



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

TEMA

“Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales Industriales para una empresa Empacadora y Exportadora de Camarón en la ciudad de Guayaquil”

THEME

“Design of an Industrial wastewater treatment plant for a Shrimp Packing and Exporting company in the city of Guayaquil”

AUTORES:

Jackson Vicente Sánchez Baque
Stuard Eugenio Román Ullauri

Director: Ing. Virgilio Ordoñez, Msc.

Guayaquil, Julio de 2020

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Ana Fabiola Terán Alvarado
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL



Ing. Virgilio Ordoñez, MSc.

Ing. Virgilio Alonso Ordoñez
DIRECTOR DE PROYECTO
TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Román Ullauri Stuard Eugenio, declaro que soy el autor de este trabajo de titulación titulado *“Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales Industriales para una empresa Empacadora y Exportadora de Camarón en la ciudad de Guayaquil”*. Los conceptos aquí desarrollados, los análisis realizados y las conclusiones del presente análisis, son de exclusiva responsabilidad del autor.



Román Ullauri Stuard Eugenio

C.C 0951211929

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Sánchez Baque Jackson Vicente, declaro que soy el autor de este trabajo de titulación titulado *“Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales Industriales para una empresa Empacadora y Exportadora de Camarón en la ciudad de Guayaquil”*. Los conceptos aquí desarrollados, los análisis realizados y las conclusiones del presente análisis, son de exclusiva responsabilidad del autor.

A handwritten signature in blue ink that reads "Jackson Sánchez". The signature is written in a cursive style with a large, stylized initial 'J'.

Sánchez Baque Jackson Vicente
C.C 0951211945

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES

Yo, **ROMÁN ULLAURI STUARD EUGENIO**, con documento de identificación **No.0951211929**, en calidad de autor (a) del trabajo de titulación titulado “**Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales Industriales para una empresa Empacadora y Exportadora de Camarón en la ciudad de Guayaquil**”, por medio de la presente, autorizo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR** a que haga uso parcial o total de este proyecto con fines académicos o de investigación.

Guayaquil, Julio del 2020



Román Ullauri Stuard Eugenio

C.C 0951211929

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES

Yo, **SÁNCHEZ BAQUE JACKSON VICENTE**, con documento de identificación **No.0951211945**, en calidad de autor (a) del trabajo de titulación titulada “**Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales Industriales para una empresa Empacadora y Exportadora de Camarón en la ciudad de Guayaquil**”, por medio de la presente, autorizo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR** a que haga uso parcial o total de este proyecto con fines académicos o de investigación.

Guayaquil, Julio del 2020

A handwritten signature in blue ink that reads "Jackson Sánchez". The signature is written in a cursive style with a large, stylized initial 'J'.

Sánchez Baque Jackson Vicente
C.C 0951211945

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **ING. VIRGILIO ORDOÑEZ, Msc.** En calidad de director del trabajo de titulación titulado **“Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales Industriales para una empresa Empacadora y Exportadora de Camarón en la ciudad de Guayaquil”**, desarrollado por los estudiantes Román Ullauri Stuard Eugenio y Sánchez Baque Jackson Vicente , previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su representación y aceptación como una obra autentica y de alto valor académico.

Dado en la Ciudad de Guayaquil, Julio del 2020



Ing. Virgilio Ordoñez, MSc.

Ing. Virgilio Ordoñez

DOCENTE DIRECTOR DEL PROYECTO TÉCNICO

Universidad Politécnica Salesiana - Guayaquil

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo y todo aquello que lograré, enteramente a mi familia, fuente de infinitas ganas por mejorar día a día. ¡Gracias Totales! Sin lugar a dudas, la familia lo es todo.

Stuard Eugenio Román Ullauri

AGRADECIMIENTO

A todos aquellos que creyeron en mí y me motivaron a seguir con paso firme durante todo este tiempo. Por lo que fue y por lo que viene, esta vida nos trae muchas maravillas, caídas, de todo un poco, pero debemos mantener la esperanza, esperanza de que siempre nos vamos a levantar, con Dios y por los seres que amamos.

Stuard Eugenio Román Ullauri

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo a mi familia y a todos aquellos que tienen metas por cumplir. ¡Vamos por más!

Jackson Vicente Sánchez Baque

AGRADECIMIENTO

A mis padres, pilares fundamentales, todo esto es por ustedes lo logré y lo hice por su amor incondicional. Los amo.

Jackson Vicente Sánchez Baque

RESUMEN

El siguiente trabajo técnico desarrolla en términos de la ingeniería el Diseño, desde la parte matemática, hasta la selección de los componentes más relevantes de una Planta de tratamiento de aguas residuales industriales. Este proceso se llevó a cabo con la autorización de la Empresa Empacadora y Exportadora de Camarón, en la ciudad de Guayaquil. Quienes no dudaron del trabajo y capacidades que tenemos aquellos que nos formamos en tan prestigiosa entidad de Educación Superior. Se estudió en todo momento el proceso que lleva a cabo la Empacadora desde la recepción de la Materia Prima, que en este caso es el camarón hasta su proceso final, el embarque. Con ello, identificamos que uno de los recursos de mucha relevancia en este negocio rentable a nivel mundial, el agua, tenía la oportunidad de ser re-utilizada, ya sea como instrumento de limpieza o ser almacenada para otros usos que aseguren la inocuidad del alimento en proceso hasta su almacenaje como producto terminado, con esto se reduce considerablemente potenciales riesgos en lo que respecta el uso no adecuado de este recurso natural.

La otra parte que más nos llenó de emoción, es que dicho proyecto será considerado para la nueva empacadora que se planea construir a futuro. A través de consultas con colegas, ingenieros y demás personas con experiencia en este prestigioso negocio, logramos realizar este documento que no solo servirá de apoyo para la construcción de la Planta de Tratamiento de aguas residuales, sino que también formará parte de futuras auditorías que realizarán en su momento las entidades reguladoras en la Actividad de esta empresa.

Este proyecto, trata de optimizar el flujo del agua, mejor dicho, del caudal que maneja la empresa, en función del volumen de producción de la misma. El refluo de esta sustancia, podría entre otras cosas, reducir costos e incluso serviría como referencia para la Plantilla de Costos de la empresa. Reduciendo el consumo de este recurso, o detectar cuando una anomalía se presente en la planta. El presente, registra los parámetros considerables a la hora de diseñar este tipo de plantas de tratamiento, recopilando consigo cálculos necesarios en la selección del proceso de tratamiento, y concluye con las recomendaciones más óptimas para la correcta implementación de la PTARI.

Palabras Claves: Diseño, Aguas residuales industriales, caudal, reactor, lodos activados, mantenimiento

ABSTRACT

The following technical work develops in terms of engineering the Design, from the mathematical part, to the selection of the most relevant components of an industrial wastewater treatment plant. This process was carried out with the authorization of the Empresa Empacadora y Exportadora de Camarón, in the city of Guayaquil. Those who did not doubt the work and skills that those of us who are trained in such a prestigious Higher Education entity have. The process carried out by the Packing Company was studied at all times from the reception of the Raw Material, which in this case is shrimp, until its final process, shipment. With this, we identified that one of the resources of great relevance in this profitable business worldwide, water, had the opportunity to be re-used, either as a cleaning instrument or be stored for other uses that ensure food safety. In process until it is stored as a finished product, this considerably reduces potential risks regarding the inappropriate use of this natural resource.

The other part that filled us the most with emotion is that this project will be considered for the new packing plant that is planned to be built in the future. Through consultations with colleagues, engineers and other people with experience in this prestigious business, we were able to produce this document that will not only serve as support for the construction of the Wastewater Treatment Plant, but will also be part of future audits that will be carried out. At the time the regulatory entities in the Activity of this company.

This project tries to optimize the flow of water, or rather, the flow that the company manages, depending on its production volume. The reflux of this substance could, among other things, reduce costs and would even serve as a reference for the company's Cost Template. Reducing the consumption of this resource, or detecting when an anomaly occurs in the plant. The present document records the considerable parameters when designing this type of treatment plants, compiling with it the necessary calculations in the selection of the treatment process, and concludes with the most optimal recommendations for the correct implementation of the PTARI.

Key Words: Design, Industrial wastewater, flow, reactor, activated sludge, maintenance

TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES	V
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES	VI
DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	VII
DEDICATORIA.....	VIII
AGRADECIMIENTO.....	IX
DEDICATORIA.....	XI
AGRADECIMIENTO.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN	1
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	2
CAPITULO I.....	5
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.2. GRUPO OBJETIVO (BENEFICIARIOS).....	6
1.3. Delimitación	6
1.3.1. Delimitación Temporal	6
1.3.2. Delimitación Geográfica	6
1.3.3. Delimitación Académica.....	7
1.4. OBJETIVOS.....	8
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	8
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.5. PROPUESTA DE SOLUCION.....	8
CAPITULO II	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1. Marco referencial teórico.....	10
2.2. Aguas residuales	10
2.3. Caracterización de las Aguas Residuales	13
2.4. Prueba.....	15
2.4.1. Prueba de Jarras	15

2.5. METODOLOGÍA.....	15
CAPITULO III.....	17
MARCO METODOLÓGICO.....	17
3.1. Tipo de investigación.....	17
3.2. Información General.....	17
3.2.1. Descripción del Proceso.....	17
3.2.1.1. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales STARI.....	18
3.2.1.2. Aguas residuales y desechos orgánicos.....	19
3.2.3. Resultados bases de partida.....	19
3.3. Metodología Empleada.....	20
3.3.1. Proceso de tratamiento de aguas residuales.....	21
CAPITULO IV.....	29
RESULTADOS 1.....	29
4.2. Balance de Masa.....	29
4.3. Diseño propuesto para la planta de tratamiento de aguas residuales industriales.....	31
4.3.1. Propuesta del sistema a aplicar.....	31
4.3.2. Trampa de Grasa.....	32
4.3.3. Sistema de Homogenización y oxigenación.....	33
4.3.4. Sistema de Coagulación-Floculación-Sedimentación.....	33
4.3.5. Reactor Biológico (Lodos Activados).....	34
4.3.6. Filtración por presión.....	35
4.3.7. Consideraciones para realizar el diseño.....	36
4.4. Parámetros de diseño y características del efluente.....	36
4.5. Memoria de cálculo de los componentes del sistema de tratamiento.....	37
4.5.1. Trampa de grasa y aceites.....	37
4.5.2. Homogenización.....	39
4.5.3. Sistema de coagulación-floculación-sedimentación.....	44
4.5.5. Filtración.....	52
11. Decantación secundaria.....	68
RESULTADO 2.....	69
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.....	69
I. Introducción.....	69
II. Objetivos.....	71
1. Sistema de tratamiento.....	71
1.1. Descripción del sistema.....	72

1.1.1.	Tanque homogenizador	73
1.1.2.	Tanque coagulador-floculador-sedimentador	73
1.1.3.	Filtración	74
1.1.4.	Reactor de lodos activados	74
1.1.5.	Clarificador.....	74
1.1.6.	Lecho de Secado de Lodos.....	75
2.	Manual de operación y mantenimiento.....	75
2.1.	Arranque y puesta en marcha	75
2.1.1.	Procedimiento para el arranque del sistema físico-químico.....	75
2.1.2.	Operación de los filtros de presión.....	77
2.1.3.	Procedimiento de arranque de los sopladores	79
2.1.4.	Difusores de burbuja fina	79
2.1.5.	Lechos de secado.....	80
2.1.6.	Sistema para el arranque y puesta en marcha de la planta.	81
2.1.7.	Observaciones generales	81
2.1.8.	Análisis recomendados para la operación de la planta.....	83
2.2.	Mantenimiento.....	83
2.2.1.	Programas de mantenimiento preventivo.....	85
2.2.2.	Mantenimiento de la trampa de grasa	85
2.2.3.	Mantenimiento de la bomba sumergible	86
2.2.4.	Mantenimiento del blower	87
2.2.5.	Mantenimiento para bomba centrífuga	88
2.2.6.	Mantenimiento de las membranas.....	89
2.2.7.	Mantenimiento de Unidades, Equipos y Accesorios.....	89
2.3.	Fichas de Control de Equipos y Unidades.....	92
2.4.	Problemas comunes y sus soluciones.....	95
2.4.1.	Operación normal	95
2.4.2.	Bloqueo en los difusores o líneas de aire.	96
2.4.3.	Aireación excesiva	96
2.4.4.	No hay retorno de lodos.	97
2.4.5.	Otros problemas	98
2.4.6.	Desocupado de la planta.....	98
2.5.	Extracción de lodos	98
2.6.	Lechos de secado de arena.....	99
2.7.	Inspecciones periódicas	99
2.7.1.	Revisiones al efectuar visitas.	99

2.7.2.	Resumen de controles para la operación del sistema	100
2.8.	Control de visitas	101
2.9.	Labores del operario	102
3.	Dimensionamiento de obras complementarias	102
3.1.	Estructura para monitoreo y medición de caudales	102
3.1.1.	Puntos de monitoreo.....	103
3.1.2.	Medición de caudal	103
4.	Control de olores en la PTARI.....	106
4.1.	Medidas de mitigación	107
4.1.1.	Medidas preventivas.....	107
4.2.	Métodos microbiológico.....	¡Error! Marcador no definido.
5.	Perfil del operador de la PTARI	108
5.1.	Funciones propias del cargo	108
5.2.	Ocupaciones.....	109
5.3.	Competencias genéricas	110
5.4.	Competencias específicas	111
5.5.	Formación reglada recomendable.....	112
6.	Manejo de lodos	112
6.1.	Registro de la cantidad y calidad de lodos	113
7.	Procedimiento de operación en la PTARI en caso de fallas fortuitas.....	113
8.	Plan de contingencias.....	116
8.1.	Cortes de energía eléctrica.....	116
8.2.	Emisión de ruidos	116
8.3.	Emisión de olores	117
8.4.	Obstrucciones en la operación de la planta	117
8.5.	Planta de tratamiento	118
CONCLUSIONES		119
RECOMENDACIONES		121
BIBLIOGRAFÍA.....		122
ANEXOS.....		126

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de planta.....	7
Figura 2 Prueba de jarras.....	21
Figura 3 Muestra de Agua Cruda	23
Figura 4 Equipo de Jarras	23
Figura 5 Muestra Clarificada.....	24
Figura 6 Gráfico Balance.....	29
Figura 7 Flujo PTARI.....	32
Figura 8 Característica de la bomba sumergible	43
Figura 9 Curvas de rendimiento	44
Figura 10 Agitador tipo turbina.....	46
Figura 11 Dimensiones del tanque floculador sedimentador, baffles y sistema de agitación.....	47
Figura 12 Potencia para la agitación de impulsores sumergidos en líquidos de una sola fase con una superficie gas/líquido.....	48
Figura 13 Turbina Rushton de 6 palas.Fuente: Simulación de una turbina mediante CFD FLUENT .	51
Figura 14 Medidor de pH/pH& ORP Controlador/sensor de pH.....	52
Figura 15Filtro de grava y arena.....	52
Figura 16 Características de la bomba para filtro de grava y arena.....	54
Figura 17 Memoria de cálculo del reactor biológico.....	54
Figura 18 Blower VFC 80 Ring Compresor.....	66
Figura 19 Difusor de burbuja fina	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Balance de Masas	8
Tabla 2 Parámetros	9
Tabla 3 Parámetros Físicos - Químicos del efluente.....	19
Tabla 4 Resultados de la muestra de agua cruda	24
Tabla 5 Resultados de la muestra de agua clarificada	25
Tabla 6 TEST DE JARRAS	25
Tabla 7 Pruebas (Valores)	29
Tabla 8. Balance de Masa tanque coagulador-floculador-sedimentador	30
Tabla 9 Balance de Masa Reactor de lodos activados	30
Tabla 10 Parámetros de descarga y LMP – Límite Máximo Permitido	37
Tabla 11 Dimensiones de trampa de grasa según el caudal.....	39
Tabla 12 Propiedades físicas del agua	50
Tabla 13 Valores de coeficientes K_L y K_T	51
Tabla 14 Características de los filtros de grava y arena	53
Tabla 15 Relación entre la edad del fango Θ_C y las concentraciones de la DBO de salida y S.S en el agua depurada.....	56
Tabla 16 Valores normales de diseño para los diferentes procesos de fangos activos	57
Tabla 17 Valores Típicos de los coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados. (Metcalf & Eddy. 1991)	57
Tabla 18 Coeficientes A y B para el cálculo de las necesidades de oxígeno	59
Tabla 19 Valores de C_S en función de la temperatura T.....	61
Tabla 20 Valores del coeficiente K_{β}	63
Tabla 21 Parámetros de la decantación secundaria (Fuente: Manual de Diseño de Estaciones depuradoras de Aguas Residuales).....	68

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Terreno Frigoexport C.A.....	127
ANEXO 2 Datos de Inscripción de Propiedad	128
ANEXO 3 Planos Implantación General.....	129
ANEXO 4 Planos PTARI.....	130
ANEXO 5 Registro de Efluente	132
ANEXO 6 Especificaciones Técnicas	133

INTRODUCCIÓN

La memoria Técnica de diseño que a continuación se detalla, se refiere al sistema de tratamiento de aguas residuales que se desea implementar en la empacadora de mariscos FRIGOEXPORT C.A. El estudio comprende los diseños definitivos solamente la evacuación de las aguas residuales generadas en el proceso industrial.

FRIGOEXPORT C.A Es una empresa privada que se constituyó en el año 2011 siendo una empresa joven ha incursionado con éxito en el procesamiento y empaqueo de camarón para la exportación, dándose a conocer al exterior por sus excelentes productos y estrictos controles de calidad, lo que le ha permitido diversificar su cartera de clientes y exportar sus productos.

Las actividades de las empacadoras de camarón, entre otros productos del mar, se encuentran circunscritas dentro de las actividades acuícolas y pecuarias de acuerdo a los reglamentos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, así como dentro del Ministerio del Ambiente.

Las actividades acuícolas en base al marco referencial, se encuentra en la Ley de Gestión Ambiental publicada en el Registro Oficial No. 418 del 10 de septiembre de 2004 que establece que el Ministerio del Ambiente es la apelación rectora, coordinadora y reguladora interiormente del área ambiental. El Capítulo II de la misma Ley en el Art. 19 establece que:

“Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.” (Codificación, 2004)¹

Este Proyecto trae consigo la Gestión y el trabajo en equipo de varios departamentos inmersos en la Actividad Económica de la Compañía, incluso el tema abarca varios campos de la Ingeniería y de la Administración.

¹ enlace.17d07.mspz9.gob.ec › promo › saludambiente

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Variable: Representa a aquello que está sujeto a algún tipo de cambio o que puede variar. Se trata de algo que se caracteriza por ser inconstante, inestable y mudable. En otros términos, una variable es un símbolo que puede permitir poder identificar a un elemento no especificado dentro de un determinado grupo.

Control: Es el proceso para poder verificar el desempeño de distintas funciones de una organización o áreas. El control puede permitir tomar acciones correctivas cuando sea necesario. Usualmente conlleva una comparación entre un rendimiento observado y un rendimiento esperado, para así poder verificar si se están cumpliendo los objetivos de forma eficiente y eficaz.

Unidad de Tratamiento de Agua Residual: Es la reducción o eliminación completa o gradual de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean de abastecimiento, bien sean naturales, de proceso o residuales, en el caso de las urbanas, que serían las aguas negras. Los procesos pueden variar en función tanto de las propiedades de las aguas al inicio como de su destino final.

Pretratamiento: Los pretratamientos de aguas residuales pueden implicar la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de las aguas residuales para poder realizar sus descargas bien en los receptores o para pasar a un tratamiento secundario por medio de neutralización u homogeneización.

Tratamiento Primario: Los sistemas de tratamiento primarios son muy sencillos en la limpieza del agua y “tienen como función poder preparar el agua, limpiándola de todas aquellas partículas cuyas dimensiones puedan obstruir o dificultar los procesos consecuentes.”. Estos tratamientos se identifican así, las mallas de barreras o el cribado, flotación o eliminación de grasas y la sedimentación.

Tratamiento Secundario: El tratamiento secundario de depuración se constituye en una serie de importantes procesos de naturaleza biológica de tratamiento de las aguas residuales que pueden tener en común la utilización de microorganismos (entre las que pueden destacar son las bacterias) para poder llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutricionales (N y P).

Tratamiento Terciario: El tratamiento terciario puede formar parte del proceso de depuración de una EDAR. El papel de rol significativo de este tratamiento en todo el procesamiento de depuración es el de poder higienizar y lograr la absoluta adecuación del agua para el consumo urbano y aplicaciones industriales que requieran la máxima purificación del agua.

Población: Es un grupo el cual está formado por las personas que viven en un determinado lugar o incluso en el planeta en general. También puede referirse a aquellas edificaciones y aquellos espacios de una localidad u otra división política, y hace referencia a las acciones y las consecuencias de poblar.

Desarrollo Urbano: Es el proceso de transformación, por medio de la consolidación de una adecuada ordenación territorial en sus aspectos físicos, sociales y económicos, y un cambio estructural de los asentamientos humanos en los centros de población (urbana o rural), lo cual están encaminados a la conservación y protección del medio ambiente, de incentivos para que las empresas puedan invertir en tecnología encaminado a un desarrollo sustentable, a la promoción de servicios de las ciudades en condiciones de funcionalidad, y para poder mejorar en la calidad de vida de la población.

Desarrollo económico: Se basa en crear riqueza con el único fin de poder mantener la prosperidad o bienestar social y económico de sus habitantes. Se piensa en el desarrollo económico como el resultado de los saltos cualitativos dentro de un sistema económico lo cual facilita las tasas de crecimiento que se han mantenido altas en el tiempo y que han podido mantener procesos de acumulación del capital.

Calidad del agua: Se refiere a las características de radiológicas del agua, físicas, biológicas y químicas.

Temperatura: Es una magnitud que mide el calor que un cuerpo o posee el nivel térmico. Toda sustancia en determinado estado de agregación (líquido, sólido o gas), está constituida por moléculas que se puede encontrar en un continuo movimiento. La suma de las energías de todas las moléculas del cuerpo se puede conocer como energía térmica; y la temperatura es la medida de esa energía promedio.

Residuos orgánicos: Son el conjunto de desechos biológicos que son producidos por los seres humanos, y otros seres vivos que producen estos desechos biológicos a través de material orgánico.

Contaminación ambiental: Se refiere a la presencia de agentes externos de origen ya sea físico; químico o biológico, que pueden afectar la integridad de la naturaleza, así como también puede afectar a los seres vivos del planeta.

Aguas residuales: El tratamiento de aguas residuales se basa en eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua a través de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos.

Aguas residuales domésticas: Son producto que producen un nivel de contaminación al agua en la cual se manifiesta por medio de la presencia de sólidos, desechos orgánicos, jabones, detergentes, y grasas, lo que puede precisar de un proceso para su eliminación.

Aguas residuales industriales: El tratamiento de aguas residuales de origen industrial incluye el mecanismo y proceso que es usado para poder tratar las aguas residuales que han sido contaminadas por algún medio o por actividades de origen antropogénico comercial o industrial y luego son liberadas al medio ambiente o reutilizados.

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La generación de aguas residuales de las empresas es el aspecto ambiental más representativo de las actividades que se generan en el sector alimenticio, tanto por la carga contaminante asociada a estas mismas actividades como por los altos volúmenes producidos.

Las principales corrientes parciales que más logran aportar en carga contaminante y/o volumen proceden de:

- Limpieza de equipos, escaldado de producto, instalaciones, limpieza del propio producto, limpieza de líneas. Contribuye una parte primordial del volumen del efluente final.

En referencia a la carga contaminante que se producen, provienen de restos de materia prima como también de restos conservas de los procesos de limpieza o cocción del producto.

- Limpieza de transporte de materia prima.

Las cargas de los contaminantes pueden modificarse de una instalación a otra y en ciertos casos mostrar valores diferentes a los anteriores. Las causas de la variabilidad en las características de estos efluentes son múltiples, siendo así:

- El grado de optimización del consumo de agua.
- Los procedimientos de limpieza y productos químicos utilizados, CIP de limpieza.
- La tecnología utilizada en las operaciones consumidoras de agua, básicamente.
- Limpieza de la materia prima y cocción.

El alto consumo de H₂O se debe esencialmente a la necesidad de sostener unos exigentes estándares higiénicos y sanitarios, para fines de auditoría, además de la cocción del producto. Esta agua suele tener la característica de mostrar un alto contenido de carga contaminante en forma de DQO y DBO₅, como consecuencia de la presencia almidones disueltos con una biodegradabilidad muy alta. (Industriales, 2019)

La instalación específica de tratamiento de estos efluentes, suele estar conformada por los siguientes temas:

- Desbaste
- Homogeneizador
- Tratamiento Biológico
- Decantadores o membranas (MBR)

- Secado de fangos

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Frigoexport C.A al constituirse como una Empresa nueva, subsidiaria del Grupo Castillo. Requiere el diseño de varios sistemas dentro de su infraestructura para el correcto desarrollo de sus actividades y por mandato de Entidades Reguladoras del Cantón, es requisito constar con un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales. Por ello, se nos ha permitido ejecutar este planteamiento. Como estudiantes de ingeniería, el desarrollo de este proyecto se entregará a la Compañía, y ella decidirá la implementación del mismo y su ejecución.

1.2. GRUPO OBJETIVO (BENEFICIARIOS)

Los principales beneficiarios en la elaboración de un Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas residuales para la empresa ya antes mencionada, son los autores de este proyecto técnico, ya que por medio de este proyecto podrán lograr obtener el título de la carrera de Ingeniero Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, con la ayuda de los conocimientos que han sido adquiridos durante su formación profesional. También de manera subjetiva la Empresa obtendrá este proyecto documentado, el cuál fue tratado con La Gerencia de la Compañía, y la decisión por parte de ellos para apoyar la idea de este Proyecto, al haber sido miembros de la Universidad Politécnica Salesiana, en calidad de exalumnos.

1.3. Delimitación

1.3.1. Delimitación Temporal

El proyecto técnico fue desarrollado a principios del mes de octubre del año 2019 y a finales del mes de marzo 2020, el diseño fue presentado ante la Gerencia de la Compañía, con el fin de tener el documento y su respectivo manual de mantenimiento.

1.3.2. Delimitación Geográfica

La Empresa FRIGOEXPORT C.A, se encuentra localizada en la Av. Casuarina y Tulípanes Avenida 24 NO, Mz. 9 Solar 16, a la altura del KM 9.5 Vía a Daule, Parroquia Tarqui del Cantón Guayaquil – Provincia del Guayas.



Figura 1 Ubicación de planta
Fuente: Autores

1.3.3. Delimitación Académica

Para el desarrollo de este proyecto se requiere la orientación de varios conocimientos adquiridos de las materias presentadas en la malla de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil.

- Fundamentos de Materiales
- Ingeniería de Métodos
- Probabilidad y Estadística
- Producción
- Mantenimiento
- Supervisión Industrial
- Administración de Proyectos
- Transferencia de Calor y Fluidos
- Resistencia de Materiales
- Química
- Dibujo Técnico

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, que permita cumplir el requisito establecido por International Water Services (Interagua)

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el estudio necesario y competente para el diseño de nuestra PTARI (Planta de Tratamiento de Aguas residuales)
- Identificar el balance de masa que genera la Empresa para lograr el objetivo estudio y diseño.
- Precisar el beneficio para la aplicación del Proyecto a la empresa.
- El Re-uso del Agua Tratada. Existen actividades en las que no se requiere usar agua potable exactamente y que se pueden realizar con agua tratada, sin ningún riesgo a la salud.

1.5. PROPUESTA DE SOLUCION.

Con el fin de obtener beneficios de ambas partes, el proyecto se llevará a cabo en conjunto con la Compañía. Sin embargo, esta nos dio la facultad de poner este proyecto para la obtención de nuestro Título Universitario. Además de tener la Planta Empacadora sin este Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, el proyecto se enviará para su aprobación a las entidades para su evaluación y aprobación por parte de la Gerencia de la Compañía.

El objetivo del Proyecto previo estudio de diversos parámetros, el más importante el caudal que posee la planta procesadora de alimentos, es lograr mantener los siguientes valores, acorde al Balance de Masas tomado de la planta FrigoExport C.A

Tabla 1 Balance de Masas

ppm	%	ppm	mg/lit	Caudal	48	m3/día
10000	1	1	1		4000	Lts/h

Fuente: Autores

La siguiente tabla muestra los resultados a obtener mediante el correcto diseño de la planta, los datos son tomados en relación de la Planta Hermana Frigopesca C.A

Tabla 2 Parámetros

BALANCE DEL SISTEMA	Entrada area de filtración	Intermedia	Salida area de filtración	Caja de registro	Kg/lit/h procesados en el sistema	Acumulación dentro del sistema
PH	7.9	8.1	7.8	7.5		
TEMPERATURA °c	22	22	22	22		
Aceites y grasas Kg/lit/h	0.0144	0.128	0.084	0.1	-0.0856	0.0856
DBO5 Kg/lit/h	3.52	44	26.68	50.68	-47.16	47.16
DQO Kg/lit/h	5.84	54	56.6	100.8	-94.96	94.96
SDT Kg/lit/h	11.684	65.28	100.28	106.36	-94.676	94.676
SST Kg/lit/h	0.576	9.36	9.44	4.64	-4.064	4.064
Fosfatos PO4 Kg/lit/h	0.004	0.052	0.064	0.08	-0.076	0.076
Nitratos NO3 Kg/lit/h	0.0008	0.006	0.0088	0.0108	-0.01	0.01
Fosforo Total Kg/lit/h	0.008	0.072	0.076	0.092	-0.084	0.084
Nitrogeno total Kg/lit/h	0.0048	0.04	0.028	0.032	-0.0272	0.0272
Coliformes fecales NMP/100ml	600	910	1050	960		
Coliformes totales NMP/100ml	2680	4600	5400	4900		
Oxígeno disuelto Kg/lit/h	0.0052	0.0052	0.0064	0.006	-0.0008	0.0008
Carga contaminante Kg/h	3.527	4.409	2.685	5.09	-1.56	1.56

Fuente: Autores

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco referencial teórico

Las Plantas de Tratamiento son un grupo de procedimientos unitarios y operaciones de origen físico-químico o biológico, o combinación de ellos que están envueltos por manejo de fluidos y fenómenos de transporte. (Marquez, 2018)

Operaciones Unitarias Físicas: Las operaciones unitarias físicas son aquellas operaciones donde no se involucra ninguna reacción química.

Operaciones o Procesos Químicos: Las operaciones o procesos químicos se generan cuando ocurren reacciones químicas.

Operaciones o Procesos Biológicos: Las operaciones o procesos biológicos se generan cuando se involucran reacciones biológicas o bioquímicas.

Objetivos del Tratamiento de las Aguas Negras: Tiene la finalidad preservar la salud del medio que nos rodea y para lograrlo es necesario:

- Primero es la eliminación de los agentes bacterianos patógenos que contienen las aguas negras.
- Después es la estabilización de toda materia orgánica que esté presente en las aguas negras.
- Por último, evitar la contaminación de todos los cuerpos receptores presentes, favoreciendo así la flora y la fauna en el medio.

2.2. Aguas residuales

Etapas del tratamiento de las aguas residuales:

Tratamiento Preliminar: Es el tratamiento donde se trasladan los sólidos de gran tamaño y las arenas vigentes en las aguas negras. Se tiene conocimiento que también se lo conoce como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales que logran producir daños al funcionamiento de los equipos involucrados en las diferentes operaciones y procesos que conforman el sistema de tratamiento.

Tratamiento Primario: Es el tratamiento donde se traslada una fracción los sólidos sedimentables y en suspensión por medios físicos y/o químicos. El Efluente del tratamiento primario puede sostener una cantidad elevada de materia orgánica y también una DBO elevada.

Tratamiento Secundario: Es el tratamiento donde ocurre un cambio entre la materia orgánica biodegradable por la acción biológica en materia estable. Está especialmente diseñado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos, en algunos sucesos se incluye desinfección en esta etapa.

Tratamiento Terciario o avanzado: Son tratamientos complementarios, que prolongan a los tratamientos secundarios convencionales, compuestos tóxicos, excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión y para la eliminación de nutrientes.

Tratamiento Preliminar: Dicho tratamiento el cual está basado en las medidas las cuales se usan para la preparación de las aguas residuales para inicializar el tratamiento, con ellas se consigue la remoción de los sólidos y de las arenas para proteger las bombas eléctricas y otros equipos del sistema en relación a la planta de tratamiento, y también se busca dar una mejor presencia estética de las aguas. Se conoce al tratamiento como desbaste.

El desbaste es una operación unitaria física empleada para remover sólidos de gran capacidad, que logren alterar el funcionamiento normal de las unidades consecutivas, o ya sea que se deseen utilizar como unidades recuperadoras de subproductos.

Durante esta etapa del tratamiento se usan los siguientes equipos o accesorios:

- Rejas gruesas
- Rejas medianas
- Rejillas
- Cedazos finos
- Desarenadores
- Trituradores
- Micro filtros.

Existe una separación entre las barras que forman las rejillas por lo cual se pueden clasificar en:

- **Rejas Gruesas:** Se basa en las separaciones entre barras $d=5\text{cm}$, con una inclinación de las barras de un ángulo con la horizontal de 30° .
- **Rejas Medianas:** Se basa en las separaciones entre barras $d=2$ a 5 cm , con una inclinación de las barras de un ángulo con la horizontal de 45° .
- **Rejillas:** Se basa en las separaciones de barras $d=1$ a 2 cm , con una inclinación de las barras de un ángulo con la horizontal de 70° .
- **Cedazos Finos:** Son rejillas en la cual incluye una separación del orden de $1/4''$ a $1/32''$ (6mm a 1mm de separación) y también del orden de $3/16''$ a $3/32''$ (5mm a 2.5mm de abertura).
- **Desarenadores:** Son tanques de flujo continuo que se usan para separar arenas, y otros sólidos discretos de densidad superior a la del líquido cloacal, que por su naturaleza interfieren en el mantenimiento y operación de las unidades, por lo cual evitan la paralización del sistema por fallas en las bombas.
 - Los tanques desarenadores deben ser diseñados de tal manera que se separen las arenas del líquido residual, pero sin remover los sólidos orgánicos que están suspendidos en el agua. El parámetro primordial para el diseño de los tanques desarenadores se basa en la velocidad horizontal del flujo a través de la unidad que debe estar entre 0.15 y 0.3 [m/s] independientemente de las variaciones de gastos, para poder garantizar su funcionamiento adecuado.
- **Trituradores:** Los trituradores se colocan después de los desarenadores, por lo cual se espera un volumen apreciable de sólidos duros con el único fin de desmenuzarlos para la protección de las estaciones de bombeo u otras unidades de la planta de tratamiento que necesiten o requieran dicha protección. Los trituradores se basan en los cilindros giratorios ranurados por lo cual pasa el líquido cloacal, donde

los sólidos son cortados por engranajes dentados, disminuyendo su tamaño o su capacidad.

La operación de limpieza de estas unidades de desbastes puede destacarse de forma manual o mecánica.

2.3. Caracterización de las Aguas Residuales

Las aguas residuales deben ser conducidas a cuerpos de agua receptores o al mismo terreno. Por lo cual es necesario conocer los contaminantes presentes en estas aguas con el fin de aplicar un tratamiento adecuado que evite la contaminación de los cauces y la degradación.

Los parámetros más importantes en la caracterización de aguas residuales son:

PH: Indica la acidez o basicidad del agua. Parámetro de calidad muy importante e indispensable, ya que el rango de pH que se necesita para la existencia de la actividad biológica es bastante estrecho y crítico. El pH tiene una gran influencia en los fenómenos de corrosión.

Temperatura: Este parámetro regula la actividad biológica, además que afecta a un gran número de reacciones que se producen en el agua e influye en la solubilidad de las sustancias del agua.

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Es la cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos en la oxidación bacteriana de la materia orgánica biodegradable contenida en una muestra de agua.

Demanda Química de Oxígeno: Es la cantidad de oxígeno consumido por la oxidación química de sustancias orgánicas (y algunas inorgánicas) contenidas en el agua analizada.

Sólidos Suspendidos Totales: Es la materia que se obtiene como residuo tras someter un volumen conocido de agua a un proceso de evaporación a 103 – 105° C.

Aceites y grasas: La presencia de aceites y grasas en las aguas residuales puede provocar problemas tanto en la red de alcantarillado como en las plantas de tratamiento.

Dicho problema se puede solventar con la introducción de sistemas de desengrasado en las plantas de tratamiento de aguas.

Nitrógeno: La presencia de valores elevados de formas oxidadas de nitrógeno (nitritos y nitratos) es una indicación de vertidos industriales a la red de alcantarillado.

Fosfatos: La concentración de fosfatos en un agua natural es importante para poder evaluar el riesgo de eutrofización. En si este elemento suele ser el factor limitante en los ecosistemas para el crecimiento de los vegetales, y también con un gran aumento de su concentración puede provocar la eutrofización de las aguas. (Proquilim, 2016)

PARÁMETROS	UNIDADES	LÍMITES DESCARGA CUERPO AGUA DULCE
pH	-	05-09
TEMPERATURA	°C	35 máx.
SOLIDOS SUSPENDIDOS	Mg/l _t	<100
DBO5	MgO2/l _t	<100
DQO	MgO2/l _t	<250
ACEITES Y GRASAS	Mg/l _t	<0.3
CAUDAL	M3/h	-
FOSFATOS	Mg/l _t	-
NITRATOS	Mg/l _t	-
NITRITOS	Mg/l _t	-
TENSOACTIVOS – DETERGENTES	Mg/l _t	Menor a 0.5

Imagen 1

Fuente: Límites de descarga

De acuerdo al libro VI Anexo I de Norma TUSLMA las aguas residuales industriales no deben sobrepasar las concentraciones máximas admitidas de las sustancias.

2.4. Prueba

2.4.1. Prueba de Jarras

Es un procedimiento común de laboratorio para poder lograr determinar las condiciones óptimas de funcionamiento para el tratamiento de aguas residuales. Este método puede permitir realizar los ajustes en el pH, también puede permitir realizar variaciones en la dosis de polímero o coagulante, en la cual puede ir alternando velocidades de mezclado, o la prueba de coagulante o diferentes tipos de polímeros, a pequeña escala con el único fin de predecir el funcionamiento de una operación a gran escala de tratamiento. Permite simular los procesos de floculación y coagulación que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conducir a problemas de turbidez y olor.

2.5. METODOLOGÍA.

En base a los conocimientos adquiridos tanto científicos como técnicos, y sobre todo en relación a la base legal vigente, se procederá al diseño del sistema modular para el tratamiento de aguas residuales de Empacadoras de Camarón, considerando la realización de pruebas de tratabilidad.

El diseño constará desde cálculos a la identificación de cada uno de los componentes de la Planta, tales como:

- Tanque de Homogenización
- Tanque coagulador
- Tanque Floculador
- Tanque Sedimentador
- Reactor de Lodos Activados

Para la evaluación de la calidad física química se consideran los siguientes parámetros:

1. DQO
2. DBO₅
3. pH
4. Sólidos Suspendidos Totales

5. Temperatura
6. Tensoactivos
7. Aceites y grasas
8. Fosfato
9. Nitrato
10. Sólidos Disueltos Totales

Para poder desarrollar el diseño de la automatización se realizarán los siguientes pasos:

1. Se identificarán las variables
2. Se establecerán los rangos donde van a interactuar
3. Se identificarán los equipos apropiados
4. Se diseñará el sistema
5. Se realizará las pruebas

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

El proyecto técnico se realizará mediante la propuesta del Diseño basado en los respectivos cálculos y datos necesarios que requiere la Empacadora para la implementación de este recurso.

Por ello el tipo de investigación que se aplica en el presente trabajo tiene como base la investigación descriptiva, teórica y sustentada bibliográficamente, por ello la recolección de datos como el conjunto de parámetros que deben sostenerse como límite en el Flujo del Proceso de Empaque del Camarón, es indispensable para evitar cualquier tipo de inconveniente a nivel de Calidad del producto terminado, y por ende en cada línea del Proceso antes mencionados.

3.2. Información General

Nombre y Razón Social de la Empresa	FRIGOEXPORT C.A
Nombre del Representante Legal	Ing. Héctor Luis Castillo Cortez
Tipo de Industria	Procesadora, Empacadora y Exportadora de Mariscos
RUC	0992976748001
CIU	D 1512.02 Crustáceos y Moluscos sin envasar congelados (langostinos y camarones)
Código Catastral	60-0009-016-0000-0-0
Dirección	Km 9.5 Vía a Daule, Av. Casuarina y Tulipanes, Mz. 9 Solar 1
Teléfono	0981205790

3.2.1. Descripción del Proceso

Las operaciones de procesamiento de camarón se basan en las siguientes fases:

- a. Recepción de la materia prima: La materia prima viene en vehículos de las diferentes camaroneras que se encuentran en el litoral ecuatoriano. El objetivo de

esta etapa es verificar la temperatura y calidad del producto. En base a un análisis organoléptico el producto puede ser aceptado para el respectivo proceso o ser completamente rechazado por parte de la Empacadora de Camarón.

- b. Descabezado y/o pelado: Esta operación es completamente manual y depende de la pericia del personal asignado para esta tarea. El rendimiento promedio de una persona es de 11 lb/h. El principal objetivo de esta etapa es retirar la cabeza y el exo-esqueleto del camarón, de diversas tallas.
- c. Clasificación: Al igual que la etapa anterior, esta es realizada manualmente y su objetivo es agrupar camarones por tamaño y especie.
- d. Enhielamiento: El hielo es comprado en procesadoras de hielo en escamas externas, una vez hecho y el producto es aplicado al haber pasado por las fases anteriores y esté listo para poder ser almacenado o despachado.
El objetivo de esta etapa es mantener, evitando melanosis, la temperatura del producto para asegurar inocuidad y calidad del mismo.
- e. Almacenamiento: El almacenamiento es temporal y no es mayor a la duración de un turno normal de trabajo. Esta fase se cumple principalmente cuando el producto procesado tiene que esperar a los camiones que hacen su retiro final.
- f. Despacho final: A contenedores de exportación. La responsabilidad de la procesadora es asegurar las condiciones de transporte en cuanto a la limpieza y capacidad para mantener la cadena de frío. (Cortez, 2019)

3.2.1.1.Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales STARI

El STARI, es una unidad de transformación de los efluentes industriales, en la cual se define como unidades de transformación de la materia orgánica y eliminación de la misma. Están compuestas por unidades únicamente aisladas, cuyo objetivo primordial es la de preservar algún o varios recursos naturales, por obligación legal y Municipal, la presión de las Autoridades Ambientales a nivel provincial y en la mayoría de los casos nacionalmente.

Pero desde otro punto de vista a manera global representan el principio y el fundamento del sistema digestivo del mundo, de este gran hormiguero de los seres humanos.

Las aguas residuales presentan cada una, ciertas características muy particulares que logran a determinar qué caso es necesario para cada tipo de tratamiento. Aunque siempre dichos tratamientos deberían estar adaptados a cada situación en particular.

3.2.1.2. Aguas residuales y desechos orgánicos

Debido a demasiadas de las características del producto final y del desarrollo del proceso productivo en la Industria Procesadora de productos marinos inocuos para la exportación, las empacadoras de camarón utilizan grandes y muy pero muy significativas cantidades de H₂O, cuyo requerimiento involucra problemas de abastecimiento, el respectivo uso y la disposición final de las aguas con alta carga orgánica.

Si los desechos o aguas residuales no se purifican, pueden contaminarse los sitios de descarga o puede abundar malos olores por la putrefacción de materia orgánica. En la tabla 5.1 se presenta un análisis de una muestra típica de aguas residuales tomada de la Industria Procesadora de productos marinos en base la cual se ha realizado el respectivo diseño y dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para este tipo de industria.

3.2.3. Resultados bases de partida

Este proyecto consiste en definir detalladamente la PTARI (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales) que ha de instalarse en la Planta Procesadora de Camarón, para hacer frente al problema medioambiental que genera las descargas del respectivo

Parámetros	Método	Resultados	TULAS - Tabla XII
pH a 25 °C.....	4500-B PEE-LABMOS-01	7,9 ± 0,1**	5-9
*Temperatura del Agua.....	2550-B	22 °C	<35 °C
*Aceites y Grasas mg/L.....	5520-A	3,60	0,30
*Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L.....	5210-A PEE-LABMOS-02	880	100,00
Demanda Química de Oxígeno DQO mg/L.....	5220-D PEE-LABMOS-05	1460 ± 263 **	250,00
*Sólidos Disueltos Totales mg/L.....	2540-B	2.921,00	
Sólidos Suspendidos Totales mg/L.....	2540-D PEE-LABMOS-04	144 ± 4 **	100,00
*Fosfatos como PO ₄ ⁻	4500-P-H	1,00	
*Nitratos como NO ₃ ⁻	4500-NO ₃ -B	0,20	10,00
*Fósforo Total.....	4500-P	2,00	10,00
*Nitrógeno Total Kjeldahl.....	4500-N	1,20	15,00
*Coliformes Fecales NMP/100 mL.....	9221-B	600,00	a)
*Coliformes Totales NMP/100 mL.....	9221-B	2.680,00	
*Oxígeno Disuelto mg/l.....	4500-O	1,20	

Tabla 3 Parámetros Físicos - Químicos del efluente

Fuente:

proceso. Los datos de partida para el dimensionamiento de los equipos de la PTARI objeto de este proyecto se basa en lo siguiente

Según los datos que son proporcionados por el laboratorio se realizó la medición del caudal de agua residual que tendría por descarga la Empacadora de Camarón, es de $48 \text{ m}^3/\text{d}$ Considerando un margen de seguridad de un 20% tendremos un caudal de diseño de:

$$48 \text{ m}^3/\text{d} * 1.2 = 57.6 \text{ m}^3/\text{d}$$

Caudal tomado para el diseño de la planta de tratamiento.

3.3. Metodología Empleada

Previa la realización de pruebas de tratabilidad se procederá al diseño de un moderno sistema modular para el tratamiento de las aguas residuales Industriales de Empacadoras de Camarón.

Es un procedimiento común de laboratorio para poder lograr determinar las condiciones óptimas de funcionamiento para el tratamiento de aguas residuales. Este método puede permitir realizar los ajustes en el pH, también puede permitir realizar variaciones en la dosis de polímero o coagulante, en la cual puede ir alternando velocidades de mezclado, o la prueba de coagulante o diferentes tipos de polímeros, a pequeña escala con el único fin de predecir el funcionamiento de una operación a gran escala de tratamiento.

Permite simular los procesos de floculación y coagulación que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conducir a problemas de turbidez y olor. (Madrid, 2016/2017).

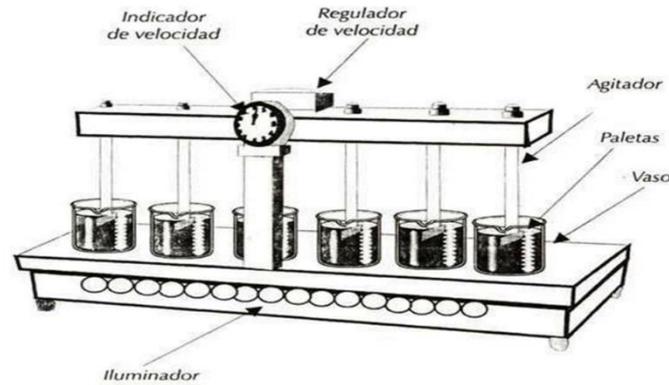


Figura 2 Prueba de jarras

3.3.1. Proceso de tratamiento de aguas residuales

Se pudo tomar una muestra de agua residual de la empacadora de camarón a la cual se le practicaron varias pruebas con el único fin de poder determinar el tren de tratamiento idóneo para llegar a los parámetros exigidos por la normativa ambiental vigente, en base a la literatura revisada.

En relación entre la DBO 5 y la DQO se puede indicar la importancia de los vertidos industriales dentro de las aguas residuales y sus posibilidades de la biodegradación (Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014). Así la DBO5 / DQO en inferior a 0.20 el agua es poco biodegradable, entre 0.2 y 0.4 es biodegradable y valores superiores a 0.4 indican aguas altamente biodegradables.

La relación $880/1460 = 0.6027$, en esta muestra nos indica que es altamente biodegradable, por lo que se consideró implementar un sistema de lodos activados.

La gran cantidad de carga contaminante que posee el residual, tiene carácter orgánico por lo que se pueden aplicar sistemas de tratamiento biológicos para depurar el residual, sin embargo, estos tipos de tratamientos requieren de condiciones óptimas para crecimiento de las bacterias responsables de la degradación por lo que previamente se deben aplicar tratamientos primarios que eliminen sobre todo las grasas, ya que estas inhiben el crecimiento bacteriano.

Se procedió a la realización del test de jarras de varias maneras y con polímeros diferentes llegándose a determinar que el más adecuado y óptimo desde el punto de vista técnico y económico es la utilización de cal, sulfato férrico y un polímero (Quemifloc), por lo que el primer proceso del tren de tratamiento será la floculación/coagulación con esta sustancia química para proceder los sólidos suspendidos los mismos que serán enviadas a un lecho de secado para posteriormente ser desalojados.

Los lodos producidos serán retirados y entregados a una empresa calificada por la municipalidad para su estabilización y disposición final.

3.3.1.1. Pruebas de tratabilidad de “FRIGOEXPORT C.A”

3.3.1.1.1. Operaciones Básicas

a) Pre-Tratamiento/ajuste de aguas residuales

El agua cruda es depurada parcialmente mediante un tratamiento físico-químico, (coagulación, floculación, sedimentación y filtración), esto es debido a que ciertos elementos inhiben el proceso biológico. Algunos de estos casos son:

- Las sustancias dañinas a la activación microbiana, tal como la presencia de cloro.
- Grandes cantidades sólidos suspendidos. Coagulación, floculación, sedimentación primaria para los sólidos fácilmente sedimentables.
- Se alcalinizó el agua con cal para subir el pH y tratar de precipitar fosfatos, luego se neutralizó con sulfato férrico el cual es indispensable para el desarrollo bacteriano.

PRUEBAS REALIZADAS EN OCTUBRE 2019



Figura 3 Muestra de Agua Cruda
Fuente: Frigoexport C.A



Figura 4 Equipo de Jarras
Fuente: Frigoexport C.A



Figura 5 Muestra Clarificada

Fuente: Frigoexport C.A

Parámetros	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ mg/l	1,110.08
Demanda Química de Oxígeno DQO mg/l	2,070.08
Sólidos Suspendidos Volátiles SSV	0.16245
Sólidos Suspendidos Totales mg/l	200.04
Fosfatos como PO₄⁻³	57.33
Nitratos NO₃⁻	1,836.10

Tabla 4 Resultados de la muestra de agua cruda

Fuente: Autores

Parámetros	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/l	1,501.10
Demanda Química de Oxígeno DQO mg/l	457.00
Sólidos Suspendidos Volátiles SSV	0.008655
Sólidos Suspendidos Totales mg/l	20.12
Sólidos Disueltos Totales	2,790.055
Fosfatos como PO₄⁻³	0.03
Nitratos NO₃⁻	32.04

Tabla 5 Resultados de la muestra de agua clarificada

Fuente: Autores

b) Proceso de clarificación

Tabla 6 TEST DE JARRAS

Cliente	FRIGOEXPORT C.A	CARACTERÍSTICAS DE LAS SOLUCIONES DE COAGULANTES Y FLOCULANTES		
		Solución de Sulfato Férrico	50.00%	
		Solución de Floculante (QEMIFLOC 1007)	0.10%	
Tipos de Jarras	Jarras Redondas de 1000 ml	Cal Viva	en polvo	
CONDICIONES DE MEZCLA (RPM)				
5 minutos (mezcla rápida)	1 minuto mezcla rápida para floculante 3 minutos mezcla lenta para floculante	10 minutos a 0 rpm (tiempo de sedimentación)		
SET DE JARRAS N°1				
		CALIDAD DEL AGUA CRUDA		AGUA CRUDA CON PH REGULADO
		Potencial Hidrógeno Ph :	Dosis de Cal :	Hasta ajustar pH
		Características del agua : Turbia	pH :	10.1
		DQO :		
VARIABLES	MEJOR JARRA	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA CLARIFICADA		
		PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Coagulantes		Potencial Hidrógeno	U de pH	6.51
Sulfato férrico	mg/l 4,500.00	Aceites y Grasas	mg/l	< 0.44
Floculante CEMFLOC1007	mg/l 6.00	Sólidos Totales Volátiles	mg/l	
pH Final	8.20	Tensoactivos	mg/l	
Características del Agua	Cristalina	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	34
Tamaño del Floc	Grande	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	4625
Tipo de Sedimentación	Rápida	Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /l	188
Tiempo de Sedimentación	Min. 3.50	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /l	57

Fuente: Autores

c) **Lodos Activados**

Es un proceso de tratamiento donde el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque denominado reactor.

Los flóculos biológicos que se forman durante este proceso se sedimentan en un tanque de sedimentación, lugar del cual son recirculados nuevamente al tanque aireador o reactor.

En el proceso en relación a los lodos activados, los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual de manera que ésta les sirve de sustrato alimenticio. Es importante y primordial poder indicar que la mezcla o agitación se pueda efectúa por medios mecánicos superficiales o sopladores sumergidos, los cuales tienen doble función:

- a) Producir una mezcla completa.
- b) Agregar oxígeno al medio para que el proceso se lleve a cabo (Mejía López, Cabrera, & Carrillo, 2017).

En condiciones de pH que no supere un valor de 8.2, predomina la depuración de la materia orgánica. (Es el caso del AA.RR. II, de FRIGOEXPORT C.A)

Elementos Básicos de las Instalaciones del Proceso piloto de lodos activados:

- **Reactor de Aireación:** El reactor de aireación es la estructura en donde los microorganismos y el desagüe (sin retorno de los lodos activados) son mezclados.
- **Reactor sedimentador:** Es el mismo reactor de aireación en el que se dejó sedimentar los lodos desactivando la aireación, separando los sólidos suspendidos (lodos activados), obteniéndose un desagüe tratado clarificado.
- **Equipo de inyección de oxígeno:** El equipo de inyección de oxígeno sirve para activar las bacterias heterotróficas.
- **Exceso de lodos y su disposición:** El exceso de lodos es debido al crecimiento bacteriano en el tanque de aireación por lo cual son tratados, eliminados y dispuestos.

c) Remoción de DBO₅ en un reactor biológico (piloto)

El agua residual clarificada 40 litros se colocó en un reactor biológico mezclada con el lodo activado previamente adaptado al tipo de agua a tratar donde es aireada hasta obtener 2 mg/l de oxígeno disuelto o más. En este proceso, una parte de la materia orgánica puede contener el agua clarificada esta es mineralizada y gasificada y la otra parte es asimilada como nuevas bacterias dentro del sistema.

Un aspecto muy importante a considerar del proceso de tratamiento de agua residual mediante estos lodos activados es el uso de los flóculos biológicos en lodos activados, compuestos de bacterias heterotróficas y son el elemento primordial para la purificación. El proceso de tratamiento tiene dos importantes características:

- Eficiente remoción de materia orgánica.
- Eficiente separación de sólidos. (Ortiz, 2016)

Básicamente la remoción de la materia orgánica en esta agua residual producida por dos procesos:

El proceso de mineralización (gasificación) que se manifiesta por acción de las bacterias heterotróficas y por la biosíntesis o crecimiento de las bacterias.

La síntesis biológica. Se manifiesta como nuevos microorganismos y se manifiesta como la adsorción de las sustancias procedentes del agua residual metabolizadas (Lorenzo, s.f.).

Descripción de variaciones del proceso de lodos activados:

Aireación extendida: La aireación extendida es esencialmente el mismo que un sistema de mezcla completa a excepción que no tiene sedimentador primario. El tiempo de retención hidráulico puede variar de 24 a 48 horas. Este periodo de aireación permite que el agua residual logre reducir el DQO y DBO₅ dentro de normas ambientales.

3.4. Materiales y Métodos

1. Las Pruebas de clarificación del AA.RR. II de FRIGOEXPORT C.A, se llevaron a cabo en un equipo de test de jarras, y luego se tomó la mejor jarra y se clarificó 50 litros de agua residual cruda.
2. Los ensayos biológicos se realizaron a temperatura ambiente (día y noche)
3. Las pruebas se realizaron bajo el siguiente procedimiento:

- Se colocó 20 litros de agua residual industrial clarificada en el reactor biológico de acrílico.
 - Se mezcló con los lodos activados
 - Se adecuó el difusor de aire, (manguera que produce microburbuja, conectada a un compresor)
 - Después de la instalación del equipo generador de aire, se procedió a activar la aireación extendida.
4. Las pruebas se realizaron durante 2 días continuos, luego de este tiempo se procedió sedimentar los lodos activados apagando el compresor de la aireación extendida.
 5. El resultado del tratamiento biológico.

CAPITULO IV

RESULTADOS 1.

4.1. Pruebas después de la instalación

Tabla 7 Pruebas (Valores)

Parámetros	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ mg O₂/l	57.02
Demanda Química de Oxígeno DQO mg O₂/l	188.033
Sólidos Suspendidos Totales SST	34.10
Sólidos Disueltos Totales mg/l	4,625.033
PH	6.51112
Aceites y Grasas	< 0.44
Fosfatos como PO₄	6.5012
Nitratos NO₃	1,027.433334

Fuente: Autores

4.2. Balance de Masa

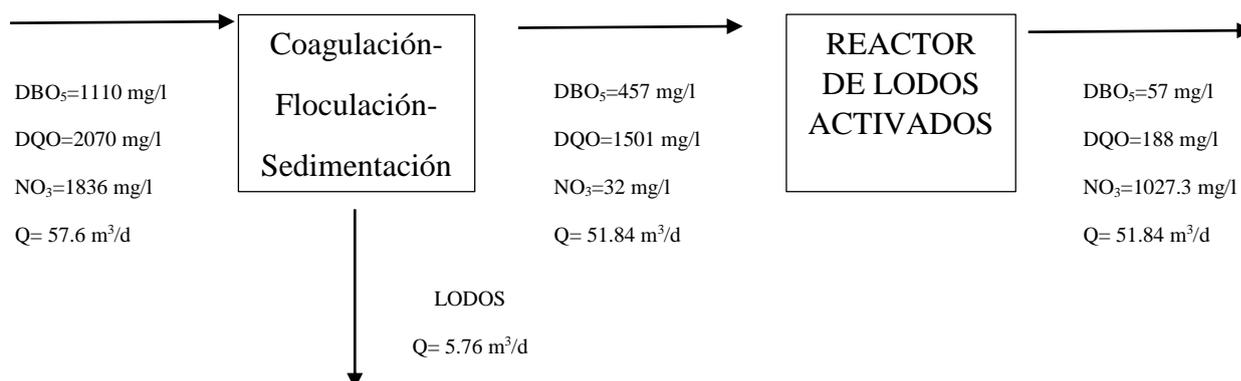


Figura 6 Gráfico Balance

Fuente: Autores

Tabla 8. Balance de Masa tanque coagulador-floculador-sedimentador

Punto de Muestreo	Descripción	Unidad	Valor de Operación
Tanque de Homogenización	Entrada de agua cruda		
	Caudal	m3/d	57.60
	Carga de DBO5	kg/d	63.94
	Carga de DQO	kg/d	119.23
	Carga N	kg/d	105.75
Tanque coagulador-floculador-sedimentador	Salida de agua floculada		
	Caudal	m3/d	51.84
	Carga de DBO5	kg/d	23.69
	Carga de DQO	kg/d	77.82
	Carga N	kg/d	0.76
PCFS	Purga de lodos		
	Caudal	m3/d	5.76
	Carga de DBO5	kg/d	653.00
	Carga de DQO	kg/d	569.00
	Carga N	kg/d	1,804.00
Eficencia	Carga de DBO5	%	62.95
	Carga de DQO	%	38.92
	Carga N	%	99.28

Fuente: Autores

Tabla 9 Balance de Masa Reactor de lodos activados

Punto de Muestreo	Descripción	Unidad	Valor de Operación
Tanque coagulador-floculador-sedimentador	Ingreso de agua floculada al reactor		
	Caudal	m3/d	51.84
	Carga de DBO5	kg/d	23.69
	Carga de DQO	kg/d	77.82
	Carga N	kg/d	0.76
Reactor de lodos activados	Salida de agua al reactor		
	Caudal	m3/d	51.84
	Carga de DBO5	kg/d	2.95
	Carga de DQO	kg/d	9.75
	Carga N	kg/d	0.00
Eficencia	Carga de DBO5	%	87.55
	Carga de DQO	%	87.47
	Carga N	%	0.00

Fuente: Autores

4.3. Diseño propuesto para la planta de tratamiento de aguas residuales industriales

La propuesta de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales que comienza a partir de las consideraciones generales que deben ser tomadas en cuenta a la hora de elaborar proyectos de este tipo. Esta propuesta se divide en cuatro fases de tratamiento, siendo estas las siguientes: preliminar, primario, secundario y disposición de lodos.

Cada una de las fases son constituidas de elementos diseñados para lograr remover algunos componentes presentes en las aguas residuales una vez que esta pasa por ellos, logrando de esta manera producir un efluente de la planta que cumpla con los requisitos para ser descargada a un cuerpo receptor en la Planta Empacadora (Despaigne Pérez, 2016).

Debido a los valores obtenidos en la relación DQO/DBO en el muestreo se establece que para tratar el agua residual de la empacadora se debe utilizar un proceso biológico.

4.3.1. Propuesta del sistema a aplicar

El proceso de tratamiento propuesto, obedece a un proceso fisicoquímico de trampa de grasa, homogenización, precipitación, oxidación del efluente y filtración en línea, para mayor eficiencia del proceso.

El agua tratada puede ser netamente descargada hacia el cuerpo receptor en un canal circundante o bien también podría ser re-utilizada para tareas de limpieza de pisos en planta o posible riego de áreas verdes, en el caso de que la planta opte por ello, para lo cual se podría recomendar complementar el tratamiento descrito con una cloración simple para desinfección del agua.

El sistema puede ser implementado por diferentes etapas y podrá ser monitoreadas cada una de estas, para poder así obtener un mayor rendimiento del mismo, así como poder determinar los tiempos de operación, limpieza y mantenimiento. Básicamente el diseño del proceso del sistema de tratamiento de aguas residuales elegido consta básicamente de 4 etapa: (Soto Velásquez, 2007)



Figura 7 Flujo PTARI

Fuente: Autores

4.3.2. Trampa de Grasa

En lo referente a las grasas, estas por su peso específico tienden a subir a la superficie, normalmente el tiempo de retención hidráulico para una trampa de grasa normal es de dos horas máximo, las placas inclinadas hacen que este tiempo disminuya considerablemente y considerando que la misma funcionará como un separador tipo API, se ha realizado un diseño especial que hace que el tiempo disminuya gradualmente aún más para la cantidad de sólidos que se necesitan retener, de manera que el separador de grasas tendrá una capacidad de 4 m³, capaz de tratar un promedio considerable de 60 m³/d.

Las grasas pueden crear muchos problemas en lo que respecta a técnica de la depuración de aguas residuales, especialmente en los elementos y procesos detallados a continuación:

- Dentro de la depuración por fangos activados dificulta la correcta aireación, disminuyendo el coeficiente de transferencia al 55-75%, al aumentar las grasas de 0 a 70 mg/l, y participan en la producción del fenómeno de “bulking”.
- Perturban el proceso de la digestión de lodos.
- La DQO puede incrementarse en un 20-30%, por las grasas contenidas en los vertidos del sistema.

Las ventajas que presenta el desengrasado son las siguientes:

- Las velocidades de sedimentación de las arenas y de flotación de las partículas de grasa no se modifican prácticamente por realizar el desarenado y la des-emulsión de grasas en el mismo depósito.
- Las partículas de arena, posteriormente de sedimentarse, las partículas de grasa de nuestra planta de tratamiento des-aceleran las velocidades ascensoriales. Siendo así que, estas disponen de mucho más tiempo, con el fin de lograr contactarse entre sí durante su recorrido hacia la superficie del sistema, aumentando el rendimiento de flotación de grasas.

4.3.3. Sistema de Homogenización y oxigenación

En virtud de que la calidad y cantidad del agua que se necesita descargar durante el día no es constante, se hace necesario homogenizar el efluente. Y para poder mejorar la homogenización del agua y su oxigenación, se contará con un equipo de aireación en el tanque, el cual, además de auxiliar la mezcla, promoverá la oxigenación del efluente para poder depurar la carga orgánica; ocasionando la muerte de las bacterias anaeróbicas generando el crecimiento de las bacterias aeróbicas, las cuales contribuyen mucho más a la disminución de la carga orgánica. Seguidamente, el proceso continúa por medio de un proceso de alcalización, floculación y sedimentación acuerdo con lo que se indica a continuación (Soto Velásquez, 2007).

4.3.4. Sistema de Coagulación-Floculación-Sedimentación

El proceso de coagulación es la reacción química que tiene lugar por la adición de determinados productos químicos a una dispersión coloidal, en la cual puede producir una desestabilización de las partículas emulsionadas o coloidales, por medio de la neutralización de las cargas eléctricas que tienden a mantenerlas separadas.

La formación de partículas que se realiza a partir de las partículas desestabilizadas de tamaño submicroscópico por agrupamiento entre ellas y formación de otras de mayor tamaño es lo que se le puede denominar como floculación.

La coagulación es una relación de tipo químico, siendo así la fuerza primaria de tipo electrostático o interiónico, por lo cual el proceso de floculación predomina la formación de puentes o enlaces de tipo físico.

El objetivo primordial de los procesos de coagulación-floculación es realizar la neutralización de las cargas eléctricas de los emulsiones y coloides presentes en el agua residual, seguido de un reagrupamiento de las partículas, de tal forma que sea factible su separación posterior ya sea por decantación o sedimentación.

Es de señalar que en el proceso de coagulación-floculación, no se tiene lugar separación alguna de contaminantes, sino de una adecuación de determinadas partículas para que estas puedan ser separadas físicamente a través de otros procesos instalados a continuación como decantación (Hernando Marcos, 2010-2011).

4.3.5. Reactor Biológico (Lodos Activados)

El proceso de lodos o fangos activos se desarrollado en 1914 por Andern y Lockett y se lo llamaba así porque suponía la producción de una más activa de microorganismos capaz de poder estabilizar la materia orgánica biodegradable de un agua residual por vía aerobia. En la actualidad se puede utilizar diferentes versiones del proceso original, pero todos tienen el mismo fundamento.

Dentro de los diferentes procesos biológicos utilizados en el tratamiento de aguas residuales, el de lodos activos es el que más se utiliza en todas las plantas depuradoras de aguas residuales urbanas, así también como en aquellas industriales que contiene una contaminación por materia orgánica biodegradable.

El objetivo fundamental del proceso de fangos o lodos activos es realizar la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual. El vertido de un agua residual con materia orgánica biodegradable, se considera que la reacción bioquímica va a tener lugar en el cauce receptor, lo que va a suponer el consumo del oxígeno disponible, perjudicando así de forma importante al ecosistema.

Las funciones más importantes y consideradas asignadas a este proceso, de la misma manera que el resto de los procesos biológicos, de acuerdo con lo anteriormente indicado, son:

- La materia orgánica biodegradable debe ser eliminada
- En determinados procesos específicos, la eliminación de compuestos de nitrógeno y fósforo a través de la bioquímica.
- Cumplir la normativa legal en referencia a la concentración de DBO y compuestos de Nitrógeno y Fósforo.
- Evitar la disminución de la cantidad de oxígeno en el cauce, por el gran impacto que se genera sobre la fauna y la flora en el mismo. En aquellos procesos que eliminan compuestos de nitrógeno y fósforo, que puedan evitar la eutrofización del cauce receptor (Sainz Sastre, 2005).

4.3.5.1. Aireación prolongada / Oxidación Total

En este proceso la aeración se puede prolongar dentro del reactor biológico durante por lo menos 24 horas (aguas residuales urbanas), trabajando en una fase de respiración endógena y con cargas másicas demasiado bajas, consiguiendo así consecuencias de rendimientos elevados, el cual puede producir una menor cantidad de fangos muy mineralizados, lo que puede simplificar de forma importante la línea de tratamiento de lodos.

La concentración de biomasa presente en el reactor biológico suele ser elevada. Al trabajar con cargas másicas muy bajas en este proceso se va a realizar una nitrificación muy importante y primordial en el nitrógeno amoniacal el cual está presente en el agua residual. Como contrapartida, el consumo energético puede ser elevado, al poder precisar de 2 a 3 kg O₂/kg DBO eliminada, por lo que este sistema solo puede utilizarse en plantas de bajo caudal o con un requerimiento en el cual el rendimiento este elevado o necesidad de nitrificación.

Debido a que una parte importante de la biomasa entra en respiración endógena se tendrá menores volúmenes de fangos a purgar, y como estos se encuentran muy mineralizados, el tratamiento de lodos se reduce a un mínimo (Sainz Sastre, 2005).

4.3.6. Filtración por presión

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el único objetivo de poder retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso que se utiliza tradicionalmente es un lecho de arena, que varía su altura, dispuesta en distintas capas de distinto tamaño de partícula, siendo la superior el más pequeño y de entre 0.15 y 0.30 mm

Normalmente están contenidos en recipientes y el agua se puede ver forzada al poder atravesar el medio filtrante sometido a presión. También en este caso puede haber una filtración lenta, en la que en la superficie del filtro se puede desarrollar una torta filtrante donde la filtración, a través de esa superficie, es por mecanismos físicos y biológicos. Por otro lado, en la filtración rápida se puede hablar de filtración en profundidad, es decir, cuando la mayor parte de espesor de medio filtrante está activo para el proceso de

filtración y la calidad del filtrado podrá mejor con la profundidad. Esta filtración a presión se puede utilizar más en aguas industriales (Rodríguez Fernández-Alba, y otros, 2006).

4.3.7. Consideraciones para realizar el diseño

Los valores y factores de diseño (condiciones de borde) se ajustan a lo estipulado en la literatura especializada, que se señalan en el presente documento, entre los cuales destacan:

- Treatment, disposal and Reuse. McGraw-Hill, 2da Ed.: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering
- Tratamiento de Aguas Residuales R.S Ramalho
- Manual de diseño para las estaciones depuradoras de aguas residuales, Aurelio Hernández Lehman.

Adicionalmente, dichos valores pudieron ser adaptados de manera conservadora considerando la experiencia en sistemas de tratamiento similares.

4.4. Parámetros de diseño y características del efluente

El parámetro de diseño se tomará en cuenta a lo establecido por el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente Publicado en el Registro Oficial N° 725 del 31 de marzo del 2003) lo cual son las Normas que actualmente están en vigencia en nuestro país.

Parámetros	TULSMA – Tabla XI LMP
pH a 25° C	5 – 9
Temperatura del Agua	< 35° C
Aceites y Grasas mg/l	0.30333
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ mg/l	100.0564
Demanda Química de Oxígeno DQO mg/l	250.0456
Sólidos Disueltos Totales mg/l	1,600.00
Sólidos Suspendidos Totales mg/l	100.00
Fosfatos como PO₄	-

Nitratos NO₃	10.0021
Fósforo Total	10.0222
Nitrógeno Total Kjeldahl	15.00

Tabla 10 Parámetros de descarga y LMP – Límite Máximo Permitido

Fuente: Autores

4.5. Memoria de cálculo de los componentes del sistema de tratamiento

Los componentes que se han seleccionado para conformar el sistema de tratamiento propuesto serán los siguientes encontrándose enumerados por su respectivo orden de secuencia.

4.5.1. Trampa de grasa y aceites

Se han desarrollado técnicas y procesos específicos para la eliminación de las aguas residuales, especialmente en las grasas y los aceites ya que son un contaminante muy frecuente en las aguas residuales de cualquier planta industrial, sobre todo si de Procesamiento de Alimentos se trata. (PREMSOL, 2015)

Siendo así que, en el proceso de la separación de aguas residuales, las grasas y de los aceites contaminantes para la eliminación consiste en las siguientes condiciones, mencionadas aquí:

- Deben estar en fase líquida
- Deben encontrarse en estado libre
- Que puedan tener una densidad menor que la del agua
- El tamaño de la gota debe ser superior a un valor predeterminado en el diseño. Generalmente el punto de corte debe fijarse en 0.15 mm

La ley de Stokes determina la velocidad ascensional de una gota de aceite dentro de la masa del líquido, en este caso, agua. Para el número de Reynolds bajo, donde las fuerzas de viscosidad predominan siempre sobre las de inercia, viene dada por:

$$vt = \frac{g(\rho_w - \rho_o)D^2}{18 * \mu}$$

Ecuación 1

Fuente: Ley de Stokes

La ecuación se utiliza cuando el diámetro de las gotas de aceite es menor a 0.015 m y debería incluir un coeficiente de deformación que depende de viscosidades relativas del agua y el aceite, sin embargo, en la práctica, el coeficiente se puede omitir al ser cercano a la unidad.

Dónde:

v_t = Velocidad de elevación de la gota de aceite, m/s

g = Aceleración de la fuerza de gravedad, m^2/s

μ = Viscosidad absoluta del agua, Ns/m^2 , a $20^\circ C$, la cual es igual a $1.102 \cdot 10^{-3}$

ρ_w = Densidad del agua, kg/m^3 , 997.00

ρ_o = Densidad del aceite, kg/m^3 , 890.4 kg/m^3

D = Diámetro del glóbulo de aceite, m, $1.5 \cdot 10^{-4}$

$$v_t = \frac{9.81(997.0-890.4)0.00015^2}{18 \cdot 0.001102} = 1.18619 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Velocidad Horizontal

La velocidad media de diseño horizontal es definida por el menor de los valores de V_H en cm/s que son obtenidos a partir de las dos siguientes limitaciones:

$$V_H = 15 V_t < 1.5; V_H \leq 0.015 \text{ m/s}$$

$$V_H = 15 \cdot 1.18619 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} = 0.0177 \text{ m/s, se lo asume } 0.015 \text{ m/s}$$

Parámetros de diseños:

$$Q_{\text{Máx}} = 57.6 \text{ m}^3/d = 2 \text{ l/s}$$

Rango de Caudales (L/s)	Volumen de Trampa de Grasa (m^3)	Profundidad (h)	Ancho (a)	Largo (L)
0-1	1.8	1.0	1.00	1.822
0-1	1.8	1.5	0.67	1.20
1-2	3.6	1.5	1.33	2.4012
2-3	5.43	2.0	1.50	2.712
3-4	7.2	2.0	2.00	3.63

4-5	8.1	2.0	1.50	2.72
5	9.1	2.0	1.60	2.85

Tabla 11 Dimensiones de trampa de grasa según el caudal

Fuente Autores

Características de la trampa de grasa

- La relación del largo: ancho cuya área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendida entre 2:1 a 3:2
- La profundidad no deberá ser menor de 0.80 m para el sistema a desarrollar
- El ingreso que tendrá la trampa de grasa se realizará por medio de un codo de 90° con un diámetro mínimo de 160 mm, la salida podrá ser por medio de una TEE con un diámetro mínimo de 160 mm
- La parte inferior del codo deberá prolongarse hasta 0.15 m por debajo del nivel del líquido.
- La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y la de salida deberá ser no menor a 0.05 m
- La parte superior del dispositivo de la salida, deberá dejar paso a una luz libre para ventilación de no más de 0.054 m, por debajo de la tapa o en su defecto losa.

4.5.2. Homogenización

Para controlar las características del agua de entrada, y evitar trastornos en el recinto biológico, se utilizará un depósito existente para homogenizar el efluente, el mismo que tiene un volumen de 16.41 m³, con este elemento controlaremos el pH del agua residual y en caso de puntas de aguas contaminadas podremos retenerlas y homogeneizarlas mediante una aireación evitando que los sólidos decanten en el depósito.

$$TRH_{Q_{\max}}(h) = \frac{V}{Q_{\max}} = \frac{16.41 \text{ m}^3}{7.2 \text{ m}^3/h} = 2.28 \text{ h}$$

Ecuación 2 Tiempo de Retención Hidráulico

$$TRH_{Q_{\max}}(h) = 2.28 \text{ h}$$

Se obtiene un tiempo de retención hidráulico superior a 2 horas, lo cual es aceptable para la instalación. Según documentación consultada, puede ser muy necesario mantener el líquido agitado y aireado, a razón del 1 m³/h por m³ de volumen del recinto, entonces:

$$Q_{\text{aire}} = 1 \frac{m^3/h}{m^3} * 16.41m^3 = 16.41 m^3/h$$

$$Q_{\text{aire}} = 16.41 m^3/h$$

La agitación del recinto se realizará mediante membranas de microburbuja, capaz de mantener el agua agitada y no permitir la decantación de la materia suspendida en esta etapa del tratamiento.

1) Bombas hacia el sistema de coagulación-floculación-sedimentación

Tras el tratamiento de homogeneización se bombeará el agua hasta el sistema de coagulación-floculación-sedimentación mediante un sistema de bombas sumergidas instaladas en el propio recinto de homogeneización, por lo que es necesario calcular la bomba a instalar.

Se instalará un tanque para esta parte del proceso con una capacidad de $8 m^3$, el mismo que será llenado en 10 minutos, lo que en términos de diseño se tendrá una bomba que genere 800 l/min.

La potencia de la bomba puede calcularse por la siguiente fórmula:

$$HP = \frac{Q(\text{lps}) * H(\text{metros})}{75 * n(\%)/100}$$

HP = Potencia de la bomba en caballos de fuerza

Q = Caudal de la bomba Litros/s

H = Pérdidas de carga total de la bomba, o altura manométrica, en m

N = Eficiencia de la bomba, que para los efectos del cálculo teórico se estima en 60%

Los motores eléctricos que accionan las bombas deberán tener, según las normas oficiales vigentes, una potencia normal de acuerdo a las fórmulas siguientes:

$$HP (\text{motor}) = 1.3 * HP (\text{bomba}) \text{ para motores trifásicos}$$

$$HP (\text{motor}) = 1.5 * HP (\text{bomba}) \text{ para motores monofásicos (Ortega, 2015)}$$

El caudal que fluye normalmente es $7.2 \frac{m^3}{h}$, para el diseño necesitamos manejar ese caudal en 10 minutos, o sea: $43.2 \frac{m^3}{h}$

$$HP = \frac{14 * 10}{75 * 60 / 100} = 3.11$$

HP = 1.3 * 3.11 = 4.04 motor trifásico

HP = 1.5 * 3.11 = 4.67 motor monofásico

Los motores eléctricos que accionan las bombas deben tener un margen de seguridad que pueda permitirles cierta tolerancia a la sobrecarga y deberá preverse los siguientes márgenes:

- 50% aproximado para potencia de la bomba hasta unos 2 HP.
- 30% aproximado para potencia de la bomba hasta unos 2 a 5 HP.
- 20% aproximado para potencia de la bomba hasta unos 5 a 10 HP.
- 15% aproximado para potencia de la bomba hasta unos 10 a 20 HP.
- 10% aproximado para potencia de la bomba hasta unos 20 HP.

Estos márgenes son meramente teóricos e indicativos y pueden variar según la curva de funcionamiento de la bomba o según las características específicas del motor aplicado (Macías Vesga, 2017).

2) Tubería de Impulsión

Se calcula el diámetro de la tubería de impulsión mediante el cálculo del diámetro óptimo económico. Se recomienda una velocidad del fluido que esté entre 0.6 m/s y 2 m/s. En este caso se utilizará una velocidad intermedia a esta recomendación, 1.3 m/s.

Para calcular el diámetro mínimo se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * u}}$$

Ecuación 3

Fuente:

Dónde:

D = Diámetro mínimo (m)

Q = Caudal admisible (m³/s)

U = Velocidad del fluido (m/s)

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.013}{3.1415 * 1.3}} = 0.11 \text{ m}$$

Ecuación 4

Fuente:

3) Selección de bomba

Antes de poder seleccionar una bomba para un sistema de aguas residuales se debe aclarar los siguientes aspectos:

- Diseño de la tubería
- Caudal de descarga
- Altura total
- Tipo de líquido (Sotero Alvarez, 2018)

La velocidad mínima del caudal que se necesita para mantener la capacidad de auto limpieza es de:

- **Tuberías horizontales:** 0.7 m/s
- **Tuberías verticales:** 1 m/s



FEATURES

Impeller: Cast iron, two vane semi-open, non-clog with pump-out vanes for mechanical seal protection. Balanced for smooth operation. Silicon bronze impeller available as an option.

Casing: Heavy duty gray cast iron, ASTM A48, Class 30. Volute type casing with 4", 125#, ANSI flanged, horizontal discharge. Compatible with A10-40 cast iron or A10-40B cast iron and brass (non-sparking) guide rail assembly.

Dual Mechanical Seals: Silicon carbide vs. silicon carbide outer seal and ceramic vs. carbon inner seal, stainless steel metal parts, BUNA-N elastomers. Upper and lower shaft seals are positioned independently and are separated by an oil-filled chamber.

Shaft: 300 series stainless steel keyed design.

Fasteners: 300 series stainless steel.

Capable of running dry temporarily without damage to seals or motor.

Figura 8 Característica de la bomba sumergible

Fuente: Goulds Water Technology

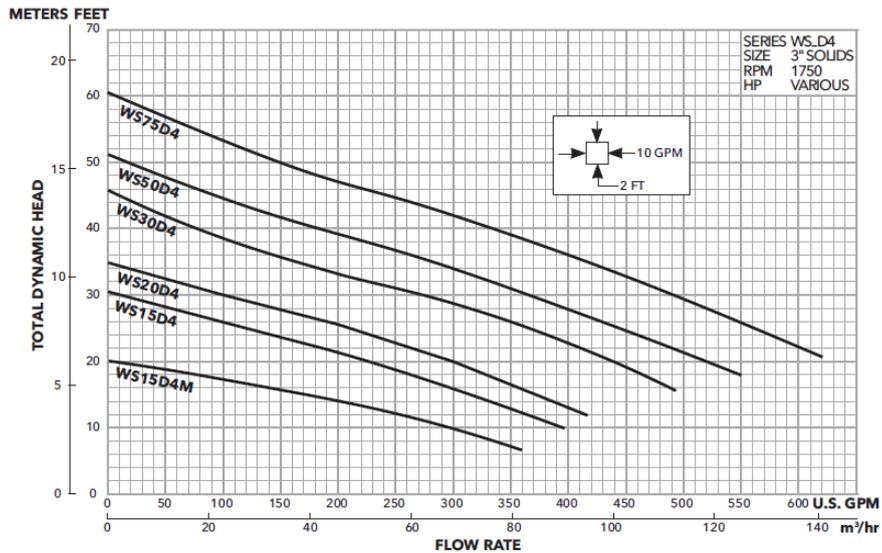


Figura 9 Curvas de rendimiento

Fuente: Goulds Water Technology

Para un caudal de 250 GPM y una altura de 10 m, nos entrega una bomba con las siguientes características:

- HP 5
- Descarga Ø 4"
- Fase 3

4.5.3. Sistema de coagulación-floculación-sedimentación

La coagulación-floculación es el proceso mediante el cual se puede añadir compuestos químicos al agua para poder reducir las fuerzas que separan a los sólidos suspendidos menores a 10 µm (orgánicos e inorgánicos) para que puedan formar aglomerados, que podrán ser removidos del agua por sedimentación.

El proceso se lleva a cabo a partir de dos etapas:

La primera o la coagulación, las fuerzas interpartículas son responsables de la estabilidad de los coloides, por lo cual son anuladas o reducidas por la adición de reactivos apropiados.

La segunda o la *floculación*, se genera a partir de las colisiones entre las partículas lo cual favorecen el crecimiento de flóculos que puedan ser eliminados por sedimentación.

Por ello, en la práctica la primera etapa se podrá realizar mediante un mezclado rápido para poder dispersar el coagulante y también favorecer su contacto con las partículas en suspensión en tanto que, en la segunda, se puede efectuar una mezcla lenta con el único fin de poder promover la formación y también poder aumentar de tamaño y/o densidad de los flóculos formados. Estos últimos se pueden eliminar finalmente del agua por medios físicos como la sedimentación o filtración.

Los contaminantes que puedan ser eliminados por coagulación son aquellos que poseen un alto peso molecular y son hidrófobos. De esta forma, se podrá eliminar sólidos suspendidos, material coloidal, color aparente, y moléculas grandes que se absorben poco en carbón activado. La coagulación floculación no servirá para poder eliminar compuestos orgánicos solubles.

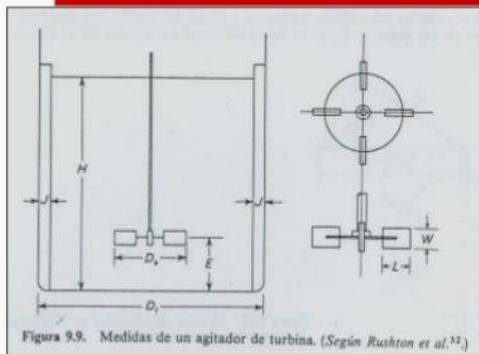
Recientemente, la coagulación ha adquirido mucha importancia para eliminar compuestos organoclorados como pretratamiento para la absorción sobre carbón activado (Comisión Nacional del Agua, 2007).

4.5.3.1. Cálculo de diseño de la unidad a implementarse

Se decidió partir los ensayos de floculación adaptar un tanque de polipropileno, con capacidad de 8,000.00 litros cada uno con cúpula, este volumen nos permite realizar una floculación cada hora, debido a que los caudales promedios son de 7,200.00 litros/h.

Con este volumen se calcula los deflectores, del tanque de mezclado y el equipo electromecánico para la agitación de los líquidos y químicos a mezclar. Para una cámara cilíndrica los criterios de diseño pueden ser:

DISEÑO TÍPICO DE UN AGITADOR TIPO TURBINA



$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}$	$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$
$\frac{E}{D_a} = 1$	$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$

Figura 9.9. Medidas de un agitador de turbina. (Según Rushton et al.¹²)

D_t : diámetro del tanque

H : altura del líquido en el tanque

D_a : diámetro del agitador

W : altura del agitador

E : altura de la base al tanque

J : ancho del deflector

Figura 10 Agitador tipo turbina

Fuente: Autores

Dimensiones del tanque para floculación de 5,000.00 litros:

$\Theta = 2.24$ m (Diámetro del tanque)

$B = 2.00$ m (Altura del cilindro)

$C = 0.60$ m (Altura del cono para lodos)

$H = 1.80$ m (Altura de agua en el tanque)

Dónde:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}; D_a = \frac{2.24}{3} = 0.75 \text{ m}$$

$D_a = 0.75$ m

$$\frac{E}{D_a} = 1; E = 0.75 \text{ m}$$

$E = 0.75$ m

$$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}; J = \frac{2.24}{12} = 0.19 \text{ m}$$

$J = 0.19$ m

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}; L = \frac{0.75}{4} = 0.19 \text{ m}$$

$$L = 0.19 \text{ m}$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}; W = \frac{0.75}{5} = 0.15 \text{ m}$$

$$W = 0.15 \text{ m}$$

Para evitar la formación del vórtex se colocan al tanque 4 baffles.

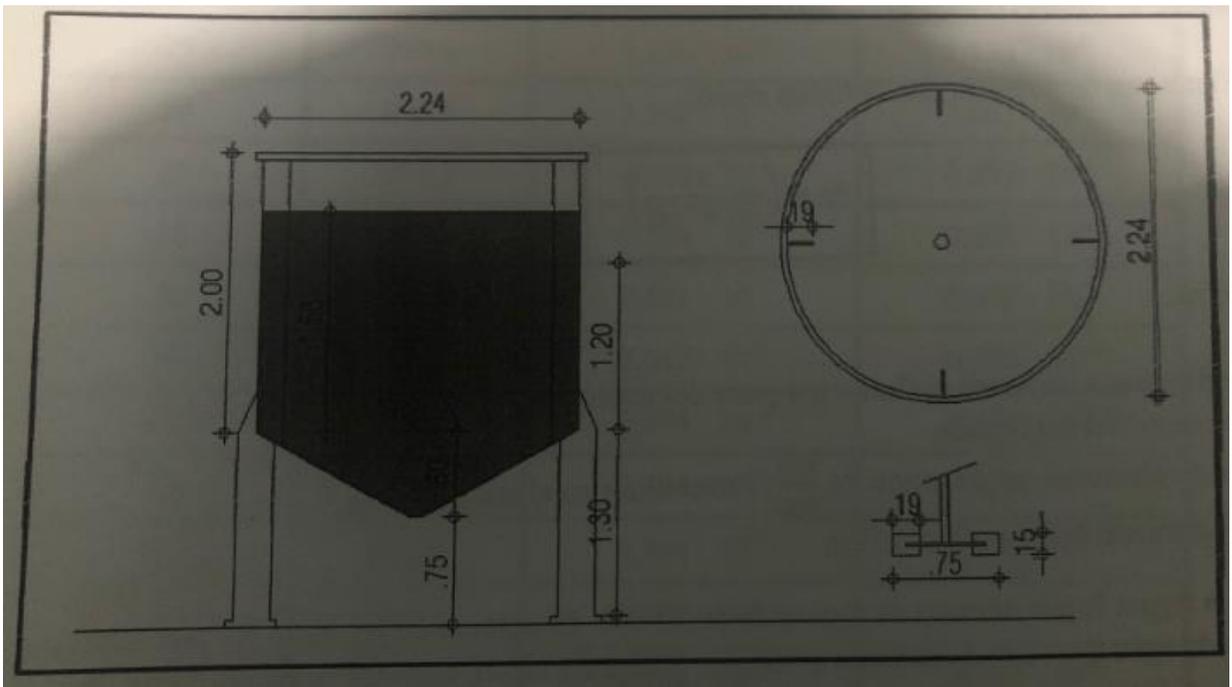


Figura 11 Dimensiones del tanque floculador sedimentador, baffles y sistema de agitación

Fuente: Autores

4.5.4. Cálculo del sistema de agitación

El régimen turbulento se puede alcanzar con números de Reynolds del impulsor $NRe_i > 20,000.00$, para tanques agitados con baffles, según Chohey y Hicks, (1986). En régimen turbulento el número de potencia es aproximadamente constante (Kexue Avenue, National HI-TECH Industrial Development Zone, 2008-2019) (Ver figura 11)

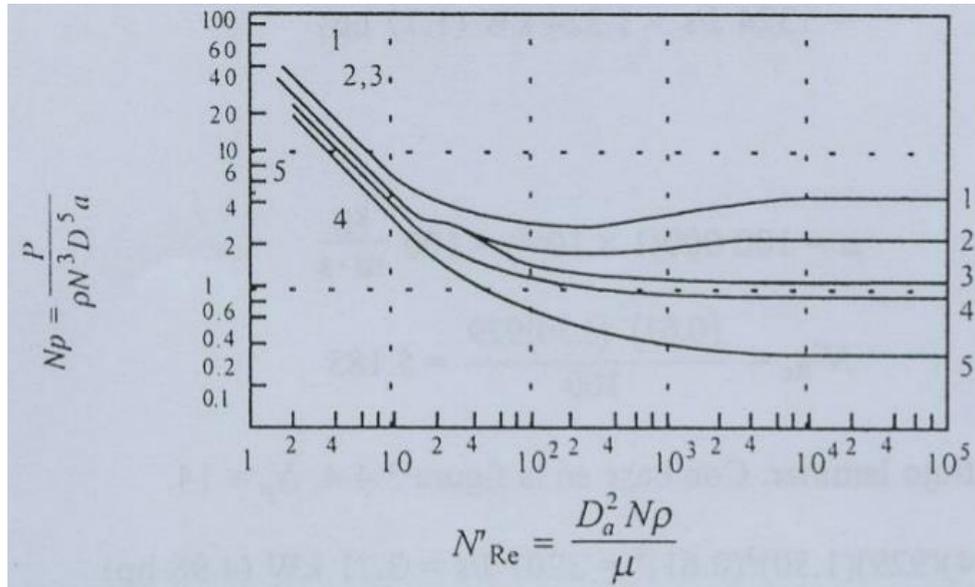


Figura 12 Potencia para la agitación de impulsores sumergidos en líquidos de una sola fase con una superficie gas/líquido

Fuente: Frigoexport C.A

El número de potencia está definida como:

$$Np = \frac{P}{\rho L * N^3 * d_i^5}$$

Dónde:

P = Potencia transferida al fluido por parte del impulsor.

ρ = Densidad del líquido

N = Revoluciones por segundo $\left(4 \frac{rev}{seg}\right)$ Determinada en el test de jarras

d_i = Diámetro del impulsor 75 cm

De la figura 11, con número de Reynolds de 20,000.00. El número de potencia NP en relación este tipo de agitador = 5.0 de acuerdo a Chopey y Hicks, (1986), pero ahí se da un factor de corrección.

$N_{P \text{ corregido}} = 5.0 * \left(\left(\frac{11}{75} \right) / \left(\frac{1}{5} \right) \right) = 3.67$, para cumplir las condiciones de turbulencia dadas por Chopey y Hicks, (1986) $NRe > 20,000.00$

La potencia del agitador:

$$P = K * \rho * \eta * \frac{D^5}{g} (CV)$$

Ecuación 5

Fuente:

Dónde:

P = Potencia (gr-cm/seg.) (W)

K = Constante que depende de las características del impulsor (6 palas)

G = Aceleración de la gravedad (9.81 cm/seg²)

η = Velocidad del impulsor

ρ = Densidad del agua (gr/cm³)

D = Diámetro del impulsor (cm)

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA			
Temperatura (°C)	Densidad (kg/m³)	Viscosidad dinámica (N·s/m²)	Viscosidad cinemática (m²/s)
0	999.822	1.781·10⁻³	1.785. 10⁻⁶
5	1,000.00	1.518·10⁻³	1.519. 10⁻⁶
10	999.70	1.307·10⁻³	1.306. 10⁻⁶
15	999.10	1.139·10⁻³	1.139. 10⁻⁶
20	998.20	1.102·10⁻³	1.003. 10⁻⁶
25	997.0012	0.890·10⁻³	0.893. 10⁻⁶
30	995.70	0.708·10⁻³	0.800. 10⁻⁶
40	992.2022	0.653·10⁻³	0.658. 10⁻⁶
50	988.00	0.547·10⁻³	0.553. 10⁻⁶
60	983.2022	0.466·10⁻³	0.474. 10⁻⁶
70	977.80	0.404·10⁻³	0.413. 10⁻⁶
80	971.80	0.354·10⁻³	0.364. 10⁻⁶
90	965.30	0.315·10⁻³	0.326. 10⁻⁶
100	958.40323	0.282·10⁻³	0.294. 10⁻⁶

Tabla 12 **Propiedades físicas del agua**

Fuente: Autores

Estas constantes son necesarias a la hora de calcular la potencia que se va a suministrar al agitador en los tanques empleados en los procesos de coagulación y floculación.

Tipo de agitador	K _L	K _T
Hélice, paso cuadrado, 3 palas	41	0.32
Hélice, paso 2, 3 palas	43.5	1
Turbina de disco con 4 palas planas	60	5.31
Turbina de disco con 6 palas planas	65	5.75
Turbina con 6 palas curvas	70	4.8
Turbina de ventilador, 6 palas 45°	70	1.65
Turbina cerrada de 6 palas curvas	97.5	1.08
Turbina cerrada por anillo difusor sin tabiques deflectores	172.5	1.12
Palas planas, 2 hojas, D _i /W _i = 4	43	2.25
Palas planas, 2 hojas, D _i /W _i = 6	36.5	1.7
Palas planas, 2 hojas, D _i /W _i = 8	33	1.15
Palas planas, 4 hojas, D _i /W _i = 6	49	2.75
Palas planas, 6 hojas, D _i /W _i = 6	71	3.82

Tabla 13 Valores de coeficientes K_L y K_T

Fuente: Autores

$$P = 5.75 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 75^2 / 981 = 51379730.5 \left(\frac{gr \cdot cm}{s} \right) CV / (7,500,000 \left(\frac{gr \cdot cm}{s} \right))$$

$$P = 7.42 CV * (1HP/1.0149 CV) = 7.31 HP \approx 8.0 HP$$

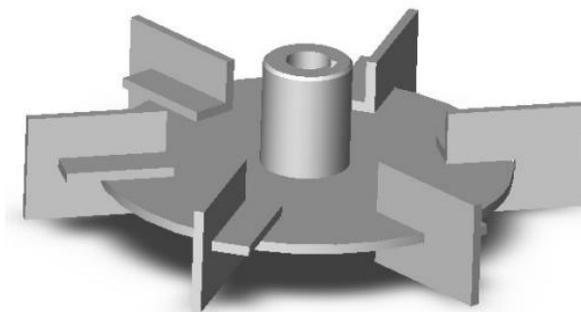


Figura 13 Turbina Rushton de 6 palas. Fuente: Simulación de una turbina mediante CFD FLUENT

Fuente: Departamento de Proyectos Frigoexport C.A



Figura 14 Medidor de pH/pH& ORP Controlador/sensor de pH
Fuente: Departamento de Mantenimiento y Producción

4.5.5. Filtración

El proceso de filtración es uno de los más frecuentemente empleados en el tratamiento de aguas residuales. Se puede emplear después del pretratamiento de sedimentación y coagulación (filtración directa), para así poder eliminar los sólidos que están presentes originalmente en el agua, o los precipitados, el caso en estudio incluye pretratamiento. El filtro de grava que se utiliza para el filtrado consiste en un recipiente cilíndrico de cierta capacidad, que contiene grava y arena de diferentes diámetros, las que atrapan impurezas de tipo mediano a grueso entre sus poros. Son diseñados para un caudal alto, dependiendo de la necesidad.

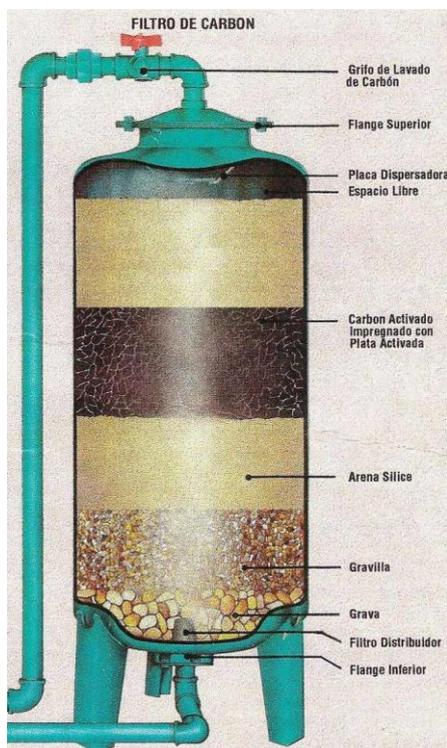


Figura 15 Filtro de grava y arena

Fuente: Departamento de Mantenimiento
Frigoexport C.A

Caudal por filtro: 40 m³/h

Diámetro: 2,100.00 mm.

Altura del cilindro: 2,200 mm

Altura total aproximada: 3,390 mm

Temperatura de servicio: 10-30 °C



Figura 16 Características de la bomba para filtro de grava y arena

TYPE	P2		P1 (kW)	AMPERE	Q (m ³ /h - l/min)										
					3~	0	7.5	9	12	15	18	21	24	27	30
						0	125	150	200	250	300	350	400	450	500
3~	(HP)	(kW)	3~	3x400 V 50 Hz	H (m)										
MN 32-250 C	12.5	9.2	11.9	20.1	70.0	68,5	68	67	65,5	63,5	61,5	58,7	55	50,5	
MN 32-250 B	15	11	14.4	24.2	82.0	81	80,5	79,5	78,5	77	75	72,6	70	66,5	
MN 32-250 A	20	15	18.1	30.1	93.0	92,5	92	91,5	90,5	89,5	88	85,7	83,5	80	

TYPE	P2		P1 (kW)	AMPERE	Q (m ³ /h - l/min)												
					3~	0	7.5	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
						0	125	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
3~	(HP)	(kW)	3~	3x400 V 50 Hz	H (m)												
MN 40-125 C	2	1.5	2.3	4.0	17.4	17.6	17.5	17.3	16.9	16.4	15.8	15.1	14.2	13.3	-	-	
MN 40-125 B	3	2.2	2.9	5.2	20.7	-	21.3	21.2	21.0	20.6	20.1	19.4	18.7	17.9	17.0	-	
MN 40-125 A	4	3	4.1	7.1	25.2	-	25.8	25.8	25.6	25.4	24.9	24.4	23.7	22.9	22.0	21.1	

Figura 17 Memoria de cálculo del reactor biológico

4.5.5.2. Tratamiento biológico

El fundamento del sistema de fangos activos reside en la propiedad que tiene el agua residual (una vez eliminados los sólidos sedimentables), a ser sometido a la inyección de aire, de producir coagulación de aquellas sustancias en suspensión que, por su estado son incapaces de sedimentar por sí solas. Esta coagulación determina su sedimentación.

En el reactor biológico donde se inyecta aire, produciéndose una mezcla de agua y fangos, su salida pasa a la decantación secundaria. El agua ya depurada constituye el

efluente ya depurado. Los fangos sedimentados se pueden extraer del decantador, una parte se recicla al reactor biológico como fango activo (caudal de recirculación) y el resto es retirado del sistema para su estabilización (fangos en exceso).

Este proceso tiene su lugar mediante la actividad de microorganismos pertenecientes al agua residual los cuales pueden actuar sobre la materia orgánica (carbono) suspendida disuelta y coloidal la cual se convierte en gases y tejido celular. Puesto que el tejido celular tiene peso específico mayor que el del H₂O, este tejido que se obtuvo como resultado puede eliminarse por medio de la decantación (Aula.aguapedia, s.f.).

Como las exigencias de salida de la planta son:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100$$

Dónde:

E: Eficiencia en %

S: DBO₅ Exigencia de salida de la planta 80 mg/l

S₀: DBO₅ de ingreso al reactor

$$E = \frac{457 - 80}{457} * 100 = 82.5\%$$

E= 82.5%

Suponemos además que la DBO₅ de los sólidos biológicos biodegradables se puede obtener multiplicando la DBO última por el factor 0.68 (suponemos que el valor de K en la ecuación de la DBO es k= 0.1 d⁻¹ (base 10) tendremos.

En la tabla 9.2.5 se presenta valores recomendados por Ronzano y Col, basados en estudios realizados en Alemania por la A.T.V, en más de 150 estaciones depuradoras en funcionamiento. La edad del fango se la seleccionará en virtud de las exigencias del vertido.

Estado del fango Θ_c	Concentraciones en el agua depurada					
	S.S Variable			S.S Constante		
	S.S	DBO ₅	DBO ₅ Soluble	S.S	DBO ₅	DBO ₅ Soluble
(d)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
1	40	47	23	30	41	23
2	40	40	16	30	34	16
3	30	31	13	30	31	13
4	25	26	11	30	29	11
5	25	24	9	30	27	9
6	25	24	9	30	27	9
7	25	23	8	30	26	8
8	20	20	8	30	26	8
9	20	19	7	30	25	7
10	20	19	7	30	25	7
12	20	19	7	30	25	7
14	20	19	7	30	25	7
16	20	18	6	30	24	6
18	20	18	6	30	24	6
20	15	15	6	30	24	6
25	15	15	6	30	24	6
30	15	14	5	30	23	5

Tabla 15 Relación entre la edad del fango Θ_c y las concentraciones de la DBO de salida y S.S en el agua depurada.

Fuente: Autores

$\Theta_c = 10$ días

Régimen hidráulico del reactor:

-Mezcla completa

Tabla 16 Valores normales de diseño para los diferentes procesos de fangos activos

Variantes del Proceso	Edad del Fango	Tiempo de Retención	Carga másica (kg DBO ₅ /d/kg MLSSV)	Carga Volumétrica (kg/ DBO ₅ / d/m ²)	MLSS (mg/l)
	(d)	(h)			
Convencional	4-12	4-8	0.2 – 0.4	0.32 – 0.64	1500 – 3500
Mezcla completa	4-12	4-8	0.2 – 0.5	0.8 – 1.8	2500 - 4000
Aireación escalonada	4-12	4-8	0.2 – 0.4	0.64 – 1.0	2000 - 3500
Contacto-Estabilización	3-10	3-6	0.5 – 2	1.5 – 3	1000 – 3000
		1-3	0.2 – 0.6	0.8 – 3.0	4000 - 10000
Alta Carga	4-8	2-4	0.4 - 1	1.3 – 3.0	4000 - 10000
Aireación prolongada	>20	16-24	0.05 – 0.15	0.16 – 0.35	3000 - 6000

Fuente: Autores

Establecemos las siguientes condiciones de funcionamiento propio de un proceso de fangos activados de media carga:

Tabla 17 Valores Típicos de los coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados. (Metcalf & Eddy. 1991)

Valores para 20° C			
Coefficientes	Unidades para SSV	Rangos	Típico
<i>Y</i>	Mg VSS/mg BOD ₅	0.4 – 0.8	0.6
<i>B</i>	d ⁻¹	0.025 – 0.075	0.06
<i>K</i>	mg/l BOD ₅	25 - 100	60

Fuente: Autores

- **Coefficientes Cinéticos:**

Coefficiente de crecimiento **Y=0.65**

Coefficiente de mortandad **k_d= 0.06**

- **Sólidos en suspensión en el licor mezcla**

MLSS = 3000 mg/l

- **Sólidos en suspensión volátiles en el lucro mezclado**

$$\text{MLSSV} = 0.8 * 3000 = 2400 \text{ mg/l}$$

4.5.3. Cálculos

1. Cálculo del volumen del reactor

El número de microorganismos en el reactor viene dado por la siguiente expresión:

$$V_r = \frac{Q * \theta_c * Y * (S_0 - S)}{X(1 + K_d * \theta_c)}$$

$$V_r = \frac{57.6 * 10 * 0.65 * (377)}{2400 * (1 + 0.06 * 10)} = \frac{141148.8}{3840} = 36.76 \text{ m}^2$$

$$V_r = 36.76 \text{ m}^2$$

2. Comprobación del tiempo de retención hidráulica del reactor

$$t_R = \frac{V_r}{Q} = \frac{36.76}{7.2} = 5.11 \text{ h}$$

3. Comprobación de la carga másica

$$\text{Carga másica: } C_m = \frac{(S_0 * Q)}{(X * V_r)}$$

(kg DBO₅/día * kg MLSS)

Siendo:

S₀ : Cantidad de DBO₅ que entra al Reactor Biológico por unidad de volumen (kg/m³)

Q : Caudal a tratar (m³/día)

X : Concentración de sólidos en suspensión en el Reactor Biológico (kg MLSS / m³)

V_r : Volumen del Reactor Biológico en m³

$$C_m = \frac{0.457 * 57.6}{36.76 * 3} = 0.239$$

$$C_m = 0.239 \frac{kg DBO_5}{MLSS}$$

4. Determinación de la carga volúmica

$$C_v = \frac{(S_0 * Q)}{V_r} = \frac{0.457 * 57.6}{36.76} = 0.72$$

$$C_v = 0.72 \frac{kg DBO_5}{m^3}$$

5. Cálculo de la necesidad teórica de oxígeno mediante la fórmula:

$$O.N. \left(\frac{kg}{día} \right) = A * kg DBO_5 \frac{elim}{día} + B * kg MLSSV$$

Los coeficientes A y B varían según el texto y autor que escoja.

El primer término de la ecuación ($A * DBO_5$), es lo que se conoce como necesidades de oxígeno para la síntesis, siendo el proceso por el cual la materia orgánica del agua (representada por la DBO) se asimila y se transforma, en parte, en materia viva (Dirección general del agua).

Tabla 18 Coeficientes A y B para el cálculo de las necesidades de oxígeno

Autor		Coeficientes	
		A	B
Eckenfelder y O'Connor		0.48	0.08
Logan y Budd		0.52	0.09
Quink		0.53	0.15
Mastantuono	Carga Másica		
	0.1	0.66	0.065
	0.2	0.59	0.065
	0.3	0.56	0.08
	0.4	0.53	0.08
	0.5	0.50	0.08
W.R.C		0.75	0.048

Fuente:

Como coeficientes A y B adoptaremos los Mastantuono.

A= 0.58

B= 0.08

- Necesidad de oxígeno para la síntesis:

$$O.N._S = 0.58 * 21.72 = 12.60 \frac{kgO_2}{d}$$

- Necesidad de oxígeno para la endogénesis:

$$O.N._E = 0.08 * 2.4 * 36.76 = 7.06 \frac{kgO_2}{d}$$

La necesidad teórica de oxígeno será:

$$O.N. \left(\frac{kg}{d} \right) = 12.60 + 7.06 = 19.66 \frac{kg}{d}$$

$$O.N. \left(\frac{kg}{d} \right) = 19.66 \frac{kg}{d}$$

Otra manera de calcular:

$$a' = 0.50 + 0.01\theta_c = 0.50 + 0.01 * 10 = 0.6$$

$$O.N._S = 0.6 * 21.72 = 13.03 \frac{kgO_2}{d}$$

$$b' = \frac{0.13 * \theta_c}{1 + 0.16 * \theta_c} = \frac{0.13 * 10}{1 + 0.16 * 10} = 0.5$$

$$O.N._E = 0.5 * 21.72 = 10.86 \frac{kgO_2}{d}$$

$$O.N. = 13.03 + 10.86 = 23.89 \frac{kg}{d}$$

$$O.N. = 23.89 \frac{kg}{d}$$

Aceptamos este segundo criterio por ser más desfavorable.

6. Cálculo de las necesidades reales de oxígeno

El oxígeno a aportar en las condiciones reales se lo determina de esta manera:

$$Oxígeno\ real = \frac{Oxígeno\ necesario\ teórico}{k_t}$$

Ecuación 6

Fuente:

Siendo k_t el coeficiente global de transferencia, que se calcula a su vez como el producto de tres coeficientes.

$$K_t = K_{t1} * K_{t2} * K_{t3}$$

Ecuación 7

Fuente: Coeficiente Global de transferencia

El coeficiente K_{t1} : Tiene en cuenta el déficit de saturación de oxígeno del licor mezcla.

- Temperatura del agua en el tanque de aireación 20°C
- En el tanque de aireación se necesita concentración media de oxígeno: $C_x = 2$ mg/l
- Concentración de saturación en agua clara, a 20°C y presión atmosférica normal: $C_s = 9.17$ mg/l

Tabla 19 Valores de C_s en función de la temperatura T

T (°C)	C_s (mg/l)	T (°C)	C_s (mg/l)
1	14.23	16	9.95
2	13.84	17	9.74
3	13.48	18	9.54
4	13.13	19	9.35
5	12.80	20	9.17
6	12.48	21	8.99
7	12.17	22	8.83
8	11.87	23	8.68
9	11.59	24	8.53
10	11.33	25	8.38
11	11.08842	26	8.22
12	10.8333	27	9.07
13	10.602	28	7.92
14	10.37	29	7.77
15	10.15	30	7.63

Fuente: Autores

Para calcular la concentración de saturación a la temperatura de 20°C (C_s), se lo hace a partir del Valor obtenido de C_s de la tabla aplicándole los siguientes factores de corrección:

Este valor es corregido mediante los factores: β , C_P , C_A

B: Tiene en cuenta los sólidos en suspensión del licor y su salinidad, adoptamos Salinidad < 3 mg/l $\beta = 0.98$

C_P : Debe tener en cuenta las variaciones de presión debidas a la altitud. Se toma una altitud sobre el nivel del mar de 8.0 m

$$C_P = 1 - \left(0.111 * \frac{8}{1000} \right) = 0.999$$

C_A : Debe tener en cuenta la altura en el tanque de aireación. Como la aireación se va a llevar a cabo mediante difusores, se tiene en cuenta que la profundidad del tanque es de 2.0 m.

Se determina la concentración de saturación media:

Concentración en el fondo:

$$C_{SF} = C_S \frac{10.33+P}{10.33}, \text{ Siendo P la profundidad del difusor (2.0 m)}$$

$$C_{SF} = 9.17 \frac{10.33 + 2.0}{10.33} = 10.95$$

Concentración en la superficie: En la concentración debe tener en cuenta la disminución de la presión parcial del oxígeno por la disolución de la fracción E (E es el rendimiento de transferencia de oxígeno)

$$C_{SS} = C_S \frac{1 - E}{0.791 + 0.209 * (1 - E)}$$

Siendo 0.791 la proporción de N en el aire, y 0.209 la proporción de O en el aire. Se estima el rendimiento E en un 5% por metro de inmersión (entre 3 y 6 metros)

$$E = 0.05 * P$$

$$E = 0.05 * 2.0 = 0.1$$

$$C_{SS} = 9.17 \frac{1 - 0.1}{0.791 + 0.209 * (1 - 0.1)} = 8.43$$

El coeficiente de saturación media es:

$$C_{SM} = \frac{C_{SF} + C_{SS}}{2} = \frac{10.95 + 8.43}{2} = 9.69$$

$$C_A, \text{ viene dado por } C_A = \frac{C_{SM}}{C_S} = \frac{9.69}{9.17} = 1.06$$

Por lo tanto:

$$C'_S = C_S * \beta * C_P * C_A = 9.17 * 0.98 * 0.999 * 1.06 = 9.52$$

Donde, K_{t1} viene dada por:

$$K_{t1} = \frac{C'_S - C_X}{C_S} = \frac{9.52 - 2}{9.17} = 0.82$$

Coefficiente K_{t2} :

$$K_{t2} = 1.024^{(t-10)}; t = 20^\circ\text{C}$$

$$K_{t2} = 1.024^{(20-10)}; t = 1.268$$

Coefficiente K_{t3} :

Tiene en cuenta la influencia de la temperatura en la velocidad de disolución del oxígeno según las características del lico. Como se ha adoptado una aireación con difusores de acuerdo con la tabla 9.2.5.5

Tabla 20 Valores del coeficiente K_{t3}

Sistema aireación	K_{t3}
Aire con burbujas finas	
• Carga media sin nitrificación	0.55
• Carga baja con nitrificación	0.65
Aire con difusores estáticos	0.80
Turbinas de aireación	0.90
Aire con burbujas gruesas	0.90

Fuente: Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales, Aurelio Lehman

Se toma $K_{t3} = 0.65$

El coeficiente global de transferencia, K_t saldrá:

$$K_t = K_{t1} * K_{t2} * K_{t3} = 0.82 * 1.27 * 0.65 = 0.68$$

$$\text{Oxígeno real} = \frac{23.89}{0.68} = 35.13 \frac{\text{kgO}_2}{\text{d}}$$

Oxígeno real = $35.13 \frac{\text{kgO}_2}{\text{d}}$ (Comparativa de ampliación E.D.A.R.)

7. Capacidad de desnitrificación

Los requisitos de vertido son: N-NO₃, es 10 mg/l (0.58 kg/d)

La cantidad de nitrógeno a desnitrificar será:

$$1.84 - 0.58 = 1.26 \text{ kg/d}$$

El nitrógeno en la salida: 0.58 kg/d

El oxígeno necesario para desnitrificar:

$$O.N._N = \frac{4.6 N - NO_3 \text{ efluente} + 1.7 N - NO_3 \text{ desnitrificar}}{\text{kg DBO}_5 \text{ d}}$$

$$O.N._N = \frac{4.6 (0.58) + 1.7 (1.26)}{26.32} = \frac{2.67 + 2.14}{26.32} = 0.18$$

Por tanto, la necesidad total teórica de oxígeno será:

$$0.18 * 21.72 = 3.91 \frac{\text{kgO}_2}{\text{d}}$$

$$\text{Oxígeno real}_{\text{final}} = 35.13 + 3.91 = 39.04 \frac{\text{kgO}_2}{\text{d}}$$

8. Potencia a instalar

En los sistemas de aireación por medio de difusores, el rendimiento de transferencia de O₂ depende del tipo de burbuja que se puede generar. Los difusores de burbuja fina tienen rendimientos entre el 12% y el 16% mientras que en los de burbuja gruesa solo se alcanzan rendimientos entre el 3% y 6%

El caudal de aire se introduce en el sistema mediante soplante o compresores, a una determinada presión (m.c.a). En prediseño se adoptan valores de presión del orden de 1.3 veces la altura del depósito para tener en cuenta las pérdidas de carga del sistema de

distribución y de salida del aire. En las condiciones normales 1 m³ de aire contiene 0.286 kg O₂

$$Q_{\text{aire } m^3/h} = \frac{N.O \text{ real final} \left(\text{en } \frac{kg O_2}{h} \right) \div \% \text{rend. transf. } O_2}{0.286 \frac{kg O_2}{m^3 \text{ aire}}}$$

$$Q_{\text{aire } m^3/h} = \frac{18.08 \div 0.14}{0.286} = 451.47 \frac{m^3}{h}$$

$$P(CV) = \frac{0.227 * Q_{\text{aire}}}{1.04} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0.283} - 1 \right] C$$

$$P_1 = 8$$

$$P_2 = P_1 + \text{Profundidad de la cuba} + \text{pérdidas por difusores} \\ + \text{pérdidas por tuberías}$$

C= Coeficiente de seguridad (normalmente 10%)

$$P_2 = 8 + 2.0 + 2.0 + 2.2 = 14.20 \text{ m. c. a}$$

$$P(CV) = \frac{0.227 * 451.47}{1.04} \left[\left(\frac{14.2}{8} \right)^{0.283} - 1 \right] 0.1$$

$$P(CV) = 7.63 \text{ CV}$$



The VFC80 is a single-stage ring compressor with a maximum pressure of 135 in H₂O, a maximum vacuum of 110 in. H₂O, and a maximum capacity of 388 SCFM. It comes complete with a direct-drive, 10 horsepower, TEFC motor capable of operating on a wide range of voltages, and on 50 or 60 Hz. A pilot-duty thermal protector is standard equipment on all 3-phase models. All versions have NEMA class B insulation, and are UL recognized, CSA certified, and CE. 575 Volt units are CSA certified only.

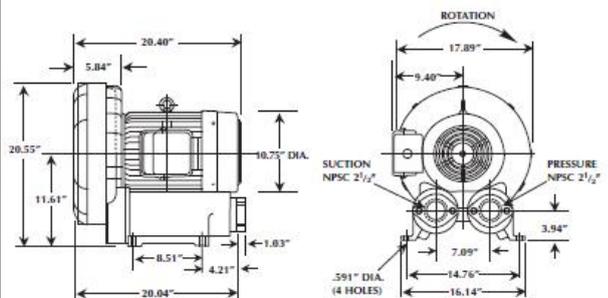


Figura 18 Blower VFC 80 Ring Compressor

Fuente: Fujielectric

9. Difusores de membrana

Los difusores de membrana de burbuja fina modelo, puede permitir obtener valores muy altos de transferencia de O₂, con miles de micro perforaciones, siendo ideales para su instalación en los reactores aeróbicos de las plantas de tratamiento de efluentes, tanto cloacales como industriales.

La membrana óptima a ser considerada para este diseño a implementarse, es la elastomérica de Acrilo Nitrilo-EPDM (otros compuestos a pedido), la cual permite la operación en forma intermitente, sin que ingrese el líquido a las cañerías sumergidas en la PTARI, facilitando el arranque de los sopladores del aire y protegiendo las cañerías y garantizando la protección de los difusores de sobrepresiones inmersos en el Sistema de tratamiento (Repicky, s.f.).²

² <http://www.repicky.com.ar/difusores-de-membrana-de-burbuja-fina.html>

Difusor de burbuja fina RG-300	
Rango de caudal:	2 a 8 Nm ³ /hora
Caudal de diseño:	5 Nm ³ /hora
Pérdida de carga:	20 mbar para 2 Nm ³ /hora 40 mbar para 5 Nm ³ /hora 70 mbar para 8 Nm ³ /hora
Densidad:	1 a 6 difusores/m ²
SOTE:	15,4 gr. (5,5%) a 22,4 gr. (8%) por m ³ /h de aire y por m de profundidad.
Eficiencia de transferencia de O ₂ :	2,5 — 6 Kg. O ₂ /KWh



Figura 19 Difusor de burbuja fina

Fuente: Repicky Galería

$$\text{Caudal por difusor} = 18 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$N' = \frac{q_a}{q_{a,d}}$$

N': Número de difusores

q_a: Caudal total de aire m³/h

q_{a,d}: Caudal de aire/difusor m³/h

$$N' = \frac{451.47}{18.18} = 24.83$$

10. Recirculación

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{X * l}{1000 - l * X}$$

Adoptamos un valor índice de Mohlman $l = 180$

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{3 * 180}{1000 - 3 * 180} = \frac{540}{460} = 1.17$$

$$\frac{Q_r}{Q} = 1.17$$

$$Q_r = 1.17 * 57.6 \frac{m^3}{d} = 67.62 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_r = 67.62 \frac{m^3}{d}$$

Para calcular la producción de fangos:

$$P_{X(SSV)} = \frac{Y(S_0 - S)Q}{(1 + k_d * \theta_c)} = \frac{0.65 * 377 * 57.6}{(1 + 0.06 * 10)1000} = \frac{14114.88}{1600} = 8.82 \frac{kgSSV}{d}$$

La masa total de fangos a purgar, teniendo en cuenta que un 95% de lodos son volátiles:

$$P_{X(SSS)} = \frac{8.82}{0.95} = 9.31 \frac{kgSST}{d}$$

11. Decantación secundaria

Tabla 21 Parámetros de la decantación secundaria (Fuente: Manual de Diseño de Estaciones depuradoras de Aguas Residuales)

Proceso	Carga s/vertedero (m ³ /h·ml)		Carga de Sólidos (kg/m ² /h)		Tiempo de Retención (h)		Velocidad ascensional (m ³ /m ² ·h)	
	Q _{med}	Q _{máx}	Q _{med}	Q _{máx}	Q _{med}	Q _{máx}	Q _{med}	Q _{máx}
Convencional	≤ 5.7	≤ 10.5	≤ 2.5	≤ 6.0	≥ 3	≥ 2	≤ 0.8	≤ 1.5
Alta carga	≤ 6.5	≤ 11.5	≤ 5.6	≤ 9.5	≥ 2.5	≥ 1.5	≤ 1.18	≤ 2
Aireación escalonada	≤ 6.5	≤ 11.5	≤ 2.8	≤ 6.2	≥ 2.0	≥ 1.5	≤ 1.35	≤ 2
Contacto Estabilización	≤ 6.5	≤ 11.5	≤ 2.2	≤ 5.5	≥ 3.2	≥ 1.6	≤ 1.02	≤ 2
Aireación prolongada	≤ 4.0	≤ 9	≤ 4.2	≤ 7.0	≥ 3.6	≥ 1.7	≤ 0.7	≤ 1.5

Fuente:

Adoptamos los valores de diseño de dicha tabla

$$A_{máx} = \frac{Q_{máx}}{1.5} = \frac{7.2}{1.5} = 4.80 m^2$$

RESULTADO 2.

El diseño fue complementado con el manual de operación y mantenimiento, el cual es requisito fundamental para la Gerencia, con esto puede lograrse que la vida útil del equipo en cuestión se extienda, optimizando recursos económicos y facilitando las actividades que el operario deba realizar sin dificultad alguna.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

I. Introducción

Las aguas residuales son aquellas que provienen de procesos post-industriales; es decir aquellas aguas que ya han sido utilizados en los diferentes procesos de fabricación, producción o manejo industrial y que para ser desechadas necesitan primeramente ser tratadas previamente, evitando problemas con entidades reguladoras, con parámetros adecuados a las respectivas redes de vertido o sistemas naturales, tales como cuerpo hídrico (Santana Cruz, 2009).

Con el personal calificado se debe someter periódicamente a la planta de tratamiento de aguas residuales a un mantenimiento efectivo, de forma apropiada, de tal manera que pueda cumplir con su objetivo al operar apropiadamente, esto lo indica (Galeano Nieto & Rojas Ibarra, 2016), dependiendo del tipo y tamaño de la planta debe ser la magnitud y la frecuencia que debe ejecutarse. La operación y el mantenimiento, incluida la apropiada disposición de los lodos, deben seguir las instrucciones formuladas por el diseñador y el fabricante del equipo (Guerrero, 2014).

Para cumplir con lo antes expuesto las instrucciones deben ser de una fácil comprensión y bien detalladas, describiendo el alcance del trabajo de rutina y su frecuencia, estableciendo a la vez las medidas necesarias para un adecuado mantenimiento de todos los componentes de la planta, lo cual incluye el control de su grado de rendimiento.

Para un correcto control diariamente el operador de las instalaciones deberá llevar su registro en sus formatos, tanto de las operaciones, como de las mediciones, observaciones o trabajos que deben efectuarse periódicamente, incluyendo las acciones realizadas por mantenimiento y de igual manera los resultados obtenidos en cada proceso de tratamiento o sucesos específicos acaecidos.

Cuando se requiera un mantenimiento, se debe disponer de los equipos, materiales, herramientas y del personal debidamente capacitado para la función asignada. Cuando se presenten obstrucciones, se observe la acumulación de desperdicios, se detecten fugas, grietas y cualquier otro daño en las estructuras y equipos, éstas deben eliminarse de inmediato (Guerrero, 2014).

La operación y el mantenimiento de la planta debe ejecutarse de tal modo, que no representen ningún peligro o molestia para el personal de Frigoexport, ni para el ambiente. Esto se aplica en especial, a la extracción, transporte y disposición final de lodos, de las natas y del material retenido en las rejillas o filtros. Debe mantenerse una reserva adecuada de piezas de repuesto (Espinosa García , 2005).

Para conservar y asegurar un correcto funcionamiento de la planta de tratamiento, se indican ciertas medidas a tomar:

- a. Reclutar personal calificado y entrenado para la operación de la planta de la cual habrá un responsable.
- b. Mantener la planta en buenas condiciones de limpieza y orden según los Procedimientos Operacionales Estándares de Sanitización.
- c. Establecer un plan sistemático para la ejecución de las operaciones asignadas.
- d. Realizar un programa rutinario de inspección y lubricación de los equipos.
- e. Registrar los datos operativos de cada equipo, destacar todo lo relativo a incidentes poco usuales, y condiciones de funcionamiento anormales para acciones correctivas y preventivas
- f. Monitorear las medidas de seguridad establecidas.
- g. Definir y realizar un programa de mantenimiento de los equipos, considerando las recomendaciones de los fabricantes.

II. Objetivos

- Contribuir al cumplimiento del marco normativo con el tratamiento, descargas y re-uso de las aguas residuales, así como con el manejo, tratamiento y disposición de los residuos generados por dichos sistemas.
- Establecer las políticas generales de operación de las áreas involucradas directa o indirectamente con los sistemas de tratamiento de aguas residuales, para apoyar la correcta operación, para ello se debe realizar los respectivos trámites ante las autoridades o entidades competentes, promoviendo capacitación, la seguridad e higiene y el mantenimiento industrial.
- Optimizar la operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, para lo cual es indispensable normar, controlar el suministro y generación, almacenamiento, tratamiento, disposición final; cumpliendo con el marco legal y a la vez identificando y promoviendo el ahorro en el consumo del agua.

1. Sistema de tratamiento

El diseño comprende una planta de lodos activados por aireación de forma escalonada, para tratar las aguas residuales de una planta empacadora y exportadora de camarón, con un caudal máximo de 57.6 m³/día.

Existen unos microorganismos denominados “Bacterias Aeróbicas”, los cuales son los causantes de la contaminación en las aguas residuales, mediante este sistema se procede a la digestión aerobia de la materia orgánica de estos microorganismos, convirtiéndola en gas carbónico, agua y un residuo sólido estabilizado correctamente.

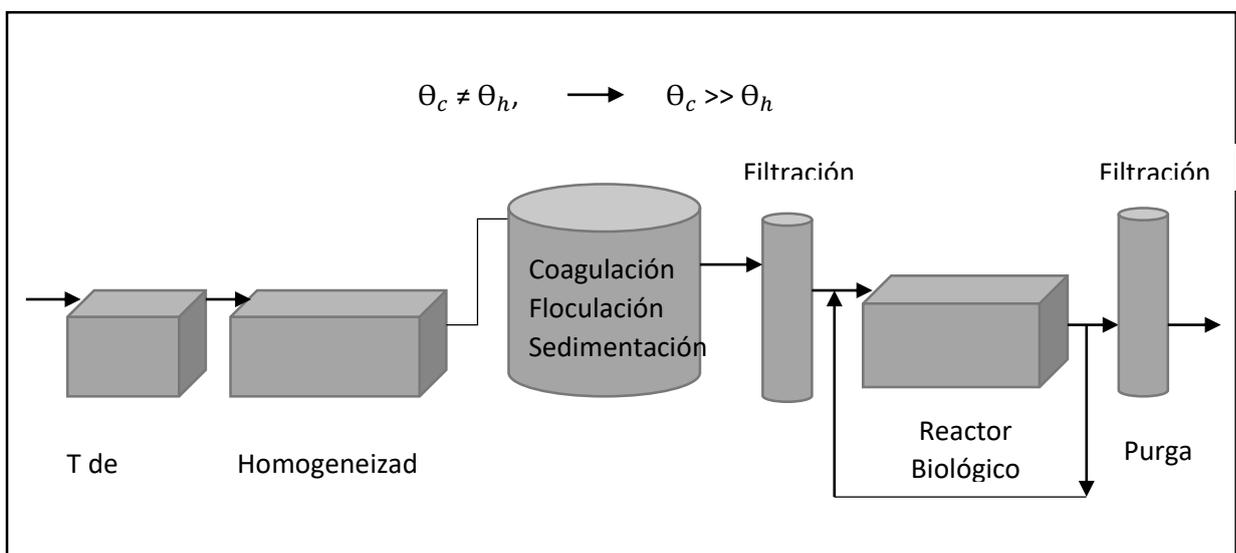
Se puede lograr a formar un pequeño manto de lodos considerable, con su propagación al multiplicarse rápidamente, siempre y cuando se coloquen en un medio sumamente adecuado, con el oxígeno cuidadosamente controlado y el alimento apropiado para su debido crecimiento.

Algunas ventajas brindan este proceso de Aireación Escalonada (Lodos Activados modificados) las cuales son:

- 1) Pequeña área se requiere para la planta.
- 2) Costo inicial bajo.
- 3) Mínima producción de lodos.

- 4) Manejo de altos caudales que se presentan en las horas de máximo consumo sin problemas en la operación.
- 5) Se puede omitir la supervisión operacional muy técnica, debido a que el proceso y el control del mismo son muy sencillos.
- 6) La remoción de D.B. O₅ está comprendida entre el 85% y el 95%
- 7) El efluente es claro, sin olor y con cloro residual que ocasiona efecto mínimo en la fuente receptora.

1.1. Descripción del sistema



1.1.1 Pretratamiento

El agua residual antes de la entrada en el tanque de homogenización (igualación) pasa a través de varias mallas de acero para prevenir que sólidos grandes entren a la planta lo que pueden interceptar tuberías y bombas para retorno de lodos.

1.1.2 Trampa de grasa

Son tanques en los cuales se permite flotar en la superficie las partículas con gravedad específica menor que la del agua. La DQO se incrementa en un 20 a 30% por las grasas contenidas en el agua residual. Las grasas trastornan el proceso de digestión de lodos.

Características:

- Para tratar aguas residuales industriales, se considera obligatorio su uso.
- Se establece en un lugar específico para la disposición final del material retenido

La sedimentación es una operación unitaria dentro de los procesos de tratamiento de aguas que tiene como finalidad el remover los sólidos suspendidos (coagulados y floculados) que el agua pueda contener y que por acción de la gravedad son arrastrados hacia el fondo del sedimentador, donde pueden ser separados del agua a la cual se desea darle tratamiento para remoción de dichas partículas (Geocities, 2009).

1.1.3. Filtración

Filtración es la separación de las partículas remanentes que se encuentran aun después de la sedimentación, tiene lugar gracias a la presión que se le imprime por medio de una bomba de alimentación.

En la filtración, la superficie filtrante es la suma de capas porosas de todos los elementos que se disponen en su interior. Situados verticalmente, conectados a un colector único de salida de filtrado (TEFSA, s.f.).

1.1.4. Reactor de lodos activados

La depuración biológica por lodos activados es un proceso biológico aplicado en el tratamiento de aguas residuales convencionales, el cual consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculos, el cual debe encontrarse en un depósito agitado, ventilado y sustentado con el agua residual, haciéndolo capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos que se encuentran presentes en esa agua.

La agitación evita la sedimentación y uniforma la mezcla de los flóculos bacterianos obtenidos con el agua residual. En la aireación requerida se tiene por objetivo el suministro del oxígeno necesario tanto para el resto de los microorganismos aerobios, el oxígeno puede provenir del aire (Wikipedia, 2019).

1.1.5. Clarificador

Los clarificadores convencionales son utilizados comúnmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales con el fin de reducir la DBO y el contenido de Sólidos Suspendidos previo al tratamiento biológico principal.

Típicamente, un clarificador deberá ser el proceso final para la generación de un efluente de alta calidad en el proceso de lodos activados, con la finalidad de determinar su área.

1.1.6. Lecho de Secado de Lodos

Es considerado como último componente de una planta de tratamiento de aguas residuales, al ser realizado al aire el lodo que sea de cualquier planta de tratamiento o de los sedimentadores, el proceso es natural, el agua que se encuentre en los lodos se filtra, por su gravedad, por medio de un lecho filtrante de arena y grava, y es recogida por ductos perforados de PVC para ser luego conducida al tanque homogeneizador, la otra parte del agua reprimida en los lodos se evapora.

El lodo seco es retirado y evacuado a vertederos controlados, o también podría ser utilizados como acondicionador de suelos (Wikipedia, 2020).

2. Manual de operación y mantenimiento

Para la puesta en marcha en marcha de la planta de tratamiento, es requisito indispensable que estén concluidos los trabajos de construcción y recepción de obras directamente relacionadas con las unidades de tratamiento. Asimismo, el operador deberá tener presente los alcances y requisitos para un adecuado desarrollo de las actividades que conformaran el arranque, operación y mantenimiento (Andahuasi Distrito Sayan).

2.1. Arranque y puesta en marcha

La operación de puesta en marcha y estabilización de una Planta de Lodos Activados puede tomar varias semanas dependiendo del sistema elegido y a la cantidad de Aguas Residuales disponibles.

Primero asegurarse que los tanques permanezcan libres de arena, grava, piedra, madera, lodo etc., que el agua servida, agua superficial de escorrentía no entre al sistema de tratamiento.

2.1.1. Procedimiento para el arranque del sistema físico-químico

La planta propuesta es una conjunción del sistema Físico-Químico y sistema biológico.

La necesidad de implementar inicialmente este residual y así evitar las posibles obstrucciones en el proceso, equipos y unidades posteriores. Estos contaminantes son principalmente DQO, SST y DBO5.

El proceso Físico Químico se realizará mediante etapas de coagulación, Floculación y sedimentación del afluente, para aglomerar un gran porcentaje de los contaminantes descritos.

2.1.1.1. Funcionamiento del proceso físico-químico

- A la suspensión original mantenerla perfectamente mezclada durante un tiempo determinado, para que las moléculas orgánicas sean activas
- Mantener el agitador en 238 RPM
- Se agrega la solución de cal hasta alcanzar un pH=10.2
- Realizar un muestreo del tanque de agitación, para de esta manera determinar la coagulación
- Reducir la velocidad a 38 RPM
- Agregar el sulfato férrico para agrandar el crecimiento de flóculos mediante una agitación suave con un tiempo de residencia determinado. Sin producir la destrucción del floc.
- Agregar el polielectrolito, con este producto aumenta el peso molecular facilitando la sedimentación.

2.1.1.2. Operación del motor-reductor

- Desconectar el accionamiento y asegurarse de que no pueda arrancar accidentalmente
- Sacar el tapón de aceite, comprobar el nivel de llenado y corregirlo si es necesario.
- Comprobar la consistencia del aceite.

Viscosidad

Si el aceite visiblemente se ve contaminado, es recomendable cambiarlo antes.

- Colocar nuevamente el tapón de nivel de aceite.

Localización de averías.

Problema	Causa posible
Ruido de funcionamiento inusual continuo	a) Ruido de roces o chirridos: Rodamiento dañado b) Ruido de golpeteo: Irregularidades en los engranajes
Ruido de funcionamiento inusual y discontinuo	Cuerpos extraños en el aceite
Fugas de aceite <ul style="list-style-type: none"> – Por la brida del motor – Por el retén del motor – Por la brida del reductor – Por el retén del eje de salida 	a) Junta defectuosa b) Reductor sin aireación
Fuga del aceite por válvulas de aireación	a) Demasiado aceite b) La válvula de aireación no está bien ajustada c) Los arranques en frío frecuentes (espuma) y/o nivel de aceite excesivo
El eje de salida no gira a pesar de que el motor funciona	Unión entre ejes y engranajes interrumpidos por el reductor

2.1.2. Operación de los filtros de presión

Es de especial cuidado el medio filtrador, el mismo se debe conservar apto para la operación del sistema por lo que es recomendable hacer lavados muy continuos y cambios de lecho filtrante. Para obtener una limpieza efectiva del medio filtrante, de ser necesario, el operador deberá tener especial cuidado con las actividades de lavado de filtros y evitar los problemas de: elevación de la presión del equipo otorgador a su responsabilidad en la Planta Empacadora (República de Colombia, 2000).

Se debe asegurar la correcta operación del filtro de la Planta, es por este motivo que se debe efectuar lo siguiente:

- Mantener una correcta coagulación del H₂O, ajustando las dosis óptimas permanentemente para obtener el mejor de los filtrados.
- El proceso de floculación -sedimentación debe controlarse de tal manera, que la calidad del agua que llega al filtro se mantenga uniforme y obtenga menos de 10 unidades de turbiedad; porque si obtenemos turbiedades mayores pueden lograr un taponamiento de la unidad de filtración o incrementar la pérdida de carga en el filtro.
- El lavado del filtro cuando este alcance la pérdida de carga máxima permisible por el sistema implementado.
- Cada vez que se lave un filtro, las aguas de lavado son conducidas a través de una tubería al tanque homogeneizador.

2.1.2.1. Operación de la bomba

Instrucciones de arranque

- Retirar algún objeto extraño de haberse introducido en la bomba.
- No debe usar la bomba para el enjuague del sistema de tratamiento.
- Revisar el sentido de rotación de la bomba (ejes), para ello el motor debe girar en sentido de las manecillas, esto debe ser desde el extremo donde está el ventilador.

(NOTA: Para revisar el sentido de la rotación, el equipo bomba deberá estar llena de líquido)

- Para evitar el daño de los sellos, no se debe operar la bomba en estado de sequedad, ni siquiera un solo instante. (Paseiro Taylor, Flores Arias, & Téllez Ruíz, 2014).

Instrucciones de apagado

- Apagar el suministro eléctrico de la bomba.
- Cerrar las válvulas de paso en las tuberías de succión y descarga
- Drenar y limpiar la bomba
- Proteger la bomba contra polvo, calor, humedad e impactos.

2.1.3. Procedimiento de arranque de los sopladores

- a) Verifique el motor este debe estar conectado debidamente, el cual debe estar conforme al voltaje proporcionado de operación de la Planta de Tratamiento.
- b) Confirmar el sentido de rotación del motor, revisando el estado del eje rotatorio, considerando que los equipos pre-ensamblados lo traen incluido.
- c) Abrir el filtro de entrada del aire y proceder a recoger cualquier elemento ajeno al equipo.
- d) Destapar la válvula de la salida de aire del soplador para la operación del sistema de aireación en la PTARI.
- e) La operación del motor eléctrico que logra la activación del soplador está controlada por un temporizador, en este se regula la operación secuencial del equipo concorde a las condiciones del licor mixto en el tanque de aireación y características del desecho. (El ajuste de este reloj lo da las características del agua a tratar) (Botero B.).

2.1.4. Difusores de burbuja fina

2.1.4.1. Inspección del Difusor

- Añadir agua alcanzando un nivel de aproximadamente 50 – 75 mm sobre los difusores, controle todas las juntas para supervisar que no haya fugas de aire.
- Examine una distribución uniforme de aire en todos los difusores.
- Durante varias horas deje en funcionamiento el difusor. Si hay algún difusor con un caudal muy bajo, en comparación con el resto de los difusores o que no salga aire, se debe señalar el punto y comprobar la altura del difusor.
- Si la altura es correcta, quite el difusor y examínelo.
- Si el orificio está limpio, coloque nuevamente el elemento del difusor.
- Garantice mantener el flujo de aire sobre el sistema que el nivel del agua esté por encima de los difusores. Con ello impide que se depositen partículas finas o sedimentos en los poros de los elementos del difusor.
- Si durante un periodo prolongado el tanque está fuera de servicio, se debe mantener un nivel mínimo de 1 m de agua sobre los difusores.

- Para guardar el sistema durante un tiempo, añada más de 1 m de agua a fin de impedir que el sistema de tuberías se dañe (Universidad de los Llanos Villavicencio, 2019).

2.1.5. Lechos de secado

Conocidos como eras de secado, se componen por una capa de material drenante, la cual se encuentra dividida en compartimientos y en estas se vierte el fango.

- El fango se lo vierte sobre una capa de arena de unos 10 a 25 cm de espesor, dispuesta sobre una capa soporte de grava de 20 a 50 cm.
- El fango a secar es llevado a las eras a través de tuberías, por lo tanto, el aislamiento deberá hacerse con válvulas.
- El sistema de drenaje bajo la capa de soporte debe cuidarse al máximo, de igual forma la masa de fango y el número de tuberías, se direcciona toda el agua drenada a una arqueta de homogenización, aquí se bombeará a la cabecera de instalación.
- La extracción del fango es realizada manualmente, para esto se vierte el fango en canastillas, que conducen fuera de las eras y que son almacenados o son cargados sobre el transporte. Con el procedimiento de retiro del fango se elimina algo de arena de la capa que drena al quedar adherida a la torta, esto conlleva a que cada cierto tiempo se proceda a reponer la arena.
- Se debe ceder la capa de arena apelmazada con una horquilla de fangos con púas de 20 a 35 cm de longitud antes de ampliar el fango, estas púas son introducidas en la arena y son removidas hacia delante y hacia atrás una y otra vez, teniendo cuidado de la no mezcla en las capas de arena y grava. Con un rastrillo se puede deshacer de los terrones de arena que se encuentran en la superficie de la era, al terminarla de limpiar iguale la arena de la era arrastrando con una tabla con cuerdas para alisar la superficie o con el mismo rastrillo.
- Al finalizar el llenado de la era de secado, las tuberías de extracción de fangos deben ser limpiadas con agua a chorro, desprendiendo los sólidos que hayan podido adherirse a las paredes de estas, por lo que es conveniente que un extremo quede abierto, para que el escape del gas que vaya formando.

- Podrá retirarse el fango manualmente por medio de horcas, solo cuando las grietas lleguen a la arena
- El mayor inconveniente de las eras de arena, la cual es no poder usar equipos pesados, debido a que el peso podría estropear el sistema de drenaje subterráneo. Otros inconvenientes que puede existir es la acción de rastrillo al mezclar la arena, obligando a reponerla cada cierto tiempo, se puede colocar tablas pequeñas sobre la arena en las canastillas y se logra depositar la torta de fangos en ellas para trasladarla al lugar de salida. La torta de fango seco deberá tener espesor de 7 a 15 cm aproximadamente y no ser pesada, o puede darse el caso que tenga una gran cantidad de material inorgánico sedimentable (Estrucplan, 2009).

2.1.6. Sistema para el arranque y puesta en marcha de la planta.

Con aguas residuales sin tratar:

- Añadir agua limpia en un nivel de 5.0 a 7.5 centímetros por encima de los difusores. Encienda el soplador inspeccione las juntas para verificar que no haya fugas y comprobar la repartición y uniformidad de las burbujas de aire a través de todos los difusores.
- En caso de encontrar problemas en algunos difusores, retire el difusor para su revisión, verifique el orificio que no esté taponado y colóquelo nuevamente.
- Inicie el tratamiento con una porción del caudal de agua a tratar (1/3 a 1/4 del caudal promedio).
- Suministre aire suficiente para mantener el nivel de oxígeno disuelto entre 2.0 y 4.0 mg/lit.
- Lentamente incrementar el caudal de entrada con la válvula a la salida de las bombas.
- La planta estará en correcta operación (Botero B.)

2.1.7. Observaciones generales

- a) Puede acontecer que en los primeros días de operación de la planta considerando el nivel de lodo activado, se presente un exceso de espuma que puede ser controlado con un antiespumante, el cual es Exro 880 a ser aplicado en el tanque

de aireación, con una dosificación que varía entre 5 y 25 P.P.M. dependiendo de la severidad del problema, puede ser aplicado puro o en solución en agua que varía del 1% al 20%., otra opción es con una manguera rociar agua, dicho procedimiento debe ser entre 4 o 5 veces al día mientras para formar los lodos necesarios.

- b) En la etapa inicial el color del licor mixto es el mismo que de las aguas residuales (gris), pero comenzará el cambio a café claro y finalmente a un color parecido a chocolate como café claro u oscuro, lo cual indicará que el lodo activado es el definitivo.
- c) La percepción del licor mixto cambia al característico y reconocible del lodo activado (tierra húmeda).
- d) Variaciones en el color del tanque de aireación indicará que hay problemas y por ende estos deben ser rápidamente corregidos para evitar inconvenientes en el efluente.
- e) En el ensayo de sólidos el licor mixto, se va controlando la formación del manto de lodos y la calidad en la digestión de la materia orgánica en la Planta de tratamiento.
- f) El nivel de los sólidos dentro en el licor mixto va en crecimiento y de igual forma su tratabilidad va en sentido de progreso, considerando como mejor índice la calidad del efluente dentro del clarificador.
- g) Comúnmente la acumulación de lodos en los baffles, las tolvas del clarificador y vertederos se puede presentar en las primeras semanas de operación, pero con un correcto mantenimiento del clarificador con el soplador trabajando se soluciona el problema. Se recomienda diariamente raspar las paredes de las tolvas del clarificador, realizando un movimiento suave hacia abajo, lo que permite que la mezcla de lodo sea retornada al tanque de aireación.
- h) Ajuste el caudal de retorno de lodos de acuerdo a las variaciones en el contenido de sólidos suspendidos en el lico. Para regular este caudal se utiliza la válvula ubicada en la línea que alimenta el retorno de lodos. (Botero B.)

2.1.8. Análisis recomendados para la operación de la planta

Parámetros	Unidad	Afluente	Reactor	Efluente	Frecuencia
Caudal	l/s	X			H
Temperatura	°C	X		X	D
DBO5	mg/l	X		X	D
OD	mg/l	X	X	X	D
PH		X		X	D
Alcalinidad	mg/l	X		X	S
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	X		X	S
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/l	X		X	M
Sólidos Suspendidos	mg/l	X		X	O
Sólidos Fijos	mg/l	X		X	O
Porcentaje de solidos Reactor	%		X		D
Nitrógeno total	mg/l	X		X	O
Fosforo total	mg/l	X		X	O

D= Diario (tres veces al día)

S= Semanal

Q= Quincenal

O= Ocasional

M= Mensual

H= Horario

2.2. Mantenimiento

Se necesita cumplir con las siguientes actividades:

- Fijar inspecciones, reparaciones y lubricación para el equipo regular y el de repuesto en una forma periódica bien definida.

- Disponer del trabajo preventivo de mantenimiento durante el año, descartando semanas sobrecargadas de trabajo para el personal de mantenimiento y hacer inspecciones repentinas.
- Establecer un sistema para los trabajos de mantenimiento, para que así cualquier anomalía o descompostura en el equipo, sea rápida y debidamente reportada al departamento o personal de mantenimiento.
- Impartir un sistema sencillo para cambiar la frecuencia de las inspecciones conforme a los cambios o a la experiencia de las condiciones de operación.
- Estructurar un archivo fácil y rápidamente accesible del trabajo de mantenimiento que se ha realizado en cada pieza y estructura del equipo.
- Puntualizar lo que debe hacerse durante una inspección con un croquis de ser necesario, para facilitar a quien realice la inspección las normas fijas a seguir y nada quede omitido.
- Planificar el trabajo de mantenimiento consecutivamente de modo que un trabajo similar o conexo se realicen y así aprovechar la mano de obra disponible del modo más provechoso.
- Proporcionar la información respecto al trabajo de mantenimiento total con datos de fácil consulta para ser realizado durante cada mes del año.
- Suministrar los archivos de manera fácil para que el trabajo de mantenimiento por cada pieza de equipo se ejecute en determinadas fechas durante el año.
- Establecer los medios para disponer del costo de mantenimiento de cualquier pieza de equipo.
- Considerar los equipos que necesiten de mantenimiento del proceso de coagulación-sedimentación los cuales son: sistema motriz del equipo de mezcla rápida, floculación; sistema de extracción y bombeo de lodos del sedimentador y tanques, cárcamos, vertedores y otros accesorios.
- Considerar las siguientes partes del proceso de filtración que requieren de mantenimiento: sistema de válvulas, actuadores neumáticos y equipo de instrumentación y control automático; sistema de bombeo de retrolavado.

2.2.1. Programas de mantenimiento preventivo.

Estos deberán establecerse basándose en las recomendaciones de los fabricantes y las condiciones de operación.

2.2.2. Mantenimiento de la trampa de grasa

Para aumentar la eficiencia de esta unidad y obtener las mejores condiciones de trabajo para el operador, hay que ejecutarse las siguientes prácticas regulares de mantenimiento como:

- Con un simple barrido de la superficie con un rastillo y espátula cernidor se puede extraer las grasas y material flotante, el cual debe ser continua durante el día y manualmente.
- Es recomendable eliminar las grasas flotantes antes de que se acumulen, lo que puede elevar el porcentaje de agua junto con la grasa al tener una excesiva extracción, y si la extracción fuera insuficiente la grasa puede fluir bajo la tubería de salida e incorporarse nuevamente el efluente. Debe aplicarse el retiro manualmente con el uso de bolsas para residuos del tipo doméstico las cuales son convenientes para las grasas retiradas de la caja de acumulación o de la caja principal. (Municipalidad Distrital De Sabaino, 2020).
- * *1 vez por semana* se deberá la tapa de la unidad, dejar ventilar por lo menos 5 minutos y proceder al vaciado la unidad (teniendo cuidado de no remover los sólidos), esta actividad se puede hacer con un recipiente y ser entregados al encargado de residuos sólidos. Se procede a retirar los sólidos cuando se lo ha vaciado de la unidad y son colocados en bolsas plásticas de igual forma debe extraerse las grasas acumuladas que se han formado en las tuberías y paredes tanto de entrada como de salida, de igual forma en la superficie, este proceso se ejecuta utilizando agua a presión.
- * *Diariamente* Retirar los filtros de mallas y con la ayuda de cepillos suaves proceder a retirar los sólidos que se hayan adherido a ella.
- * El tanque y todo el sistema hidráulico han de ser inspeccionados varias veces en la semana para verificar su correcto funcionamiento.

- * Periódicamente se verificará el estado de todas y cada una de las partes de esta unidad de trampa de grasas observando si existe desgaste o rotura en ellos, de presentarse dicha novedad deben ser reparadas o repuestas.
- * *Personal y Sanciones* El personal que realice la limpieza de la unidad de trampa de grasa debe tener una capacitación previamente
- * De incumplir lo antes mencionado en la operación y mantenimiento, se procederá a sancionar al personal con la finalidad de generar una cultura de cuidado de la unidad y evitar colapsos innecesarios.
- * Es recomendable establecer charlas, impartir instructivos y colocarlos en sitios visibles, de tal modo que todo el personal concientice con el tema, especialmente el personal nuevo.

2.2.3. Mantenimiento de la bomba sumergible

Con una correcta aplicación de la unidad de bomba / motor y con una instalación correcta de todos los instrumentos de protección, no será necesario efectuar ningún mantenimiento periódico a este equipo.

- A. En caso de que el detector de humedad detecte rastros de humedad, la bomba debe ser puesta fuera de operación lo antes posible. Drenar del motor el aceite removiendo el tapón de inspección de la cavidad. Con el motor en posición tal que el tapón de inspección quede hacia arriba, rellene la cámara de sello con aceite (refiérase a la tabla de capacidad de aceite en este manual) y vuelva a poner la unidad en servicio. (En algunos casos, las superficies de sello requieren tiempo para sellar correctamente y algo de agua puede haber pasado a través de las mismas superficies hacia la cámara de aceite causado que opere la señal de alarma).

Considerar que todos los sellos se escurran para la correcta lubricación a las caras rotantes. Esto queda atrapado en la cámara de aceite entre el sello interno y externo. Durante el período inicial de operación de arranque, los nuevos sellos pueden filtrarse lo suficiente para causar que se active la alarma de humedad. Este proceso es normal por lo que debe cambiar el aceite y poner la unidad de vuelta en servicio.

- B. En caso de que un malfuncionamiento sea indicado por los dispositivos de protección del motor u observado en la operación de la bomba, la bomba debe ser

removida y recibir mantenimiento y determinar la causa del problema para su corrección. Refiérase a la sección de PARTES DE REPUESTO del manual para instrucciones de ordenar.

- C. El sobrecalentamiento del motor puede ser causado por una acumulación de material externo que se acumula en el exterior de la cubierta del motor. Para motores no-enchaquetados, debe limpiarse el exterior de la cubierta. Para motores enchaquetados, se puede optar por lavar las superficies internas y externas de la chaqueta de enfriamiento siguiendo lo siguiente:

Antes de remover la chaqueta de agua para limpieza la cual esta provista con dos conexiones de agua con tapón “entrada” (in) y otra “salida” (out)., trate de limpiar la cavidad de enfriamiento haciendo pasar un chorro de agua alimentado a través del puerto de salida y drenando a través del puerto de entrada. Luego, proceda a reinstalar la unidad y opere nuevamente la unidad para probar el sobrecalentamiento.

2.2.4. Mantenimiento del blower

Son fabricados los blower FUJI con un compuesto especial, el cual evita que los tornillos se atoren logrando facilidad para ser armados y desarmados aún en ambientes corrosivos, es por este motivo que son sencillos, eficientes y silenciosos.

Está conformado por un impelente rotatorio, una sola pieza móvil, mismo que dinámicamente balanceado y unido directamente al eje del motor no toca pieza alguna, por lo que no genera desgaste, ni vibración, ni sellos, ni lubricación, por todo ello no necesitan mantenimiento. Están preparados para sobrecargas, por lo que si ocurriera un apagón, el blower fuji volverá a arrancar automáticamente después de enfriarse (P.M.A de Sinaloa S.A., 2011).

En ambientes húmedos para mayor confiabilidad, los motores deben estar completamente cubiertos y enfriados con ventilador, todos los modelos operan en 50 y 60 ciclos.

Como equipo estándar todos los sopladores vienen con silenciadores internos y filtros de entrada lavables de baja restricción, estos remueven partículas de hasta 50 micrones (P.M.A de Sinaloa S.A., 2017).

Se recomienda un mantenimiento preventivo cada seis meses para las válvulas de cuatro pulgadas en adelante, lo cual consiste en cambiar los estoperos y verificar que el prensa-estopa no presente fugas.

2.2.5. Mantenimiento para bomba centrífuga

En ambientes sucios o con polvo, deben realizarse comprobaciones periódicas a fin de evitar cualquier acumulación de polvo alrededor de los cuerpos del cojinete, instalaciones eléctricas y motores.

Cuando la máquina esté parada, podrán ejecutarse cualquier trabajo, es imperativo observar el procedimiento de paro de la máquina.

Una vez terminado el trabajo se debe reinstalar todos los dispositivos de seguridad y protección para dejar la máquina en modo operativo. Se recomienda observar las instrucciones pertinentes en lo que respecta a puesta en marcha, arranque, operación y parada antes de arrancar otra vez la máquina. (Flowserve).

De igual forma adoptar un plan y programa de mantenimiento acorde con las siguientes instrucciones para el usuario:

- a) Antes de realizar cualquier tarea de desmontaje la bomba debe estar completamente purgada, aireada y desconectada.
- b) Supervise y compruebe que funcione correctamente todo sistema auxiliar instalado.
- c) Antes de limpiar la bomba hay que avalar la compatibilidad entre los productos de limpieza y las juntas.
- d) Examinar el estado de las juntas.
- e) Para impedir temperaturas excesivas en la empaquetadura o en el casquillo los prensaestopas, ajuste correctamente para que den escapes visibles con alineamiento concéntrico del casquillo, cerciorándose que no haya fugas en las guarniciones mecánicas.
- f) Verifique la regularidad del funcionamiento correcto de la junta del eje y pruebe que no haya escapes por las juntas y sellos.
- g) Revise el nivel del lubricante en el cojinete y compruebe si se debe efectuar un cambio de lubricante.
- h) Para la operación para la bomba hay que chequear si la condición de servicio está dentro del rango.
- i) Comprobar el nivel de ruido, la vibración y la temperatura superficial en los cojinetes confirmando que la operación sea satisfactoria.

- j) Verificar el apriete de las conexiones.
- k) Corroborar que se haya eliminado el polvo y la suciedad de las zonas alrededor de holguras, alojamientos de motores y cojinetes.
- l) Constatar el alineamiento del acoplamiento y de ser necesario alinear otra vez.
- m) Validar el buen funcionamiento del sistema (Vicuña Sause)

2.2.6. Mantenimiento de las membranas

- Mantenimiento Preventivo:
 - Limpieza periódica lo que aumenta el caudal de aire por difusor.
 - Limpieza mecánica no es necesario desmontar el difusor
 - Bajantes piloto
- Mantenimiento Correctivo:
 - Limpieza a la tubería de distribución de aire con inyección ácido para limpiar los poros (xylem).

2.2.7. Mantenimiento de Unidades, Equipos y Accesorios

Mantenimiento de los Sistemas de Tubería

Se utiliza un equipo para desazolve manual en caso de tuberías, el cual tiene un tirabuzón que engancha el material que está tapando la tubería y permite que sea retirado.

Generalidades

Los siguientes puntos son necesarios para mantener la integridad del sistema de líneas de transporte de agua la dependencia encargada de su operación:

- a) Elaborar un programa de inspección y mantenimiento periódico para detectar y reparar las posibles anomalías que se presenten en el sistema de líneas de conducción de agua, debiéndose contemplar el recorrido y vigilancia de las instalaciones, elaboración de reportes de inspección y mantenimientos periódicos de todo el sistema.
- b) Elaborar procedimientos de trabajo por escrito para el personal encargado de llevar a cabo las tareas de inspección y mantenimiento del sistema de tubería.

- c) Contar un plan de contingencia por escrito, para aplicarlo en caso de accidentes, falla del sistema, incendio o sismos, debiendo ser impartido a los trabajadores con las acciones a tomar.

Inspección

Al potencial hallazgo de posibles anomalías, en dependencia de su origen, en los diversos componentes del sistema deberá ser establecido como objetivo primordial, mediante inspección en los sistemas de tuberías de transporte de agua, tales como:

- Pintura anticorrosiva.
- Espesor de tubería.
- Sistema de Protección Catódico
- Recubrimiento anticorrosivo.
- Dispositivos de seguridad y control.
- Cruces.

Considerando los siguientes procedimientos se inspeccionará el sistema de líneas de conducción de aguas:

- Inspección de pintura anticorrosiva.
- Inspección del recubrimiento anticorrosivo.
- Inspección del Sistema de Protección Catódica.
- Inspección de dispositivos de seguridad y control.
- Inspección de cruces.

Mantenimiento a Válvulas

Sólo en circunstancias inusitadas se hace el mantenimiento extenso de las válvulas de una tubería, aunque esté fuera de servicio. De acuerdo al diseño de las válvulas instaladas está limitado el grado de reparaciones, es preferible instalar una de repuesto que desmontar una válvula con bridas, se puede intentar reparar la que encuentra instalada, aunque el diseño de la válvula permita hacer ciertas reparaciones sin desmontarla.

A veces las válvulas grandes se les puede dar servicio cuando están instaladas, pues puede ser difícil desmontarlas para llevarlas al taller (Falconí Hidalgo, 2010). El desmontaje de todas las válvulas de las tuberías para poder repararlas tiene algunas

ventajas dentro de la actividad, muchas veces la pérdida de tiempo es mucho menor si se tiene la disponibilidad de las válvulas para repuesto.

Al tener acceso a todas las superficies la calidad de las reparaciones será mejor y la inspección más precisa, se puede probar la hermeticidad del asiento, lo cual es difícil si la válvula está instalada (Monterroso López, 2012).

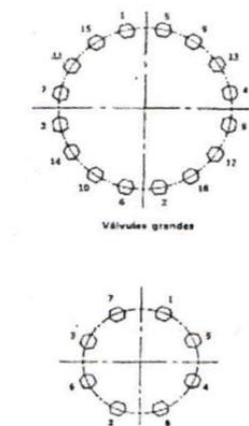
Recomendaciones

Aunque el reemplazo de algunas piezas metálicas y de PTFE con la válvula instalada da resultados satisfactorios en ciertos tipos es recomendable hacer las reparaciones de las válvulas desmontadas de la tubería. La rectificación en las válvulas de globo, compuerta y retención metálicas requiere equipo y personal especializados (Monterroso López, 2012). Cuando estas operaciones no puedan realizarse en la planta y es aconsejable direccionar el trabajo a un taller especializado o al fabricante.

Uniones Bridadas

En las conexiones con brida los tornillos se deben apretar a la torsión adecuada para el material y la presión de la tubería, siendo de gran importancia que se usen tornillos de baja resistencia, de tal modo que no queden esforzados en exceso al formar la unión, ya que puede ocurrir fugas cuando estos pierdan sus características físicas.

Los tornillos se deben apretar en el orden indicado en la siguiente figura, las llaves de torsión son las más adecuadas, también se pueden utilizar atornilladores neumáticos calibrados. Hay que lubricar los tornillos y tuercas para tener reproducibilidad de la torsión (Minos.vivienda, s.f.).



Mantenimiento a Estructuras de Entrada, Salida, Interconexiones y Medición de Flujo

Todas las estructuras de entrada, salida e inter conexión deben ser limpiadas diariamente para evitar el mal funcionamiento de la planta, dependiendo de la forma de la estructura, será conveniente el uso de uno u otro instrumento de limpieza.

El equipo para desazolve manual se usa en caso de tuberías, este tiene un tirabuzón que engancha el material que está tapando la tubería y permite que sea retirado.

Las estructuras especiales como son los deflectores de espuma y mallas, las vertederos y canales compuertas, deben ser limpiados con la ayuda de cepillos mango largo (Zuñiga Casillas).

Para las válvulas de 4 pulgadas en adelante se recomienda un mantenimiento preventivo cada 6 meses, que consiste en cambiar los estoperos y verificar que el prensa-estopa no presente fugas (Flores, 2014).

Remoción de Materia Flotante, Natas y Espumas

Hay que considerar que, por cambios de clima, temperatura del agua, caudal y viento se puede ocasionar el crecimiento excesivo de algas, la formación de capas de nata y espuma, de manto de lodos, así como la posible acumulación de grasas y aceites, madera, papel, hojas y otro tipo de materiales flotantes son ejemplos de descuido en las operaciones de las condiciones superficiales.

El crecimiento excesivo de las algas forma natas que impiden el paso de la luz solar, disminuyendo la fotosíntesis y la producción de oxígeno, provocando una reducción en la eficiencia de reactor. Cuando estas están contenidas en la nata y mueren, provocan malos olores, siendo necesario removerlas o destruirlas y dispersarlas con la ayuda de un chorro de agua de una manguera o con cucharones de mango largo (Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarrillado de Reynosa).

2.3. Fichas de Control de Equipos y Unidades

Con el objeto de tener un estricto control e información rápida y veraz del estado que guardan cada uno de los equipos que componen el sistema es importante el llenado de las “fichas de control de equipo” con estos registros se obtiene la estadística del

comportamiento de cada uno de ellos, aportando información trascendental para la toma de decisiones en lo que respecta a las estrategias de mantenimiento, como ejemplo de estas fichas en la **Tabla 2.3** se incluye un formato, el cual cuenta en su primera sección con la principal información del equipo y en la segunda sección con todo lo relacionado con su historial de mantenimiento, por cada equipo se debe elaborar la ficha y mantenerla actualizada en un lugar seguro (Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarrillado de Reynosa).

El control debe ser rutinario siendo el operador quien tendrá presente todas las recomendaciones para mantener un buen funcionamiento de la planta, a esto se lo denomina “lista de inspección”, la cual contendrá las tareas principales a observar, así como la frecuencia con que debe realizarlo, en la **Tabla 2.3.1** se indica la lista de inspección que debe realizarse en la planta.

Por cada una de las actividades mencionadas en la **Tabla 2.3.1**, el operador llenará una bitácora de operación de la planta en la que registrará los resultados obtenidos como: gastos, condiciones físicas de la planta, anomalías detectadas, etc. Esta bitácora deberá ir con fecha de las actividades realizadas, así como nombre y firma del operador en turno y deberá ir avalada por el supervisor encargado.

Formato Ficha de Control de Equipos y Unidades

I. INFORMACION GENERAL DEL EQUIPO				
Instalación:				
Equipo:		Tipo:	Subtipo:	
No de TAG:		Ubicación:	No de Serie:	
Marca:		Modelo:	Tamaño:	
CAPACIDAD NOMINAL:				
Para bombas	Otros Equipos (Especificar)			
Carga (m.c.a):				
Caudal (l/s)				
Potencia (HP)				
II. INFORMACION DE SERVICIOS				
Fecha	Responsable	Problema	Trabajo Realizado	Observaciones Comentarios

Tabla 2.3 Lista de Actividades de Operaciones y Mantenimiento

Actividades	Frecuencia			
	DIARIO	C/SEMANA	C/MES	TANTO COMO SEA NECESARIO
Reparación de pintura y señales				X
Calcule el gasto del afluente				X
EQUIPO DE PRETRATAMIENTO				
Limpieza de rejas y canastillas	c/ 4h			
Disposición de basura	X			
Limpieza de canales	X			
Verificación de las condiciones de la estación de bombeo		X		
Limpieza del cárcamo de bombeo				X
Operación de la planta de emergencia				
Verificar los diversos niveles operacionales del cárcamo de bombeo con limpieza de flotadores de control de niveles		X		
Verificación de la operación de los motores de la estación de bombeo				
Verificar que no produzcan ruidos extraños	X			

Tabla 2.3.1 Lista de Actividades de Operación y Mantenimiento

Actividades	Frecuencia			
	DIARIO	C/SEMANA	C/MES	TANTO COMO SEA NECESARIO
Verificar temperatura de operación	X			
EQUIPO DE BOMBEO				
Siga la rutina de mantenimiento indicada por el proveedor				X
Verificar la operación de la bomba				
Verificar que no se produzcan ruidos extraños	X			
Verificar el sello de agua y prensa estopa	X			
Opere las bombas alternadamente		X		
Inspeccione el acople de bombas		X		
Inspeccione su lubricación y los baleros			c/3 meses	
Verifique la temperatura de operación de los baleros			c/3 meses	
Verifique la alineación de la bomba y motor			c/6 meses	
Drene la bomba antes de pararla por tiempo prolongado				X
Cebe la bomba antes de ponerla en servicio				X
Limpieza	c/4 horas			

2.4. Problemas comunes y sus soluciones.

2.4.1. Operación normal

Si todo el equipo está funcionando correctamente, se observan los siguientes fenómenos:

- **Tanque de aireación**

Color café chocolate oscuro sin olor

Oxígeno disuelto superior a 2.0 mg/l

Contenido de sólidos en el ensayo de lodos entre el 20% y el 50% después de 30 minutos.

- **Clarificador**

Superficie limpia y sin sólidos flotantes, efluente claro y transparente (Botero B.).

2.4.2. Bloqueo en los difusores o líneas de aire.

Se detalla las características para cada tipo:

a) Tanque de aireación

- No hay oxígeno disuelto.
- No hay burbujas, liquido color negro.
- Mal olor.

b) Tanque sedimentador:

- Olor penetrante
- Sólidos flotantes.

c) Efluente:

- Oscuro

d) Solución

- Limpiar los difusores y las líneas de aire.
- Aumentar el suministro de aire
- Cuando se corrige el problema hay que colocar la aireación continuamente hasta que retorne el color café al tanque de aireación y el oxígeno disuelto sea superior a 2.0 P.P.M.
- Continuar con la operación de la planta con el reloj (Universidad de los Llanos Villavicencio, 2019).

2.4.3. Aireación excesiva

Las características en este caso son:

a) Tanque de aireación:

- Sólidos del 5% al 15% en lodo activado.
- Espuma excesiva.
- Mala separación de líquidos y sólidos.

b) Tanque sedimentador:

- Lodos flotantes en algunas zonas.
- No es visible el manto de lodos.

c) Efluente:

- Alto contenido de sólidos.

d) Solución:

- Utilizar químicos para evitar la espuma si fuere necesario.
- Reducir el tiempo de aireación hasta que reaparezca el color café.

2.4.4. No hay retorno de lodos.

Las características en este caso son:

a) Tanque de aireación.

- Color chocolate o gris.
- Sólidos de un 10% a 25% en lodo activado.
- Oxígeno disuelto menor de 2 P.P.M.

b) Tanque sedimentador:

- Lodos flotantes.

c) Efluente:

- Alto contenido de sólidos.

d) Solución:

- Probablemente se deba a un inadecuado retorno de los lodos al tanque de aireación lo que causa la pérdida de concentración de los mismos.
- Efectuar las operaciones indicadas en la sección de mantenimiento (Universidad de los Llanos Villavicencio, 2019).

2.4.5. Otros problemas

a) **Espuma excesiva:** Para impedir la formación de espuma en el tanque de aireación se puede aplicar algún antiespumante (una opción es el petróleo que debe ser aplicado directamente en el tanque de aireación (500 cc) u otra opción es reducir la espuma con una manguera de agua a presión)

b) **Grasa en el tanque clarificador:** Observe si existe la presencia de grasas, de ser así, proceda a limpiar las trampas de grasa existentes y remueva la grasa de los tanques en forma manual (Botero B.).

2.4.6. Desocupado de la planta

Hay que vaciar el agua del tanque de aireación utilizando la bomba sumergible y la manguera para la revisión de los difusores, considerando vaciar este lodo en los lechos de secado hasta donde se permita.

El mismo procedimiento para la revisión del sedimentador. Cuando la planta vuelva a iniciar su operación (Botero B.).

2.5. Extracción de lodos

Durante 30 a 40 días deben permanecer en las plantas de aireación extendida los sólidos, cuando el porcentaje sea igual o mayor al 50% del licor mixto los lodos deben ser retirados del sistema.

Desde el clarificador se efectúa la extracción de lodos teniendo cuidado de no rebajar el porcentaje de los mismos en el licor mixto del tanque de aireación en más de un 10% en una sola extracción o retirar más del 20% en la semana.

Proceda a quitar el tapón de PVC que hay en la entrada del lecho de lodo y se cierre la válvula de retorno de lodos al tanque de aireación, con la bomba de aire dispuesta para tal efecto el lodo es retirado y conducido a los lechos de secado de lodos (o se coloca un tapón roscado en el retorno de lodos).

En el caso que el color del lodo se aclare suspender la extracción y cerrar la válvula de aire del retorno de lodos durante media hora y reiniciar el proceso. Una vez terminado se debe lavar internamente la tubería de lodos utilizando el tapón de inspección y una

manguera a presión, el clarificado de los lechos de secado se retorna al tanque de homogenización.

2.6. Lechos de secado de arena

Por cada volumen de lodos comprendida entre 800 y 2500 litros al ingresar el lodo líquido a los lechos de secado se debe adicionar 1.000 gramos de sulfato de aluminio, acelerando el proceso de la deshidratación de lodos.

Tiene que tomar en cuenta que no debe descargar lodos sobre otros ya seco o parcialmente secos. (Utilice la “y” con tapón de inspección que tiene la tubería y coloque una manguera). En el lecho el lodo se va secando y al obtener un contenido de humedad del 30% a 40% podrá ser retirada con una pala y carretas respectivas tendiendo tablones para la circulación sobre el lecho (Botero B.).

Una vez retirado el lodo del lecho se debe preparar para la siguiente carga nivelado y reponiendo la arena que se haya perdido en limpiezas anteriores.

2.7. Inspecciones periódicas

Si la planta está trabajando correctamente los indicativos a considerar son:

- **Tanque de aireación:** Color café chocolate oscuro y sin olor.
- **Clarificador:** Superficie limpia. Se puede ver perfectamente el manto de lodos pues el agua esta cristalina.
- **Efluente:** Cristalino y transparente con cloro residual (Botero B.).

2.7.1. Revisiones al efectuar visitas.

a) Limpieza

- Quitar los sólidos de las canastillas de entrada.
- Limpiar la superficie del clarificador con la nasa.
- Raspar las paredes del clarificador y agitar el fondo del mismo al menos cada dos (2) días, para evitar obstrucción en los tubos de retorno de lodos y canalizaciones de flujo, siempre y cuando teniendo cuidado de no dañar los tubos de aire.
- Retirar los sólidos acumulados en los baffles con la nata.

b) Mantenimiento mecánico

- Verificar el voltaje y el amperaje de los motores de los sopladores.
- c) Mantenimiento y ajuste de la planta.
- Entre el 20% y el 50% debe ser el lodo en el tanque de aireación (si es mayor del 50% hay que hacer extracción de lodos o aumentar el tiempo de operación del soplador)
 - Color del agua en el tanque de aireación debe ser café chocolate oscuro.
 - Revisar el caudal del vertedero de salida.
 - El agua en el clarificador debe estar clara.
 - Revisar la calidad del efluente.

2.7.2. Resumen de controles para la operación del sistema

- a) Oxígeno disuelto.
- Cámara de aireación: 2 mg/litro.
- b) Regulación del caudal de retorno de lodos al tanque de aireación.
- c) Verificación del color café chocolate oscuro en la cámara de aireación y olor a tierra húmeda.
- Medición del flujo instantáneo en el vertedero de salida teniendo cuidado que nunca supere el caudal máximo permitido, debido a que puede ocasionar un arrastre de sólidos en el efluente.
- d) pH en la cámara de aireación.
- e) Ensayo de asentamiento para determinar el porcentaje de lodos en el tanque de aireación (treinta (30) minutos).
- f) Remoción de los elementos no biodegradables flotando en el clarificador.
- g) Limpieza de la rejilla de entrada.

2.8. Control de visitas

CONTROL DE VISITAS		
Están limpia las canastillas	SI	NO
Opera bien el retorno de lodos		
Se limpia cada dos días el fondo del tanque clarificador		
Se desnata correctamente		
Llevan registro de oxígeno disuelto		
Llevan registro de pH		
El porcentaje de lodos en el reactor es el correcto		
El color del lodo	Café	Negro
Espuma en el reactor		
Color de la espuma	Blanca	Café
Lodos flotando en el clarificador		
pH del efluente		
Alcalinidad del efluente		mg/l
Calidad del efluente	Turbio	Sucio
Caudal del vertedero de salida		GPM
Amperaje del motor		Amp.
Voltaje		V
Tiempo de trabajo del motor al día	Horas	Min.
OD del reactor		
OD del efluente		
Otros problemas		

2.9. Labores del operario

A. Diario

- Retirar los sólidos de las canastillas de la entrada y del tanque homogeneizador.
- Desalojar con la nasa los sólidos flotantes y grasas del reactor y del clarificador.
- Limpiar las acumulaciones de sólidos en vertederos, baffles y paredes de los tanques todos los días y así también evitar que la tubería de retorno de lodos del fondo del clarificador se obstruya y se formen canalizaciones.
- Agitar suavemente durante varios minutos el fondo del clarificador con la planta en operación para evitar compactaciones de lodo en el fondo. (considerando que el retorno de lodos se vuelve más espeso).
- Observar que la distribución del aire sea uniforme en el tanque reactor.
- Corroborar que el retorno de lodos esté trabajando correctamente.

B. Semanal

- Raspar las paredes, las tolvas del clarificador utilizando un cepillo de cerda con movimientos hacia abajo para que los sólidos vayan al fondo del tanque para retornarlos al de aireación.

C. Mensual

- Limpiar el filtro de aire ojalá con aire comprimido.

D. Anual

- Raspar y pintar las partes metálicas

3. Dimensionamiento de obras complementarias

3.1. Estructura para monitoreo y medición de caudales

Como instrumento de gestión ambiental de cumplimiento obligatorio, supervisión y fiscalización ambiental se debe seguir el protocolo de monitoreo, así como para la verificación del cumplimiento de los LMP y de los Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados, de conformidad con lo establecido en el TULSMA.

Del mismo modo el cumplimiento obligatorio para la evaluación y seguimiento de la eficiencia de las PTARI, en este sentido estas acciones están vinculadas a la aplicación e implementación de las siguientes normas (Oficina de Medio Ambiente)

3.1.1. Puntos de monitoreo

Respecto a la evaluación del efluente residual los puntos de monitoreo deben guardar concordancia, conforme a lo especificado en el instrumento de gestión ambiental.

Este dispositivo de salida puede ser el medidor de flujo, caja de registro, buzón de inspección u otra estructura apropiada que cumpla con las siguientes características:

- Dejar que la muestra sea representativa del flujo;
- Estar localizados en un punto donde exista una mejor mezcla y estar preferentemente cerca al punto del aforo
- Para la medición del afluente, el punto de monitoreo debe estar antes del ingreso de agua de recirculación, de existir;
- Ser el acceso fácil y seguro
- Contar con una placa de identificación incluyendo la denominación del punto de monitoreo (Oficina de Medio Ambiente).

3.1.2. Medición de caudal

Las PTARI deben contar obligatoriamente con un dispositivo de medición de caudales de sus afluentes y efluentes según lo señalado en la Ley de Gestión Ambiental pueden usar medidores de régimen crítico o vertederos.

En el caso de PTARI pequeñas (caudal menor a 100L/s) y en situaciones debidamente justificadas, para los efectos de determinar el caudal de operación, se podrá usar métodos de medición indirectos como el de sección-velocidad y vertederos. Si existen condiciones de descarga libre (Oficina de Medio Ambiente).

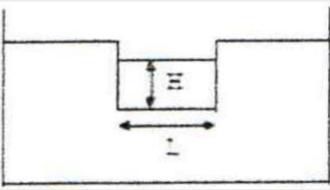
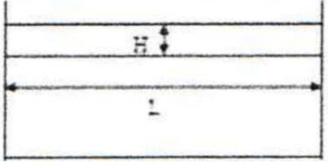
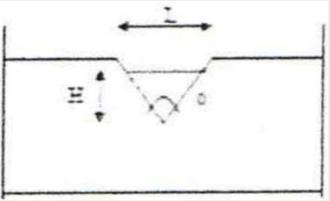
3.1.2.1. Método del vertedero

Este método es utilizado para corrientes de bajo caudal de acuerdo a las características físicas (geometría) de salida de la PTARI, es aplicable el método del vertedero, el cual consiste en instalar una placa de geometría definida permitiendo el flujo libre en una caja de salida de la PTAR.

Para determinar el flujo se procede a medir la altura de la superficie líquida corriente arriba, por lo tanto, se considera el perfil hidráulico de las instalaciones de salida de la PTARI y que el emisor debe permitir un flujo libre para una medición adecuada de caudales.

Al utilizar un vertedero de geometría conocida, esto implica que el flujo del vertimiento se dirija sobre un canal abierto en cual se pueda conocer la carga (tirante) de agua (H) de la corriente sobre el vertedero. Con este valor se podrá determinar el caudal en este canal (Oficina de Medio Ambiente).

Algunas de las ecuaciones y características de los vertederos comúnmente utilizados son presentados en la siguiente tabla:

Tipo de vertedero	Diagrama	Ecuación
Rectangular contratación		$Q = 3,3 * L * H^{1.5}$ $Q =$ Caudal en m^3/s $L =$ longitud de cresta en m $H =$ carga (tirante) en m
Rectangular contratación		$Q = 1,83 * L * H^{1.5}$ $Q =$ Caudal en m^3/s $L =$ longitud de cresta en m $H =$ carga (tirante) en m
Triangular		$\phi = 90^\circ$ $Q = 1,4 * H^{1.5}$ $Q =$ Caudal en m^3/s $H =$ carga (tirante) en m $\phi = 60^\circ$ $Q = 0,775 * H^{1.5}$ $Q =$ Caudal en m^3/s $H =$ carga (tirante) en m

Condiciones y Restricciones para la Utilización de Diferentes Métodos de Medición de Caudal.

Método de aforo	Equipo o dispositivo	Condiciones	Restricciones	Aplicación
Volumétrico	Recipiente de volumen conocido y cronómetro	<ul style="list-style-type: none"> • Corriente con caída libre • Caudales pequeños y de poca velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Errores con chorros violentos • Requiere calibración del recipiente utilizado 	Descargar libros
Vertedero	Vertederos	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los vertederos • Antes de llegar al canal de acceso debe ser recto, al menos 10 veces la longitud de su cresta 	<ul style="list-style-type: none"> • El porcentaje de error en la medición del caudal disminuye a medida que la carga aumenta • Existe una mayor exactitud cuando el derrame tiene lugar bajo la carga máxima posible dentro de las limitaciones de cada vertedero • La cresta y los laterales del vertedero deben ser rectos y afilados • Aguas abajo del canal no debe haber obstáculos a fin de evitar ahogamiento o inmersión de la descarga del vertedor • En el proceso de evitar que se ahogue se pierda mucha carga • No se pueden combinar con estructuras de distribución o derevación • Se anulan las condiciones de aforo cuando los sedimentos se depositen en el fondo, por lo que es necesario realizar un mantenimiento continuo 	La medición se basa en el funcionamiento de una sección hidráulica conocida y calibrada, de tal forma que con solo conocer la carga hidráulica de operación, se conoce el garro que pasa por la sección
Sección-Velocidad	Flotador	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de corriente que conducen gastos pequeños no mayores a 100 L/s • Tramo del cauce la más recto posible, alejado de 	<ul style="list-style-type: none"> • Hay que tomar en cuenta los coeficientes debidos a la variación del viento • El flotador debe adquirir una velocidad cercana a la velocidad superficial del agua • En corrientes turbulentas no se obtienen buenos resultados • El flotador no debe ser muy ligero ni muy pesado 	Canales o cielo abierto, carentes de estructuras de aforo (vertederos) y cuando no sea posible instalar algún otro dispositivo

		curvas y que el agua corra libremente • Sección transversal lo más regular posible • Profundidad suficiente para que el flotador no toque el fondo		
--	--	--	--	--

Fuente: “Identificación y Descripción de Sistemas Primarios para el Tratamiento de Aguas Residuales”. Comisión Nacional del Agua de México.

Tabla 6.3 – Vertedores triangulares para paredes delgada o lisa. Fórmula de Thompson

Altura H, cm	Q. t/s	Altura H, cm	Q. t/s
3	0,22	12	16,7
4	0,42	18	19,2
5	0,80	19	22,0
6	1,24	20	25,0
7	1,81	21	28,3
8	2,52	22	31,8
9	3,39	23	35,5
10	4,44	24	39,5
11	5,62	25	43,7
12	6,98	30	69,0
13	8,54	35	101,5
14	10,25	40	141,7
15	12,19	45	190,1
16	14,33	50	247,5

Fuente: Manual de hidráulica de Acevedo Netto

4. Control de olores en la PTARI

Las PTARI sin duda alguna son herramientas tecnológicas muy importantes para coadyuvar en la preservación del medio ambiente, facilitando el reúso del agua y al control de enfermedades especialmente como lo son las gastrointestinales, es por este motivo que es muy favorable su instalación en todo el territorio nacional y altamente conveniente como parte de acciones de saneamiento básico en la población.

Pero uno de los principales problemas que se presentan con las plantas de tratamiento de aguas residuales y que en algunos casos ha sido factor determinante para clausurar o evitar su instalación, es la generación de malos olores.

La fuente de dichos está asociada con la generación y tratamiento de residuos sólidos como el lodo biológico o químico, así como con el manejo del agua residual y con la degeneración de la materia orgánica dentro de la planta. El control y manejo de olores en las plantas de tratamiento de aguas residuales ha adquirido gran importancia debido al crecimiento y a la multiplicación de las plantas de tratamiento en el ámbito nacional y por su cercanía con centros de población o residencias.

4.1. Medidas de mitigación

Toda planta de tratamiento que este mal diseñada y/o mal operada, ya sea del tipo físico-químico o biológico (aerobio o anaerobio), es susceptible a generar olores desagradables en mayor concentración debido al metabolismo de ciertas bacterias anaerobias como las sulforreductoras.

4.1.1. Medidas preventivas

Se puede hacer una limpieza mecánica de los sistemas de colección, lavado recurrente removiendo arenas y/o desechos orgánicos acumulados, frecuente raspado para la remoción de escorias y grasa reduciendo la espuma del tanque de aireación, las paredes de los tanques del sistema de lodos activados, conductos de aire y difusores, con estas opciones se pueden prevenir los olores que se generan en las plantas.

4.2. Métodos microbiológicos

Uno de los mejores métodos para controlar los olores es la biofiltración, este sistema se basa en la interacción del gas con el medio orgánico cuya actividad de degradación se origina de los microorganismos que viven y se desarrollan en este. La suma de ambos se llama medio biológico filtrante, que es el constituyente esencial del biofiltros.

En este medio que está considerado para que se forme una película de microorganismos se produce la degradación de los compuestos indeseables en el gas. Los espacios vacíos son los que producen una baja caída de presión del gas en la cama, así como una adecuada oxigenación del filtro y distribución del flujo de gas.

Existe otro sistema llamado biolavador, el cual es un proceso microbiológico. El gas de olor desagradable entra en contacto con el agua en una torre de dispersión o empacada con material inerte, donde se absorberán o disolverán en el agua los compuestos indeseables del gas y luego se trata el agua aeróbicamente para su degradación biológica mediante un sistema de lodos activados.

Los biofiltros percoladores o conocido también como lecho escurrido son un sistema intermedio entre biofiltros y biolavador, en este sistema el gas es puesto en contacto con el material inerte donde se ha desarrollado una biopelícula, en el biolavador el agua se escurre continuamente a través del empaque facilitando el control del proceso.

5. Perfil del operador de la PTARI

Para obtener óptimas condiciones de operación en una planta de tratamiento de aguas residuales se requiere contar con personal capacitado que cubra las operaciones de mantenimiento preventivo y operativo del sistema, esto asegurará el control adecuado del proceso y el buen funcionamiento del equipo.

5.1. Funciones propias del cargo

Gestionar y controlar el proceso de la planta.

- Determinar los parámetros de funcionamiento.
- Velar por el correcto funcionamiento de los equipos de medida.
- Controlar y supervisar el registrado de volúmenes de llenado, volumen de fango y caudales.

- Controlar el cumplimiento de las normas de prevención de riesgos de los trabajos en planta.
- Supervisar el cumplimiento de los procedimientos y protocolos implantados.

Ejecutar y supervisar el proceso de la línea de aguas.

- Controlar el funcionamiento de la red de colectores.
- Controlar el proceso de pre tratamiento/trampa de grasa
- Supervisar y controlar el proceso de decantación secundaria.
- Controlar el proceso de asimilación de la contaminación disuelta mediante el reactor biológico.

Ejecutar y supervisar el proceso de la línea de fangos.

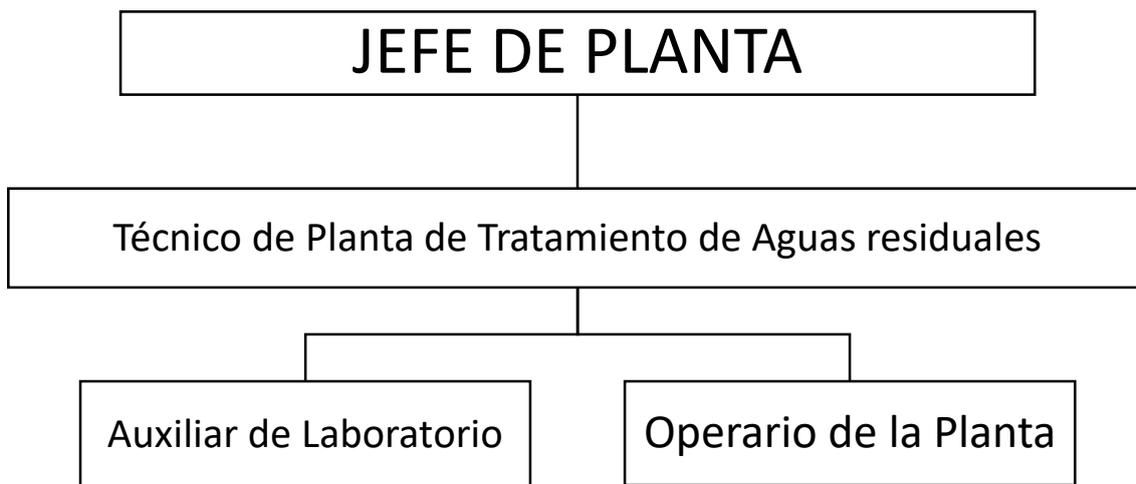
- Supervisar el funcionamiento de los lechos de secado.
- Gestionar todo el proceso de deshidratación del fango y su posterior disposición final.

Supervisar el mantenimiento de las instalaciones interiores e interiores de la planta de tratamiento de las aguas residuales.

- Supervisar la limpieza de las instalaciones para adecuarlas a las exigencias medioambientales.
- Gestionar las reparaciones de las instalaciones de la planta para su correcta conservación.
- Controlar la señalización y medios auxiliares de seguridad en las zonas de obra.

5.2. Ocupaciones

Un “Técnico de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales”, desarrolla su labor en una estación depuradora, que recogerá el agua residual de una planta empacadora de marisco, después de una serie de tratamientos t proceso devuelve a un cause receptor. La localización de este técnico dentro de la empresa será la siguiente:



El jefe de planta es quien encabeza la estructura de una planta de tratamiento de aguas residuales siendo el responsable de los aspectos técnicos y gestión de la misma, seguido de él tenemos al técnico, que es el encargado de llevar a cabo la gestión de los procesos de tratamiento de agua.

A cargo del técnico tenemos a dos colaboradores, al auxiliar de laboratorio quien realiza los procesos propios de análisis y al operario de la planta quien es el encargado de realizar las tareas básicas dentro de la planta, manteniendo contacto directo con los proveedores de materiales específicos para el tratamiento de aguas residuales

5.3. Competencias genéricas

Consideradas como actitudes recomendables para la práctica de una profesión concreta, las cuales son transferibles y transversales a multitud de funciones y tareas. Las competencias genéricas principales son:

Búsqueda de información

- Es la curiosidad e inquietud constante por saber más sobre cosas, personas o hechos, lo que implica buscar información más allá de las preguntas frecuentes o de lo que se requiere en el puesto. La búsqueda de nuevos sistemas y procesos para la mejora de las técnicas y tecnologías de tratamiento de aguas, hacen necesaria esta habilidad para la ocupación (Servicio Andaluz de Empleo).

Preocupación por el orden y la calidad

- Un continuo seguimiento, control de la información y del trabajo, así como en la optimización de los recursos disponibles y en empeñarse en que las funciones y responsabilidades asignadas estén claras, siendo esencial esta habilidad para implantar esquemas de gestión en las plantas de tratamiento de aguas.

Trabajo en equipo y cooperación

- Conlleva la intención de colaboración con otros al formar parte de un grupo, el trabajar juntos, como opuesto a hacerlo individual o competitivamente. Este profesional forma parte de un equipo de trabajo con el que tiene que interactuar para conseguir los objetivos marcados (Morillo, 2015)

5.4. Competencias específicas

Son el conjunto de conocimientos prácticos y teóricos, así como las capacidades y facultades relacionadas directamente con la ocupación.

Gestionar el proceso de la planta

- Saber y ejecutar las técnicas adecuadas para el diseño, la planificación y el control de los procesos de depuración y otros en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Gestionar el proceso de la línea de aguas

- Saber y ejecutar las técnicas específicas para llevar a cabo el diseño, la planificación y el control de las distintas fases del proceso de la línea de aguas (ciclos de abastecimiento y saneamiento, esencialmente).

Gestionar el proceso de la línea de fangos

- Saber y ejecutar las técnicas específicas para llevar a cabo el diseño, la planificación y el control de las distintas fases del proceso de la línea de fangos.

Gestionar, supervisar y controlar el mantenimiento de las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales.

- Saber y ejecutar las técnicas adecuadas para que las instalaciones y equipos de la planta estén en condiciones óptimas para su funcionamiento, planificando el mantenimiento de las instalaciones.

5.5. Formación reglada recomendable

Dentro de la formación requerida se encuadra la formación reglada, esta formación hace mención al conjunto de enseñanzas que, dentro del sistema educativo, capacitan a las personas para el desempeño calificado de una ocupación. En concreto, para ésta, la formación reglada recomendable será la siguiente:

Ingeniero Industrial, especialidad en Química Industrial.

- ❖ Ingeniería Técnica Universitaria.
- ❖ Formación Mínima para acceder:
 - Prueba de Selectividad.
 - Haber superado estudios considerados equivalentes a los anteriores.
 - Titulación universitaria o equivalente.

6. Manejo de lodos

Los lodos extraídos de los procesos de la floculación y del reactor aerobio, serán deshidratados mediante la operación de las eras de secado, posterior a eso se los entregara a un gestor acreditado.

El proceso de tratamiento o “estabilización” tiene como fin:

- Eliminar olores ofensivos
- Deshidratar lodos

Normalmente se utiliza un proceso para secar el agua excesiva de los lodos para facilitar disposición final, considerándose, así como el más sencillo. Cuando el lodo posee un elevado contenido líquido es colocado en una plataforma de ladrillo como principal y en su parte superior se colocan varias capas de grava con diferente granulometría cuya función será filtrar el residuo líquido de los lodos.

En la parte inferior de la estructura de los lechos de secado existirá un sistema de drenaje, cuya función será recoger el líquido filtrado y enviado al sistema de tratamiento.

Una vez que hayan perdido suficiente humedad serán retirados, repitiendo el proceso de manera contante.

6.1. Registro de la cantidad y calidad de lodos

El objetivo principal es asegurar la correcta operatividad en el manejo de los lodos y asegurar que los mismos sean dispuestos adecuadamente se llevara un registro tanto de cantidad como de calidad de todos los lodos generados en la fuente.

La bitácora contendrá al menos el siguiente contenido:

INFORME DEL CUMPLIMIENTO DEL MANEJO DE LODOS							
Tipo de tratamiento		Tipo de lodo			Cantidad generada		
		Domestico			Destino final		
		Industrial					
MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL							
Variable	Unidad de medición	Valor	Método de toma de muestra	Método de análisis	Fecha de monitoreo	Punto de monitoreo	Concentración máxima permisible
PH							
Conductividad							
Materia orgánica							
Fosforo total							
Nitrógeno total							
Observaciones		Disposición final del lodo					
		Producción de abono					
		Utilización en la agricultura					
		Disposición final relleno sanitario					
		Incineración					

7. Procedimiento de operación en la PTARI en caso de fallas fortuitas

- En las estaciones de bombeo, deben tener parte de las instalaciones mecánica intercambiable.
- En la succión y en las descargas de las bombas deben colocarse dispositivos que posibiliten los bloqueos.

- Todos los equipos mecánicos de bloqueo o cierre deben poder manejarse manualmente.
- En caso de que la bomba se pare, para poder mantener funcionando la salida de las aguas residuales por medio de bombas móviles habrá que colocar una prevista de acople en la tubería de descarga de la bomba
- Para utilizar bombas móviles eléctricas debe proveerse la instalación de una conexión de corriente en la bomba con acceso desde afuera, en el mismo lugar deberá posibilitarse una alimentación por medio de un generador eléctrico móvil de emergencia.
- La entrada de corriente a la bomba deberá ser subterránea y estar constituida por dos alimentaciones independientes entre sí.
- Cuando sean de esperar peligros o danos especiales como consecuencia de la falta de corriente eléctrica, deberán preverse generadores fijos de emergencia. La falta de energía eléctrica puede compensarse también por medio de un accionamiento adicional con diésel para las bombas.
- El sitio donde esté ubicada la (s) bomba (s), como el ingreso al sitio, tendrán una configuración tal que los aparatos que vayan a ser usados en los casos de emergencia puedan ser fácilmente introducidos y sacados.
- En caso necesario, las bombas deberán estar equipadas con alarmas de averías y con equipos que detecten entradas no autorizadas, ambos independientes de las redes.
- Las plantas de tratamiento deberán ser diseñadas de tal modo que, si se averían partes específicas de las instalaciones, la capacidad de funcionamiento de la planta completa se mantenga tan intacta como sea posible. Por esta razón, por medio de provisiones en la construcción, deberá asegurarse que las diferentes de la planta puedan sacarse de uso.
- Durante la planificación y el diseño, en el sector de una instalación que transporte agua, deberá prestarse atención a que puedan intercambiarse los tanques que tengan la misma función.
- Las plantas de tratamiento deben manejarse de tal modo que sea posible hacer rotar las diferentes etapas de tratamiento.

- Las plantas de tratamiento no deberán construirse en zonas susceptibles de inundaciones, donde esto no sea posible, deberán construirse diques. Para entradas y salidas de agua.
- El funcionamiento debe garantizarse también en caso de aguas de crecida, si se colocan diques en las instalaciones especialmente importantes (p. ej.: suministro energético y bombas de entrada), dichas instalaciones deberán ser protegidas adicionalmente contra avenidas.
- La entrada de la corriente eléctrica a la planta de tratamiento deberá ser subterránea y tener dos alimentaciones independientes. En caso total de corriente, esta deberá suministrarse a las instalaciones más importantes por medio de generadores eléctricos de emergencia.
- Se deberá tratar que las partes eléctricas y mecánicas de la instalación sean intercambiables.
- El área de la planta deberá asegurarse contra entradas no autorizadas, deberá contar con suficiente iluminación y en caso necesario, deberá tener alarmas de averías que operen independientemente de la red eléctrica.
- Se debe asegurar la capacidad de funcionamiento de todas las instalaciones de la planta. La inspección regular de las obras, maquinas e instalaciones eléctricas, la eliminación inmediata de las deficiencias y el mantenimiento preventivo, constituyen parte de las medidas.
- Para mantener una adecuada eliminación de las aguas residuales en el caso de una avería o de paro por mantenimiento de las instalaciones, deberá preverse repuestos en suficiente cantidad, con una capacidad escalonado, entre los repuestos se debe contar generadores eléctricos de emergencia, bombas móviles de agua residuales, además de accesorios requeridos, como por ejemplo mangueras, tuberías y acoplamientos, así como los correspondientes repuestos y materiales de trabajo.
- Dentro de una misma área de trabajo se deberá contar con piezas de equipos que sean intercambiables.
- El personal técnico requerido para mantener la eliminación ordenada de las aguas residuales deberá mantenerse disponible según los requerimientos de la planta. Por tanto, no deberá emplearse en brigadas de protección contra otras eventualidades ajenas a la planta.

- Para lograr un desarrollo sin problemas en los trabajos de emergencia y habituales deberán realizarse practicas anuales in situ. En estas prácticas deben controlarse los equipos en especial las bombas y las plantas eléctricas previstas para el caso con el fin de controlar la capacidad de funcionamiento y hacer que el personal se familiarice con ellos.
- Se debe tratar de disponer de empresas especializadas, para reparar de inmediato los danos en caso de que los recursos propios no basten.
- Si en caso de emergencia las aguas residuales tuvieran que ser evacuadas sin tratamiento y existiera el peligro de contaminación, deberá dar aviso a la población de los alrededores. Por los efectos secundarios indeseables.

8. Plan de contingencias

Plan de Contingencias: Conjunto de medidas previstas para controlar o mitigar el impacto ambiental y sanitario, derivado de la ocurrencia voluntaria o involuntaria de eventos extraordinarios al normal funcionamiento de una planta de tratamiento.

Respecto de las principales variables asociadas a fallas en la operación del sistema de tratamiento y de las medidas de contingencias a adoptar, estos se describen a continuación.

8.1. Cortes de energía eléctrica

Se contempla la habilitación de equipos generadores tanto en las bombas elevadoras como en la planta de tratamiento con el objeto de mantener operativo el sistema, en tanto se mantiene la interrupción del servicio, previniendo el riesgo que implicaría la descarga de aguas servidas sin tratar.

Frente a un corte de energía eléctrica el tablero de transferencia automático instalado, detecta la señal y activa el arranque del grupo generador.

8.2. Emisión de ruidos

Durante la etapa de operación la emisión de ruidos por parte de fuentes fijas corresponde, principalmente, a las actividades de la planta de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, los impactos que los ruidos provoquen sobre las áreas cercanas a la planta, se han evaluado como de baja significación, pues se van a adquirir equipos de baja emisión de ruidos.

La fuente fija que generará mayor intensidad en los niveles de emisión de ruidos corresponderá al grupo generador; este equipamiento genera niveles superiores a los 80 dB (A). Por lo tanto, dichas unidades se disponen en recintos cerrados y protegidos, en su área perimetral, por sistemas de paneles para insonorización. La medida anterior se considera tanto para el grupo generador que se ubicará al interior de la empacadora.

8.3. Emisión de olores

Para evitar la proliferación de olores, los residuos generados en la planta de tratamiento serán dispuestos en bolsas y almacenados en contenedores cerrados hasta que sean retirados para su disposición final.

En el caso específico de los lodos, mediante el uso de cal se provee los mecanismos adecuados para el sistema de tratamiento, con el fin de que obtengan un grado adecuado de estabilización e higienización.

Finalmente, la PTARI contará con todas sus unidades debidamente controlada, eliminando cualquier posibilidad de generar malos olores en las diferentes unidades que la componen.

Finalmente, tanto las unidades como la trampa de grasa, tanque de igualación, estarán provistos de adecuados sistemas de ventilación con el fin de evitar la generación de olores en dichas unidades.

8.4. Obstrucciones en la operación de la planta

Se consideran dentro de las medidas de contingencias en caso de obstrucción en alguna de las unidades de la planta, mantener repuestos para los equipos principales y del sistema de grupo electrógeno.

Al producirse alguna obstrucción en las unidades correspondientes al tratamiento primario, del recinto de la planta de tratamiento se pondrá el equipo auxiliar en funcionamiento.

8.5. Planta de tratamiento

La planta de tratamiento contara con suficiente equipo de respaldo. Frente a un corte de energía, la planta empacadora cuenta con suministro eléctrico de emergencia desde el grupo generador.

CONCLUSIONES

1. El diseño presentado a la Compañía, resuelve una temática de mucho control y cuidado, en lo que respecta a las actividades industriales referente a Empaque y Exportación de alimentos, siendo así que, el correcto uso de recursos en la empresa, logra una disminución en consumos de agua, llegando a la reutilización de la misma, cuya finalidad es la optimización de los recursos. El aseguramiento de la calidad esencial para que el producto final, logré ser exportado, cumpliendo rigurosamente con todas las conformidades prevista en su debido proceso de transformación y localización en el exterior.
2. El estudio elaborado, con diversos parámetros obtenidos por la observación dentro del giro del negocio, en consultoría con la Planta sucursal del Grupo Castillo, fue uno de los objetivos específicos desarrollados en este proyecto, aportando con mayor eficacia al diseño de la PTARI propuesta. Descifrar el comportamiento de los parámetros inmersos en todo diseño, hasta el análisis adecuado para la unificación de cada punto participante hasta el montaje total del sistema aplicado dentro de la Planta Frigoexport C.A
3. El paso principal para la implementación o propuesta de cualquier diseño, consiste en el reconocimiento y análisis de todas las variables posibles, con el fin de obtener el resultado deseado. En nuestro caso, el punto de partida para el desarrollo del proyecto presentado, fue el reconocimiento y medición del caudal manejado en la Planta. Fue de gran aporte el estudio inculcado en la ingeniería, ya que con ello logramos manejar con la premura necesaria los análisis matemáticos en función de las variables más importantes.
4. Precisar los beneficios que aportan que, a través del correcto uso de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales Industriales la empresa se mantendrá libre de cualquier no conformidad que pudiera ser levantada en auditorias de las entidades reguladoras de las Plantas Empacadoras y Exportadoras de Camarón, tanto el Municipio de Guayaquil, Subsecretaria de Calidad e Inocuidad o en su defecto la visita de Clientes Extranjeros o sus respectivos delegados, contribuyendo la Inocuidad en el Procesamiento de estos alimentos.

5. A nivel interno, el re-uso del agua mantendrá la Planta siempre en estado limpio con una correcta administración de los recursos, se puede verificar el desempeño que tendrá la Planta en el re-flujo para el procesado del camarón desde la Recepción hasta su mantenimiento y enjuague en las tolvas de la Empresa.

RECOMENDACIONES

1. Realizar los mantenimientos respectivos de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales, ya que como es de conocimiento general, el cuidado de todo equipo extenderá su vida útil, claro, siempre y cuando se lleve el registro adecuado de las mismas. Esto puede lograrse con las verificaciones correspondientes del estado de cada punto y con el estado físico de la PTARI.
2. Llevar cada registro impreso o digitalizado, en conjunto con la impresión del diseño de este proyecto, con las respectivas firmas de aprobación, ya que por experiencia propia las Entidades reguladoras piden el Diseño de la PTARI, en conjunto con los análisis mensuales de un Laboratorio avalado, como parte de sus auditoria de control, en el tiempo que estos creas convenientes.
3. Trabajar en que los parámetros definidos mantengan el rango adecuado, ya que la mínima variación puede ocasionar problemas con el control de calidad del Producto en Proceso.
4. Se recomienda que dentro de la parte operativa se trabaje en conjunto con la supervisión del Departamento de Salud y Seguridad Ocupacional, la cual garantiza el hecho del cuidado e integridad a la hora de realizar las limpiezas con la vestimenta adecuada.
5. Definir puntos de almacenaje de tanques cuya capacidad sea de un volumen grande, con el fin de tener el agua ya tratada para proceder con el lavado de áreas de recepción donde el camarón llega desde la camaronera, ya sea para el lavado superficial de los vehículos pertenecientes a la Empresa, logrando un ahorro en las Planillas de Consumo de Agua Potable.
6. Dentro de las posibilidades de la Planta, puede recomendarse la aplicación del agua tratada para la generación de hielo en escarcha, al proporcionarle este suministro al Silo de Hielo que la Compañía posee, ya que con esto se puede comercializar el mismo obteniendo la empresa un ingreso extra a sus actividades.

BIBLIOGRAFÍA

- Andahuasi Distrito Sayan. (s.f.). *MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO*. PROVINCIA HUAURA - REGION LIMA.
- Aula.aguapedia. (s.f.). *PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS*. Obtenido de http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/21197/mod_folder/content/0/Dise%C3%B1o%20EDAR%20Convencional/3.%20Dise%C3%B1o%20por%20unidades%20de%20tratamiento/6.%20Tratamiento%20Secundario.pdf?forcedownload=1.
- Botero B., J. B. (s.f.). *Descripción del sistema de tratamiento y manual de operación y mantenimiento*.
- Codificación, C. d. (10 de Septiembre de 2004). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarrillado de Reynosa. (s.f.). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Ejecutivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*. Reynosa-Tamaulipas.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarrillado y Saneamiento*. Coyoacán, México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comparativa de ampliación E.D.A.R. (s.f.). *ANEJO B. CÁLCULOS*.
- Cortez, I. H. (14 de 11 de 2019). *Procesos en la Planta Frigoexport*. (J. S. Stuard Román, Entrevistador)
- Despaigne Pérez, R. L. (2016). *Propuesta de Rehabilitación de la planta de tratamiento de agua residual de la Universidad Marta Abreu de las Villas*. Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Dirección general del agua. (s.f.). *DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS Y PROCESOS DE TRATAMIENTO*. REGIÓN DE MURCIA: ARADA.
- Espinosa García, C. (2005). *MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO*. EL INSTITUTO NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS.
- Estrucplan. (2009). *Ingeniería De Tratamiento De Aguas Residuales: Línea De Fangos*. Obtenido de <https://estrucplan.com.ar/ingenieria-de-tratamiento-de-aguas-residuales-linea-de-fangos/>
- Falconí Hidalgo, G. (2010). *APLICACIÓN DE VÁLVULAS DE DESAHOGO Y SEGURIDAD, MEDIANTE SU OPERACIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO, PARA EVITAR SOBRE PRESIÓN EN LAS LÍNEAS DE RECEPCIÓN Y DESPACHO DE COMBUSTIBLE DE PETROCOMERCIAL PERIODO 2010*. Quito-Ecuador: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.
- Flores, D. (2014). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/DavidFlores69/seccion6-om-eb0138>
- Flowserve. (s.f.). *Bomba centrífuga NM*.

- Galeano Nieto, L. J., & Rojas Ibarra, V. D. (2016). *PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL POR ZANJON DE OXIDACION PARA EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE VELEZ -SANTANDER*. Bogota: UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL TRABAJO DE GRADO BOGOTA D.C.
- García Monterroso, C. O. (2018). *OPTIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE PRODUCTOS DE CUIDADO DEL HOGAR (JABÓN), CUMPLIENDO CON EL DECRETO LEY 236-2006*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Estudios de Postgrado Maestría en Artes en Gestión Industrial.
- Geocities. (2009). *SEDIMENTACIÓN*. Obtenido de <https://www.geocities.org/edrochac/sanitaria/sedimentacion.htm#:~:text=La%20sedimentaci%C3%B3n%20es%20una%20operaci%C3%B3n,que%20el%20agua%20pueda%20contener.&text=Esta%20eficiencia%20en%20la%20operaci%C3%B3n,obtenci%C3%B3n%20de%20lodos%20m%C3%A1s%20compac>
- Guerrero, F. (2014). *Manual de operación y mantenimiento*. Granga-Ecuador.
- Hernando Marcos, P. (2010-2011). *PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PROCESO (EDARI) DE UNA PETROQUÍMICA*. Madrid: MASTER PROFESIONAL EN INGENIERÍA Y GESTIÓN.
- Industriales, A. (19 de Noviembre de 2019). *Aguas Industriales*. Obtenido de Aguas Industriales: <http://aguasindustriales.es/tag/aguas-residuales/>
- Kexue Avenue, National HI-TECH Industrial Development Zone. (2008-2019). *KEFID*. Obtenido de [https://www.volantinaggiolagnano.it/1575979960/46968_solo-tanque-de-lixiviaci3n-impulsor-para-la-venta/](https://www.volantinaggiolagnano.it/1575979960/46968_solo-tanque-de-lixiviacion-impulsor-para-la-venta/)
- Lorenzo, M. (s.f.). *Wix*. Obtenido de <https://lorenzomata95.wixsite.com/misitio/procesos-por-lodos-activados>
- Macías Vesga, J. L. (2017). *Desarrollo de una aplicación para dispositivos android en la mejora del calculo de electrobombas centrifugas con una base de datos de los equipos que se comercializan en la empresa Mauricio Garcia Serrano S.A.S*. Santa Marta.
- Madrid, A. (2016/2017). *StuDocu*. Obtenido de <https://www.studocu.com/gt/document/universidad-industrial-de-santander/werktuigbouwkundo/trabajo-tutorial/prueba-de-jarras/1922729/view>
- Marquez, B. F. (23 de Octubre de 2018). *Iagua*. Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>
- Mejía López, A., Cabrera, M., & Carrillo, Y. (2017). REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PRESENTES EN AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE PROTOTIPO A ESCALA DE LABORATORIO. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, vol. 26, núm. 2, 2017.
- Minos.vivienda. (s.f.). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES*. Obtenido de

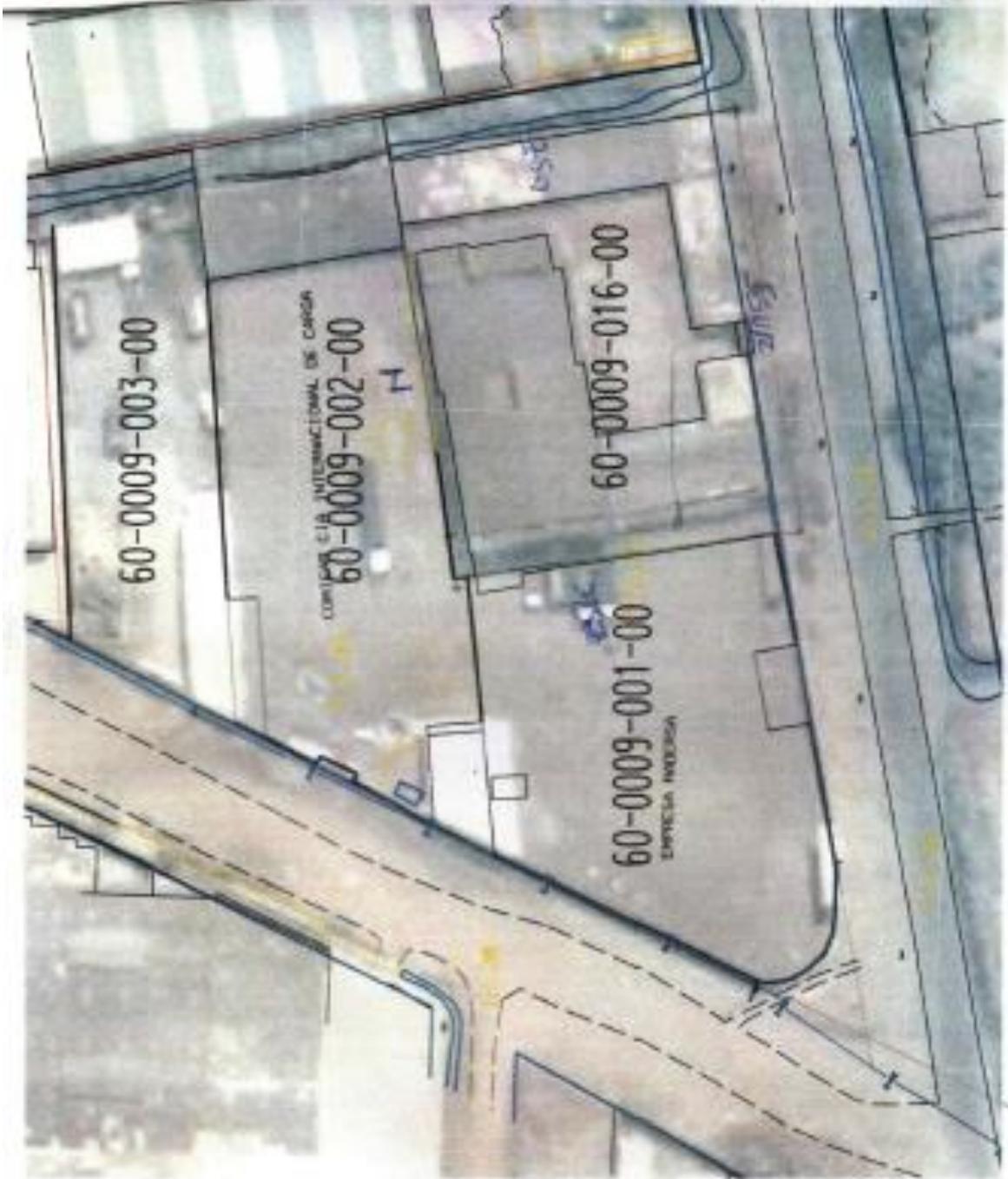
http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_Sica/Modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/947243751_ANEXO%203%20Manual%20de%20O&M%20Sistema%20de%20Bombeo%20de%20Aguas%20Residuales%20CCCC.pdf

- Monterroso López, G. S. (2012). *COMPARACIÓN DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN ENTRE VÁLVULAS COMERCIALES DE DISTINTO MATERIAL*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil.
- Morillo, A. (2015). *UF0929 - Gestión de pedidos y stock*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Municipalidad Distrital De Sabaino. (2020). *Manual de operación y mantenimiento*.
- Oficina de Medio Ambiente. (s.f.). *PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS EFLUENTES DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O MUNICIPALES*.
- Ortega, R. (2015). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ferrita/manual-bomba>
- Ortiz, S. (2016). Tratamientos biológicos de aguas residuales y tratamiento de lodos activados. *Environmental World*, 6-7.
- P.M.A de Sinaloa S.A. (2011). *Cátalogo Acuicultura*. Sinaloa.
- P.M.A de Sinaloa S.A. (2017). *BLOWER SWEETWATER*. Obtenido de <http://pmadesinaloa.com.mx/productos/detalle/20>
- Paseiro Taylor, S., Flores Arias, R. A., & Téllez Ruíz, M. I. (2014). *PROPUESTA PARA ESTABLECER UN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA AVÍCOLA LA ESTRELLA TIPITAPA*. Managua: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA INGENIERIA INDUSTRIAL.
- PREMSOL. (2015). *Tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <http://www.premsol.net/tratamientos-de-agua/>
- Proquilim. (2016). *Depuración de Aguas Residuales Industriales*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Quisnancela Chauca, L. E. (2013). *DISEÑO DE SISTEMAS PARA LA DERIVACIÓN DE CAUDALES CONCESIONADOS Y CONSTRUCCIÓN DE AFORADORES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO GUANO*. RIOBAMBA – ECUADOR: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (2014). Característica de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 77.
- Repicky. (s.f.). *DIFUSORES DE MEMBRANA DE BURBUJA FINA*. Obtenido de <http://www.repicky.com.ar/difusores-de-membrana-de-burbuja-fina.html>
- República de Colombia. (2000). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS - 2000*. BOGOTA D.C.: Sistemas de Potabilización.
- Rodríguez Fernández-Alba, A., Letón García, P., Rosal García, R., Dorado Valiño, M., Villar Fernández, S., & Sanz García, J. M. (2006). *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Madrid: Vt mid.
- Sainz Sastre, J. A. (2005). *Tecnologías para la sostenibilidad Colección EOI medio ambiente*. Madrid: EOI Escuela de Organización Industrial.

- Sánchez Ramírez, J. R. (2015). *REUTILIZACIÓN DE AGUAS DE UN PROCESO DE FANGOS ACTIVADOS PARA AGUA DE RIEGO EN CULTIVOS Y SUELOS*. Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Santana Cruz, S. R. (2009). *DISEÑO DEL COLECTOR PRINCIPAL EN LA PARTE SUR Y TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE EL CHACO, CANTÓN EL CHACO, PROVINCIA DE NAPO, QUE PERMITA DISMINUIR EL INDICE DE LOS DESECHOS LIQUIDOS EN EL RÍO QUIJOS*. EL CHACO, CANTÓN EL CHACO, PROVINCIA: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA.
- Servicio Andaluz de Empleo. (s.f.). *Ocupaciones material de orientación profesional*.
- Sotero Alvarez, A. (2018). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/antoniosoteroalvarez/sistemas-de-bombeo-para-aguas-residuales>
- Soto Velásquez, M. H. (2007). *DISEÑO DEL PROCESO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A NIVEL DE LABORATORIO, PROVENIENTES DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE QUÍMICOS PARA LAVANDERÍA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- TEFSA. (s.f.). *Filtros de presión*. Obtenido de https://gruptefsa.com/filtros_de_presion/07-Filtros%20a%20Presio%CC%81n.pdf
- Universidad de los Llanos Villavicencio. (2019). *Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento agua residual doméstica (PTAR)*.
- Vicuña Sause, S. B. (s.f.). *Plan de inspección, prueba y mantenimiento de los sistemas diseñados*. Guayaquil-Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).
- Wikipedia. (2012). *Floculación*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>
- Wikipedia. (2019). *Depuración biológica por fangos activos*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Depuraci%C3%B3n_biol%C3%B3gica_por_fangos_activo#:~:text=La%20depuraci%C3%B3n%20biol%C3%B3gica%20por%20fangos,con%20el%20agua%20residual%2C%20que
- Wikipedia. (2020). *Lecho de secado de lodos*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Lecho_de_secado_de_lodos
- xylem. (s.f.). *Sistemas de aireación de Alta Eficiencia por burbujas fina de Sanitare*.
- Zuñiga Casillas , J. C. (s.f.). *MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN LA CABECERA MUNICIPAL DE PÉNJAMO GTO*.

ANEXOS

ANEXO 1 Terreno Frigoexport C.A



ANEXO 2 Datos de Inscripción de Propiedad

19. Folio Real - Datos de Inscripciones por Propiedad.

Datos del Predio		Datos del Sector				
Código :	Sector	Manz.	Predio	Division	PHVE	PHH
	60	0009	016	0	0	0
Matrícula :	5979		Fecha Apertura/Folio :			19/Jun/1998
Dirección :						
Parroquia :	PARROQUIA TARQUI					



 IN PR NE NP

DEPURADA

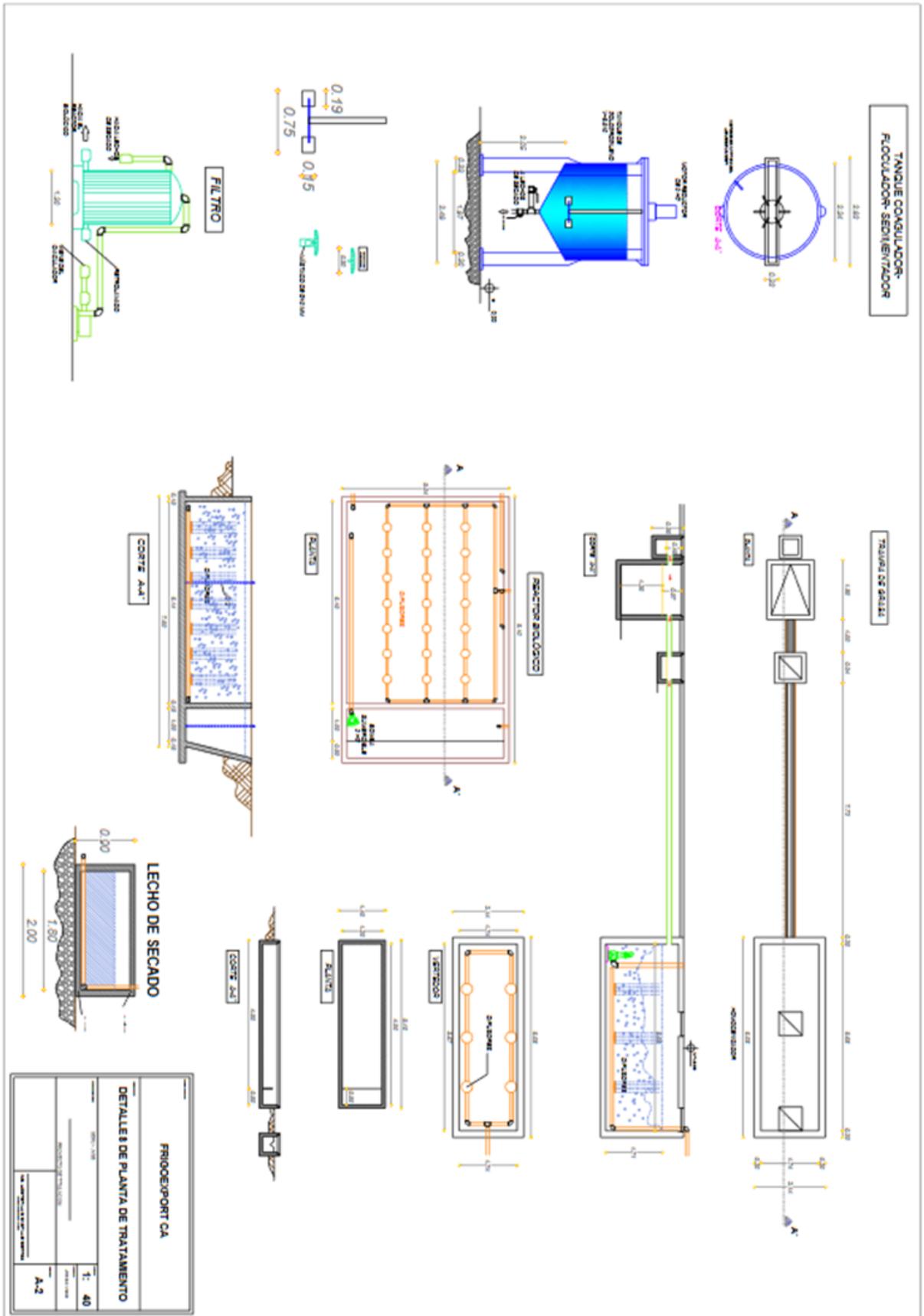
 X

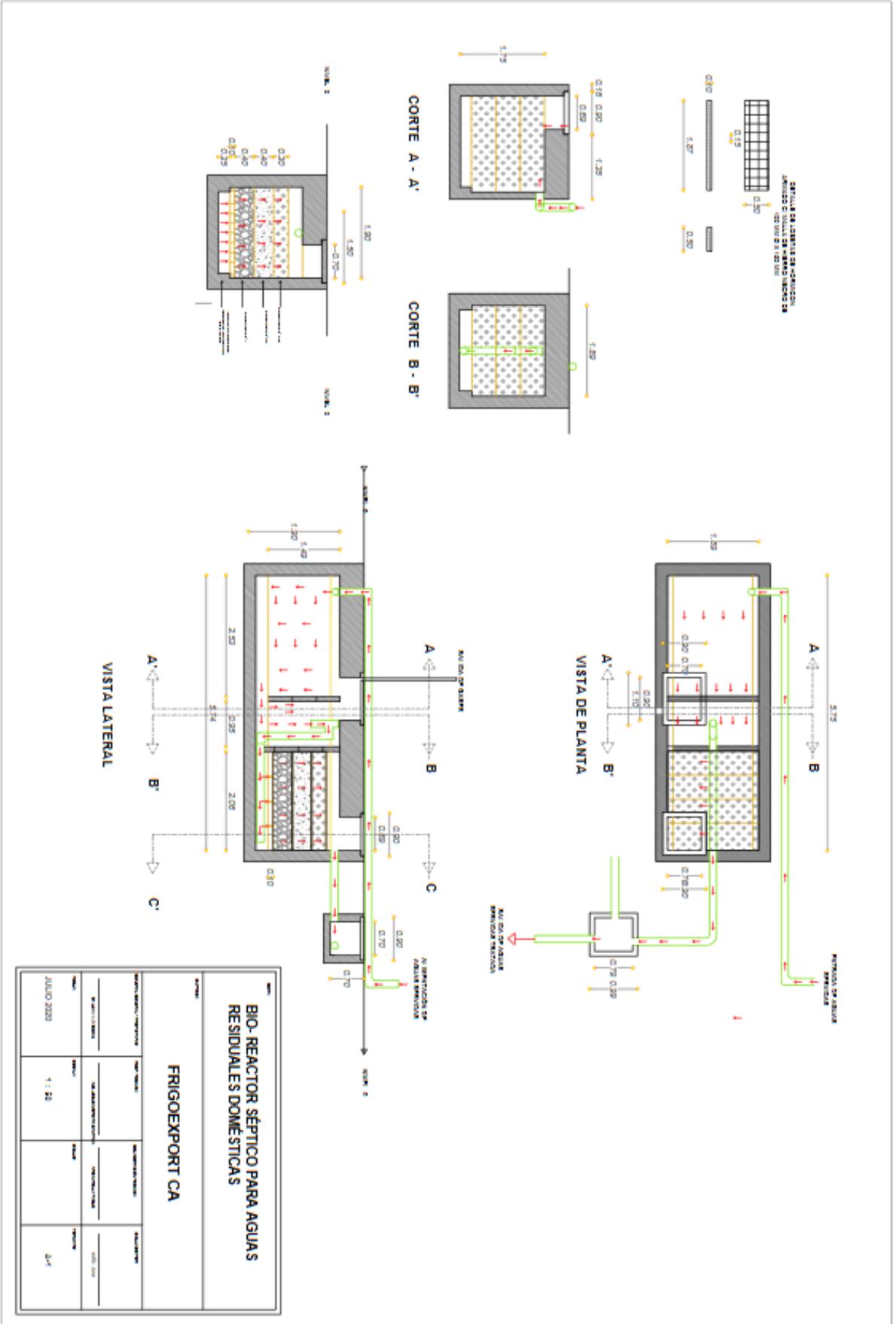


Movimientos | En trámite | **Linderos y Medidas:** | Propietarios | Auditoría | Observación | Impresión 

Detallado	Resumido																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción:</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Matrícula :</td> <td>5979</td> </tr> <tr> <td>Lin. Norte:</td> <td>Solar 2</td> </tr> <tr> <td>Lin. Sur :</td> <td>Casoarina</td> </tr> <tr> <td>Lin. Este :</td> <td>Solar-canal</td> </tr> <tr> <td>Lin. Oeste:</td> <td>Solar 1</td> </tr> <tr> <td>Lon. Norte:</td> <td>65.4</td> </tr> <tr> <td>Lon. Sur :</td> <td>65.4</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción:	Valor	Matrícula :	5979	Lin. Norte:	Solar 2	Lin. Sur :	Casoarina	Lin. Este :	Solar-canal	Lin. Oeste:	Solar 1	Lon. Norte:	65.4	Lon. Sur :	65.4	<p style="text-align: center;">Linderos Registrales</p> <p>Solar y edificación 16 de la manzana 9, ubicado la (▲</p> <p>NORTE: Solar 2 con 65,40 metros ></p> <p>SUR: Calle Casoarina con 65,40 metros</p> <p>ESTE: Solar - Canal con 53,85 metros</p> <p>OESTE: Solar 1 con 53,85 metros</p> <p>SUPERFICIE: 3.521,79 metros cuadrados</p>
Descripción:	Valor																
Matrícula :	5979																
Lin. Norte:	Solar 2																
Lin. Sur :	Casoarina																
Lin. Este :	Solar-canal																
Lin. Oeste:	Solar 1																
Lon. Norte:	65.4																
Lon. Sur :	65.4																

ANEXO 4 Planos PTARI





ANEXO 5 Registro de Efluente



GPS
Latitud: S 2°7.014' (2°7'0.8")
Longitud: W 79°56.189' (79°56'11.3")
UTC: 13/05/2013 16:38:9.62
Datum mapa: WGS-84

ANEXO 6 Especificaciones Técnicas

Hormigón armado 280 Kg/cm².
Cemento hidráulico tipo GU.
Varillas de hierro entre 10 mm y 12 mm.
Piedra de ¾ y arena, con una dosificación 1 – 3 – 2 (1 saco de cemento + 3 parijuelas de piedra + 2 parijuelas de arena).
Paredes de PTARI. Espesor de 15 cm., para la cual se ocuparon alrededor de 7 mts ³ de hormigón.

Equipos de trabajo instalados.
Bomba O-SERIES, bomba industrial de 2", 1350 GPM (85 lts./s), de Aluminio, Bronce y Acero.
Sweetwater Regenerative Blower de ½ HP, 115 V, monofásico.
Ring blower, de 60 HZ, cubierta de aluminio, fundida a troquel, protección del motor IP 54, de poco ruido y vibración.
Dosificador de bacterias Drain Cobra, hecho de plástico, auto alimentable, a baterías, con cartuchos reemplazables cada 90 días.
Filtro de presión: h= 3 metros y Ø= 1.20 metros, 2" Ø entrada, 2" Ø retrolavado y purga y 2" Ø salida, capacidad = 100 GPM y 100 PSI de presión.
Grava de filtración: Colocada en forma de lechos en el PTARI, Grava gruesa 1" – ¾", Grava media ¾" - ½", Grava fina ½" - ¼", Arena

gruesa $\frac{1}{4}$ " - $\frac{1}{8}$ ", Arena media $\frac{1}{8}$ " – $\frac{1}{16}$ ", Arena fina, Altura total de los lechos 1.20 metros.

Canastillas de retención de sólidos: Colocadas a la salida del proceso productivo, con un tamiz de 4 mm a 2 mm, fabricadas en acero inoxidable 304, para la retención de restos de camarones, peces pequeños y camarones enteros que puedan caer al piso, durante el proceso.