueda estudiar, seguir para lo que sea apto y le apasione, pueda culminar y ser un ejemplo a seguir.

A mi hermana que también fue un ejemplo para poder seguir con lo que iniciamos y no nos defraudamos, hoy culmino mis estudios como mis padres han culminado y mi hermana también lo ha hecho.

Agradezco a mi suegro Don Luis Avila, que, gracias a su esfuerzo, he podido trabajar en su empresa, por facilitarme los análisis y la información para encaminar mi monografía.

Un profundo agradecimiento al Ingeniero Raúl Zambrano, Director de mi Monografía, por su incondicional apoyo y asesoramiento académico en la elaboración y culminación de este presente trabajo investigativo.

DEDICATORIA

Esta monografía está dedicada principalmente a mi Dios, ya que con su ayuda he podido culminar mis estudios, a mi familia Lorena y Erick que me han estado motivando para que lo que un día empecé con ilusión hoy pueda culminarlos satisfactoriamente, a mis padres por sus consejos, su apoyo y ejemplo llegar también a culminar mi carrera.

A todas las personas que me han sabido ayudar, guiarme para que la idea implantada en este documento sea clara y podamos iniciar y concluir de la mejor manera con este estudio.

José Carlos Alarcón Latorre

Abril, 2017

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	Error! Bookmark not defined.
DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE GRÁFICOS	xi
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	1
Justificación	2
Objetivos	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO 1	5
FUNDAMENTO TEÓRICO	5
1.1 AGUAS RESIDUALES.....	5
1.1.1 Definición	5
1.1.2 Tratamiento de agua residual	8
Coagulación floculación	15
Sedimentación.....	16
Filtración	18
Desinfección	18
1.1.3 Legislación (leyes y normas ambientales).....	19
1.2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS	22
1.2.1 Procesos:.....	22
Adobado de pollo.....	24

Procesadora de alimentos	25
Aforo de papas	27
Pelado y lavado de cebollas	28
CAPÍTULO 2	30
METODOLOGÍA.....	30
2.1 Estimación de caudales	30
2.2 Muestreo de las aguas residuales.....	30
2.3 Número de muestras	31
2.4 Caracterización de las aguas residuales.....	31
2.5 Descripción de factores que inciden en el mal manejo de aguas residuales	32
2.6 Determinación de normas ambientales	33
CAPÍTULO 3	36
RESULTADOS	36
3.1 Datos del diagnóstico.....	36
3.2 Análisis comparativo de datos, en referencia con las normas municipales.....	36
3.2.1 Descripción de los parámetros que exceden la norma.....	38
3.3 Evaluación de alternativas	40
3.4 Selección de la mejor alternativa	49
CAPÍTULO 4	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
4.1 Conclusiones	73
4.2 Recomendaciones	77
Referencias bibliográficas	78
Anexos	82
Anexo 1. Fotografías de la empresa procesadora	82

Anexo 2. Procesos generadores de efluentes líquidos en los procesos...	83
Anexo 3. Pruebas en laboratorio.....	83
Anexo 4. Análisis de muestras en laboratorio	85
Anexo 5. Manual básico de operación y mantenimiento	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas de Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos para aguas residuales.....	32
Tabla 2. Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público.....	33
Tabla 3. Resultados reportados por el Laboratorio de enero	37
Tabla 4. Resultados reportados por el Laboratorio de marzo.....	37
Tabla 5. Resultados reportados por el Laboratorio	38
Tabla 6. Descripción de los Procesos. Alternativa 1	42
Tabla 7. Descripción de los Procesos. Alternativa 2	43
Tabla 8. Descripción de los Procesos. Alternativa 3	44
Tabla 9. Descripción de los Procesos. Alternativa 4	45
Tabla 10. Comparación de las alternativas	46
Tabla 11. Características del PAC	56
Tabla 12. Comparación entre el PAC líquido y sólido	58
Tabla 13. Equipos, materiales y reactivos.....	64
Tabla 14. Costos de la Planta de Tratamiento	71

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Esquema de los componentes de la Torre de enfriamiento	51
Gráfico 2. Esquema de los componentes de tanque de homogenización	53
Gráfico 3. Controlador para pH marca EXTECH.....	53
Gráfico 4. Tanque de clarificación. Modelo tipo.	55
Gráfico 5. Filtros. Modelo Tipo.	60
Gráfico 6. Esquema del Sistema de Filtración	61
Gráfico 7. Bomba dosificadora. Modelo tipo.....	62
Gráfico 8. Cama de secado de lodos. Modelo tipo.....	63

RESUMEN

Se presenta la evaluación de las alternativas de tratamiento para aguas residuales de la Planta Procesadora de Alimentos P.L.A.C. de “Los Pollos de San Bartolo”, previamente se realiza una breve presentación de la empresa y se describe el problema que se pretende analizar, se realiza también la respectiva justificación y los objetivos tanto, general como los específicos, los mismos que orientarán la investigación.

Una vez concluida esta etapa se analiza teóricamente el problema planteado, para conocer de manera precisa cada uno de los enfoques científicos que encierran el tema, además de las leyes, ordenanzas y regulaciones ambientales que involucran el manejo del agua y su posterior desecho al sistema de alcantarillado.

Se analiza también la metodología que utilizará para llevar a cabo la investigación, fijando con claridad los instrumentos y técnicas que se manejarán para recabar información, para luego estudiarla.

Una vez obtenidos los resultados se analizan e interpretan con detenimiento para conocer cuáles son las causas que provocan un mal manejo de las aguas residuales de la empresa. En función de estos resultados se analizan al menos cuatro alternativas de solución de las que posteriormente se escogerá una, la misma que será aplicable para la procesadora.

Todo esto conlleva a que se planteen varias conclusiones y recomendaciones de manera global, dejando en claro la importancia de la investigación, el análisis de resultados y su propuesta de mejora.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

“Los Pollos de San Bartolo” es una empresa dedicada al procesamiento y venta de pollos asados con sus respectivos menús, comenzó su funcionamiento el 25 de junio del 2002 con su primer local en la Av. Maldonado y Pungalá barrio San Bartolo, posteriormente fue poco a poco expandiéndose hasta el día de hoy que ya cuenta con diez locales en todo el Distrito Metropolitano de Quito, sus precios son cómodos por ello tienen mucha acogida por los clientes, además cuenta con su propia planta procesadora de productos para el abastecimiento a sus locales comerciales.

Se realizó dos visitas a la planta procesadora de alimentos donde se evidencio el uso de las maquinarias, agua potable, descargas de aguas residuales, manejo de residuos sólidos y la otra para la obtención de información.

El manejo, cuidado y protección del recurso natural llamado agua es de suma importancia, cada día es más difícil la obtención y provisión del mismo. El agua es un recurso que si bien se lo ha considerado inagotable, poco a poco se reconoce de que por el excesivo uso y aprovechamiento humano se lo está considerando ya como un recurso renovable, que puede llegar a convertirse en no renovable en términos de escala de tiempo humano.

Según (Zapata, Hernández, & Oliveros, 2000): “El tema de Tratamiento de aguas residuales nos lleva al final del recorrido del agua aprovechada, es decir, nos remite al momento posterior del uso; sin embargo, se debe contemplar que las fuentes de agua corren por kilómetros de territorio y lo que para una población o una industria es el final de su relación con la

fuentes de agua, para quienes se ubican aguas abajo es el inicio del uso de la misma”.

El tratamiento de aguas residuales para (Ramalho, 2003) es un tema de salud ambiental que se debe plantear desde la transversalidad institucional: Educación, Salud e Infraestructura, los grandes desarrollos de infraestructura nunca cubrirán las necesidades que origina la ignorancia del comportamiento humano, por esto, las políticas en el tema de tratamiento de aguas residuales no se puede limitar a establecer procedimientos técnicos.

Justificación

En el país, una de las actividades comerciales del sector alimenticio que mayor flujo de clientes posee es la venta y consumo de pollos al carbón, en que el proceso de preparación aún se lo puede considerar artesanal, esto no necesariamente implica que no genere contaminación. (FAO, 2013)

Con este antecedente, se requiere establecer el tratamiento de agua residual para la *PLANTA PROCESADORA DE ALIMENTOS* como una necesidad que le permitirá a la empresa cumplir con la normativa ambiental vigente. Esto será de gran utilidad al momento de contribuir con la conservación del ambiente, evitando que los desechos, sean vertidos en las alcantarillas.

El agua que se utiliza en la *PLANTA PROCESADORA DE ALIMENTOS* es potable, al realizar los procesos de preparación, manipulación y limpieza de materias primas e instalaciones, etc., se genera agua que contiene desechos de grasa y sangre, sólidos, residuos de detergentes, entre otros, que son los factores que alteran las propiedades del líquido de descarga, dando como resultado, agua contaminada.

Al caracterizar y establecer el mejor tratamiento de agua residual producida, se podrá controlar esta contaminación, siendo los principales parámetros a vigilar: pH, DBO, DQO, sólidos suspendidos, sólidos totales, coliformes fecales y coliformes totales, los cuales están establecidos en la norma ambiental. (Hidalgo & Mejía, 2010)

La empresa está comprometida en asumir las recomendaciones resultantes del presente estudio, puesto que quieren desarrollar sus actividades con conciencia y responsabilidad ambiental dentro de un esfuerzo técnico y económicamente viable. El tiempo estimado para la realización y culminación del proyecto, sería de aproximadamente cuatro meses, que variará dependiendo de las facilidades que se tengan en los diferentes ámbitos necesarios para el desarrollo del mismo.

El proyecto planteado es viable, ya que se cuenta con la disponibilidad de recursos materiales, económicos y las capacidades individuales requeridas.

La evaluación de las aguas residuales de la planta procesadora de alimentos P.L.A.C. de “Los Pollos de San Bartolo”, para determinar la alternativa de tratamiento más adecuada para este proceso, se llevará a cabo mediante un muestreo de las mismas, luego de lo cual se realizará un análisis comparativo para poder establecer las conclusiones pertinentes.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar las alternativas de tratamiento para las aguas residuales de la planta procesadora de alimentos P.L.A.C. de “Los Pollos de San Bartolo”, para determinar la más adecuada para este proceso.

Objetivos Específicos

- Describir las condiciones actuales de las aguas residuales de la planta procesadora de alimentos.
- Examinar la caracterización de aguas residuales previo a la descarga a la alcantarilla
- Especificar los parámetros de las descargas líquidas que se encuentran fuera de norma.
- Analizar la mejor alternativa de tratamiento de las aguas residuales, previo a su descarga, considerando para ello varias técnicas alternativas.
- Establecer los beneficios ambientales de tratar correctamente las aguas residuales.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 AGUAS RESIDUALES

1.1.1 Definición

Para (OEFA, 2014), son las aguas en las que las características originales han sido alteradas por las actividades humanas y que para recuperar su calidad, requieren tratamiento antes de ser reutilizadas, descargada en un sistema natural o a las alcantarillas.

Para (Espigares & Pérez, 2007), el agua residual se puede definir como aquella que, por el uso del hombre, son peligrosas y debe ser rechazadas, ya que contienen una gran cantidad de componentes y/o microorganismos.

De acuerdo a (Hilleboe, 1980), el agua residual es básicamente el suministro de agua a una población, habiendo sido contaminada por diversos usos. Desde su punto de vista de donde se origina, son una combinación de líquidos o desechos acuáticos de viviendas, edificios comerciales e instituciones, así como las de los empresas dedicadas a la industria, las aguas subterráneas, superficiales o precipitaciones se pueden añadir.

La cantidad o el volumen de agua residual producida varía dependiendo de la población depende de muchos factores diferentes. Un municipio exclusivamente residencial que los vertederos bien construidos que no están dentro del agua de lluvia pueden producir alrededor de 160 litros por persona por día, mientras que una población industrial, de un gasto de agua muy alta del hogar puede producir alrededor de 800 litros o más por

persona por día. En los Estados Unidos, se considera un promedio razonable de 400 litros por persona por día, aunque esto tiende a aumentar debido al creciente uso de lavadoras automáticas, lavadoras y basura. Por supuesto, el promedio es mucho mayor cuando el agua de lluvia penetra en las alcantarillas que llevan, tanto, residuos domésticos e industriales.

Dentro de esta definición se incluyen aguas con diversos orígenes (Yáñez, 2013):

Aguas negras o domésticas: provienen de materias fecales y orina, higiene de seres humanos, cocina y aseo de la casa. A menudo contienen grandes cantidades de materia orgánica y microorganismos, así como trazas de jabón, detergentes, blanqueador y grasa.

Agua blanca: es de origen atmosférico (lluvias, nieve o hielo) o irrigación y limpieza de calles, parques infantiles y sitios públicos. En lugares donde la lluvia es copiosa, pueden ser evacuados por separado para evitar saturar los sistemas de eliminación.

Agua residual industrial: transformadas en fábricas e instalaciones industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de procedencia química, mineral, animal o vegetal. Su composición varía mucho, dependiendo de las diversas tareas industriales.

Aguas de residuos agrícolas: se originan en el trabajo agrícola en las áreas rurales. Estas aguas están implicadas a menudo, en términos de origen, en el agua urbana utilizada en muchos lugares para riego agrícola con o sin tratamiento.

Las aguas residuales, por las cantidades enormes de componentes (algunos tóxicos) y los microorganismos que llevan, puede ser una causa de contaminación y un vehículo, donde se descargan sin tratamiento.

De acuerdo con (Yáñez, 2013), la contaminación del agua se puede definir como un cambio, por lo general causada por el ser humano, la calidad del agua, por lo que es no apta ni segura para el consumo, labores industriales, tareas agrícolas, de pesca, actividades recreativas y para mascotas y en general para la vida natural.

De acuerdo con esta definición, la contaminación es una consecuencia inevitable del desarrollo humano y de su progreso. Esto se explica por el hecho de que, como el desarrollo de la población se incrementa, la diversidad de contaminantes de las tareas agrícolas, de industrial y domésticas, que no se ocupa de la destrucción o reciclaje, o no lo hace en una medida eficiente. De esta manera, con el tiempo se satura el poder de auto-purificación del medio de la naturaleza.

Varias de aquellas sustancias poseen una actuación desconocida en los entes con vida (Yáñez, 2013). En varias ocasiones, es innegable que la contaminación ambiental por diversas sustancias que no pueden ser elevados en el medio ambiente, pero a las que los seres humanos están expuestos durante muchas horas, es el motivo de muchas enfermedades crónicas, incluyendo cáncer. Las principales desventajas de las aguas residuales son:

Mal olor y sabor: son una consecuencia de la diversidad de materiales que llevan, y especialmente los productos de descomposición del mismo, particularmente en estos procesos, en particular los anaerobios, en el que se descompone la materia orgánica, con la liberación de gas. Hay que añadir las causas normales de los olores y sabores: la expansión de microorganismos, procedimientos de desintegración, la existencia de

vegetales acuáticos, hongos, moho, etc., y la reducción de sulfato en los sulfuros en una condición anóxica. (Yáñez, 2013)

Efecto tóxico: el efecto y el impacto de ciertos residuos en las plantas y los animales de los cuerpos de agua receptores y los consumidores que utilizan estas aguas, o que están afectados por la acumulación de líquidos tóxicos en la cadena de los alimentos. En este sentido, es importante tener en cuenta que en muchos casos, el agua residual se usa sin tratamiento previo, el riego de cultivos de hortalizas, árboles frutales, con el enorme peligro que implica, porque los seres humanos pueden consumir sin cocción, directamente a la contaminación por sustancias tóxicas o microbios. (Yáñez, 2013)

Por estos motivos, están en marcha varios análisis sobre la toxicidad de ciertos compuestos orgánicos y microorganismos de agua, así como los niveles de consistencia y la acomodación a ciertas sustancias y compuestos en el agua. Para (Yáñez, 2013), los efectos de toxicidad pueden ser:

Mortal: por envenenamiento directo causa la muerte.

Subletal: debajo del niveles que causa muerte, pero afecta el normal crecimiento, la capacidad reproducción o las actividades de los organismos.

Agudo: Causa un efecto (por lo general la muerte) en un pequeño lapso de tiempo.

Crónico: efectos subletales o letales, por un lapso de tiempo repetitivo.

Acumulativo: el efecto aumenta con dosis continuas.

1.1.2 Tratamiento de agua residual

(Marsili, 2005), indica que el tratamiento del agua negra o agua residual implica varias etapas, los que son muy importantes en la purificación de agua de substancias toxicas obtenidas a través de su uso en la vida diaria.

Dependiendo de los pasos de tratamiento de aguas negras de la planta pueden existir ligeros cambios.

De acuerdo con (Nemerov, 2014), las bases fundamentales para tratar el agua residual es la separación líquida de elementos no deseables, o la alteración de sus características fisicoquímicas o biológicas con el fin de obtener un grado acorde con los requisitos de eliminación. En muchos casos, los componentes se separan como sólidos, por lo que los procesos de tratamiento y eliminación de lodos son una consideración importante porque son los costos iniciales y del funcionamiento de las instalaciones.

(OEFA, 2014), indica que hay una variedad de procesos en esta área que pueden usarse para tratar tanto el residuo líquido como el lodo. La elección de opciones dentro de esta amplia diversidad de procesos se lleva a cabo en respuesta a consideraciones económicas, técnicas y científicas.

Muchas de las operaciones que se utilizan fueron probadas en la ingeniería química, y luego se adaptaron para tratar el agua residual en aspectos de ingeniería sanitaria. Cada proceso en el tratamiento de agua residual se integra mediante combinaciones de estas instrucciones individuales. Generalmente, cada operación unitaria puede clasificarse como tiempo, masa o calor, pero como la mayoría de ellas, las combinaciones de estos tipos se clasifican en formas más sencillas. Los procesos o las operaciones, químicos biológicos y físicas es una de ellas.

No son factibles de utilizarse en la práctica todas las operaciones de la unidad; varias de estas constituyen desarrollos tecnológicos muy costosos o que aún no se han movido a la categoría de práctica actual o soluciones tecnológicas establecidas. Varios de los procesos indicaban el uso de los residuos industriales para ser tratados. En estos tratamientos se pueden utilizar posibles procesos para eliminar los diferentes tipos de sólidos contaminantes.

Estado de las aguas negras

El alcance y la naturaleza de la descomposición bacteriana de sólidos en las aguas residuales se han traducido en ciertos términos que describen las condiciones o estado de las aguas residuales:

Aguas residuales. Como su nombre sugiere, son las aguas residuales en su estado inicial, inmediatamente después de que los sólidos se han añadido al agua. Contiene oxígeno disuelto presente en el suministro de agua y mantenerse frío siempre y cuando sea suficiente para mantener la descomposición aeróbica de oxígeno. Estas aguas residuales estaban turbias, sólidas flotantes o suspendidas, y el olor a humedad gris no desagradable. (Hilleboe, 1980)

Cloacas sépticas. El término descrito en aguas residuales que estaba completamente agotado en oxígeno disuelto, de modo que la descomposición anaeróbica de sólidos entró con la consiguiente producción de sulfuro de hidrógeno y otros gases. Dichas aguas residuales se caracterizan por color negruzco, olor fétido y desagradable, con sólidos en suspensión y negro flotante. (Hilleboe, 1980)

Estabilización de aguas residuales. Se trata de aguas residuales en las que los sólidos han sido descompuestos en sólidos relativamente inertes que no se someten a descomposición adicional o se descomponen muy lentamente. El oxígeno disuelto está de nuevo presente para ser absorbido por la atmósfera; Su olor es ligero o ninguno, y tiene poca materia en suspensión. (Hilleboe, 1980)

Métodos de tratamiento

Según (Hilleboe, 1980), la eliminación satisfactoria de las aguas residuales, ya sea por riego, por el método del subsuelo o por dilución, depende del tratamiento previo disponible. Para la eliminación mediante la dilución se

requiere de un tratamiento adecuado, es necesario evitar la contaminación del agua receptora en un grado que pueda interferir con su mejor uso, ya sea como suministro de agua, para fines recreativos, pesca o cualquier otra finalidad. El tratamiento siempre es necesario para evitar la creación de condiciones ofensivas, incluso si un cuerpo de agua no tiene otra aplicación que la eliminación de aguas residuales o residuos industriales.

El tratamiento de aguas residuales es el conjunto de recursos por medio del cual es posible verificar las diferentes etapas que tienen lugar en el autopurificación de una corriente bajo las condiciones de una zona limitada, controlada y aislada.

El propósito del tratamiento de aguas residuales antes de su eliminación mediante dilución es separarlas suficientemente las cantidades sólidas para permitir que los retardatarios sean liberados en las aguas receptoras para no interferir con el uso mejor o más apropiado de éstos teniendo en cuenta la capacidad de las aguas receptoras para asimilar la carga se añade. Los sólidos extraídos son principalmente orgánicos, pero también los sólidos inorgánicos, como el mejor uso de las aguas receptoras puede variar de ser agua a beber o cocinar, la cantidad o el grado de tratamiento que se debe dar a las aguas residuales o los desechos deben variar. Debe obtener tratamiento para sólidos y los líquidos se eliminan como barro, y también puede requerir tratamiento para controlar los olores, retrasar las actividades biológicas o destruir los organismos patógenos.

Aunque hay muchos métodos usados para el tratamiento de aguas residuales, todos pueden ser incluidos en los siguientes cinco procesos:

- 1) Tratamiento preliminar.
- 2) Tratamiento primario.
- 3) Tratamiento secundario.
- 4) Cloración.
- 5) Tratamiento de lodos.

1) Tratamiento preliminar.

El tratamiento previo sirve especialmente para proteger los equipos utilizados en el bombeo y para facilitar el proceso posterior, en la mayoría de las plantas. Los aparatos de pretratamiento están destinados a eliminar o separar de los sólidos flotantes o de mayor volumen, para eliminar los sólidos inorgánicos más pesados y eliminar los excesos de grasas o aceites (Hilleboe, 1980).

Para alcanzar los propósitos de un tratamiento previo, los siguientes dispositivos se utilizan comúnmente:

- Rejillas de barras o más finas.
- Trituradoras, que son molinos, trituradoras o cuchillas.
- Desarenadores.
- Los depósitos de preaeración.

Además de lo anterior, la cloración se hace a veces en el tratamiento preliminar. De hecho la cloración puede utilizarse indistintamente en cualquier momento dentro del tratamiento, pues este es un procedimiento totalmente independiente.

2) El tratamiento primario.

Para (Hilleboe, 1980), la mayor parte de los sólidos suspendidos en el agua negra, o aproximadamente 40 a 60 por ciento están separados o eliminados por el proceso físico del asentamiento en tanques para sedimentación. Cuando ciertos productos químicos se añaden a los tanques primarios, casi todos los coloidales y productos sedimentables se eliminan, es decir, 80-90% de los de sólidos suspendidos totales. La actividad biológica en las aguas residuales durante este proceso es baja.

La meta esencial de cada dispositivo para tratar preliminarmente el agua residual, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas negras para que puedan sedimentarse los sólidos. Por consiguiente, a estos equipos se les diferencia con la denominación de tanques para sedimentar. Debido a la diversidad de diseños y operación, los tanques de sedimentación pueden dividirse en cuatro grupos generales, que son:

- Tanques sépticos.
- Tanques de doble acción, como son los de Imhoff y algunas otras unidades patentadas.
- Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.
- Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos

Cuando se emplean productos químicos se emplean otras unidades que son:

- Unidades alimentadoras de reactivos.
- Mezcladores.
- Floculadores.

Son de tal naturaleza los resultados que se logran mediante el tratamiento primario junto con los que se logran por la digestión anaeróbica de los lodos que se describe más adelante, que pueden ser comparados con la zona de degradación de la autopurificación de las corrientes. El uso del cloro en el tratamiento primario se estudiara después en la sección de Cloración.

En muchos casos el tratamiento primario es suficientemente adecuado para que se pueda permitir la descarga del efluente a las aguas receptoras, sin que se interfiera con el uso adecuado subsecuente de dichas aguas.

3) Tratamiento secundario

De acuerdo con (Hilleboe, 1980), el tratamiento debe realizarse cuando las aguas residuales contengan todavía, después del tratamiento orgánico primario de la suspensión, más sólidos o en solución, asimilables por las

aguas receptoras sin dificultar su buen uso normal. El segundo tratamiento obedece especialmente a organismos aeróbicos, para la descomposición de sólidos orgánicos para convertirlos en sólidos inorgánicos estables u orgánicos sólidos. Este tratamiento se compara al área para recuperar un flujo autopreparativo.

Los dispositivos utilizados para el tratamiento secundario se pueden dividir en cuatro grupos:

- Filtros para gotear con depósitos secundarios de sedimentación.
- Depósitos para aireación
- a) Tanques de sedimentación de lodos, activados y simples
- b) El contacto de ventilación.
- Filtros para arena alternos.
- Estanques para estabilización.

4) Cloración.

(Hilleboe, 1980), indica que este es un modo de tratamiento que puede ser utilizado para diversos fines, en cada etapa de tratamiento de aguas residuales, e incluso previo al tratamiento preliminar. El cloro se aplica generalmente a las aguas residuales para los siguientes fines:

- La purificación o la eliminación de los organismos nocivos
- Prevenir que se descompongan las aguas residuales
 - a) Vigilar de olor,
 - b) La protección en la planta y de sus estructuras.
- Como auxiliar para operar la planta:
 - a) La sedimentación,
 - b) Filtros para gotear
 - c) Acrecentamiento del lodo activado.
- Reducción de la demanda bioquímica de oxígeno

5) Tratamiento de lodos.

(Hilleboe, 1980), indica que el lodo de aguas residuales consisten en sólidos que se despejan en cada unidad de tratamiento primario y secundario, así como el agua que se aparta, mientras que en algunos casos el arreglo es satisfactorio sin necesidad de tratamiento, por lo general, es necesario tratar de alguna manera de prepararlos o acondicionarlos para deshacerse de ellos sin causar inconvenientes. Este tratamiento tiene dos fines, el primero de los cuales parcial o totalmente suprime el agua que contiene el lodo con el fin de reducir su volumen en una alta proporción y, por otra parte, para descomponer todos los sólidos orgánicos putrescibles, sólidos inorgánicos o sólidos orgánicos relativamente estables. Esto se logra al combinar dos o más de los siguientes métodos:

- Espesamiento.
- Digestión con o sin aplicación de calor,
- Secado en lechos de arena, cubiertos o no
- Acondicionamiento de productos químicos,
- Elutriación.
- Filtración al vacío.
- Secado por aplicación de calor.
- Incineración.
- Oxidación en húmedo.
- Flotación con productos químicos y aire,
- Centrifugación.

Coagulación floculación

(Bvsde, 2014), indica que los métodos fisicoquímicos buscan mejorar la eficiencia de la reducción de material particulado y la sedimentación o filtración de los coloides en cada proceso. La coagulación comprende la administración para desestabilizar las partículas suspendidas con cargas similares. Esto le permite unirse a la formación y el flóculos para que comience. La floculación, que parcialmente se superpone al proceso de coagulación blanda, requiere la mezcla de partículas para formar flóculos de sedimento desestabilizados.

Si el agua posee sólidos en suspensión, la coagulación y la floculación pueden emplearse para separar gran parte del material (Commons, 2016). Para la coagulación, se añade una sustancia al agua para modificar el comportamiento de las partículas en suspensión. Provoca que las partículas, previamente tendidas a repelerse entre sí, sean atraídas por el material o agregado. La coagulación se produce durante el proceso de mezcla o agitación rápida, inmediatamente después de la adición del coagulante.

(Commons, 2016), también indica que el proceso de floculación después de la coagulación, generalmente consiste en una suave y lenta agitación. En la etapa de floculación, las partículas se conectan unas con otras, están enlazadas entre sí para formar partículas más grandes que se separan mediante la sedimentación o por filtración. El alumbre (sulfato de aluminio) es un agente apto para la coagulación que se usa tanto en asuntos domésticos sencillos para tratar el agua. Los coagulantes naturales tienen también granos de polvo de Moringa y varias clases de arcilla, como la bentonita.

Los componentes que pueden originar la coagulación-floculación son la velocidad, el tiempo y los gradientes de pH. El tiempo y el gradiente de velocidad son trascendentes para acrecentar la posibilidad de que las partículas se entrelacen y permiten más tiempo para que las partículas caigan por gravedad y se amontonen en el fondo. Por otra parte, el pH es importante en la efectos desestabilizadores de los coagulantes y de las sustancias floculantes.

Sedimentación

(Ramalho, 2003), indica que el proceso de sedimentación se emplea en el tratamiento de aguas residuales para eliminar sólidos suspendidos. La

separación de la sedimentación se realiza por sustancias en base a la diferencia de gravedad específica entre las partículas sólidas y el líquido donde están, lo que resulta en la expulsión de sólidos en suspensión.

En ciertos casos, la sedimentación resulta ser la única manera de tratar el agua. La sedimentación puede darse en una o más etapas o en diferentes momentos del proceso de tratamiento. En una fábrica común con sedimentación de lodos activos se realiza en tres etapas de tratamiento:

- 1) En los pozos, en el que el material inorgánico (arena, a veces) se elimina del agua residual;
- 2) En clarificadores o sedimentadores principales, que anteceden al reactor biológico y en el que se separan los sólidos orgánicos y otros;
- 3) En los clarificadores secundarios siguientes del reactor biológico en el que el lodo biológico se separa del efluente tratado.

Según (Ramalho, 2003), tres tipos de componentes o técnicas de sedimentación se puede considerar, lo cual depende de la naturaleza de los sólidos en suspensión.

Sedimentación Discreta. Cada partícula se sitúa conservando su característica, que no está sometida a un proceso de coalescencia con las demás partículas. En este caso, las cualidades físicas de cada partícula (densidad, forma, tamaño) no se alteran en el proceso. La separación de partículas de arena en las trampas de arena es un tipo común de sedimentación discreta.

Con sedimentación de floculación. La concentración de partículas se asocia a variaciones en la densidad y la velocidad para sedimentarse o precipitarse. La sedimentación se realiza en clarificadores o clarificadores primarios es de este proceso un muy buen ejemplo.

Zonas de sedimentación. Las partículas integran un tipo de sedimentación con una cubierta como masa total que se presenta con la

fase líquida una interfase distinta. Ejemplos de esta fase involucran la sedimentación de lodos activados en clarificadores secundarios y flóculos de alúmina en cada proceso para tratar el agua.

Filtración

Para (Bvsde, 2014) es el paso del agua a través de un medio filtrante poroso que puede ser arena, antracita u otro material granulado para remover impurezas en partículas y flóculos.

(Commons, 2016), la filtración incluye el tamizado mecánico, la absorción y, en particular, en filtros de arena lentos, los procesos bioquímicos. Según el tamaño, el tipo y la profundidad del filtro, y la tasa de flujo y las características físicas del agua sin tratar, los filtros pueden extraer los sólidos en suspensión, los patógenos y ciertos productos químicos, sabores y olores.

El tamizado y la sedimentación son métodos de tratamiento que preceden útilmente a la filtración para reducir la cantidad de sólidos en suspensión que entran en la fase de filtración. Esto aumenta el período en el cual el filtro puede operar antes de que necesite limpieza y sustitución. La coagulación y la floculación también son tratamientos útiles antes de la sedimentación y mejoran aún más la eliminación de sólidos antes de la filtración. Para todos nosotros es muy importante el filtrado del agua ya que nos permite usar y reutilizar el agua.

Desinfección

(Bvsde, 2014), afirma que es un proceso de destrucción de organismos patógenos con cloro, ciertos compuestos que liberan cloro u otras sustancias o métodos con capacidad desinfectante.

Desinfección por ebullición. Una recomendación típica para desinfectar el agua mediante desinfección es la de hacer que el agua hierva

vigorosamente por 10 a 12 minutos. En realidad, un minuto a 100 °C., destruirá la mayoría de los patógenos, incluidos los del cólera y muchos mueren a 70 °C. Las desventajas principales de hervir el agua son las de utilizar combustible y es una labor que consume mucho tiempo.

Desinfección química. La clorinación es el método más ampliamente utilizado para desinfectar el agua. La fuente de cloro puede ser el hipoclorito de sodio (tal como blanqueador casero o electrolíticamente generado a partir de una solución de sal y agua), la cal clorada o el hipoclorito hiperconcentrado (comprimidos de cloro).

El yodo es otro desinfectante químico excelente que se utiliza a veces. El yodo no debería utilizarse por períodos prolongados (más de unas cuantas semanas). Tanto el cloro como el yodo deben agregarse en cantidades suficientes para destruir todos los patógenos pero no tanto que el sabor se vea adversamente afectado. Puede ser difícil decidir cuál es la cantidad apropiada debido a que las sustancias en el agua reaccionarán con el desinfectante y la potencia del desinfectante puede reducirse con el tiempo según la forma en que se almacene.

La **desinfección solar** utiliza la radiación solar para inactivar y destruir a los patógenos que se hallan presentes en el agua. El tratamiento consiste en llenar recipientes transparentes de agua y exponerlos a plena luz solar por unas cinco horas (dos días consecutivos bajo un cielo que está 100 por ciento nublado). La desinfección ocurre por una combinación de radiación y tratamiento térmico (la temperatura del agua no necesita subir muy por encima de 50 °C). La desinfección solar requiere agua relativamente clara (turbidez inferior a 30 NTU).

1.1.3 Legislación (leyes y normas ambientales)

Ley de gestión ambiental

La Ley de Gestión Ambiental establece que la Autoridad Ambiental Nacional la ejerce el Ministerio del Ambiente, instancia rectora, coordinadora y reguladora del sistema nacional descentralizado de Gestión Ambiental; sin perjuicio de las atribuciones que en el ámbito de sus competencias y acorde a las Leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado.

Biodiversidad y recursos naturales

Art 395. La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

- 1) El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras, (Constitución de la República del Ecuador, 2008).
- 2) Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales y jurídicas en el territorio nacional, (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Ordenanza Metropolitana 138

Que el artículo 16 de la Resolución No. 0005-CNC-2014 establece que "Corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados metropolitanos y municipales, elaborar instrumentos de planificación de incidencia local relacionados con la competencia de gestión ambiental dentro de su jurisdicción y debidamente articulados con la planificación nacional y provincial

Que el artículo 17 de la Resolución No. 0005-CNC-2014 señala que "En el marco de la competencia de gestión ambiental corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados metropolitanos y municipales, enmarcados en

la normativa ambiental nacional, las siguientes actividades de regulación de incidencia metropolitana o municipal

Que la Resolución No. 0005-CNC-2014 en su artículo 23 señala que: "Los recursos para el ejercicio de la facultad de control ambiental correspondientes a la competencia de gestión ambiental, son aquellos previstos en la ley y en la normativa vigente y en las ordenanzas que expidan los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, metropolitanos o municipales, (Distrito Metropolitano de Quito, 2015).

Texto Unificado Legislación Secundaria (TULAS)

Art. 1 Ámbito. El presente Libro establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Se entiende por calidad ambiental al conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza.

Art. 2 Principios. Sin perjuicio de aquellos contenidos en la Constitución de la República del Ecuador y las leyes y normas secundarias de cualquier jerarquía que rijan sobre la materia, los principios contenidos en este Libro son de aplicación obligatoria y constituyen los elementos conceptuales que originan, sustentan, rigen e inspiran todas las decisiones y actividades públicas, privadas, de las personas naturales y jurídicas, pueblos, nacionalidades y comunidades respecto a la gestión sobre la calidad ambiental, así como la responsabilidad por daños ambientales.

Para la aplicación de este Libro, las autoridades administrativas y jueces observarán los principios de la legislación ambiental y en particular los siguientes:

Preventivo o de Prevención. Es la obligación que tiene el Estado, a través de sus instituciones y órganos y de acuerdo a las potestades públicas

asignadas por ley, de adoptar las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño.

Precautorio o de Precaución. Es la obligación que tiene el Estado, a través de sus instituciones y órganos y de acuerdo a las potestades públicas asignadas por ley, de adoptar medidas protectoras eficaces y oportunas cuando haya peligro de daño grave o irreversible al ambiente, aunque haya duda sobre el impacto ambiental de alguna acción, u omisión o no exista evidencia científica del daño. El principio de precaución se aplica cuando es necesario tomar una decisión u optar entre alternativas en una situación en que la información técnica y científica es insuficiente o existe un nivel significativo de duda en las conclusiones del análisis técnico-científico, (Ministerio del Ambiente, 2015).

La responsabilidad de un buen manejo ambiental no está enmarcada en las leyes, decretos o reglamentos emitidos por parte de las autoridades gubernamentales, el manejo ambiental está definido por las costumbres de cada individuo como un ente generador de contaminación.

Los valores de las personas deben cambiar mediante el respeto al medioambiente y convertirse en una política ambiental personal de mejora continua, dentro de esta política deben constar actividades sencillas que diariamente se puedan cumplir. Las políticas ambientales de las empresas son monitoreadas constantemente por la Alta dirección como una responsabilidad social y no como un medio de cumplimiento legal.

1.2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS

1.2.1 Procesos:

En la sociedad actual y en el comercio alimentario, la exigencia por tener un producto de calidad se hace cada día más relevante para los consumidores de todo el mundo, puesto que todos los seres humanos

tienen el derecho de alimentarse de una manera sana y este derecho debe ser garantizado de manera responsable por todos los productores de alimentos, cumpliendo con las normas y los requisitos necesarios para garantizar una alimentación de calidad.

La carne de pollo está expuesta a varios tipos de peligros (Torres, 2014), tales como: agentes biológicos, que son de origen bacteriano, pero pueden surgir de agentes como virus, parásitos, protozoos u hongos, causando intoxicaciones, infecciones, zoonosis y/o micotoxicosis en el organismo humano; peligros químicos, causados por la contaminación de los alimentos con sustancias que pueden adicionarse en forma intencional o accidental o que ocurren en la naturaleza; peligros físicos, por la presencia de cualquier material extraño que pueda aparecer en el alimento y que suponga un daño para la salud del consumidor al manipularlo o ingerirlo. Las fuentes de contaminación de este tipo de peligros pueden ser: la materia prima, los equipos y utensilios, los procedimientos defectuosos y las prácticas impropias del empleado.

La procesadora de alimentos P.L.A.C. de “Los Pollos de San Bartolo”, se ha esforzado por disponer en el mercado un producto que tenga las condiciones de higiene y sanidad necesarias, sin embargo la empresa se esfuerza cada vez por disponer de un sistema de calidad avanzado, de vanguardia y de mejor calidad.

Limpieza de pollo

(Viteri, 2013), manifiesta que luego de recibir la materia prima tenemos que proceder a lavarla ya que por la manipulación o cualquier imprevisto en el faenamiento es necesario asegurarse de la asepsia de la materia prima. La limpieza precede a la desinfección y es de extrema importancia, ya que asegura la eficacia de la desinfección.

Los usuarios y el personal deben tener objetivos claros junto con un programa de acción determinado. Este se debe preparar de tal forma que garantice la seguridad de los animales, personal, equipos y el medio ambiente. Se deben seguir los siguientes pasos básicos:

- Primero se debe realizar visualmente un control e inspección sanitaria de traumas por viaje para verificar el estado del pollo recibido y facilitar los procesos posteriores.
- El pollo que ingresa a la planta, llega en gavetas de 12 pollos, enfundado, con su fecha de faenamiento, peso, número de lote, fecha de caducidad.
- Se coloca el pollo en el cuarto frío para mantener la temperatura dentro de los cero grados centígrados a cinco grados centígrados.
- Al momento de trabajar con el pollo, se saca del cuarto frío la cantidad a ser limpiado, se desfunda el pollo, se revisa alguna anomalía, y se desgrasa.

Adobado de pollo

(Cruz, 2012), Expresa que el proceso de adobado de carne de pollo a nivel industrial en el Ecuador no se encuentra controlado, bajo ninguna norma INEN ni legislación particular, de ahí que sea de vital importancia que las empresas que venden productos marinados informen a los clientes en las etiquetas de sus productos: si el producto es marinado o no, el porcentaje de marinación y los componentes del marinado, a su vez debe prevalecer la ética empresarial, usando solo las cantidades formuladas por los fabricantes de las salmueras por kilo de pollo, evitando la sobrehidratación de la canal y por ende el perjuicio en peso y costo al consumidor final.

El cliente tiene diferentes opciones: adobo, achiote, finas hierbas, pimienta-limón, tequila, ajo-limón, ajo-mantequilla o incluso sabores nuevos para este tipo de productos licores: whisky, vino, cerveza, tequila light, o incluso mojito. Va a depender también de la parte del pollo que quieran marinar,

como por ejemplo, las famosas alitas picantes, ya que hay otras opciones de sabores, no nada más picante, sino barbecue o teriyaki.

También, va a depender mucho de lo que el cliente quiera arriesgar. Incluso, se le ofrecen soluciones a aquellos procesadores que seccionan el pollo en partes y le quieren dar un plus a esas partes de pollo. Todo el sobrante de seccionar el pollo se puede procesar para hacer chorizo, hamburguesas o nuggets. En el caso de los nuggets obviamente depende de qué tipo se va a comercializar, ya que hay diferentes clases, desde los nuggets finos hasta los económicos. En el proceso se mezcla carne marinada para lo cual ofrecen el sistema de marinador junto con el sistema de empanizado o empanado, como un paquete completo. El proceso de adobado básico es el siguiente:

- Introducir el pollo en el tanque de adobado
- Colocar la cantidad de sal necesaria en el tanque según se van adobando los pollos.
- Ubicar la parte inferior de las piernas dentro de la mezcla.
- Colocar en gavetas los pollos ya adobados

Procesadora de alimentos

El término alimentos procesados se ha venido utilizando recientemente según (Pedroza, 2011) con cierto desdén, sugiriendo que los alimentos procesados son de alguna manera inferiores a sus contrapartes no procesados. Sin embargo hay que considerar que todos los alimentos que consumimos a diario han pasado por algún proceso antes de ser ingeridos. Vale la pena mencionar que el procesamiento de los alimentos data de muchos siglos atrás porque siempre se ha tenido la necesidad de conservar los alimentos o hacerlos más apetecibles o fáciles de comer. Simplemente la cocción se conoce desde hace aproximadamente 2 millones de años y todavía en la prehistoria se conoció la fermentación, el secado y la

conservación con sales, lo que permitió que las comunidades primitivas pudieran sobrevivir.

El procesamiento de alimentos ofrece muchas posibilidades para tener una dieta variada y que satisfaga los cambios que exige la sociedad moderna. También atiende la situación de salud que prevalece en cuanto a enfermedades crónicas que pueden controlarse por intervenciones dietarias, como la obesidad, la diabetes y algunas enfermedades cardiovasculares. Los fabricantes de alimentos han aplicado la ciencia y la tecnología de alimentos para ofrecer alimentos bajos en grasas, en azúcares, en sal, ricos en fibra, etc., ampliando las posibilidades de selección de alimentos adecuados a la salud del consumidor.

Por regla general los alimentos recolectados se suelen someter a un proceso posterior, bien sea para su consumo inmediato, bien sea para su conservación posterior. La misión es detener la actividad microbiana que deteriore el alimento y no permita su consumo. El proceso es una tarea que se realiza en origen, por regla general en la industria de la alimentación, y que es previa a su comercialización.

Los métodos se caracterizan de acuerdo a (Creative, 2016) por la disminución de temperaturas hasta que cesa la actividad de reproducción bacteriana y de vida de los microorganismos, posee además como característica que detiene la descomposición del alimento.

Se caracterizan por tener que mantener lo que se denomina **cadena de frío**. Estos métodos pueden ser:

- **Refrigeración** - Se suele entender por refrigeración al intervalo que va desde los 2 y 5 °C en frigoríficos industriales Mauri-- entre 8 y 15 °C en los frigoríficos domésticos
- **Congelación** - Es la congelación de los alimentos hasta llegar a temperaturas de -30°C

- **Ultracongelación** - Se entiende así a un proceso de congelación que debe alcanzar temperaturas inferiores a -40°C en un periodo no mayor de dos horas.

Conservación por calor: El método de conservación de alimentos mediante calor es menos efectivo que el de frío. Por regla general la idea es detener el crecimiento de la población de bacterias mediante el uso de calor. Los métodos empleados en este caso son:

- **Escaldado** - En el caso de verduras interrumpe la acción enzimática
- **Cocción**
- **Pasteurización** - Uperización
- **Esterilización**

Conservación por curado: Este método suele ser muy aplicado al objeto de poder ser transportado más allá de sus orígenes de producción:

- Ahumar
- Fermentación
- Salazón
- Deshidratación

Conservación por medios Químicos

- Agentes antimicrobianos - desinfectantes y fungicidas (por regla general ozono).

Aforo de papas

La papa según (García, 2013) es un producto de gran importancia a nivel nacional. Su producción ha venido disminuyendo en los últimos años debido a la falta de incentivos que tiene el productor, provocada por una deficiente comercialización del producto, que le impide obtener un precio estable y rentable en el mercado.

Almacenamiento de materia prima, este paso es muy importante ya que se seleccionan las papas con contenido de azúcar bajos o se los almacena a una temperatura que produzca la minimización de estas sustancias.

- Cargado en la tolva, se llena una tolva de papas de capacidad de 2.5 toneladas que luego van a ser lavadas.
- Lavado, primero, las papas son completamente lavadas, no sólo por razones higiénicas, sino también para prevenir la suciedad o los granitos de arena.
- Pelado, se realiza un lavado por medio de una cuba giratoria que por medio de fricción de varios rodillos que realiza el pelado Las ventajas de los peladores por fricción son que ellos son sencillos, sólidos, y de bajo costo.
- Separador, después de peladas, las papas pequeñas son separadas de las grandes por medio de unas rendijas hechas solo para el paso de las pequeñas.
- Cortado o rebanado, las papas peladas son cortadas en rodajas o rebanadas de 1/15 a 1/25 pulgadas por una rebanadora rotativa. (Se obtiene una media de 36 patatas por cada patata, cada rodaja se corta a 1,5 milímetros de grosor como medida estándar, aunque esto puede variar graduando la máquina para el corte, dependiendo de las necesidades de la industria)
- Lavado, debido a la gran velocidad de la corriente de agua, la patata se lanza por la cuchilla. Gracias a esta alta velocidad (aproximadamente 100 kilómetros por hora) se puede conseguir cualquier forma que se desee.

Pelado y lavado de cebollas

En (Appute, 2011) se afirma que la industria en la actualidad demanda un equipo de pelado de grandes volúmenes capaz de procesar cebollas frescas para aplicaciones de cebolla entera o en rebanadas. Actualmente

existen máquinas para lograr soluciones innovadoras que apunten a ayudar a nuestros clientes a resolver esta necesidad en el futuro.

Durante el procesamiento es necesario observar prácticas higiénicas lo que permitirá obtener un producto de buena calidad, es indispensable una buena higiene y aseo del local donde se procesa, una buena manipulación del producto durante el proceso y empaque.

A continuación se mencionan algunos contaminantes que pueden encontrarse en las cebollas que entran como materia prima a una planta procesadora:

- Minerales: tierra, arena, piedras, partículas metálicas, aceite.
- Plantas: ramas, hojas, tallos, cáscaras.
- Animales: huevos de insecto, larvas, excreciones.
- Productos químicos: residuos fitosanitarios, fertilizantes.
- Microbios: microorganismos y subproductos. Una operación eficiente de limpieza debe:
- Permitir la mayor separación de contaminantes con el mínimo desperdicio del producto.
- Evitar la recontaminación del producto limpio.
- Dejar la superficie del producto en estado aceptable, es decir, sin lesiones.
- Utilizar la menor cantidad posible de agua, detergentes y desinfectantes.

La limpieza de cebollas

- Ingresa a la planta la cebolla en costales de 10 kg
- Se lava la cebolla, eliminando residuos de tierra o de algún contaminante
- Se pela la cebolla mano, descascarando la corteza en mal estado.
- Se coloca la cebolla en gavetas previo a despacho a los locales.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Estimación de caudales

La medición del caudal de las descargas domésticas de la planta procesadora de alimentos P.L.A.C. de “Los Pollos de San Bartolo” se realizó mediante la aplicación del Método Volumétrico.

Este método se usa cuando la descarga presenta una caída de agua en la cual se pueda Interponer un recipiente de volumen conocido (de 10 a 20 L) y con graduaciones de 1L, tomándose el tiempo de llenado del recipiente y obteniéndose el caudal por medio de cálculos aplicando la ecuación Ec. (2).

El recipiente que se usó para determinar el caudal fue un Balde plástico de 10L. Primero se procedió a purgar el balde con tres porciones de agua residual de aproximadamente un litro. Luego se colocó el balde debajo de la descarga de manera que recibiera todo el flujo y a través de un proceso simultáneo se obtuvo el tiempo de llenado del balde con un cronometra.

2.2 Muestreo de las aguas residuales

Para recolectar las muestras de agua residual se escogió un muestreo del tipo Compuesto en función del caudal. Se recolectó una muestra compuesta con un volumen final de 3 litros conformada por cinco muestras puntuales tomadas en un período de dos horas, cada media hora a partir de las 12:00 a 14:00 horas, por 3 días consecutivos. Para el cálculo del volumen de cada muestra puntual se utilizó la ecuación Ec. (3).

Las muestras se recolectaron en botellas plásticas limpias de 1L y en botellas de vidrio (ámbar) de 1L para los análisis físicos - químicos, y en frascos estériles de 150 mL para los análisis microbiológicos.

2.3 Número de muestras

La medición se realizó en 2 jornadas de medición horaria por 6 días consecutivos.

Las muestras de agua tomadas antes, durante y después de las pruebas piloto fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis tomando en consideración las medidas adecuadas para que la muestra se conserve y no se vean afectados los análisis en el laboratorio.

2.4 Caracterización de las aguas residuales

La caracterización física, química y microbiológica de las muestras obtenidas se realizó en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la Escuela Politécnica Nacional.

El muestreo realizado por la empresa fue de tipo compuesto y realizaron la toma de la muestra directamente de las descargas líquidas que llegan a la caja de revisión producto de las aguas provenientes del proceso. Después de pasar por la caja de revisión esta agua es conducida hacia el sistema de alcantarillado sin que pasen previamente por un tanque de homogenización.

Las técnicas de análisis para aguas residuales aplicadas por el laboratorio se realizan en base a los Métodos Estandarizados APHA - 2005 (American Public Health Association), y Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, descritas a continuación:

Tabla 1. Técnicas de Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos para aguas residuales.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Método
Potencial de Hidrógeno	pH	-	APHA/AWWA/Standard Method N° 4500 – H ⁺ B
Turbiedad	-	UNT	APHA/AWWA/Standard Method N° 2130 –B
Sólidos Totales	ST	mg/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 2540 – A
Sólidos Sedimentables	SSed	mL/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 2540 - B
Sólidos Suspendidos	SS	mg/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 2540 - C
Coliformes Fecales	Colonias	UFC/100 mL	APHA/AWWA/Standard Method N° 9222 D
Hierro	Fe	mg/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 4500 – Fe
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	mg/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 4500 – PO ₄ – B
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 4500 – NO ₂ - B
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 4500 – NO ₃ - C
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 4500 – SO ₄
Aceites y Grasas	-	mg/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 5520 – B
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 5210 – B
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	APHA/AWWA/Standard Method N° 5220 – C

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias - ESPOCH

2.5 Descripción de factores que inciden en el mal manejo de aguas residuales

La toma de muestra se realizó manualmente, el muestreo compuesto es el más adecuado para las condiciones de los puntos de monitoreo, conociendo que el flujo de descarga y los aportes contaminantes durante el día no son constantes, debido a la variación del funcionamiento de los procesos.

Las aguas residuales de procesamiento para pollos son altamente contaminantes debido a su elevada demanda bioquímica de oxígeno (DBO), por lo que provocan un alto impacto ambiental en cuerpos receptores. Los principales efectos perjudiciales de los vertidos de las fábricas de productos cárnicos 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.

Durante el proceso de matanza de aves, el agua es usada principalmente para el escaldado, lavado antes y después del eviscerado, enfriamiento

(chiller), limpieza y saneamiento de equipos e instalaciones y para el enfriamiento de equipos mecánicos, también se usa para remover las plumas y las vísceras desde las áreas de producción. Se ha reportado que el consumo específico de agua puede estar entre 8 y 15 L/ave sacrificada.

En la planta procesadora de alimentos P. L. A. C. de los Pollos de San Bartolo, se puede evidenciar que no existe ningún tratamiento de las aguas residuales que se descargan a la alcantarilla, esto incide directamente en la contaminación y afectación al ambiente.

2.6 Determinación de normas ambientales

Es necesario caracterizar las aguas de descarga generadas en el proceso para determinar si los parámetros se encuentran fuera de norma, para establecer el mejor tratamiento de las aguas residuales previo a su descarga y cumplir con la norma municipal ambiental vigente de aguas de descarga hacia la alcantarilla.

Según el Ministerio de Ambiente, los tratamientos de las aguas residuales de las industrias avícolas se clasifican en tres categorías: primarios, para remover sólidos sedimentables y suspendidos; secundarios, para remover materia orgánica, y terciarios, para remover nitrógeno y fósforo o sólidos suspendidos.

Ante este escenario, los efluentes de las industrias avícolas deben ser llevados a una planta de tratamiento antes de su descarga a los cuerpos receptores o a las redes de alcantarillado.

Se observa que los parámetros DBO, A y G, SST presentan valores superiores a los establecidos como rango o límite permisible para descarga al sistema de alcantarillado público.

Tabla 2. Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	NO DETECTABLE
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN-	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O5.	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ =	mg/l	400

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	oC		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015)

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

3.1 Datos del diagnóstico

Se realizaron dos ensayos de acuerdo a las dos muestras compuestas tomadas con diferente frecuencia, cada hora y cada media hora. Previo el ensayo de prueba se debe preparar soluciones a concentraciones tales que las cantidades adecuadas para utilizarse en la prueba se puedan medir exacta y convenientemente.

Se colocó en el vaso de precipitado 1.000 ml del agua a ensayar (previamente agitada para suspender las partículas fácilmente sedimentables); se puso en marcha el agitador a la velocidad establecida y, con una pipeta, se añadió al vaso de precipitado, la solución de acuerdo a las dosis a ser probadas. Se mantuvo en constante agitación durante 1 minuto, seguidamente se añadió al vaso la solución.

Después de un período de agitación adecuado, se levantó las paletas agitadoras, esperando el tiempo determinado para que se produzca la sedimentación parcial. Durante este período se observó las características físicas, así como la velocidad relativa de sedimentación en los distintos vasos.

3.2 Análisis comparativo de datos, en referencia con las normas municipales

Se realizó el muestreo a las descargas líquidas provenientes de los procesos de alimentos, estas descargas líquidas fueron recogidas mediante un canal que atraviesa la planta procesadora por los sectores

donde se realizan dichos procesos y conducidas hacia la caja de revisión que descarga las aguas al sistema de alcantarillado.

Los resultados de laboratorio arrojaron los siguientes valores:

Tabla 3. Resultados reportados por el Laboratorio de enero

Determinación	Unidades	Muestreo 2017	*Límite Máximo Permisible
DBO5	mg/l	205	250
DQO	mg/l	615	500
Sólidos Suspendidos	mg/l	261	220
Índice de Coliformes fecales	NMP/100ml	1,8	NR-LMP

Fuente: Procesadora de Alimentos

Elaborado por: José Alarcón

El tipo de muestreo fue compuesto y lo realizaron directamente de la caja de revisión que descarga las aguas provenientes del proceso de envasado al sistema de alcantarillado.

Tabla 4. Resultados reportados por el Laboratorio de marzo

Determinación	Unidades	Muestreo	*límite Máximo Permisible
Cobre	mg/l	<0,030	1
pH		12,05	5-9
Temperatura	°C	15,4	<40
Aceites y Grasas	mg/l	7,1	100
DBO5	mg/l	238	250
DQO	mg/l	507	500
Sólidos Sedimentables	ml/l	35	20
Sólidos Suspendidos	mg/l	241	220
Sólidos Totales	mg/l	1230	1600
Color aparente	u.c Pt-Co	145	NR-LMP
Sulfuros	mg/l	0,212	1
Índice de coliformes fecales	NMP/100ml	<1,8	NR-LMP

Fuente: Procesadora de Alimentos

Elaborado por: José Alarcón

Tabla 5. Resultados reportados por el Laboratorio

Determinación	Unidades	Muestreo	*límite Máximo Permisible
Cobre	Mg/l	<0,030	1
Ph		7,84	5-9
Temperatura	EC	16,4	<40
Aceites y Grasas	mg/l	19	100
DBO5	mg/l	110	250
DQO	mg/l	138	500
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,7	20
Sólidos Suspendidos	mg/l	901	220
Sólidos Totales	mg/l	1111	1600
Color aparente	u.c Pt-Co	47,8	NR-LMP
Sulfuros	mg/l	0,273	1
Indice de coliformes fecales	NMP/100ml	2,4X106	NR-LMP

Fuente: Procesadora de Alimentos

Elaborado por: José Alarcón

En la tabla 5 se puede observar la comparación de los análisis efectuados a las descargas líquidas de la procesadora de alimentos durante dos muestreos, confrontados con los límites máximos permisibles para la descarga al sistema de alcantarillado público del Libro VI Anexo I del TULAS.

Se estima que variaron los parámetros de pH, DBO, Sólidos Sedimentables y Sólidos suspendidos en los diferentes meses por diversos motivos, como son: el uso de diferentes productos químicos de limpieza para el lavado de las instalaciones, la optimización de los procesos de la empresa, el mantenimiento de estructuras y equipos, etc., que hayan coincidido en las fechas que se realizaron la toma de muestras.

3.2.1 Descripción de los parámetros que exceden la norma.

El pH: En los análisis reportados por el laboratorio, se poseen valores bien distantes entre sí. El pH de la muestra tomada posee un valor alto de 12.05, presumiblemente por el uso de productos de limpieza en el habitual desarrollo de los procesos, sobrepasando de esta manera el Límite Máximo

Permisible de acuerdo a TULAS. Con respecto a la siguiente muestra tomada, el valor del pH es de 7.84, manteniéndose dentro de los límites máximos permisibles.

Al ser la muestra tomada directamente de la descarga de la procesadora, esta muestra va a estar influenciada por las actividades que se realizan en el momento, por ejemplo la limpieza de los tanques con sosa caustica, esto es reflejado en análisis físico químicos con cambios bruscos del pH.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): De acuerdo con el parámetro medido de DQO (Demanda Química de Oxígeno), el valor de las muestras recolectadas y analizadas es de 615 mg/l y 507 mg/l respectivamente, estos valores superan el límite Máximo permisible de acuerdo a los parámetros de TULAS, lo cual era de esperarse porque este componente mide la cantidad de materia orgánica presente en el agua susceptible de ser oxidada.

La DQO se relaciona con la carga contaminante, ya sea esta biodegradable o no, por lo tanto, es un indicativo de la calidad del agua que es descargada por la empresa procesadora.

El incremento de la concentración de estos parámetros (DBO o DQO), incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en el agua con la consecuente afectación de los ecosistemas acuáticos.

Respecto a la segunda muestra tomada, se observa que el valor es menor al de la primera muestra tomada, siendo este de 138 mg/l, que se puede atribuir a que se la hizo después de alguna optimización en los procesos de la procesadora que causó la reducción de materia orgánica en los vertidos y por ende una disminución en la concentración de DBO y DQO.

Sólidos sedimentables: Los sólidos sedimentables presentes en la primera muestra, presenta un valor de 35 mg/l, el cual se encuentra por

encima del Límite Máximo Permisible de acuerdo a TULAS, la presencia de estos sólidos sedimentables está dado por la cantidad de sólidos que sedimentan en un tiempo determinado y esto se debe a las grandes cantidades de residuo líquido que acarrear, grasas, crema, sólidos desprendidos durante el proceso de lavado de tanques, tuberías, canastas, etc. La segunda muestra tomada presenta un valor de 0.7 mg/l, la cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible.

Sólidos suspendidos (SST): Con respecto a los sólidos suspendidos, las muestra tomada, presentan valores de 261mg/l, 241 mg/l y 901mg/l respectivamente, con estos valores se puede observar que este parámetro supera el Límite Máximo permisible de acuerdo a TULAS, siendo este el principal contaminante de las descargas que realiza la procesadora. El incremento de SST hace que un cuerpo de agua pierda calidad, por ende, la capacidad de contener en ella vida acuática.

3.3 Evaluación de alternativas

Como alternativas de tratamiento se consideraron las siguientes:

- Primera alternativa (alternativa 1), el tratamiento por clarificación.
- Segunda alternativa (alternativa 2), proceso de clarificación seguido de la filtración.
- Tercera alternativa (alternativa 3), el proceso de clarificación y filtración más aireación
- Cuarta alternativa (alternativa 4), la implementación de una torre de enfriamiento y la utilización de reguladores de pH como acondicionamiento del agua previo el tratamiento: clarificación, aireación y filtración.

Tabla 6. Descripción de los Procesos. Alternativa 1

Descarga líquida de la empresa	Proceso de Homogenización	Adición de Coagulante	Clarificador	Secado de Lodos	Desinfección	Disposición Final de las descargas líquidas
<p>Contiene valores de DBO, DQO y SST, que superen los límites permisibles de la norma.</p>	<p>El objetivo de es estabilizar el pH fluctuante y homogenizar el caudal entrante a la planta.</p>	<p>Compuesto utilizado: Policloruro de Aluminio, en una dosis de 250 mg/l (determinada en la prueba)</p>	<p>Tanque en el cual se añade el coagulante y se realiza la mezcla por 5 minutos. El Proceso de sedimentación toma un tiempo de 30 min. Remoción de DBO, DQO, y parte de SST.</p>	<p>La materia sedimentada (principalmente Materia orgánica), es llevada a una cama de lodos, cuyo objetivo, es el secado de los lodos antes de ser llevados a su disposición final.</p>	<p>Para la desinfección se utiliza Hipoclorito de Sodio, este proceso elimina gran parte de microorganismos (Coliformes totales y fecales)</p>	<p>El Agua tratada con valores de DBO, DQO, por debajo de la norma, son descargados al sistema de alcantarillado público.</p>

Fuente: Procesadora de Alimentos
Elaborado por: José Alarcón

Tabla 7. Descripción de los Procesos. Alternativa 2

Descarga líquida de la empresa	Proceso de Homogenización	Adición de Coagulante	Clarificador	Filtración	Secado de Lodos	Desinfección	Disposición Final de las descargas líquidas
<p>Contiene valores de DBO, DQO, SST, que superen los límites permisibles de la norma.</p>	<p>El objetivo de es disminuir la (temperatura) del agua residual, los estabilizar el pH fluctuante y homogenizar el caudal entrante a la planta. Tanque con camisa de refrigeración. Se inyecta aire comprimido sin regulación, no se mide presión ni caudal de aire.</p>	<p>Compuesto utilizado: Policloruro de Aluminio, en una dosis de 250 mg/l (determinada en la prueba)</p>	<p>Tanque en el cual se añade el coagulante y se realiza la mezcla por 5 minutos. El Proceso de sedimentación toma un tiempo de 30 min. Remoción de DBO, DQO, y parte de SST.</p>	<p>El agua Sedimentada es almacenada en un tanque pulmón el cual mantiene un volumen constante de agua, para ser bombeado a los filtros rápidos.</p>	<p>La materia Sedimentada (principalmente Materia orgánica), es llevada a una cama de lodos, cuyo objetivo, es el secado de los lodos antes de ser llevados a su disposición final.</p>	<p>Para la desinfección se utiliza Hipoclorito de Sodio, este proceso elimina gran parte de microorganismos (Coliformes totales y fecales)</p>	<p>El Agua tratada presenta valores de DBO, DQO, SST por debajo de la norma y son descargados al sistema de alcantarillado público.</p>

Fuente: Procesadora de Alimentos
Elaborado por: José Alarcón

Tabla 8. Descripción de los Procesos. Alternativa 3

Descargas líquida de la empresa	Proceso de Homogenización	Adición de Coagulante	Clarificador	Aireación	Filtración	Secado de Lodos	Desinfección y disposición final
<p>Contiene valores de DBO, DQO y SST, que superen los límites permisibles de la norma. Además posee valores de Temperatura elevados y pH fluctuante.</p>	<p>El objetivo de estabilizar el pH fluctuante, disminuir la temperatura del efluente y homogenizar el caudal entrante a la planta. Se inyecta Aire comprimido sin regulación, no se mide presión ni caudal de aire.</p>	<p>Compuesto utilizado: Policloruro de Aluminio, en una dosis de 250 mg/l (determinada en la prueba)</p>	<p>Tanque en el cual se añade el coagulante y se realiza la mezcla por 5 minutos. El Proceso de Sedimentación toma un tiempo de 30 min. Remoción de DBO, DQO, y parte de SST.</p>	<p>Reposición de oxígeno, y sedimentación de partículas pequeñas y densas.</p>	<p>El agua Sedimentada es almacenada en un tanque pulmón el cual mantiene un volumen constante de agua, para ser bombeado a los filtros rápidos.</p>	<p>La materia sedimentada (principalmente Materia orgánica) es llevada a una cama de lodos, cuyo objetivo, es el secado de los lodos antes de ser llevados a su disposición final.</p>	<p>Para la desinfección se utiliza Hipoclorito de Sodio, este proceso elimina gran parte de microorganismos (Coliformes totales y fecales)</p>

Fuente: Procesadora de Alimentos

Elaborado por: José Alarcón

Tabla 9. Descripción de los Procesos. Alternativa 4

Descargas líquida de la empresa	Torre de enfriamiento	Proceso de Homogenización	Adición de Coagulante	Clarificador	Aireación	Filtración	Secado de Lodos	Desinfección y disposición final
Contiene valores de DBO, DQO y SST, que superen los límites permisibles de la norma. Además posee valores de Temperatura elevados y pH fluctuante	El principal objetivo es la disminución de la temperatura del agua a tratar.	El objetivo es estabilizar el pH fluctuante (mediante la adición de bases o ácidos) y homogenizar el caudal entrante a la planta.	Compuesto utilizado: Policloruro de Aluminio, en una dosis de 250 mg/l (determinada en la prueba)	Tanque en el cual se añade el coagulante y se realiza la mezcla por 5 minutos. El proceso de sedimentación toma un tiempo de 30 min. Remoción de DBO, DQO, y parte de SST.	Reposición de oxígeno, y sedimentación en partículas pequeñas y densas	El agua sedimentada es almacenada en un tanque pulmón el cual mantiene un volumen constante de agua, para ser bombeado a los filtros rápidos.	La materia Sedimentada (principalmente Materia orgánica), es llevada a una cama de lodos, cuyo objetivo, es el secado de los lodos antes de ser llevados a su disposición final.	Para la desinfección se utiliza Hipoclorito de Sodio, este Proceso elimina gran parte de microorganismo totales y fecales)

Fuente: Procesadora de Alimentos
Elaborado por: José Alarcón

Las alternativas planteadas, se definieron de acuerdo a los parámetros físico - químicos: DBO5, DQO y Sólidos Suspendidos, de la muestra, que sobrepasan los límites máximos permisibles indicados en la legislación ambiental vigente (T.U.L.A.S Libro VI, anexo 1). A continuación en la siguiente tabla se resumen los procesos y operaciones propuestos:

Tabla 10. Comparación de las alternativas

Procesos/ alternativas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Proceso para la regulación de pH	Regulación por tanque de homogenización	Regulación por tanque de homogenización.	Regulación por tanque de homogenización	Adición de reguladores de pH.
Proceso para la regulación de Temperatura	Aireación en el tanque de homogenización	Aireación en el tanque de homogenización	Aireación en el tanque de homogenización	Mediante Torre de enfriamiento
Procesos para la remoción de materia orgánica (SST/DBO/ DQO) y Clarificación (sedimentación)	Coagulación por adición de Coagulante Policloruro de aluminio, según la dosis óptima determinada mediante el test. Mezcla rápida.	Coagulación por adición de Coagulante Policloruro de aluminio, según la dosis óptima determinada mediante el test. Mezcla rápida.	Coagulación por adición de Coagulante Policloruro de aluminio, según la dosis óptima determinada mediante el test. Mezcla rápida.	Coagulación por adición de Coagulante Policloruro de aluminio, según la dosis óptima determinada mediante el test. Mezcla rápida.
Oxigenación del agua y sedimentación (Aireación)	No Aplica	No Aplica	Reposición de oxígeno, y sedimentación de partículas pequeñas y densas. Mediante la utilización de mezcladores.	Reposición de oxígeno, y sedimentación de partículas pequeñas y densas. Mediante la utilización de mezcladores.
Optimización del tratamiento (remoción de sólidos suspendido y sedimentables)	No aplica	Filtración mediante filtros rápidos.	Filtración mediante filtros rápidos.	Filtración mediante filtros rápidos.
Eliminación de Coliformes (Desinfección)	Desinfección mediante la aplicación de hipoclorito de Sodio (10%) al final del proceso.	Desinfección mediante la aplicación de hipoclorito de Sodio (10%) al final del proceso.	Desinfección mediante la aplicación de hipoclorito de Sodio (10%) al final del proceso.	Desinfección mediante la aplicación de hipoclorito de Sodio (10%) al final del proceso.

Tratamiento de Lodos	Camas de Secado de Lodos	Camas de Secado de Lodos	Camas de Secado de Lodos	Camas de Secado de Lodos
----------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Fuente: Procesadora de Alimentos

Elaborado por: José Alarcón

A continuación, se explicará a detalle la descripción de los procesos y operaciones según las alternativas de planta de tratamiento para la depuración de las descargas líquidas:

Regulación de pH: En las alternativas 1, 2 y 3, se realiza la regulación del pH mediante la utilización de un tanque de homogenización, el cual va acondicionar el agua mediante la mezcla de descargas con pH ácidos y descargas con pH alcalinos principalmente, neutralizando y homogenizando el caudal a tratarse en el proceso de clarificación. Cabe mencionar que la regulación del pH es importante para que los procesos subsiguientes se desarrollen de la mejor manera.

En la alternativa 4 se propone un proceso de regulación del pH mediante la adición de reguladores de pH ya sean estos ácidos o bases con el sistema ORP (Regulador de pH óptimo), para la neutralización de descargas.

Regulación de temperatura: Para el enfriamiento del agua a tratar en la alternativa 1, 2 y 3 se propone la instalación del tanque de homogenización implementado el proceso de aireación mecánica con una turbina lenta que consta de un motor reductor (presencia de un reductor entre el motor y la turbina), para la mezcla de las descargas, esta acción a más de homogenizar las descargas también disminuirá la temperatura.

La alternativa 4 propuesta, la planta de tratamiento posee la unidad de torre de enfriamiento, mediante la utilización de bandejas con orificios de esta manera se logra el contacto del agua con la corriente de aire disipando el calor y consiguiendo el enfriamiento el agua.

Remoción de materia orgánica (SST, DBO, DQO): En las cuatro alternativas de tratamiento, se consideró el proceso de Coagulación para

la remoción de la materia orgánica (principalmente como sólidos suspendidos) que se encuentra presente en las descargas, dando como resultado la disminución de la DBO y DQO.

Se propone que en el mismo tanque se implemente un motor reductor con el fin de realizar la mezcla rápida durante 5 minutos, después de este tiempo el motor reductor se detendrá permitiendo la reacción entre el coagulante y la materia suspendida dando como resultado la formación de los flocs y su sedimentación.

Aireación para oxigenación del agua y sedimentación: En las alternativas 3 y 4 se propone la filtración como operación unitaria con el fin de reponer la cantidad de oxígeno al agua y ayudar a la sedimentación de las partículas anteriormente coaguladas (flocs).

Esta operación se propone que se lleve a cabo en un tanque el cual va a estar provisto de una turbina que permanecerá en constante movimiento para que logre el resultado esperado.

Optimización del tratamiento por filtración: Para obtener mejores resultados de la calidad del agua a ser descargada al sistema de alcantarillado, se propone en las alternativas 2, 3 y 4, la operación unitaria de filtración, mediante la implementación de filtros rápidos. Estos filtros deben poseer su propio sistema de retrolavado para que la operación sea eficiente en el constante funcionamiento.

La aplicación de esta operación tiene como objetivo ayudar a la sedimentación en el proceso de remoción de los flocs que se encuentren presentes en el agua después de que paso al proceso de coagulación y clarificación, optimizando los resultados y descargando un agua de mejor calidad.

Eliminación de microorganismos mediante desinfección: Como proceso final antes de que el agua tratada sea descargada al sistema de

alcantarillado se propone en las 4 alternativas, el proceso de desinfección mediante la adición de hipoclorito de sodio en la tubería que lleva el agua desde los filtros hacia la caja de revisión la cual tendrá como disposición final el sistema de alcantarillado.

Tratamiento de lodos: Del tratamiento de las descargas líquidas mediante el proceso de coagulación genera como consecuencia cantidades de lodo con alto contenido de humedad, siendo necesario un manejo adecuado de los mismos antes de su disposición final (ya sea a un gestor o al relleno sanitario).

En las cuatro alternativas existirá lodos obtenidos como resultado de la sedimentación de los flóculos formados en el proceso de coagulación, aireación y los provenientes de la operación unitaria de filtrado (durante el retrolavado de los filtros), como manejo de los mismos que propone que estos lodos con alto contenido de humedad sean llevados a una cama de secado, que tiene como objetivo la evaporación de la parte líquida que poseen estos lodos, como resultado de la exposición solar a la que son sometidos.

3.4 Selección de la mejor alternativa

Las cuatro alternativas propuestas se encuentran acorde al objetivo que desea la empresa con respecto a la calidad del agua que debe tener para que cumpla la normativa vigente, es decir, la utilización de cualquiera de las cuatro alternativas dará como resultado un efluente líquido con una calidad de agua que se encuentre dentro de la normativa para ser descargadas al sistema de alcantarillado, evitando así futuras sanciones por el ente regulador.

Las cuatro alternativas planteadas además de estar acorde a lo deseado por la empresa, estas se encuentran enmarcados dentro un mismo proceso

principal (Proceso de Coagulación), para el tratamiento de las descargas, pero cada alternativa cuenta con diferentes operaciones unitarias (operaciones físicas) para el cumplimiento del objetivo.

En el presente proyecto se consideró la alternativa 4 como tratamiento propuesto para la procesadora, con el fin de que el efluente cumpla con la norma técnica ambiental del Texto Unificado de Legislación Ambiental (T.U.L.A.S.), para lo cual, en base ésta alternativa que es la más óptima y completa que las que le anteceden, se realizará el pre-diseño de la planta de tratamiento.

El pre-diseño se efectuará de acuerdo a los productos (materiales, equipos y reactivos) que se encuentran disponible en el mercado de tratamiento de aguas residuales en el país.

Es importante recordar que el diseño para esta alternativa que puede ser modificada, de acuerdo a la necesidad de la procesadora y considerando aspectos económicos, espacio físico disponible que posee o por incremento de producción.

El caudal de descargas líquidas proveniente de la procesadora, es de 100 m³/día, caudal nominal utilizado para el pre-diseño de la planta de tratamiento del presente proyecto.

Generalidades de la torre de aireación

La torre de aireación tiene como objetivo principal exponer la mayor cantidad del agua al aire, y así disipar el calor que este posee. La torre de enfriamiento de acuerdo al caudal a tratar ($Q=100\text{m}^3/\text{día}$), posee las siguientes características y dimensiones:

Altura de la Torre: 2.50 m

Número de bandejas: 7 bandejas

Ancho de la bandeja: 1 m

Espesor de la Bandeja: 1 mm

Largo de la Bandeja: 1.75m

Espacio entre bandejas: 0.35 m

Volado de la bandeja: 45 grados

Material: Acero Galvanizado (Duración 15 años)

Costo aproximado de la torre de enfriamiento: \$3.500,00

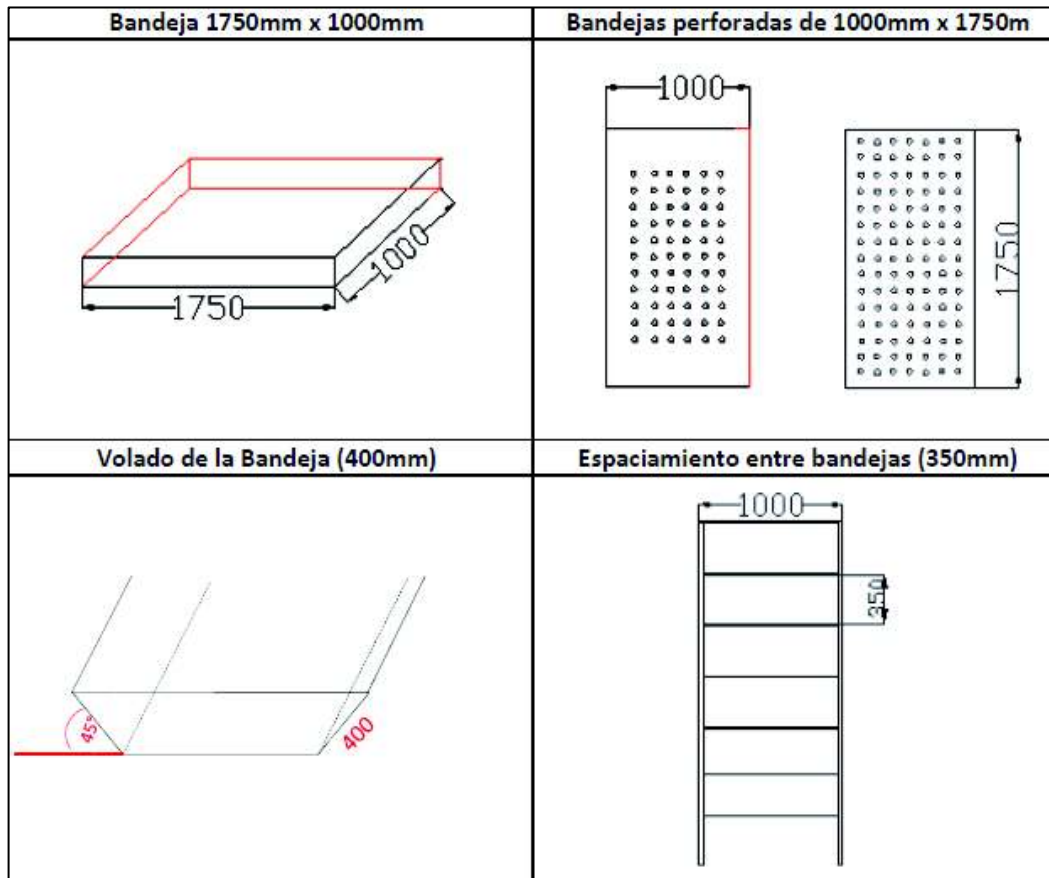


Gráfico 1. Esquema de los componentes de la Torre de enfriamiento

Elaborado por: José Alarcón

Generalidades del tanque de homogenización

El tanque de homogenización en esta planta propuesta es utilizado para ajustar el pH, a un valor entre 6 a 7.4 (DEGREMON), a fin de que se pueda obtener un mejor resultado a causa de la estabilidad de los floc en el proceso de coagulación; además con el tanque se logra controlar el caudal de ingreso al sistema de tratamiento.

El tanque es diseñado de acuerdo al caudal nominal a tratar ($Q=100\text{m}^3/\text{día}$). Además debe poseer una turbina para que mantenga las corrientes de agua a tratar en constante mezcla, y poseer un regulador de pH que nos proveerá de información sobre el pH que tenga en agua en este tanque.

Caudal a tratar: $100 \text{ m}^3/\text{día} = 1.16 \text{ l/s}$

Forma: rectangular

Tiempo de Residencia: 8 horas

Volumen de retención: 33.33 m^3 . Aprox. 34 m^3

$$Q = 100 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 4.17 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$V = Q * t_{\text{residencia}}$$

$$V = 4.17 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 8 \text{ h}$$

$$V = 33.33\text{m}^3 \approx 34\text{m}^3$$

Dimensiones: 2 m de alto * 3.5 m de fondo * 4.85 m de largo.

$$V \approx 34\text{m}^3 = \text{alto} * \text{ancho} * \text{largo}$$

Área requerida: $6 \text{ m} * 4 \text{ m} = 32 \text{ m}^2$

Material: Acero al carbono epoxicado

Características de motorreductor: El tanque se debe encontrar provisto con un motor reductor de potencia de 3 HP.

Costo aproximado del tanque de homogenización: \$20.000,00

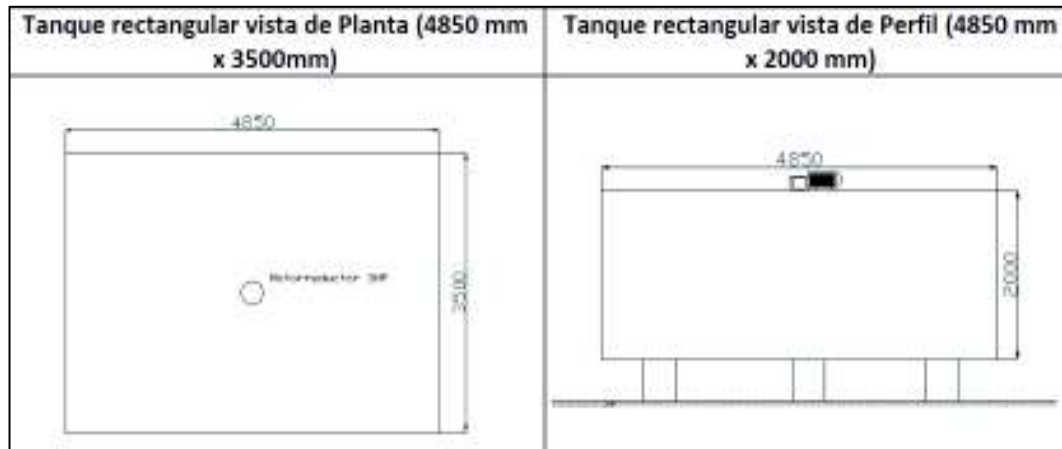


Gráfico 2. Esquema de los componentes de tanque de homogenización
Elaborado por: José Alarcón

En esta alternativa para la regulación del pH en el tanque de homogenización, se propone la instalación de un Sistema ORP (Regulador de pH Óptimo), el cual tiene como objetivo controlar el valor pH del agua residual contenida en el tanque de homogenización logrando, según el valor de medición, introducir soluciones ácidas o alcalinas para mantener los valores dentro de un límite. La programación, es decir, la introducción de los valores límite, se efectúa normalmente a través del display y teclado que se encuentran en la parte frontal del regulador de pH.

El sistema ORP consta de: un regulador de pH con accesorios, 2 bombas dosificadoras de químicos (uno para la base y otro para el ácido), una bomba para la recirculación del agua residual, tubería de PVC.



Gráfico 3. Controlador para pH marca EXTECH
Generalidades del tanque de clarificación y bombas de Dosificación.

En el tanque de clarificación se van a desarrollar los procesos de coagulación, mezcla rápida y sedimentación, es importante recordar que conforme a los resultados obtenidos en la prueba de jarras se adicionará el coagulante (Policloruro de Aluminio) en la dosis determinada y se prescinde de la adición del ayudante de floculación (Poliacrilamida) ya que con solo la adición del coagulante se obtiene el resultado deseado, reduciendo así la inversión necesaria para la operación de la planta. Es importante mencionar que para este proceso se asume un tiempo de residencia en el tanque de 2 horas.

Para este proceso se propone un tanque de clarificación de forma cilíndrica y debe contar con los siguientes equipos para su funcionamiento:

- a. Una bomba de alimentación en 2 pulgadas para impulsar el agua del tanque de homogenización al clarificador, de hasta 5 litros por segundo, con potencia de 3 hp, pudiendo ser de marca Marc Perless, brasilera o equivalente.
- b. Un motorreactor que realizará la mezcla rápida dentro del tanque.
- c. Una bomba dosificadora de químicos, pudiendo ser de marca Pulsafeeder, Blue White o equivalente de 110 V 45 w, 30 GPD (galones por día), electromecánicas de dosificación por diafragma, para la dosificación del polímero coagulante.
- d. Canaletas de recolección de agua, válvulas de entrada, y purgas.

Caudal a tratar: 100 m³/día

Forma: cilíndrico

Tiempo de residencia: 2 horas

Volumen: 9 m³

$$Q = 100 \frac{m^3}{día} * \frac{1 día}{24 h} = 4.17 \frac{m^3}{h}$$

$$V = 4.17 \frac{m^3}{h} * 2 h$$

$$V = 8.34 m^3 \approx 9 m^3$$

Dimensiones: 2 m de diámetro * 3m de altura.

$$\text{Diámetro } (D) = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{Radio } (r) = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura del tanque } (h) = \frac{V}{\text{Área de la base}(A)}$$

$$\text{Altura del tanque } (h) = \frac{V}{\pi * r^2}$$

$$\text{Altura del tanque } (h) = \frac{9\text{m}^3}{(3.14) * (1\text{m})^2}$$

$$\text{Altura del tanque } (h) = 2.86\text{m} \approx 3\text{m}$$

Área requerida para la implementación de esta operación: 3 m²

Material del tanque: Es un tanque construido de acero al carbono, epoxicado interior y exterior, acabado en esmalte exterior, en plancha de 4 y 3 mm de espesor.

Característica Interna: incluye en su interior las cámaras para la realización de mezcla rápida, floculación, sedimentación primaria y sedimentación final.



Gráfico 4. Tanque de clarificación. Modelo tipo.

Características de motor reductor: El sistema de mezcla se realiza mediante el uso de un motor eléctrico trifásico con motor reductor de aproximadamente 100 rpm y 200 rpm.

Costo aproximado del tanque de clarificación: \$25.000,00

Características del polímero a utilizarse

El polímero a usarse es el Policloruro de Aluminio como coagulante de uso industrial para la remoción de los sólidos suspendidos de las aguas residuales.

La Dosis óptima a aplicarse en el proceso de clarificación es la determinada mediante la prueba de jarras, con un valor de 250 mg/l.

El Policloruro de aluminio (sólido), posee las siguientes características:

Tabla 11. Características del PAC

Característica	PAC Vx 50	PAC Especificación Estándar
Densidad (50% solución)	1.26	1.25
AL ₂ O ₃ % >	10.	9.0
Gravedad especifica 24HC (solución al 1%)	1.32 +/- 0.1 (25HC)	1.32 +/- 0.1 (25HC)
Punto de ebullición (solución al 1%):	2000C	
Olor:	Característico	
Solubilidad en agua	Completa	Completa
Basicidad %	50.0 - 85.0	45.0 - 85.0
Sustancia Insoluble % <	0.5	1.0
pH (1% solución agua)	3.5 - 5.0	
pH (50% solución agua)	1.89 - 2.09	

Fuente: DICOMSA ingeniería del agua

Elaborado por: José Alarcón

Comercialmente el Policloruro de aluminio, se expende en forma líquida para ser aplicada directamente mediante bombas dosificadoras de polímeros, y en forma sólida para su preparación previa su dosificación.

Consumo de polímero líquido:

$$Dosis \acute{O}ptima = 250 \frac{mg}{l} * \frac{1 Kg}{1000000 mg} = 0.00025 \frac{Kg}{l}$$

$$Q = 100 \frac{m^3}{día} * \frac{1000l}{1m^3} = 100000 \frac{l}{día}$$

$$Cantidad \ de \ Polímero \ requerido = Dosis \acute{O}ptima * Q$$

$$Cantidad \ de \ Polímero \ requerido = 0.00025 \frac{Kg}{l} * 100000 \frac{l}{día}$$

$$Cantidad \ de \ Polímero \ requerido = 0.00025 \frac{Kg}{l} * 100000 \frac{l}{día}$$

$$Cantidad \ de \ Polímero \ requerido = 25 \frac{Kg}{día}$$

Consumo de polímero sólido.

$$Cantidad \ de \ Polímero \ líquido \ requerido = 25 \frac{Kg}{día} \text{ al } 50\%$$

$$50\% = 1 \text{ kg polímero en polvo en } 1 \text{ Kg Agua}$$

$$Cantidad \ de \ Polímero \ en \ polvo \ requerido = 12.5 \frac{Kg}{día}$$

Cálculo del costo por metro cúbico de agua tratada con el polímero líquido.

$Q = 100 \frac{m^3}{día} * \frac{1 día}{24 h} = 4.17 \frac{m^3}{h}$	<p><i>Cantidad de Polímero requerido</i></p> $= 25 \frac{Kg}{día} * \frac{1 día}{24 h} = 1.04 \frac{Kg}{h}$
---	---

$$Cantidad \ de \ Polímero \ por \ m^3 = \frac{1.04 \frac{Kg}{h}}{4.17 \frac{m^3}{h}} = 0.25 \frac{Kg}{m^3}$$

$$Costo \ de \ Polímero \ por \ m^3 \ de \ agua \ tratada = 0.25 \frac{Kg}{m^3} * \frac{0.82 USD}{1 Kg}$$

$$= 0.205 USD/m^3$$

Cálculo del costo por metro cúbico de agua tratada con el polímero sólido.

$Q = 100 \frac{m^3}{día} * \frac{1 día}{24 h} = 4.17 \frac{m^3}{h}$	<p><i>Cantidad de Polímero requerido</i></p> $= 12.5 \frac{Kg}{día} * \frac{1 día}{24 h} = 0.52 \frac{Kg}{h}$
---	---

$$Cantidad\ de\ Polímero\ por\ m^3 = \frac{0.52 \frac{Kg}{h}}{4.17 \frac{m^3}{h}} = 0.125 \frac{Kg}{m^3}$$

$$Costo\ de\ Polímero\ por\ m^3\ de\ agua\ tratada = 0.125 \frac{Kg}{m^3} * \frac{1 USD}{1 Kg} = 0.125 USD/m^3$$

Comparación entre polímero líquido y sólido:

Tabla 12. Comparación entre el PAC líquido y sólido

Detalle	Polímero líquido (Policloruro de Aluminio)	Polímero Sólido (Policloruro de Aluminio)
Presentación Comercial	Tanques de 250 Kg	Sacos de 25 Kg
Costo por kilo de Polímero	USD 0.82	USD 1.00
Consumo estimado por día	25 Kg de Polímero líquido	12.50 Kg Polímero sólido
Consumo estimado por mes (31 días)	775 Kg	387 Kg
Consumo de acuerdo a la presentación comercial.	3.1 Tanques al mes [≈] 3 Tanques	15.48 Sacos al mes [≈] 15 Sacos
Costo mensual de polímero para la planta de tratamiento Propuesta	USD 615 - USD 635,50	USD 375

Fuente: DICOMSA ingeniería del agua

Elaborado por: José Alarcón

Para esta planta se propone la aplicación del Policloruro de forma sólida por representar un valor más económico en la operación de la planta.

Generalidades del tanque de aireación

El tanque de aireación propuesto tendrá un funcionamiento similar al tanque de homogenización. El objetivo del tanque es suministrar de aire al agua coagulada, además de ayudar a la sedimentación de los flocs mediante la mezcla mecánica.

Caudal a tratar: 100 m³/día = 1.16 l/s

Forma: rectangular

Tiempo de residencia: 2 horas

Volumen de retención: 9 m³

$$Q = 100 \frac{m^3}{día} * \frac{1 \cancel{día}}{24 h} = 4.17 \frac{m^3}{h}$$

$$V = Q * t_{residencia}$$

$$V = 4.17 \frac{m^3}{h} * 2 h$$

$$V = 8.34 m^3 \approx 9 m^3$$

Dimensiones: 2 m de alto * 2 m de fondo * 2.50 m de largo.

Área requerida para la implementación de esta operación: 4 m * 3 m = 12 m²

Material del tanque: Acero al carbono epoxicado

Características de motor reductor: El tanque se debe encontrar provisto con un motor reductor de potencia de 3 HP.

Costo aproximado del tanque de aireación: \$16.000,00

Generalidades de la filtración

Para la operación unitaria de filtración se propone la implementación de 2 filtros a presión los cuales poseen las siguientes características:

Filtro de arena de tipo industrial. Fabricado en acero al carbono, de capacidad de filtración de hasta 2 litros por segundo.

Dimensiones: 0.78 m de diámetro por 1.22 m de la envolvente cilíndrica, en plancha de 4 mm consta en su interior de los tamices colectores inferiores,

Lecho filtrante: 5 pies de grava de soporte (5 – 6 mm de diámetro) y 12 pies cúbicos de grava blanca o arena sílice.

Exteriormente consta del juego completo de tuberías y válvulas manuales para realizar filtración, retrolavado y enjuague, posee además un manómetro, purga de aire y bocas de inspección.

Presión máxima de trabajo: 50 psi.

Numero de filtros en el sistema: 3 unidades

Bomba de filtración: Bomba para filtración, de hasta 5 litros por segundo de caudal, de 3 HP de potencia, 220 voltios, trifásica o monofásica, 2 pulgadas de succión y descarga.



Gráfico 5. Filtros. Modelo Tipo.

Es importante mencionar que al tratarse de una filtración a presión esta debe poseer un tanque pulmón en el cual se va almacenar el agua previo a ser inyectada a presión en los filtros. Se considera un tanque de 2500 L.

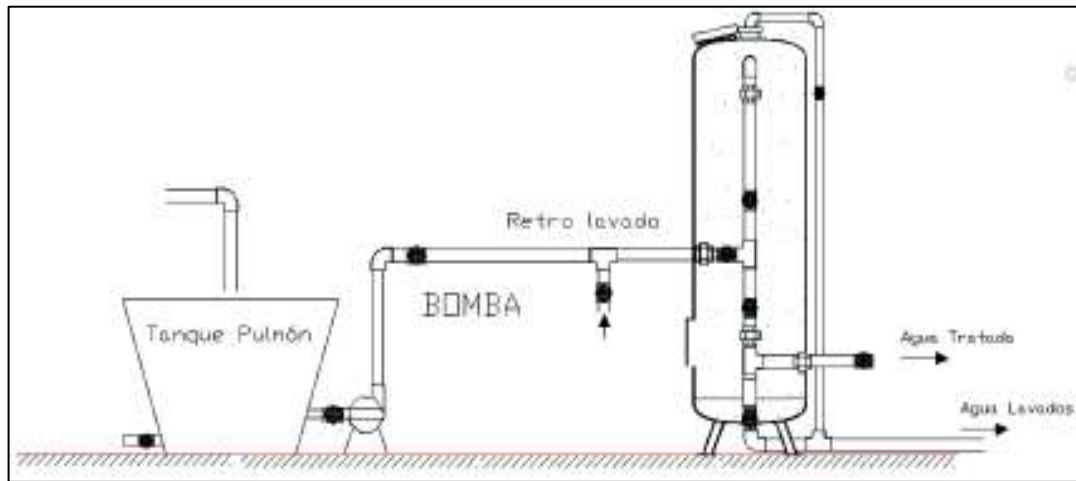


Gráfico 6. Esquema del Sistema de Filtración

Costo aproximado del sistema de filtración: \$6.500,00

Generalidades de la desinfección

Como último proceso de la planta propuesta es el proceso de desinfección, mediante el cual se eliminará los microorganismos que han pasado de los procesos y operaciones anteriores.

Para este proceso se lo realizará directamente a la tubería de salida de agua de los filtros. Este proceso consta de una dosificadora de solución líquida de hipoclorito sodio.

Característica de la bomba dosificadora: Bomba dosificadoras de químicos, marca Pulsafeeder, Blue White o equivalente de 110 V 45 w, 30 GPD, electromecánicas de dosificación por diafragma, para la dosificación cloro de desinfección.

Por la baja cantidad de coliformes (microorganismos patógenos), de acuerdo a los resultados de laboratorio, se va a considerar una dosificación comprendida entre 0.5 y 1 mg/l.



Gráfico 7. Bomba dosificadora. Modelo tipo.

Costo aproximado del sistema de desinfección: \$650,00

Generalidades del secado de lodos (lechos de secado)

Para el secado de lodos provenientes de los tanques de clarificación, aireación y filtros, por los procesos de sedimentación (en el tanque clarificador y en el tanque de aireación) y retrolavado (filtros). Se propone la implementación de camas de secado construidas de cemento de acuerdo al espacio disponible diseñado para esta operación.

La cama de lodos propuesta consta de capas de ripio azul grueso al fondo de la cama, gravilla como capa intermedia y en la parte superior, arena de sílice de 2 a 3 mm de diámetro. En el fondo de la cama de lodos se dispone de tubería perforada que recogerá parte del agua intersticial que se encuentra entre las partículas de lodo mediante filtración, el agua es recogida por gravedad en un tanque que se encuentra a desnivel de la cama, del cual el agua es recirculada mediante el bombeo, al tanque de homogenización para su tratamiento. El lodo seco resultante será entregado a un gestor autorizado.

Dimensiones: 5 m de largo x 2.50 m de ancho por 1 metro de altura.

Lecho filtrante: ripio azul grueso al fondo de la cama (10 cm de ancho), gravilla como capa intermedia (5 cm de ancho) y en la parte superior arena de sílice de 2 a 3 mm de diámetro (5 cm de ancho).

Número de camas en el sistema: 2 unidades

Bomba de recirculación: Bomba para recircular en agua recogida en el tanque de 3 HP de potencia.

Costo aproximado de los lechos de secado: \$2.800,00



Gráfico 8. Cama de secado de lodos. Modelo tipo.

Fuente: (De la Cruz, 2015)

Análisis de la propuesta de planta de Tratamiento en los aspectos económicos

La planta de tratamiento (alternativa 4) cumple con los procesos requeridos para la reducción de los parámetros de DBO, DQO y SST que se encuentran fuera de la norma.

De acuerdo a la disponibilidad de equipos, materiales y tanques que posee la procesadora y conforme a los resultados de laboratorio obtenido durante la simulación de los procesos de tratamiento (Test de Jarras), se considera lo siguiente:

- a) La procesadora posee los equipos, materiales y tanques, que pueden ser utilizados para implementar la planta, con el fin de reducir el costo de la planta en la adquisición de estos equipos materiales y tanques, obteniendo los resultados deseados.
- b) De acuerdo a los resultados de laboratorio obtenido de las simulaciones, se observa que se puede prescindir de la operación de aireación, sin causar un mayor aumento a los parámetros físico químicos que sobrepasen la norma, manteniéndose por debajo de esta.

A continuación se muestra una tabla que resume los equipos, materiales y reactivos necesarios para la implementación de la planta de tratamiento propuesta (alternativa 4) y los equipos y materiales que posee la Empresa y a la cual debe ser adaptada la propuesta de tratamiento:

Tabla 13. Equipos, materiales y reactivos

Procesos, Operaciones	Equipos, Materiales, Herramientas	
Disminución de Temperatura	Para la propuesta de acuerdo al análisis técnico	Disponible por la Empresa
	Torre de aireación para enfriamiento, de 2.50 m con 7 bandejas. De acero Galvanizado.	La empresa dispone de un tanque rectangular de 13 m ³ , con camisa de refrigeración para la refrigeración del agua a tratar y un mezclador propio. La cual fue utilizada en los procesos.
Regulación del pH	Tanque de homogenización para la adición de regulador de pH. Controlador ORP 2 Bombas dosificadoras y Sensor de pH	
Remoción de Materia Orgánica por clarificación (DBO,DQO,SS T)	Tanque cilíndrico de 9 m ³ , de 2 m de diámetro por 3 m de altura, con 1 bomba de dosificación de polímero, una bomba de alimentación al clarificador. El tanque posee secciones para la mezcla rápida, floculación y sedimentación	La empresa posee 2 tanques de 1000 l y dos mezcladores, al disminuir el volumen de la capacidad necesaria, los tiempos de retención deben ser menores.

Aireación	Se prescinde de esta operación	Se prescinde de esta operación
Filtración	Tres filtros de arena con juegos de tuberías y válvulas manuales para realizar filtración, retrolavado y enjuague, tiene además un manómetro, purga de aire y bocas de inspección. Presión máxima de trabajo: 50 psi.	No posee ningún material o equipo para este proceso
Desinfección	1 Bomba Dosificadora de Hipoclorito de sodio.	No posee ningún material o equipo para este proceso
Tratamiento de Lodos	Camas de secado de lodos	No posee ningún material o equipo para este proceso

Fuente: DCOMSA ingeniería del agua

Elaborado por: José Alarcón

Una vez realizada la comparación de los equipos, materiales y herramientas necesarios para el funcionamiento de la planta de tratamiento de acuerdo al análisis técnico; con los equipos, herramientas, y materiales que se dispone en la empresa, se realizó la propuesta final para la planta de tratamiento de las descargas líquidas.

Propuesta final de la planta de tratamiento.

La propuesta se realiza en base a las condiciones económicas de la empresa, es decir, utilizando los equipos, materiales, herramientas que esta posee para disminuir al máximo los costos de la implementación y obtener un resultado acorde a los requerimientos de calidad del agua que se necesita para que las descargas puedan cumplir la normativa vigente.

Una vez analizadas las alternativas de tratamiento que fueron planteadas en base a los datos obtenidos en los ensayos y pruebas piloto, y conforme la disponibilidad de materiales y equipos de la procesadora, que pueden

ser implementados en los procesos, se plantea la siguiente propuesta final de tratamiento que consta de los siguientes procesos/operaciones:

1. Homogenización
2. Clarificación (Coagulación, Floculación, Sedimentación)
3. Filtración
4. Desinfección.
5. Secado de lodos (Lecho de lodos).

El material de fabricación de la planta debe ser de acero inoxidable, acero al carbono y PVC. Además, para el proceso de clarificación se utilizará el polímero coagulante:

- Policloruro de Aluminio
- Y para el proceso de desinfección el siguiente químico:
- Hipoclorito de sodio al 10 %

La planta clarificadora de acuerdo a los procesos/operaciones que se van a ejecutar, consta de las siguientes partes:

- Acometida de agua por bombeo.
- Tanque de homogenización con mezclador e inyección de aire comprimido
- Bombas de alimentación centrifuga
- Dosificadores de coagulante.
- Sistema de mezcla por motor reductor
- Tanque sedimentador.
- Bomba de filtración
- Sistema de filtración sobre arena automática.
- Dosificador para desinfección.
- Tablero de control
- Cama de lodos.

Homogenización

Se realiza la recolección de agua residual en un tanque rectangular de acero inoxidable de 13 metros cúbicos de capacidad, con un motor reductor – mezclador para la homogenización e introducción de aire.

De los materiales que son de propiedad de la envasadora, se encuentra este tanque, el mismo que debe ser adaptado para que funciones como un tanque de homogenización. (Ver anexo 2)

Es importante mencionar que el tanque que será utilizado para la homogenización, se encuentra equipado con una camisa de enfriamiento, la misma que servirá para mantener a una temperatura adecuada las descargas líquidas, previo su tratamiento.

Para el funcionamiento de esta operación, los principales componentes deben ser:

Acometida de agua por bombeo. El agua del proceso llega a un tanque de revisión, de donde ingresa al tanque de homogenización mediante una bomba centrífuga.

Tanque de homogenización de agua. Tanque de 13000 litros de capacidad. Debe incluir un mezclador de paletas mediante motor reductor e inyección de aire comprimido y el sistema de enfriamiento del agua.

Bomba de alimentación centrífuga. El sistema está constituido por dos bombas centrífugas de 1 y 1.5 hp. Son bombas de caudal y llevan el agua desde el tanque de homogenización a los tanques de clarificación. Se encienden mediante selector manual del tablero de control y están provistas de un sensor de nivel mínimo para evitar la succión de aire por falta de agua en el tanque de homogenización.

Clarificación

El agua homogenizada que es llevada mediante las bombas de alimentación, es introducida en tres tanques (2 tanques de 1000 litros y 2 bombas que pueden ser provistas por la empresa envasadora, los cuales serán utilizados para este proceso), además se deberá adquirir un tanque de 2500 litros de capacidad para que conjuntamente con los dos tanques contengan el suficiente volumen de agua a tratar. Cada tanque debe poseer mezcladores mediante bombas centrifugas para la mezcla rápida durante la adición del coagulante.

La adición del coagulante debe ser de manera automática, para lo cual se inyecta el Policloruro de Aluminio mediante es sistema de dosificación, adecuado con dos bombas dosificadoras calibrada a la dosis referencial, que es de 250 ppm. Tiempo de dosificación del Policloruro de Aluminio en solución al 50%:

$$V_i * C_i = V_f * C_f$$

V_i = Volumen del policloruro de aluminio a dosificar

C_i = Concentración de la solución de policloruro de aluminio inicial. (50% = 500000 ppm)

V_f = Volumen del agua residual a tratar. (2000 l)

C_f = Concentración deseada del policloruro de aluminio en el agua a tratar (250 ppm)

$$Q_i = \text{Capacidad de la bomba} \left(30 \text{ GPD} = 30 \frac{\text{gal}}{\text{día}} * \frac{3.785 \text{ l}}{1 \text{ gal}} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} = 0.001314 \frac{\text{l}}{\text{s}} \right)$$

t_d = Tiempo de dosificación del policloruro de aluminio (cada bomba).

$$V_i * C_i = V_f * C_f$$

$$\frac{Q_i}{t_d} * C_i = V_f * C_f$$

$$t_d = \frac{V_f * C_f}{C_i * Q_i} = \frac{2000 \text{ l} * 250 \text{ ppm}}{500000 \text{ ppm} * 0.001314 \frac{\text{l}}{\text{s}}}$$

$$t_d = \frac{500000}{675} \text{ s}$$

$$t_d = 740.74 \text{ s} = 12.35 \text{ min (por cada bomba dosificadora)}$$

Para esta planta se considera la compra del Policloruro en forma sólida para su preparación previo su dosificación, ya que esto disminuye los costes de operación de la Planta.

La mezcla realizada por el motor reductor, debe estar calibrado a 100 rpm, de acuerdo a test de jarras para obtener los resultados deseados, esta mezcla se debe mantener por espacio de 5 minutos, luego se da el proceso de sedimentación, que dura aproximadamente 30 minutos, el agua esta clarificada y lista para ser enviada al tanque pulmón de 1100 litros de la bomba de filtración.

Filtración

Para el proceso de filtración se es indispensable adquirir dos filtros prefabricados (tal como los señalados en el literal 4.5.5). La filtración se realiza con dos filtros constituidos de gravilla de soporte y arena de sílice automáticos de 15 pies cúbicos de capacidad, siendo estos los adecuados para el caudal y las características del agua a filtrar.

El agua desde el proceso de clarificación llega al tanque pulmón, que mediante una bomba de filtración e introduce el agua a presión en los dos filtros de arena. (Ver Anexo 3).

Es importante mencionar que este sistema de filtración prefabricado, viene adecuado con todo lo necesario (bombas, sistema de válvulas, tuberías, conexiones, etc.) para realizar tanto los procesos de filtración como de retrolavado de filtros.

Desinfección

La operación de Desinfección se realiza mediante la inyección de solución líquida de hipoclorito de sodio al 10 % al final del proceso de filtración,

mediante un sistema de dosificación automática de químicos. La dosis a ser aplicada, se acuerdo a referencias bibliográficas para evacuación de agua residual después del proceso de filtrado va de 3 mg/l a 15 mg/l, para la planta de tratamiento propuesta se considera una dosis de 5 mg/l de hipoclorito de sodio.

Volumen de cloro a dosificar en el día:

C_i = Concentración de hipoclorito de sodio inicial (10% = 100000mg/l)

V_i = Volumen requerido de hipoclorito de sodio a dosificar en el día

C_f = Dosis de Hipoclorito de sodio en el agua a tratar.

V_f = Volumen de agua residual a tratar durante el día (100 m³
= 100000 l en el día)

$$V_i \cdot C_i = V_f \cdot C_f$$

$$V_i = \frac{V_f \cdot C_f}{C_i}$$

$$V_i = \frac{100000l \cdot 5mg/l}{100000mg/l}$$

$$V_i = \frac{100000l \cdot 5mg/l}{100000mg/l} = 5 \text{ l de hipoclorito de sodio al 10\%, en el día}$$

La bomba dosificadora de hipoclorito se enciende cada vez que se enciende la bomba de filtración.

Secado de lodos

Para el secado de lodos provenientes de los tanques de clarificación, aireación y filtros, por los procesos de sedimentación (en el tanque clarificador) y retrolavado (filtros). Se propone la implementación de camas de secado construidas de cemento, conforme las dimensiones y características descritas anteriormente.

Automatización de la planta

Automatizar la planta de tratamiento favorece a la mínima incursión de los operadores durante los procesos/operaciones, por ende reduce los costos que generaría la contratación de un operador que se dedicaría 100% a la operación de la planta si esta fuera 100% manual.

Para la automatización es necesario implementar un tablero de control que posea breakers de protección, contactores para arranque directo de la bomba de alimentación, de filtración, y motor reductores y dos selectores para encendido de la bomba de alimentación.

Para la secuencia de funcionamiento es necesaria la instalación de un PLC telemecanique Zelio para realizar las etapas de clarificación, filtración y retro lavado de los filtros.

El tablero está diseñado para funcionar con un voltaje de 220 voltios trifásico y 220-110 v monofásico. A continuación, en la tabla 28, se muestran los costos de los equipos del prediseño propuesto versus la propuesta final para la planta de tratamiento.

Tabla 14. Costos de la Planta de Tratamiento

PROCESOS/ OPERACIONES		Valor del mercado para los equipos de acuerdo al prediseño propuesto. (Inc. IVA)	Valor ajustado, a los equipos disponibles en la empresa. (Inc. IVA)	Disponibilidad de materiales y equipos propios de la empresa.	Observaciones
Disminución de Temperatura y regulación del pH	Costo aproximado de la torre de enfriamiento	\$ 3.500	-		Se prescinde de este proceso en la propuesta final de la planta de tratamiento, ya que la regulación de la temperatura se la hará en tanque de homogenización
	Costo aproximado del tanque de homogenización	\$ 20.000	\$ 0	Dispone	Costo aproximado del tanque de refrigeración que dispone la empresa y puede ser usado en la operación de homogenización, es de \$10.500.

Remoción de Materia Orgánica por clarificación (DBO,DQO,SS T)	Costo aproximado del tanque de clarificación	\$ 25.000	\$ 4.000	Dispone Parcialmente	Se deben adquirir materiales y equipos para complementar a los tanques disponibles en la empresa, para el proceso de clarificación.
Aireación	Costo aproximado del tanque de aireación	\$ 16.000	-		Se prescinde de este proceso, en la Propuesta final de la planta de tratamiento.
Filtración	Costo aproximado del sistema de filtración	\$ 6.500	\$ 6.500	No dispone	
Desinfección	Costo aproximado del sistema de desinfección	\$ 650	\$ 650	No dispone	
Tratamiento de lodos	Costo aproximado de los lechos de secado	\$ 2.800	\$ 2.800	No dispone	
TOTAL		\$ 74.450	\$ 13.950		

Fuente: Procesadora de Alimentos

Elaborado por: José Alarcón

Se puede observar en la tabla 14, que los costos en el mercado de los procesos de tratamiento de la alternativa 4, necesarios para la operación de la empresa, ascienden a \$ 74.450, sin embargo si se considera los materiales y equipos que dispone la empresa, los costos de implementación de la Planta de tratamiento se reducirían a \$ 13.950.

Es importante mencionar, que en los costos del pre-diseño propuesto (alternativa 4), se incluye el valor del proceso de aireación, el mismo que puede prescindirse al obtener los resultados deseados únicamente con el proceso de clarificación.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En base a los resultados de este trabajo, expuestos anteriormente se puede concluir lo siguiente:

- “Los Pollos de San Bartolo” es una empresa dedicada al procesamiento y venta de pollos asados con sus respectivos menús, ubicada en la Av. Maldonado y Pungalá barrio San Bartolo, posee la acreditación al Sistema Único de Manejo Ambiental como Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable lo que le faculta entre otras actividades a realizar el seguimiento a actividades o proyectos dentro del ámbito de su competencia y jurisdicción territorial, de conformidad con el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente, lo que implica que la Empresa a encontrarse bajo su jurisdicción tiene la obligación de dar cumplimiento a lo establecido dentro del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Medio Ambiente. (Libro VI. Anexo 1), para las descargas de sus efluentes líquidos al Sistema de Alcantarillado Público.

De acuerdo al análisis de los monitores realizados a los efluentes líquidos de la empresa, se determinó que los parámetros que se encuentran fuera de la Norma son: la DQO, la DBO, los sólidos sedimentables y los sólidos suspendidos.

- La toma de muestras del agua residual se enmarcó dentro de las normas y métodos con un alto control de calidad, con la finalidad de asegurar la

confiabilidad de los resultados y fue realizada por un laboratorio acreditado por el OAE.

- Para obtener una muestra realmente representativa de las descargas liquidas durante todo el día se debe realizar un muestreo de tipo compuesto.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de la primera y segunda prueba, la dosis óptima del compuesto coagulante (Policloruro de Aluminio) que se debería administrar durante el tratamiento del efluente es de 250 mg/l.
- Para la propuesta de la planta de tratamiento de este proyecto, no se considera la dosificación del Floculante (Poliacrilamida), ya que al obtener el resultado deseado solo con la dosis de coagulante, no es necesaria su aplicación, evitando realizar gastos innecesarios durante la operación de la planta.
- De acuerdo a los resultados emitidos por el laboratorio, de las muestras tomadas de los ensayos de simulación de la planta de tratamiento, se concluye que los parámetros de DBO, DQO, sólidos suspendidos y sólidos totales han disminuido su concentración después de haber sometido las muestras de agua a los dos procesos simulados: Clarificación y Clarificación más aireación.
- La eficiencia de remoción obtenida en el proceso de clarificación simulado en el laboratorio es de 59.59%, siendo mayor que el porcentaje de eficiencia de remoción de los procesos de clarificación más aireación simulados, que es de 50.72%. Es por esta razón y con el fin de minimizar los gastos durante la implementación de la planta de tratamiento, se omite el proceso de aireación.

- La primera alternativa de tratamiento se compone por el proceso de clarificación y desinfección; como segunda alternativa tiene el mismo proceso acompañado con filtración; como tercera alternativa se planteó el proceso de clarificación y filtración acompañado con aireación y desinfección; y como cuarta alternativa en su primera instancia se compone de una torre de enfriamiento y reguladores de pH como acondicionamiento del agua previo el tratamiento clarificación, aireación, filtración y desinfección.
- En todas las alternativas antes descritas se obtiene como resultado del tratamiento de las descargas líquidas, la cantidad de lodos con altos contenidos de humedad que deben ser manejados antes de su disposición final, por lo cual se propuso en todas las alternativas implementar camas de secado de lodos.
- Las cuatro alternativas propuestas se encuentran acorde al objetivo deseado con respecto a la calidad del agua que debe tener, para que cumpla la normativa vigente previo a ser descargadas al sistema de alcantarillado, minimizando el impacto ambiental y evitando así futuras sanciones por el ente regulador.
- Para efectos del pre-diseño de la planta, se escogió la alternativa cuatro como propuesta óptima del tratamiento de las descargas líquidas de la empresa.
- La propuesta óptima (alternativa 4), consta de una torre de enfriamiento un tanque de homogenización con un sistema de ORP de regulación de pH, proceso de clarificación, aireación, filtración y desinfección, además para la deshidratación de los lodos, una cama de secado de lodos.
- Para los procesos/operaciones de disminución de temperatura, regulación de pH, y parte del proceso de clarificación se puede prescindir

de la compra de ciertos materiales, disminuyendo así los costos de inversión inicial, optimizando los recursos de la empresa.

- La propuesta final de la planta de tratamiento consta de 5 procesos/operaciones: Homogenización, Clarificación, Filtración Desinfección y Secado de lodos, que encuentran en función de costos de inversión inicial y costos de funcionamiento.
- Al considerar los materiales y equipos disponibles en la empresa que pueden ser adaptados en la implementación de la planta de tratamiento de la misma empresa, los costos disminuyen significativamente, en comparación a los costos que generaría adquirir en el mercado los procesos/ operaciones en su paquete total.
- Se puede concluir que el sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto para la empresa se trata de un conjunto de unidades de tratamiento, procesos químicos y operaciones físicas, que actúan conjuntamente, dando como resultados la disminución de la concentración de los parámetros DBO, DQO y sólidos suspendidos, manteniéndolos por debajo de los límites máximos permisibles establecidos. "Límites de descarga al sistema de alcantarillado público", del ANEXO 1, libro VI del Texto Único de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

4.2 Recomendaciones

- Se sugiere a la procesadora implementar la planta de tratamiento de las aguas residuales propuesta en presente proyecto de titulación, la misma que no solo ayudara a mantener los parámetros físico- químicos por debajo de los límites máximos permisibles para cumplir la normativa vigente, sino que también se estará aportando con el cuidado del recurso hídrico evitando que estos cada vez se siga contaminando más.
- Cualquiera que sea el sistema de tratamiento de descargas líquidas que opte la empresa, es importante considerar que además de los aspectos técnicos, los aspectos económicos son fundamentales durante la implementación, pudiéndose disminuir los gastos de inversión inicial con la reutilización de equipos y/o materiales que posea la empresa en desuso para las actividades propias.
- Se recomienda que una vez implementada la planta de tratamiento, se realice el mantenimiento y limpieza de los filtros de arena, dosificadores, tanque de homogenización y tanques de clarificación de acuerdo al manual básico de operación y mantenimiento. Asegurando la calidad del agua deseada a la salida de la planta.
- Una vez que la planta entre en funcionamiento continuo, realizar la caracterización de los lodos para su disposición final.

Referencias bibliográficas

- Appute. (6 de Julio de 2011). *Operaciones preliminares. Recepción de la materia prima*. Obtenido de <http://app.ute.edu.ec>: http://app.ute.edu.ec/content/3460-124-20-1-6-16/LECTURA1_SESION50001.pdf
- Bvsde, P. (21 de Abril de 2014). *Procesos de tratamiento de agua*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org>: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/inspecciones/lec6.pdf>
- Commons. (16 de Mayo de 2016). *Tratamiento del agua (tecnologías alternativas)*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org>: [https://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_del_agua_\(tecnolog%C3%ADas_alternativas\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_del_agua_(tecnolog%C3%ADas_alternativas))
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Artículo 26 y Artículo 343*. Montecristi: Registro Oficial.
- Creative. (22 de Noviembre de 2016). *Procesado de los alimentos*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org>: https://es.wikipedia.org/wiki/Procesado_de_los_alimentos
- Cruz, J. (30 de Junio de 2012). *Matanza de aves de manera industrial y manual*. Obtenido de <http://matanzadeaves.blogspot.com>: <http://matanzadeaves.blogspot.com/2012/06/etapas-del-proceso-de-faenamiento-de.html>
- De la Cruz, C. (19 de Octubre de 2015). *Periodismo y gastronomía*. Obtenido de <http://chinndelacruz.wordpress.com>: <http://chinndelacruz.wordpress.com/tag/municipalidad-del-rimac/>

Distrito Metropolitano de Quito. (2015). *Ordenanza Metropolitana 138*. Quito: Ministerio del Ambiente.

Espigares, M., & Pérez, J. (1 de Enero de 2007). *Aguas residuales. Composición*. Obtenido de <http://cidta.usal.es>: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

FAO. (3 de Marzo de 2013). *Revisión del desarrollo avícola*. Obtenido de <http://www.fao.org>: <http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>

García, J. (20 de Agosto de 2013). *Proceso de papas fritas*. Obtenido de <https://es.slideshare.net>: <https://es.slideshare.net/wearepanama/142015910-procesodepapasfritas>

Hidalgo, M., & Mejía, E. (4 de Abril de 2010). *Diagnóstico de la contaminación por aguas residuales domésticas*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1304/1/DiagnosticoContaminacionAguasResidualesDomesticas.pdf>

Hilleboe, H. (1980). *Manual de tratamiento de aguas negras*. México: Editorial Limusa.

Marsili, A. (2 de Diciembre de 2005). *Tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <http://www.tierramor.org>: <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>

Marsilli, A. (2005). *TIERRAMOR*. Obtenido de <http://www.tierramor.org>: <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>

Metcalf, E. (11 de 08 de 2001). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización*. Editorial Mc Graw Hill. Obtenido de Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización. Editorial Mc Graw Hill.: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamientoresiduales/tratamientoresiduales.html>

Ministerio del Ambiente. (4 de Mayo de 2015). *Reforma del libro VI del texto unificado de legislación Secundaria*. Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec>: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/acuerdo+061+reforma+libro+vi+tulsma+-+r.o.316+04+de+mayo+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>

Negrete, M. (2012). *Proceso Avícola. Maquinarias y equipos*. Cordoba: Programa de Ingeniería de Alimentos.

Nemerov, N. (20 de Marzo de 2014). *Etapas del proceso de tratamiento*. Obtenido de <http://tratamientodeaguasresiduales.net>: <http://tratamientodeaguasresiduales.net/etapas-del-tratamiento-de-aguas-residuales/>

OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Lima: Dirección de Ecología y Protección del Ambiente.

Pedroza, R. (3 de Agosto de 2011). *La importancia del procesamiento de los alimentos*. Obtenido de <http://www.hablemosclaro.org>: http://www.hablemosclaro.org/carrusel/c_alimentos.aspx#.WNcXFG81_IU

Pérez, F., & Camacho, K. (2011). *Tecnologías para el tratamiento de aguas servidas*. Poza Rica: Puxan.

Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Mexico: Reverte.

- Torres, F. (2014). *Estudio de factibilidad para la implementación de un restaurante de preparación de pollos asados en Horno de Barro en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Kennedy*. Quito, Ecuador: Instituto Tecnológico Cordillera.
- Viteri, M. (2013). *Mejoramiento del proceso de sacrificio de pollos de engorde*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Yáñez, F. (2013). *Criterios para la selección de procesos de tratamiento de aguas residuales*. México: CEPIS.
- Zapata, N., Hernández, M., & Oliveros, E. (2000). *Trabajo colaborativo sistema tratamiento de aguas residuales*. Manizales: Universidad de Manizales.

Anexos

Anexo 1. Fotografías de la empresa procesadora



Anexo 2. Generadores de efluentes líquidos en los procesos



Anexo 3. Pruebas en laboratorio





Anexo 4. Análisis de muestras en laboratorio





Anexo 5. Manual básico de operación y mantenimiento

Operación de la planta de tratamiento

Encendido de la planta.

Para su encendido es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Verificar nivel de tanque de homogenización.
2. Verificar existencia de químico coagulante.
3. Verificar que el clarificador este vacío
4. Verificar que la válvula de entrada de agua al clarificador este abierta.
5. Colocar en posición On el selector de las Bombas de alimentación
6. Verificar que la dosificadora esté cebada.
7. Verificar que las bombas estén cebadas.
8. Limpiar la cama de lodos

Funcionamiento de la planta

El funcionamiento de la planta viene explicado en los siguientes pasos:

1. Con el selector Bomba de alimentación en posición ENCENDIDO enciende las bombas de alimentación, espera que el radar de nivel máximo de la orden de apagado.
2. La bomba de alimentación se apaga y se enciende la dosificadora que envía el químico coagulante al sedimentador, luego de 3.5 minutos se enciende el motor reductor para realizar la mezcla, este proceso se realiza automáticamente.
3. Luego de 3,5 minutos se apaga en forma automática la dosificadora y luego de 3 minutos se apaga automáticamente el motor reductor.
4. Esperar 30 minutos para que coagule, flocule y sedimente el agua.
5. Luego automáticamente se abre la válvula de desfogue del clarificador y envía el agua al tanque de filtración.

6. Una vez lleno el tanque pulmón la bomba de filtración envía agua a los filtros automáticos, se filtra el agua y se enciende la dosificadora de hipoclorito de sodio para la desinfección.

Mantenimiento de la planta.

El mantenimiento de la planta incluye una purga de lodos diarios de los tres tanques de sedimentación. La limpieza de la planta se debe realizar al menos 1 vez a la semana, se incluye en la limpieza evacuación total del agua del tanque de homogenización de los tanques sedimentadores y tanque pulmón para la filtración.

Mantenimiento del filtro de arena.

- Este filtro de arena requiere de un retro lavado de 3 minutos por una hora de funcionamiento, cada unidad de manera alternada.
- Cambio de los lechos filtrantes cada 6 meses de funcionamiento.
- Epoxicado interior al menos 1 vez cada año

Mantenimiento de los dosificadores

- El mantenimiento se lo debe realizar por lo menos dos veces al año en lo que tiene que ver con válvulas y lubricación de reductor.
- Las válvulas se limpian con ácido diluido al 50% haciéndola succionar por 10 minutos con las perillas calibradas a la mitad.
- Cuando se realice esto la descarga de los dosificadores deben estar desconectados de la planta.
- Una limpieza general de la planta se debe realizar cada seis meses para optimizar su funcionamiento, esto incluye limpieza de tanque de homogenización, tanque de floculación y sedimentación.