



INGENIERÍA AMBIENTAL

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS
FACULTAD DE CIENCIAS

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS
DE LA I. MUNICIPALIDAD DE OLMUÉ

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Ambiental

Profesor Guía:
MARTINA REINKE OPITZ

Maria Teresa Jofré Muñoz
David Marcelo Gervic Muquillaza

INDICE GENERAL

1	RESUMEN.....	6
2	MARCO TEORICO.....	7
2.1	Procedencia y características del agua servida.....	7
2.2	Tratamiento de Aguas Servidas.....	10
2.3	Tipos de Tratamiento.....	12
2.4	Lodos Generados en el Tratamiento de Aguas Servidas.....	13
2.5	El Tratamiento del Agua Servida en Chile.....	17
2.5.1	Desarrollo de Plantas de Tratamiento en Chile.....	17
2.5.2	Tratamiento de Aguas Servidas en la V Región.....	19
2.6	Olmué y su Planta de Tratamiento.....	21
2.6.1	Antecedentes de la Comuna de Olmué.....	21
2.6.1.1	Características Generales.....	21
2.6.1.2	Principales Actividades Económicas.....	22
2.6.1.3	Población.....	22
2.6.1.4	Situación Habitacional.....	24
2.6.2	Tratamiento de Aguas Servidas en Olmué.....	26
2.6.2.3	Descripción de las principales unidades construídas.....	26
3	PROBLEMA.....	38
4	OBJETIVOS.....	39
4.1	Objetivo General.....	39
4.2	Objetivos Específicos.....	40
5	METODOLOGÍA.....	40
5.1	Recopilación de la Información.....	40
5.2	Evaluación de la PTAS.....	40
5.2.1	Evaluación PTAS de acuerdo a la normativa ambiental vigente.....	40

5.2.1.1	Plan de Monitoreo para la PTAS.....	41
5.2.1.2	Plan de Monitoreo del Lodo.....	45
5.2.1.3	Plan de Monitoreo del Estero.....	45
5.2.2	Evaluación de la PTAS de acuerdo a la bibliografía.....	47
5.2.3	Evaluación de la PTAS considerando las operaciones unitarias del tratamiento.....	47
5.3	Elección de Propuestas.....	48
5.4	Análisis de Costos.....	48
6	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
6.1	Cuestionario Metodológico.....	49
6.2	Monitoreos.....	55
6.2.1	Caudales.....	56
6.2.2	Análisis de Laboratorio.....	60
6.2.2.1	Monitoreo 1: Operación Normal.....	61
6.2.2.2	Monitoreo 2: Operación con sobrecarga.....	63
6.2.2.3	Comparación Monitoreo 1 y 2.....	64
6.2.2.4	Monitoreo 3.....	68
6.2.2.5	Concentración de Metales Pesados en el Lodo.....	69
6.2.2.6	Monitoreo Estero, Cuerpo Receptor.....	71
6.3	Evaluación de la PTAS.....	73
6.3.1	Cumplimiento de la Normativa Ambiental.....	73
6.3.1.1	Decreto Supremo 90/2000.....	73
6.3.1.2	Norma Chilena 1.333.....	74
6.3.1.3	Anteproyecto de Reglamento para manejo de lodos no peligrosos.....	75
6.3.2	Comparación con los Antecedentes Bibliográficos.....	76
6.3.3	Operaciones Unitarias.....	81
7	PROPUESTAS.....	92

7.1	Cámara de Desarenado.....	92
7.2	Desbaste.....	101
7.3	Cámara de Sedimentación.....	108
7.4	Sistema de Desinfección.....	109
7.5	Lechos de Secado.....	116
7.6	Disminución del Consumo Eléctrico.....	123
7.7	Implementación de un Laboratorio de Control.....	126
7.7.1	Placa Vertedero.....	126
7.7.2	Medición de Oxígeno Disuelto.....	128
7.7.3	Test de Sedimentación.....	130
7.7.4	CoreTaker Tolva Sedimentación.....	131
7.7.5	Dosificación de Hipoclorito de Sodio (NaOCl).....	132
7.8	Procedimientos y Registros de Control.....	135
7.9	Recomendaciones.....	139
8	ANALISIS DE COSTOS.....	140
8.1	Beneficios asociados a la implementación del proyecto.....	142
9	CONCLUSIONES.....	145
10	BIBLIOGRAFIA.....	146

ANEXOS

ANEXO 1	Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias.....	148
ANEXO 2	Características del sólido y del lodo producido durante el tratamiento del agua residual.....	151
ANEXO 3	Legislación que regula el uso y calidad del recurso hídrico en Chile.....	154
ANEXO 4	Aprobación del Proyecto de Reposición de Tratamiento de Aguas Servidas, Comuna de Olmué.....	162
ANEXO 5	Autorización de funcionamiento de la PTAS.....	163
ANEXO 6	Estimación del caudal.....	164
ANEXO 7	Cuestionario Metodológico.....	165
ANEXO 8	Estimación de la población servida.....	170
ANEXO 9	Comportamiento de DBO y SS para el monitoreo 1 y 2.....	171
ANEXO 10	Cálculo de los parámetros de entrada expresados en carga horaria.....	173
ANEXO 11	Recomendaciones para la corrección de problemas Operacionales.....	174

1 RESUMEN

El acelerado desarrollo de la sociedad actual trae consigo varios problemas ambientales, como el de las aguas servidas, por esta razón se han desarrollado diversos sistemas de tratamientos para las aguas servidas.

Olmué cuenta con su propia Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), correspondiente a una planta de tipo lodos activados con modalidad de aireación extendida, sin embargo, la falta de apoyo técnico, ha provocado una baja eficiencia en el tratamiento.

El siguiente trabajo de titulación tiene como objetivo la actualización de la PTAS de Olmué, mediante una propuesta de mejoramiento integral, lo que implica la evaluación total de la planta incluyendo sus operaciones unitarias. Para ello se ha diseñado un plan de monitoreo el cual permite identificar los puntos críticos de la planta, reconocer los efectos de la descarga sobre el cuerpo de agua receptor y evaluar la posibilidad de utilización del lodo. Todo lo anterior, permite evaluar el cumplimiento de las normativas ambientales relacionadas, además de proponer las soluciones más adecuadas desde el punto de vista técnico y económico.

A través del análisis realizado, se observan deficiencias en el sistema de tratamiento, que traen como consecuencia el no cumplimiento de la normativa correspondiente.

Para el mejoramiento integral de la planta se propone la actualización de las unidades deficientes y un sistema de control que permite regular la operación de la PTAS.

El informe de costos asociado al proyecto muestra que los gastos desde el primer año del proyecto pueden disminuirse en un 6%, los cuales en el tiempo aumenta a un 77%, mediante un sistema de ahorro en el consumo de energía de la planta. Además la realización de este proyecto implica beneficios de tipos ambientales, sociales y turísticos para la Comuna de Olmué.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Procedencia y características del agua servida.

El agua es un recurso natural, escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la mayoría de las actividades económicas; es irremplazable, no ampliable por la voluntad del hombre, irregular en su forma de presentarse en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos [1].

Desde la antigüedad el hombre se ha situado en lugares cercanos a fuentes de agua dulce lo cual ha permitido la utilización de ésta, no sólo para su consumo, sino también en la agricultura, la industria, para la generación de electricidad, en la minería y en uso recreacional. Sin embargo, el aumento de la población, el avance industrial y las descargas de líquidos sin tratamiento previo a los cauces naturales, como esteros, ríos y mar, han causado un detrimento de la cantidad y calidad de ésta, además de provocar daños a la flora y fauna acuática.

Las aguas que quedan como residuo de la utilización de este recurso por parte de la actividad humana reciben el nombre de aguas residuales. Para el tratamiento del agua residual, es de gran importancia el conocimiento de sus características, físicas, químicas y biológicas, y la procedencia de ésta, según se describe en el Anexo 1.

A continuación en la Tabla 1, se presentan los principales contaminantes presentes en el agua residual y sus importancias de acuerdo al posible efecto en el medio ambiente.

Tabla 1. Contaminantes de importancia en el tratamiento residual [2].

CONTAMINANTES	RAZÓN DE LA IMPORTANCIA
Sólidos en Suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
Materia Orgánica Biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales. Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también puede provocar la contaminación del agua subterránea.
Contaminantes Prioritarios	Son compuestos orgánicos e inorgánicos determinados por su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad, o toxicidad aguda o sospechada.
Materia Orgánica Refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
Metales Pesados	Se deben eliminar en caso de reutilización del agua
Sólidos Inorgánicos Disueltos	Constituyentes tales como calcio, sodio y sulfatos, estos se deben eliminar si se va a reutilizar el agua.

El agua residual puede ser de origen doméstico e industrial; el origen doméstico es aquel que se genera en los hogares, mientras que el agua de origen industrial es utilizada en los distintos procesos de una industria. Aunque estas son

de origen distinto, para el tratamiento de ambas se utilizan operaciones unitarias similares, con variaciones en algunos procesos o métodos.

El agua residual de origen doméstico o sanitario, el cual se detalla con mayor importancia debido a los alcances de este trabajo de titulación, se genera de la utilización del agua para fines como: bebida, higiene, culinarios y sanitarios, entre otros.

El agua de origen doméstico también recibe el nombre de aguas servidas, ésta se compone de residuos propios de la actividad humana. Parte de estos residuos es materia que demanda oxígeno por oxidación, como la materia fecal, restos de alimentos, aceites y grasas; otra parte son los detergentes, sales, sedimentos, material orgánico no biodegradable y también microorganismos patógenos [3]. Paralelamente, la cantidad de estos residuos ha ido aumentando de forma acelerada provocando graves repercusiones para la higiene y la salud de las personas e importantes impactos negativos sobre la calidad del agua.

Para mejorar esta situación se aplican tecnologías para depurar corrientes de desechos domésticos cuyo objetivo es la eliminación de la materia orgánica en suspensión, los residuos y sólidos flotantes, tratamiento de la materia orgánica biodegradable y la eliminación de los organismos patógenos. Estas tecnologías se basan en procesos físicos solos, en los cuales predomina la acción de fuerzas físicas, como también combinaciones de procesos químicos y biológicos. En los procesos químicos destaca la adición de productos químicos o el desarrollo de reacciones químicas, mientras que los procesos biológicos se llevan a cabo gracias a la actividad biológica cuyo objetivo es la eliminación de la materia biodegradable.

Dependiendo de la bibliografía, existen diversas formas de agrupar las etapas para el tratamiento del agua servida. En este caso, se considera que el proceso usual de tratamiento de aguas servidas consta de cuatro etapas: Pre - tratamiento, Tratamiento primario o físico, Tratamiento secundario o biológico y Tratamiento terciario o avanzado, y que se describen a continuación.

2.2 Tratamiento de Aguas Servidas

Pre - tratamiento

Consiste en el acondicionamiento del afluente. Durante este proceso se eliminan los constituyentes del agua residual, como sólidos gruesos, trapos, arenas, aceites y grasas [2], que provocan problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y equipos. Dentro de esta etapa se encuentra el desbaste, el dilacerado, la flotación y el desarenado.

Tratamiento primario

Comúnmente conocido como el primer paso o etapa en el tratamiento de aguas residuales es un proceso o conjunto de procesos físicos que tienen como objetivo la eliminación de los sólidos sedimentables y flotantes, por medio de técnicas físicas como la sedimentación.

Se incluyen tratamientos que requieren la utilización de productos químicos o coagulantes que rompen el estado coloidal de las partículas y forman flóculos de gran tamaño, de forma que decantan más rápidamente. Entre estos procesos se encuentran: coagulación, floculación, neutralización, precipitación, oxidaciones y reducciones.

Tratamiento Secundario

Este término se emplea como equivalente de tratamiento biológico de aguas residuales, particularmente del proceso de lodos activados.

El tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en las aguas residuales. Consiste principalmente en un proceso biológico, seguido de clarificación (sedimentación) y cuenta con una unidad de recolección y manejo de lodos.

Por lo general, los procesos microbianos empleados son aeróbicos, es decir, los microorganismos actúan en presencia de oxígeno disuelto.

En estas condiciones, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, y la biosíntesis de nuevos organismos.

Tratamiento Terciario

Es el tratamiento de las aguas residuales posterior a la etapa secundaria o biológica; comprende procesos que involucran la remoción de nutrientes, tal como el fósforo y el nitrógeno, y de un alto porcentaje de sólidos finos en suspensión.

Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO_5 en similar medida. Los sólidos disueltos se reducen por medio de procesos como la ósmosis inversa y la electrodiálisis. La eliminación del amoníaco, la desnitrificación y la precipitación de los fosfatos pueden reducir el contenido en nutrientes [3].

Desinfección:

Consiste en la última etapa del tratamiento del agua servida. Tiene por finalidad la destrucción de organismos patógenos que produzcan enfermedades. Dentro de los organismos patógenos capaces de producir enfermedades se encuentran los virus, bacterias y los quistes amebianos.

El desinfectante debe ser seguro en su aplicación y manejo. Los métodos más empleados para llevar a cabo la desinfección son agentes químicos y radiación [2].

2.3 Tipos de Tratamiento [4]

Respectos a los tipos de tratamiento, se pueden clasificar como Convencionales, No convencionales y Emisarios Submarinos.

Sistemas convencionales

Abarcan aquellos que involucran mecanización y se dividen a su vez según el tipo de cultivo que se trate, a saber cultivo fijo como biomasa adherida en forma de película en un medio de soporte, o cultivo suspendido. Estos se pueden clasificar como:

- Cultivo Suspendido como Lodos Activados en todas sus modalidades.
- Cultivo Fijo como Biofiltros y Biodiscos, entre otros.
- Lagunas Aireadas.

Sistemas no convencionales

No involucran mecanización pero requieren grandes extensiones de terreno, por ejemplo:

- Lagunas de Estabilización en toda su modalidad: se basa de las condiciones naturales de depuración.
- Wetlands. Este tipo de lagunas presenta plantas acuáticas como juncos acuáticos o totora.

Emisarios Submarinos

Estos disponen las aguas servidas de las zonas saneadas en un lugar del Océano, realizando el tratamiento mediante una autodepuración natural sin producir daño al ecosistema acuático y al litoral costero.

2.4 Lodos Generados en el Tratamientos de Aguas Servidas

Los constituyentes del agua residual eliminados en las plantas de tratamiento incluyen basuras, arena, espumas y lodo.

El lodo es el constituyente de mayor volumen, cuya evacuación y tratamiento tiene serias complejidades debido a: (1) su composición, ya que está formado por materia orgánica, la cual dificulta su manejo debido a los procesos de descomposición de ésta; (2) el contenido de agua ya que condiciona su empleo, determina su forma de manipulación, transporte y condiciona su valor económico.

Procedencia

La procedencia de los sólidos captados en las plantas de tratamiento varía en función del tipo de planta y del modo de explotación [5], como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Procedencia de sólidos y lodo en una instalación convencional de tratamiento de aguas residuales [5].

OPERACIÓN O PROCESO UNITARIO	TIPO DE SÓLIDOS O FANGO
Desbaste	Sólidos Gruesos
Desarenado	Arenas y Espumas
Preaireación	Arenas y Espumas
Decantación Primaria	Lodo Primario y Espumas
Tanques de Aireación	Sólidos Suspendidos
Sedimentación Secundaria	Lodo Secundario y Espumas
Instalación de tratamiento de fangos	Lodo, compostaje y cenizas

Clasificación

Sin considerar la composición química de los lodos y en función de su contenido de agua, estos se clasifican de la siguiente manera [6]:

- **Lodos Líquidos:** su contenido en agua es superior al 80 %. El transporte de éstos se realiza en camiones cisternas, ya que cada 100 kg. de lodos, 20 kg. corresponde a materia seca y 80 kg. es agua.
- **Lodos paleables:** son los lodos que por su contenido en agua, inferior al 80 %, pueden ser manejados con una pala y transportados en camiones de caja abierta.
- **Lodos sólidos sin disminución:** lodos con un contenido de agua del 55 – 60 %, que por desecación no disminuye su volumen, manteniéndose constante.

Características

Las características varían en función del origen de los sólidos y del lodo, de la edad del lodo y del tipo de proceso a que han sido sometidos. La característica del lodo es un factor importante al considerar el tratamiento y disposición final de éste. Entre las características más relevantes que se deben considerar para el manejo de los lodos se encuentran: presencia de material orgánico e inorgánico, tamaños de los materiales presentes, descomposición, olor, color, apariencia, humedad y potencialidad infecciosa (Coliformes fecales) [5]. En el Anexo 2, se presentan las características de los distintos sólidos y del lodo retenido en los diferentes procesos de tratamiento del agua residual.

Tratamiento

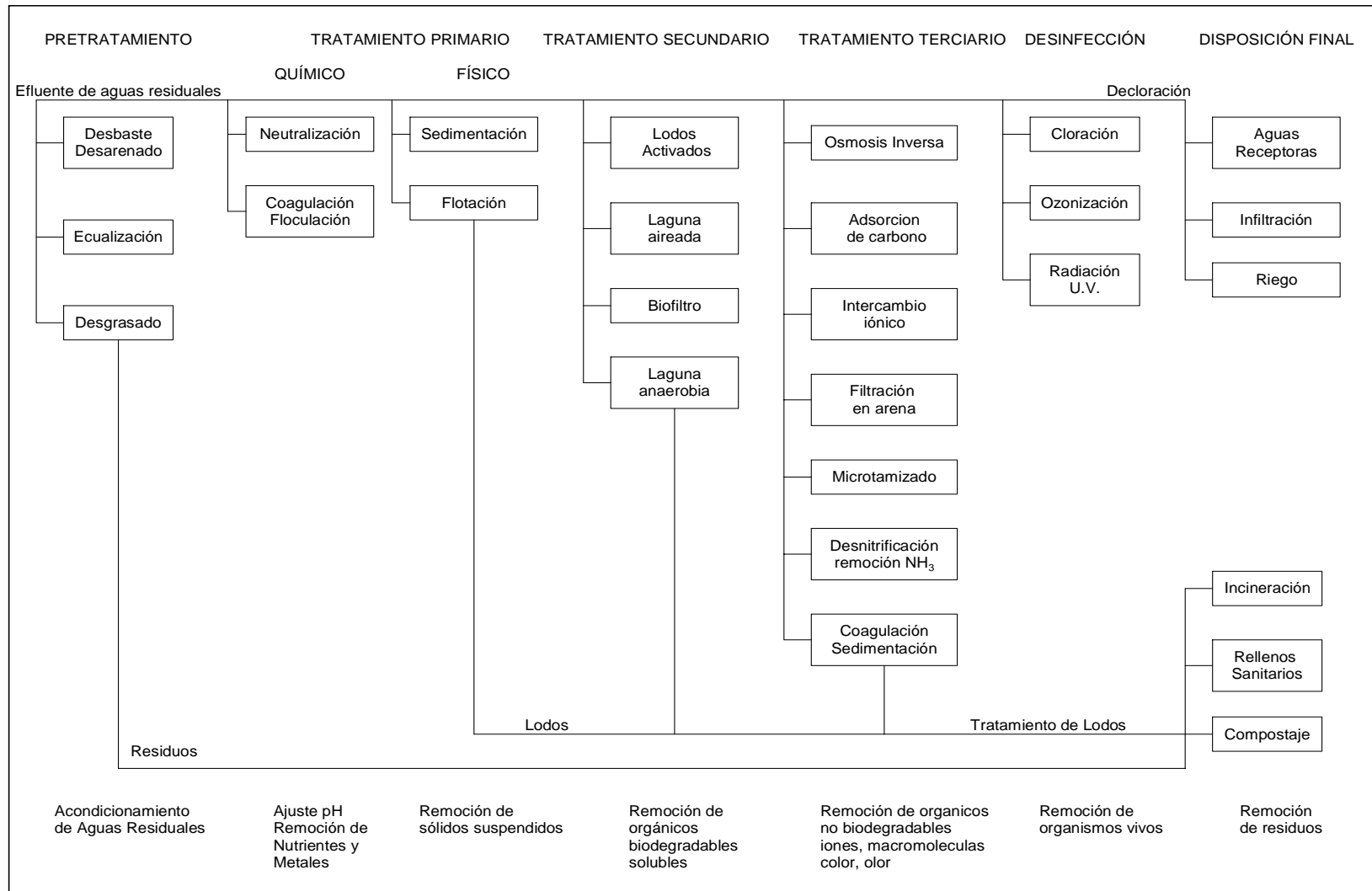
Existen diversos factores que condicionan el procedimiento para el tratamiento y vertido de los lodos, los cuales son: las características del agua bruta, de cada una de las operaciones unitarias, de la aplicación de productos químicos, de la normativa local y otros condicionantes específicos de la instalación.

Las operaciones y procesos que se utilizan para el tratamiento del lodo, tienen dos finalidades: reducir el contenido de agua y la materia orgánica presente, y por otra acondicionar el lodo para su reutilización o evacuación final [5]. Es así como para eliminar la humedad del lodo se utilizan técnicas como el espesamiento (concentración), acondicionamiento, deshidratación y secado. Otras como la digestión, compostaje e incineración.

Un proceso de tratamiento para los lodos es primordial para su disposición final, ya sea a vertedero o una utilización alternativa como mejorador de suelos, ya que gracias a la legislación ambiental vigente la descarga de lodos al medio ambiente está prohibida.

En forma de resumen, de este capítulo, el siguiente esquema presenta las distintas modalidades de procesos que se pueden aplicar al tratamiento del agua servida, desde el pre-tratamiento hasta las diferentes opciones para la disposición final del agua tratada y de los residuos generados.

Figura 1. Tipos de Tratamientos de Aguas Residuales [7].



2.5 El Tratamiento del Agua Servida en Chile

2.5.1 Desarrollo de Plantas de Tratamiento en Chile [4]

La recolección de aguas servidas comienza en Chile al proveerse agua de manantiales en Santiago, después de su fundación en 1541. Con posteriores mejoramientos significativos a estos sistemas de abastecimientos y recolección en los años 1578, 1763 y 1894 donde se pone en servicio la primera etapa de alcantarillado de Santiago.

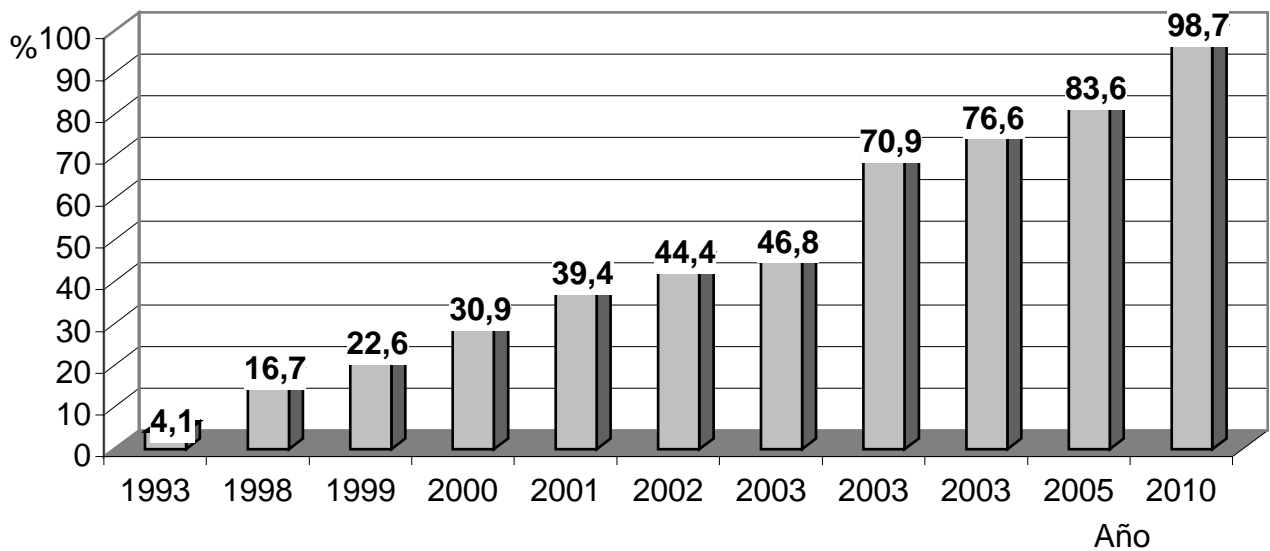
Administrativamente el sistema comenzó a evolucionar en 1931 con la creación de la Dirección General de Agua Potable y Alcantarillado, la que en 1953 pasó a ser la Dirección de Obras Sanitarias, la que tenía como tareas principales el manejo de los proyectos, reparaciones y conservación de los servicios de agua potable, alcantarillado y desagües. Por último, se crea la actual Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) en 1989, donde se crea como un ente público descentralizado con objetivos de regulación y control.

El control sobre las descargas de aguas residuales y su tratamiento tienen un auge impulsado por las normativas ambientales creadas y por la regulación que imparte esta institución. Entre las normativas más importantes, en esta área, se encuentran la ley de Bases del Medio Ambiente, Ley N° 19300 en 1994, el D.S. MOP N° 609, que regula las Descargas al Sistema de Alcantarillado y el D.S. SEGEPRES N° 90 que regula todo tipo de Descargas a Aguas Marinas y Continentales. En el Anexo 3 se hace mención de la legislación nacional relativa al uso y calidad del recurso hídrico.

Actualmente en Chile se descargan diariamente alrededor de 2,5 millones de metros cúbicos de aguas servidas. Hasta el año 1998 solo se trataban cerca de 400 mil metros cúbicos, lo que corresponde a un 16,7% de las aguas servidas generadas en todo el territorio. En el año 1999 el gobierno inicio el Plan de Saneamiento Hídrico, donde se incentiva a las empresas sanitarias a tratar las aguas residuales domiciliarias antes de su descarga al medio ambiente. Como principal meta de este nuevo plan se destaca que al año 2005 sean saneadas unos

2 millones de metros cúbicos (alrededor del 81,8 %) y para el año 2010 una cifra total, la que representaría el 98,4 % de las aguas servidas generadas. Es importante mencionar que, según datos de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, a diciembre de 2003 se llegaron a tratar un 76,6 % del total de las aguas servidas generadas en Chile [8].

Figura 2. Gráfico del avance real y proyectado hasta el 2010 respecto a la cantidad de aguas servidas tratadas por las empresas sanitarias en todo Chile [9].



Como se observa en la Figura 2, el tratamiento de aguas servidas aumentó desde 1998; por lo tanto es de suponer que el avance en este tema se debe a un mejoramiento de los sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas en nuestro país.

A lo largo del país, existen 183 sistemas de tratamiento autorizadas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios [4], dentro de los cuales se encuentran: 86 plantas de tratamiento en base a Lodos Activados, 43 Lagunas Aireadas, 22 Emisarios Submarinos, 20 Lagunas de Estabilización, 4 Fosas Sépticas, 4 Zanjias de Oxidación, 2 Tratamientos Físico – Químicos, 1 Tratamiento Primario y por

último 1 Biofiltro. La elección de los distintos sistemas de tratamiento para el agua servida, se encuentran en función de análisis de costos, la población servida, variabilidad del caudal a tratar, características del agua a tratar, limitaciones climáticas, eficacia del sistema, necesidad de personal, consideraciones ambientales, fiabilidad, compatibilidad de operaciones y disponibilidad de espacio, entre otras.

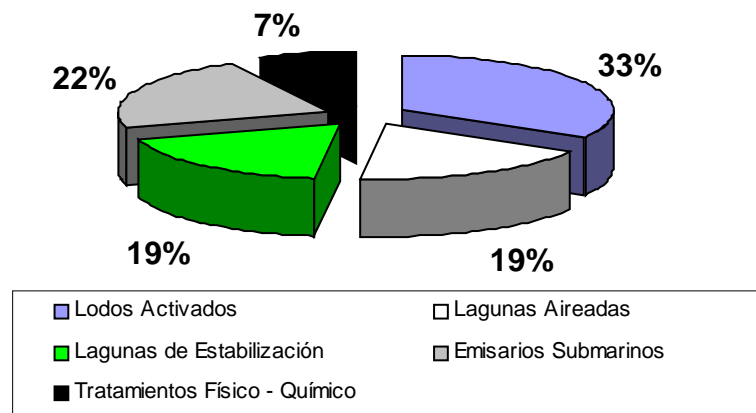
2.5.2 Tratamiento de Aguas Servidas en la V Región:

En la V Región se localizan la mayor cantidad de sistemas de tratamiento administrados por empresas sanitarias, los que suman 27, correspondiente a un 14,75 % del total nacional.

Del total, 25 de ellos, pertenecen a la Empresa Sanitaria ESVAL.

La siguiente figura muestra las distintas modalidades en estos sistemas de tratamiento.

Figura 3. Gráfico de los sistemas de tratamientos existentes en la zona.



Las diferentes modalidades están distribuidas en las Comunas de Cabildo, Casablanca, Catemu, Llay – Llay, Nogales, Putaendo, Santo Domingo, Algarrobo, Cartagena, Gran Valparaíso, Petorca, Puchuncaví, San Estebán, Papudo, Placilla,

Concón Poniente, Concón Oriente, La Ligua, Los Andes, Cachagua, El Tabo (Isla Negra), La Laguna, Quillota, San Felipe, Zapallar, Santo Domingo (Santa María) y Santo Domingo (Las Hortensias).

Debido al gran número de usuarios conectados a la red de alcantarillado de ESVAL, ésta espera construir 5 plantas de tratamiento, modalidad Lodos Activados, y 2 emisarios submarinos.

Tabla 3. Futuros Sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas [4].

TIPO TRATAMIENTO	COMUNA
Emisario submarino	Quintero
Emisario submarino	San Antonio - Lloleco - Lo Gallardo - San Juan
Lodos activados	Chincolco
Lodos activados	San Pedro
Lodos activados	Quinquimo - Pullalli - Placilla - La Cimba
Lodos activados	Calle Larga – Rinconada
Lodos activados	Curimon - San Rafael

Se debe recordar que la cuantificación de los sistemas de tratamiento aquí mencionados consiste en el registro que tiene la SISS; es decir todas aquellas plantas de tratamiento que dependan de una empresa sanitaria. A nivel nacional no todos los sistemas de tratamiento se encuentran adheridos a una empresa sanitaria; por lo tanto es de esperar que el número de los sistemas de tratamiento aumente.

2.6 Olmué y su Planta de Tratamiento

2.6.1 Antecedentes de la Comuna de Olmué [10]

2.6.1.1 Características Generales

La ciudad de Olmué (33° 01" Lat./ 71° 15" Long.) se encuentra situada al noroeste de la comuna del mismo nombre, a una altura promedio de 94 m. s. n. m., y a unos 8 kilómetros de la ciudad de Limache.

Se emplaza físicamente sobre el valle del estero de Limache, afluente del río Aconcagua. Sus límites comunales son:

NORTE Comunas de Hijuelas y Quillota.

SUR Comuna de Quilpué.

ESTE Comuna de Til Til (Región Metropolitana)

OESTE Comuna de Limache.

Con una superficie de 231,8 Km², el territorio de la Comuna de Olmué se extiende por un sector montañoso correspondiente a una seccional de la Cordillera de la Costa cuyas mayores alturas al interior de Olmué son los cerros La Campana, La Dormida y El Imán. El territorio Comunal se presenta escarpado y con profundas pendientes y depresiones, sin embargo existen áreas susceptibles de explotación agrícola – ganadera.

La ciudad se ha venido conformando a partir de la agregación de las aldeas de Olmué, Granizo, Lo Gamboa, Narvárez o Lo Narvárez (a las cuales habría que agregar a las de Alvarado o De la Quebrada Alvarado y La Dormida).

La Comuna de Olmué depende jurisdiccionalmente de la V^a Región y de la Provincia de Quillota, y se ubica aproximadamente a 50 km en dirección NE de la ciudad de Valparaíso.

2.6.1.2 Principales Actividades Económicas

La economía local se basa tradicionalmente en la agricultura, que se complementa con una actividad de tipo terciaria como es el turismo que se manifiesta en forma creciente. El Comercio que aparece con gran relevancia en cuanto a unidades empresariales es un complemento de las anteriores.

El turismo, tiene como efecto una importante población flotante que, a su vez constituye una demanda para el sector Comercio y en especial en el sector Gastronómico.

2.6.1.3 Población

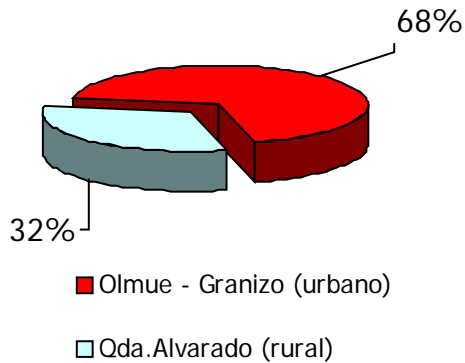
Esta comuna se caracteriza por concentrar dos tipos de población en su territorio: uno que reside en forma permanente y otro que, si bien posee vivienda en la comuna, la utiliza esporádicamente como lugar de descanso y vacaciones.

En la zona urbana corresponde al 68% de la población (9.955 hab. según Censo 2002). Ésta se concentra en la zona Olmué – Granizo, ver Figura 4. Su principal actividad corresponde a vivienda y servicios especialmente relacionados con el turismo.

A pesar de concentrar la mayor parte de la población, la zona urbana de la comuna posee una baja densidad poblacional (9,43 hab/há). Esto mantiene el carácter de “Pueblo Campesino” que la caracteriza y que se ha convertido en un valor de esta comuna.

En la zona rural vive el 32% de la población (4.619 hab. según censo 2002). Su principal actividad corresponde a la agricultura, con servicios básicos de salud, educación y de turismo (hoteles y restaurantes).

Figura 4. Gráfico de la distribución de la población urbana y rural.



Evolución

El progresivo aumento de la población se ha registrado según los censos de los años 1982, 1992 y 2002 con 11.361, 12.603 y 14.105 habitantes respectivamente.

Con respecto a las perspectivas de población para el año 2005, el Instituto Nacional de Estadística ha proyectado un crecimiento anual de 1,16%, llegando el total de población esperado para Olmué, en el año 2005 de 14.231 habitantes, considerando las zonas urbanas y rurales.

Tabla 4.- Proyección de la Población Comunal 1999 – 2005

AÑO	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
COMUNA	13.632	13.738	13.840	13.942	14.037	14.138	14.231

2.6.1.4 Situación Habitacional

Uno de los aspectos fundamentales que dan cuenta del desarrollo socioeconómico de una comuna es su situación habitacional, es por esto, que en relación al déficit habitacional se detalla lo siguiente:

Cantidad total de viviendas:	5.556 (urbana y rural)
Cantidad de viviendas ocupadas:	4.078 (urbana y rural)
Cantidad de hogares:	4.191 (urbano y rural)

Un primer análisis permite concluir que 1.478 viviendas no ocupadas corresponden a una segunda vivienda o de veraneo lo que equivale al 27% del total. Este porcentaje puede ser mayor si relacionamos la cantidad de habitantes con la cantidad total de viviendas. En este caso si se considera la ocupación media de 4 habitantes por vivienda; resulta que un 37% de ellas corresponderá a una segunda vivienda o de veraneo. A partir de la siguiente ecuación:

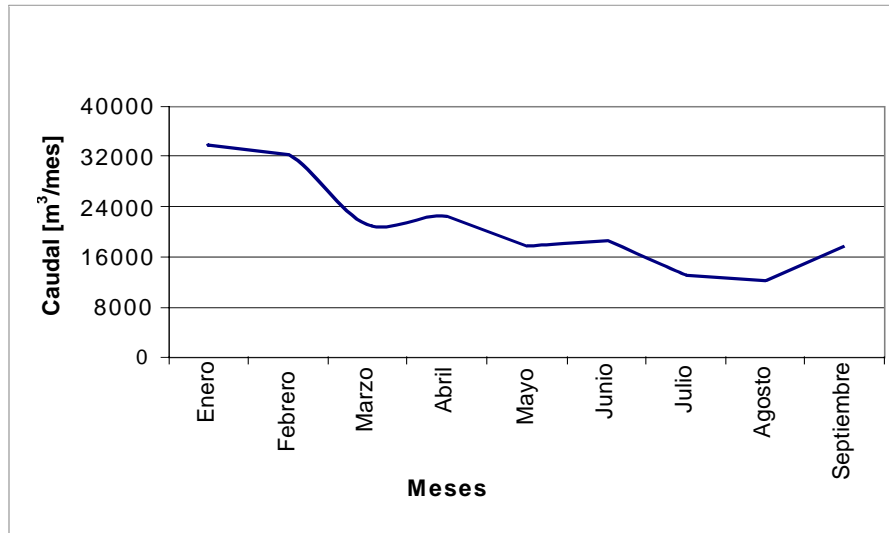
5.556 viviendas x 4 habitantes (promedio)=	22.224	habitantes teóricos
	<u>-14.105</u>	habitantes
	8.119	habitantes flotantes

Estos 8.119 habitantes flotantes equivalen a 2.030 viviendas de veraneo, es decir, un 37% del total.

Lo anterior reafirma el carácter turístico de la comuna y la ocupación estacional de un flujo turístico en demanda de servicios y equipamiento.

Uno de estos servicios comprende el consumo de agua potable por parte de esta población flotante, lo cual refleja un aumento significativo de éste, sobre todo en la época estival, la que trae consigo un aumento en las descargas al alcantarillado.

Figura 5. Gráfico de la correlación de los consumos de agua potable entre los meses de Enero a Septiembre del año 1996 [11].



En las condiciones de habitabilidad de las viviendas las dotaciones de servicio son las siguientes:

Cobertura de agua: 87% de las cuales 69% cuentan con dotación de red pública.

Cobertura de alcantarillado: 73% de las viviendas ocupadas, del cual un 40% tiene unión domiciliaria y un 60% sistema de alcantarillado particular.

Existe además un 24% con pozo negro del cual 59% corresponde al área urbana y un 41% al rural. Las viviendas con mayor riesgo sanitario son las del área urbana (593 viviendas).

2.6.2 Tratamiento de Aguas Servidas en Olmué [12].

Olmué, desde el año 1981, cuenta con una red de alcantarillado y un sistema de tratamiento de aguas servidas que inicialmente fue en base a tratamiento primario de fosa séptica y secundario en base a drenes. Este sistema se regulariza el año 1992 bajo Resolución N° 4322 del Servicio de Salud Viña del Mar – Quillota.

Actualmente la comuna cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, ubicada en el paradero 17 del sector las Cruces en Callejón San Luis S/N.

El sistema de Tratamiento de Aguas Servidas de Olmué se realiza mediante la modalidad de Lodos Activados. Este sistema fue aprobado por el Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota, mediante Resolución N° 2478, del 17 de Agosto de 1994, en el marco del proyecto denominado “Proyecto de Reposición de Tratamiento de Aguas Servidas, Comuna de Olmué” (Anexo 4). El diseño aprobado por este Servicio cuenta con las siguientes unidades:

- Un colector.
- Una Cámara de válvulas para el colector.
- Una Cámara de Rejas.
- Una Planta Elevadora.
- Un Estanque Regulador de Flujo.
- Una Cámara Divisora de Flujo de tres vías.
- Dos Cámaras Divisoras de Flujos de dos vías.
- Dos Plantas de Tratamiento Modelo EC 756, Serie 3000 – II de ECOSYSTEM.
- Dos Estanques de Cloración y Decloración.
- Una Red de Descarga de Aguas Tratadas.
- Una Caseta de Comando con una Unidad de Respaldo Eléctrico (Grupo Electrónico).
- Una Caseta insonorizada para los equipos sopladores.
- Una red de descarga de lodos.
- Una caseta para el cuidador.

El Sistema de Tratamiento comenzó a construirse en el año 1995 por la Empresa Constructora VELCA LTDA. con fondos provenientes del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), entrando en funcionamiento a fines del año 1996, bajo autorización del Servicio de Salud Viña del Mar – Quillota, según Resolución N° 3448 del 6 de Septiembre de 1996. Ver Anexo 5.

2.6.2.1 Descripción de las principales unidades construídas

Colector de Aguas Servidas:

El colector es del tipo PVC clase 4 de diámetro 350 mm y su función es conducir las aguas servidas domiciliarias de la Comuna de Olmué hacia la cámara de rejillas.

Cuenta con una red de rebalse para emergencia tales como aumento de caudal debido a afluencias de aguas lluvias.

- Pretratamiento

Cámara de Rejas:

Corresponde a la primera operación unitaria. Esta unidad fue diseñada para retener los sólidos gruesos existentes en el agua residual tales como piedras, palos, plásticos, etc. Es una cámara de hormigón armado de 370 x 170 cm. que cuenta con dos vías, cada una interrumpida por barrotes de 0,25 x 0,10 cm separadas a 2,5 cm. de distancia entre ellos. Cuenta además con una plataforma de estruje de basuras, una escala de acceso, receptáculo de desechos y una estructura para extraer el receptáculo mediante una polea. La Figura 6 muestra el sistema de desbaste

Figura 6. Fotografía en vista superior del sistema de Desbaste.



Pozo Desarenador

Una vez eliminados los sólidos de mayor tamaño en la cámara anterior pasan a este pozo cilíndrico de hormigón armado de 1,20 m de diámetro, 5 m de profundidad y con un volumen aproximado de 5,7 m³. El propósito es hacer sedimentar los sólidos en suspensión, como arenas, gravas u otras partículas de mayor velocidad de sedimentación, las que sedimentan al fondo del pozo por efecto de la gravedad de donde son retiradas posteriormente en los periodos de limpieza de la Planta. Esta etapa del tratamiento no estaba considerada en el diseño original del proyecto, sino que fue instalado posteriormente y por ende no está incluido en la aprobación del Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota.

Figura 7. Fotografía en vista superior del Desarenador.



Cámara Elevadora:

Consiste en un pozo cilíndrico de hormigón armado donde llegan las aguas servidas provenientes del pozo desarenador y dos motobombas sumergidas marca FLYGT modelo CP 3102 180 l., curva 410 de 35 l/seg con una potencia de 3,1 kW, ubicadas a una profundidad de 6 m. Ambas bombas son controladas mediante un tablero de comando eléctrico ubicado en el interior de la caseta de control de la Planta de Tratamiento y son accionadas en forma automática por sensores de nivel marca FLYGT modelo ENM-10.

Estanque Regulador de Flujo:

La función de este estanque es regular el flujo de aguas servidas que ingresa a la planta de tratamiento frente a los peak de caudal que trae el colector de alcantarillado. De esta forma, un caudal excedente es devuelto por el regulador a la cámara elevadora, así a las plantas de tratamiento ingresa un caudal amortiguado.

Cámara Difusora de flujos de 3 vías:

Esta cámara reparte las aguas servidas que proceden del estanque regulador de flujos hacia las cámaras divisoras de dos vías, que a su vez entregan las aguas servidas a cada planta de tratamiento.

Esta cámara cuenta con 3 vertederos, es decir, uno por cada Planta diseñada (dos operativos). Desde esta cámara se distribuye el flujo hacia las cámaras divisoras de dos vías. La siguiente figura muestra el flujo proveniente del estanque regulador y dos de los 3 vertederos.

Figura 8. Fotografía de la Cámara Divisora de 3 vías.



Cámara Divisora de flujo de 2 vías:

Reparte las aguas servidas que proceden de la cámara divisora de 3 vías. Cada cámara cuenta con dos vertederos, ya que cada planta se divide a su vez en dos líneas independientes para el proceso de tratamiento.

- Tratamiento Secundario

Plantas de Tratamiento Modelo EC 756, Serie 3000-II de ECOSYSTEM:

El sistema cuenta con dos Plantas de Tratamiento Modelo EC 756, Serie 3000-II de ECOSYSTEM, denominadas Planta N° 1 y Planta N° 2. Ambas funcionan en paralelo y en forma independiente, asignándoles el 50 % del caudal a tratar a cada una, formando una sola infraestructura monolítica de hormigón armado.

Cada Planta de Tratamiento a su vez se divide en dos líneas paralelas independientes, las que están conformadas por estanques de aireación y contacto,

estanques sedimentadores y estanques digestores de lodos (cada línea posee un estanque digestor, cinco de aireación y dos de sedimentación).

El suministro de aire para la aireación de cada estanque se obtiene a través de Sopladores de desplazamiento de rotación positiva ROOTS56-U-RAI marca DRESSER, impulsados por motores de 15 HP trifásicos. Cada Planta está diseñada con dos unidades motor soplador, los cuales junto al tablero se encuentran dentro de la caseta insonorizada ubicada al costado Oriente de la Planta N° 1. Ver Figura 9.

Figura 9. Fotografía en vista lateral de un soplador.



La distribución de aire hacia las Plantas (N° 1 y N° 2) se realiza mediante redes formadas por cañerías de acero galvanizado y PVC. El control de aporte o corte de aire a cada compartimiento de las plantas se controla manualmente mediante válvulas de bola. La impulsión de aire consiste básicamente en un sistema de tuberías que llevan el aire desde los sopladores hasta las barras difusoras ubicadas en el fondo de las cámaras de aireación y digestora, de esta manera se introduce aire a las aguas en tratamiento. La red de aire cuenta con 90 difusores de aire, en línea, por cada planta. Cada difusor es de plástico y libera aire en burbuja gruesa.

Figura 10. Fotografía de los Difusores utilizados en la PTAS.



Las condiciones aeróbicas en la PTAS, permiten el crecimiento y desarrollo adecuado de las bacterias formadoras de limo (*Zooglea ramígera*), protozoarios y ocasionalmente, bacterias y hongos filamentosos; todos los necesarios para la biodegradación de las aguas servidas

Desde la cámara de aireación las aguas pasan a la cámara de sedimentación, donde el líquido se mantiene en reposo. La cámara de sedimentación, en el fondo, tiene sus paredes inclinadas en ángulo de 60 grados con respecto a la horizontal, las cuales forman una tolva, de manera que el fondo de la cámara es un cuadrado de 30 cm por lado. De esta manera las partículas en suspensión sedimentan y son devueltas nuevamente a la cámara de aireación mediante el sistema de retorno de lodos, para completar su tratamiento.

El retorno de lodos funciona inyectando aire a la cañería que llega al fondo de la cámara de sedimentación, extrayendo los lodos por vacío hacia las cámaras de aireación.

En esta cámara también existe un desnatador de superficie, el que es utilizado para remover cualquier partícula o material flotante de la superficie. Después que el material es removido se devuelve a la cámara de aireación para su tratamiento. El desnatador se compone básicamente de una tubería de ingreso con una conexión a la línea de inyección de aire para bombear los líquidos. También se

cuenta con un deflector de basura que retiene sólidos no tratables y una canal de vertedero, por donde es despachado el efluente.

Figura 11. Fotografía en perspectiva de la planta.



La planta cuenta con cuatro estanques Digestores de lodos (aireado), los que permiten acumular el lodo en exceso que se forma en los reactores biológicos y que se necesita retirar del proceso. Estos estanques son un lugar de acopio para los lodos excedentes que luego serán purgados del proceso. Cada línea de retorno de lodos que vienen desde cada estanque de sedimentación poseen dos salidas, una hacia las cámaras de aireación y otra hacia el estanque digestor, la salida al estanque digestor solo se abre para la remoción de lodos.

Una vez que los lodos están en las cámaras de digestión se estabilizan al consumirse el sustrato disponible en forma total por vía aeróbica, hasta que las

células lisan y mueren, quedando un lodo estabilizado biológicamente en un periodo aproximado de 45 días [12].

A medida que cada cámara de digestión se llena con lodo de purga, se hace una limpieza de la cámara despachando los lodos a la zanja de acopio.

Zanja de lodos:

Esta zanja de 1 m de ancho, 40 m de largo y 3 m de profundidad tiene como finalidad almacenar los lodos digeridos para su posterior deshidratación. Esta zanja carece de revestimiento.

- Desinfección

Estanques de Cloración y Decloración:

Cada planta posee una cámara de cloración y de decloración. Estas cámaras contienen cloradores y decloradores modelo 110 para pastillas de contacto (4 cloradores y 4 decloradores por planta).

Figura 12. Fotografía de los Cloradores de la cámara de cloración.



Caseta de Control y Unidad de Respaldo Electrónico:

El recinto de la Planta de tratamiento fue dotado de una caseta de control, para un sistema de corriente trifásica de 100 A, en ella se ubica el tablero eléctrico general, el tablero de comando de las motobombas de la planta elevadora y el Grupo Electrónico de respaldo de energía eléctrica, con el fin de mantener la continuidad del Sistema de tratamiento ante fallas eléctricas del suministro de la compañía eléctrica local. El grupo electrónico es marca PERKINS/MECC-ALTE, modelo PM-70 con una capacidad de 200 lts para combustible diesel.

De acuerdo a los parámetros de diseño de ECOSYSTEM, el Modelo ECOJET EC 756 Serie 3000 cumplirá en su efluente secundario, con las siguientes características:

DBO ₅	: 40 mg/l
Sólidos Suspendidos	: 40 mg/l a 105° C
Coliformes NMP	: < 1.000/100 ml
Oxígeno Disuelto	: > 1,0 mg/l

A la fecha se encuentran contruidos dos módulos de acuerdo a lo programado en relación a la cantidad de 1.245 Unidades Domiciliarias (desde ahora UD) conectadas al alcantarillado del sector urbano, lo cual significa un caudal medio de 9,2 l/s y un caudal punta de 30 l/s. Ver Anexo 6.

Cada planta tiene un volumen de 756 m³, y es capaz de servir a una población aproximada de 5.000 habitantes, lo que en promedio pudiese significar una atención de 1.000 U.D.

El proyecto de Reposición del Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas fue diseñado con tres módulos, dejándose el tercero proyectado para el año 10 o cuando la demanda lo requiera. La Comuna de Olmué ha desarrollado varios proyectos de alcantarillado, los cuales suman un total de 751 UD, lo cual requiere de la actualización del tercer módulo. Así la construcción del tercer módulo beneficia a un total de 12.603 habitantes.

Según el Proyecto: Construcción Tercer Módulo Planta de Tratamiento Comuna de Olmué, las características de las aguas servidas domésticas crudas ingresando a la planta no superan los siguientes parámetros:

DBO₅ : 200 mg/l

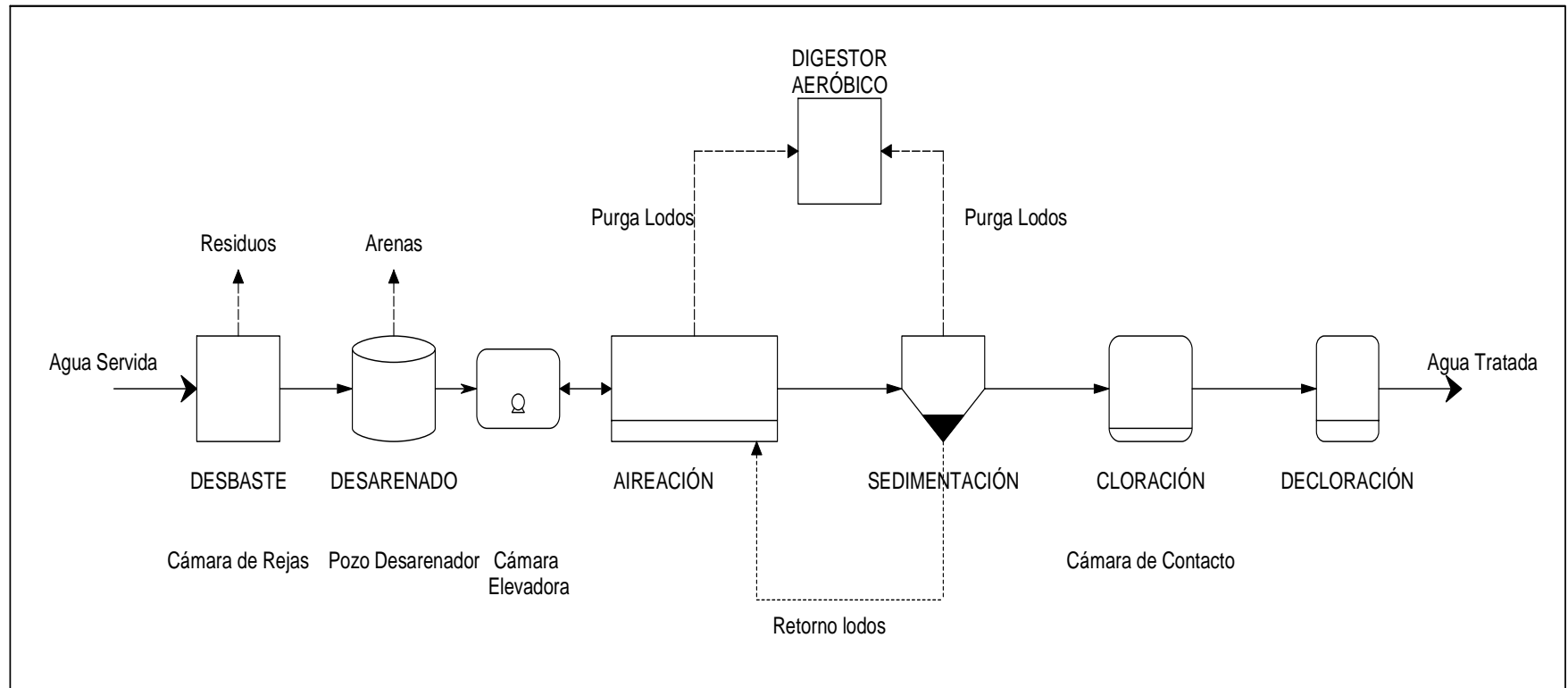
Sólidos Suspendidos : 200 mg/l

Aceites y grasas : 40 mg/l

Estos valores corresponden a valores promedios mensuales.

La siguiente figura presenta la secuencia de los diferentes procesos que se realizan en la PTAS de Olmué.

Figura 13. Esquema de los Procesos Unitarios de la PTAS de Olmué.



3 PROBLEMA

El desarrollo de cualquier comunidad en la sociedad actual, suele traer consigo diversos impactos negativos sobre los recursos naturales. Estos impactos se relacionan tanto con las actividades intrínsecas de una comunidad como con los desechos que estas actividades generan, como por ejemplo, las aguas servidas. Aunque actualmente se han desarrollado variadas tecnologías y métodos de tratamiento para las aguas servidas, la falta de apoyo técnico en la operación y mantenimiento de estos sistemas puede afectar negativamente en los resultados de depuración del agua tratada.

Este es el caso de la Comuna de Olmué, donde la falta de apoyo técnico en la operación, mantenimiento y actualización de la Planta ha provocado un detrimento en el nivel de tratamiento.

Lo anterior se ve acentuado por el progresivo aumento de su población en los últimos años, a lo cuál se debe agregar el incremento de la población flotante, La población afecta al sistema de tratamiento, debido a los malos hábitos en el uso y descarga al alcantarillado público, lo cual influye sobre las características físicas, químicas y biológicas del agua servida.

Los aspectos mencionados anteriormente, provocan cambios en la cantidad y calidad del agua servida, afectando directamente el funcionamiento y el proceso de depuración de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Olmué, y por ende, la calidad del efluente de ésta. Sin embargo con un mayor control en la operación y mantenimiento de la planta, y una actualización del diseño original, se puede obtener un tratamiento adecuado y de acuerdo a la legislación nacional vigente.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Proponer un sistema de mejoramiento integral a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Olmué considerando las demandas actuales y futuras de la Comuna.

4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la eficiencia del tratamiento mediante el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.
- Identificar las operaciones unitarias que provocan el no cumplimiento de la norma (puntos críticos), a través de la evaluación de los parámetros que ésta señala.
- Proponer soluciones a los puntos críticos identificados mediante el estudio de bases técnicas adecuadas.
- Determinar los costos de cada propuesta y a la vez los beneficios del proyecto.

5 METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se ha diseñado la siguiente metodología de trabajo, la que se divide en cuatro partes, las cuales son: recopilación de la Información, evaluación Planta de Tratamiento, elección de propuestas y análisis de costos.

5.1 Recopilación de la Información

Consistió en la revisión de material relacionado con el diseño de la Planta y a su vez de referencias bibliográficas, que permitieron profundizar en cada etapa del tratamiento.

Este ítem también consideró la apreciación, por parte de los operarios de la Planta, lo cual permitió identificar el estado de ésta como a su vez las modificaciones realizadas al proyecto original, para esto los proponentes diseñaron y utilizaron el Cuestionario Metodológico, Anexo 7. También se recopiló antecedentes de la planta mediante las unidades administrativas de la I. Municipalidad de Olmué y de las observaciones en terreno de los proponentes.

5.2 Evaluación de la PTAS

Esta evaluación se dividió a su vez en tres aspectos diferentes: de acuerdo al cumplimiento de la normativa ambiental vigente, de acuerdo a bibliografía y considerando las operaciones unitarias del tratamiento.

5.2.1 Evaluación PTAS de acuerdo a la normativa ambiental vigente:

Con el fin de llegar a conocer la eficiencia de la planta en términos de tratamiento y la posible utilización del agua tratada y del lodo, se evaluó la PTAS de acuerdo a:

- Decreto Supremo 90. Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a la descarga de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2000.

- Norma Chilena Oficial, NCh1.333, del Instituto Nacional de Normalización, modificada en 1987.
- Exenta N° 563. Anteproyecto de Reglamento para el manejo de lodos no peligrosos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales. 12 de Junio de 2000.

Para la evaluación de la Normativa, se diseñaron dos Planes de Monitoreos, uno para agua y otro para lodos considerando la metodología especificada en el DS 90/00 y la Exenta 563. A continuación se presentan los Planes de Monitoreo:

5.2.1.1 Plan de Monitoreo para la PTAS.

Monitoreo 1 y 2

– Tipo de Muestra: Muestra Compuesta.

Cálculo de muestra compuesta:

Para el cálculo de la muestra compuesta se utilizó una relación entre el caudal medido en el momento (Q_0) y el caudal teórico (Q_t).

Cálculo de Q_0 en m^3 por segundo.

Para el cálculo de Q_0 se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_0 = v * A \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde

v = es la velocidad del flujo, en m/s. Ésta se obtuvo midiendo la velocidad del agua mediante un velocímetro de tipo torpedo.

A = corresponde al área que utiliza el agua, en m^2 .

Cálculo Q_t en m^3 por segundo.

El caudal teórico se puede estimar a través de la siguiente expresión:

$$Q_t = N^{\circ} \text{ hab} * \text{coef. recup.} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde

$N^{\circ} \text{ hab}$ = corresponde al número de habitantes, para ello se considera que existen 1.245 unidades domiciliarias, cada una con 4 habitantes [10], 4.980 habitantes.

dot = corresponde a la dotación suministrada, según Decreto Supremo N° 90, la dotación de agua potable es de 200 l/hab*día.

coef recup. = coeficiente de recuperación, el cuál según Decreto Supremo N° 90 es de 0,8.

Para estas condiciones se tiene que

$$Q_t = (1245*4) \text{ Hab.} * 200 \text{ L/Habdia} * 0.8 = 796800 \text{ L /dia} = 0.0092 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\text{Cálculo MC} = \left(\frac{Q_o}{Q_t} * 100 \right) * V_m \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde

Q_o = caudal medido en el momento, m^3/s .

Q_t = caudal teórico a partir de la ecuación 2, m^3/s .

V_m = volumen de muestra total que se necesita en la estación.

– Periodos de Muestreo.

Con el fin de evaluar el tratamiento de la planta se han considerado dos condiciones diferentes. La primera condición será estándar, es decir en condiciones normales de calidad y cantidad del afluente, preferentemente en día de semana, asumiendo que se mantiene el número de habitantes censados en la comuna, Monitoreo 1.

La segunda condición se caracterizará por el aumento de la cantidad y por el detrimento de la calidad del afluente, debido al aumento de la población flotante, Monitoreo 2.

Ambas tomas de muestras se llevarán a cabo a la misma hora del día (preferentemente en la mañana), con una réplica por muestra, durante un período de cuatro horas.

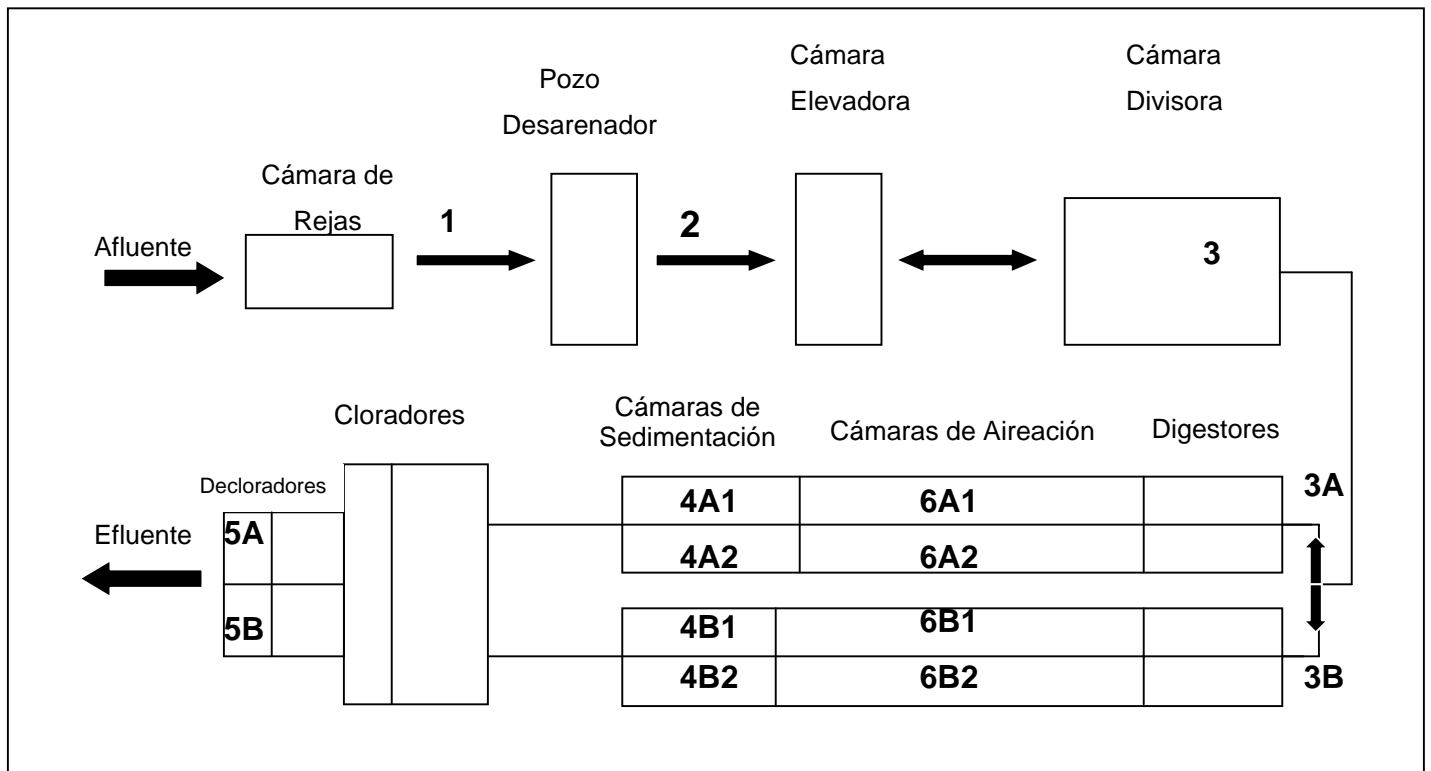
Es así como el primer muestreo se realiza el día 9 de Septiembre, Monitoreo 1, y el segundo monitoreo el día 20 de Septiembre, Monitoreo 2, donde

se espera una afluencia de público anormal debido a la celebración del 18 de Septiembre. Esto trae como consecuencia un aumento del caudal y de las cargas orgánicas del agua servida en comparación con un día normal como el Monitoreo 1.

– Puntos de Muestreo y Parámetros a Medir.

En la siguiente Figura se presentan los diferentes puntos para la toma de muestras de ambos monitoreos:

Figura 14. Esquema de las estaciones de muestreo en la PTAS



A cada punto de muestreo se le antepone la letra E de estación. A continuación se detalla cada parámetro a medir, con su respectivo punto de muestreo:

Tabla 5. Punto de muestreo y su respectivo parámetro a medir.

PUNTO MUESTREO	PARAMETRO*
E1	A y G, SST
E2	Cl
E3	DBO ₅ , SST
E4	DBO ₅ , N&P, SST
E5	A y G, Cl, DBO ₅ , N&P, pH, SST, T ^o
E6	A y G, DBO ₅ , N&P, pH, SST, T ^o , OD

* Nomenclatura: A y G, aceites y grasas; Cl, cloruros; SST, sólidos suspendidos totales; N&P, nitrógeno y fósforo; T^o, temperatura; y OD, oxígeno disuelto.

Monitoreo 3

El Monitoreo 3 se realizó, el 22 de Diciembre de 2004. En general presenta las mismas características de diseño de los monitoreos anteriores, sólo varían las estaciones de muestreo y los parámetros a medir. La Tabla 6 presenta las estaciones de muestreo con su parámetro a medir.

Tabla 6. Punto de muestreo y su respectivo parámetro a medir.

PUNTO DE MUESTREO	PARÁMETRO*
E3	DBO ₅ , pH, CF
Reactor Biológico 1 y 5	SST, SSV
Línea Caudal de retorno	SST, SSV
E5	pH, CF

* Nomenclatura: SST, sólidos suspendidos totales; SSV, sólidos suspendidos volátiles; CF, coliformes fecales.

5.2.1.2 Plan de Monitoreo del Lodo

Considerando que la normativa no especifica el método de muestreo y que la única variante de interés a analizar para su disposición en suelos, por términos de acumulación, corresponde a metales pesados, se eligió un digestor al azar ya que la concentración de éstos será la misma en cualquier estanque.

De acuerdo al anteproyecto [13], Art. 13, se analizan los siguientes metales pesados: Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio, Zinc.

Para evaluar algún tipo de disposición o de utilización se determina el porcentaje de humedad presente en el lodo. Este porcentaje, consiste en un promedio de tres réplicas de dicha muestra.

5.2.1.3 Plan de Monitoreo del Estero

También para determinar el posible impacto de la descarga sobre el cuerpo receptor, se realizó un muestreo del estero que recibe las aguas tratadas por la PTAS. Las muestras se tomaron aguas arriba y aguas abajo de la descarga, con una distancia aproximada de 200 mt. Ambos lugares se seleccionaron a partir de una inspección del terreno. Para el lugar aguas abajo se considera la formación de pozas en el transcurso del estero.

Para diseñar el Plan de Monitoreo se consideran las siguientes normas:

- Norma Chilena Oficial NCh 411/1: Guía para el diseño de programas de muestreo.
- Norma Chilena Oficial NCh 411/2: Guía sobre técnicas de muestreo.
- Norma Chilena Oficial NCh 411/3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
- Norma Chile Oficial NCh 411/6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua.

- Tipo de Muestra: Muestra Puntual.
- Puntos de Muestreo y Parámetros a Medir:

Los parámetros a muestrear con su respectivo punto de muestreo se citan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Punto de muestreo y su respectivo parámetro.

PUNTO DE MUESTREO	PARÁMETRO*
Aguas Arriba	DBO ₅ , N, P
Aguas Abajo	DBO ₅ , N, P

* Nomenclatura N nitrógeno y P fósforo.

La siguiente Tabla muestra, la ubicación para los puntos de muestreo, registrados con un GPS.

Tabla 8. Punto de muestreo con su respectiva ubicación geográfica

PUNTO	ALTURA S.N.M.	COORDENADAS DE POSICIÓN	
Descarga	124 mt	S 33°00`18,8"	W 71°12`12,1"
Aguas arriba	124 mt	S 33°00`19,4"	W 71°12`13,8"
Aguas Abajo	124 mt	S 33°00`17,1"	W71°12`18,7"

Distancia entre puntos:

Distancia entre Descarga y Aguas Abajo: 0,2 km

Distancia entre Aguas Arriba y Aguas Abajo: 0,2 km

Distancia entre Descarga y Aguas Arriba: 0,1 km.

5.2.2 Evaluación de la PTAS de acuerdo a la bibliografía:

A partir de los resultados obtenidos del Monitoreo 3, se procedió a calcular los principales parámetros con el fin de compararlos con los de diseño y a su vez determinar la variante del proceso de lodos activados según la revisión bibliográfica. Los parámetros que se consideraron fueron: porcentaje de remoción, relación alimento/ microorganismos y tiempo de retención hidráulica.

5.2.3 Evaluación de la PTAS considerando las operaciones unitarias del tratamiento:

A partir del cuestionario metodológico, de las observaciones realizadas en terreno y de los resultados obtenidos de los monitoreos, se determinaron los puntos críticos del tratamiento. Para determinar cual es su efecto en el resultado final se desarrollo una matriz causa-efecto [14], evaluando la operación unitaria de acuerdo al número de causas y la importancia de esta. Esta matriz se basa en una adaptación de la matriz de Leopold. De acuerdo a esto, la puntuación para cada operación unitaria consiste en el número de causas, el cual se expone en el numerador, y de la importancia con respecto al efecto en el resultado final, la cual se anota en el denominador. La escala para determinar el grado de importancia va entre 1 a 3 y se clasifica de la siguiente forma:

Valor de la Importancia	Grado de Importancia
1	Baja importancia
2	Media Importancia
3	Alta Importancia

Para determinar aquellas operaciones unitarias que afectan mayormente el tratamiento de la planta y por ende necesitan de una actualización, el número de causas y el valor de la importancia se multiplica. Así la mayor puntuación obtenida corresponde a la operación unitaria que se considera como punto crítico en el tratamiento.

5.3 Elección de propuestas

Al conocer los puntos críticos que tienen mayor incidencia sobre el proceso de tratamiento y sobre la calidad final del efluente, se determinaron las propuestas necesarias para corregir estos problemas, buscando las vías más efectivas y de costos bajos.

5.4 Análisis de costos

El análisis de costos de la realización del proyecto se basó en las cotizaciones de las soluciones propuestas, lo que incluyó determinar los costos de inversión y los gastos de operación para la ejecución de este proyecto.

Por ser la I. Municipalidad de Olmué una entidad pública, se encuentra exenta de pagos tributarios, sin embargo, por otro lado no se recibe una retribución tarifaria por parte de los usuarios del alcantarillado, por lo que dentro de este análisis, solo se consideran los gastos de operación y mantención.

Por último, se hizo un breve análisis de los aspectos que traerían beneficios al llevar a cabo la propuesta.

6 RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Cuestionario Metodológico

La información que se presenta en esta sección corresponde a la entregada por los operarios de la planta al responder el cuestionario, la cual refleja su apreciación del estado, funcionamiento y control de la PTAS y su estado de mantención y operación al momento de realizar la encuesta.

Calidad del afluente a tratar:

No existe mayor control en la cantidad y calidad del caudal que llega a la planta. Para determinar el caudal que ingresa a la planta, los operarios relacionan la magnitud del caudal directamente con la altura que ocupa el agua en el diámetro de la tubería de entrada a cámara de rejillas, por ejemplo interpretan valores que varían entre 6 a 10 pulgadas, en horario punta se estiman 10 pulgadas. En cuanto a la calidad además de su carácter doméstico, se supone un aporte considerable de Riles y grasas provenientes de las industrias y restaurantes de la zona. Los operarios consideran como factor importante, la gran cantidad de restaurantes presentes en la Comuna, los cuales aportan una gran cantidad de grasa al alcantarillado, debido a que no hay una adecuada fiscalización a estos centros para verificar que cumplan con el control y tratamiento que deben hacer sobre la descarga de grasas de sus efluentes.

Se conoce que existen fluctuaciones en el caudal, pero no existe registro alguno de la magnitud de estas variaciones. En relación a sus características presenta espuma y sólidos flotando y a sus características químicas no se realiza ningún control al afluente.

Pretratamiento:

Existe en la planta un sistema de desbaste que consiste en cámara de rejillas de limpieza manual de separación entre barrotes 2,5 cm. Diariamente se retiran 3 baldes, aproximadamente 15 kg. mientras que los fines de semana esta cantidad aumenta a 25 kg. La basura retirada se deposita en la zanja de lodos.

La cámara presenta inundación debido a que las bombas no tienen un adecuado control de encendido y apagado concordante con la variación del

caudal. Se presenta decantación de la arena en el canal de ésta cámara, la cual se ve acentuada en estos períodos.

Se incorporó una rejilla cuadriculada de limpieza manual al final del canal de salida con la misma separación entre barrotes.

A continuación de esta cámara, se encuentra un pozo desarenador, que no se encuentra en los planos de diseño. Este desarenador no posee bypass para su limpieza, la que se realiza por medio de camiones de limpieza de fosas y pozos, los cuales succionan la arena con el agua. La limpieza se realiza 4 veces al año, tres veces en invierno y una en verano. El material retirado es depositado en la zanja de lodos. Para la limpieza es necesario desviar el afluente hacia el estero.

Bombas:

La planta posee 2 bombas sumergibles de funcionamiento automático, actualmente una de ellas trabaja manualmente.

En relación a su capacidad se desconoce el caudal de operación, pero se sabe que son 5 pulgadas el diámetro de la tubería. La altura de elevación es de 7 m.

La limpieza de las bombas se realiza manualmente y de acuerdo a lo que indique el amperaje que arroja el panel de control de las bombas, ya que al no estar en condiciones normales de funcionamiento, como por posibles obstrucciones por basuras y arenas cada bomba aumenta su esfuerzo de trabajo aumentando así el amperaje en el panel, el que en forma normal debe marcar entre 6 a 8 amperes. Los principales agentes contaminantes son la grasa y la arena la cual se acumula en ductos y en el impulsor de la bomba formando una fuerte obstrucción. La limpieza se realiza 2 veces al año, simultáneamente con el pozo desarenador. Para la limpieza y mantención se deben extraer las bombas que pesan 117 kg. cada una, el procedimiento consiste en la extracción de la arena, la grasa y la lubricación de las piezas. Al igual que el pozo, la arena se deposita en la zanja de lodos.

Ambas bombas poseen regulador de nivel ENM 10; sin embargo uno de ellos no está funcionando lo que provoca que una de las bombas funcione

manualmente, este mal funcionamiento causa la inundación de la cámara de rejillas que precede esta cámara.

Cámara de Aireación:

Los operarios desconocen la capacidad de los reactores y el tipo de reactor, los microorganismos que actúan en el proceso, la necesidad de nutriente, la relación alimento/ microorganismos y el tiempo medio de retención celular. En cuanto al suministro de aire se determina según el color del líquido de mezcla.

En caso de un suceso que afecte negativamente las bacterias en los reactores (como descargas de aceites, contaminantes o lluvias fuertes), los operarios conocen que se demoran 4 semanas los reactores en recuperar los microorganismos necesarios para el tratamiento y que en forma ideal el olor que debe presentar la cámara de aireación es a tierra y que el color depende de la aireación.

Las cámaras presentan basura flotando y se observa grasa en la superficie. Ver figura 15, ésta corresponde al primer estanque y el ducto observado es por donde se realiza la recirculación del lodo.

Figura 15. Fotografía de la basura en cámara de aireación.



La limpieza y mantención consiste en el raspado de las paredes por la acumulación de la grasa y los sólidos flotantes se retiran manualmente. La limpieza es continua, mañana y tarde.

Sopladores:

Existen 4 sopladores, 2 para cada módulo. La presión a que trabajan los sopladores se desconoce. Trabajan a 20 A y a 1.350 rpm cada uno, no existe un medidor de presión y tampoco se sabe cuanto aire se suministra.

Los sopladores funcionan 1 hora con intervalos de ½ hora detenidos, esto depende de las características del líquido de mezcla. La limpieza de los sopladores se realiza cada 15 días si es necesaria y una vez a la semana se revisa el nivel de aceite. Además se lubrican sus piezas.

La calidad del filtro de aire se desconoce, se revisan cada 2 meses, su limpieza se realiza con parafina y se secan al aire.

El aire llega hacia los difusores por cañerías de cuatro pulgadas. El suministro de aire es regulado directamente por las válvulas, ubicadas en el borde superior de cada reactor. Cada cámara de aireación tiene 12 difusores, de los cuales no funcionan todos. El tipo de burbuja que utilizan los difusores es gruesa.

Cámara de Sedimentación:

Los operarios indican que en ocasiones se observan sólidos o flóculos de lodo flotando en la superficie que generalmente salen hacia el estero a través del vertedero. A su vez el tiempo de retención hidráulico depende del tiempo de aireación ya que están en línea; es decir cuando no se airean los reactores corresponde al tiempo de sedimentación del lodo, mientras que cuando los sopladores se encuentran funcionando, se realiza la recirculación del lodo.

Existe desconocimiento por la producción de lodo en el interior de los estanques y del caudal de recirculación, sólo se conoce que la altura del agua en la tubería varía entre 3 a 6 pulgadas. Como se menciona en el párrafo anterior la recirculación se realiza durante los períodos de aireación del líquido de mezcla; continuamente a través de cañerías de 6 pulgadas. En un principio para determinar el caudal de recirculación, se realizaba el Test de Sedimentación propuesto por Ecosystem; sin embargo actualmente ya no se utiliza por falta de asistencia técnica capacitada en la planta.

Los desnatadores o skimmer que poseen los estanques corresponde a tuberías de un 1 ¼ de pulgada.

No se hace un control del estado de las tuberías lo que no permite saber exactamente si existen fugas de aire en alguna sección de las cañerías ya sea en la distribución del aire que ingresa a aireación, en el sistema de desnatadores o recirculación del lodo.

La purga se realiza dos veces a la semana, ésta se realiza con más continuidad en la época de verano. Se desconoce cuánto es lo purgado.

Digestores:

Al igual que la cámara de aireación, cada digestor posee 12 difusores de los cuales no se encuentran todos. El tanque presenta mal olor cuando no se estabiliza el lodo mediante el suministro de oxígeno.

Se caracteriza por presentar una gran cantidad de grasa en la superficie, además de larvas de insectos, carece de sólidos flotando.

Una vez que se llenan los digestores se procede a la evacuación del lodo acumulado, generalmente una vez al mes. La limpieza del reactor se efectúa cuando las cámaras están vacías y consiste en el raspado del hormigón.

El lodo evacuado se deposita en una zanja de 1 m de ancho y 40 m de largo con una profundidad de 3 m, carece de revestimiento y captación de percolados. Los operarios estiman que en 15 días se seca el lodo.

Clarificado o Agua de Vertedero:

Presenta turbidez y sólidos suspendidos, lo cual se menciona por los operarios es relativo, en ocasiones presenta sólidos flotando y no presenta espuma.

Sistema de Desinfección:

El sistema de desinfección se realiza mediante pastillas de cloro. Mensualmente se disponen 200 pastillas, 100 en la primera semana y las restantes a los 15 días. El problema que mencionan los operarios consiste en la capacidad corrosiva del cloro sobre los tubos de plástico donde se distribuyen las pastillas.

Debido a los altos índices históricos de coliformes fecales se suprimió el sistema de decoloración. Los decoloradores se utilizan como sistema de cloración principalmente en épocas donde aumenta la población flotante.

Calidad de Efluente

El Servicio de Salud Viña del Mar – Quillota (SSVQ) y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) realizan controles al efluente como DBO_5 , SS, Coliformes Fecales, entre otros.

El efluente presenta olor y color en forma variable, dependiendo de la calidad del mismo y por ende de la calidad tratamiento aplicado, el que varía según las tasas de aireación, problemas mecánicos y de operación.

La descarga se realiza a un estero que se encuentra aledaño a la PTAS.

De este cuestionario, se puede notar, en general, un desconocimiento de la calidad del tratamiento realizado en la planta, ya que no se realiza ningún tipo de control en ella ni al efluente. Además, con respecto a la tarea realizada por los operarios, se necesita un mayor conocimiento en relación al funcionamiento de la planta, en términos de equipo, por ejemplo capacidad de la bomba, sopladores, en este último es importante conocer la presión con la cual trabajan ya que se relaciona con el aire suministrado lo cual, como se menciona, es un factor importante en el proceso de lodo activado.

6.2 Monitoreos

Previo a presentar los resultados obtenidos de los monitoreos, la siguiente tabla muestra cada estación con su respectivo lugar de muestreo.

Tabla 9: Nomenclatura del punto de muestreo.

ESTACIÓN	LUGAR DE MUESTREO
E1	Salida Cámara de Rejas
E2	Pozo Desarenador
E3A	Cámara Divisora de 3 vías, Planta A
E3B	Cámara Divisora de 3 vías, Planta B
E6A1	Cámara de Aireación, Planta A, Línea 1
E6A2	Cámara de Aireación, Planta A, Línea 2
E6B1	Cámara de Aireación, Planta B, Línea 1
E6B2	Cámara de Aireación, Planta B, Línea 2
E4A1	Cámara de Sedimentación, Planta A, Línea 1
E4A2	Cámara de Sedimentación, Planta A, Línea 2
E4B1	Cámara de Sedimentación, Planta B, Línea 1
E4B2	Cámara de Sedimentación, Planta B, Línea 2
E5A	Salida Planta A, Descarga al Estero
E5B	Salida Planta B, Descarga al Estero

6.2.1 Caudales

En las tablas 10, 11 y 12 se presentan los caudales de entrada registrados para los 3 monitoreos, según la metodología ya señalada.

Tabla 10. Caudales registrados en l/s para el Monitoreo 1, realizado el 9 de Septiembre de 2004.

HORA	9:30 AM	11:50 AM	12:50 PM	13:50 PM
ESTACIÓN	Caudal	Caudal	Caudal	Caudal
E1	7,4	10	9,2	8,9
E3 A	3,2	4,0	4,7	4,6
E3 B	6,6	6,4	6,2	6,0
E5 A	3,3	3,8	1,9	0,9
E5 B	1,3	3,5	2,0	0,7

Tabla 11. Caudales registrados en l/s para el Monitoreo 2, realizado el 20 de Septiembre de 2004.

HORA	9:15 AM	10:15 AM	11:15 AM	12:15 PM
ESTACIÓN	Caudal	Caudal	Caudal	Caudal
E1	14	10	12	17
E3 A	5,5	5,7	4,3	4,2
E3 B	6,2	8,2	5,3	8,0
E5 A	2,6	4,3	2,8	4,0
E5 B	3,4	5,7	3,4	4,7

Tabla 12. Caudales registrados en l/s para el Monitoreo 3, realizado el 22 de Diciembre de 2004.

HORA	12:30 PM	13:30 PM
ESTACIÓN	Caudal	Caudal
E1	9,2	7,4
E3 A	4,9	4,8
E3 B	5,3	10
E5 A	2,4	6,5
E5 B	3,1	4

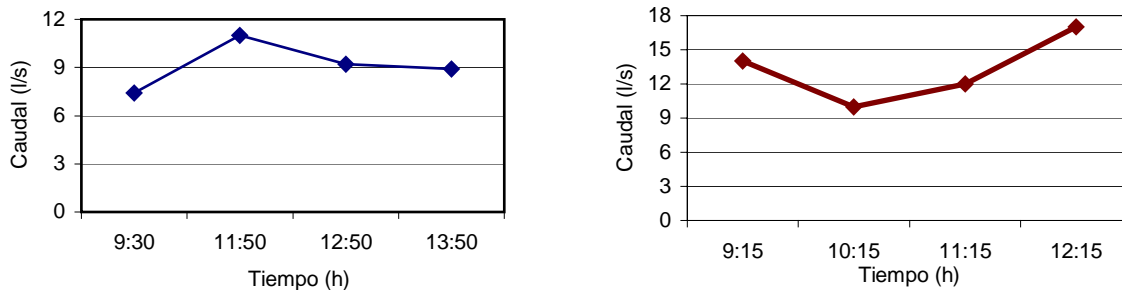
El Monitoreo 3 no se considera relevante, debido al corto período de duración; sin embargo es posible observar que presenta las mismas características detalladas a continuación.

Como se observa en la Tabla 10 correspondiente al Monitoreo 1, señala que el caudal medio se obtiene a las 12:50 PM y probablemente también se registra en las primeras horas de la mañana, 8:00 AM.

Para el Monitoreo 2 no se registra el caudal punta, situación esperada; producto de que la población para este día no fue suficiente para generar un caudal punta; sin embargo, se observa que a las 12:15 se registra el mayor caudal correspondiente al 57% del caudal punta el cuál corresponde a 30 l/s, ver Anexo 6.

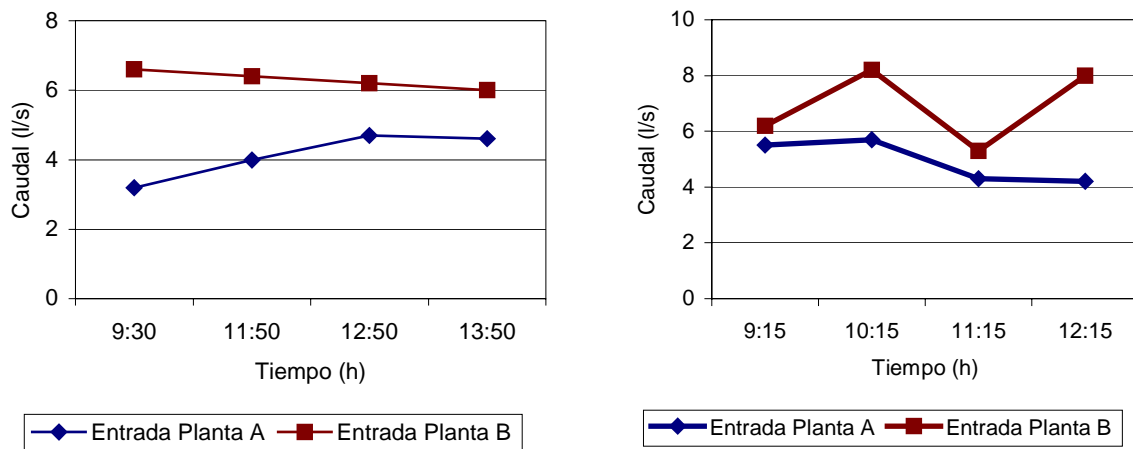
Aunque los Monitoreos 1 y 2 no se realizaron en el mismo horario, se observan variaciones en los caudales medidos cada una hora; de manera que los caudales del afluente son un reflejo del consumo de agua de la población. La primera punta se alcanza cuando llega a la planta de tratamiento el agua correspondiente al quehacer doméstico o con las actividades intrínsecas de una comunidad. Como se observa en la siguiente figura:

Figura 16. Gráfico de las variaciones en los caudales de entrada. A la izquierda se representa el Monitoreo 1 y la derecha el Monitoreo2.



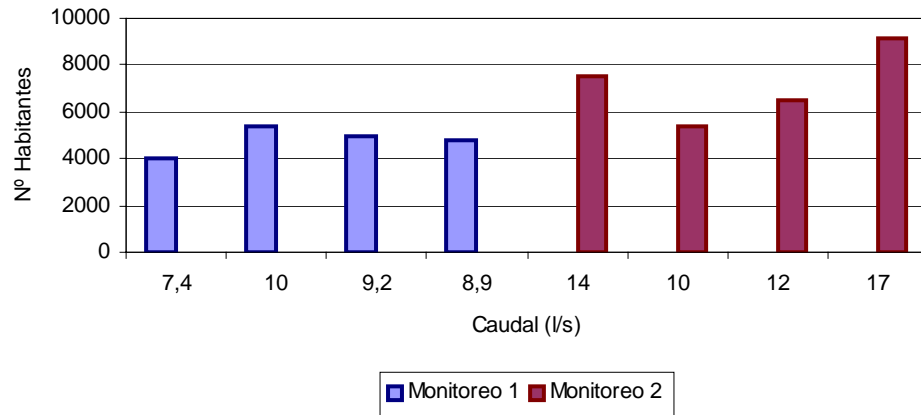
Además de lo anterior se observa que una de las dos Plantas recibe un aporte mayor en caudal. Como se muestra en la Figura 17, la Planta B recibe un aporte mayor en relación a la Planta A, llegando a ser el doble de caudal que A.

Figura 17. Gráfico de la variación en la distribución del caudal de entrada. A la izquierda se representa el monitoreo 1 y la derecha el 2.



Como se menciona en el Plan de Monitoreo, el Monitoreo 2 se espera un aumento en la cantidad del afluente. En la Tabla 11, se verifica un aumento del caudal comparado con la Tabla 10, lo que se relaciona con el aumento de la población servida, que llega a esta Comuna con el fin de celebrar las Fiestas Patrias. La Figura 18 muestra la estimación de la población servida para el Monitoreo 1 y 2, como se observa al aumentar el caudal, existe un aumento de la población lo cual es mayor para el Monitoreo 2. Este hecho concuerda con variaciones estacionales del caudal, que ocurren en zonas turísticas o en lugares donde las actividades recreacionales se concentran en diferentes épocas del año, como es el caso de Olmué.

Figura 18. Grafico del caudal registrado a la entrada para cada Monitoreo y la estimación de la Población Servida. Ver anexo 8.



6.2.2 Análisis de Laboratorio

A continuación se presentan las concentraciones de los diferentes parámetros señalados por estación.

Tabla 13. Concentraciones registradas para el Monitoreo 1.

Parámetro	Unidades	E1	E2	E3A	E3B	E6A1	E6A2	E6B1	E6B2	E4A1	E4A2	E4B1	34B2	E5A	E5B
Aceites y Grasas	mg/l	10,5	----	----	----	1,5	43,5	8,0	24,0	----	----	----	----	2,0	3,5
Cloruros	mg/l	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	58,2	59,2
Cloro Residual	mg/l	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	< 0,1	< 0,1
DBO ₅	mg O ₂ /l	----	----	205,0	153,0	95,7	27,8	28,5	14,0	56,1	87,8	109,0	11,8	153,0	14,0
Fósforo	mg/l	----	----	80,3	79,8	----	----	----	----	----	----	----	----	64,0	62,9
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	----	----	8,7	14,1	----	----	----	----	----	----	----	----	20,1	20,8
Oxígeno Disuelto	mg/l	----	----	1,6	2,1	0,8	1,4	1,2	1,0	3,0	2,5	2,3	2,5	5,0	4,2
Sólidos Sedimentables	mg/l	7,0	1,5	2,5	2,5	39,0	----	75,0	---	1,3	3,0	6,0	6,5	3,0	6,5
Sólidos Suspendidos	mg/l	92,0	123,0	150,0	153,0	1.527,0	1.196,0	2.535,0	2.098,0	86,9	108,0	265,0	263,0	112	281

Tabla 14. Concentraciones registradas para el Monitoreo 2.

Parámetro	Unidades	E1	E2	E3A	E3B	E6A1	E6A2	E6B1	E6B2	E4A1	E4A2	E4B1	34B2	E5A	E5B
Aceites y Grasas	mg/l	13,2	----	----	----	16,7	29,6	6,96	20,6	----	----	----	----	6,36	3,44
Cloruros	mg/l	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	1,75	1,75
Cloro Residual	mg/l	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	< 0,1	< 0,1
DBO ₅	mg O ₂ /l	----	----	96,2	97,1	220	69,3	28,3	42,3	28,3	74,4	35,5	6,75	61,7	10,1
Fósforo	mg/l	----	----	52,7	60,2	----	----	----	----	----	----	----	----	52,7	68,7
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	----	----	14,4	3,9	----	----	----	----	----	----	----	----	5,6	7,0
Sólidos Sedimentables	mg/l	3,5	3,0	4,5	3,0	75,0	85,0	142,0	90,0	0,5	0,8	1,7	0,8	1,5	4,5
Sólidos Suspendidos	mg/l	218,0	249,0	434,0	332,0	2.165,0	4.041,0	4.989,0	2.199,0	111,0	101,0	185,0	114,0	113,0	178,0

6.2.2.1 Monitoreo 1: Operación Normal

En las Figuras 19 y 20, seleccionadas del Anexo 9, se observa un comportamiento no esperado en un proceso de tratamiento normal de aguas servidas, el cual se caracteriza por la relación proporcional entre alimento y microorganismos. Como se observa en ambas figuras, la alta concentración de SS en el reactor biológico, supone una alta concentración de microorganismos frente a una baja concentración de sustrato. Sin embargo, esta relación inversa entre SS y DBO₅, no impide la remoción de DBO ya que ésta disminuye notablemente comparando las concentraciones registradas a la entrada y a la salida de la planta, lo cual se atribuye a la actividad de los microorganismos.

Figura 19. Comportamiento de DBO y SS para la Planta A, línea 2.

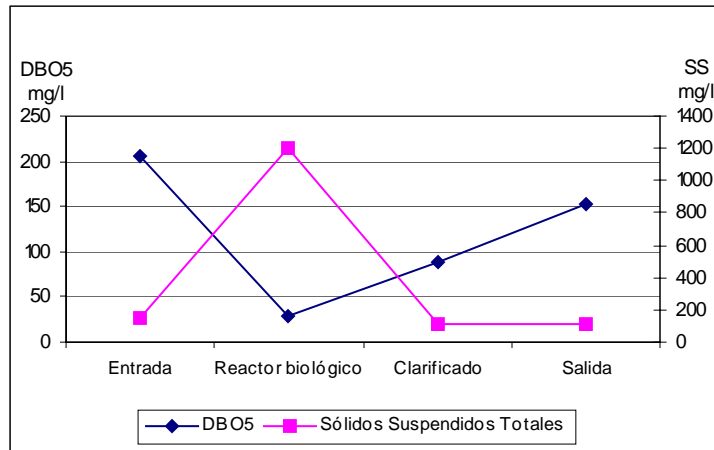
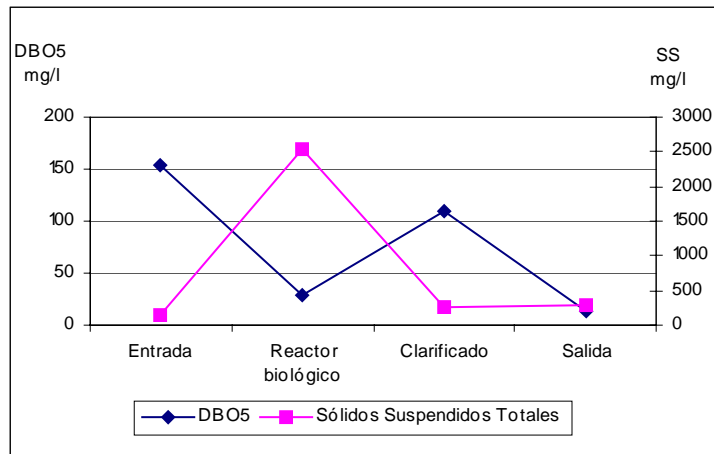


Figura 20. Comportamiento de DBO y SS para la Planta B, línea 1.



Otro factor a considerar que muestran las figuras, es el aumento en las concentraciones de DBO₅ en el clarificado, lo que en un proceso de tratamiento normal las concentraciones de ésta disminuyen gradualmente a través de las etapas del tratamiento.

Ambas plantas, presentan el mismo comportamiento de SS, elevada concentración de éstos en el reactor biológico y disminución en el clarificado; sin embargo las concentraciones registradas en el clarificado muestran el exceso de

lodo en la cámara de sedimentación, lo cual produce la salida de biomasa por el vertedero, mencionado anteriormente.

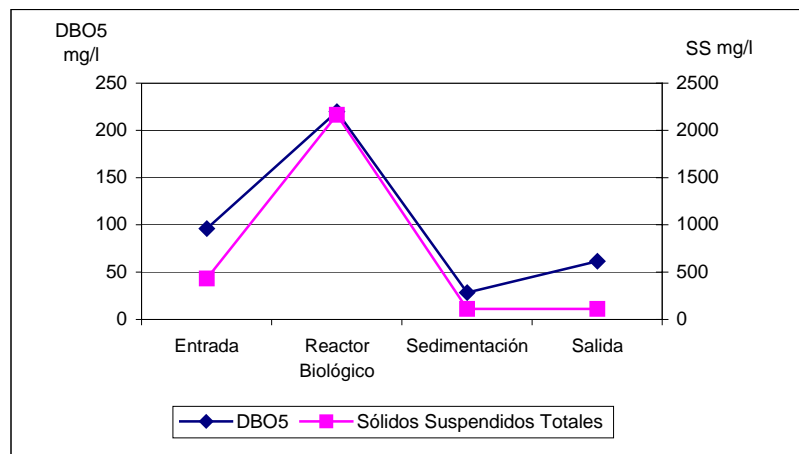
Al comparar ambas plantas se observa que la Planta A presenta en los reactores biológicos, un promedio de 1.362 mg/l de SS mientras que la Planta B de 2.317 mg/l esta diferencia se puede deber a una purga del lodo para la Planta A.

Se debe recordar que los valores obtenidos a la salida de cada planta, se ven influenciados por la eficiencia en la remoción entre una línea y otra.

6.2.2.2 Monitoreo 2: Operación con sobrecarga

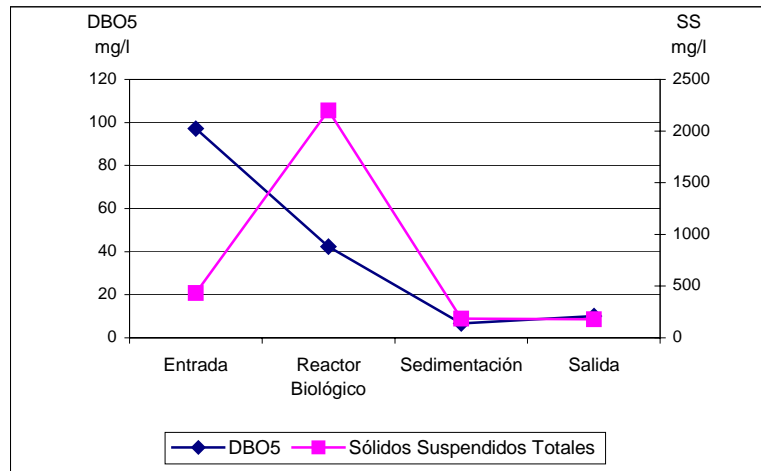
A continuación se presentan las figuras representativas para este monitoreo por el comportamiento de las curvas que presenta cada parámetro.

Figura 21. Comportamiento de DBO y SS para la Planta A, línea 1.



La Figura 21, presenta la relación proporcional entre ambas curvas, óptima, entre SS y DBO₅.

Figura 22. Comportamiento de DBO y SS para la Planta B, línea 2.



En la Figura 22, se observa la curva que representa el comportamiento ideal para DBO en todo el transcurso del tratamiento. Sin embargo, aún se conserva la relación inversa entre sustrato y microorganismos.

En general, entre ambos monitoreos, se sigue manteniendo el mismo comportamiento para SS.

6.2.2.3 Comparación Monitoreo 1 y 2.

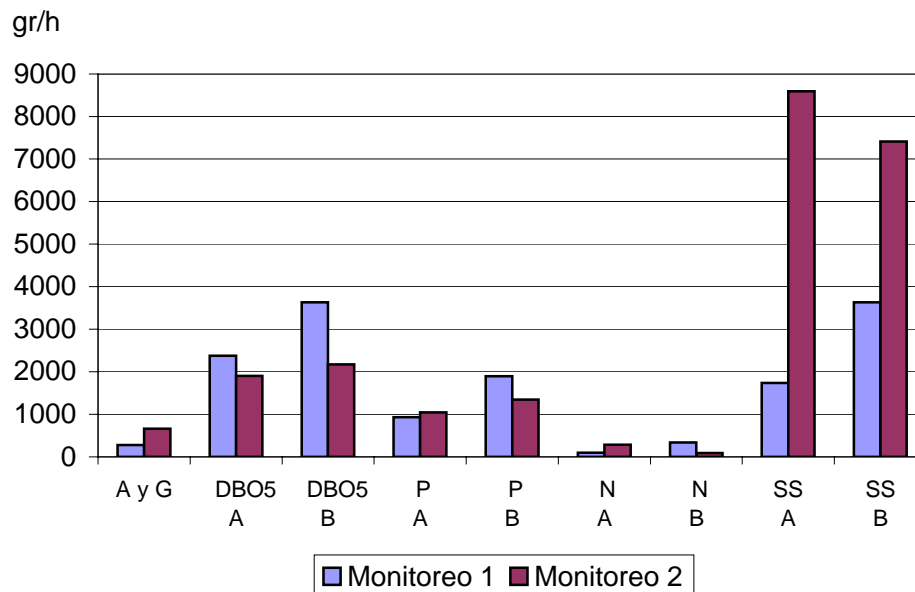
Calidad del Afluente:

Como se menciona en Metodología, al comparar ambos monitoreos, se espera que el Monitoreo 2 se caracterice por el detrimento en la calidad del afluente debido al aumento de la población.

A continuación, se observa que si bien como se demuestra anteriormente aumenta la población y el caudal, no todos los parámetros muestreados a la entrada de la planta presentan un aumento en sus cargas, lo cual puede ser motivo de que las mayores cargas hayan ingresado antes de la hora en la cual se inicia el muestreo o que las cargas no se relacionan con el volumen del caudal de entrada registrados para cada día.

En la siguiente Figura se observa que tres de los cinco parámetros considerados Aceites y Grasas, Nitrógeno y Sólidos Suspendedos, presentan un aumento entre ambos monitoreos.

Figura 23. Parámetros de entrada, expresados en carga horaria (gr/h).
(Anexo 10).



Relación Caudal y Carga

Como se observa en el Anexo 10, existe una relación directamente proporcional entre el caudal y la carga. Al comparar ambas plantas, la Planta A registra un menor caudal de entrada que la Planta B y por ende una menor carga en la entrada; por el contrario de lo que ocurre para la Planta B.

Comportamiento de los principales parámetros.

– Aceites y Grasas: Las tablas indican un aumento, en relación a las concentraciones registradas a la entrada, de este contaminante en las cámaras de

aireación esto confirma la gran cantidad de grasa observada en terreno en los reactores biológicos, incluso este incremento llega a más del doble con respecto a la entrada para la estación 6A2 en ambos monitoreos. Según los datos registrados a la salida de las plantas, el sistema de desnatadores utilizados en la cámara de sedimentación supone que se encuentran en buenas condiciones ya que disminuye notablemente las concentraciones de entrada.

Una manera de disminuir la cantidad y el efecto de las grasas en la Planta, la cual es mayor en épocas festivas, es mejorando la eficacia en la fiscalización por parte del SSVQ a los centros gastronómicos de la Comuna, los cuales deberían tener incorporado un sistema de tratamiento de grasas previo a su descarga al alcantarillado.

– Cloruros: Las mediciones de cloruros se usan como un indicador de la calidad del cuerpo receptor. Un contenido de cloruro elevado en el agua, interfiere el desarrollo del crecimiento vegetal y en este sentido, su medición es importante cuando el propósito del agua es el riego de cultivos. Para el caso de la PTAS los resultados indican que el cloruro se encuentra muy por debajo del límite máximo permitido de 400 mg/l según el DS N° 90/00.

– Cloro Residual: En ambos días se registran niveles inferiores a 0,1 mg/l, lo que confirma las pruebas realizadas en terreno con el Kit de Cloro Residual. La prueba se realiza con una muestra de agua obtenida de la cámara de cloración, luego de seguir el procedimiento adjunto al Kit de Cloro Libre, el cuál utiliza el método colorimétrico. Después de realizar la prueba no se observa coloración de la muestra, de esto se determina que el cloro suministrado por las pastillas no es suficiente ya que no permite una cantidad de cloro residual en el efluente.

– DBO₅: Entre las cámaras de aireación y sedimentación presenta un comportamiento heterogéneo con respecto a las concentraciones registradas en cada línea de las plantas para ambos días.

En general se observa una relación inversa entre DBO₅ y SS, a mayor DBO₅ disminuyen los SS para el Monitoreo 1. Por el contrario al disminuir la DBO₅ aumenta la concentración de SS en el Monitoreo 2.

- Fósforo: En comparación entre ambos días, sólo existe remoción de este nutriente en el Monitoreo 1.
- Nitrógeno total Kjeldahl: Se observa que para el Monitoreo 1 no existe remoción de este parámetro; por el contrario para el Monitoreo 2 existe remoción sólo en una línea, situación similar a la del fósforo. Esto verifica la diferencia entre ambas líneas las cuales se han mencionado previamente.
- Sólidos Sedimentables (Ssed): El comportamiento es similar para ambos monitoreos. Las concentraciones de SSed en los estanques de aireación se debe a la recirculación de éstos desde las cámaras de sedimentación.

Se observa una diferencia entre el promedio de las concentraciones presentes en la cámara de sedimentación, para el Monitoreo 1 se registra un promedio de 4 mg/l de SSed mientras que en el Monitoreo 2 es de un 1 mg/l, lo que refleja la eficiencia en la decantación para el Monitoreo 2.

- Sólidos Suspendidos: Se observa claramente un aumento del 50% de las concentraciones para el día 20 de Septiembre, lo que se atribuye a una relación directa entre sólidos suspendidos y población [2].
- Oxígeno Disuelto: Los valores registrados en el tanque de aireación para el Monitoreo 1, que varían entre 0,8 a 1,4 mg/l, se encuentran generalmente bajos en relación a los valores bibliográficos los cuales van entre 1 y 4 mg/l. [2]. Sin embargo según el manual de Ecosystem [15] la concentración apropiada para OD debe ser mayor a 2 mg/l para asegurar un alto grado de rendimiento y una buena sedimentación del lodo. A su vez, estas bajas concentraciones de OD en el medio provoca un detrimento en la digestión del sustrato por parte de los microorganismo lo cual aumenta la cantidad de sustrato en el líquido de mezcla, esto se favorece por el aporte continuo de sustrato presente en el afluente.

6.2.2.4 Monitoreo 3

La siguiente tabla presenta la nomenclatura a utilizar y su correspondiente lugar de muestreo.

Tabla15. Nomenclatura de las estaciones de muestreo

Estación	Lugar de Muestreo
E3	Cámara Divisora de 3 vías
E6A1	Rector biológico N° 1, Planta A
E6A5	Rector biológico N° 5, Planta A
E6B1	Rector biológico N° 1, Planta B
E6B5	Rector biológico N° 5, Planta B
QrA	Caudal de retorno, Planta A
QrB	Caudal de retorno, Planta B
E5A	Salida Planta A, Descarga a Estero
E5B	Salida Planta B, Descarga Estero

Tabla 16. Concentraciones registradas para el Monitoreo 3

Parámetro	Unidades	E3	E6A1	E6A5	E6B1	E6B5	QrA	QrB	E5A	E5B
DBO ₅	mg/l	397	---	---	---	---	---	---	233	288
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1,7E07	---	---	---	---	---	---	5,4E05	9,2E05
pH	Ph	7,33	---	---	---	---	---	---	7,44	7,29
Sólidos Suspendidos	mg/l	---	860	1210	1970	1910	1390	5520	---	---

De la tabla anterior solamente se evalúa de acuerdo al DS 90/00, el parámetro de coliformes fecales y pH ya que en los monitoreos anteriores no se consideran dichos parámetros.

Cabe mencionar que de acuerdo a lo permitido en cuanto a pH, la Planta cumple con el rango, el cuál se encuentra entre 6,0 – 8,5.

Si relacionamos los datos para SS, obtenidos del monitoreo 2 con éste, se observa que entre ambos períodos se realizó purga del sistema, lo cual disminuye los SS presentes en el tanque de aireación a casi la mitad.

El resto de los parámetros medidos se consideran para evaluar la planta de acuerdo a lo recomendado para este tipo de lodo activado según bibliografía.

6.2.2.5 Concentración de Metales Pesados en el Lodo

El día 08/10/04 se tomó una muestra de lodo en digestión de la PTAS, sobre la cual se hicieron determinaciones del contenido de metales pesados, ver Tabla 17.

De acuerdo a la normativa ambiental para lodos, no existe un máximo de concentraciones permitidas para metal pesado previo a su disposición final, sólo existe reglamentación con respecto a la utilización de lodos en la agricultura, Título II del anteproyecto.

Con respecto a lo anterior, si bien la realidad nacional difiere de la internacional, se ha tomado como referencia las concentraciones máximas permitidas por la EPA a nivel internacional [16].

Al comparar los resultados obtenidos, el lodo producido en la PTAS se encuentra muy por debajo de lo establecido a nivel internacional, excepto para zinc, ver Tabla 17.

Con el fin de comparar los resultados con la realidad nacional, se considera la tabla del Art. 13 del Anteproyecto, al compara los resultados, Tabla 17, se observa que las concentraciones de metales presentes en el lodo cumplen con las condiciones exigidas a nivel nacional.

Tabla 17. Comparación de las concentraciones de metales pesados presentes en el lodo, expresadas en mg/kg, y las concentraciones estipuladas a nivel nacional e internacional.

Metal pesado	Concentración en el lodo de la PTAS	Normativa Internacional [16]						Según Art. 13 de la Normativa Nacional [13]
		USA	CEE	Alemania	Suiza	España	Francia	
Arsénico	3,86	75	--	--	--	--	--	40
Cadmio	1,19	85	20 - 40	10	5	40	40	40
Cobre	355	3.000	--	900	500	1.500	2.000	1.500
Cromo	37,7	4.300	1.000 – 1.750	800	600	1.750	2.000	--
Mercurio	0,945	57	16 - 25	8	5	25	20	20
Níquel	10,3	75	--	--	20	--	--	420
Plomo	44,9	420	300 - 400	200	80	400	400	300
Selenio	4,50	840	750 – 1.200	900	500	1.200	1.600	100
Zinc	723,0	100	--	--	--	--	200	2.800
Vanadio	14,0	7.500	2.500 – 4.000	2.500	2.000	4.000	6.000	--

La siguiente tabla presenta el porcentaje de humedad, el cual se utiliza posteriormente.

Tabla 18. Porcentaje de humedad obtenido a partir de una muestra de lodo, en tres réplicas, 22/12/04.

	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Promedio
Porcentaje Humedad	90,23	90,50	90,45	90,4

6.2.2.6 Monitoreo Estero, Cuerpo Receptor

De los análisis de DBO y Nitrógeno hechos en el estero (véase tabla 19), se observa que, al contrario de lo esperado, las aportaciones de las concentraciones del afluente de la planta no aumentan las concentraciones de estos parámetros en el curso de agua receptor, sino que se genera un efecto de dilución.

Tabla 19. Resultados para el monitoreo al cuerpo de agua receptor

CONTAMINANTE	UNIDAD	M1 ARRIBA*	M2 ABAJO**
Fósforo	mg/l	0,283	2,03
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	1,11	0,864
DBO ₅	mg O ₂ /l	5,9	1,0

*M1 Arriba = muestra tomada aguas arriba

**M2 Abajo= muestra tomada aguas abajo

Las concentraciones medidas aguas arriba son mayores debido a que la zona aledaña a la descarga de la planta, se ve fuertemente afectada por actividades agrícolas, donde el aporte de nutrientes desde los suelos fertilizados y

mejorados artificialmente, junto con las heces de los animales que usan el estero como lugar de rebaje aumentan los nutrientes contenidos en el cuerpo de agua.

Considerando que en la época en que se tomaron las muestras el caudal del estero era similar al caudal del efluente de la planta, al mezclarse se produce la dilución de los parámetros mencionados en el cuerpo de agua receptor, lo que hace que disminuyan su concentración.

La dilución que sucede para DBO_5 y Nitrógeno, no ocurre para el Fósforo debido a las altas concentraciones de este nutriente en la descarga de la PTAS, las que ya se habían encontrado en los monitoreos 1 y 2, por lo que al mezclarse los dos cuerpos de agua, efluente de la PTAS y receptor, no se alcanza a producir una dilución, sino que al contrario, se aumenta la concentración de fósforo en el medio.

Se debe mencionar que durante la época que se realizó el monitoreo no se registraron lluvias ni deshielos, en el caso de lo anterior, las concentraciones hubiesen sido imperceptibles, ya que durante lluvias y deshielos, el lecho del río alcanza los 60 metros de ancho (máximo), siendo que durante el muestreo fue sólo de 10 metros y una profundidad muy baja.

6.3 Evaluación de la PTAS

6.3.1 Cumplimiento de la Normativa Ambiental

Como se menciona anteriormente la Planta se evalúa de acuerdo al DS 90/00, la NCh 1.333 y el anteproyecto de reglamento lodos. A continuación se expone cada ítem independientemente:

6.3.1.1 Decreto Supremo 90/2000

La mayoría de los parámetros cumple con esta norma excepto DBO₅, P, CF y SS. En la siguiente tabla se observan las concentraciones obtenidas para estos contaminantes durante estos días.

Tabla 20. Valores en la descarga para los parámetros que no cumplen con DS 90/00

MONITOREO			1		2		3	
Parámetro	Unidades	DS 90	Salida A	Salida B	Salida A	Salida B	Salida A	Salida B
DBO ₅	Mg/l	35	153	14	61,7	10,1	233	288
P	Mg/l	10	64	62,9	52,7	68,7	---	---
SS	Mg/l	80	112	281	113	178	---	---
CF	NMP/100 mL	1.000	---	---	---	---	5,4E05	9,2E07

El color rojo indica las concentraciones que sobrepasaron los límites permisibles, según la norma.

El no cumplimiento de la norma para DBO₅ y SS, es a causa de que no se utiliza ningún método de control para determinar la frecuencia de la recirculación del lodo y de la purga del sistema. Actualmente el método visual, es insuficiente ya que como se observa no proporciona buenos resultados en cuanto a tratamiento.

La cantidad de fósforo medida se puede relacionar a la descarga de detergentes y sustancias tensoactivas a la red, provenientes de los restaurantes y centros turísticos, y posibles influencias de nutrientes de uso agrícolas que llegan al alcantarillado mediante el lavado de suelo por las lluvias. La regularización de las operaciones del proceso que ayudarían a disminuir la DBO_5 de salida y los SS, cooperarían en disminuir el fósforo. También se debe considerar algún proceso que pueda instaurarse en el tratamiento de la planta y a su vez una mayor fiscalización de los usuarios del sistema de alcantarillado con el objetivo de mantener la emisión de fósforo bajo las cantidades permitidas legalmente. Un aspecto importante que impide el logro de la disminución de fósforo en el efluente, es que este tipo de PTAS no contempla en su diseño la opción de complementar el sistema con un tratamiento terciario necesario para disminuir nutrientes como éste.

Respecto a coliformes fecales, la normativa establece como máximo permisible un NMP de 1.000 microorganismos en 100 ml, de acuerdo a los resultados se observa que no cumple con esta condición. Lo anterior verifica la baja eficiencia del sistema de desinfección actual que opera en función del desgaste de las pastillas de cloro y del caudal y no de la cantidad de coliformes a destruir.

El punto 6 del Decreto estipula que *“las fuentes emisoras deben cumplir con los máximos permitidos en la presente norma respecto de todos los contaminantes normados”*, de lo anterior la PTAS aún no cumple con estos requerimientos.

6.3.1.2 Norma Chilena 1.333

Con respecto a la utilización del agua tratada de acuerdo a la NCh 1.333, no es posible destinarla para ningún uso, debido a la alta concentración de coliformes fecales en el efluente; sin embargo, se considera que una vez solucionado este problema se pudiese utilizar el agua para riego, aunque dentro de los parámetros analizados no se encuentra metales pesados, se tiene como referencia la baja concentración de éstos en el lodo.

6.3.1.3 Anteproyecto de Reglamento para manejo de lodos no peligrosos.

Como se indica anteriormente, las concentraciones de metales pesados en el lodo cumple con las condiciones exigidas a nivel nacional, con respecto a su utilización en la agricultura.

6.3.2 Comparación con los Antecedentes Bibliográficos

Los valores señalados consisten en las condiciones generales de una planta.

La siguiente tabla resume las características de diseño empleadas para la PTAS, según Ecosystem [15].

Tabla 21. Parámetros de diseño para la PTAS

PARÁMETRO	VALOR
τ , h	15,5 ^a
	4,4 ^b
F/M, d ⁻¹	0,1
Producción de lodo m ³ /d	2,53

a correspondiente a la cámara de aireación.

b correspondiente a la cámara de sedimentación.

En la Tabla 21; τ , consiste en el tiempo residencia hidráulico y F/M es la relación alimento-microorganismos.

De acuerdo a lo anterior y considerando un promedio de sólidos suspendidos en el líquido de mezcla, igual a 2.594 mg/l, obtenidos de los monitoreos 1 y 2.

Se determina que la variante de lodos activados que actúa en el proceso, es aireación prolongada de acuerdo a bibliografía consultada. Si bien los valores coinciden con otros tipos de proceso de lodo activado, como un proceso de lodos activados convencional, canal de oxidación o un rector de flujo discontinuo secuencial, se descartan éstos debido a las diferencias en su operación. A continuación, se presenta la tabla con los parámetros de diseño correspondiente al proceso de aireación extendida o prolongada [2].

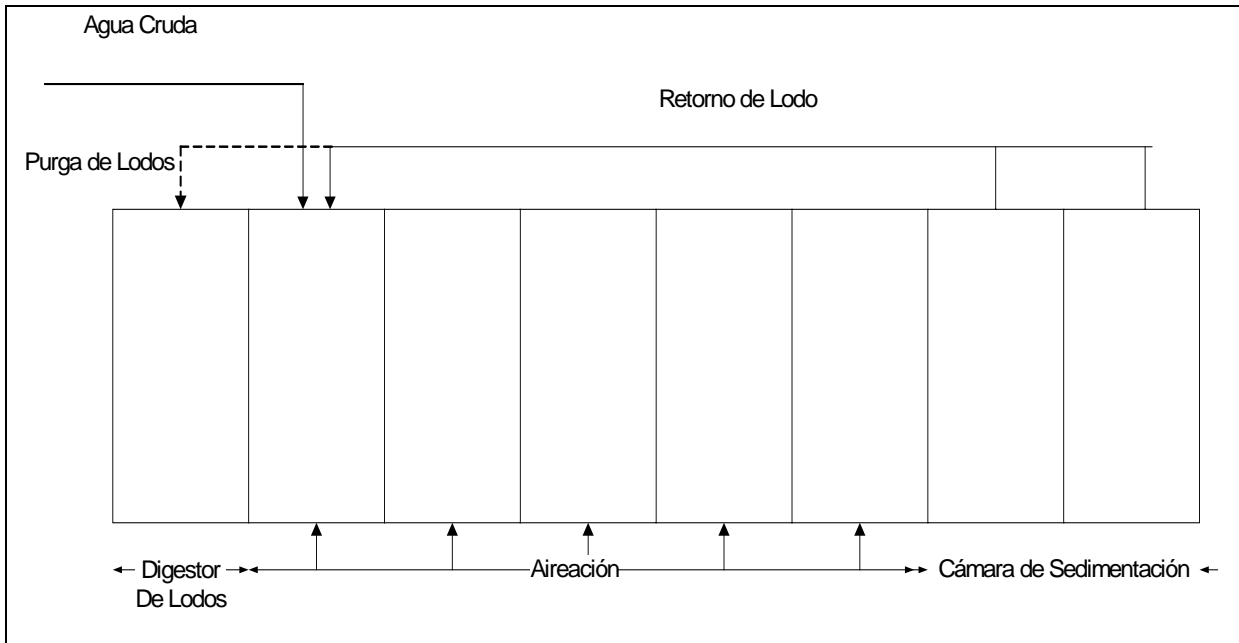
Tabla 22: Parámetro de diseño para la modalidad de aireación extendida del proceso de lodos activados [2].

PARÁMETRO	UNIDADES	RANGO
θ_c , tiempo medio de retención celular.	Días	20-30
F/M, relación alimento-microorganismos.	<u>Kg DBO₅ aplicada</u> Kg SSLM*d	0,05-0,15
Carga Volúmica	<u>Kg DBO₅ aplicada</u> M ³ *d	0,16-0,40
SSLM, sólidos suspendidos en el líquido de mezcla.	mg/l	3.000-6.000
τ , tiempo de residencia hidráulico.	Horas	18-36
Q_R/Q , relación caudal de retorno y caudal de entrada.	--	0,5-1,5

Las características del funcionamiento de aireación extendida consisten en un modelo de flujo en pistón, con una eficiencia de eliminación de DBO₅ entre un 75-95%. Este proceso es similar al de lodos activados convencionales, sin embargo, precisa una carga orgánica reducida y un largo período de aireación. Generalmente se utiliza en plantas prefabricadas para pequeñas comunidades. [15].

A continuación la siguiente Figura, muestra un esquema simplificado de la planta:

Figura 24. Representación de los flujos en la planta.



De acuerdo a los resultados obtenidos a partir del monitoreo 3, caudales y datos de laboratorio, se procede a evaluar la planta, como si fuese una sola, en comparación con los valores bibliográficos [2].

Las expresiones a utilizar son:

- Cálculo del tiempo de retención hidráulico, consiste en el tiempo necesario que debe permanecer el agua dentro de la planta.

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde

τ : tiempo de retención hidráulico, en horas.

V: volumen del total del sistema; es decir tanque de aireación más tanque de sedimentación, m³.

Q: caudal que ingresa a la planta, m³/s.

El volumen de un tanque de aireación es de 40,3 m³, como son 20 unidades el volumen total de reacción es 806 m³. A su vez, el volumen de un tanque de sedimentación es 32,9 m³, el total de sedimentadores es 8; por lo tanto el volumen de sedimentación es 263,2 m³.

El caudal que ingresa a la planta se determina como un promedio entre el flujo de entrada E3, el cual corresponde a 8,31E-03 m³/s.

Reemplazando se tiene que:

$$\tau = \frac{806 + 263,2}{8,31E - 03 * 3600} = 35,7 \text{ h.}$$

- Cálculo de la relación alimento – microorganismos, F/M: relación que asegura el equilibrio entre sustrato y microorganismos, se mide en d⁻¹.

$$\frac{F}{M} = \frac{S_o}{\varphi * X} \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde

S_o: concentración de DBO en el afluente, kg/m³.

φ: tiempo de retención hidráulico del tanque de aireación, 1,12d.

X: concentración de sólidos volátiles en el tanque de aireación kg/m³.

$$\frac{F}{M} = \frac{0,4}{1,12 * 1,2} = 0,29 \text{ 1/d.}$$

Según los resultados el tiempo de retención hidráulico se encuentra en el límite de sus valores, 36 h.

Como se observa la relación F/M se encuentra excedida a más del doble de su valor recomendado, 0,1 d⁻¹. Lo cual se debe a una alta concentración de sustrato frente a una baja concentración de microorganismos, para lo cual se sugiere aumentar la tasa de retorno y la aireación.

Remoción de DBO.

El porcentaje de remoción se determina de la siguiente manera, para cada línea:

$$\% R = \frac{C_i - C_f}{C_i} \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde

C_i: concentración inicial a la entrada de la planta en mg/l

C_f: concentración final, a la salida de la cámara de decoloración, mg/l

Los resultados arrojan una remoción del 41, 3% para la planta A y de un 27,5 % para la Planta B, lo cual confirman la relación anterior entre alimento y microorganismos. Debido a la alta concentración de sustrato presente, los microorganismos en el estanque son insuficientes para digerir tanto alimento. Otro factor a considerar es que frente a esta concentración de sustrato, los microorganismos necesitan mejores concentraciones de oxígeno y no menor, a las que se tiene referencia de los monitoreos anteriores, a 1 mg/l.

En resumen la planta no cumple con el porcentaje de remoción de DBO recomendado para este sistema de lodos activados

La relación alimento-microorganismos demuestra el descontrol que existe sobre el proceso de tratamiento y que los métodos visuales, que actualmente se utilizan, no son suficientes, lo cual justifica la implementación de un sistema de control para el proceso y para las operaciones de tratamiento.

6.3.3 Operaciones Unitarias

Cámara de Rejas

La separación entre barrotes de ambas rejas se encuentra dentro de lo establecido según bibliografía [17]. Si bien la segunda rejilla con su diseño cuadrículado permite una mayor retención de la basura, esta no es suficiente ya que se observan desperdicios orgánicos e inorgánicos en las etapas posteriores de tratamiento. A continuación se comenta cómo afecta la presencia de estos desperdicios en la cámara de aireación y sedimentación.

Cámara de Aireación: Se ve afectada mayormente por los desperdicios orgánicos ya que los organismos para degradar la materia orgánica requieren oxígeno. Por lo tanto a mayor carga orgánica mayor es la cantidad de oxígeno que se debe suministrar. La no retención de una fracción de la materia orgánica por parte de la cámara de rejas, significa que para su degradación se necesita mayor cantidad de microorganismos y por lo tanto una mayor cantidad de oxígeno. Al no suministrar estas dos condiciones la falta de oxígeno, podría tener lugar una anaerobiosis en el metabolismo de los microorganismos. Otro factor es la dificultad en la limpieza de los tanques ya que, además de la basura existe grasa. El tiempo de limpieza que realizan los operarios en los estanques de aireación puede que se necesite en otras operaciones de la planta.

Cámara de Sedimentación: Como en esta cámara sedimenta el material suspendido, la basura en la superficie es absorbida por el desnatador lo cual puede provocar la obstrucción de éste.

Ambas rejas como se menciona son de limpieza manual por lo tanto necesita una atención continua. Un factor que agrava esta situación es la arena ya que la reja al encontrarse con residuos disminuye la velocidad del flujo en el canal provocando que la arena sedimente, ya que no existe un sistema previo de retención de arena. La sedimentación aumenta en los momentos en que alguna bomba elevadora detenga su funcionamiento en periodos de caudales pico (lo que puede ocurrir por fallas mecánicas o eléctricas), provocando la inundación de ésta

cámara, lo que impide la salida del agua de la cámara de rejas aumentando el tiempo de retención y por ende la arena decanta

En la siguiente Figura se muestra la cámara de reja inundada, también se ve el nivel a los que ha llegado el agua (1,65 m aproximadamente).

Figura 25. Fotografía de Cámara de rejas parcialmente inundada.



Pozo Desarenador

Este pozo desarenador no cumple su función de decantación y por lo tanto no retiene las arenas, que decantan en la etapa previa o bien permitiendo que gran parte de la cantidad de arena pase hacia la cámara elevadora, sedimentando allí y dañando las bombas sumergibles. Otro problema del pozo lo constituye su limpieza ya que al no tener bypass, se debe detener el funcionamiento de la planta para que por medio de bombas succionen la arena y el agua presente en el pozo.

La sedimentación de la arena aumenta al inundarse la cámara elevadora, ya que aumenta el tiempo de residencia del agua al interior de éste.

Cámara Elevadora Bombas

Al no existir un sistema adecuado de retención de arenas previo a esta etapa, como se menciona, la inundación de la cámara de bombas provoca que, la arena sedimento debido al aumento en el tiempo de retención hidráulico. Las arenas en el fondo de la cámara cubren y obstruyen las bombas, provocando daño a las estructuras al interior de la cámara.

Al momento de realizar el cuestionario y observar el estado de las distintas unidades de la planta, el sistema eléctrico de encendido automático de las bombas elevadoras se encontraba en mal estado, lo que producía al momento de los caudales pico, la inundación de las cámaras de reja y elevadora. Esto era solucionado mediante el encendido manual de la segunda bomba sumergible.

Además de la arena se debe mencionar la grasa, ambas se acumulan en los ductos obstruyendo las cañerías que conducen el agua hacia la PTAS. La acumulación de arena y grasa disminuyen la vida útil de las bombas o el mal funcionamiento de éstas provocando gastos en mantención y reparación.

Otro factor que dificulta la limpieza es la estructura (tecle) ubicada en el exterior de la cámara la cual se utiliza para el levantamiento de las bombas (cada una 117 Kg). Esta estructura de madera se encuentra en mal estado, mostrando una evidente fatiga de material.

Cámara Divisora de 3 vías

Como es de conocimiento, sólo existen dos módulos construidos, por lo que una de las tres vías se encuentra sellada, esto provoca una alteración en la división del flujo, causando que una mayor cantidad de caudal sea dirigido hacia la Planta B.

Cámara de Aireación

La capacidad de los reactores, el tipo de reactor, el tiempo de retención hidráulica, la capacidad de aireación, los microorganismos que actúan en el

proceso, la necesidad de nutriente, la relación alimento/ microorganismos, el tiempo medio de retención celular y la relación de recirculación de fango son factores que afectan directamente en el rendimiento de los procesos de tratamiento secundario. Si bien estos se encuentran determinados en los cálculos de diseño, es necesaria la evaluación de cada uno de estos parámetros para su posterior comparación y evaluación del sistema de tratamiento.

Cada reactor posee 12 difusores de burbuja, los que distribuyen el aire y homogenizan la mezcla del lodo con el agua cruda en todo el volumen disponible, esto permite la degradación de la materia orgánica. Al disminuir el número de difusores se debe suministrar una mayor cantidad de aire y por ende éstos trabajan a mayor presión para igualar un rendimiento de 12 difusores y lograr la degradación de igual forma. Se debe considerar que al trabajar a mayor presión, se exige al motor del soplador dañando la vida útil de éste.

Además los difusores se dañan por la deposición de arena en el fondo de los reactores, por la falta de revisión de las conexiones y falta de mantención de ellos.

Con respecto al tipo de burbuja, a mayor tamaño de ésta es menor la superficie de transferencia del oxígeno ya que el tamaño grande de las burbujas hace que disminuya y sea más lenta la difusión de oxígeno disuelto en el licor de mezcla dificultando la degradación de la materia orgánica por parte de los microorganismos [2].

Cámara de Sedimentación

Las causas que provocan la flotación del lodo o una mayor turbidez en la superficie del sedimentador, según el manual de operación de Ecosystem [15], son 4: sobre aireación, retorno de lodos obstruido, lodos en paredes tolva, grasas en exceso. A continuación se detallan 3 de estas consecuencias:

- Sobre aireación: Una tasa de aireación elevada provoca turbulencia en el fondo de la cámara de sedimentación lo cual impide la sedimentación del material suspendido. Además que la turbulencia provoca un flóculo poco compacto y con bajas características de sedimentación.

- **Retorno de lodos obstruidos:** La obstrucción del retorno de lodos ocurre principalmente por tasas de retorno muy bajas. Si es muy baja, la altura del manto sedimentado disminuye en forma paulatina provocando poca separación entre el clarificado y éste por lo cual se produce el arrastre de sólidos.
- **Lodos en paredes de tolva:** Al sedimentar los lodos estos deben desplazarse por la pared de la tolva hacia el fondo sin embargo, pueden quedarse atascados en la pared obstruyendo el sistema de retorno de lodos, provocando la situación antes descrita.

Para que los lodos no obstruyan el sistema de retorno es necesario limpiar periódicamente las paredes de la tolva, mediante el raspado de éstas; sin embargo una agitación muy fuerte provoca la suspensión del material sedimentado.

Para cada caso mencionado existen pautas del qué hacer en caso de que se presente este problema de los sólidos flotando.

Además de las causas que provocan la flotación del lodo, mencionadas anteriormente, se encuentran el bulking y el fango ascendente. El bulking consiste en un fango voluminoso de pocas características de sedimentabilidad y de compactibilidad. Existen dos causas para este fenómeno uno corresponde a la presencia de organismos filamentosos y el otro es causado por el agua embebida en el flóculo, en este último, las células se hinchan con agua hasta el punto que se reduce su densidad y no sedimentan. Para el control del bulking es necesario analizar las características del agua residual, el contenido de oxígeno disuelto, cargas de los procesos, caudal de bombeo de los fangos de recirculación, microbiología del proceso, sobrecargas internas de la planta y el funcionamiento de los decantadores.

El fango ascendente consiste en un fango con buenas características de sedimentabilidad que sin embargo después de un período flota hacia la superficie. Esto ocurre como consecuencia de procesos de desnitrificación, transformación de nitritos y nitratos a nitrógeno gas. Este gas permite que los sólidos asciendan hacia la superficie.

Es importante mantener una adecuada tasa de retorno de lodos para permitir un tiempo suficiente de digestión de las bacterias en el sedimentador. Que no exista un control en relación a esta tasa puede provocar que los ciclos de asimilación y de digestión puedan mezclarse, si esto ocurre la masa bacteriana no sedimentará adecuadamente y un sobrenadante turbio saldrá por el vertedero.

Es necesario conocer la producción de diaria fango activado, ya que un exceso altera la relación alimento/ microorganismo y el tiempo medio de retención celular. Ambos son factores críticos para asegurar un alto grado de tratamiento.

Según el manual de operación de Ecosystem [15], cuando los test indiquen que haya que purgar o remover lodo, este se remueve por 15 minutos, el cual corresponde a un tiempo arbitrario.

Se ha detectado que los operadores no usan ningún método confiable (cualitativo ni cuantitativo) para ajustar el retorno de lodos de manera de mantener una buena mezcla de lodos activados en las cámaras de aireación y para no retener una cantidad excesiva de lodo sedimentado en el fondo de las tolvas de los estanques de sedimentación. La misma observación es aplicable a la purga de lodos.

Digestor de Lodos

Al igual que en el sistema de aireación el comportamiento en el suministro del aire es el mismo, se beneficia la digestión de lodos empleando los 12 difusores permitiendo una mayor distribución del aire en el tanque evitar que se generen zonas anaerobias dentro de éste.

La aireación del lodo además de evitar el desarrollo de condiciones sépticas, favorece el mezclado del lodo y por ende una mejor digestión.

Según Ecosystem [15], el estanque digestor debe permanecer con agua a 20 cm. con el fin de evitar descompensaciones en el sistema de aireación y para proteger lo difusores del deterioro.

Además de llegar el lodo purgado también llega a este estanque líquido de mezcla el cual cae por simple reblase de la cámara de aireación, lo cual permite la incorporación de materia orgánica para su digestión.

Al parecer no existen análisis de la composición del lodo para así evaluar la mejor alternativa de disposición. El acopio de éste en una zanja sin revestimiento provoca la infiltración del líquido pudiendo contaminar posibles napas subterráneas, las que pueden encontrarse en el lugar ya que el emplazamiento de la planta esta contigua a el lecho de un estero de régimen endorreico. Se debe recordar que el desconocimiento de la composición de las características del lodo en términos de metales pesados compromete el uso de este recurso, debido a las condiciones agrícolas de esta zona. Se hace notar que la presencia de metales pesados en el lodo presenta problemas para su utilización como recuperadores de suelo.

Sistema de Desinfección

La desinfección requiere, dependiendo del tipo de agua, un mayor o menor período de contacto y una mayor o menor dosis del desinfectante. En cada caso deberá ser determinada la dosis mínima requerida para que permanezca un pequeño residuo libre que asegure un agua exenta en cualquier momento de agentes patógenos vivos. Uno de los elementos más utilizados para la desinfección del agua es el cloro en forma líquida o gaseosa.

El cloro es un elemento muy corrosivo y por lo tanto se debe tener precaución en su manejo; adicionalmente los equipos empleados deben ser de materiales resistentes a la corrosión.

La cantidad de cloro requerida para efectuar la desinfección (dosificación) o cualquier otro tipo de tratamiento depende de:

- la demanda de cloro en el agua,
- tipo y concentración de cloro,
- el tiempo de contacto del cloro en el agua,
- la temperatura del agua y
- la naturaleza y volumen del flujo a tratar.

La demanda de cloro se define como la diferencia entre la cantidad de cloro aplicada al agua y la cantidad de cloro libre residual, combinado residual o total resultante al final de un específico período de contacto.

Las diferentes sustancias presentes en el agua, influyen en la demanda de cloro. Por lo tanto es necesario aplicar suficiente cloro no solo para destruir organismos, sino también para compensar el cloro consumido por esas sustancias.

Actualmente se utiliza cloro en forma de pastillas. Uno de los problemas asociados a la utilización de cloro en estado sólido, consiste en la solubilidad de éste en el agua, ya que ésta depende del caudal de salida.

Cámara de Decloración

El objetivo de la decloración consiste en la eliminación de la totalidad del cloro combinado residual para reducir los efectos tóxicos de los efluentes descargados a los cursos de agua receptores.

Con respecto a la necesidad de este tratamiento se realizaron pruebas en terreno con un kit medidor de cloro libre, el que funciona con método DPD donde la intensidad del color varía de acuerdo con la concentración de cloro residual. No se observó ninguna coloración en la muestra tomada del efluente, lo que se interpreta que las concentraciones de cloro libre son mínimas y por ende no es necesario este tratamiento.

A continuación se presenta la matriz causa efecto con la puntuación para cada operación unitaria:

Matriz 1. Causa y Efecto de las operaciones unitarias involucradas en la planta

Operación Unitaria	Cumple su función	Causa	Efectos	Evaluación numero de efecto/mportancia	Resultados
Desbaste	Parcialmente	Arena	Aumenta el trabajo de los operarios en términos de limpieza	1/3	3
		Separación entre barras	Aumenta el trabajo de limpieza en las instalaciones posteriores de tratamiento Aumenta la materia orgánica en la cámara de aireación Obstrucción del desnatador en la cámara de sedimentación Salida de desperdicios por el efluente	4/3	12
Desarenado	Parcialmente	Poca capacidad de decantación	La arena, ingresa a las posteriores etapas de tratamiento disminuyendo la eficacia en el tratamiento, y la vida útil de los equipos	1/3	3
Cámara Divisora	No	Planta A menor caudal que Planta B	Aumenta el trabajo de mantención para la Planta B. Mayor exigencia en el tratamiento a la Planta B y por ende los equipos de esta deben trabajar al doble	2/3	6
Cámara de Aireación	Parcialmente	Alta relación F/M	Baja eficiencia en la remoción de DBO. Mayor consumo de oxígeno	2/3	6

Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental
Propuesta de Mejoramiento para la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
de la Ilustre Municipalidad de Olmué, Provincia de Quillota.

Aireación		Bajo número de difusores	Dificulta la distribución homogénea del aire Mayor exigencia de los sopladores Dificulta la mezcla del líquido de mezcla	3/2	6
		Baja concentración de OD	Desfavorece la digestión del sustrato por parte de los microorganismos	1/3	3
Cámara de Sedimentación	Parcialmente	Basura por vertedero	Basura en el efluente	1/3	3
		SS por vertedero	Turbidez en el efluente Disminución en los efectos de la desinfección, cloro residual Alteración de las condiciones del cuerpo receptor	3/3	9
		Lodo por vertedero	Disminución en los efectos de la desinfección, cloro residual	1/3	3
Cámara de digestión de lodos	Parcialmente	Bajo número de difusores	Dificulta la distribución homogénea del aire Baja estabilización del lodo Putrefacción del lodo	3/2	6
		Disposición del lodo digerido.	Disminuye la factibilidad de su posterior utilidad	1/3	3
Desinfección	No	Baja concentración de cloro libre	Nula eficiencia en el sistema de desinfección Nula posibilidad de utilización Alta de microorganismos infecciosos en el efluente	3/3	9

De acuerdo a lo anterior, se identifican como puntos críticos en el tratamiento del agua servida, aquellas operaciones con un puntaje superior o igual a 9, las cuales son: desbaste, cámara de sedimentación y desinfección. Sin embargo, considerando el efecto sobre las posteriores unidades de tratamiento, el desarenado también se considera como punto crítico.

Aunque la cámara divisora no cumple con su función se determina que, ésta no se considera dentro de las propuestas, debido a que esto se regularizará con la futura construcción de la tercera planta.

Si bien es cierto que los principales agentes que dificultan la mantención de la planta es la basura, la arena y grasa, se considera que la basura y la arena son más importantes, ya que la grasa es succionada en la cámara de sedimentación.; por lo tanto se prioriza proponer un sistema adecuado para éstas. Indirectamente asociada a los puntos críticos, se considera un tratamiento para el lodo lo cual aumenta la posibilidad, en el futuro, de encontrar una utilidad para éste.

Una dificultad importante que afecta el tratamiento de las aguas servidas, su control y a la vez el tratamiento en sí entregado por la PTAS tiene relación con el presupuesto disponible ya que no existe un cobro por concepto de tratamiento de aguas servidas a la comunidad por parte de la I. Municipalidad que es la institución que realiza el tratamiento. Esto tiene estrecha relación a un conflicto administrativo entre la I. Municipalidad, como dueña y explotadora de la PTAS y la Cooperativa de agua potable de la comuna, como prestadora de servicios de agua potable, alcantarillado y recolección, la que sí posee capacidad de cobro. Esto causa que la I Municipalidad tenga menos recursos para invertir para que la PTA logre un eficiente tratamiento al efluente.

Otra propuesta que si bien no se considera dentro de los objetivos consiste en disminuir los gastos de consumo de la planta, es decir la energía suministrada a ésta.

7 PROPUESTAS

Luego de evaluar el funcionamiento de la PTAS se han definido los puntos críticos que se presentan en el proceso de tratamiento, de manera de corregir las causas de estos problemas y sus efectos en la calidad del efluente es que se proponen las siguientes soluciones.

Por otro lado, el punto 5 del DS 90/00 señala que las fuentes emisoras existentes al promulgarse la norma tendrán un plazo máximo de 5 años para que cumplan con los límites máximos permitidos por ella, considerando lo anterior, la PTAS se encuentra dentro del plazo mencionado, por lo cual se amerita evaluar la ejecución de las propuestas a continuación presentadas.

7.1 Cámara de Desarenado

La sedimentación de arenas es considerada Tipo I, [2], donde las partículas sedimentan como entidades particulares y donde no existen interferencias significativas con las partículas.

Con el fin de retener las arenas que ingresan a la planta de tratamiento, se ha diseñado un desarenador de flujo horizontal tipo canal. Este desarenador opera con velocidades cercanas a 0,3 m/s proporcionando tiempo suficiente para que las partículas sedimenten en el fondo del canal [17].

El desarenador se caracteriza por tener 2 canales tipo parabólico y por retener partículas de diámetro 0,1 mm.

A continuación se presentan los cálculos a realizar para diseñar el desarenador, los cuales son propuestos por la siguiente bibliografía [18] :

Cálculo caudal de diseño:

Para el caudal de diseño se considera la capacidad total de la planta. Actualmente la planta tiene una capacidad de 8.000 habitantes; sin embargo con el Proyecto Construcción Tercer Módulo Planta de Tratamiento, ésta aumenta a 12.000 habitantes.

El caudal de diseño se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$Q_d = \frac{Q * FP}{n} \quad \text{Ecuación 7.}$$

Donde:

Q_d : corresponde al caudal de diseño en m^3/s .

Q : corresponde al caudal medio de la planta.

FP : corresponde al factor punta que para este caso sería igual a 3.

n : número de canales que sería igual a 2.

Cálculo caudal medio:

Para el cálculo del caudal medio se considera un total de 3000 UD lo cual incluye la Tercera Planta.

$$Q = (N^{\circ} \text{UD} * \text{Hab}) * \text{dotación} * \text{coeficiente de recuperación} \quad \text{Ecuación 8.}$$

Donde:

Q : caudal medio, m^3/d .

$N^{\circ} \text{UD}$: corresponde al número de uniones domiciliarias, 3000 UD, capacidad total del sistema propuesto (tres módulos9).

Hab : corresponde al número proyectado de habitantes por uniones domiciliarias, 4 [10].

Dotación: 200 lt/s.

Coefficiente de recuperación: 0,8.

Reemplazando los valores en la ecuación 8, se tiene que el caudal medio es de $1920 m^3/d$.

Entonces se tiene que, el caudal de diseño es:

$$Q_d = \frac{1920 * 3}{2 * 24 * 3600} = 0,03 m^3/s.$$

A continuación, el área de una canal parabólico es igual a $A = 2/3 WH$, donde W es el ancho y H la altura. Además $A = Q/V$, donde Q es el caudal y v la velocidad de paso recomendada, igualando ambas expresiones y reordenando se tiene:

$$H = \frac{3*Q}{2*v*W} \quad \text{Ecuación 9.}$$

Por medio de la ecuación anterior se puede calcular la altura necesaria en cada canal para el caudal punta y mantener la velocidad recomendada en cada sección. Buscando una combinación para W y H , que no sea ni poco profunda ni poco ancha, ni muy profunda ni muy angosta, se asume un ancho de canal de 0,3 m y una velocidad de paso recomendada de 0,3 m/s.

$$H = \frac{3*0,03}{2*0,3*0,3} = 0,5 \text{ m.}$$

Siguiendo el procedimiento propuesto [18], se asume un 10% de pérdida de la carga en la sección.

$$VC = \sqrt{\frac{2gH}{3,1}} \quad \text{Ecuación 10.}$$

Donde:

VC : velocidad de paso en m/s.

g : constante de aceleración de gravedad, 9,81 m/s².

H : altura en metros, 0,5 m.

Reemplazando se tiene que VC es igual a 1, 8 m/s.

A continuación se estima la sección de control, a través de:

$$dc = \frac{vc^2}{g} \quad \text{Ecuación 11.}$$

Donde

vc : velocidad de paso, 1,8 m/s.

g : constante de aceleración de gravedad, 9,81 m/s².

Lo cual da una sección de control de 0,3 m. También se debe calcular el ancho de la sección de control mediante la siguiente ecuación:

$$w = \frac{Q}{vc * dc} = 0,05 \text{ m.} \quad \text{Ecuación 12.}$$

Considerando lo anterior se determinan las alturas y anchos de canal para distintas condiciones de flujo, esto es a caudal medio (Q) y en caso de que uno de los canales se encuentre fuera de servicio, por limpieza.

Para caudal medio:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{n} \quad \text{Ecuación 13.}$$

Donde:

Q = caudal medio, 0,02 m³/s.

n = número de canales del desarenador, 2.

Se obtiene que \bar{Q} es igual a 0,01 m³/s.

Despejando y reordenando la Ecuación 12, se tiene que la sección de control (dc), para estas condiciones, es de 0,1 m.

Y la altura media será:

$$H_{1/2} = \frac{3,1}{2} * dc = 0,15 \text{ m.} \quad \text{Ecuación 14.}$$

Despejando la Ecuación 9 en términos de W y reemplazando el valor de 0,15 m donde corresponde se tiene que:

$$W = \frac{3 * 0,01}{2 * 0,15 * 0,3} = 0,3 \text{ m}$$

Para un canal fuera de servicio:

$$\tilde{Q} = \frac{Q * FP}{n} \quad \text{Ecuación 15.}$$

Donde :

Q = caudal medio, 0,02 m³/s.

FP = factor punta, 3.

n = número de canales del desarenador, 1.

De lo anterior se obtiene que \tilde{Q} es igual a 0,06 m³/s. Siguiendo el mismo esquema anterior se tiene que $d_c = 0,6$ m y $H_c = 0,9$ m, donde H_c es la altura del canal.

Para el ancho del canal se tiene que:

$$W_c = \frac{3 * \tilde{Q}}{2 * H_c * V_r} \quad \text{Ecuación 16.}$$

Donde

W_c = corresponde al ancho del canal, m.

\tilde{Q} = caudal para un canal, 0,06 m³/s.

H_c = altura del canal en metros 0,9 m.

V_r = velocidad recomendada 0,3 m/s.

Reemplazando se tiene que $W_c = 0,3$ m.

Para determinar el largo del canal, se diseña para remover material particulado de tamaño 0,1 mm, por lo tanto la velocidad de sedimentación de acuerdo a la Ley de Stokes es:

$$VS = \frac{g(Ps - Pa)}{18u} d^2 \quad \text{Ecuación 17.}$$

Donde

g = constante de gravedad de 9,81 m/s.

Ps = peso específico de la partícula, 2,65.

Pa = peso específico del agua 1.

u = viscosidad del agua a 18° C 0,01007 cm²/s.

El peso específico de la arena varía entre 2,7 si el contenido de materia inerte es elevado y de 1,3 si existe una gran cantidad de materia orgánica adherida a la materia inerte. [16]. Como sólo se desea retener en el desarenador materia inerte se utiliza un peso específico 2,7.

Reemplazando los valores en la expresión anterior $VS = 0,54$ m/min.

Entonces, $L = t * v$

Donde

L = largo del canal en metros, m.

t = tiempo de residencia hidráulico en segundos, s.

v = velocidad recomendada 0,3 m/s.

A su vez $t = H / VS$

Donde

H = corresponde a la altura necesaria para el caudal punta 0,5 m.

VS = velocidad de sedimentación de la partícula 0,54 m/min.

$$T = \frac{0,5}{0,54} * 60 = 56 \text{ s.}$$

A continuación $L = 0,3 * 56 = 17 \text{ m.}$

Considerando un factor mínimo de seguridad del 25% para la longitud teórica del canal, debido a la turbulencia que se produce a la entrada y salida del canal [17], se tiene que:

$$L = 17 * 1,25 = 21,3 \approx 21 \text{ m.}$$

En general:

Tabla 23. Dimensiones específicas del desarenador

Dimensiones	Un canal fuera de servicio	Caudal Punta	Caudal Medio
Altura (m)	0,9	0,5	0,2
Ancho (m)	0,3	0,3	0,3
Largo (m)	21	21	21

Tabla 24. Dimensiones Principales para el desarenador

Largo (m)	21
Ancho (m)	0,3
Profundidad (m)	0,9
Nº de canales	2

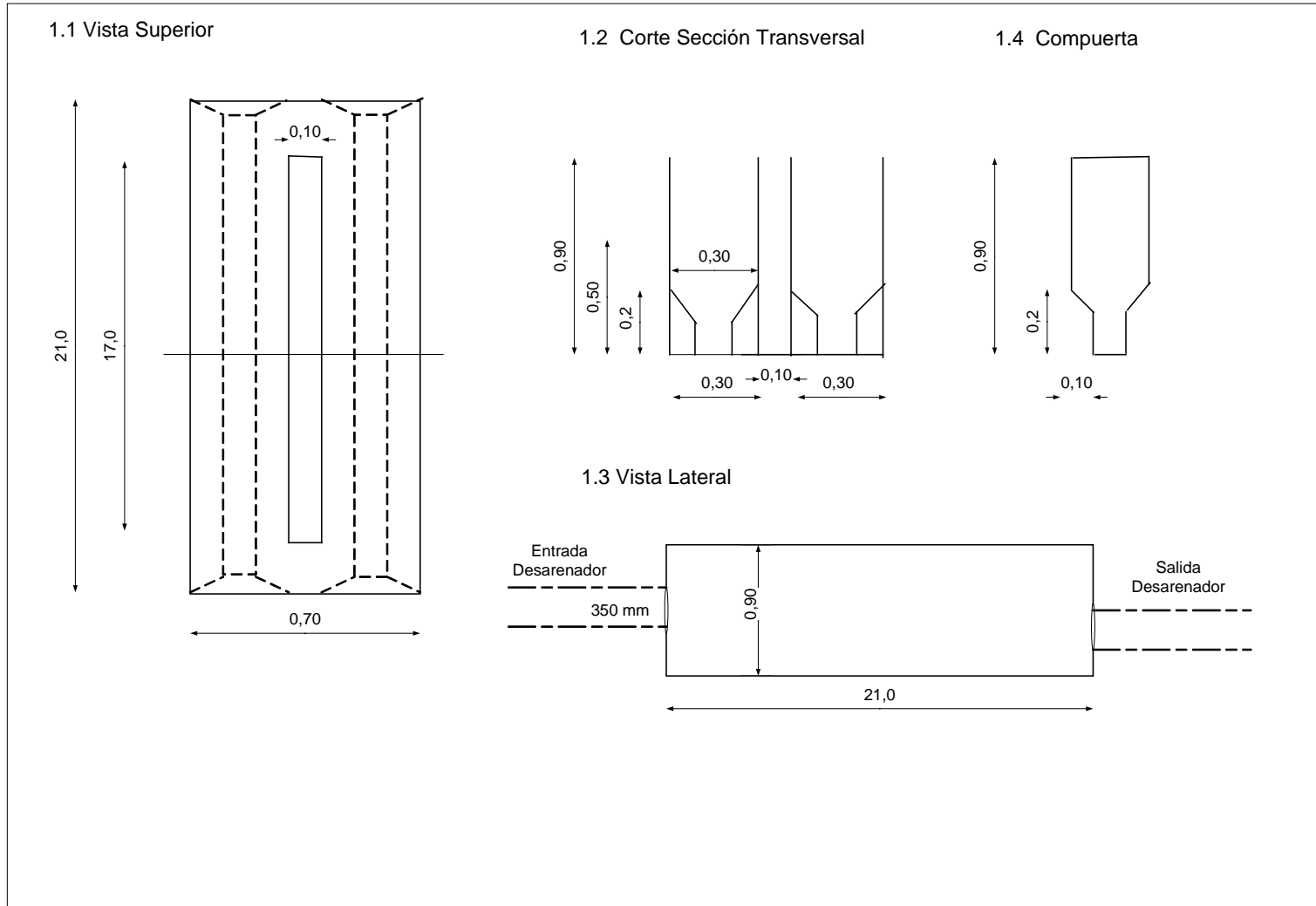
Para la limpieza del desarenador se han diseñado dos compuertas, las cuales impedirán el ingreso del agua, a uno de los canales del desarenador, durante esta operación.

Se considera que el desarenador se ubica previo al desbaste, uno por las dimensiones de éste, ya que no existe espacio disponible entre cámara de rejillas y

cámara elevadora y por la decantación de la arena en esta operación unitaria, como se menciona en la matriz 1, causa – efecto,

A continuación se representa un esquema del desarenador, para mayor detalle ver el plano L01-03.

Figura 26. Desarenador de flujo horizontal tipo canal



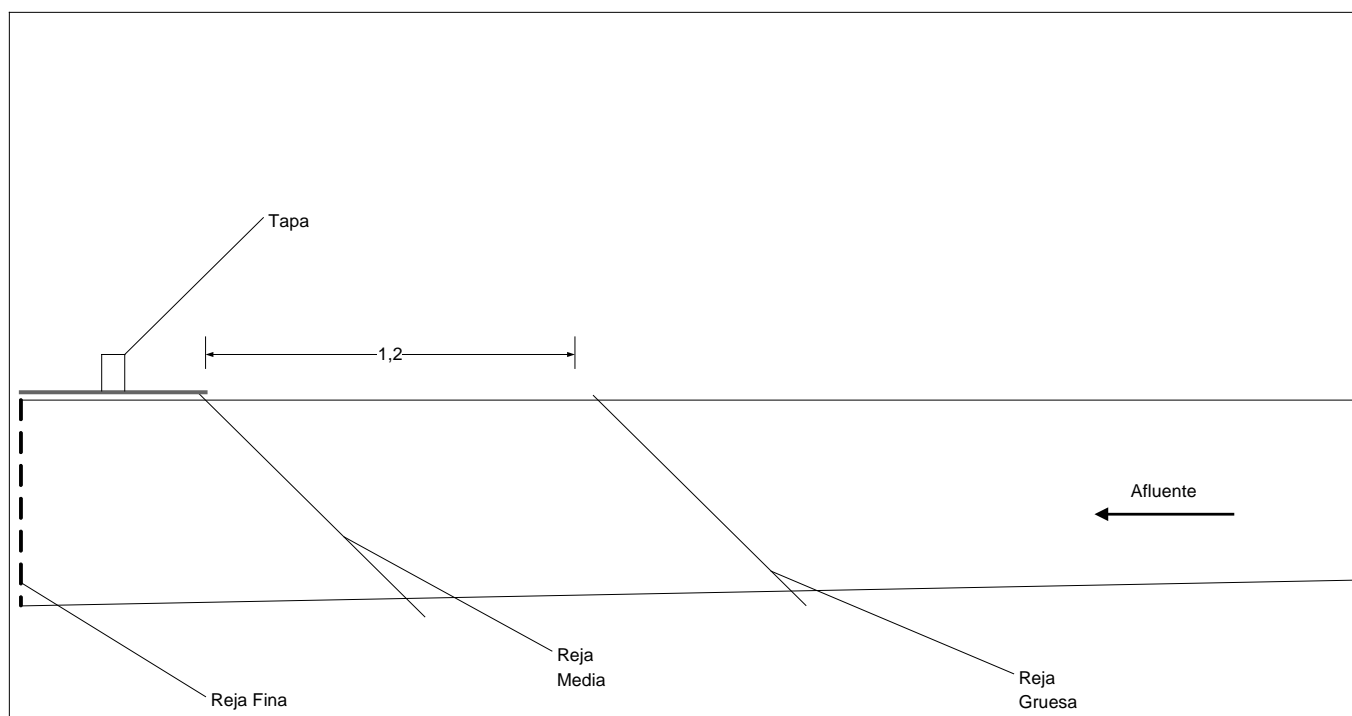
7.2 Desbaste

Con el objetivo de aumentar la retención de basuras y sólidos flotantes que ingresan a la planta, se propone modificar el diseño ya existente mediante la implementación de dos rejas de limpieza manual, así se permitirá retener sólidos y basuras de diverso tamaño que al entrar al proceso dañan equipos como las bombas, llegando a interrumpir el flujo en los conductos y a la vez interfieren en el proceso de tratamiento.

Así, el afluente al ingresar a la planta de tratamiento se encontrará con tres rejas consecutivas, gruesa, media y fina, que se caracterizan por su distinta separación entre barras.

La Figura muestra una vista lateral del sistema de desbaste.

Figura 27: Vista Lateral del sistema de desbaste.



Reja de limpieza Manual

Como se menciona anteriormente el sistema existente consiste en una estructura de hormigón y, en su interior, de una reja de limpieza manual de separación entre barrotes de una pulgada, lo que se clasifica como reja gruesa. Sin embargo esta separación, aunque concuerda con bibliografía [17], permite el paso de una gran cantidad de basura hacia las etapas posteriores de tratamiento.

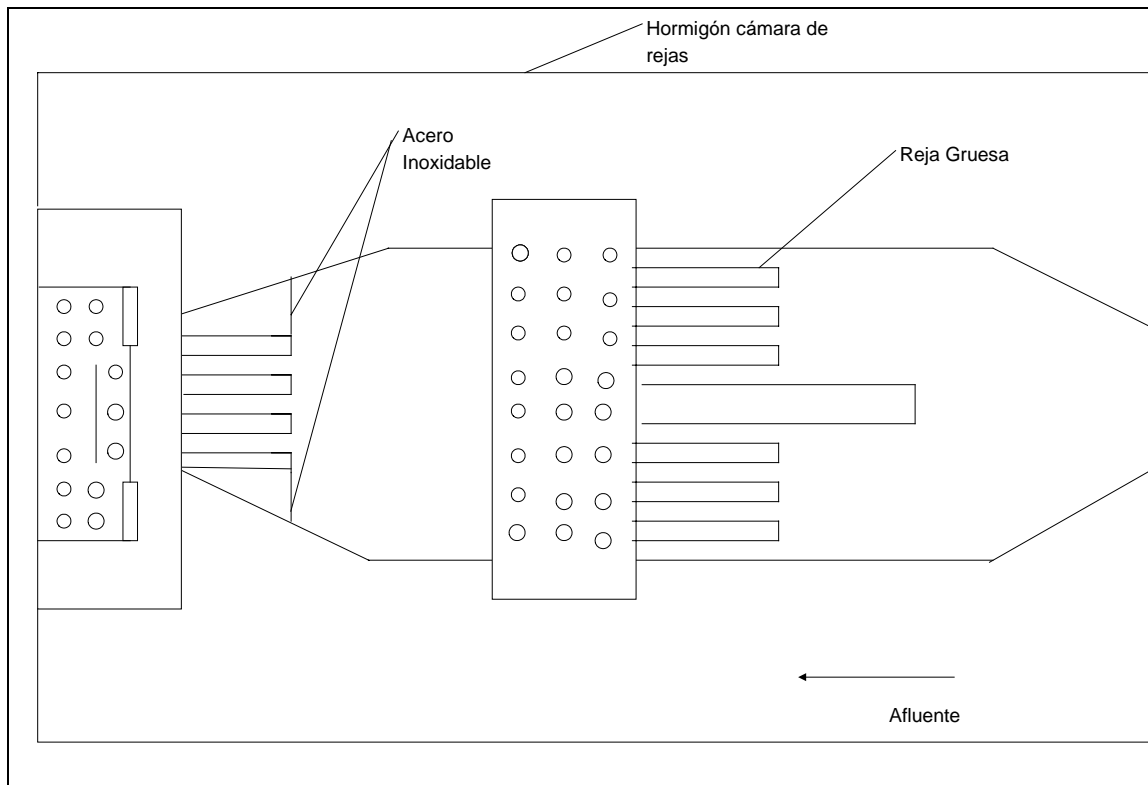
Reja Media

La reja a proponer, se encuentra diseñada para retener sólidos de tamaño igual a media pulgada. Esta reja media se ubica 120 cm, aguas abajo, de la reja existente en la planta.

La característica en el diseño consiste en que esta se apoya en el final del canal, lo cual protege la reja fina de inundaciones las cuales pueden ser provocadas por una falla en el sistema de bombas.

A continuación, se presenta en la Figura 28 la vista superior de cámara de rejas.

Figura 28: Vista Superior de Cámara de Rejas.



Para la limpieza de la tercera reja, se ha provisto en la plataforma de estruje de la reja media de una tapa, la cual permitirá retirar la reja fina.

Debido a que el canal no es recto, al colocar la reja, queda una abertura en diagonal hacia ambos lados, superior a la separación entre barrotes, este espacio será sellado con acero inoxidable a ambos lados.

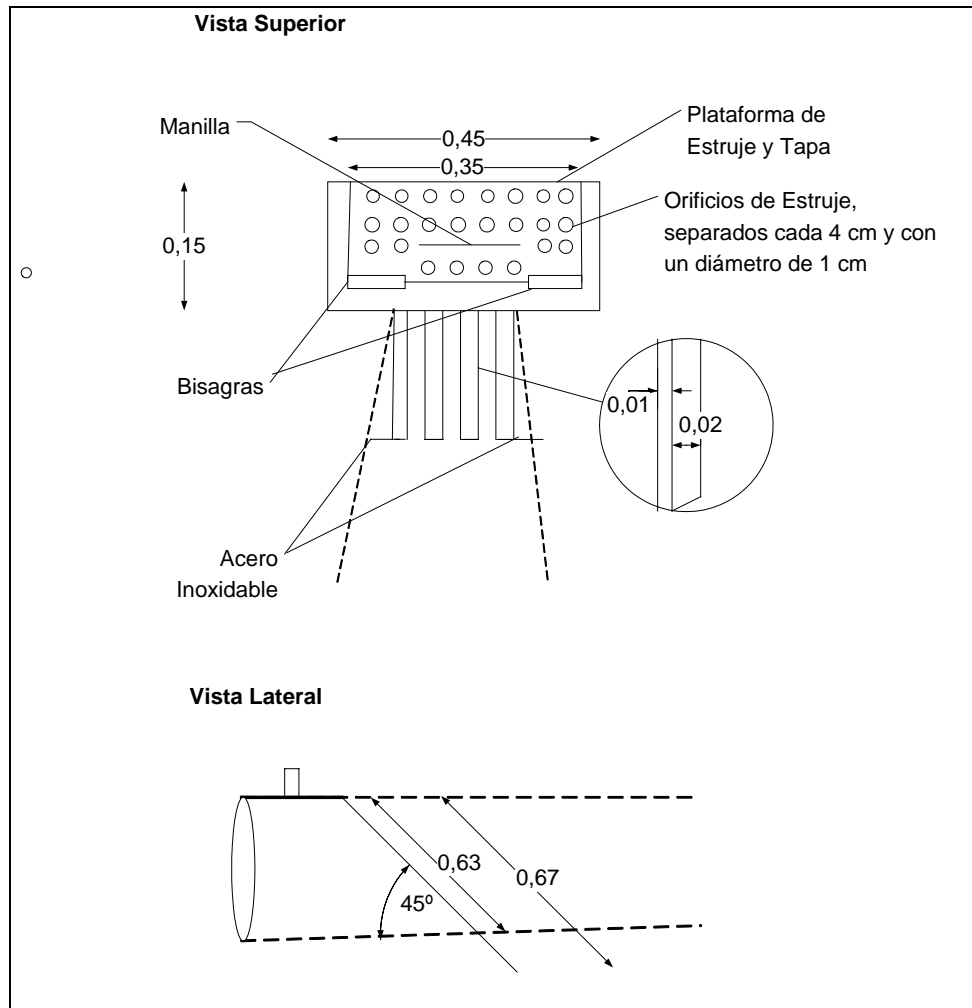
Dimensiones

Cada barrote tiene un largo de 62,6 cm, de medidas 1 x 2 cm y con un ángulo de elevación de 45° en relación a la vertical. La plataforma de estruje tiene dimensiones de 45 cm de ancho y 15 cm de largo, esta plataforma descansa sobre las murallas del canal de la cámara, y posee dos bisagras, lo cual permitirá levantar la tapa, para limpiar la tercera reja. Los orificios de estruje se distribuyen

sobre la plataforma a una distancia entre radio y radio de 4 cm y cada orificio tiene un diámetro de 1 cm (véase Figura 29)

Para mayor detalle ver Plano L02-03.

Figura 29 . Vista superior y lateral de la Reja Media con sus dimensiones.



Reja Fina

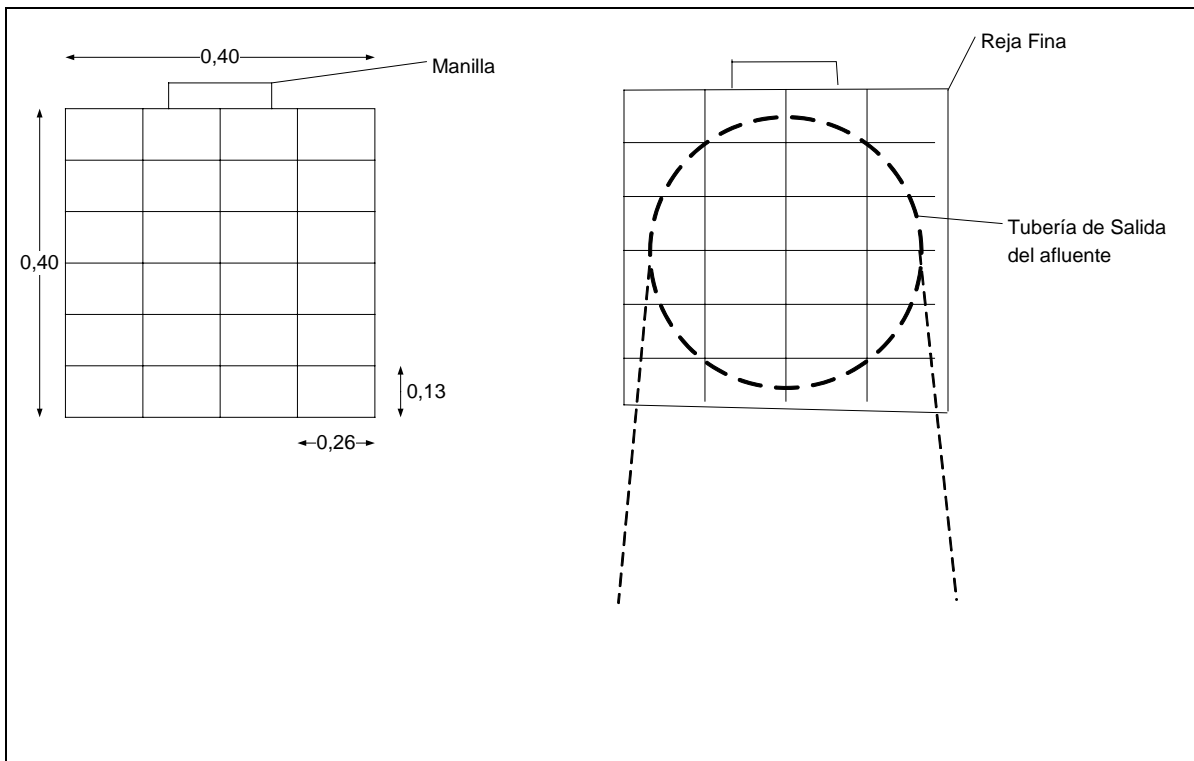
Descripción

Debido a la efectividad de la reja usada actualmente al final del canal, la tercera reja a proponer consiste en una modificación de la reja ya existente, en términos de dimensiones.

Dimensiones

Se mantiene su diseño cuadrículado, el ancho y el largo es de 40 cm cada uno. Por lo tanto los espacios de malla son de 2,54 x 1,27 cm (1 x 0.5 pulgadas), lo que permitirá atrapar una mayor cantidad de sólidos (véase Figura 30).

Figura 30. Reja Fina. A la izquierda se presentan las dimensiones de la reja. A la derecha se representa la reja fina en el canal



Operación

Las tres rejas son de limpieza manual, por lo que es necesario que el operario de la planta supervise el estado de las rejas, especialmente en las horas de caudal pico.

Las dos primeras rejas (gruesa y media) se limpian usando un rastrillo que toma los sólidos retenidos entre las rejas, luego de esto se deben depositar en las planchas de estruje para disminuir la humedad contenida en el desbaste.

Para la limpieza de la tercera reja debe abrirse la tapa incluida en la zona de estruje de la reja media y se retira la reja fina en forma vertical.

A continuación se resumen las características para la primera y segunda reja

Tabla 25. Resumen de las dimensiones de las rejas manuales.

Característica	Primera Reja	Segunda Reja
Tamaño de la barra:		
Ancho, cm	1,0	1,0
Profundidad, cm	2,5	2,0
Largo, cm	42	62,6
Separación entre barras, cm	2,5	1,3
Pendiente en relación a la vertical, grados	45	45
Plataforma de estruje:		
Ancho, cm	91	45
Largo, cm	81	15
Orificios de estruje:		
Diámetro, cm	1,0	1,0
Separación entre orificio	4,0	4,0

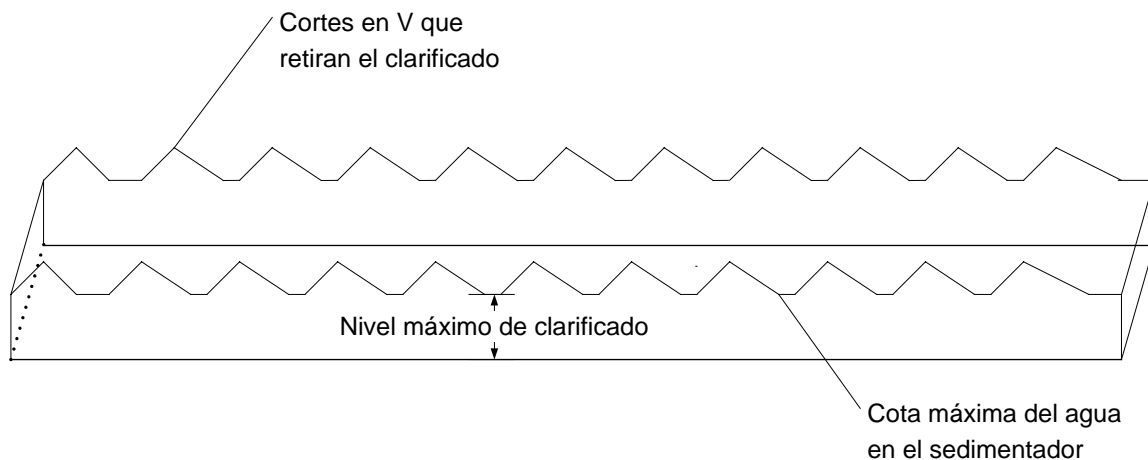
Los residuos retirados deben disponerse en un contenedor especial para ello y no disponerlos en la zanja actual.

7.3 Cámara de Sedimentación

El propósito de esta cámara es sedimentar los lodos activados que llegan de los estanques de aireación, para así obtener un efluente clarificado y que cumpla con la normativa vigente.

El clarificado es llevado hacia la cámara de cloración por canales de vertedero ubicados en cada estanque de sedimentación de la Planta (véase Figura 31), este canal está protegido por un deflector de aluminio.

Figura 31. Vista en perspectiva de un canal de vertedero



Descripción

Con el fin de minimizar la cantidad de biomasa que sale por el efluente producto de la inundación de los canales de vertedero, es necesario subir cada canal de vertedero, ajustándolos a la cota máxima del agua.

A su vez se propone una mantención a los canales, sellándolos, con el fin de no permitir que se infiltre el agua por debajo del nivel del agua clarificada.

También se debe hacer una mantención a los deflectores de aluminio, reparándolos y volviéndolos a su forma original, esto ayudara a disminuir los sólidos flotantes que pasan a las cámaras de cloración.

7.4 Sistema de Desinfección

De acuerdo a los resultados de laboratorio, la planta de tratamiento no cumple con los límites permisibles para coliformes fecales según DS 90/00, el cual establece 1.000 Microorganismos en 100 ml. Por lo tanto se considera cambiar el sistema de desinfección existente por un sistema de cloración líquida. Si bien la desinfección con pastillas de cloro es un método habitual de desinfección se debe considerar que la solubilidad de éstas en el agua, depende del caudal de salida. Además el sistema propuesto permite aumentar la concentración de cloro en caso de que éste no sea suficiente o disminuir la dosificación si se está aplicando en forma innecesaria.

El sistema a utilizar consiste en la aplicación de Hipoclorito de Sodio (NaOCl) en Solución al 10 %, el cuál es aplicado por una bomba dosificadora al efluente secundario. Para lograr la eliminación efectiva de los coliformes en el agua tratada la cámara de cloración también será modificada.

Para elegir el tipo de bomba es necesario determinar la dosificación volumétrica de cloro requerida. Para ello se estima el consumo de desinfectante en función de la cantidad de microorganismos a destruir.

– Cálculo de la Concentración de cloro inicial

La cantidad de cloro residual se obtiene a partir de [2]

$$\frac{N}{N_0} = (1 + 0,23 * Cr * t)^{-3} \quad \text{Ecuación 18.}$$

Donde:

Cr = concentración de cloro residual en mg/l.

N = microorganismos en 100 ml que se desean tener necesitan al final de esta etapa, según DS 90/00, 1.000 mo/100 ml.

No = microorganismos en 100 ml a tratar.

T = tiempo de contacto necesario, 30 minutos, [2]

El agua proveniente del estanque de aireación contiene una cantidad de 10^7 microorganismos por 100 ml [2]. Por lo tanto se asume como $N_0 = 10^7$.

Reemplazando los valores correspondientes en la Ecuación 18 se obtiene que la concentración de Cloro residual necesaria es 2,98 mg/l.

El cloro residual se relaciona con su concentración inicial de la siguiente manera [19]:

$$C_r = 0,7 * C_i * e^{-0,003t} \quad \text{Ecuación 19.}$$

Donde:

C_i = concentración de cloro inicial en mg/l.

C_r = concentración de cloro residual en mg/l.

t = tiempo de contacto necesario, 30 minutos, [3]

Despejando la Ecuación 19, se tiene que

$$C_i = \frac{2,98}{0,7e^{-0,003*30}} = 4,66 \text{ mg/l}$$

Por lo tanto la concentración de Cloro inicial necesaria es de 5 ppm.

- Dosificación Volumétrica de NaOCl al 10 %.

A partir de los caudales obtenidos en los Monitoreos 1 y 2 se obtiene los caudales de salida para cada cámara cloradora. Obteniendo un caudal medio de 3,5 l/s y un caudal punta de 6 l/s.

De acuerdo a la siguiente expresión se procede a calcular el volumen necesario de NaOCl al 10 %.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \quad \text{Ecuación 20.}$$

Donde:

C_1 = concentración de NaOCl al 10%, 100.000 mg/l.

V_1 = volumen necesario de NaOCl, en l.

C_2 = concentración de cloro inicial 5 mg/l.

V_2 = caudal de entrada a la cámara de cloración 3,5 l/s.

Despejando V_1 , y sustituyendo los valores correspondientes se obtiene que se necesita dosificar 0,175 ml/s de NaOCl al 10 %.

De acuerdo a lo anterior para un mes se necesitan 454 litros de NaOCl por planta, como son dos plantas, 907 litros. Sin embargo realizando los mismos cálculos para caudal punta se tiene que para las dos plantas se necesitan 1555 litros. Por lo tanto se debe comprar mensualmente, 2 m³ de NaOCl al 10%.

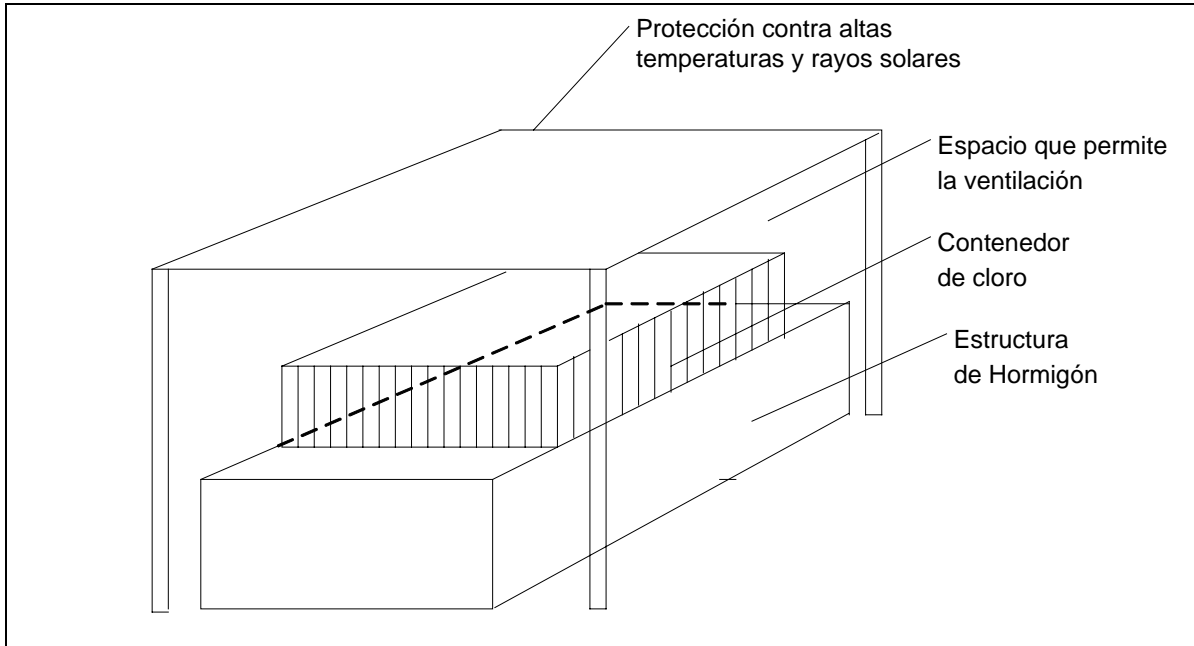
Disposición y Manejo.

Para lograr una mejor accesibilidad del cloro líquido hacia ambas plantas, se dispone entre la separación de las cámaras cloradoras de cada planta.

El cloro está contenido en un estanque de 2.000 litros (véase Figura 32), suministrando cloro a ambas plantas mediante dos bombas dosificadoras, una para cada planta (véase Figura 33). Luego de un mes, la reposición del estanque se encuentra a cargo de la empresa proveedora.

El estanque se posa sobre una estructura de hormigón de 1 m de alto, altura necesaria para el intercambio de estanque por la empresa proveedora. No es necesario construir una sala de almacenamiento, ya que este tipo de sustancias requieren una buena ventilación, sin embargo es necesario proveer de un techo que impida la exposición directa al sol del producto, ya que esto afecta la composición química de la solución.

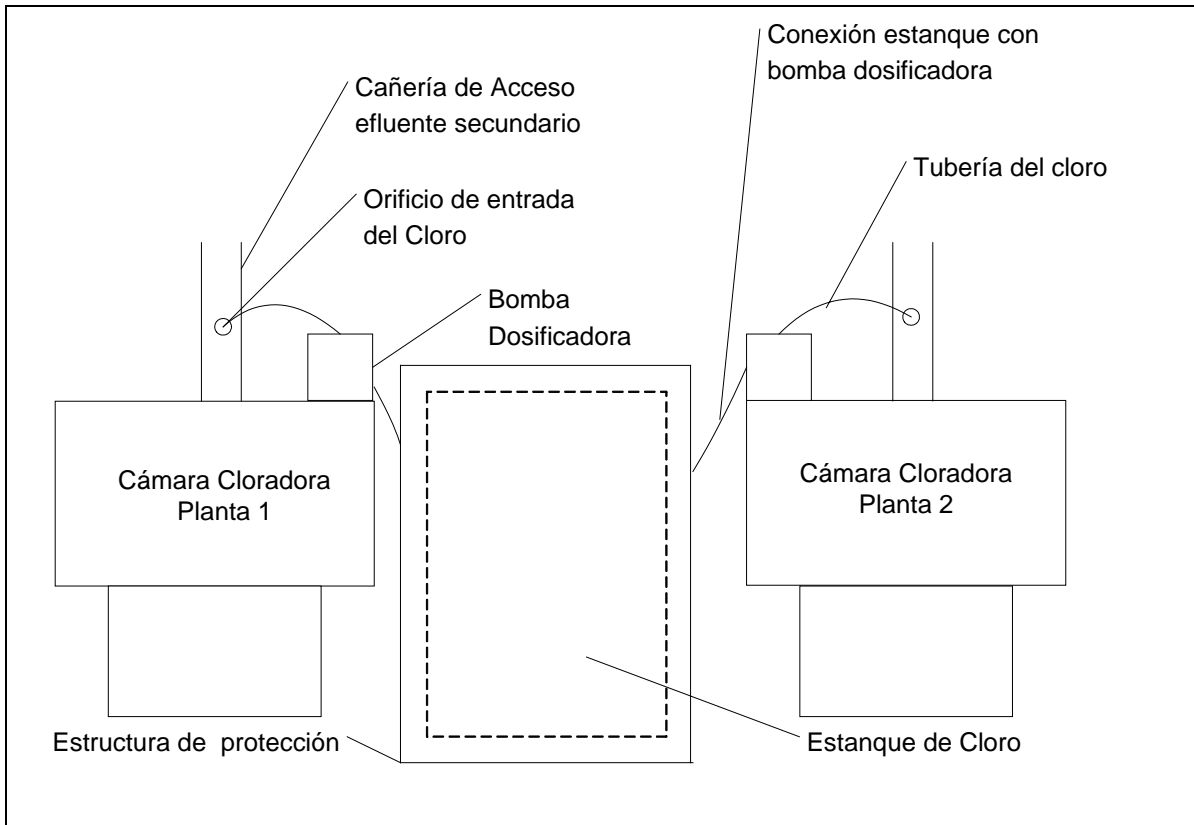
Figura 32. Lugar de ubicación indicado para el estanque contenedor de hipoclorito de sodio.



El líquido es llevado desde el estanque a la cámara mediante una bomba dosificadora de diafragma. La bomba ideal para manejar sustancias altamente corrosivas tiene la capacidad de ajustar la dosificación, pudiéndose lograr una dosificación proporcional al caudal, lo que asegura una mayor eficiencia desinfectante acorde al flujo de agua tratada que llega a la cámara de cloración.

El siguiente esquema representa la disposición del cloro y las especificaciones necesarias para su instalación.

Figura 33. Disposición de las bombas dosificadoras.



- **Modificaciones a la cámara de cloración**

Para implementar este sistema, se considera: retirar los cuatro cloradores actuales para pastillas que poseen cada una de las dos cámaras de cloración; e instalar dos pantallas deflectoras a modo laberinto. Las pantallas deflectoras, impiden la creación de cortocircuitos debido a la gran velocidad del agua con la que entra al estanque de cloración, así los deflectores permitirán reducir ésta velocidad [2], además asegura que el cloro causará el efecto deseado dentro del tiempo de residencia de la cámara de contacto.

Por cada cámara cloradora se disponen 2 pantallas deflectoras de permanit, las cuales dividen la cámara en tres sectores de 0,67 m de ancho cada uno. Estas pantallas se disponen cada una en murallas opuestas, ver Figuras 34 y 35. Las dimensiones de las pantallas corresponde a 3,92 m de largo por 2,15 m de alto, las que estarán sujetas en forma vertical con tres escuadras de sujeción (cada 0,4

m partiendo desde la línea superior) y de forma horizontal por un fierro angular de 300 x 300 mm, de 3 mm de espesor.

Figura 34. Vista superior, modificaciones en la cámara de cloración.

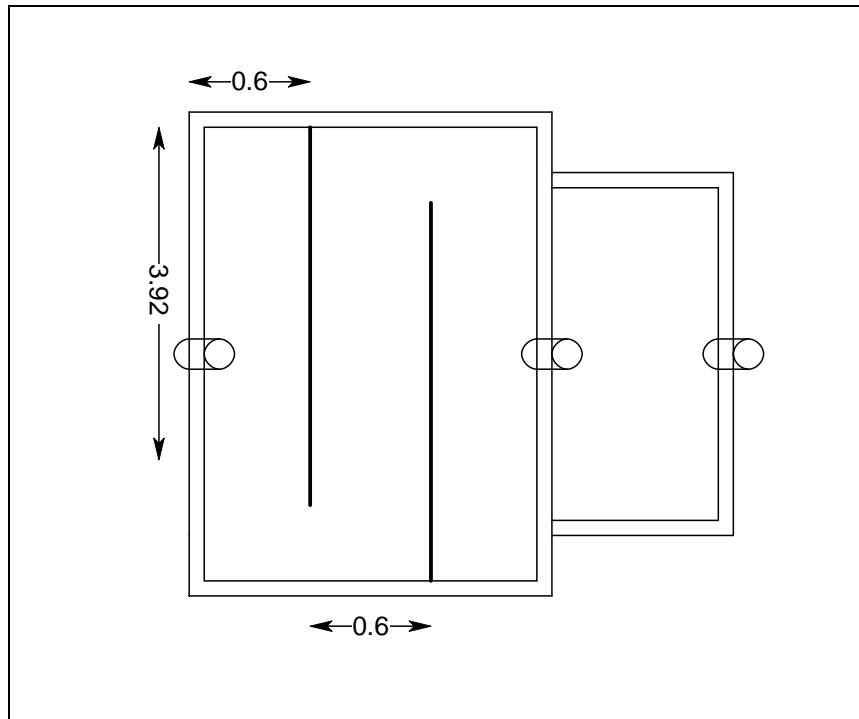
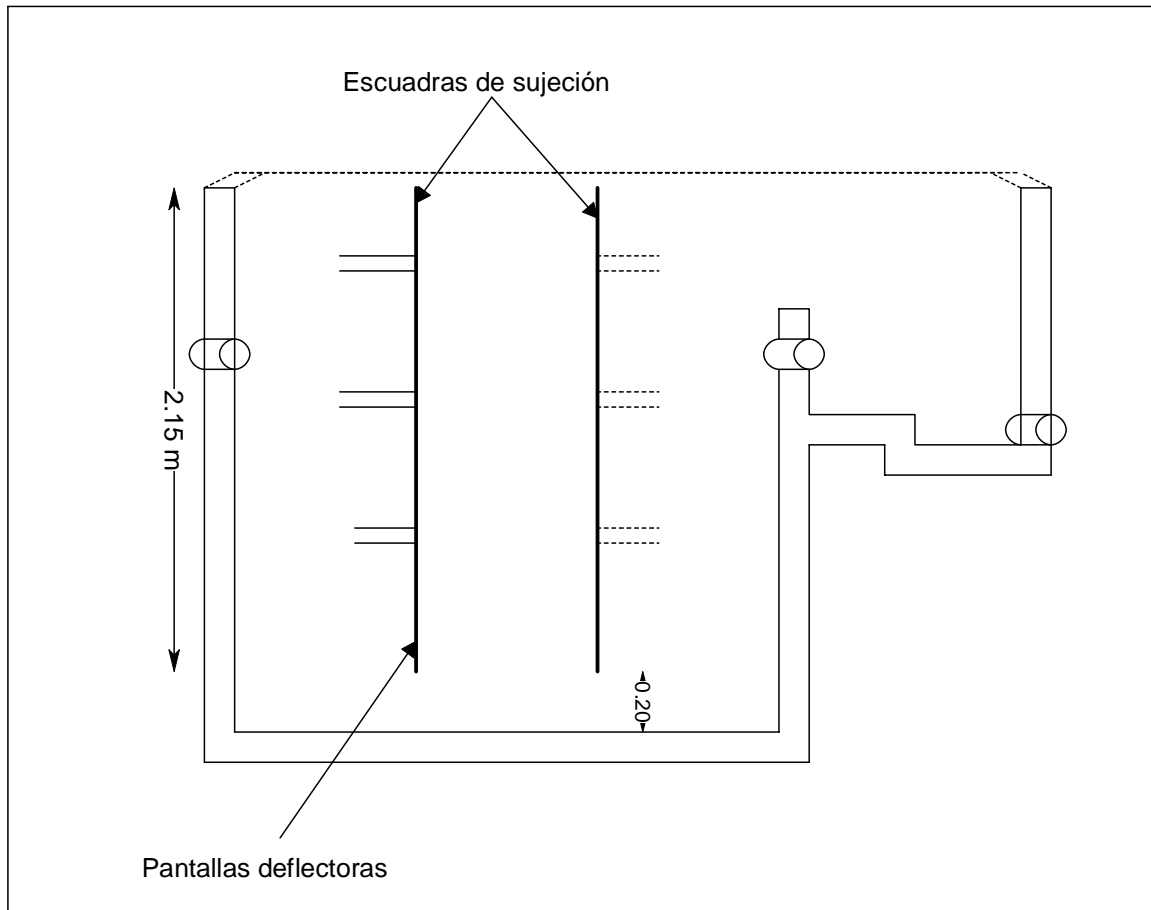


Figura 35. Vista lateral, modificaciones a la cámara de cloración.



7.5 Lechos de Secado

Como desecho normal de este tipo de tratamiento se generan lodos que son una mezcla de material bacteriano activo, sustrato y agua, cuya disposición se realiza actualmente hacia una zanja de acopio que carece de revestimiento. Con el fin de regularizar esto, y de aumentar las posibilidades de dar un uso a estos lodos generados se presenta una propuesta de estabilización y secado de los lodos mediante lechos pavimentados de secado

Descripción

Este tipo de tratamiento de lodo, usa como principal energía de secado la radiación solar y la temperatura ambiente, así se logra evaporar la mayor cantidad de agua contenida en el lodo; existe otra porción de agua que no se evapora y que es atrapada por infiltración desde el fondo de los lechos.

Una vez purgados los lodos hacia los digestores, a través de bombas, éste debe permanecer por 40 días en estaciones cálidas y por 60 días durante los meses más fríos [13]. Este es el tiempo necesario para que se consuma todo el sustrato disponible y las bacterias mueran, lográndose así la estabilización del lodo, si no se respetan estos tiempos el lodo se descompone en los lechos, generando atracción de vectores y malos olores. No debe realizarse este procedimiento después de lluvias, debido a la pérdida de biomasa originada por las lluvias.

Dimensiones

Para determinar las dimensiones de los lechos de secados es necesario realizar una serie de cálculos, los que se describen a continuación:

Para calcular el área total (A) de secado se utiliza la siguiente ecuación [17]:

$$A = \frac{1,04 * S \left(\frac{1 - S_d}{S_d} - \frac{1 - S_e}{S_e} \right)}{K_e * E_p * F} + P * A * F \quad \text{Ecuación 20.}$$

donde A = área del lecho (m)

S = producción de lodo, sólidos secos (kg/año).

S_d = porcentaje de sólidos secos después de la decantación, 0,096*.

S_e = porcentaje de sólidos secos para disposición final 0,7 [13]

P = precipitación anual, 0,261 (m/año).

F = factor de conversión (1.000 kg/m³).

K_e = factor de reducción para el lodo contra superficie libre de agua (0,6)
[17].

E_p = tasa de evaporación del agua libre, 1,07 (m/año) [17].

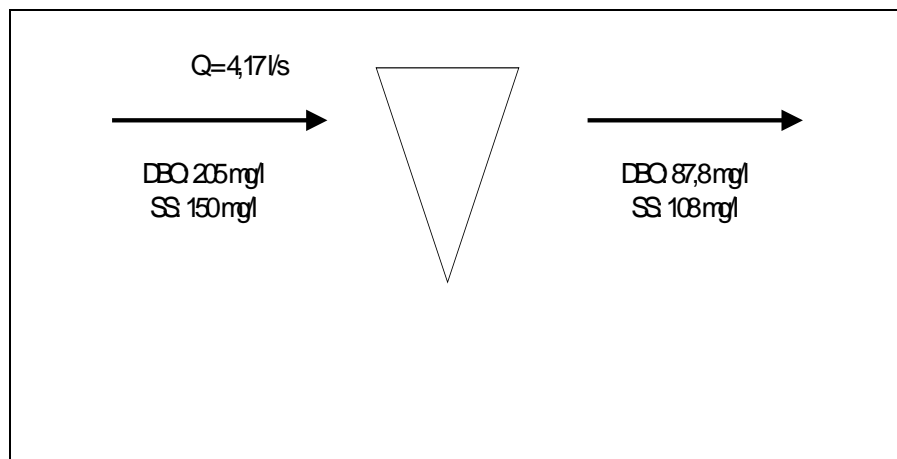
*De acuerdo a la humedad de lodo obtenida del monitoreo 3 (90,4%) se tiene que el porcentaje de sólido seco en el lodo es de 9,6 %, entonces para S_d el valor es 0,096.

– Estimación Producción de lodos seco

Para la estimación del lodo se utiliza como base de cálculo, los resultados obtenidos a partir del monitoreo 1, de la Planta A, línea 2, a la entrada de la planta y salida del sedimentador. El caudal a utilizar consiste en un promedio de los caudales registrados durante el período de duración del monitoreo.

El lodo se compone, como se menciona anteriormente de sustrato, microorganismos y agua. De acuerdo a lo anterior se tiene que:

Figura 36. Simplificación de un balance de masa para un sedimentador secundario.



Las fórmulas a utilizar son las siguientes:

- Estimación de la biomasa [2]

$$C_{\text{arga}} = \frac{C * Q * 3600}{1000} \quad \text{Ecuación 21.}$$

Carga: en gr/h

C: concentración obtenida a partir de los resultados de laboratorio en mg/l.

Q: caudal registrado a la entrada en l/s.

- Cálculo del porcentaje de remoción, de acuerdo a Ecuación 6.
- Cálculo de la carga orgánica en el sedimentador

$$C_s = C * \%R \quad \text{ecuación 22.}$$

Cs: carga orgánica retenida en sedimentador, gr/h

C: carga obtenida de la ecuación 18, en gr/h.

%R: porcentaje de remoción del sedimentador.

Utilizando una base de cálculo de 1 hora, se presentan los resultados obtenidos para la biomasa:

Tabla 26. Resultados para biomasa en términos de carga y remoción.

Parámetro	Masa a la entrada del sedimentador gr	Porcentaje de Remoción, %	Masa acumulada en sedimentador gr
DBO	3.077,5	57,2	1.760
SS	2.251,8	28	630,5

Estimación del volumen de agua presente en el lodo.

Para el siguiente balance de masa se supone que no existe alteración del resultado final por la sumatoria de sus componentes

$$VolE = VolL + VolC \quad \text{Ecuación 23.}$$

Vol E: volumen de agua a la entrada de la planta A, l.

Vol L: volumen de agua presente en el lodo, l.

Vol C: volumen de agua a la salida de la planta A, clarificado, l.

Volumen de agua presente en el clarificado

$$V = \frac{C}{c} \quad \text{Ecuación 24.}$$

Donde

C es la carga correspondiente en el clarificado, g

c es la concentración en el clarificado, g/l

Carga en el clarificado

$$Cc = Ci - Cs \quad \text{Ecuación 25.}$$

Ci: carga a la entrada de la planta, gr/h

Cs: carga presente en el sedimentador, gr/h

Utilizando una base de cálculo de 1 hora, la tabla resume los datos obtenidos a partir de las ecuaciones anteriores:

Tabla 27. Resultados para biomasa presente en el clarificado y en el lodo.

Parámetro	Cantidad en el clarificado gr	Volumen a la entrada de la planta A L	Volumen en el clarificado, Vol C L	Volumen en el lodo, Vol L L
DBO	1.317	15.012	15.000	12
SS	1.621,3	15.012	15.012	0

De lo anterior, se tiene que el volumen de agua corresponde a 12 litros. Se conoce que la densidad del agua es de 1 kg/l; por lo tanto en kilogramos, la masa de agua presente en el lodo es de 12 kg.

Entonces la masa de lodo presente en el sedimentador es de

$$ML = M_{\text{agua}} + MSS + M_{\text{DBO}} \quad \text{Ecuación 26.}$$

Donde

M_{agua}: masa correspondiente al volumen de agua presente en el lodo, 12 kg.

MSS: masa de sólidos suspendidos presente en el lodo, 0,63 kg.

M_{DBO}: carga de DBO presente en el lodo, 1,8 kg.

Reemplazando los valores correspondientes se tiene que la masa de lodo (ML) presente en el sedimentador es de 14,43 kg/h. Para conocer el volumen a que corresponde se considera la densidad (D) del lodo de 1,2 kg/l [5] en la siguiente fórmula:

$$D = \frac{M}{V} \quad \text{Ecuación 27}$$

donde D es la densidad (kg/l),

M es la masa (kg) y

V es el volumen (l).

Reemplazando los valores correspondientes se tiene que se producen 0,012 m³/h de lodo, que es lo mismo que 8,64 m³/mes de lodo, este resultado de lodo producido solo corresponde a la producción de una línea de la PTAS (línea 2, Planta 1), por ello que de ahora en adelante los cálculos se basarán en la producción equivalente a cuatro líneas, esto es 34,56 m³/mes. Para obtener la cantidad correspondiente a lodo seco producido se calcula:

$$V_{LSP} = V_{LP} - \left(\frac{H\% * V_{LP}}{100} \right) \quad \text{Ecuación 28.}$$

donde V_{LSP} es el volumen de lodo seco producido.

$H\%$ es el porcentaje de humedad del lodo, 90,4%.

V_{LP} es el volumen de lodo producido.

Se obtuvo que la cantidad de lodo seco producido es de 39,8 m³/año, usando la Ecuación 27, se calcula que se producen 47.760 kg/año de lodo seco, para una población servida de 4.980 habitantes. Considerando que la capacidad de la planta permite tratar las aguas servidas generadas por una población de 8.000 personas, en estas condiciones, la producción de lodo seco sería de 76.723 kg/año (valor utilizado para calcular el área del lecho de secado).

Reemplazando los valores correspondientes en la Ecuación 20, se obtiene un área para el lecho de 1.883 m². Manteniendo una relación 1:3 [17] se originan cuatro lechos de secado de 12,5 m de ancho por 37,5 m de largo cada uno, agrupándose de a dos lechos, formando 2 canchas de secado. Siguiendo las indicaciones bibliográficas [20], en detalle, cada lecho posee una pendiente del 1% hacia el centro, desde ambos lados (a lo largo), en la parte media existe una zona de infiltración para el agua de 0,6 m de ancho, y de igual profundidad, la que se compone de 0,25 m de arena fina, luego de 0,35 m de gravilla, y una zona de recolección del agua donde se ubica una tubería de 0,10 m de diámetro junta abierta a cada 0,15 m, la que descansa en un medio de arena gruesa. El grosor del hormigón es de 0,20 m. Los lechos se disponen en dos unidades.

El agua recogida por medio de las tuberías, la conducen hacia una conexión a la cámara de rejillas, el agua es llevada por diferencia de nivel, por lo

que las estructuras deben estar construidas sobre el nivel del suelo. Para que la arena no se infiltre hacia la tubería de recolección, se recomienda que la tubería sea recubierta con material geotextil.

En cada lecho la altura máxima de lodo debe ser de 30 cm y permanecerá allí durante 3 meses, lo que logrará una disminución de la humedad a un 70% [13], luego de lo cual puede ser retirado para su disposición final fuera de la planta.

Aunque en su diseño, la capacidad del lecho de secado considera el agua que ingresa al sistema por precipitación, es conveniente resguardar el lodo en secado a la exposición de las lluvias, de esta forma, no se prolonga el tiempo de secado de los lodos.

El plano L 03-03, presenta el diseño detallado del lecho de secado.

Como se observa, el área diseñada sólo considera la capacidad actual de la planta correspondiente a 8.000 habitantes, los cuales generan 76.723 kg/año de lodo. Sin embargo, el lodo generado por la puesta en marcha del Tercer módulo, a construir, no se incluye. El lodo producido por este módulo corresponde a 38.362 kg/año y necesita una superficie de secado de 942 m². Esto se soluciona con la construcción de dos lechos de secado, formando una sola cancha, de iguales dimensiones y características a las anteriores, los cuales pueden ser construidos junto con el Tercer módulo.

7.6 Disminución del Consumo Eléctrico.

La energía con la cual se abastece la PTAS para su funcionamiento, se puede suministrar de dos formas, mediante la red de electricidad pública o desde un grupo generador, el que funciona en casos de emergencia, si el suministro público no entrega la energía necesaria.

La planta consume energía principalmente para el funcionamiento de las bombas elevadoras, los sopladores, bombas impulsoras para purgas y para la iluminación del recinto, esto mensualmente, en promedio anual, significa un consumo leído de 40 kwh, por lo que como promedio anual se facturan \$690.000 a la empresa distribuidora de energía eléctrica, en este caso Chilquinta Energía S.A..

La I. Municipalidad de Olmué posee un contrato tarifario con dicha compañía clasificada como *Tarifa BT-3 Parcialmente Presente en Punta*. Este tipo de tarifa tiene los siguientes valores [21].

Tabla 28: Costos de la tarifa BT-3 [21].

Cargo Fijo Mensual (\$/mes)	\$1.888,257
Energía (\$/kWh)	\$28,644
Demanda Máxima de Consumos (\$/kWmes)	\$9.444,579

Descripción

La PTAS cuenta con un grupo electrógeno autónomo, el que posee una puesta en marcha automática en casos de corte de energía. El grupo generador tiene las siguientes características:

Marca:	Perkins / Mecc – Alte
Modelo:	PM – 70
Motor:	Perkins
Potencia Standby:	70 KVA
Potencia Continua:	65 KVA
Generador:	Mecc – Alte, Tipo Sincrónico
Peso:	1.200 kg
Batería:	12 V
Estanque Plano:	200 l
Consumo Combustible:	0,31 l/kWh

El consumo de combustible le da una autonomía de 645 horas.

El grupo electrógeno, como se describió, solo se ocupa en casos de contingencia ante cortes eléctricos, por lo que se propone utilizar este equipo con el propósito de disminuir el consumo de energía y así el valor total a facturar mensualmente. Para esto se propone que la PTAS utilice un contrato tarifario con la compañía del tipo *Tarifa BT- 4.3*, la que posee los siguientes valores [21]:

Tabla 29: Costos asociados a la tarifa BT-4.3 [21].

Cargo Fijo Mensual (\$/mes)	\$2.083,808
Energía (\$/kWh)	\$28,644
Demanda máxima potencia suministrada (\$/kWmes)	\$3.281,424
Demanda máxima leída potencia horas punta (\$/kWmes)*	\$10.703,548

* En el caso de que el generador no funcione durante las horas punta y la planta consuma de la red pública se factura esta cantidad.

Para hacer efectivo el uso de esta tarifa, la planta debe dejar de consumir energía desde el sistema de red, y funcionar en forma autónoma mediante el grupo electrógeno, desde las 5:59 PM hasta las 10:59 PM. Cada día durante los meses de mayo a septiembre.

Con la rebaja en la demanda de consumo mensual (\$ 3.281,424 v/s \$ 9.444,579) se ahorra un 35%, lo que anualmente representa alrededor de \$ 289.8000 a facturar anualmente. El consumo de combustible diesel sería alrededor de \$ 80.000 para todo el periodo de funcionamiento del grupo electrógeno (Mayo a Septiembre).

Para un control automático del traspaso de energía a la planta, desde la red al generador en las horas indicadas, se debe instalar un reloj para horas punta programable para arranque automático. De esta forma se asegura el funcionamiento automático diario del equipo.

7.7 Implementación de un Laboratorio de Control

El implementar un laboratorio de control en la PTAS tiene como objetivo regularizar los procesos de tratamiento de la planta para así obtener una eficacia en el tratamiento y por ende el cumplimiento de la normativa ambiental. Para esto se considera que el laboratorio cuente al menos con las siguientes herramientas:

Tabla 30: Presentación de las herramientas a utilizar en el laboratorio de control

Herramienta	Determinación	Proceso controlado
Placa Vertedero	Caudales	Tratamiento completo
Medidor Oxígeno Disuelto	Concentración oxígeno disuelto	Suministro de oxígeno en la cámara de aireación
Cono Imhoff	Relación sustrato/alimento	Recirculación del lodo
CoreTaker	Altura de la columna de lodo en sedimentadores	Purga de Lodos
Kit Cloro Libre	Concentración de cloro residual en el efluente	Desinfección

7.7.1 Placa Vertedero

Uno de los parámetros importantes a considerar para mantener una buena operación de los diferentes sistemas que participan en el proceso de tratamiento es el caudal que entra a la planta, el cual, como se demuestra, es variable a las diferentes horas del día, según los hábitos de consumo de agua de la población.

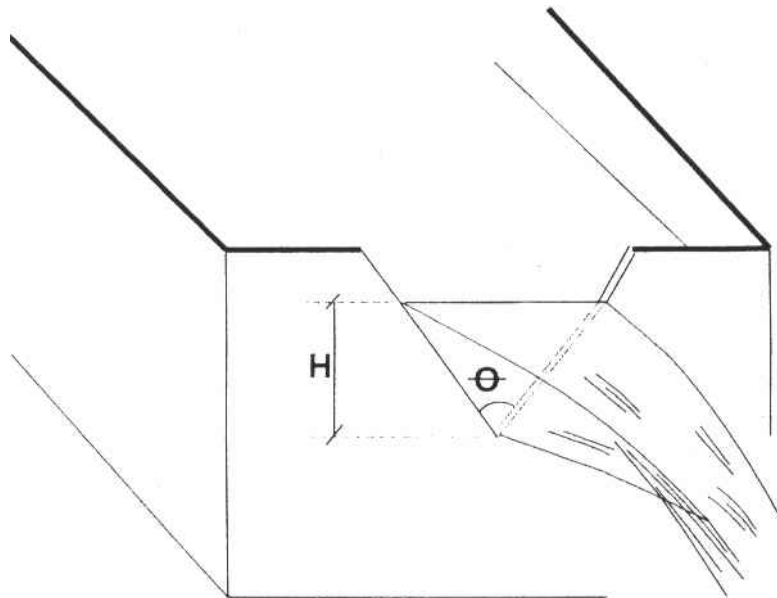
Conocer el caudal y sus fluctuaciones diarias, y llevar un control para conocer las fluctuaciones semanales, mensuales y estacionales, puede ser útil para ocupar los insumos necesarios correspondientes al agua a tratar en la planta y mantener operaciones adecuadas al agua que llega a la planta, como por

ejemplo la dosificación de cloro, la limpieza de las cámaras, el consumo eléctrico de los equipos sopladores, costos de servicios por limpieza de unidades de la planta por camiones limpia fosas, entre otros.

Descripción

El sistema propuesto consiste en un sistema de medición de flujo por un vertedero de Caudal (véase Figura 37).

Figura 37. Vertedero en V de 90°.



El vertedero de caudal es utilizado para caudales menores a 30 l/s. Se usan en triángulos isósceles, en este caso se usará con un ángulo de apertura de 90° [18]. El vertedero será de acero inoxidable

Para la ubicación del vertedero se ha considerado el ingreso del caudal a cada planta, lo que corresponde a la cámara divisora y a la salida de cada planta es decir en la salida de las cámaras de decloración.

Adjunto al vertedero se ubica una regla graduada la cual permitirá determinar la altura en la pared.

Operación

La medición es simple, solo se observa la altura del agua en el vertedero, el que estará graduado cada 1 cm en cada vertedero, con esta altura (en metros) se puede obtener el caudal a través de la siguiente expresión [18]:

$$Q = 1,42H^{2,5} \qquad \text{Ecuación 29.}$$

Donde

Q es el caudal medido en m³/s

H es la altura observada (m)

7.7.2 Medición Oxígeno Disuelto

Uno de los elementos vitales para la digestión de la materia orgánica disponible en el agua residual es el oxígeno en el agua, la que es inyectada a los reactores biológicos desde unidades sopladoras mediante difusores.

Por la importancia de la disponibilidad del oxígeno para la oxidación del material orgánico es que su concentración debe encontrarse en las cámaras de aireación en un intervalo de 1 a 4 mg/l [2] y superior a 2 mg/l según el Manual de Ecosystem [15].

Para esto es que se propone que mediante un instrumento se verifique la concentración de oxígenos disuelto en el agua en tratamiento.

Descripción

El medidor de O.D. es un instrumento portátil con pantalla digital que indica la concentración de OD en mg/l o como porcentaje de saturación de oxígeno y la temperatura del medio (véase Figura 38), de marca YSI posee las siguientes características técnicas:

Rango OD: 0 – 20 mg/l

Resolución: 0.01

Voltaje: 9 V

Dimensiones: 9-1/2"L x 3-7/16"W x 2-7/8"D

Rango T°: -6 – 46 ° C

Rango Saturación: 0 – 200

Figura 38. Medidor digital de OD.



Procedimiento:

La medición de la concentración de oxígenos disuelto se hace directamente de un recipiente que contenga agua de muestra in situ. Las muestras de agua deben ser tomadas, en la última cámara de aireación, dentro de los primeros 10 minutos después del periodo de aireación.

Es importante verificar la calibración del equipo según las instrucciones de uso de éste. Una vez encendido el instrumento con el electrodo dentro de la solución buffer, se introduce en la muestra y se espera unos segundos para que la lectura se estabilice, se anota la concentración medida, se lava electrodo y se repone en la solución buffer. Dependiendo de las concentraciones medidas en las líneas de cada planta, se deben reajustar los tiempos de aireación a las plantas, o comprobar el buen estado del sistema de difusión de aire.

7.7.3 Test de Sedimentación

Esta prueba se utiliza para conocer la cantidad de lodo activado que se encuentra en el proceso. Es importante para un buen tratamiento biológico mantener un equilibrio entre el material degradable (alimento) y la materia orgánica activa para consumir (microorganismos). Esta prueba permite mantener este equilibrio y a la vez controlar el exceso de lodo activado.

Procedimiento [15]

Se toma una muestra de 1 litro de muestra en el cono Imhoff (ver Figura 39) desde la cámara de aireación en funcionamiento al extremo opuesto de la entrada del agua cruda. Al momento de realizar la toma de muestra los sopladores deben haber estado funcionando por lo menos por quince minutos.

Se deja reposar por 30 minutos en el pedestal, luego se observa la cantidad de lodo sedimentada. La lectura se realiza en el cambio de fase producido por los sólidos sedimentados, si ésta es mayor a 400 ml, entonces debe realizarse la remoción de lodos hacia el estanque digestor.

Si es necesario remover lodos, 60 minutos después de la remoción se puede hacer otro test de Sedimentación para verificar la cantidad de lodos removidos y existentes en el proceso. Si aún faltase retirar más lodos del sistema, esto no debe realizarse hasta 48 horas después.

Este test debe llevarse a cabo por lo menos tres veces en la semana. De no realizarse semanalmente, puede haber una acumulación de lodos, que puede causar la pérdida de calidad del efluente o una obstrucción del sistema de retorno, o en forma contraria el sistema puede estar funcionando con una baja carga orgánica.

No se puede remover más del 10% de lo que indique el test de sedimentación, por ejemplo, si sedimentan 600 ml, que sería el 60%, no se pueden remover más de 6% de los lodos en un día.

Figura 39. Conos Imhoff



7.7.4 CoreTaker Tolva Sedimentación

Uno de los parámetros que sobrepasan los límites legales permisibles son los sólidos suspendidos totales, esto se debe a los lodos que salen por el canal de vertedero en los estanque de sedimentación, entre una de las posibles causas se encuentra el exceso de lodos sedimentados en estas tolvas, lo que hace que aumente la columna de lodo retenida llegando a los canales de vertedero debido a las turbulencias de la cámara. Para mantener la columna de lodo baja mediante el sistema de retorno y purga de lodos es necesario conocer su altura, para esto se utilizará un muestreador de columna Coretaker (ver Figura 40).

Descripción

El muestreador son dos tubos rígidos de policarbonato de 8 pies de largo cada uno, con un diámetro de 1 ¼" (2,4 m x 0,03 m, cada uno), graduados cada 1 pie, diseñado para conocer la estratificación del agua sedimentada en plantas de tratamiento. Al ingresar el tubo al agua y al retirarlo, la muestra no cae, sino que saca la estratificación de la columna agua.

Figura 40. Coretaker.



Operación

Se debe ingresar cuidadosamente el muestreador Coretaker en el estanque de sedimentación, de forma tal de evitar al máximo la turbulencia, para que la muestra sea representativa. Al retirar el tubo se mide la porción de lodo en la columna, usando las marcas del instrumento.

La tolva tiene una profundidad total de 4,75 m hasta el nivel del agua, de los cuales 1,75 m corresponde a la profundidad del agua hasta la tolva y los 3,0 m restantes consisten a la profundidad de la tolva, debiendo resguardar 3,0 m de altura del lodo (9,8 pies en el muestreador), para evitar que este no se mezcle con el clarificado y salga por el canal de vertedero. Si se encuentra que la cantidad de lodo sedimentado excede los 3 m, entonces se debe aumentar la tasa de retorno y/o abrir la válvula de purga hacia el digestor correspondiente.

7.7.5 Dosificación de Hipoclorito de Sodio (NaOCl).

El D.S. N° 90/00 establece una medida máxima de coliformes fecales en el efluente, el que se debe controlar mediante la aplicación de desinfectante, a la vez el control sobre la cantidad de solución desinfectante ayuda a mantener una dosificación que no genere gastos innecesarios del producto. Como objetivos de esta tarea se han determinado los siguientes:

1. Mantener un número de coliformes fecales, en el efluente, inferior a 1000 individuos en 100 ml de muestra de acuerdo al D.S. N° 90/00.

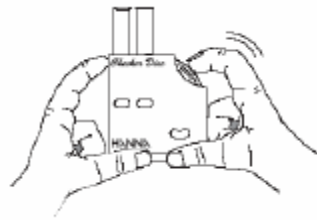
2. Mantener una concentración de Cloro residual igual a 2,98 mg/l en el agua tratada para así cumplir con el objetivo número 1.

Descripción:

Para conocer la concentración de cloro libre en el agua tratada y así determinar la dosificación necesaria, se usa un Test Kit de Cloro Libre Rango Medio con Checker Disc, modelo HI 3875 y marca Hanna Instruments, mide concentraciones entre un rango de 0 a 3,5 ppm de cloro (ver Figura 41). El método químico a utilizar es colorimétrico y puede realizar un total de 100 pruebas. El Kit consiste en:

- Reactivos para Cloro libre (100 u)
- Agua desionizada, botella de 500 ml
- 1 checker disc
- 2 viales con cubierta
- 1 pipeta plástica (3 ml)

Figura 41. Kit Cloro Libre.



Para realizar el control se necesita contar con los siguientes materiales:

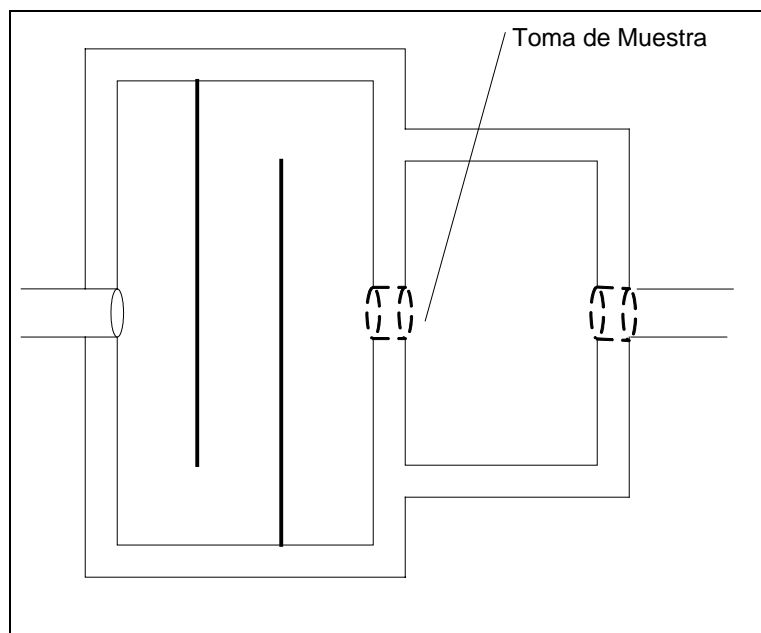
- Kit de Cloro residual.
- Recipiente para toma de muestra.
- 2 Jeringas de 10 ml cada una. Una jeringa para toma de muestra y otra para agua desionizada.
- Agua desionizada o destilada, sino agua mineral sin gas.
- Reloj.

- Planilla de control.

Para realizar el test, se procede de la siguiente manera:

1. Ambientar el recipiente para toma de muestras. Esto se hace permitiendo que todo el líquido tome contacto con las paredes del recipiente.
2. Tomar una muestra de agua proveniente de la salida de cloración. De acuerdo al siguiente esquema:

Figura 42. Punto de toma de muestras para medir cloro libre.



2. Ambientar las jeringa, una con el agua desionizada y la otra con el agua extraída de la cámara de cloración hasta el tope.
3. Siga las instrucciones del manual adjunto al Kit de cloro Libre.

El análisis de la muestra debe encontrarse dentro del rango de 2,5 a 3 ppm ppm, de acuerdo a la concentración de cloro residual estimada de 2,98 ppm, concentración que garantiza 1.000 individuos en 100 ml.

Si la muestra no se encuentra dentro de este rango se deberá aumentar o disminuir la dosificación de NaOCl al 10%, variando la posición del dial de la bomba cloradora, según sea necesario dependiendo de la coloración de la muestra. Es decir a mayor claridad de la muestra se necesita aumentar la adición de hipoclorito de sodio y en caso contrario viceversa. Entre cada modificación espere una hora antes de efectuar nuevamente el análisis.

Si la muestra se encuentra dentro del rango, no se debe efectuar ninguna modificación del dial de la bomba dosificadora.

Este análisis debe efectuarse de acuerdo a las variaciones de caudal punta y mínimas que ocurren en el afluente durante el día.

7.8 Procedimientos y Registros de Control

Para lograr los objetivos de la implementación del laboratorio es necesario determinar la periodicidad de los procedimientos mencionados anteriormente y a su vez registrar cada procedimiento. Para ello se ha diseñado un Procedimiento de Trabajo la PTAS y una Planilla de Control para cada procedimiento. Ambas herramientas permiten evaluar y estimar, a corto y largo plazo, el comportamiento y operación de la planta.

El procedimiento de trabajo presenta un resumen de las tareas, que deben realizar los operarios, y la periodicidad mínima en las que deben realizarse, mientras que las dos planillas de registro permiten controlar las tareas diarias y semanales.

Procedimiento de Trabajo

	Tarea	Periodicidad
Control	Medición cloro libre	3 veces por día*
	Medición Caudal	3 veces por día*
	Medición O.D.	2 veces por semana
	Medición Columna sedimentación	2 veces por semana
	Test de Sedimentación	2 veces por semana
Mantenimiento	Limpieza estructura del canal de vertedero	1 vez por semana
	Limpieza deflector en cámara de sedimentación	2 veces por semana
	Retrolavado de cañerías de retorno de lodos	1 vez por mes
	Revisión cañerías de aire	1 vez cada 3 meses
	Revisión válvulas de cañerías de aire	1 vez cada 3 meses
	Revisión paneles eléctricos	1 vez por año

*Esta periodicidad esta determinada en relación a los caudales punta diarios.



Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental
Propuesta de Mejoramiento para la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
de la Ilustre Municipalidad de Olmué, Provincia de Quillota.

Planilla de Registro Diaria

FECHA	Punto Control		
	Cámara Divisora	Efluente Planta A	Efluente Planta B
HORA			
Caudal			
Cloro Libre			
HORA			
Caudal			
Cloro Libre			
HORA			
Caudal			
Cloro Libre			

Planilla de Registro Semanal

DIA 1				
FECHA	Punto de Muestreo			
	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea4
Oxigeno Disuelto				
Test Sedimentación				
Coretaker*				

*Este test se realiza en ambos sedimentadores de cada línea

DIA 2				
FECHA	Punto de Muestreo			
	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea4
Oxigeno Disuelto				
Test Sedimentación				
Coretaker*				

*Este test se realiza en ambos sedimentadores de cada línea

7.9 Recomendaciones

A partir de las evaluaciones realizadas a la PTAS, se han encontrado las deficiencias que provocan el no funcionamiento óptimo de ésta. Con el objetivo de que esta propuesta considere la mayor cantidad de éstas, en el tratamiento y en las operaciones, se proponen las siguientes recomendaciones

- 1) Completar el número difusores por cada cámara de aireación. Debido a los bajos niveles de oxígeno disuelto en el licor de mezcla (inferior a 1 mg/l), se recomienda revisar cada tanque de la planta, para determinar el número de difusores faltantes por tanque. A su vez se recomienda cambiar de difusor de burbuja gruesa a una media, ya que como se menciona una burbuja de aire media aumenta la superficie de contacto y así transfiere más oxígeno disuelto al medio. Además de completar el número de difusores se recomienda implementar, a los sopladores, un manómetro ya que al conocer la presión les permitirá llevar un control sobre el aire suministrado.

- 2) Identificación de los sólidos flotando por vertedero. Debido a que no existen registros para permitir identificar las causas de la flotación del lodo, se recomienda seguir las instrucciones del Anexo 11 [15].

- 3) Si bien mantener una buena tasa de aireación favorece la digestión de la materia orgánica disponible, una tasa de aireación excesivamente alta puede agitar los lodos en los sedimentadores, lo que generaría una salida del lodo por el canal de vertedero. Es por esto importante mantener una tasa de aireación que asegure una buena digestión, pero que no afecte negativamente la sedimentación mediante el sistema de retorno de lodos.

8 ANALISIS DE COSTOS

A continuación se presentan los costos y gastos que generan la implementación de las propuestas. Este se divide en gastos de equipos e instrumentos, ejecución de obras físicas y costos operacionales necesarios para mantener en funcionamiento las unidades descritas. Estos valores se presentan como valores referenciales, a pesar de que fueron consultados por proveedores y técnicos especializados en las áreas correspondientes, los valores por ellos entregados están sujetos a cambios, como por el ejemplo el cambio del dólar americano, ofertas y demandas de stock de los distribuidores.

Todos los valores presentados en esta sección son con I.V.A. incluido.

Tabla 31. Costos asociados a la implementación de las propuestas.

EQUIPOS E INSTRUMENTOS			497.897
Materiales	Cantidad	Valor \$	
Kit Cloro Libre	1	40.512	
Coretaker	1	65.500	
Medidor OD	1	166.380	
Cono Imhoff	1	41.650	
Soporte del cono	1	19.635	
Bomba Dosificadora	2	164.220	
OBRAS FISICAS			44.130.516
CÁMARA DE DESARENADO		800.000	
Materiales	550.000		
Obra de Mano	250.000		
DESBASTE		696.200	
Reja Media	678.000		
Materiales y Mano de Obra	645.000		
Instalación	33.000		

Reja Fina	18.200		
Materiales	10.500		
Instalación	7.700		
PLACA VERTEDERO		63.000	
Materiales	37.000		
Instalación	26.000		
CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN		128.800	
Canal de Vertedero: Reparación	128.800		
SISTEMAS DE DESINFECCIÓN		126.500	
Pantallas Deflectoras Materiales	76.500		
Instalación	50.000		
LECHOS DE SECADO¹		41.976.016	
Materiales	29.278.648		
Mano de Obra	12.697.368		
DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO		340.000	
Reloj Automático	280.000		
Instalación	60.000		
INSUMOS OPERACIONALES			3.768.272
Hipoclorito de Sodio	294.882 ²	3.538.584 ³	
Reactivos Kit de Cloro libre	12.474 ²	149.688 ³	
Petróleo Diesel	13.333 ²	80.000 ⁴	
TOTAL			\$ 47.898.788

¹El valor aquí expuesto, sólo considera la producción de lodo actual de la PTAS. El costo de la construcción de los lechos de secado para el Tercer módulo es de \$ 20.988.008; es decir la construcción de los lechos de secado considerando las demandas actuales y futuras asciende a \$ 62.964.024.

²Estos valores corresponden a estimaciones mensuales.

³Estos valores corresponden a estimaciones anuales.

⁴Este valor corresponde al período de utilización (8 meses).

Debido a estos valores la implementación total de la propuesta, sin incluir los gastos de la puesta en marcha durante el primer año, es de \$ 47.898.788, lo que representa la inversión inicial del proyecto. Los costos operacionales al año tienen un valor de \$ 3.768.272.

En la Tabla 32 se presentan los costos desde la ejecución de la propuesta, completa, a una proyección de 5 años.

8.1 Beneficios asociados a la implementación del proyecto

Toda propuesta además de solucionar un problema determinado, involucra diversos beneficios asociados que se clasifican de diversas formas de acuerdo a la envergadura proyecto.

Es así como la realización de las propuestas mencionadas, además de aumentar las posibilidades de obtener beneficios económicos derivados del tratamiento de las aguas y de la posterior utilización del lodo, trae como consecuencia diferentes beneficios los cuales mejoran la imagen externa del organismo que administra la PTAS, actualmente la Municipalidad, desde el punto de vista ambiental, social y turístico. Los cuales se explican a continuación:

Beneficio Ambiental.

Mejoramiento de las condiciones del cuerpo receptor. Actualmente, el estero presenta, aguas abajo, las siguientes características las cuales son fácilmente visibles: turbidez del agua, mal olor (olor a agua servida), sedimentos negros en el fondo del estero y eutroficación.

Cumplimiento de la Normativa Ambiental

Beneficio Social.

Mejoramiento en el sistema de saneamiento de la Comuna.

Disminución de los problemas asociados a la ubicación de la PTAS. La PTAS se encuentra aledaña a zonas residenciales, lo que significa que cualquier deficiencia en el proceso de tratamiento tenga un impacto sobre la comunidad cercana a

ésta, se puede nombrar como por ejemplo el mal olor que se genera al no tener una adecuada aireación en los digestores.

Beneficio Turístico.

Como se menciona, una de las actividades económicas más importantes para la comuna es la turística. El mejoramiento del entorno en el cual se encuentra la planta, como cuerpo receptor, disminución de malos olores, elevaría el atractivo turístico del sector y la inversión inmobiliaria.

Beneficios Económicos

Proyectados. A medida que la implementación de las propuestas se lleven a cabo la calidad del efluente y de los procesos de tratamiento aumentan su eficiencia, se podrán obtener beneficios al concretar un sistema de venta para el agua tratada (como consumo para agua de regadío) y para los lodos estabilizados y secados (como mejorador de suelos agrícolas).

Beneficios Económicos a Corto Plazo.

Como se detalla en el informe de costos existe un gasto de inversión inicial y otro operacional que se mantiene en el tiempo, al realizar el cambio de contrato tarifario con la empresa distribuidora de energía se estima que se ahorra un 6% de los gastos correspondientes al primer año (los que incluyen la inversión inicial) y un 77% de los gastos operacionales anuales (ver Tabla 33).

Tabla 32. Análisis de costos para la implementación de la propuesta.

Costos		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Inicial	Equipos e Instrumentos	\$ 497.879				
	Obras físicas	\$44.130.516				
	Total	\$ 44.628.395				
Costos Operacionales		\$ 3.768.272	\$ 3.768.272	\$ 3.768.272	\$ 3.768.272	\$ 3.768.272
Total		\$ 48.396.667	\$ 3.768.272	\$ 3.768.272	\$ 3.768.272	\$ 3.768.272

Tabla 33. Flujo de costos.

Costos		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Inicial	Equipos e Instrumentos	\$ 497.879				
	Obras físicas	\$44.130.516				
	Total	\$ 44.628.395				
Ahorro Energía		(\$ 2.898.000)	(\$ 2.898.000)	(\$ 2.898.000)	(\$ 2.898.000)	(\$ 2.898.000)
Costos Operacionales		\$ 3.768.272	\$ 3.768.272	\$ 3.768.272	\$ 3.768.272	\$ 3.768.272
Total		\$ 45.498.667	\$ 870.272	\$ 870.272	\$ 870.272	\$ 870.272

9 CONCLUSIONES

Después de realizados los análisis cuantitativos, de los parámetros que establecen la calidad del efluente, se determina que la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, aún no cumple con el DS 90/00.

De lo anterior, se infiere que actualmente no se puede dar ningún tipo de uso al agua tratada considerado en la Norma Chilena 1.333

Se ha determinado que no existe problema de capacidad en la planta ya que cada módulo es diseñado para 1000 UD; es decir cada planta recibe un caudal medio de 9,2 l/s. Actualmente hay 1245 UD conectadas a la red; sin embargo la holgura de 755 UD disponible, debiera entregar un alto grado de tratamiento, lo cual presume que la pobre calidad del tratamiento se debe a un problema de operación y/o mantenimiento de la planta y no de capacidad.

Con respecto al lodo producido en la PTAS, se estima que con un adecuado tratamiento, como estabilización y secado, aquí propuestos, se podrá utilizar el lodo para los fines que señala la norma.

Los costos de inversión y operación contrastados con los beneficios que este proyecto involucra, muestran que la propuesta presenta una razonable factibilidad de ejecutarse.

Las propuestas presentadas en este trabajo permiten un mejoramiento integral de la PTAS ya que considera un mayor control y regularización del tratamiento como la actualización de las operaciones unitarias de ésta. Sin embargo, sin el apoyo técnico y la capacitación de los operarios, en el proceso y en las operaciones, provocarán de igual manera la baja calidad en el tratamiento y en el efluente.

10 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bailerón P. Luis 2000. Gestión de Recursos Hídricos. Editorial Universidad Politécnica de Cataluña.
- [2] Metcalf and Eddy. 1996. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. Primera Edición. México. Editorial Mc Grawhill. Volumen I.
- [3] Vega J.C. 2002. Química del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Primera Edición. Chile. Editorial Universidad Católica de Chile
- [4] Superintendencia de Servicios Sanitarios. www. siss.cl. 20/08/2004.
- [5] Metcalf and Eddy. 1996. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. Primera Edición. México. Editorial Mc Grawhill. Volumen II.
- [6] Esparza B. Marcía. 1998. Disposición Final de Lodos Residuales Urbanos en Vertedero. Tesis para optar al Título Ingeniero Constructor. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Ingeniería. Escuela Ingeniería en Construcción.
- [7] Corbitt A. Robert. 2003. Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental. Editorial McGrawHill.
- [8] Superintendencia de Servicios Sanitarios. 2003. Ciclo del Agua en el uso domiciliario. Revista del Consumidor, Suplemento Aguas Claras. Nº 2: 1-4.
- [9] Universidad de Chile, Instituto de Asuntos Públicos. 2002. Informe País: Estado del Medioambiente en Chile, 2002.
- [10] Ilustre Municipalidad de Olmué. Secretaría Comunal de Planificación. 2004. Plan de Desarrollo Comunal 2004 – 2008.
- [11] Instituto Nacional de Estadísticas. 1992. Chile: Ciudades, Pueblos y Aldeas. Tomo I.

- [12] Ilustre Municipalidad de Olmué. Secretaría Comunal de Planificación. 2004. Proyecto Construcción Tercer Módulo Planta de Tratamiento, Comuna de Olmué.
- [13] Exenta N° 563. Anteproyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamientos de Aguas Servidas
- [14] Canter W. Larry. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Editorial Mc Graw Hill
- [15] Ecosystem. 1996. Manual de operación Planta Compacta EC 756 3000. Ecosystem.
- [16] Environmental Protection Agency. 1994. Guide to Part 503, Pollutants Limits. Environmental Protection Agency.
- [17] Crites R., Tchobanoglous G. 2000. Sistema de Manejo de Aguas Servidas para núcleos pequeños y descentralizados. Editorial McGraw Hill.
- [18] McGhee J. Terence. 1999. Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. Ingeniería Ambiental. Editorial Mc Graw Hill
- [19] Environmental Protection Agency. 1986. United States.
- [20] Water Environment Fundation. 1992. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. Volumen I.
- [21] Chilquinta Energía S.A. [www. Chilquinta.cl](http://www.Chilquinta.cl). 03/2005.

ANEXOS

ANEXO 1. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias [2]

Características	Procedencia
Propiedades físicas	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales.
Constituyente químicos	
Orgánicos:	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Grasas animales, aceites y grasa	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Fenoles	Vertidos industriales.
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Contaminantes Prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Agentes Tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Compuestos Orgánicos Volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y

	comerciales.
Otros	Degradación natural de materia orgánica.
Inorgánicos	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de aguas subterráneas.
Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de aguas subterráneas.
Metales pesados	Vertidos industriales.
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; agua de escorrentía.
Contaminantes Primarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Azufre	Agua de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Gases:	
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos.
Metano	Descomposición de residuos domésticos.
Oxígeno	Agua de suministro; infiltración de agua superficial.
Constituyentes Biológicos:	
Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento.



Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental

Propuesta de Mejoramiento para la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
de la Ilustre Municipalidad de Olmué.

Protistas	
Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, planta de tratamiento.
Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
Virus	Aguas residuales domésticas

ANEXO 2. Características del sólido y del lodo producido durante el tratamiento del agua residual. [2]

Sólido o fango	Descripción
Residuos del desbaste	Incluyen todo tipo de materiales orgánicos e inorgánicos de tamaño suficientemente grande para ser eliminados por rejas de barras. El contenido de materia orgánica varía dependiendo de la naturaleza del sistema y de la estación del año
Arena	Están constituidas, normalmente, por los sólidos inorgánicos más pesados que sedimentan con velocidades relativamente altas. Dependiendo de las condiciones de funcionamiento, la arena puede también contener cantidades significativas de materia orgánica, especialmente aceites y grasas.
Espumas / Grasas	La espuma está formada por materiales flotantes recogidos en la superficie de los tanques de sedimentación primarios y secundarios. Puede incluir grasas aceites, minerales, vegetales, grasas animales, ceras, jabones, residuos alimenticios, pieles de hortaliza, cabellos, papel, algodón, colillas de cigarrillos materiales de plástico preservativos de goma, partículas de arena y materiales similares. El peso específico de la espuma es menor que 1.0, generalmente alrededor de 0.95.
Lodo Primario	El fango de los tanques de decantación primaria es generalmente gris y grasiento y, en la mayoría produce un olor extremadamente molesto. Puede digerirse fácilmente si se adoptan condiciones adecuadas de funcionamiento.

Lodo de precipitación química	El fango procedente de los tanques de precipitación química con sales metálicas es generalmente oscuro, aunque su superficie puede ser roja si contiene mucho hierro. El fango con cal es gris marronoso. El olor del fango químico puede ser molesto. Aunque es algo grasiento, su contenido en hidratos de hierro o aluminio lo hacen gelatinoso. Si se deja demasiado tiempo en el tanque se produce su descomposición. Produce gas en cantidades sustanciales y su densidad aumenta en el tiempo.
Lodo Activado	El fango activado generalmente tiene una apariencia floculenta de color marrón. Si el color es oscuro puede estar próximo a volverse séptico. Si el color es más claro de lo normal puede haber estado aireado suficientemente y los sólidos tienen tendencia a sedimentar lentamente. El fango en buenas condiciones tiene un olor similar a tierra, no molesto.
Lodo de filtros percoladores	El humus de los filtros percoladores es pardusco, floculento y relativamente inodoro cuando está fresco. Generalmente la descomposición se produce más lentamente que otros fangos crudos pero cuando tiene muchos gusanos puede convertirse en molesto.
Lodo digerido (aerobio)	El fango digerido por vía aerobia varía de color marrón a marrón oscuro, y tiene apariencia floculenta. El olor de este tipo de fango no es molesto. El fango bien digerido se deshidrata fácilmente en eras de secado.
Lodo digerido (anaerobio)	Es de color marrón oscuro – negro y contiene una cantidad excepcionalmente de grande de gas.cuando se evacua a eras de secado los sólidos son transportados a



Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental

Propuesta de Mejoramiento para la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
de la Ilustre Municipalidad de Olmué.

	la superficie por la acción de los gases dejando en la parte inferior una lámina de agua clara permitiendo que los sólidos sedimenten lentamente.
Lodo comportado	Suele ser marrón oscuro o negro.
Líquido de fosas sépticas	Es negro y molesto a causa del sulfuro de hidrógeno y otros gases que desprende.

ANEXO 3. Legislación que regula el uso y calidad del recurso hídrico en Chile

Código Sanitario (1968)

En el párrafo 1 del artículo 1º se declara que el Código Sanitario rige todas las cuestiones relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes, salvo aquellas sometidas a otras leyes.

Las normas del Libro III del Código Sanitario tratan de la higiene y seguridad del ambiente y lugares de trabajo, y en él se incluyen las siguientes disposiciones de interés:

El artículo 67 entrega al Servicio Nacional de Salud (SNS) la obligación de valer porque se eliminen o se controlen todos los factores, elementos o agentes del medio ambiente que afecten la salud, la seguridad o el bienestar de los habitantes, conforme a las disposiciones de este código y sus reglamentos.

El artículo 71 establece que le corresponde al SNS aprobar proyectos relativos a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública destinada a *“la evacuación, tratamiento, o disposición final de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza y residuos industriales o mineros “*.

El artículo 72 dispone que el SNS tiene la obligación de ejercer vigilancia sanitaria sobre provisiones o plantas de agua destinadas al uso del hombre, como también de las plantas depuradoras de aguas servidas y de residuos industriales y mineros, y podrá sancionar a los responsables.

El artículo 73 dispone la prohibición de descargar aguas servidas y residuos industriales o mineros en los ríos o lagunas y en cualquier otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o

para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que señalen los reglamentos.

El artículo 75 establece la prohibición de usar agua declarada contaminada para la crianza de moluscos y para el cultivo de vegetales y frutos que suelen ser consumidos sin cocer y crecen a ras de la tierra y agrega en su inciso 2º *“no obstante esta agua se podrá usar el riego agrícola cuando se obtenga la respectiva autorización del SNS quien determinará el grado de tratamiento que sea necesario en cada tipo de cultivo”*.

Nch 1.333 Of.78 (1978): Requisitos De Calidad De Agua Para Diferentes Usos

Corresponde a la principal norma de requisitos de calidad de agua para usos determinados existente en Chile, y establece requisitos de calidad para el uso de las aguas en riego, recreación (con o sin contacto directo), protección de la vida acuática y estética.

Esta norma fija criterios de calidad, en términos de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, de acuerdo con los usos específicos a que se destine el agua, con la finalidad de preservar sus características. Indirectamente, permite proteger el recurso de la degradación producida por la contaminación con residuos de cualquier tipo u origen.

En relación a los requisitos bacteriológicos, la norma NCh 1.333 establece un límite para los coliformes fecales de 1.000 NMP/100 ml en agua de riego de verduras y frutas que se desarrollan a ras de suelo y que habitualmente se consumen crudas.

Código de Aguas (1981)

En Chile, el Código de Aguas establece las formas de administración de éstas; se encuentra vigente la última revisión desde 1996. Según estas disposiciones, las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, el cual es real y de dominio de su titular, quien puede usar y disponer libremente de él.

El rol regulador y normativo del Estado está centralizado en el organismo denominado Dirección General de Aguas, un servicio dependiente del Ministerio de Obras Públicas. Sus principales funciones y atribuciones son:

- Planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento.
- Otorgar los derechos de aprovechamiento de aguas.
- Investigar y medir el recurso.

Se han propuesto algunas modificaciones al Código de Aguas (Brown y Valdivia, 2000), a fin de fortalecer algunas funciones de la Dirección General de Aguas y propender a un uso más eficiente y equitativo del recurso, así como para asegurar la sustentabilidad del uso del agua en el largo plazo, y la sostenibilidad de ecosistemas relacionados con el agua.

D.F.L. 382 (1989). Ley General De Servicios Sanitarios

Los Servicios Sanitarios, que la ley divide en cuatro etapas: producción de agua potable, distribución de agua potable, recolección de aguas servidas y disposición de aguas servidas, deben ser prestados por empresas constituidas como Sociedades Anónimas. La extensión y condiciones de la prestación de cada servicio quedan definidas por una concesión, cuyo otorgamiento debe cumplir con

diversas formalidades. Las concesiones de distribución y recolección, que utilizan una red física para cumplir su objetivo, se definen con base en una superficie; las de producción y disposición, que utilizan plantas de determinada capacidad para cumplir su cometido, se definen en base a caudales. La constitución de las empresas sanitarias, la asignación de concesiones y la fijación de tarifas del sector supervisadas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), sin perjuicio del control de otros organismos con facultades en aspectos específicos.

Las plantas de tratamiento deben cumplir con una serie de disposiciones relativas a la sanidad pública, al uso del suelo y a condiciones controladas de impacto ambiental, de acuerdo con el Reglamento de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (9 de Marzo de 1994).

Anteproyecto de norma de calidad para la protección de las aguas continentales superficiales (1999)

Esta norma tiene como objeto constituirse en un instrumento básico para el desarrollo sustentable, al establecer las condiciones en que el agua puede considerarse libre de contaminación. De esta manera, se busca prevenir el deterioro ambiental, recuperar, proteger y conservar la calidad básica de las aguas continentales superficiales y permitir su aprovechamiento óptimo al optimizar los beneficios sociales, económicos, culturales y del ambiente.

Se establecen los niveles de calidad ambiental que deberán tener las aguas superficiales del país para salvaguardar la salud de la población, los recursos naturales y el medio ambiente. De esta manera, en un mismo texto, se establece una norma de calidad primaria y secundaria, sin determinación o fijación de usos específicos para el recurso. La norma primaria trata de la calidad del agua necesaria para la protección de actividades con contacto directo y para el riego de verduras y frutas que se desarrollan a ras de suelo y que habitualmente se consumen sin proceso de cocción. Esta norma fija límites para varios compuestos

orgánicos, pesticidas, metales pesados y coliformes fecales y totales (1.000 y 2.000 NMP/100 ml respectivamente).

Respecto de las normas secundarias de calidad ambiental, cabe señalar que las comunidades acuáticas, el riego, la acuicultura, la pesca deportiva, la captación de agua para su potabilización, y demás usos que se hacen del agua necesitan diferentes calidades. Sin embargo estos usos pueden ser compatibles con una calidad, de manera que es posible fijar calidades que protejan todos los usos, incluida la vida acuática y otros que protejan sólo algunos de ellos. En este caso se establecen cinco clases de calidad: clase de excepción y clases 1 al 4.

Clase de excepción. Corresponde a aguas continentales superficiales de calidad superior a clase 1, que por su extraordinaria pureza y escasez forman parte del patrimonio ambiental. Esta calidad es adecuada también para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos en la norma y cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.

Clase 1(muy buena calidad). Corresponde a la calidad de aguas continentales superficiales aptas para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.

Clase 2 (buena calidad). Corresponde a la calidad de aguas continentales superficiales aptas para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y para los usos comprendidos en la Clase 3.

Clase 3 (regular calidad). Corresponde a la calidad de aguas continentales superficiales, adecuadas sólo para la bebida de animales y para riego restringido.

Clase 4 (mala calidad). Corresponde a la calidad de aguas continentales superficiales que no cumplen con los requisitos establecidos para las clases 1, 2 y 3, sin perjuicio de su aprovechamiento industrial.

Las clases antes indicadas se establecen de acuerdo con los valores que presentan una serie de parámetros químicos, compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos, plaguicidas y pesticidas, metales pesados y coniformes fecales y totales. En total, se identifican 63 parámetros de control, de los cuales 9 corresponden a compuestos orgánicos y 19 a plaguicidas y pesticidas.

D.S. 90 (2000). Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales

El objetivo de esta norma es proteger el ambiente y prevenir la contaminación de aguas marinas y continentales superficiales del país, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Con lo anterior, se logrará mejorar sustancialmente la calidad ambiental de las aguas, de manera que éstas mantengan o alcancen la condición de ambientes libre de contaminación, de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República.

Esta norma establece límites máximos para diversos contaminantes en función del cuerpo receptor:

- Cuerpos de agua fluviales sin capacidad de dilución
- Cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución
- Cuerpos de agua lacustres
- Cuerpos de agua marinos, dentro de la zona de protección litoral
- Cuerpos de agua marinos, fuera de la zona de protección litoral

Otras Normas Para Aguas

Estándares de Calidad y Emisión Referenciales

- Norma Provisoria de la SISS (Octubre de 1992). Relativa a las Descargas de Residuos Líquidos a los cuerpos de agua superficiales.
- NCh 777. Decreto N° 996 de 1971 del Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Norma sobre Requisitos de Calidad de Agua para fuentes de abastecimiento de aguas potable.
- D.S. 90/00 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales
- D.S. N° 46/02 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de residuos líquidos a aguas superficiales.
- D.S. N° 609/98 del Ministerio de Obras Públicas. Normas de emisión para la regulación de contaminantes asociados a la descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.

Marco legal chileno referente a la recolección de aguas servidas y aguas lluvias

- Interconexión a redes de aguas lluvias y alcantarillado: Las redes de evacuación y drenaje de aguas lluvias que se construyan deben ser independientes de las redes de alcantarillado de aguas servidas y no podrán tener interconexión entre ellas, salvo que la autoridad competente (SISS) lo autorice fundada en un estudio de ingeniería que lo justifique desde un punto de vista técnico. (ORD. N° 2041/98)
- Operación de sistemas de alcantarillado unitarios y su funcionamiento. Siendo obligatorio el servicio de recolección de aguas lluvias cuando existen sistemas unitarios, (Art. 4° transitorio DFL. MOP N° 382/88), la SISS considera que la recolección de aguas lluvias, cuando se efectúa en el mismo sistema de

alcantarillado de aguas servidas, es de responsabilidad de la empresa sanitaria, incluido su costo de mantención y de reposición, siendo improcedente la formulación de cobros fijos a terceros por estos últimos conceptos, ni tampoco su inclusión en el cálculo normal de tarifas. (ORD. N° 520/92; 2041/98) (Cabe indicar que con fecha 10.11.97 se publicó la Ley 19.525, que dispuso que el MOP y el MINVU son las reparticiones responsables de las redes primarias y secundarias de evacuación y drenaje de las aguas lluvias).

- Fiscalización del sistema de alcantarillado. En cumplimiento art. 45 de DFL. MOP N° 382/88, las empresas sanitarias son responsables de evitar la descarga en un colector de alcantarillado de sustancias que puedan dañarlos, por tal razón deberán extremar su papel revisor de dichos sistemas, velando por su correcta mantención y operación. Lo mismo ocurre con los alcantarillados unitarios de aguas lluvias. En cuanto a los sistemas separados de recolección de aguas lluvias, son de responsabilidad del MOP y el MINVU de acuerdo con la Ley 19.525 (ORD. N° 400/92 modificado por ORD. 2041/98).

- Responsabilidad legal en el cuidado de las redes de alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas servidas. La legislación vigente señala como primer responsable en el cuidado de las redes públicas de alcantarillado y de los sistemas de tratamiento de aguas servidas al prestador de servicio sanitario de alcantarillado, y le ha otorgado la facultad de suspender la prestación de servicio a aquel usuario que descargue en el alcantarillado público sustancias que puedan dañar las redes de recolección y/o los sistemas de tratamiento (art.45 DFL MOP 382/88). (ORD. N° 1810/99).

ANEXO 4. Aprobación del Proyecto de Reposición de Tratamiento de Aguas Servidas, Comuna de Olmué.

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD
SERVICIO SALUD VIÑA DEL MAR QUILLOTA
DEPTO. PROGRAMAS SOBRE EL AMBIENTE

F.: 99 L.: 07
Nº 3995 12.08.94

Nº 2478

VIÑA DEL MAR, 17 AGO 1994

VISTOS estos antecedentes: la presentación efectuada por el Ingeniero Civil FRANCISCO MANZO BAEZA, para la aprobación del PROYECTO REPOSICION SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE OLMUE; lo informado por el Departamento de Programas Sobre el Ambiente del Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota; teniendo presente lo dispuesto en el Decreto Supremo Nº 236 de 23 de Mayo de 1926, Reglamento General de Alcantarillado Particular; el D.F.L. Nº 725/67, Código Sanitario y en virtud de las facultades que al suscrito otorgan el Decreto Supremo Nº 42 de 9 de Febrero de 1986, que aprobó el Reglamento Orgánico de los Servicios de Salud y el Decreto Supremo Nº 779 de 11 de Marzo de 1994, dicto la siguiente:

R E S O L U C I O N

1. APRUEBASE el PROYECTO REPOSICION SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS, comuna de Olmué.
2. REGISTRESE el proyecto bajo el Nº 5658 de 11 de Agosto de 1994, en el libro de Registro de Proyectos del Departamento de Programas Sobre el Ambiente del Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota.
3. DEJESE ESTABLECIDO que el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas servidas será autorizado sólo cuando las instalaciones aprobadas sean recibidas conforme, por este Servicio de Salud.

ANOTESE Y COMUNIQUESE



FRANCISCO ACEVEDO TORO
DIRECTOR
SERVICIO SALUD VIÑA DEL MAR-QUILLOTA

DR. FSG/C. C. EBA/cifm

DISTRIBUCION:

- Interesados
- Depto. Programas Sobre el Ambiente
- Programa Saneamiento Básico
- Oficina Partes D.S.S.V.Q.
- Antecedentes

C.R. Nº 16511 (11.08.94) \$ 300.000.-

ANEXO 5. Autorización del funcionamiento de la PTAS.

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD
SERVICIO SALUD VIÑA DEL MAR-QUILLOTA
DEPTO. PROGRAMAS SOBRE EL AMBIENTE
SANEAMIENTO BÁSICO

F.: 38 L.: 19
N° 88 05.09.96

RESOLUCIÓN N° 3448 /

VIÑA DEL MAR, 06 SEP 1996

VISTOS ESTOS ANTECEDENTES:

Solicitud presentada por D. HECTOR CAMACHO Z., en representación de VELCA LTDA. EMPRESA CONSTRUCTORA, mediante la cual solicita autorización de funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas servidas, ubicada en un sector del Antiguo Camino a Las Cruces, comuna de Olmué; lo informado por el Departamento de Programas Sobre el Ambiente del Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota; la Resolución N° 2478 de fecha 17 de Agosto de 1994, que aprobó el proyecto de tratamiento de aguas servidas domésticas; teniendo presente lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 236 de 23 de Mayo de 1926, que aprueba el Reglamento General de Alcantarillados Particulares; el D. F. L. N° 725/67, Código Sanitario y en virtud de las facultades que al suscrito otorgan el Decreto Supremo N° 42 de 9 de Febrero de 1986, que aprobó el Reglamento Orgánico de los Servicios de Salud, las Resoluciones N° 1727 de 22 de Octubre de 1990, N° 3455 de 9 de Junio de 1994 y N° 165 de 5 de Octubre de 1995, del Sr. Director del Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota, dicto la siguiente:

R E S O L U C I O N

- 1. AUTORIZASE EL FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO REPOSICION SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS de carácter domésticas**, cuya planta de tratamiento se ubica en un predio a 481 metros del Camino Las Cruces esquina Callejón San Luis, comuna de Olmué.
- 2. DEJESE ESTABLECIDO** que la propietaria del sistema aprobado bajo el N° 5658 del 11 de Agosto de 1994, del Registro de Proyectos del Departamento de Programas Sobre el Ambiente del Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota, es la I. Municipalidad de Olmué.
- 3. COMUNIQUESE** a los interesados que en todo momento deberá darse cumplimiento a las disposiciones contenidas en el Código Sanitario y, especialmente, al Reglamento General de Alcantarillados Particulares.
- 4. LA RESPONSABILIDAD** del cumplimiento de las normas para el buen funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas, será de los propietarios.

ANOTESE Y COMUNIQUESE
POR ORDEN DEL SR. DIRECTOR



DR. FRANKLIN SÁNCHEZ GARCIA
JEFE DEPTO. PROGRAMAS SOBRE EL AMBIENTE
SERVICIO DE SALUD VIÑA DEL MAR-QUILLOTA

ING.CONST.EBA/clfn.

DISTRIBUCION:

- SR. ALCALDE MUNICIPALIDAD DE OLMUE
- Oficina D.P.A. Quillota.
- Depto. Programas Sobre el Ambiente
- Programa Saneamiento Básico

ANEXO 6. Estimación del caudal.

- Caudal Medio

$Q = N^{\circ} \text{ habitantes} * \text{Dotación} * \text{Coeficiente de Recuperación.}$

A continuación se definirá cada término

$Q = \text{Caudal, m}^3/\text{s.}$

$N^{\circ} \text{ habitantes: } N^{\circ} \text{ de UD} * N^{\circ} \text{ de personas que habitan una vivienda (4, según Censo 2002).}$

Dotación: Volumen medio diario a suministrar por cada habitante [1]. Para este caso se utiliza una dotación de 200 l/hab/día.

Coeficiente de Recuperación: Refleja el porcentaje de agua potable utilizada que va al alcantarillado. Se adopta un valor de 0,80 que corresponde a áreas de baja recuperación o zonas con gran cantidad de jardines y áreas verdes, sectores residenciales con huertos familiares, sectores con instalaciones deportivas.

$$Q = (1245*4)\text{hab} * 180 \text{ l/hab/día} * 0,80$$

$$Q = 9,2\text{E-}3 \text{ m}^3/\text{s} = 9,2 \text{ l/s.}$$

- Caudal Punta

$$Q_p = Q + \left(1 + \frac{14}{\sqrt{\frac{N^{\circ} \text{ habitantes}}{1000} + 4}} \right) = 0,03 \text{ m}^3/\text{s} = 30 \text{ l/s} \quad \text{Ecuación 30.}$$



ANEXO 7. Cuestionario Metodológico.

FECHA:

Calidad del Afluente a tratar: Tipo _____

Caudal _____ Color _____ OLOR _____

Existen fluctuaciones en el caudal (verano, invierno, otoño) SI NO

Cuanto

Características:

Presenta Espuma SI NO

Presenta sólidos Flotando SI NO

Se realiza algún tipo de control al afluente
(medición de parámetros) SI NO

Cuales

Ph _____ DBO _____ SS _____ ST _____ COMP.INORGANICOS _____

Se realiza algún sistema de pre tratamiento al afluente SI NO

¿Cual?

- REACTOR

Capacidad _____

Mezcla Completa _____ Flujo en Pistón _____ otro _____



Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental

Propuesta de Mejoramiento para la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
de la Ilustre Municipalidad de Olmué.

Se conoce cuales son los microorganismos que actúan en el proceso

SI

NO

Cuales?

Necesidades de oxígeno _____ Necesidades de nutrientes _____

- EFICIENCIA SEDIMENTACIÓN

Relación alimento/microorganismos

Tiempo de retención celular

Se utiliza algún tipo de químico

SI

NO

¿Cuál?

¿Cuánto?

¿Cuándo?

- PRODUCCIÓN DE FANGO

Calidad

Producción de fango diario

¿Cada cuanto se realiza la recirculación?

¿Cada cuanto se realiza la purga?

¿Cuánto?

- OLOR



Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental
Propuesta de Mejoramiento para la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
de la Ilustre Municipalidad de Olmué.

Presenta algún tipo de olor el sistema de tratamiento SI NO

Descripción del olor

- COLOR

¿Que color caracteriza a la cámara de aireación?

¿Que color caracteriza a la cámara de sedimentación?

¿Que color presenta el retorno de los lodos?

- SOPLADORES

A cuanto presión trabajan los sopladores

Cada cuanto trabajan

Como se realiza el mantenimiento

Cual es la calidad del filtro

- CAÑERÍAS Y VÁLVULAS

Cual es el diámetro de las cañerías

Presenta algún tipo de fugas de aire SI NO

Cuando

- RUIDO



Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental

Propuesta de Mejoramiento para la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
de la Ilustre Municipalidad de Olmué.

Se han realizado mediciones de ruido cuando la planta se encuentra en funcionamiento SI NO

No. de mediciones _____

Resultados sobre el máximo permisible por la norma _____

• LIMPIEZA Y MANTENCION

Se realiza algún tipo de limpieza al reactor SI NO

¿Cómo?

¿Cuánto?

Se realiza algún tipo de mantención a los sopladores SI NO

¿Cómo?

¿Cuánto?

• AGUA DE VERTEDERO (calidad)

Turbidez_____ SS_____ Ph_____ DBO_____

Características:

Presenta Espuma SI NO

Presenta sólidos Flotando SI NO



- **SISTEMAS DE DESINFECCIÓN**

Que sistema de desinfección utiliza

- **CAMBIOS DISEÑO ORIGINAL**

Se ha realizado algún cambio en el sistema original

SI

NO

¿Cuál?

- **CALIDAD DEL EFLUENTE**

Color

Olor

¿Dónde descarga?

ANEXO 8. Estimación de la población servida

La población servida se puede calcular a través de la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ hab} = \frac{Q}{160} \quad \text{Ecuación 31.}$$

En la siguiente Tabla se resume el N° de habitantes de acuerdo al caudal de entrada a la planta.

Tabla 34. Caudales y población estimada para el Monitoreo 1 y 2.

Día 09/09/04		Día 20/09/04	
Caudal l/s	N° habitantes	Caudal l/s	N° habitantes
7,4	3.996	14	7.560
10	4.968	10	5.400
9,2	4.968	12	6.480
8,9	4.822	17	9.180

ANEXO 9. Comportamiento de DBO y SS para el monitoreo 1 y 2

Figura 43: Comportamiento de DBO y SS para el monitoreo 1. A la izquierda se presenta la Planta A y a la derecha la Planta B

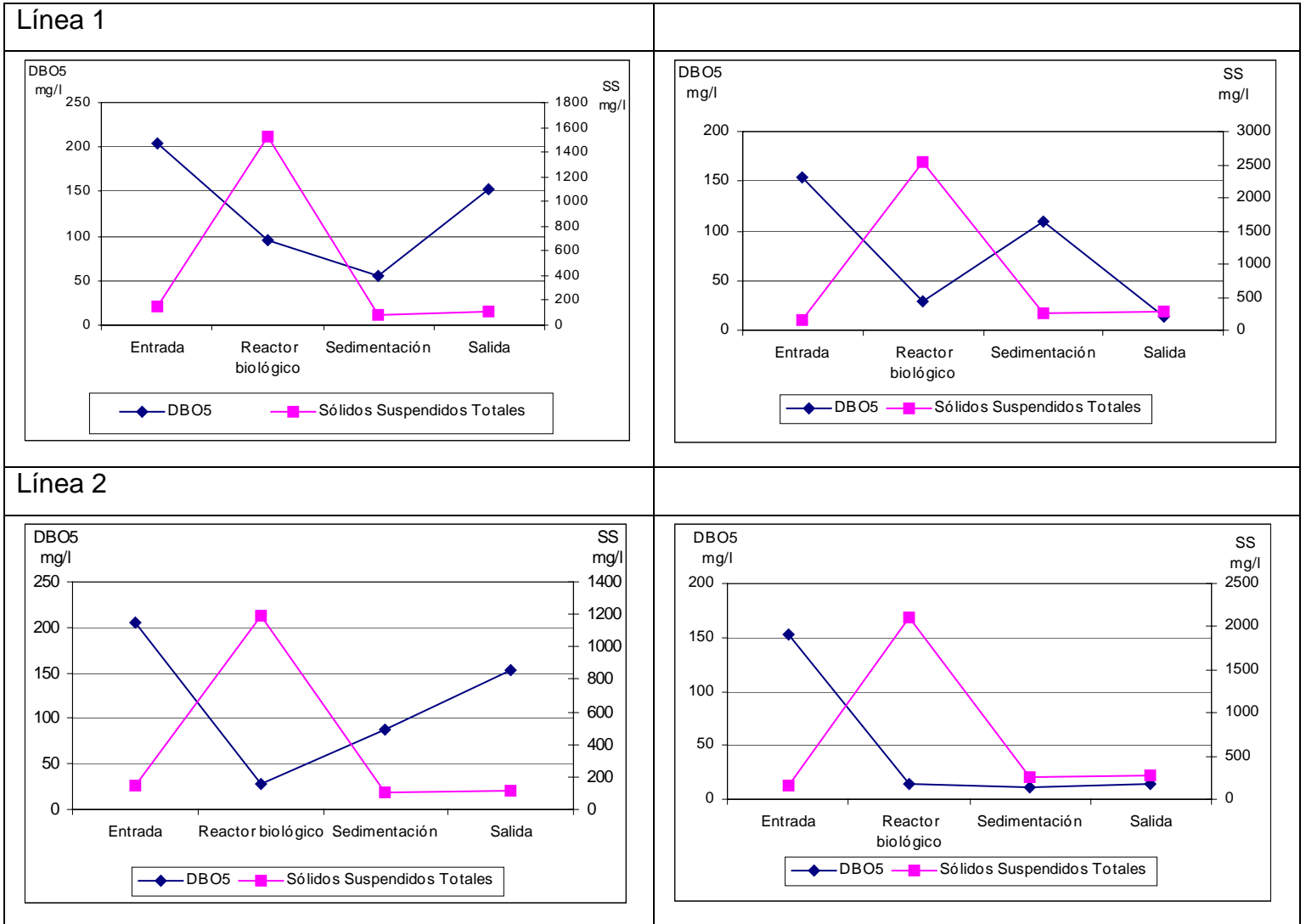
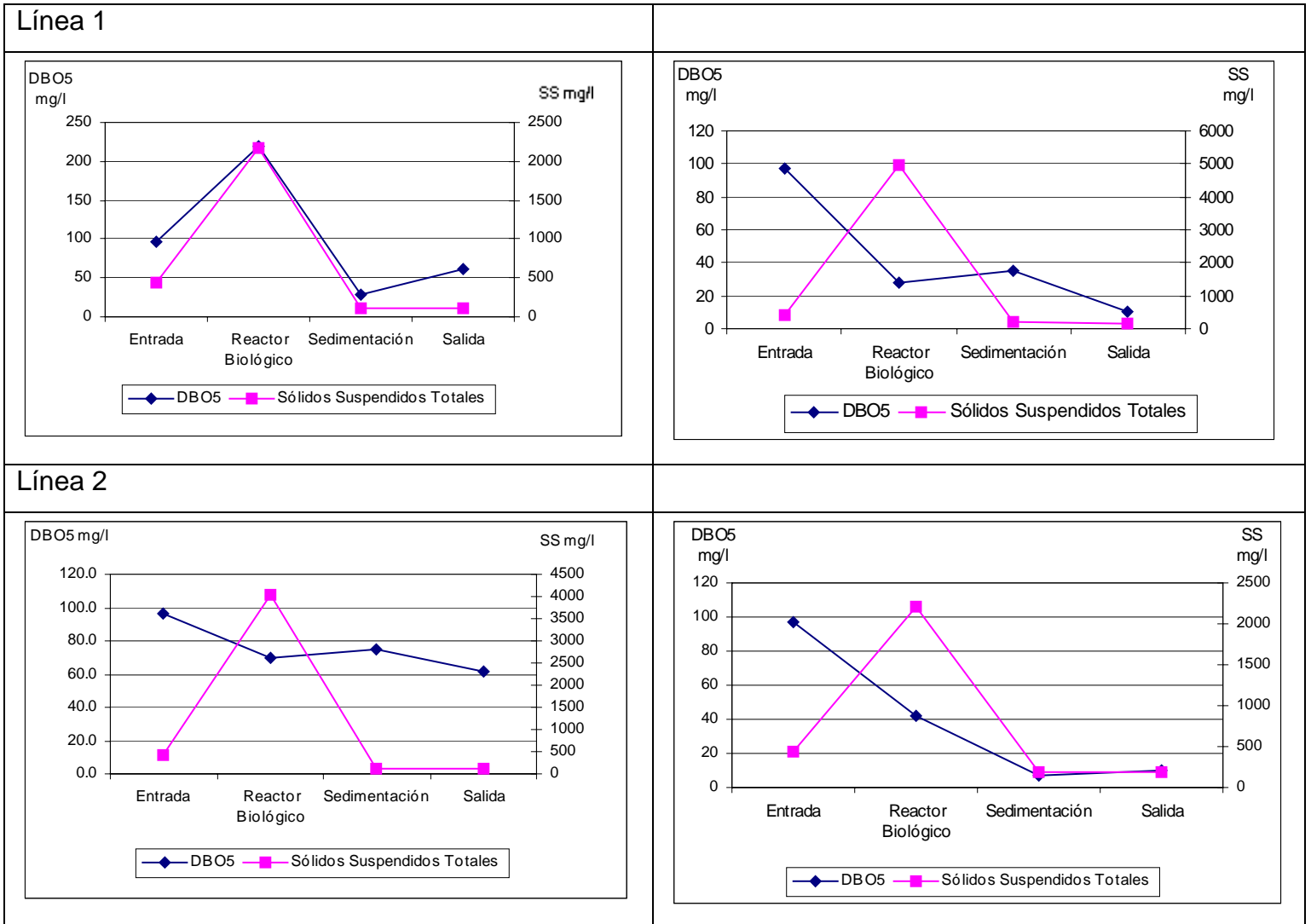


Figura 44: Comportamiento de DBO y SS para el monitoreo 2. A la izquierda se presenta la Planta A y a la derecha la Planta B



ANEXO 10. Cálculo de los parámetros de entrada expresados en carga horaria.

Para calcular los parámetros de entrada en término de carga horaria se utiliza la Ecuación 21. A continuación, la siguiente Tabla muestra los resultados obtenidos.

Tabla 35. Resultados de los parámetros registrados a la entrada expresados en carga horaria para los Monitoreos 1 y 2.

Parámetro	Estación	Monitoreo 1			Monitoreo 2		
		Concentración mg/l	Caudal l/s	Carga gr/h	Concentración mg/l	Caudal l/s	Carga gr/h
Aceites y Grasas	E1	10,5	7,4	280	13,2	14	665
DBO ₅	E3A	205	3,2	2376	96,2	5,5	1905
	E3B	153	6,6	3635	97,2	6,2	2170
P	E3A	80,3	3,2	931	52,7	5,5	1044
	E3B	79,8	6,6	1896	60,2	6,2	1344
N	E3A	8,7	3,2	101	14,4	5,5	285
	E3B	14,1	6,6	335	3,9	6,2	87
SS	E3A	150	3,22	1739	434	5,5	8593
	E3B	153	6,6	3636	332	6,2	7410

ANEXO 11. Recomendaciones para la corrección de problemas operacionales.

Tabla 36. Identificación de problemas y sus correcciones.

PROBLEMA	CAUSA	CORRECCIÓN
AIREACIÓN DISPAREJA	Válvula sin ajustar	Ajuste de válvulas.
	Línea de aire obstruida	Retiro y limpieza de barra difusora y tuberías.
SIN SALIDA DE RETORNO DE LODOS	Presión de aire insuficiente	Abrir al máximo las válvulas.
	Retorno de lodos obstruido	Retrolavar el sistema de retorno.
	Soplador sin funcionar	Ver manual del fabricante.
ESPUMA EXCESIVA	Puesta en Marcha	Ninguna. Efecto normal.
	Sobre aireación	Reducir tiempo de funcionamiento.
	Exceso de sólidos	Aumentar aireación.
	Falta de sólidos	Reducir tiempo de funcionamiento.
	Exceso de detergentes	Verter dos tazas de kerosene.
SÓLIDOS FLOTANDO	Sobre aireación	Reducir tiempo de funcionamiento.
	Retorno de lodos obstruido	Retrolavar el sistema de retorno.
	Lodo en paredes tolva	Limpiar paredes de la tolva.
	Grasas en exceso	Limpiar el desnatador.
DESNATADOR SIN FUNCIONAMIENTO	Cañería de ingreso obstruida	Retrolavar el desnatador.
	Cañería de salida obstruida	Operación inversa.



Tesis para optar al Título de Ingeniero Ambiental

Propuesta de Mejoramiento para la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
de la Ilustre Municipalidad de Olmué.

	Desnatando poca superficie	Ajuste del ingreso o disminuir tasa de bombeo (cierre llave de aire)
SÓLIDOS EN EL EFLUENTE	Retorno de lodos tapado	Retrolavar el sistema de retorno.
	Excesiva tasa de retorno	Reducir tasa de retorno de lodos.
	Sobrecarga orgánica	Aumentar la aireación y luego analizar el efluente.
	Sobre aireación	Disminuir el tiempo de aireación.