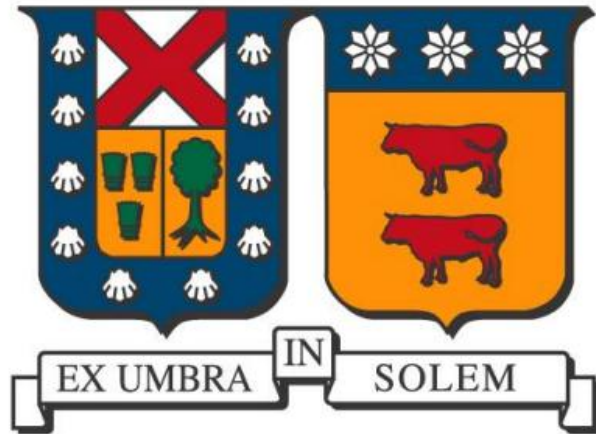


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAÍSO – CHILE



**MEJORAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL
SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE
RILES TIPO AERÓBICO**

FAVIO ANTONIO LÓPEZ MUÑOZ

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

PROFESOR GUÍA:

ING. RAFAEL MENA YANSSEN

PROFESOR CORREFERENTE:

ING. CRISTIAN VEGA NÚÑEZ

ENERO – 2019

AGRADECIMIENTOS

Lo primero, es agradecer a la Universidad y su Departamento de Ingeniería Mecánica, a los profesores por su vocación. Por entregarnos sus conocimientos y valores durante este gran proceso formativo aportando al crecimiento personal de cada alumno, y entregándonos las herramientas necesarias para enfrentar cualquier problemática actual con una mirada en búsqueda de solución y eficiencia.

Quisiera ampliar mis agradecimientos a mis queridos amigos por brindarme siempre su apoyo incondicional con una palabra de aliento, un sabio consejo y por los miles de momentos vividos que recordare con dicha. Una mención especial a todos los que han formado parte de Zaralagoza BFC por ser mi segunda familia, una familia ganadora.

Por último, agradezco al pilar más fundamental en mi vida, mi familia. Agradezco el cariño, apoyo y amor entregado en este grandioso proceso, que no ha sido fácil, pero gracias a su ejemplo de sacrificio, perseverancia y esfuerzo ha culminado de la mejor manera. Gracias familia, por ese amor infinito que hoy me convierte en la persona que formaron.

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia y amigos

A las personas que por una u otra razón ya no están

Pero que han sido un pilar fundamental en este camino

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de título consiste en el análisis del funcionamiento en el sistema de tratamiento de residuos líquidos industriales de una empresa vitivinícola, la que desarrolla una evaluación de los procesos en el tratamiento de residuos líquidos producidos por la elaboración y producción de vino, con la finalidad de evaluar las posibles mejoras que se puedan implementar para optimizar el funcionamiento de la planta de Riles.

Los análisis realizados están enfocados en el periodo de vendimia, época en donde se elaboran y producen la mayor cantidad de vino en el año, y consigo la mayor generación de residuos líquidos. Este periodo tiene una duración aproximada de 3 meses, generalmente se realiza entre los meses de marzo a mayo, pero en esta ocasión el periodo comienza el 15 de febrero y culmina el 15 de mayo aproximadamente.

A objeto de analizar la generación de residuos líquidos, es necesario examinar el proceso productivo con respecto al uso del agua, identificar los orígenes de los residuos líquidos, los posibles problemas operacionales de la planta de tratamiento, y las áreas en donde se puede efectuar las mejoras correspondientes.

Los residuos tratados deben cumplir con las condiciones básicas para la aplicación de Riles vitivinícolas en suelo agrícola, vía riego. En la actualidad, ante el seguimiento y fiscalización del cumplimiento de la normativa ambiental aplicable vigente, y la introducción de nuevas normas y requerimientos legales que protegen el medio ambiente, se ha visto la necesidad de controlar y manejar de mejor manera el proceso de tratamiento de los residuos líquidos con la finalidad de asegurar que no existan riesgos de contaminación al suelo y agua, cumpliendo con los mecanismos voluntarios como los Acuerdo de Producción Limpia (APL) , y la normativa vigente (D.S. N°90/00, NCh 1.333, entre otras).

ABSTRACT

This final School Project includes an analysis of the operation in the system of industrial liquid waste treatment on a wine company, leading to an evaluation of this processes (production and bottling of the wine), with the purpose of evaluating possible improvements that could be implemented to optimize operations on the industrial liquid wastes facilities.

It is worth mentioning that all the analysis carried out will focus on the harvest period, time when the largest amount of wine is produced and bottled during the year, in addition to the largest amount of liquid waste produced through out the same period. This period has an approximate duration of 3 months, and is usually carried out between March and May, but in this particular experience the period began on February 15 and ended on May 15 approximately.

In order to analyze the generation of liquid waste, it's necessary to examine the production process in order to the use of water, identify the origins of the liquid waste, possible operational problems of the treatment facilities, and the areas where the waste can be made.

Treated waste must ensure the minimum requirements for the application of winegrowing liquid wastes facilities, by irrigation systems. Nowadays, considering the monitoring and compliance with existing regulations, and the introduction of new regulations and legal requirements that protects the environment, we've seen the need to develop better control and manage of waste treatment process in general, in order to ensure no risks of contamination to soil and water, complying with voluntary mechanisms such as the APL (Clean Production Agreement), and current regulations (DS No. 90/00, NCh 1.333, among others).

GLOSARIO

Q	: Caudal [m^3/d]
Q_e	: Caudal efluente [m^3/d]
Q_w	: Caudal de purga [m^3/d]
Q_R	: Caudal de recirculacion [m^3/d]
f	: Factor punta para planta [—]
X	: Concentracion de SSVLM [mg/l]
X_e	: Concentración SSVLM en efluente [mg/l]
X_r	: Concetración SSTVLM en recirculación [mg/l]
S_o	: Concetración de sustrato orgánico afluente [mg/l]
V	: Volumen estanque de aireación [m^3]
ϕ_c	: Tiempo de retención celular o edad de lodos [día]
F/M	: Relación alimento/microorganismo [$kg\ DBO_5/kg\ SSVLM$]
V_{asc}	: Velocidad ascencinal [m/h]
V_{dist}	: Velocidad de distribución [cm/s]
V_{alim}	: Velocidad de alimentación [cm/s]
IVL	: Indice volumetrico de lodos [ml/g]
TRH	: Tiempo de retención hidraulico [h]
DBO	: Demanda bioquímica de oxigeno [mg/l]
SS	: Sólidos suspendidos [mg/l]
SST	: Sólidos suspendidos tolates [mg/l]
SSV	: Sólidos suspendidos volátiles [mg/l]
$SSLM$	: Sólidos suspendidos licor de mezcla [mg/l]
$SSVLM$	: Sólidos suspendidos volátiles en licor de mezcla [mg/l]
μ	: Tasa especifica de crecimiento celular [d^{-1}]
K_d	: Tasa de decaimiento celular [d^{-1}]

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
DEDICATORIA	3
RESUMEN EJECUTIVO.....	4
ABSTRACT	5
GLOSARIO	6
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	11
1.1. Introducción	11
1.2. Objetivos	12
CAPITULO II: ANTECEDENTES GENERALES	14
2.1. Ecuálización	18
2.2. Aireación	19
2.3. Sedimentación.....	23
2.4. Disposición de efluente	29
CAPITULO III: INSTALACIONES.....	32
3.1. Ubicación.....	32
3.2. Planta de tratamiento de residuos líquidos	33
CAPITULO IV: GENERACIÓN DE RESIDUOS LIQUIDOS INSDUSTRIALES	35
4.1. Elaboración del vino tinto	37
4.2. Elaboración del vino blanco	42
4.3. Carga de tanktainer / flexitank.....	45
4.4. Envío de vino a envasado	45
4.5. Envasado	45
4.6. Etiquetado	47
CAPITULO V: ANÁLISIS DE LA PLANTA ACTUAL	50
5.1. Planta de tratamiento de residuos líquidos	50
5.2. Estanque de ecualización	53
5.3. Estanque de aireación	56
5.4. Estanque de sedimentacion	58
5.5. Estanque de desinfección.....	61
5.6. Piscina de riego	62
CAPITULO VI: NORMATIVAS Y CERTIFICACIONES AMBIENTALES.....	64
6.1. Acuerdo de Producción Limpia Vitivinícola	64

6.2. Permisos Ambientales para una Planta de Tratamiento de Riles	65
CAPITULO VII: APLICACIÓN DE EFLUENTES	69
7.1. Caudales	69
7.2. Características fisicoquímicas de los Riles.....	70
7.3. Carga orgánica.....	71
7.4. Característica de los suelos	71
CAPITULO VIII: DESARROLLO	73
8.1. Estanque de ecualización	74
8.2. Estanque de aireación	76
8.3. Estanque de sedimentación	81
1.1. Estanque de desinfección.....	88
1.2. Piscina de riego	89
1.3. Plan de análisis y monitoreo	90
1.4. Plan de contingencia y prevención	95
CAPITULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA.....	103
ANEXOS	104

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 : Clasificación de los sólidos en el agua residual.	16
Ilustración 2 : Tipo de agitadores.....	18
Ilustración 3: Aireador mecánico a chorro	21
Ilustración 4: Aireador mecánico de acción radial.....	22
Ilustración 5: Sedimentación ideal.....	23
Ilustración 6: Zonas de decantación del agua residual.	26
Ilustración 7 : Ubicación planta de tratamiento de residuos líquidos	32
Ilustración 8: Procesos planta de residuos líquidos	34
Ilustración 9: Generación de residuos líquidos en el proceso de producción de vino tinto.....	41
Ilustración 10 : Generación de residuos líquidos en el proceso de producción de vino blanco.....	44
Ilustración 11: Generación de residuos líquidos generalizado	49
Ilustración 12 : Sistema de tratamiento de residuos líquidos.....	50
Ilustración 13: Diagrama planta de tratamiento.....	51

Ilustración 14 : Acumulación de residuos en las piscinas del tratamiento	52
Ilustración 15 : Estado piscina de ecualización	54
Ilustración 16 : Estado estanque de aireación de la planta de tratamiento de residuos líquidos.....	56
Ilustración 17 : Sedimentador de la planta de tratamiento de residuos líquidos.....	58
Ilustración 18 : Estanque de desinfección.....	61
Ilustración 19: Estado piscina de riego en la planta de residuos líquidos.....	62
Ilustración 20 : Relación volumen y energía necesaria de un agitador mecánico	75
Ilustración 21 : Longitud de tanque según la potencia del motor	75
Ilustración 22 : Instalacion de un agitador	76
Ilustración 23 : Instalacion para dos agitadores.....	76
Ilustración 24 : Especificaciones tecnicas aireador mecanico.....	77
Ilustración 25: Curva de transferencia de oxigeno aireadores	78
Ilustración 26 : Curva características aireador radial.....	80
Ilustración 27 : Diseño de sedimentador secundario.....	82
Ilustración 28 : Diseño orificios de alimentacion	84
Ilustración 29: Profundidad de diseño del sedimentador.....	85
Ilustración 30 : Piscina de riego con malla	89
Ilustración 31 : Forestación bosque aledaño a la planta.....	90
Ilustración 32: Puntos de control.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Información típica de diseño para decantadores secundarios	28
Tabla 2: Superficies planta de tratamiento de residuos líquidos.....	33
Tabla 3: Parámetros de diseño del sedimentador instalado	60
Tabla 4 : Normativas ambientales vigentes para el uso de tratamiento de Riles.....	67
Tabla 5 : Variación mensual de caudal.....	70
Tabla 6 : Características para efluentes tratados.....	70
Tabla 7 : Cargas orgánicas esperadas en el tratamiento	71
Tabla 8 : Características de los suelos donde se dispondra el efluente	72
Tabla 9: Datos históricos de cargas orgánicas.....	73
Tabla 10: Necesidad de oxígeno en función del TRC	79
Tabla 11: Parámetros de diseño nuevo sedimentador	83

Tabla 12: Valores de diseño sedimentador.....	85
Tabla 13 : Parámetros de control.....	87
Tabla 14 : Fechas de medición para efluente	92
Tabla 15 : Fechas de medición para la determinación de la concentración de olor.....	92
Tabla 16 : Concetraciones de calidad del Riles para uso en riego	93
Tabla 17: Concentraciones máximas de riles para disponer a suelo vía riego.....	93
Tabla 18 : Fecha muestra para monitoreos de suelo	94
Tabla 19: Valores recomendados según NCh 1.333.....	95
Tabla 20 : Resumen toma de muestras para análisis.....	100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Producción de vino año 2016	35
Gráfico 2: Comparación entre la generación de residuos líquidos y la producción de vino.....	36
Gráfico 3 : Variación de pH en la plata de tratamiento de residuos líquidos	55
Gráfico 4 : Dinámica de la DBO ₅ en el proceso de tratamiento de residuos líquidos.....	57
Gráfico 5 : Eficiencia de remoción de los SST en la planta de tratamiento de residuos líquidos	60

ANEXOS

Anexo 1: Datos de DBO registrados en el ingreso y salida de la planta.....	104
Anexo 2: Carga de riego por hectárea.....	105
Anexo 3: Eficiencia de remoción SST.....	106
Anexo 4: Datos sedimentador instalado y nuevo diseño.....	107
Anexo 5: Eficiencia de aireación y necesidad de oxígeno	108

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

Actualmente, la gestión del agua es un tema prioritario en la agenda de muchas industrias que se ubican en zonas de escasez del recurso, y que lo utilizan como uno de los insumos principales para la producción. La opinión pública mundial está cada día más preocupada del medioambiente y de las precauciones que toman los productores en sus procesos para disminuir su impacto sobre el mismo. De igual modo, la legislación tanto nacional como internacional, ha endurecido su postura en este ámbito, impulsando requerimientos más estrictos en esta línea.

Cada vez es mayor el número de individuos, comunidades e industrias que toman conciencia acerca del cuidado de este vital recurso, y que buscan formas de aprovechamiento eficiente del agua que es eliminada como efluentes desde procesos productivos. En este sentido, la industria vitivinícola ha tomado diversos cuidados para reducir el efecto medioambiental de sus operaciones. De este modo, las aguas utilizadas en sus procesos productivos deben ser devueltas a los cursos de regadío sin contener sustancias que puedan afectar a otras plantaciones o incluso a las personas a través del consumo de vegetales regados con esas aguas. Si bien en general no se trata de residuos peligrosos, poseen una carga orgánica que puede tornarlos potencialmente contaminantes de las aguas superficiales y de las napas subterráneas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, son aplicables para todo proceso productivo vitivinícola, donde las descargas del agua residual varían ampliamente en cuanto al caudal y las cargas contaminantes. El tratamiento biológico del agua residual basado en lodos activados se ha generalizado, por su versatilidad de adaptarse a un amplio rango de requerimientos de tratamiento. El diseño del tratamiento del agua residual, cumple con el reglamento nacional, en base a los límites máximos permisibles de contaminación por normativas establecidas por la autoridad como lo son la NCh 1.333 que establece los criterios de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado, el Decreto Supremo 90/00 emisión para la regulación de contaminantes asociados a la descarga de riles a aguas marinas y superficiales, los Decretos 46/02 y 609/98 que regulan la de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas y la emisión para la regulación de

contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales a sistema de alcantarillado respectivamente, además de la Guía SAG que establece las condiciones básicas para la aplicación de Riles de agroindustrias en riego.

La producción de residuos líquidos que se genera de los procesos de elaboración de vino, se caracteriza por presentar una alta estacionalidad, es por esto que este trabajo representa una alternativa de solución, en la etapa de mejoras en el funcionamiento del tratamiento del agua residual, cuyas descargas poseen variaciones significativas en los valores de caudal y cargas contaminantes. En la planta se procesan hasta 45.000.000 kg de uva para la elaboración de vino donde la mayor producción se genera en época de vendimia comprendida nominalmente entre los meses de marzo a mayo, pero en este estudio dichas fechas se vieron levemente modificadas comenzando a mediados del mes de febrero y culminando en la quincena de mayo.

El estudio presenta los conceptos necesarios para el diseño y mejora de las operaciones físicas, químicos y el proceso biológico con la que cuenta planta de tratamiento analizada. Donde se pueden encontrar detalles de los cálculos realizados para determinar cada uno de los parámetros del tratamiento del agua residual, así como los resultados tabulados de la medición de caudal y la caracterización del agua residual con la finalidad de ofrecer una alternativa de mejora en los procesos de la planta de tratamiento. Finalmente, en Anexos se presentan gráficos, tablas e imágenes que permiten ampliar acerca de algunos de los aspectos previos, colaborando para una mejor comprensión del cuerpo del trabajo.

1.2. Objetivos

El objetivo principal consiste en proponer mejoras en el funcionamiento del sistema de tratamiento biológico de residuos industriales líquidos en la planta vitivinícola VSPT, Isla de Maipo.

Para esto, se hace necesario conocer las distintas variaciones de producción en la planta, poniendo énfasis en la época de mayor producción a fin de proyectar y procesar estos afluentes,

analizando de forma sistemática las condiciones actuales y futuras de esta, con la finalidad de cumplir con la normativa ambiental vigente.

- Obtener un marco teórico y práctico de los residuos líquidos industriales tanto como para el manejo y tratamiento de estos, mediante la investigación y recopilación de información con la que cuenta la empresa.
- Determinar por medio del análisis de la situación actual de la empresa, las condiciones en la cual se encuentra está según el marco legal que debe cumplir, considerando la producción y proyección de Riles.
- Proponer mejoras de funcionamiento en el sistema de tratamiento de Riles, modelando las distintas medidas que se adopten como solución.
- Entregar los resultados y conclusiones, además de las recomendaciones necesarias para contar con un óptimo funcionamiento de la planta.

CAPITULO II: ANTECEDENTES GENERALES

El proceso de fangos activados es un sistema de tratamiento de las aguas residuales en el que se mantiene un cultivo biológico formado por diversos tipos de microorganismos y el agua residual a tratar. Los microorganismos se alimentarán de las sustancias que lleva el agua residual para generar más microorganismos y en el proceso se forman unas partículas fácilmente decantables que se denominan flóculos y que en conjunto constituyen los denominados fangos activos o biológicos.

En este proceso pueden distinguirse claramente dos operaciones, la oxidación biológica y la separación sólido-líquido. La primera tiene lugar en el denominado reactor biológico o estanque de aireación, donde vamos a mantener el cultivo biológico en contacto con el agua residual. El cultivo biológico, denominado licor de mezcla, está formado por un gran número de microorganismos agrupados en flóculos conjuntamente con materia orgánica y sustancias minerales. Dichos microorganismos transforman la materia orgánica mediante las reacciones de oxidación biológica anteriormente mencionadas.

Como se indicó, el floculo es la unidad ecológica y estructural alrededor del cual se desarrolla el proceso de depuración biológica, el cual está formado por bacterias filamentosas y protozoos. Los protozoos son los principales consumidores de las poblaciones bacterianas en los sistemas acuáticos, ejercen un importante papel regulador sobre el crecimiento de dichas poblaciones, mientras que las bacterias filamentosas son los microorganismos descomponedores que consumen la materia orgánica. El floculo ideal debe presentar una forma más o menos esférica con un tamaño mediano entre 150 – 500 [mm] de diámetro con una estructura compacta. Las bacterias filamentosas y las formadoras de flóculos deben crecer en equilibrio, los filamentos deben desarrollarse mayormente, en el interior del floculo (núcleo), para proporcionándole a éste, estructura y resistencia. Debe haber un equilibrio entre la carga orgánica a eliminar y la cantidad de microorganismos necesarios para que se elimine dicha carga. En esta fase del proceso que se lleva a cabo en el estanque de aireación, debe contar con la cantidad de oxígeno necesario para la acción depuradora de las bacterias aerobias. Una vez que la materia orgánica

ha sido suficientemente oxidada, el licor de mezcla pasa al sedimentador. Aquí, los fangos floculados tienden a sedimentarse, consiguiéndose separar el agua clarificada de los lodos.

El agua clarificada constituye el efluente que se vierte al cauce y parte de los fangos floculados son recirculados de nuevo al reactor biológico para mantener en el mismo una concentración suficiente de organismos. El excedente de fangos, se extrae del sistema y se evacua hacia el tratamiento de fangos. Al cumplir con todos los criterios necesarios de buen funcionamiento, nos dará como resultado una buena eficiencia de eliminación de la DBO_5 la cual debe cumplir con valores entre el 85% y 95% de remoción (Metcalf&Eddy, 1996), logrando un buen clarificado del agua tratada, la reducción de la DBO_5 y los sólidos totales suspendidos (SST), además de la disminución de la turbiedad. Es por esto, que existen distintos parámetros operacionales que se deben tener en cuenta al diseñar una planta, siendo controlados para mantener un óptimo funcionamiento de esta como lo son: Factor de Carga (F/M), Carga Volumétrica, TRH, SSLM, SSVLM, índice volumétrico, carga másica, edad de fango, calidad del efluente, entre otros.

Los sólidos suspendidos en el licor mezclado (SSLM), corresponde a la concentración de SST en el estanque de aireación. Se asume que la porción de sólidos correspondiente a la concentración de microorganismos en suspensión, se mide cómo la porción volátil de éstos (SSVLM), los cuales se utilizan como indicadores de materia orgánica en el tanque de aireación, normalmente los SST poseen un 70-80% de los sólidos volátiles (Metcalf&Eddy, 1996). Los SSLM se miden en [mg/l], y sus valores típicos son de 2.500 a 4.000 [mg/l] en este caso (Metcalf&Eddy, 1996). En la Ilustración 1, se proporciona una tabla que permite clasificar, aproximadamente, los contenidos en sólidos de un agua residual de concentración media. Es importante resaltar, que los cálculos se realizaron en base al valor de SST y no a los SSVLM, ya que, este criterio es más sencillo y de rápida determinación, la adopción de este parámetro de control resulta adecuado y suficiente para una operación satisfactoria de un sistema.

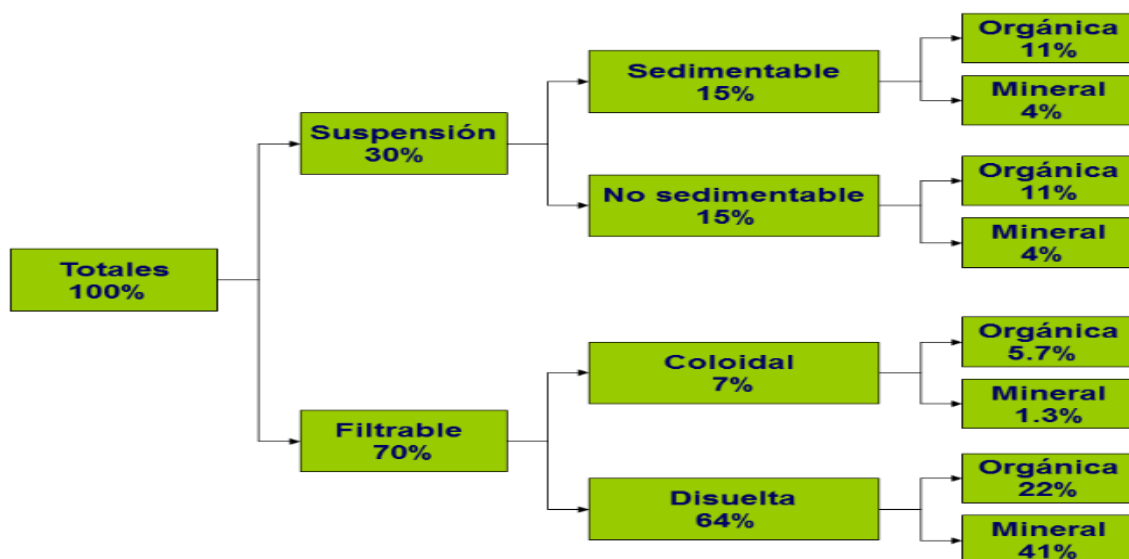


Ilustración 1 : Clasificación de los sólidos en el agua residual.
Fuente: Metcalf & Eddy, 1996.

La relación alimento/microorganismos, corresponde a la relación que existe entre la masa del sustrato y la masa de la población de microorganismos presentes en el sistema. Este constituye un método sencillo y práctico de controlar el proceso de tratamiento, ya que manteniendo este parámetro dentro de los rangos indicados, el cual se expresa en [Kg DBO₅/Kg SSVLM*d], y donde el rango de variación de este parámetro se sitúa en el orden de 0,2 – 0,6 [Kg DBO₅/Kg SSVLM*d] (Metcalf&Eddy, 1996).

$$\frac{F}{M} = \frac{Q * So}{V * X}$$

Por tanto, la variable a modificar por parte del operador responsable viene dada por la concentración de sólidos suspendidos en el reactor, mediante las operaciones de recirculación y purga de lodos.

El tiempo de retención celular o edad de lodos, corresponde al tiempo, en promedio, que permanece una partícula de sólido dentro del sistema. Este valor se estima con el cociente entre la masa de microorganismos presentes en el sistema y la masa de microorganismos que lo abandona por unidad de tiempo. La expresión que define esta variable es la siguiente:

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

En cuanto al índice volumétrico de lodos es un indicador de las características de sedimentabilidad del lodo producido en el tratamiento cuando la concentración de sólidos del sistema cambia. Del mismo, se calcula mediante el cociente entre el resultado del ensayo del Cono Imhoff, test de decantabilidad de 30 minutos, en [ml/l] y los SST en [g/l].

$$IVL = \frac{Vol. Sedimentado}{SST} \times 1000$$

El índice se expresa en [ml/g], y la calidad del lodo se evalúa de acuerdo a la siguiente escala elaborada por Grady, que resume las relaciones típicas entre IVL y las características de sedimentación de los lodos activos. En tal caso, se obtiene un lodo compacto y fuerte que sedimentará rápidamente (Grady, 1999).

IVL < 90 ml/g – *excelente sedimentabilidad*

90 < IVL < 150 ml/g – *buena sedimentabilidad*

IVL > 150 ml/g – *malas condiciones de sedimentabilidad*

El sistema de recirculación y purga de lodos, son dos factores importantes para mantener el equilibrio dentro del proceso, normalmente utilizan un control de flujo que permite variaciones dentro del margen de diseño. El caudal de recirculación de lodos se determina asumiendo un estado estacionario, es decir, que no existe acumulación ni pérdida de lodos. Esto se expresa mediante la siguiente expresión, que resulta al realizar un balance de sólidos en el reactor donde los sólidos suspendidos son despreciados en el afluente bruto:

$$SST_{Reac} * (Q + Q_R) = SST_{Sed} * Q_R$$

Donde el cociente $R = \frac{Q}{Q_R}$, llamado relación de recirculación, se sustituye en la ecuación anterior, quedando la siguiente expresión:

$$\frac{R}{1 + R} = \frac{SST_{Reac}}{SST_{Sed}}$$

Por lo tanto, la única incógnita existente es R , y para poder determinarla es necesario conocer el valor de SST en el reactor y sedimentador. En caso de recircular el valor de R obtenido, se tenderán a mantener los valores de SST utilizados para el cálculo, es decir se mantendrá el estado estacionario en lo que refiere a los lodos en el sistema. El caso de recircular un valor menor, la concentración de SST en el reactor tenderá a disminuir; por el contrario, en caso de recircular un valor superior, la concentración de SST en el reactor tenderá a aumentar. Los valores obtenidos deben complementarse a su vez con la relación F/M , con la finalidad de mantenerse dentro de los rangos diseño y operación de este proceso. Típicamente, la capa de lodo generada en el sedimentador varía entre 0,3 – 1 [m] y la velocidad de recirculación suele ser entre 25 – 100% del efluente para el proceso de lodos activados que cuenta el sistema (Metcalf&Eddy, 1996).

2.1. Ecuilización

El objetivo principal de esta unidad es minimizar las fluctuaciones de pH y mantener un flujo hidráulico de afluente más controlado con la finalidad de estabilizar las cargas orgánicas, para que estas no decanten solas, ya que este es un factor clave en el crecimiento de los organismos. Es por esto, que lo idóneo es la utilización de difusores o agitadores para evitar la sedimentación, mejorar la disolución de los productos químicos para el control del pH y homogenización de las aguas evitando el estancamiento de estas y consigo el mal olor.

Para lograr esta estabilización de pH, se inyectan productos químicos como lo son ácido/base debido que la mayoría de los organismos no puede tolerar niveles de pH por encima de 9,5 o por debajo de 4. Para cumplir dichas funciones existen 3 tipos principales de agitadores.

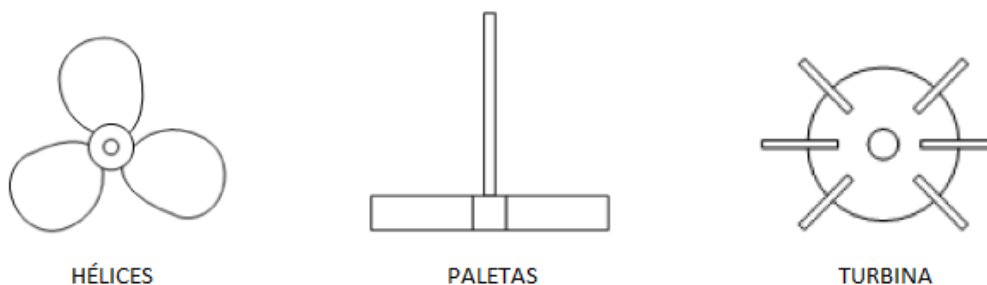


Ilustración 2 : Tipo de agitadores

El de hélice es un agitador de flujo axial, que opera con velocidad elevada y se emplea para líquidos de baja viscosidad. Las corrientes de flujo, que parten del agitador, se mueven a través del líquido en una dirección determinada hasta que son desviadas por el fondo o las paredes del tanque. La columna de remolinos de líquido de elevada turbulencia, que parte del agitador, arrastra en su movimiento al líquido estancado. Son eficaces en tanques muy grandes.

El de palas se utiliza para los casos más sencillos de agitación o mezcla. Consta de una o varias palas planas (frecuentemente de dos a cuatro palas), que giran sobre un eje vertical a bajas o moderadas velocidades en el centro del tanque, impulsando el líquido radial y tangencialmente, sin que exista movimiento vertical respecto del agitador, a menos que las paletas estén inclinadas. La anchura de la pala es de un sexto a un décimo de su longitud, la cual generalmente comprende entre el 50 y el 80% del diámetro del tanque.

El de turbina en su mayoría se asemejan a agitadores de múltiples y cortas paletas, que giran a altas velocidades sobre un eje montado centralmente en el tanque, generando corrientes principalmente radiales y tangenciales. Las paletas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales y su diámetro varía entre 30 y el 50% del diámetro del tanque. Las turbinas son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades.

2.2. Aireación

Los objetivos del estanque de aireación de aireación son oxidar la materia orgánica biodegradable disuelta y particulada. Para llevar a cabo esto, se promueve el desarrollo de una gran variedad de microorganismos aeróbicos que crecen dentro del estanque. Así los microorganismos remueven la DBO, y a su vez estabilizan la materia orgánica que ingresa al sistema mediante oxidación de la materia orgánica produciendo compuestos de menor complejidad y biomasa adicional. Estos microorganismos son mantenidos suspendidos en el licor mezclado por métodos de mezcla que son producidos por los mecanismos de aireación. Para el control del proceso de fangos activados se han puesto una serie de parámetros empíricos y racionales.

Dos de los parámetros de uso más común son: la relación alimento/microorganismo (F/M), y el tiempo de retención celular (Θ_c). La relación alimento/microorganismo se define como:

$$F/M = \frac{S_o}{\Theta * X}$$

En donde, S_o : *Concentración de DBO o DQO en el afluente* [kg/m^3]

X : *Concentración de SSV en el tanque de aireación* [kg/m^3]

Θ : *Tiempo de retención hidráulica del tanque de aireación* [d]

El tiempo medio de retención celular se puede definir en función del volumen del tanque empleado, expresándose de la siguiente forma.

$$\Theta_c = \frac{1}{\mu + K_d}$$

En donde, μ : *Tasa específica de crecimiento celular* [d^{-1}]

K_d : *Tasa de decaimiento celular* [d^{-1}]

Además, el conocimiento de la producción diaria de fango es importante debido a que afecta al diseño de las instalaciones de tratamiento y evacuación del fango en exceso. La producción diaria de fango que hay que purgar se puede estimar de la siguiente manera.

$$P_x = Y_{obs} * Q * (S_o - S)$$

En donde, Y_{obs} : *Producción observada* [kg/kg]

Q, S_o, S : *Según definición anterior*

Otro factor importante para el análisis de la planta es la necesidad teórica de oxígeno, la cual se puede determinar a partir de la DBO₅ del agua residual y la cantidad de organismos purgados diariamente del sistema. Considerando que, toda la DBO₅ se convirtiera en productos finales, la

demanda total de oxígeno se podría calcular convirtiendo la DBO_5 en DBO_L utilizando un factor de conversión adecuado (Metcalf&Eddy, 1996). Por otro lado, se sabe que parte del residuo se convierte en tejido celular nuevo que, posteriormente, se purga del sistema, de modo que, si la DBO_L del tejido se resta del total, la cantidad remanente corresponde a la cantidad de oxígeno que es necesario suministrar al sistema. Por lo tanto, la demanda teórica de oxígeno para la eliminación de materia orgánica presente en el agua residual de un sistema de fango activado, se puede calcular mediante la expresión:

$$\text{kg} \frac{\text{O}_2}{\text{d}} = \frac{Q * (S_o - S)}{f} - 1,42(P_x)$$

Donde, f = factor de conversión de DBO_5 en DBO_L (0,45 – 0,68). Los términos restantes corresponden a definiciones anteriores.

Para el metabolismo y sobrevivencia de los microorganismos presentes en el estanque, se debe proveer una concentración de oxígeno disuelto mínima. Esta concentración de oxígeno debe satisfacer la DBO de las aguas residuales, la respiración endógena de los organismos en los lodos, mantener una concentración mínima de oxígeno disuelto en el reactor y proveer una mezcla adecuada si es el caso. El sistema de aireación que utilizamos en este caso es de tipo mecánica.

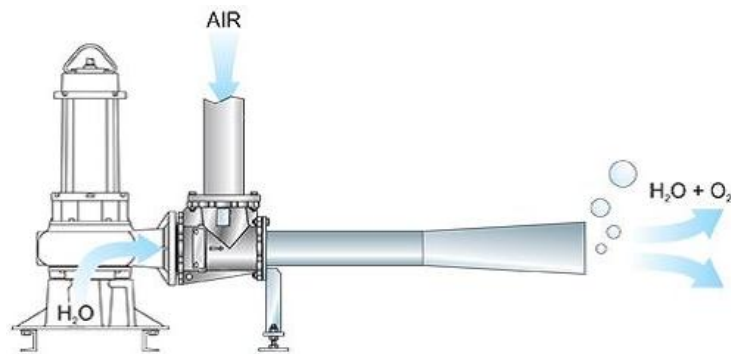


Ilustración 3: Aireador mecánico a chorro

Luego de la degradación de la materia orgánica en el estanque de aireación, el licor mezclado fluye hacia el decantador secundario donde los lodos activados sedimentan, produciéndose la separación sólido líquido. El lodo espesado en el fondo del sedimentador retorna al estanque de

aireación con la finalidad de mantener una mayor concentración de microorganismos en el sistema, y así mantener una adecuada relación de microorganismos y carga orgánica que ingresa al reactor. Por otra parte, para no exceder la concentración deseada de biomasa en el sistema, se efectúa la evacuación de parte de estos desde la línea de recirculación o directamente desde el reactor.

Los aireadores mecánicos como muestra la Ilustración 3, es un aireador que está basado en el principio de inyección a través del efecto Venturi que produce una mezcla efectiva de aire-agua creando una óptima aireación y movimiento, lo que permite además de airear, ecualizar estanques. Apropiado para estanques o tranques con profundidad entre 1,5 y 5 m. Estos equipos por lo general son utilizados en estanques de pretratamiento, ecualización, aireación en estanques biológicos entre otros. El tipo de burbuja que se genera es más grueso en comparación con los aireadores radiales sumergidos, no obstante, la ventaja de estos equipos es su versatilidad en la instalación y la acción de movimiento que generan.

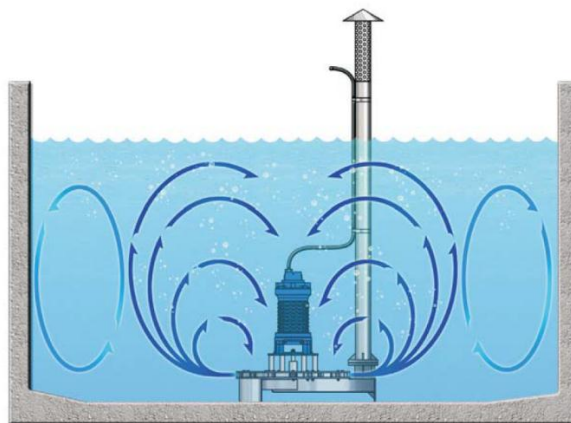


Ilustración 4: Aireador mecánico de acción radial

Los aireadores sumergidos de acción radial como muestra Ilustración 4, son utilizados para transferir oxígeno al agua y a su vez generar una mezcla de aire-agua en el estanque donde se aplica. Los aireadores sumergidos de acción radial, permiten un alto nivel de transferencia de oxígeno y fiabilidad.

2.3. Sedimentación

La sedimentación consiste en la separación, por acción de la gravedad, esta operación se emplea para la eliminación de arenas, de la materia orgánica en suspensión en flóculos biológico en los decantadores secundarios de fango activado (Metcalf&Eddy, Ingeniería de aguas industriales: Tratamiento, vertido y reutilización, 1996). El Objetivo principal es obtener un efluente clarificado, pero también es necesario producir un fango cuya concentración de sólidos permita su fácil tratamiento y manejo.

Según la teoría de la sedimentación ideal, esta se efectúa en tanques rectangulares o circulares, en cuales la masa líquida se traslada a otro con una velocidad V_o , mientras las partículas caen con una velocidad V_s . Se pueden considerar cuatro zonas en una unidad de sedimentación como lo son la zona de entrada, zona de sedimentación, zona de salida y zona de lodos como se representa en la ilustración 5.

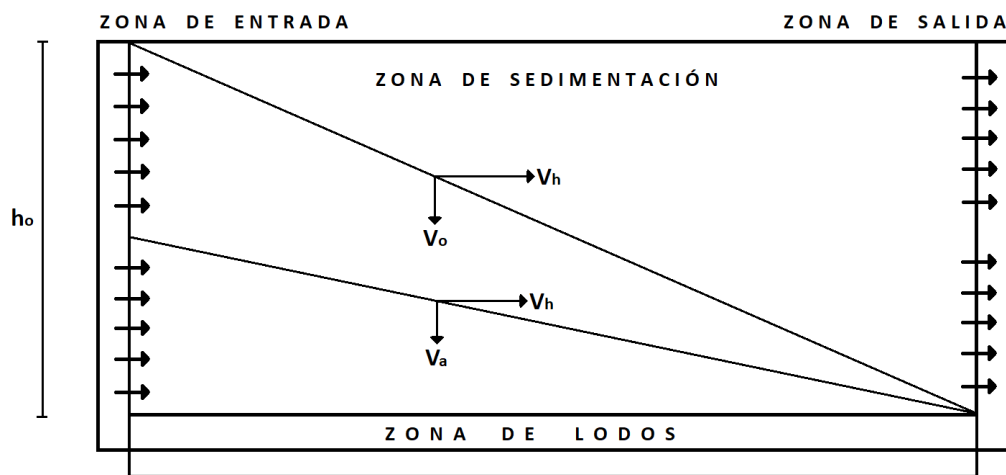


Ilustración 5: Sedimentación ideal

En la zona de entrada el caudal afluente junto con los SSLM, se dispersan a través de la sección transversal en ángulo recto a la dirección de flujo. Luego en la zona de sedimentación, las partículas se depositan por acción de la gravedad, al acercarse a la zona de lodos, estas se apoyan unas con otras compactándose, en donde la velocidad de sedimentación se reduce de manera importante. En la zona de lodos, es donde se recolectan los sólidos sedimentables bajo la zona de sedimentación, y en la zona de salida es donde se recolecta la suspensión clarificada.

Hazen en 1904, y luego Camp, en 1946 (Metcalf&Eddy, Ingeniería sanitaria: Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales, 1985), introdujeron el concepto del tanque ideal. Camp lo define como el decantador hipotético, en el cual la sedimentación se realiza en la misma forma que en un recipiente de igual profundidad conteniendo un líquido en reposo. Esta definición se basa en las siguientes definiciones:

- La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos de la zona de sedimentación del tanque.
- Al principio de la zona de entrada, la distribución de partículas de diversos tamaños es la misma en todos los puntos de la sección vertical.
- Una vez que la partícula ha llegado a la zona de lodos queda removida.
- Para un flujo dado, la remoción de partículas suspendidas está en función de la carga superficial y es independiente de la profundidad.
- La concentración de las partículas suspendidas para cualquier sección transversal, aumenta con la profundidad de sedimentación y disminuye a medida que se acerca a la zona de salida.

En los clarificadores, la masa líquida se dirige de un extremo a otro con un movimiento uniforme y velocidad constante V_0 , mientras que las partículas caen con una velocidad V_s . Por definición, el tiempo en el cual la partícula crítica llega al fondo es igual al tiempo teórico de retención T_0 .

$$T_0 = \frac{V}{Q}$$

En donde, Q : Caudal de diseño

V : Volumen del decantador

Como el volumen es igual al área superficial A, multiplicada por la profundidad h del tanque de sedimentación, tenemos que:

$$T_o = \frac{A * h}{Q} = \frac{h}{\frac{Q}{A}} = \frac{h}{V_{sc}}$$

$$V_{sc} = \frac{h}{T_o} = \frac{h}{\frac{A * h}{Q}} = \frac{Q}{A} = \text{Carga superficial}$$

Por lo anterior, la proporción de sedimento removido es en función del área del decantador y que la cantidad de agua tratada es independiente a la profundidad del sedimentador. Luego de la oxidación de la materia orgánica y de la generación de la biomasa en el estanque de aireación; el licor mezclado ingresa al sedimentador secundario para su separación. La concentración afluyente de este lodo, dependiendo del tipo de planta que se esté operando puede variar, además se trata del último paso en la consecución de un efluente bien clarificado, estable, de bajo contenido en DBO y sólidos suspendidos, representando un punto crítico en la operación de un proceso de tratamiento de Riles.

Con la finalidad de realizar la separación del licor mezclado, esta unidad combina la función de decantación para producir un flujo constante de un lodo en su parte inferior para recircularlo hacia el reactor biológico o para purgar, y un clarificador que produce un efluente clarificado final. Si el sedimentador falla en alguna de estas dos funciones conlleva la pérdida de SST en el efluente que no solamente involucran un deterioro en la calidad del efluente, sino también podría afectar el comportamiento de los procesos biológicos en el reactor debido a la disminución en el tiempo de retención celular y, por ende, en la concentración de SSLM, generando valores por debajo de los requerimientos y objetivos de la planta, dificultando el control y la operación (EKAMA, 1997). El TRC depende de la masa de sólidos que abandona el sistema y, por ende, al aumentar la concentración de SST en el efluente, disminuirá el TRC del sistema.

El comportamiento de la clarificación, la decantación y el almacenamiento en el sedimentador, son influenciados tanto por el diseño como por su operación. A grandes rasgos, los factores que afectan estos aspectos son los caudales de entrada y de salida al sedimentador, el área y la tasa superficial del sedimentador, la profundidad y el tiempo de retención, la velocidad ascensional, la recirculación y la purga de lodos, entre otras. Sin embargo, para el dimensionamiento de la unidad, los valores más relevantes son el caudal del agua y, las propiedades y comportamiento del lodo. Como se señaló anteriormente, el sedimentador secundario debe satisfacer los requerimientos para otorgar un clarificado de calidad y para generar un buen espesamiento de lodos, lo que se traduce en un área mínima para ambas condiciones. En general, la condición más relevante es la del espesamiento de los lodos, y es por ello la importancia del tipo de sedimentación que este lodo describe.

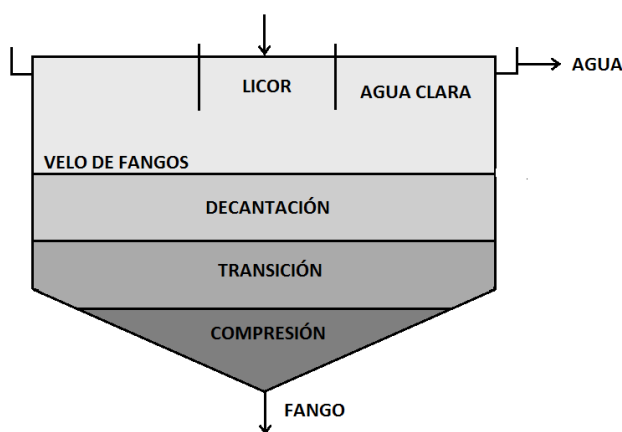


Ilustración 6: Zonas de decantación del agua residual.

Como podemos apreciar en el Ilustración 6, durante la sedimentación las partículas floculan y se cohesionan para sedimentar de manera conjunta, generando múltiples interfaces en el interior del sedimentador.

Debido a la naturaleza orgánica de las partículas en el efluente del sedimentador, el aporte de estas a la calidad del agua, no están sólo en términos del incremento de la concentración de SST, sino que también su presencia implica un incremento en la DBO de las aguas. Es por esto que, con la fuga de SST en los efluentes, se tendrá un aumento de la concentración de DBO, pudiendo incumplir la norma con cualquiera de estos parámetros.

Por otra parte, el área del sedimentador debe ser suficiente para funcionar como un espesador de lodos. Para permitir esta función, la carga aplicada de sólidos debe ser menor o igual que la necesaria para alcanzar el fondo de la unidad. De no cumplirse esta condición, el espesamiento de los sólidos será menor a la estimada, lo que conlleva a aumentar el caudal de recirculación con el fin de mantener la concentración de SSLM deseada. Sin embargo, al disminuir la carga de recirculación, entrarán más sólidos al sedimentador de los que se extraen del fondo, provocando la inevitable pérdida de sólidos en el efluente.

Uno de los criterios básicos que se usan para el diseño es la carga superficial que se relacionan con la clarificación y el espesamiento de lodos, respectivamente. Como procedimiento común de diseño, primero se determina el área requerida para obtener una clarificación y un espesamiento adecuados, usando valores típicos de cargas superficiales. Se debe seleccionar una profundidad adecuada a criterios prácticos, así como también, diámetro máximo de cada sedimentador, pendiente de fondo y cantidad mínima de sedimentadores a instalar; dependiendo de las condiciones de la planta.

La carga de sólidos representa un valor característico en la suspensión, este factor es otro de los puntos importantes para poder determinar la capacidad de un sedimentador y puede calcularse dividiendo, el total de los sólidos aplicados en el área superficial del tanque y el tiempo.

$$Carga\ de\ sólidos = \frac{(Q + Qr) * X}{A}$$

En donde, *Qr*: Caudal de recirculación de lodos

X: Concentración de SST en el tanque de aireación

Otros de los puntos importantes para el correcto funcionamiento de los residuos del tratamiento de las aguas residuales, lodos en exceso, no pueden ser desechados sin un tratamiento adecuado. Los procesos más comunes aplicados para eliminar estos excesos son los siguientes:

El espesado de Fangos tiene por objetivos reducción del volumen de fangos activados en proceso de declive, la homogeneización de los lodos procedentes de los decantadores. La digestión de los fangos por microorganismos consumidores, aquí existen dos tipos de digestión, dependiendo de cuál sea su metabolismo bacteriano. El primero es la digestión aerobia, donde es la eliminación en presencia del aire de la parte fermentable (biomasa) de los lodos activados y la digestión anaerobia, la cual es un proceso en ausencia de aire, por el cual, la biomasa se descompone en metano y CO₂. La deshidratación de fangos es la eliminación del mayor porcentaje posible del agua contenida en los lodos. El proceso se puede dar por alguna de las siguientes operaciones unitarias como lo son las eras de secado, lagunas de fangos, filtración al vacío, centrifugación, filtro prensa, entre otros.

En un tanque de sedimentación de una determinada superficie, si la carga de sólidos sobrepasa el valor característico de la suspensión, se producen un deterioro del efluente (Metcalf&Eddy, Ingeniería de aguas industriales: Tratamiento, vertido y reutilización, 1996). En la tabla se facilitan valores típicos de las cargas de sólidos empleados en un diseño de sistema de tratamiento biológico. A efectos de proyectos no se deben adoptar valores mayores a éstos a no ser que se hayan realizado estudios experimentales que abarquen todas las variables operativas.

Tipo de tratamiento	Carga de superficie [m ³ /m ²]		Carga de sólidos [Kg/m ² *h]		Profundidad [m]
	Media	Punta	Media	Punta	
Sedimentación a continuación de fangos activados (excepto aireación prolongada)	0,678 – 1,356	1,695 – 2,035	3,90 – 5,85	9,76	3,6 – 6,0
Sedimentación a continuación del proceso de aireación prolongada	0,339 – 0,678	1,017 – 1,356	0,97 – 4,88	6,83	3,6 – 6,0

Tabla 1: Información típica de diseño para decantadores secundarios

2.4. Disposición de efluente

La producción de residuos líquidos que se genera a partir procesos en la elaboración del vino se caracteriza por presentar una alta estacionalidad entre los meses de febrero y mayo correspondientes a la época de vendimia. Por lo que, su utilización debe considerar ciertos aspectos como que ésta satisfaga las necesidades hídricas de un cultivo o alguna especie vegetal, ya que se considerará disposición cuando el RIL se aplica al suelo en forma controlada e independiente de la presencia o no de un cultivo. Según la “Guía de Condiciones Básicas para la Aplicación de Riles Vitivinícolas en Suelo Agrícola”, que refiere a 2 alternativas:

- Riego de especies en crecimiento activo, a objeto de que el volumen de Ril aplicado complemente o satisfaga parcial o totalmente la demanda hídrica requerida por un cultivo o una especie vegetal.
- Disposición de Riles al suelo en forma controlada a objeto de alcanzar un tratamiento y remoción de los constituyentes que normalmente transportan los Riles, considerando como principio obligatorio, no contaminar napas subterráneas o cualquier curso de agua. La disposición de efluentes al suelo puede ser considerada como una forma de tratamiento y como tal, debe ser objeto de un diseño apropiado de manera de lograr sus objetivos.

Los requisitos para utilizar riles vitivinícolas en los suelos silvoagropecuarios, el productor deberá expresamente elegir cualquiera de las dos alternativas señaladas anteriormente y obligatoriamente deberá efectuar algún tipo de tratamiento (eliminación de sólidos, neutralización del pH, sedimentación de las tierras filtrantes y sólidos sedimentables), según se indica en la “Guía Condiciones Básicas para la aplicación de Riles agroindustriales en Riego”. Como los residuos líquidos tratados son dispuesto para el riego de *Eucalyptus glóbulus*, por lo tanto, se considera cumplir el primer criterio.

En este caso, para satisfacer la demanda total o parcial de agua de un cultivo o una especie vegetal con el objeto de permitir su crecimiento y desarrollo, deberá previamente determinar las características del RIL tratado, calcular mediante criterios técnicos y agronómicos (balance hídrico) el volumen necesario para ser dispuesto al suelo según las características agrológicas y de la especie vegetal. (vitivinícola, 2010)

Además, se deberá contar con un plan de seguimiento y de medidas ante contingencias, las que se refieren a implementar un programa de monitoreo tanto del Ril a aplicar como riego como del suelo que será receptor de Riles con la finalidad de evitar o disminuir los posibles efectos adversos en el medio ambiente y definir un plan de medidas ante contingencias, que tiene por objetivo permitir una intervención oportuna y eficaz en los sucesos que alteren el desarrollo normal de utilización de los Riles en los suelos, en tanto puedan causar daños al medio ambiente.

El plan de monitoreo consiste en realizar un seguimiento a través de medición y control, a lo largo del tiempo, de parámetros o aspectos representativos que caracterizan el estado y evolucione los componentes relevantes asociados a la ejecución del proceso en la aplicación de los efluentes al suelo. En primer lugar, el plan de monitoreo debe definir las componentes ambientales relevantes que pueden verse afectadas por la aplicación de residuos líquidos tratados, los cuales serán objeto de medición y control.

Los límites específicos de estas áreas de influencia tendrán escalas variables, según sea el medio o componente potencialmente afectado, y dependerá directamente de las variables que influyen en la vulnerabilidad del entorno, por este motivo que se debe controlar la calidad, el caudal a regar y la carga orgánica aportada por los residuos líquidos. Para evaluar la calidad del Ril, se deben realizar los muestreos periódicos en el punto de salida de este, posterior a los tratamientos establecidos para abatir contaminantes.

En cuanto al plan de contingencia es un plan esencialmente organizativo que proporciona las respuestas necesarias ante situaciones de emergencia. Los objetivos de este son establecer las

líneas básicas de actuación en el caso de un episodio de emergencia ambiental y coordinar los medios técnicos y humanos para contrarrestarlo.

A continuación, se presentan una serie de situaciones de emergencia que pueden ocurrir en el área de operación del sistema, recomendándose ciertas medidas a adoptar para atenuar o evitar los efectos negativos que pueden sobrevenir.

- Ocurrencia de Temblores de Gran Magnitud o Terremotos.
- Lluvias Tormentosas.
- Muerte de especies vegetales o animales.
- Discontinuidad en el Aporte de Agua Residual desde el Proceso Agroindustrial.
- Detección de Pérdida de Suelo Superficial.
- Rotura o Detección de Fugas en Canales.

CAPITULO III: INSTALACIONES

3.1. Ubicación

La Viña San Pedro Tarapacá perteneciente al grupo CCU, se encuentra ubicada en el fundo el Rosal s/n en la comuna de Isla de Maipo, Región Metropolitana. Es la región vitivinícola más cercana a Santiago, lugar que se considera el lugar de nacimiento de la industria del vino chileno por su clima mediterráneo, acá se lleva a cabo completamente el proceso de elaboración de vino desde el cultivo y cosecha de la uva hasta el proceso de envasado para luego ser importado y/o exportado.

La viña posee una única vía de acceso llamado camino Ex-Zabala, el cual consiste en recorrer un camino privado aproximadamente de 7 km hasta llegar al lugar físico donde esta se ubica la planta, cabe mencionar que el camino es privado ya que pertenece a la empresa. El viñedo comprende 2.600 hectáreas, de las cuales 611 son viñedos plantados. Se trata de un lugar único, protegido por la naturaleza, ya que está rodeado por cordones montañosos y el río Maipo, dando origen a vinos únicos de calidad excepcional. La planta es capaz de procesar 25 millones de kilogramos de uva anualmente, y para esto es necesario una planta de tratamiento de Riles capaz de tratar todo el efluente generado.



Ilustración 7 : Ubicación planta de tratamiento de residuos líquidos

La planta de tratamiento de riles se encuentra ubicada en una zona rural, específicamente en las coordenadas 33°45'54.06" S - 70°55'41.24" O. La instalación del sistema de tratamiento de RILES se encuentra a un costado del terreno de riego donde los efluentes serán tratados y posteriormente dispuestos para el riego de la especie Eucaliptus glóbulus, de acuerdo a las recomendaciones del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el uso de efluentes vitivinícolas, además las instalaciones del proyecto cuentan con superficies que se presentan en la siguiente tabla:

<i>Área</i>	<i>Superficie [ha]</i>
Sistema de tratamiento	0,100
Área de disposición de aguas	20

Tabla 2: Superficies planta de tratamiento de residuos líquidos

3.2. Planta de tratamiento de residuos líquidos

La Viña San Pedro de Tarapacá es una de las instalaciones más importantes de la industria vitivinícola para la empresa CCU, la cual se encuentra ubicada en la comuna de Isla de Maipo, Región Metropolitana. En esta bodega, está preparada para poder procesar 25 millones de kilogramos de uva. Lo que conlleva una gran cantidad de residuos líquidos generados mediante el procesamiento de la uva, lavado de equipos e instalaciones. Por lo que, se requiere implementar un eficiente sistema de tratamiento de residuos líquidos industriales para su acondicionamiento y posterior disposición de los efluentes al suelo.

La planta de tratamiento de residuos líquidos cuenta con 3 piscinas y un sedimentador. La primera piscina corresponde a la ecualización, donde se realiza un pre-tratamiento físico-químico de las aguas residuales donde se inyecta ácido fosfórico o soda cáustica para la regulación del pH, regulando las variaciones de carga orgánica y los niveles de pH con los que el afluente ingresa al sistema, reduciendo las eventuales cargas puntuales sobre todo en época de vendimia donde se generan los mayores flujos de afluente.

Luego se encuentra la piscina de aireación la cual tiene una gran importancia por dos razones. Primero, proporciona el oxígeno necesario para que los microorganismos rompan la materia

orgánica. En segundo lugar, el equipo de aireación compuesto por 4 aireadores mecánicos a chorro proporciona las condiciones de mezcla del tanque, asegurando que el flóculo tendrá buenas características de decantabilidad. El sedimentador, tiene como objetivo decantar el lodo y separarlo del agua residual, por este motivo que la sedimentación junto a la aireación son parte importante del proceso de fangos activados.

Finalmente, se encuentra el clarificador donde se inyecta hipoclorito de sodio para que el efluente sea descargado en la tercera piscina de riego, tanque donde se acumula el efluente clarificado que será dispuesto en el riego de 20 [ha] mediante aspersores.

A continuación, se presenta un diagrama del proceso y de las instalaciones de la planta de riles.

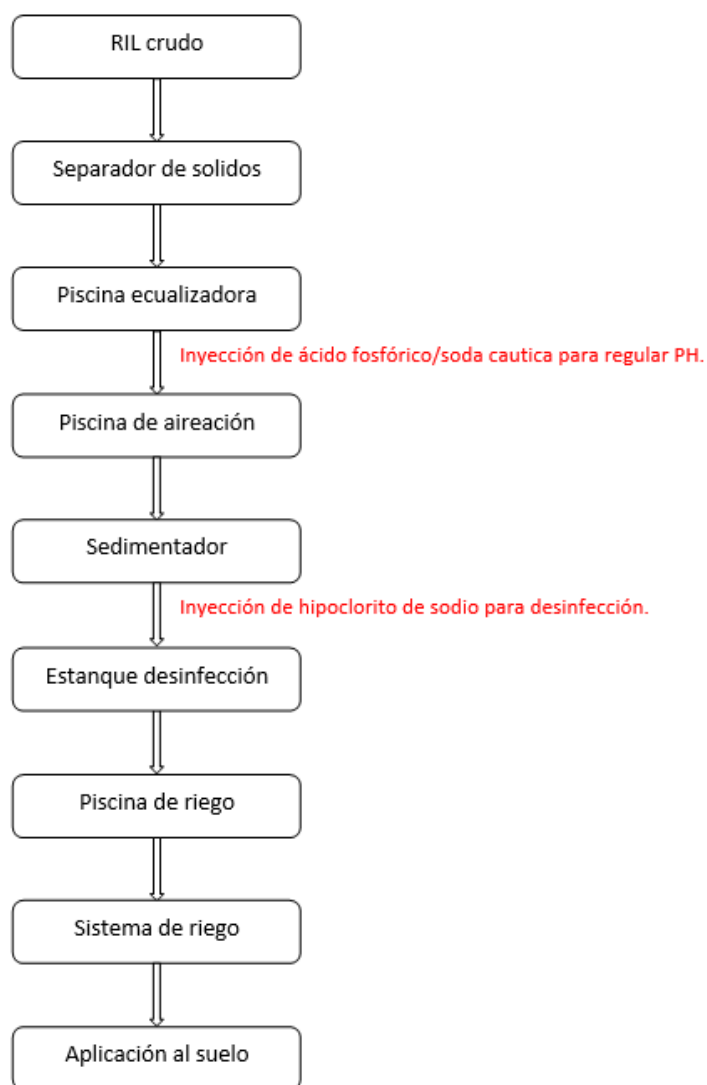


Ilustración 8: Procesos planta de residuos líquidos

CAPITULO IV: GENERACIÓN DE RESIDUOS LIQUIDOS INSDUSTRIALES

En esta parte veremos, describiremos y analizaremos las distintas actividades que es necesario desarrollar para el proceso de elaboración del vino y los residuos que generan para el posterior proceso en la planta de tratamiento de residuos líquidos, antes, durante y después de la época de vendimia. Dando énfasis, en cada proceso que se lleva a cabo para la elaboración de vino desde la recepción de la uva hasta que este despachado.

A continuación, se ilustra el Grafico 1, correspondiente a la producción de vino en el año 2016, como se puede observar los volúmenes de enología y envasado permanecen con un nivel de producción constante a lo largo del año. Datos obtenidos a través de la investigación y recopilación de datos empíricos registrados para la producción de vino en sus distintas áreas, se logró obtener la estimación de la producción a lo largo del año 2016.

La producción de vino no es ajena a la generación de residuos como lo apreciaremos más adelante, ya que estas se producen básicamente en los procesos de limpieza de los equipos como los depósitos de fermentación, la clarificación del vino en frio, procesos que ocurren en el área de enología, ya que para el envasado y etiquetado los principales residuos se generan mediante la limpieza y desinfección de los circuitos, el lavado de envases, etc. Aunque estas aguas residuales son las que menor carga contienen.

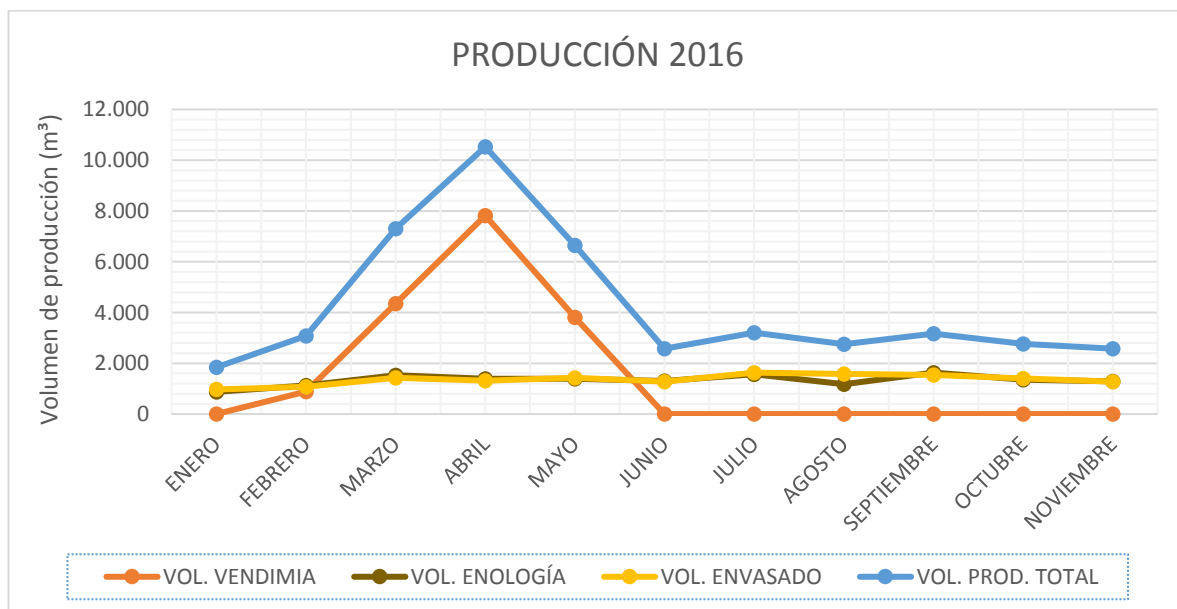


Gráfico 1: Producción de vino año 2016

Es importante diferenciar entre las épocas de vendimia y fuera de esta, como se mencionó con anterioridad fuera de vendimia, se cuenta con una producción constante de vino, en cambio, durante la época de vendimia que tiene una duración aproximada de 6 – 8 semanas, y donde se produce la mayor cantidad de aguas residuales. Se generan tras la molturación de la uva y en la limpieza de equipos como depósitos, prensas, tolvas de recepción, despalladoras, así como derrames accidentales en los numerosos transvases que se llevan a cabo durante el proceso.

Para poder realizar la comparación entre la generación de residuos líquidos y la producción de vino como muestra el Grafico 2, fue necesaria la recopilación de datos para el consumo de agua ocupada para el proceso de elaboración de vino, la mantención y la limpieza de equipos que son utilizados en el proceso. Además de la recopilación de los datos obtenidos en la planta de residuos líquidos para saber cuánta es la cantidad de efluente que se generan en el proceso y elaboración del vino, teniendo ambos datos registrados a lo largo de un periodo en este caso del año 2016, es posible realizar una comparación de la producción de vino y la utilización de agua que posteriormente se convertirá en Ril.

Como se observa, los mayores volúmenes de residuos líquidos se generan en los tres meses que dura la época de vendimia, esta relación es proporcional y en una relación casi 1:1, valor poco usual debido a que generalmente este valor alcanza una relación 4:1. Es decir, por cada litro de vino producido se generan 4 litros de residuos líquidos.

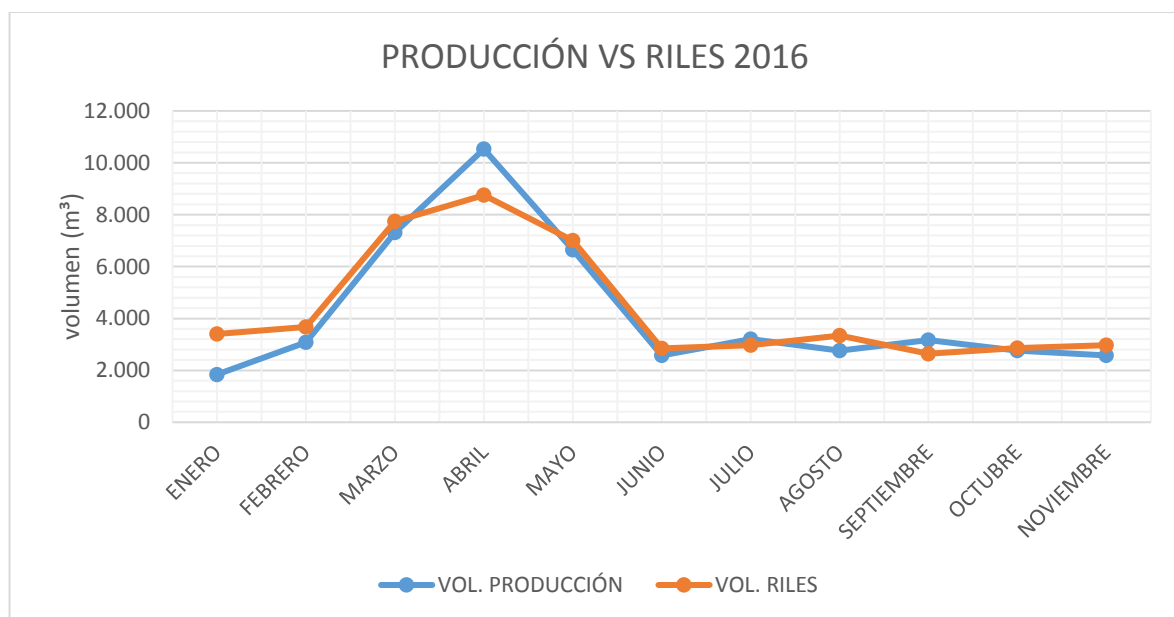


Gráfico 2: Comparación entre la generación de residuos líquidos y la producción de vino

En rasgos generales la preparación de la vendimia consta de dos partes principales, la primera es la determinación de las fechas en las cuales se llevará a cabo la vendimia, la cual es realizada en el campo y distintos factores como son los climáticos, varietales, estado sanitario y de madurez, los cuales se determinan mediante el análisis de químicos y/o por degustación de bayas.

La segunda parte de la preparación para la vendimia es la planificación en bodega, la cual considera las mantenciones y limpieza de cada equipo que se utilizan en vendimia, además de la mantención y calibración de los equipos de laboratorios que son utilizados en este proceso, estimar y determinar la cantidad de litros a producir de las distintas variedades que se manejan en la planta, la disponibilidad de mano de obra y el espacio en bodega, planificar el programa de cubas y barricas a utilizar.

Generalmente las mantenciones de los equipos e implementos que se utilizan en la época de vendimia, son repuestos o reparados con anticipación para que cuando comience el proceso todos los equipos se encuentre en un estado óptimo, logrando la mayor productividad posible.

4.1. Elaboración del vino tinto

Recepción de la uva: La uva llega en camiones a la romana donde son pesados para luego extraerle una muestra de la uva, se prensa para extraer el jugo y se realiza un control de densidad, grados Brix. El resultado se entrega al operador de la romana, quien emite una guía de recepción que es entregada al transportista, además de ingresar los datos en un archivo informático.

Recepción en pozo: La uva se descarga en una tolva de acero inoxidable por inclinación del carro. El operario se debe asegurar que el carro se descarga completamente, y si es necesario, enjuaga el mismo con una manguera con agua.

Selección en mesa: Esta etapa se realiza en vinos premium. En esta etapa se deben eliminar todos los restos vegetales tales como hojas, sarmientos, etc. Además de racimos que no presentan la calidad necesaria para el vino a producir, en este caso los racimos con hongos, granos grandes, entre otros; son rechazados.

Despalillado: La tolva se vacía con la acción de un tornillo sinfín hacia la despalilladora. Antes, el operador de descarga añade sulfuroso, en función de la dosis dada por el enólogo al operador de volcado. Este proceso permite moler la uva en mayor o menor grado de forma opcional. El escobajo se transporta por tornillo sinfín y una cinta transportadora fuera de la zona de vinificado a un carro que se va al campo.

Calentamiento / Enfriamiento: Aquí la uva sigue su camino a través de una bomba de desplazamiento positivo a un intercambiador (solo si es necesario) de frío/calor tubular, y sale con una temperatura entre 8 – 12 [°C], a una velocidad ideal de hasta 40 [t/h]. Con ello, se consigue la temperatura óptima para minimizar la oxidación. El jefe de recepción verifica la temperatura y regula la velocidad del flujo de la uva. Si la temperatura excede el límite, avisa al operador de frío. Desde el enfriamiento y dependiendo del tipo de vino a conseguir, enología decide cuál de los siguientes caminos alternativos va a seguir la uva: Maceración o prensado neumático.

Maceración: Una vez llena la Prensa Neumática y con las tapas cerradas, la uva reposa con todo el orujo entre 0 - 6 [h] a 8 – 12 [°C] para extraer los aromas y sabores compuestos que están en la piel de la uva. Durante el tiempo de llenado, y una vez llena y homogenizada la cuba de maceración, se controla el nivel de SO₂. Este debe mantenerse entre 5 - 10 [ppm]. Una vez terminada la maceración, se escurre el jugo al estanque de recepción. Los sólidos se van prensando en la prensa neumática para extraer el resto de mosto.

Prensado neumático: La uva que no se macera, se prensa hasta 2,0 [bar] para extraer el mosto. A partir de aquí, los productos de la maceración en frío y prensado neumático, por un lado, siguen las mismas etapas que se describen a continuación, pero por rutas paralelas.

Calentamiento / Enfriamiento: El jugo pasa por otro intercambiador de frío/calor en donde baja su temperatura hasta 7 – 10 [°C]. El Encargado de los pozos verifica la temperatura del termómetro de salida cada 15 - 20 [min]. En caso que la temperatura no sea la correcta, se avisa al jefe de turno para que este avise a los operadores de frío para que corrijan la temperatura del intercambiador.

Flotación: Este es un proceso que se realiza para limpiar el exceso de sólidos en el mosto. Se lleva a cabo por medio de la aplicación de gelatina y gas a presión.

Decantación: La decantación se lleva a cabo en una cuba durante unas 24 - 48 [h] entre 7 – 10 [°C]. Con ello se consigue separar algunos compuestos que dan turbidez al mosto. Luego de la decantación por 24 horas, se separa el claro de la borra con NTU de entre 70 a 300 dependiendo de las instrucciones del enólogo, esto se va a la cuba de fermentación.

Filtración al vacío: De la decantación se obtiene por un lado el jugo que es bombeado a la cuba para la fermentación y las borras (dulces no fermentadas o secas producto de clarificación de vinos) que son bombeadas hasta el filtro del vacío en donde son filtradas. El filtrado al vacío consiste en hacer pasar las borras a través de un cilindro poroso cubierto de una capa de tierra de diatomeas adherida a la pared del cilindro por succión del vacío creado en el interior de éste. El vino atraviesa la capa filtrante hacia el interior del cilindro, y las borras quedan adheridas en la capa de tierras, de donde van siendo eliminadas mientras el cilindro gira y es erosionado por una cuchilla. Estas borras son desechadas a un bins por una cinta transportadora. El operador controla la velocidad de giro del cilindro y la velocidad de penetración de la cuchilla. El jugo resultante se bombea a una cuba determinada por enología en la que es mezclado.

Inoculación: Es la adición de la levadura al mosto para comenzar la fermentación alcohólica. En esta etapa se debe aplicar la levadura golpeándola con el mosto de manera que la levadura se oxigene y comience el proceso de la transformación del azúcar en alcohol.

Fermentación: El jugo procedente de la decantación y el filtrado al vacío son introducidos en una cuba en la que se inicia la fermentación alcohólica. En esta cuba se agregan algunos insumos enológicos como levaduras y nutrientes. La dosificación que se realiza es de 15 - 20 [g/l] de levadura y 0 - 50 [g/l] de DAP, dependiendo de la condición del mosto. La fermentación alcohólica puede ser realizada en cubas de acero inoxidable, a las cuales se les puede agregar madera. La temperatura de fermentación es monitoreada y regulada por los operadores de frío cada 8 horas en base a una ficha de fermentación de cubas, objetivo que elabora enología. Esto queda registrado diariamente en un informe que entregan a enología, quien verifica diariamente que se esté cumpliendo adecuadamente la labor de monitoreo. El proceso de fermentación alcohólica dura entre 15 - 30 días a una temperatura de 10 – 20 [°C]. Se considera terminada esta fermentación cuando el contenido en azúcares reductores es inferior a 3 [g/l].

Fermentación en barricas: Etapa realizada en vinos reserva. Una vez que el mosto ha comenzado la fermentación y ha bajado su densidad entre 2 - 5 puntos se baja a barril a una temperatura de 10 – 12 [°C] para comenzar esta etapa. Tratar de tener estos barriles en lugar fresco para evitar que aumente la temperatura de fermentación.

Mezclado y clarificación: Se realizan mezclas para la obtención de vinos esperados y se puede agregar SO₂ dentro de la misma cuba de mezclado o en otra y se procede a la adición de clarificantes (bentonita) y opcionalmente ictiocola en dosis determinadas por ensayos de laboratorio para precipitar algunos componentes que dan turbidez al vino o gusto desagradable. La clarificación proteica dura generalmente 7 días. Luego el vino es filtrado se agrega carboximetilcelulosa (CMC) en dosis 4 [g/hl] para estabilización de cristales (tartratos). El vino se mantiene por 7 días más, revisando muestras mantenidas en frío para comprobar estabilidad de cristales.

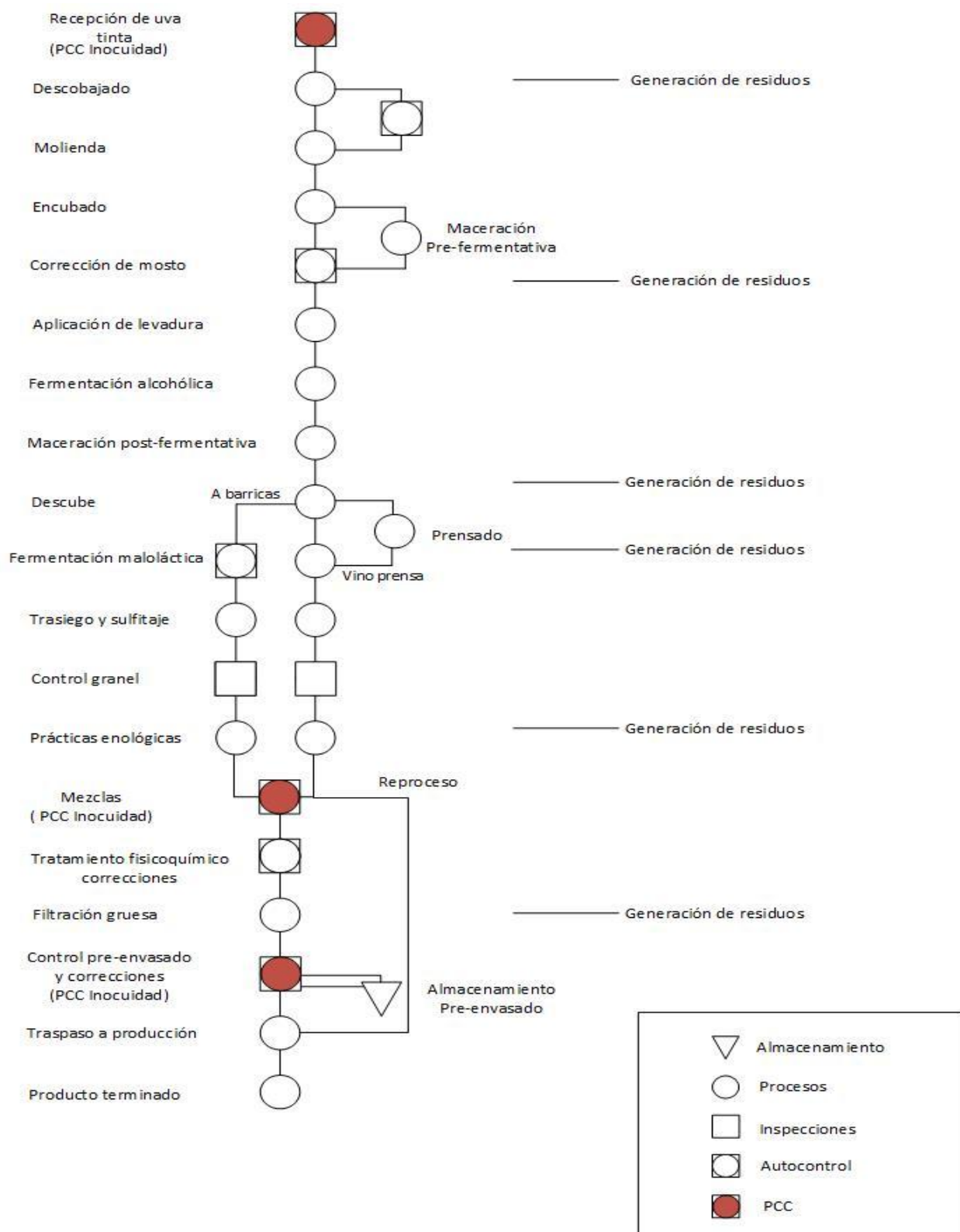


Ilustración 9: Generación de residuos líquidos en el proceso de producción de vino tinto

4.2. Elaboración del vino blanco

Recepción de la uva: La uva llega en camiones a la romana donde son pesados para luego extraerle una muestra de la uva, se prensa para extraer el jugo y se realiza un control de densidad, grados Brix. El resultado se entrega al operador de la romana, quien emite una guía de recepción que es entregada al transportista además de ingresa los datos en un archivo informático.

Selección en mesa: Esta etapa se realiza en vinos premium. En esta etapa se deben eliminar todos los restos vegetales tales como hojas, sarmientos, etc. Además de racimos que no presentan la calidad necesaria para el vino a producir, en este caso los racimos con hongos, granos grandes, entre otros; son rechazados.

Recepción en pozo: La uva se descarga en una tolva de acero inoxidable por inclinación del carro. El operario se debe asegurar que el carro se descarga completamente, y si es necesario, enjuaga el mismo con una manguera con agua.

Despalillado: La tolva se vacía con la acción de un tornillo sinfín hacia la despalilladora. Antes, el operador de descarga añade sulfuroso en función de la dosis dada por el enólogo al operador de volcado. Este proceso permite moler la uva en mayor o menor grado de forma opcional. El escobajo se transporta por tornillo sinfín y una cinta transportadora fuera de la zona de vinificación a un carro que se va al campo.

Calentamiento / enfriamiento: La uva sigue su camino a través de una bomba de desplazamiento positivo a un intercambiador (solo si es necesario) de frío/calor tubular, y sale con una temperatura entre 10 – 14 [°C], a una velocidad ideal de hasta 40 [ton/h]. Con ellos se consigue la temperatura óptima para minimizar la oxidación. El jefe de recepción verifica la temperatura y regula la velocidad del flujo de la uva. Si la temperatura excede el límite, avisa al operador de frío. Desde el enfriamiento y dependiendo del tipo de vino a conseguir, enología decide cuál de los siguientes caminos alternativos va a seguir la uva: Maceración o prensado neumático.

Inoculación: Es la adición de la levadura al mosto para comenzar la fermentación alcohólica. En esta etapa se debe aplicar la levadura golpeándola con el mosto de manera que la levadura se oxigene y comience el proceso de la transformación del azúcar en alcohol.

Fermentación en cubas: Se agregan nutrientes al mosto. La fermentación alcohólica puede ser realizada en cubas de acero inoxidable. La temperatura de fermentación es monitoreada y regulada por los operadores de frío cada 8 horas sobre la base de una ficha de fermentación. Esto queda registrado diariamente en un informe que se entrega a Enología, quien verifica que se esté cumpliendo adecuadamente la labor de monitoreo. La fermentación dura entre 8 y 30 días a una temperatura entre 10 – 30 [°C]. Se considera terminada la fermentación cuando el contenido en azúcares reductores es inferior a 3 [g/l]. Al terminar esta etapa, se produce una maceración post fermentativa en un tiempo variable dependiendo del vino, para luego separar el vino del orujo que ha quedado en el fondo de la cuba.

Remontaje: Durante la fermentación, se realizan 3 remontajes diarios, cuyo objetivo es mover todo el vino en fermentación para que quede en contacto con los orujos, de manera de poder extraer color, sabor y taninos. Este proceso puede ser abierto o cerrado. Normalmente se hace hasta que la densidad llega aproximadamente a 1000 [kg/m³].

Descube: Previo a esta etapa se debe separar todo el vino del orujo a otra cuba. El orujo es retirado de la cuba en forma manual y depositado en una cinta transportadora hasta bins, los cuales van luego al prensado neumático.

Mezclado y clarificación: Se realizan mezclas para la obtención de vinos esperados y se puede agregar SO₂ dentro de la misma cuba de mezclado o en otra y se procede a la adición de clarificantes (bentonita) y opcionalmente ictiocola en dosis determinadas por ensayos de laboratorio para precipitar algunos componentes que dan turbidez al vino o gusto desagradable. La clarificación proteica dura generalmente 7 días. Luego el vino es filtrado se agrega CMC en dosis 4 [g/hl] para estabilización de cristales (tartratos). El vino se mantiene por 7 días más, revisando muestras mantenidas en frío para comprobar estabilidad de cristales.

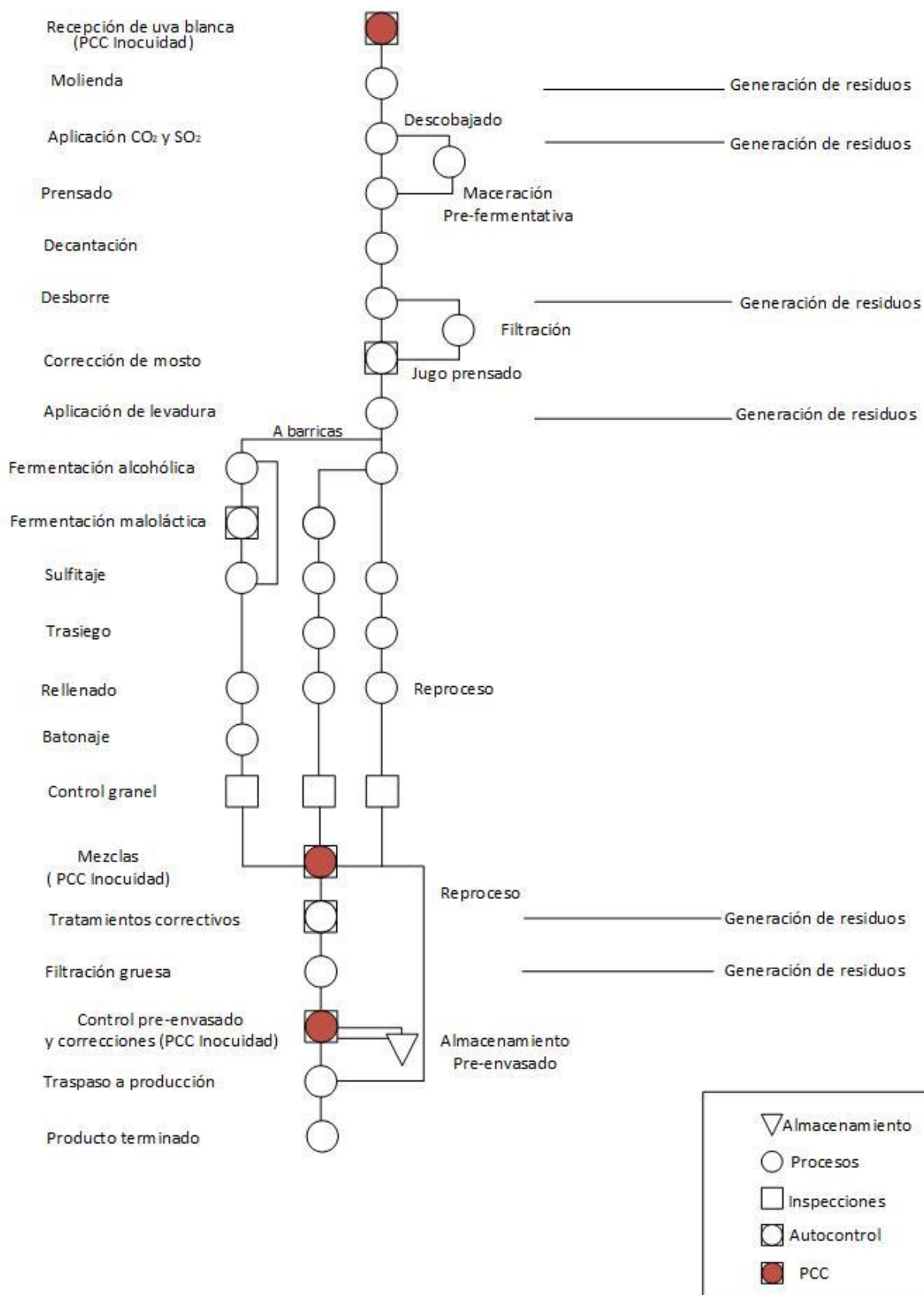


Ilustración 10 : Generación de residuos líquidos en el proceso de producción de vino blanco

4.3. Carga de tanktainer / flexitank

Inspección de tanktainer / flexitank: Chequear los papeles que coincidan con los datos del tanktainer / flexitank y que estos lleguen con la documentación de higienización.

Llenado de tanktainer / flexitank: El vino es filtrado antes de su carga por filtración estéril (placa o membranas) a una cuba previamente higienizada. Se realiza muestro microbiológico al aseo de la cuba y al vino filtrado. Luego se realiza la carga del vino al Tanktainer o Flexitank con caudalímetro para tener una referencia de los litros cargados, previa autorización del vino por el enólogo con los respectivos análisis de laboratorio. Este vino se debe cargar con gas inerte regulando también el gas CO₂ en el vino. Se deja una contra muestra del vino cargado

Despacho: Se llena la guía con los datos del cliente del flexitank o tanktainer, se sella y se despacha.

4.4. Envío de vino a envasado

Recepción de vino: El vino ya analizado fisicoquímicamente por el laboratorio y sensorialmente por el enólogo y es entregado a operaciones para su envasado.

Filtración en Placas o Membrana (cartuchos): Durante el envasado el vino es sometido a una filtración en placas o membrana para retener toda partícula. El filtro consiste básicamente en un conjunto de placas de plástico, o acero inoxidable, con placas filtrantes, alternadas tipo “sándwich” con una porosidad de entre 2 – 3 hasta 0,65 [µm]. En el caso de las membranas, es una carcasa de acero inoxidable, donde en su interior están las membranas de filtración, con porosidad de 0,65 o 0,45 [µm] (vino dulce).

4.5. Envasado

Almacenamiento de pulmones de producción de vino a envasado o cuba: Almacenamiento temporal del vino en pulmones de acceso a envasado o cubas de área enología.

Análisis del Vino: Consiste en analizar física química y organoléptica una muestra del pulmón a envasar para autorización.

Filtración por filtro de cartucho: Es la retención de partículas sólidas existentes en el vino. La filtración también puede ser por filtro lenticular para los vinos tintos.

Almacenamiento Bodega de Insumos: Almacenamiento temporal de Insumos (botellas y Corchos) para el proceso de envasado. El análisis de las botellas vacías se hace 100% en forma electrónica en las instalaciones del proveedor.

Despalletizado: Trasladar botellas vacías desde el pallet a la cinta transportadora de la línea de envasado, actividad realizada en forma manual.

Enjuague: Lavado interno de la botella con agua blanda filtrada, y escurrimiento. Medida de control, asociada a vidrio en interior de envase en proceso de llenado por rotura de botella en enjuague interno, protocolo de aseo de línea por botella quebrada y eliminación de envases. El cumplimiento del protocolo de botella quebrada en proceso de llenado y registro de la acción, es la medida de control para el peligro físico del punto de control crítico (PCC) presencia de vidrio en producto terminado por rotura de botella en proceso de llenado.

Llenado: Consiste en envasar un determinado tipo y cantidad de vino dentro de una botella. El cumplimiento del protocolo de botella quebrada en proceso de llenado y registro de la acción, es la medida de control para el peligro físico del PCC presencia de vidrio en producto terminado por rotura de botella en proceso de llenado.

Corchadora: Punto donde se realiza el vacío y taponado de las botellas, ya sea con tapón técnico o natural. El cumplimiento del protocolo de botella quebrada en proceso de llenado y registro de la acción, es la Medida de control para el peligro físico del PCC presencia de vidrio en producto terminado por rotura de botella en proceso de llenado.

Tapado: Cierre de las botellas con tapas en vez de corcho. El cumplimiento del protocolo de botella quebrada en proceso de llenado y registro de la acción, es la medida de control para el peligro físico del PCC presencia de vidrio en producto terminado por rotura de botella en proceso de llenado.

Codificación: Es la serie impresa vía codificador láser en base de botella, identificando fecha juliana, tipo de vino, código de semielaborado, cosecha y correlativo de botella.

Inspección de botellas llenas: Es la revisión en línea de cada una de las botellas llenas, eliminando las con defecto de nivel, corcho, tapa o algún otro defecto.

Descorchado de Bines y/o dosificación en línea: Es vaciar el vino de las botellas rechazadas por problemas de nivel, u otro defecto de calidad, en un bin de saldos y/o en el tarro de saldos, para su dosificación en línea.

4.6. Etiquetado

Disposición de producto envasado en línea: Sacar en forma manual el vino embotellado y se deposita en cintas transportadoras.

Enjuague exterior: La máquina posee escobillas y junto con arrojar agua lavan las botellas.

Secado: La máquina provista de ventiladores arroja aire tibio en las botellas, secándolas así.

Inspección de botellas llenas: La revisadora descarta todas aquellas botellas defectuosas, tales como botellas picadas o trizadas, niveles de llenados altos y bajos, polvillo de corcho o partículas en el interior, etc.

Capsulado: La máquina automática provista de bandejas que pueden almacenar alrededor de 2.500 cápsulas para su posterior aplicación, esto se realiza mediante un dispensador. Luego se aplica calor o través de hornos para la termo contracción. En casos específicos el capsulado puede ser manual.

Etiquetado: Mediante máquina etiquetadora de botellas con aplicación de pegamento o autoadhesivo. Posee diferentes para distintos tamaños y formas de etiquetas y velocidad controlada hasta 6.000 botellas por hora.

Etiquetadora Autoadhesiva: Máquina encargada de etiquetar las botellas que ingresan a ella con etiquetado automático que se realiza con rollos de etiquetas.

Inspección botellas terminadas: Se revisa correcta vestimenta de la botella, que no existan defectos en etiquetas y contra etiquetas, cápsula u otra anomalía en las botellas.

Armadora de cajas: Máquina arma cajas arrojando pegamento en la base inferior y aplastando las aletas para ser pegadas, quedando así listas para el embalado.

Sellado de cajas: Las cajas entran a la máquina que dobla las aletas y les arroja pegamento, luego las cierra y las aplasta con unos rodillos. Así las cajas salen cerradas.

Marcado de cajas: Controlador provisto de 4 cabezales de impresión marca y codifica las cajas según requerimiento del cliente, ya sea código de barras, cepa, identificación del cliente, etc.

Palletizado: Operación mecánica y/o manual, realizada por operadores en diferentes tipos de pallet.

Colocación de Stretch Film: Esta máquina aplicadora de Stretch Film envuelve el Pallet completamente dándole 2 o más vueltas de film según lo requiera el tipo de palletizado.

Almacenamiento en bodega de productos terminados (BPT): Los pallets son almacenados en bodega de productos terminados en espera de su despacho o de completar pedido en caso de que la OPE no estuviera completa para su posterior salida.

Despacho: Luego de un control de calidad los productos se cargan en contenedores, esto puede ser a piso o en palletizado según pedido del cliente y posteriormente se envía hacia su lugar de embarque.

A continuación, se presenta un diagrama correspondiente al proceso de elaboración de vino y la generación de residuos líquidos en cada uno de los procesos, además del cómo y porque se generan estos residuos, representado de una manera más general como se puede apreciar en la ilustración 11.

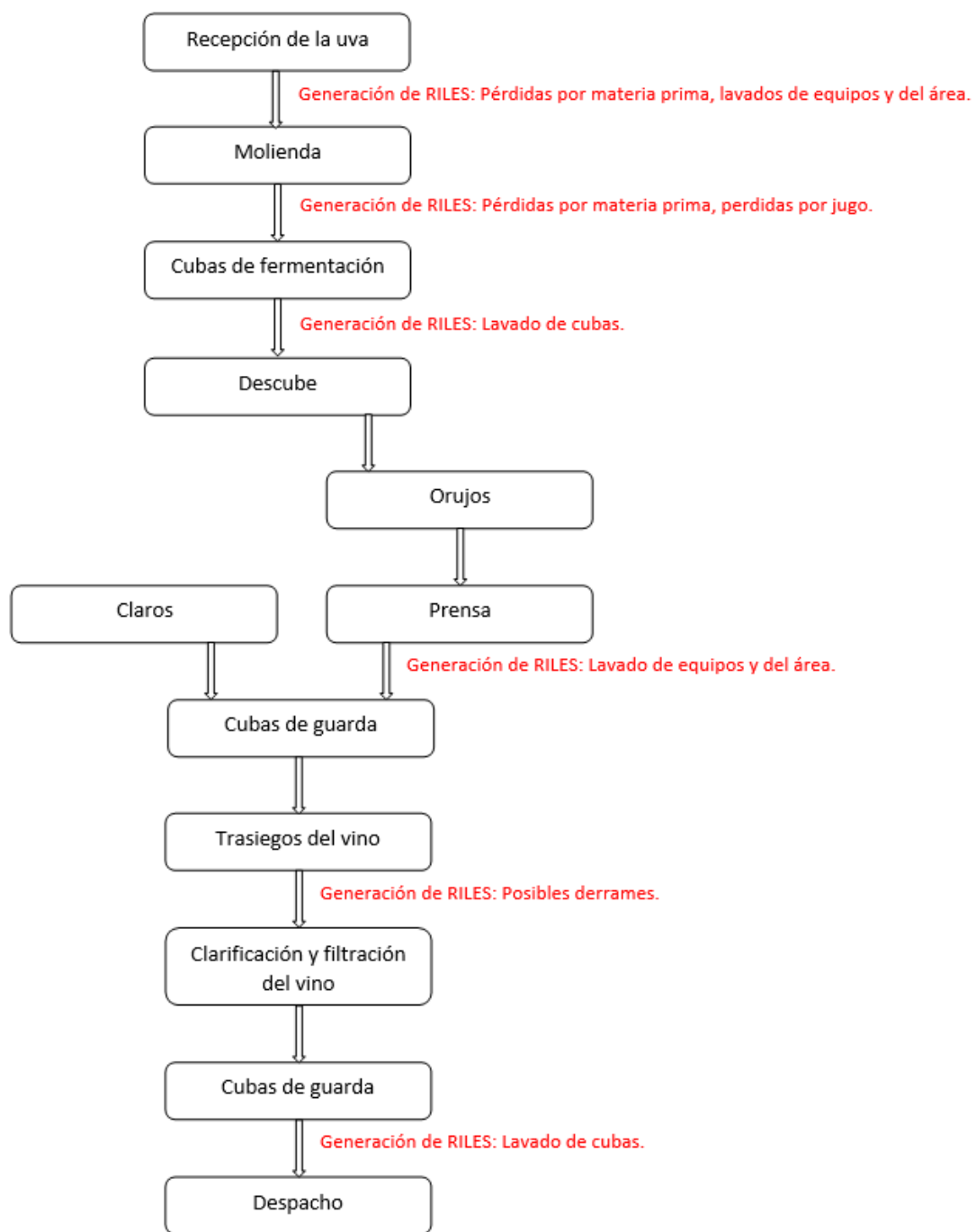


Ilustración 11: Generación de residuos líquidos generalizado

CAPITULO V: ANÁLISIS DE LA PLANTA ACTUAL

5.1. Planta de tratamiento de residuos líquidos

El proceso de fangos activados es un sistema de tratamiento de las aguas residuales en el que se mantiene un cultivo biológico formado por diversos tipos de microorganismos y el agua residual a tratar. Los microorganismos se alimentarán de las sustancias que lleva el agua residual para generar más microorganismos y en el proceso se forman unas partículas fácilmente decantables que se denominan flóculos y que en conjunto constituyen los denominados fangos activos o biológicos. Este tratamiento implica 2 principales etapas como se expone en la Ilustración 12.

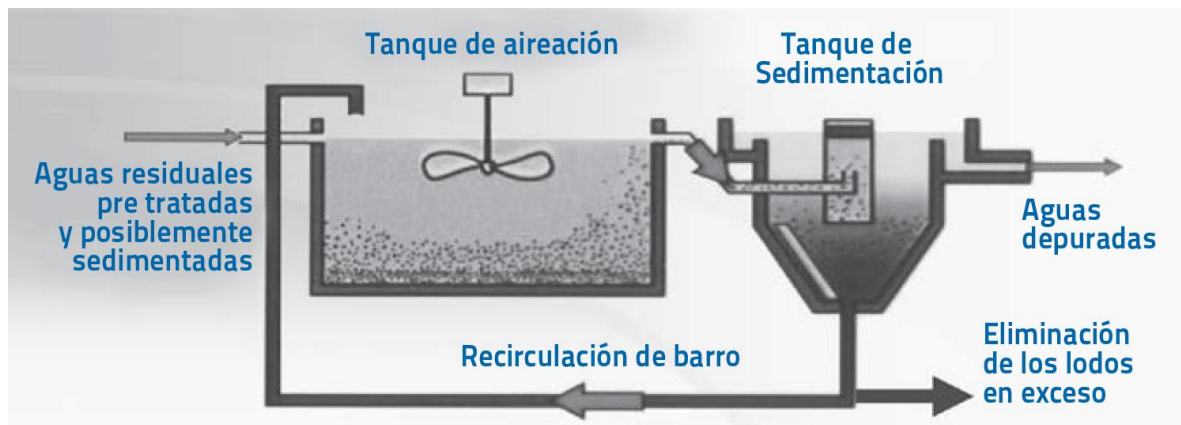


Ilustración 12 : Sistema de tratamiento de residuos líquidos

La etapa de aireación se realiza en este estanque, que cuenta con 4 aireadores a chorro los cuales son los encargados de suministrar el oxígeno a las bacterias que colonizan la biomasa. Y la otra etapa, es la decantación o separación de lodos mediante la gravitación de los sólidos, eliminando los excesos de estos para mantener el equilibrio optimo del sistema, desarrollándose sin problemas.

Ahora realizaremos un análisis operativo de la planta de tratamiento de residuos líquidos donde describiremos el funcionamiento de cada uno de los procesos, elementos y equipos que la planta contiene. Además de evaluar cada una de las variables a controlar para asegurarnos que el proceso de fangos activos funcione bien.

A continuación, se realizará una descripción generalizada de la planta de tratamiento como se muestra en la ilustración 13, esta cuenta con tres piscinas y dos estanques. Al ingresar los residuos a la planta de tratamiento, estos entran a la piscina de ecualización, la cual tiene una capacidad de 1.000 [m³] y es donde son estabilizados las cargas orgánicas, caudales y niveles de pH, posteriormente estos fluidos entran a la piscina de aireación, la cual tiene un volumen de 1.4000 [m³], donde están instalados 4 aireadores mecánicos encargados de producir la degradación de la materia orgánica.



Ilustración 13: Diagrama planta de tratamiento

Luego estas aguas son impulsadas al sedimentador mediante una bomba, el sedimentador tiene un volumen de 8 [m³], en este proceso los sólidos suspendidos son sedimentados logrando la clarificación del agua como condición acá se supone que no hay eliminación de la DBO₅, solo abatimiento de los sólidos suspendidos. Con el agua ya clarificada, esta pasa de manera gravitacional al estanque de desinfección el cual tiene un volumen de 5 [m³] y donde se inyecta hipoclorito de sodio para eliminar los elementos patógenos de los residuos para finalmente que el efluente tratado pase de manera gravitacional a la piscina de riego, la que cuenta con un volumen de 400 [m³] y donde las aguas son acumuladas para su posterior riego.

Los datos obtenidos para los análisis realizados en los distintos ítems que se verán a continuación fueron producto de la recolección de datos de diseño del proyecto de la planta, además de otros factores que eran medidos día a día por el personal de la planta, los cuales registraban en planillas los datos obtenidos y que se encuentran representados en los anexos 1,2 y 3. De estos datos, se tuvo que realizar un ordenamiento, limpieza y verificación posibilitando un correcto análisis del funcionamiento de las distintas etapas del proceso del sistema de tratamiento de Riles, los cuales se ven reflejados en gráficos más adelante.

Para realizar este análisis existen distintas variables que deben cumplir los Riles tratados según las normas ambientales existentes para el uso de riego vitivinícola, finalidad para la que se trata el agua. La calidad que las autoridades exijan al agua de salida, va a determinar tanto el funcionamiento del proceso como el control del mismo. Si se requiere un alto grado de tratamiento, el proceso deberá estar muy controlado y probablemente se requiera mejoras al proceso con el que se cuenta en estos momentos para alcanzar un óptimo funcionamiento.

Pero el control de la instalación no solo consiste en la revisión constante y diaria de las condiciones de proceso, sino que también es preciso realizar un mantenimiento efectivo de los equipos, para que estos estén siempre en óptimas condiciones de operatividad. En las siguientes imágenes que se obtuvieron durante una visita que se realizó a la planta, se aprecia la poca prolijidad en la limpieza y control de residuos con el que cuenta la planta de tratamientos. En la Ilustración 10, se puede observar gran cantidad de ramas y residuos estancados en la piscina de equalización, donde no se ha hecho una limpieza adecuada ni retiro de escombros o contaminantes en la superficie del estanque, mencionando que este tampoco cuenta con un sistema de agitación que permita la no acumulación de desechos, la sedimentación y los malos olores producidos por la estacionalidad del agua.



Ilustración 14 : Acumulación de residuos en las piscinas del tratamiento

En cuanto a la Ilustración 13, se puede apreciar como un árbol cercano a la planta, producto del mal estado de este, cayo dentro de la piscina de aireación dañando incluso el equipo ubicado en la mediación del estanque contaminando el agua y dañando los equipos encargados de suministrar oxígeno al proceso, lo que se va a ver reflejado en el funcionamiento del sistema de tratamiento.

La planta de tratamiento en el periodo de vendimia, época donde hay mayor generación de residuos líquidos, se pudo registrar que cuenta con una eficiencia del 35,9% muy por debajo de lo establecido esto puede ser efecto de las distintas problemáticas operacionales o dimensionamiento, es por esto, que trataremos de identificar estos inconvenientes y proponer soluciones que permitan un funcionamiento eficiente del proceso, cumpliendo con todas las normas establecidas para el uso de estas aguas al riego agropecuario.

5.2. Estanque de ecualización

Este corresponde al primer estanque, el cual es conocido como estanque de homogenización o ecualización de caudal donde se lleva a cabo esta operación física unitaria. Una de las principales funciones de esta piscina es regular las variaciones de caudal en horas punta con la finalidad de homogenizar los residuos líquidos reduciendo las eventuales cargas puntuales sobre todo en época de vendimia donde se generan los mayores flujos de afluente.

Cuando el agua residual ingresa al estanque se aplica un tratamiento primario fisicoquímico como lo es la neutralización, esto se realiza a través de la inyección de productos químicos ácido/base como lo son el ácido fosfórico y la soda caustica, los cuales son capaces de controlar el pH a fin de favorecer las condiciones de depuración biológica para permitir el adecuado desarrollo de los organismos aminorando las variaciones de DBO_5 del afluente a los procesos de tratamiento, para esto, el sistema debe mantener un pH entre 5,5 – 8,5 para asegurar la actividad óptima. Cabe mencionar que, la piscina tiene una capacidad para homogenizar 1.000 $[\text{m}^3]$ de afluentes.

Esta unidad tiene la capacidad para absorber y amortiguar un caudal que varía entre 170 – 350 $[\text{m}^3]$, este último volumen se alcanza durante el periodo de vendimia entre los meses de febrero y mayo. Debido a que el agua residual proviene de una actividad industrial vitivinícola, la concentración de DBO y de sólidos en suspensión pueden variar ampliamente al igual que los niveles de pH, por lo que se debe estar preparado para estabilizar las cargas y niveles de pH.



Ilustración 15 : Estado piscina de ecualización

En la Ilustración 14, se puede observar la estacionalidad del agua en este estanque, lo que conlleva, a la sedimentación de los sólidos y estancamiento del agua, que en ocasiones puede producir malos olores, además el producto químico a cargo de la neutralización del pH no se puede diluir de manera homogénea, sino que se concentra en el punto de inyección debido al poco movimiento de las aguas.

A partir de las mediciones diarias que se realizaron a los niveles de pH del afluente en la entrada y salida de sistema de recirculación, se pudo obtener la Gráfica 3 que se muestra más adelante, donde se puede apreciar las grandes variaciones de pH que existen al ingresar a la piscina y como es estabilizada a partir del estanque de ecualización y posterior aireación. Los niveles de pH que ingresan a la piscina en ocasiones están fuera de los rangos óptimos para lograr un buen funcionamiento de proceso, pero a medida que aumentan en época de vendimia y varían enormemente, siendo estabilizados permitiendo que cumplan con el rango de 5.5 – 8.5, según la Norma Chilena Oficial NCh 1333 "Requisitos de calidad del agua para diferentes usos - Ítem Calidad del agua para riego".

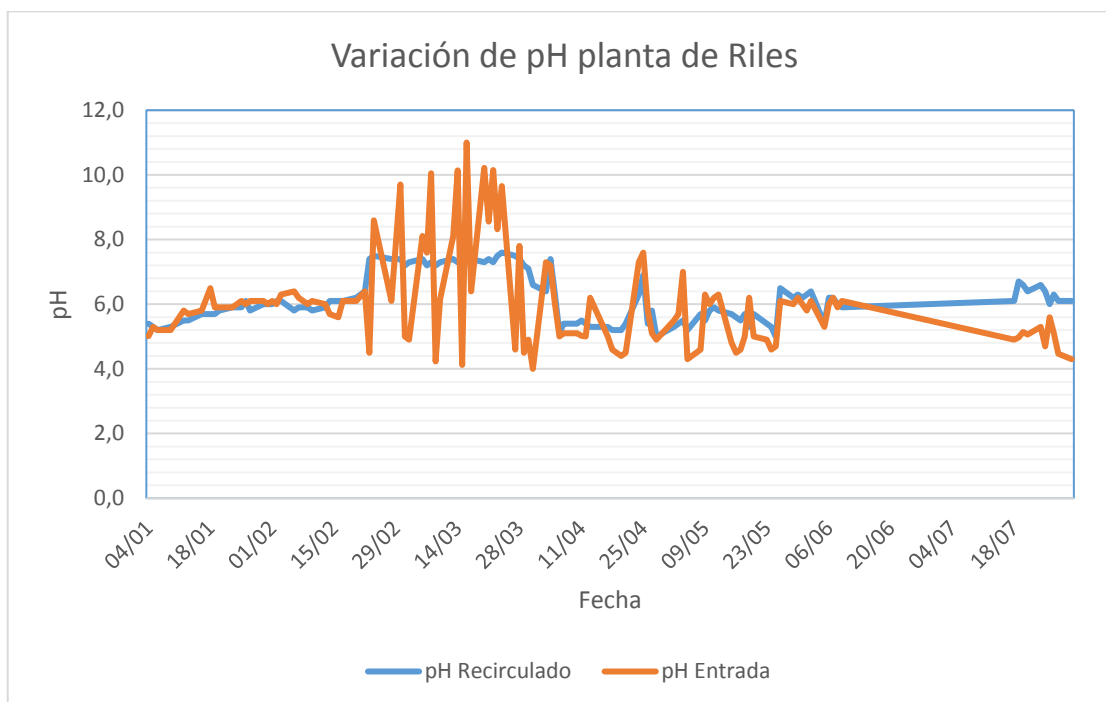


Gráfico 3 : Variación de pH en la planta de tratamiento de residuos líquidos

También se puede observar que en algunos lapsos de tiempo el pH está cerca del límite óptimo, en ocasiones, incluso por debajo del rango. Al analizar las posibles razones del porque no se logra obtener niveles óptimos de funcionamiento, se puede apreciar una inadecuada operación en el control de descarga del agente químico, ya que los ajustes se realizan de forma manual por los operarios.

Por otra parte, se observa que no existe un sistema de mezcla o aireación de los Riles lo que puede tener graves consecuencias como lo son la sedimentación y putrefacción de las aguas, además de no lograr que el agente químico que se inyecta en el sistema se disuelva de manera homogénea produciendo que este solo se concentre en el punto de descarga. A esto se le suma un elemento externo como contaminante, las hojas y ramas de los árboles que están en el perímetro cercano a la planta de tratamiento de Riles provoca un problema extra como se observa en la Ilustración 10, ya que al amontonarse en algún sector de la piscina contamina este sistema impidiendo una buena circulación del afluente e influyendo en la avería de equipos en la planta.

5.3. Estanque de aireación

Posteriormente a la neutralización del afluente, el flujo ingresa en forma gravitacional o mediante de la impulsión de una bomba a un sistema de tratamiento biológico tipo aeróbico “Modalidad lodos activados”, donde a través de la incorporación de oxígeno las bacterias destruyen y metabolizan la materia orgánica soluble y coloidal, removiendo la materia orgánica disuelta (DBO_5).



Ilustración 16 : Estado estanque de aireación de la planta de tratamiento de residuos líquidos

La Ilustración 15, nos muestra la piscina de aireación, la cual cuenta con una capacidad de 1.400 m^3 siendo capaz de almacenar hasta 4 días de generación de residuos líquidos en peak de producción que son 350 m^3 , donde la aireación del agua residual se proporciona a través de la introducción de aire mediante la utilización de 4 aireadores a chorro Modelo JA112 de la Marca Flygt, las cuales son capaces de generar la aireación requerida para la digestión correcta de los microorganismos, si la capacidad de aireación es deficiente traerá consecuencias negativas al proceso de tratamiento, una de ellas sería la sedimentación en el estanque.

Este tipo de aireación aeróbica hace que la presencia de O_2 provoque una generación de lodos debido al crecimiento de estas bacterias, los lodos posteriormente son decantados en el

sedimentador, aunque debido al poco tiempo de residencia que tiene en el decantador hace que los lodos sean recirculados casi en su totalidad nuevamente a la piscina generando exceso de lodos, los cuales no son purgados del sedimentador. Para lograr un buen funcionamiento en la etapa de aireación es necesario lograr un equilibrio entre 3 elementos:

- La cantidad de bacterias que son la base de la biomasa.
- La cantidad de materia orgánica que constituyen la contaminación.
- La cantidad de oxígeno necesario para las bacterias con el fin de asimilar las materias orgánicas.

Como podemos observar en el Gráfico 4, la carga de DBO existente en el estanque de aireación es bastante alta y variable, en el mes de enero estas fueron bastantes altas ya que se realizó el cambio de la geomembrana del estanque de ecualización, por lo que, la planta carecía de este proceso por un lapso de tiempo con la finalidad de estar preparado para la época de vendimia.

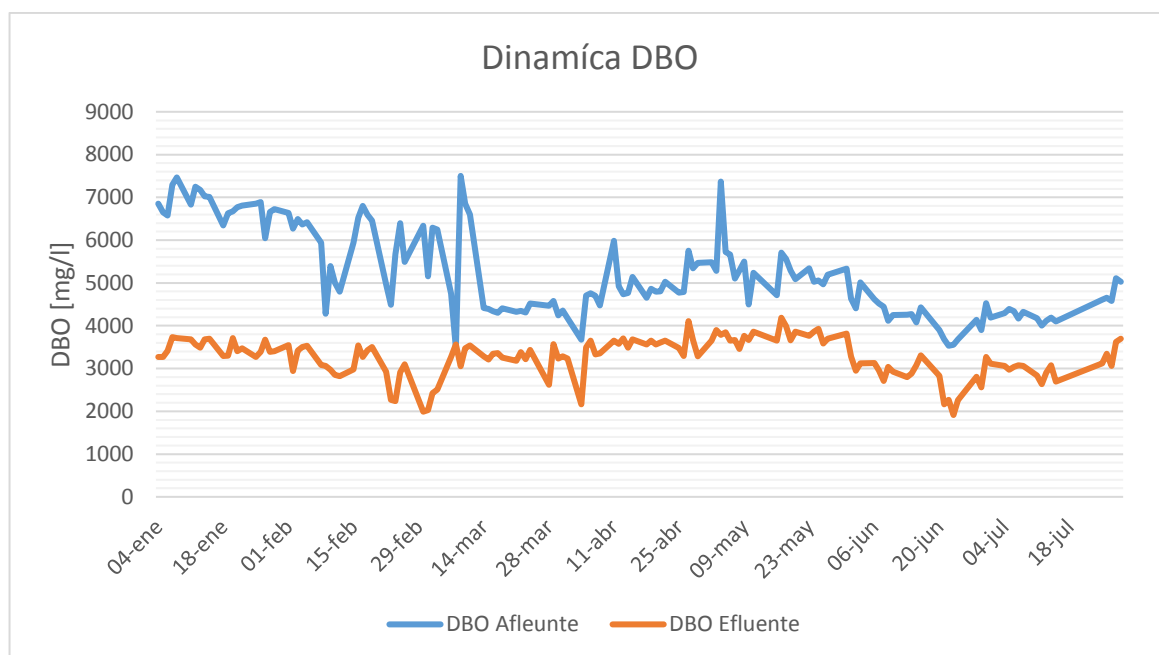


Gráfico 4 : Dinámica de la DBO₅ en el proceso de tratamiento de residuos líquidos

Debido a la alta carga del sistema es necesario tener un alto grado de eficiencia del sistema, controlar de mejor manera el proceso, el cual probablemente requiera de algunas mejoras para poder cumplir con los estándares que exigen las autoridades para la aplicación del efluente a riego. La eficiencia de remoción media DBO se calcula con los valores registrados en el anexo 1, y donde se proyectan valores cercanos al 36% eficiencia en la remoción. Es por esto que se requiere que el oxígeno que se aporte a estanque de aireación sea el necesario para que los organismos puedan respirar y se pueda oxidar la materia orgánica, ya que la relación cantidad de oxígeno/cantidad de alimento debes estar regulada y estable.

5.4. Estanque de sedimentacion

La separación de los lodos se realiza gravitacionalmente en un tanque de sedimentación horizontal de flujo estático, el agua llega a través de una bomba la cual impulsa el agua de la piscina de aireacion al estanque de sedimentacion, que tiene una capacidad de 8 [m³], y donde es recirculado todo el efluente que no es clarificado debido a la falta de un sistema de purga para la eliminacion de lodos en exceso.



Ilustración 17 : Sedimentador de la planta de tratamiento de residuos líquidos

El sedimentador funciona de forma continua, lo que supone que los lodos decantados sean concentrados en la parte inferior y eliminados conforme a la cantidad admitida en el decantador, para que este tenga un buen desempeño requiere:

- Un diseño adaptado y un volumen de tanque bien dimensionado.
- Caudales del afluente conformes a los valores de diseño.
- Lodos aptos a decantar (sin bacterias filamentosas).

Cabe recalcar que, en este proceso los Riles son recirculados en su totalidad a la piscina de aireación y el agua clarificada pasa al estanque de desinfección. La decantación y posterior purga de lodos, sumado a la recirculación jugarán un rol importante para que se mantenga dicho equilibrio en el proceso, sobre todo en época de vendimia donde hay una mayor generación de efluente. La proporción entre la cantidad de microorganismos activos y el alimento serán un parámetro determinante en el control del proceso, ya que, si esta proporción no es equilibrada, aparecerán problemas de funcionamiento en la planta. Problemáticas que se ven reflejadas en el Gráfico 5, como se puede observar hay una baja eficiencia de remoción del lodo dentro de la planta, el cual tiene una media de 23,3% de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales. La eficiencia de eliminación de los SST se puede definir como el cociente entre la diferencia de la SST inicial y las concentraciones de SST del efluente y la concentración inicial de SST (Pelillo, 2006). El registro de estos valores lo podemos encontrar en el anexo 2.



Gráfico 5 : Eficiencia de remoción de los SST en la planta de tratamiento de residuos líquidos

Dichos valores pueden ser atribuidos entre otros factores al tamaño del decantador, ya que este tiene una capacidad 8 [m³], capacidad pequeña en comparación a la cantidad de residuos líquidos que fluctúa en época de vendimia que es cercana a los 350 [m³/día], lo que produciría que los lodos no tengan un tiempo prudente en el cual puedan decantar, logrando una turbiedad en el agua la cual se verá reflejada cuando el agua pase al estanque de desinfección. Otros de los datos que pudimos obtener a través de la información adquirida en la planta fue la dimensión con la que cuenta el sedimentador instalado, el cual tiene un área superficial equivalente a 3,8 [m²]. Sabiendo que el caudal que se estima tiene un factor de recirculación igual a uno, obtenido un caudal de 29,17 [m³/h] que entra con una concentración de sólidos 2,8 [g SSV], podemos determinar la carga superficial y la carga de sólidos parámetros entregados para el diseño de un sedimentador (Metcalf&Eddy, 1996).

Parámetros	Carga Sólidos [Kg/ m ² *h]	Carga Superficial [m ³ /m ² *h]
Sedimentador Actual	21,49	7,68

Tabla 3: Parámetros de diseño del sedimentador instalado

Como se puede observar los valores obtenidos para ambos parámetros de diseño, tiene un valor superior al característico con los que debe cumplir para lograr un buen clarificado, por ende, se produce una mala sedimentación de los lodos y un mal clarificado, debido a las altas cargas y mal

dimensionamiento del sedimentador con el que se cuenta. Además, el fango decantado debe extraerse tan pronto como se forme la manta de fangos, pero como mencionamos con anterioridad el poco tiempo de retención hacen poco factible que los fangos decantan además que el sistema carece de una purga de lodos, lo que hace imposible eliminar los excesos de estos, los cuales terminan siendo recirculados en su totalidad al sistema de aireación. Al no poder eliminar el exceso de lodos hará que el equilibrio entre microorganismos/alimentos se pierda, ya que habrá una cantidad mayor de organismos en el estaque de aireación factores que interfieren en el óptimo funcionamiento en este proceso del tratamiento de residuos líquidos, todas las problemáticas mencionadas con anterioridad hacen que el proceso sea poco eficaz.

5.5. Estanque de desinfección

El flujo proveniente del estaque de sedimentacion, pasa de manera gravitacional al este estanque de desinfeccion que es capaz de almacenar hasta 5 [m³] de flujo, este pasara por una etepa de desinfeccion mediante la aplicación de hipoclorito de sodio con el fin de cumplir los criterios para riego, luego el agua tratadasera depositada en la tercera piscina de la misma manera a la que ingresa a este recipiente, es decir, de manera gravitacional.



Ilustración 18 : Estanque de desinfección

La desinfección consiste en la eliminación selectiva de organismos patógenos y busca reducir las posibilidades de contagio de enfermedades bacterianas transmitidas a través del agua. Dentro de los desinfectantes existentes el cloro es quizás el más universalmente utilizado, la efectividad de los procesos de cloración está determinada en parte por las características del agua residual.

La presencia de compuestos orgánicos puede interferir en un buen desarrollo de la desinfección (Metcalf & Eddy, 1996). Se puede observar una clara acumulación de escoria en la superficie del estanque debido a la falta de limpieza y mantenimiento de este, suceso que no puede ocurrir, además se logra apreciar un efluente sin clarificado y de poca calidad.

5.6. Piscina de riego

En esta piscina es almacenada el agua tratada, la cual tiene una capacidad de 400 [m³] donde el fluido es retenido para su posterior disposicon a riego. Posterior al proceso de desinfeccion de agua esta ingresa de manera gravitacional al estanque de riego, esta agua sera dispuesta para el riego de eucalyptus globulus, donde se debe cubrir una superficie de 20 [ha] la cual se realiza mediante el metodo de riego por aspersión.



Ilustración 19: Estado piscina de riego en la planta de residuos líquidos

Esta piscina a la igual que las anteriores se ve contaminada con acumulacion de hojas y ramas las cuales son perjudiciales para la composicion del efluente ademas de dañar los equipos encargado de bombear el agua a los sectores de riego, para mejorar esta situacion la piscina esta cubierta por una malla raschel, a pesar de ser un solucion poco prolija es eficiente y economica para tratar el principal problema que se genera en este proceso del tratamiento. La cercania que tiene la

planta de tratamiento con el bosque de riego perjudica enormemente a la limpieza del lugar y del efluente tratado contaminandolo como se menciono anteriormente. Ademas se puede observar la mala calidad del lodo que llega a la piscina de riego donde no se logra algun tipo de clarificado del efluente, añadido a la problemática de estar contaminado por residuos solidos aportados por los arboles cercano como hojas y ramas que caen sobre este estanque.

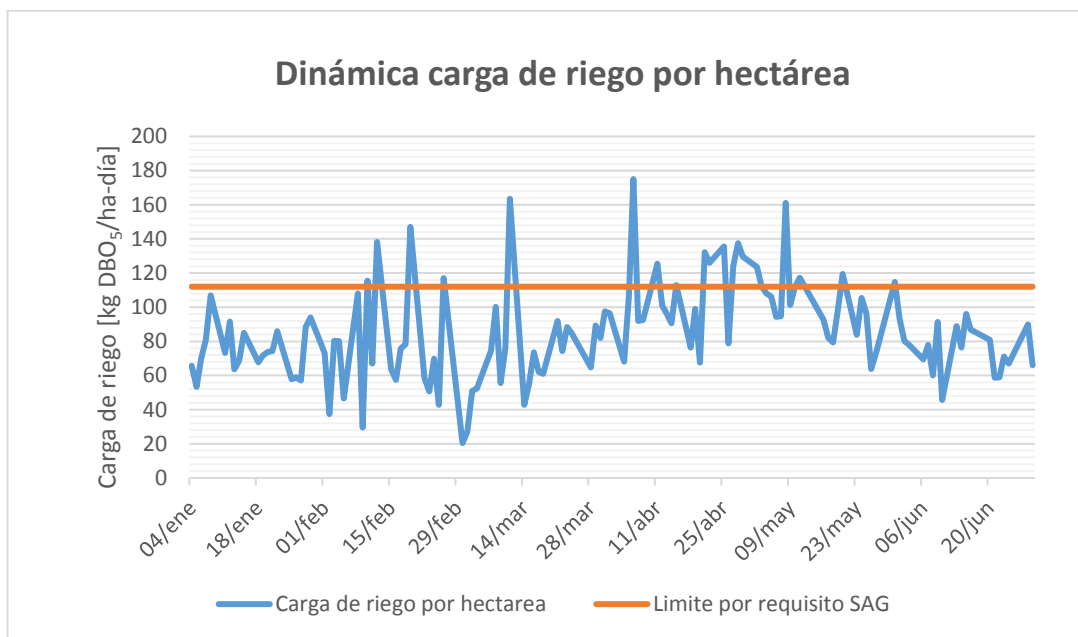


Gráfico 6: Dinámica de carga de riego por hectárea

Ahora analizando el grafico 6, que determina la dinámica de riego por hectárea podemos ver que, en ciertos puntos, la carga aplicada en el riego es mayor a los límites permitidos por el SAG que estipula una descarga máxima de 112 [kg DBO₅/ha-día], valores que se encuentran registrados en el anexo. Que existan puntos fuera de los límites establecidos se debe a la suma de problemáticas mencionadas en los puntos analizados en la estructura del sistema de la planta de tratamiento de residuos líquidos, produciendo que esta funcione de una manera ineficiente provocándola descarga un lodo de baja calidad y altas cargas contaminantes.

CAPITULO VI: NORMATIVAS Y CERTIFICACIONES AMBIENTALES

A continuación, se presentan las distintas instancias normativas y certificaciones ambientales vinculadas a la producción y elaboración de vino, donde se mencionan de forma general las áreas que cada una de ellas aborda.

En el caso de las certificaciones internacionales se consideró solamente la existente en la Unión Europea, ya que estas son más relevantes y exigentes, las cuales son reconocidas en otros mercados internacionales de las cuales se mencionan solo las que son vinculadas a la producción de uva y la elaboración de vino.

6.1. Acuerdo de Producción Limpia Vitivinícola

Los objetivos principales es desarrollar innovaciones y estrategias en un marco sustentable en la industria, donde se quiere lograr una utilización sostenible de productos fitosanitarios, minimizar los residuos sólidos, preparándose para la normativa de residuos líquidos e implementar programas de buenas prácticas asociadas a la salud y seguridad de los trabajadores.

Factor importante dentro de estas medidas son el manejo de residuos líquidos industriales y con los cuales nosotros trabajaremos, estos deben ser minimizados y tratados para evitar la contaminación de las aguas, ya sean subterráneas o superficiales. Para minimizar los efectos producidos por estos residuos es que se proponen sistemas eficientes de lavados, con limpieza en seco, pistones, definición de procedimientos de lavado, entre otros. Para el riego, caso que aplica en nuestro trabajo el SAG elaboró un documento llamado “Guía de condiciones básicas para la aplicación de riles de agroindustria en riego”.

En el proceso de manejo de riles vitivinícolas, el lavado es la operación más relevante en términos de generación de efluentes líquidos, operación que aumenta en el periodo de vendimia y post-vendimia, llegando a generar caudales de descargas muy superiores a los del resto del año. En los últimos años el sector vitivinícola ha avanzado en dar un uso alternativo a los RILES, distinto a la tradicional descarga a cursos superficiales o la infiltración, tendiendo a su aplicación en suelos o riego, orientándose al uso más eficiente del agua y los elementos de RIL que pueden actuar

como nutrientes en el suelo. De ser así, el RIL aplicado debe cumplir con los límites de concentración y carga orgánica indicados por la normativa para no generar efectos adversos en el medioambiente.

6.2. Permisos Ambientales para una Planta de Tratamiento de Riles

A continuación, se presenta una tabla con distintas normativas y permisos necesarios que fueron presentados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y con los cuales debe cumplir la planta de tratamiento de residuos líquidos industriales para contar con un correcto funcionamiento.

NORMA	MATERIA	RELACIÓN
<i>Ley N°19.300 de bases generales del medio ambiente.</i>	Entre las materias de mayor relevancia que trata esta ley, en lo que se relaciona al Proyecto, se encuentran la relativa al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Donde se define Declaración de Impacto Ambiental y Estudio de Impacto ambiental.	Este tipo de Proyecto debe someterse al Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA), en virtud de lo establecido en el Artículo N.º 10 letra o) de la Ley 19.300 y al Decreto N.º 40/2012 del Ministerio del Medio Ambiente.
<i>Decreto Fuerza Ley N.º 725 dictado el 11 de diciembre de 1967 del Ministerio de Salud, Código Sanitario.</i>	En sus artículos 71, 72, 73 prohíbe, en términos generales, la descarga de residuos industriales o mineros en ríos o lagunas o en cualquier otra fuente o masa de agua, sin que antes se proceda a su tratamiento en la forma que se señale en los reglamentos.	Esta ley junto a la realización de una planta de tratamiento de los residuos líquidos, permitiendo otorgarle un uso.

NORMA	MATERIA	RELACIÓN
<i>Norma Chilena N.º 1.333/78, modificada en 1987 del Ministerio de Obras Públicas sobre Requisitos de calidad del agua para diferentes usos.</i>	Establece los criterios de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado, los cuales tienen como objetivo la protección y preservación de la calidad de las aguas para los distintos usos.	Para la disposición de los residuos líquidos, dependiendo de su determinado uso.
<i>Decreto Supremo 90 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. Publicado el 7 de marzo 2001</i>	Esta norma busca la protección y fija los límites máximos para los contaminantes en los cuerpos de aguas mencionados	Para el caso de disponer el agua en cursos de aguas superficiales, tales como canales, ríos, entre otros, es necesario que el sistema de tratamiento cumpla con los límites establecidos en esta norma.
Decreto Supremo N° 609, de 1998, del Ministerio de Obras Públicas. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.	Esta norma establece la cantidad máxima de contaminantes permitidos para los residuos industriales líquidos que son descargados en los alcantarillados.	Si los residuos líquidos fuesen a ser descargados al alcantarillado, es necesaria la consideración de esta norma, donde el sistema de tratamiento a desarrollar cumpla con los parámetros establecidos.

NORMA	MATERIA	RELACIÓN
Decreto Supremo N° 46, de 2002, del del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas.	Establece los criterios de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado, los cuales tienen como objetivo la emisión a aguas subterráneas.	Para la disposición de los residuos líquidos, a aguas subterráneas.

Tabla 4 : Normativas ambientales vigentes para el uso de tratamiento de Riles

6.3. Guía Condiciones básicas para la aplicación de RILES vitivinícolas en riego

Esta guía desarrollada por el SAG tiene mediante la participación con distintos organismos con el fin de definir alternativas que permitan la utilización de aguas residuales tratadas que tienen su origen en la industria vitivinícola tomando en cuenta aquellos aspectos y parámetros críticos relativos a su aplicación en el suelo considerando los posibles efectos sobre el medio ambiente.

Este documento tiene un carácter técnico y objetivo definir las condiciones básicas para lograr un adecuado manejo de RILES vitivinícolas en relación con suelos agrícolas y/o forestales, es decir, controlar y manejar ambientalmente los RILES generados en los procesos de elaboración del vinos, de manera de asegurar que no existan riesgos de contaminación al suelo y aguas (cauces naturales, artificiales y acuíferos) y cumplir con la normativa vigente cuando corresponda (entre otras, DS N°90/00, DS 46/02 y D.S. 609/98).

D.S. 90/00: “Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a la descarga de riles a aguas marinas y superficiales”.

D.S. 46/02: “Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas”.

D.S. 609/98: “Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales a sistema de alcantarillado”.

En este caso se utilizará la D.S. 90/00, donde la producción de residuos líquidos que se generan en la elaboración y producción del vino es más alta en la época de vendimia entre los meses de febrero y mayo, presentando una alta estacionalidad. Por lo que su utilización debe considerara este aspecto. La aplicación de RILES en el suelo, se considera riego cuando esta satisfaga las necesidades hídricas de un cultivo o una especie vegetal y se considerará disposición cuando el RIL se aplica al suelo en forma controlada independiente de la presencia o no de un cultivo.

La alternativa de utilización de RIL en la empresa consta del riego de especies en crecimiento activo, a objeto de que el volumen de RIL aplicado complemente o satisfaga parcial o totalmente la demanda hídrica requerida por un cultivo o una especie vegetal.

CAPITULO VII: APLICACIÓN DE EFLUENTES

La producción de vino y el procesamiento de la uva generan afluentes residuales, para la disposición de los efluentes líquidos tratados es necesario que cumplan con una serie de condiciones o características, donde los aspectos más relevantes se describen a continuación. Para esto se levantan un marco teórico con los datos obtenidos a través de los estudios realizados al momento de presentar el proyecto de la actual planta de tratamiento de residuos líquidos al servicio de evaluación ambiental en el año 2014. Según el estudio realizado al implementar y ampliar la antigua planta de tratamiento de residuos líquidos, pudiente procesar ahora 25.000.000 Kg de uva anuales para esto se estimaron mediante los estudios las distintas características fisicoquímicas y cargas orgánicas con las que contaría el efluente generado en la producción y elaboración de vino. Las principales consideraciones o condiciones para disponer los efluentes en suelo se cuentan:

- Una carga orgánica menor o igual a 112 [kg DBO/ha*d], límite establecido en la guía SAG para la disposición de efluentes en suelo, vía riego.
- Características de los suelos para evitar procesos de erosión, percolación profunda y escurrimiento que puedan afectar a napas o cursos de agua.
- Distribución uniforme de las aguas, sistema de aplicación eficiente.
- Definir medidas antes contingencias y prácticas de manejo de suelo.

Los parámetros estimados para el diseño apropiado de la planta, tienen como objetivo alcanzar un tratamiento eficiente de los Riles consiguiendo una remoción de los constituyentes que normalmente transportan los efluentes, y donde se considera como principio obligatorio, no contaminar napas o cualquier curso de agua, además de la proyectar de manera adecuada la generación de residuos líquidos y sus características físico-químicas con las cuales el afluente ingresara al sistema.

7.1. Caudales

Una de las principales características en la generación de efluentes dentro de la empresa corresponde a las variaciones de volúmenes de efluentes generados entre la época de vendimia

y el resto del año. En el periodo de vendimia es donde los caudales alcanzan los niveles máximos generando 350 [m³/día], mientras que en el resto del año por lo general se alcanzan caudales aproximados a los 170 [m³/día], en resumen, los volúmenes de agua residuales por mes corresponderían a:

Mes	Día/mes	Caudal [m³/día]	Total caudal [m³/mes]
Enero	31	170	5.270
Febrero	28	170	4.760
Marzo	31	350	10.850
Abril	30	350	10.500
Mayo	31	350	10.850
Junio	30	170	5.100
Julio	31	170	5.270
Agosto	31	170	5.270
Septiembre	30	170	5.100
Octubre	31	170	5.270
Noviembre	30	170	5.100
Diciembre	31	170	5.270

Tabla 5 : Variación mensual de caudal

7.2. Características fisicoquímicas de los Riles

El proceso de producción de vinos genera residuos líquidos, debido al procesamiento de la uva y labores de lavado de los distintos equipos que se utilizan durante este proceso. Estos residuos se caracterizan por poseer material orgánico suspendido y disuelto, provenientes del proceso agroindustrial de la vendimia y operaciones de bodega.

Dadas las características, los parámetros que se esperan para los afluentes generados en los procesos de elaboración de vino y otro inherentes generados dentro de la viña, según los estudios realizados previos a la remodelación de la actual planta de tratamiento son los siguientes:

Período	pH	Temperatura [°C]	N Total [mg/l]	P Total [mg/l]	DBO₅ [mg/l]	SST [mg/l]
Vendimia	4,6	22,0	40,3	14,9	3.500	745
Fuera de vendimia	7,0	20,0	26,4	8,2	2.000	264

Tabla 6 : Características para efluentes tratados

7.3. Carga orgánica

Uno de los principales elementos de las aguas residuales de la industria vitivinícola lo constituye la materia orgánica, medida a través de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Cuando el agua es distribuida en los terrenos, parte de ella es consumida por las especies vegetales presentes y otra parte es absorbida por el suelo, actuando este último como un filtro biológico de muy baja tasa. La remoción de la DBO del agua se lleva a cabo por la absorción de compuestos orgánicos, ya que las capas superiores del suelo contienen microorganismos en abundancia.

De acuerdo a las exigencias del Servicio Agrícola y Ganadero, se permitirá para la disposición de aguas residuales en suelos silvoagropecuarios, una carga no superior a 112 Kg DBO/ha*día. En función a las características esperadas del efluente de la planta de tratamiento de Riles y considerando una reducción del 20% de la carga orgánica debido a la separación de sólidos previo a que ingrese a la planta de tratamiento propiamente tal, se tiene lo siguiente:

Período	Caudal [m ³ /día]	DBO ₅ [mg/l]	Carga [kg DBO ₅ /día]	Carga por hectárea [kg DBO ₅ /ha-día]
Vendimia	350	3.500	1.225	61
Fuera de vendimia	170	2.000	340	17

Tabla 7 : Cargas orgánicas esperadas en el tratamiento

Estos valores asumen la aplicación del efluente sobre las 20 hectáreas en un solo día. Para asegurar una distribución uniforme, la aplicación es del efluente tratado se realizarán mediante método presurizado de aspersion y de forma rotatoria en paños de 10 hectáreas cada una.

7.4. Característica de los suelos

Para los sistemas de baja carga, la disposición de los efluentes tratados de manera controlada debe considerar las características de los suelos. En la tabla siguiente, se indican los rangos recomendados para las principales características que deben poseer los suelos donde se dispondrán los residuos líquidos.

Características	Aptitud		
	Optima	Conveniente	Pobre
pH	5,5 – 8	5,2 – 5,5	< 5,2; < 8,4
Intercambio de sodio [%]	<5	5 – 10	> 10
Conductividad eléct. [mmhos/cm]	<4	4 – 8	> 8
Permeabilidad [mm/h]	5 – 50	1,5 – 5; 50 – 150	< 1,5; > 150
Pendiente [%]	0 – 2	2 – 15	> 15
Profundidad de la napa [m]	> 1,5	0,6 – 1,5	< 0,6
Uso de terreno	Agrícola	Baja intensidad	Urbano/Industrial

Tabla 8 : Características de los suelos donde se dispondrá el efluente

PH, Conductividad e Intercambio Sódico: Los suelos de pH ácidos o alcalinos, y los suelos de elevada conductividad eléctrica, pueden limitar el crecimiento de muchos cultivos, mientras que los suelos con elevado porcentaje de sodio pueden ver reducida su permeabilidad. Los parámetros en evaluación están dentro de los rangos permitidos y aceptables para la disposición de las aguas cuentan con un pH entre 5,5 – 8 y una conductibilidad eléctrica con valores entre los 0,67 – 1,2.

Permeabilidad: Los suelos de permeabilidades medias constituyen los más adecuados ya que proporcionan el mejor equilibrio entre la retención de los constituyentes del agua residual y la facilidad de drenaje. Los suelos de elevadas permeabilidades permiten transmitir elevadas cargas de agua, pero su capacidad de retención de humedad dificulta el control de cultivos. Al contrario, los suelos de permeabilidades bajas limitan los volúmenes de agua a aplicar, pero permiten un mejor tratamiento de las aguas por parte de los microorganismos presentes en la tierra debido al mayor tiempo de contacto de los Riles con la capa superior de tierra.

Pendientes y uso del terreno. En terrenos cultivados, la pendiente se debería limitar a valores en torno al 5% o inferiores. Los terrenos a utilizar presentan pendientes simples y moderadas que permiten una adecuada disposición, sobre todo considerando el método distribución mediante aspersión. El terreno a utilizar presenta pendientes entre los rangos de óptimo y conveniente.

Profundidad de la napa: Para la retención de las componentes del agua residual y la acción bacteriana, es importante la altura de la columna de suelo antes de alcanzar las aguas subterráneas o los estratos rocosos inferiores. De acuerdo a los antecedentes del predio, la napa se encuentra a una profundidad mayor a 2 metros.

CAPITULO VIII: DESARROLLO

Para poder realizar los cálculos y el desarrollo de las propuestas de mejora es necesario realizar un ordenamiento y clasificación de los datos obtenidos, para tener claro cada variable con la cual se trabaja. En modo de resumen, se presenta la tabla 9, la cual presenta los datos de la carga orgánica con la cual se hizo el estudio inicial de la planta de Riles y los cuales eran los datos esperados en cuanto a la generación de Riles, pero como se puede observar en el análisis realizado a la planta, los datos obtenidos contienen concentraciones muchos más altas a la esperadas en los estudios, donde los análisis que se realizaron fueron a partir de los datos medios obtenidos en la planta.

Período	Caudal [m ³ /día]	DBO ₅ [mg/l]	Carga [kg DBO ₅ /día]	Carga por hectárea [kg DBO ₅ /ha-día]
Estudio inicial	350	3.500	1.225	122,5
Situación actual media	350	5.180	1.813	181,3
Situación actual crítica	350	7.500	2.625	262,5

Tabla 9: Datos históricos de cargas orgánicas

Según los datos obtenidos hay puntos críticos para caudal y carga orgánica, es decir, los valores máximos obtenidos para cada parámetro en este caso la máxima concentración de DBO₅ obtenida en la época de vendimia fueron 7.500 [mg/l] alcanzando un caudal máximo de 350 [m³], valores que se utilizarán para poder analizar y diseñar las mejoras correspondientes al sistema, estas condiciones representan el máximo esfuerzo que alcanza nuestra planta evitando que esta quede subdimensionado y logrando que este funcione de manera óptima cumpliendo con la condición ambiental que nos indica el Servicio Agrícola y Ganadero para la disposición de agua en suelo de 112 [kg DBO₅/ha*d].

También se considera la utilización de los datos obtenidos a través del paper “Mathematical modelling of the aerobic degradation of two-phase olive mill effluents in a batch reactor” para los coeficientes cinéticos de crecimiento debido a la gran similitud de los parámetros de funcionamiento y propiedades de los residuos generados.

8.1. Estanque de ecualización

La principal función es mantener el caudal y la carga orgánica de la planta a niveles adecuados para mantener un nivel óptimo de tratamiento biológico. Además de eliminar las problemáticas presentadas en el análisis de planta como lo son la sedimentación, los olores que genera la retención de agua y una homogenización y disolución de las sustancias químicas encargadas del control del pH.

Los tanques de ecualización retienen caudales fluctuantes elevados; son diseñados para controlar el caudal del efluente para que los procesos posteriores reciben un caudal consistente. Los tanques de homogenización tienen un tiempo de retención hidráulica adicional y por eso requieren mezcla para prevenir que el agua residual cruda se convierte séptico y para mantener los sólidos en suspensión.

Los agitadores serán nuestra principal manera de evitar dichas problemáticas ya que tienen una construcción robusta, y están diseñados para un funcionamiento continuo en condiciones de trabajo desfavorables, reduciendo el desgaste y permitiendo un rápido y fácil mantenimiento. Para conocer la potencia necesaria de los agitadores es necesario conocer el volumen del tanque, el cual tiene una capacidad de 1000 [m³], este dato debe ser ingresado ecuación que se muestra a continuación.

$$\frac{\text{Energía necesaria} \left[\frac{W}{m^3} \right] * \text{Volumen de tanque} [m^3]}{1000}$$

Además, es necesario saber la energía necesaria para mover esa cantidad de residuos líquidos para tener este dato utilizaremos una guía orientativa para la selección de agitadores. El diagrama representativo cuenta con dos tipos de aplicaciones.

Aplicación 1 – Fangos activados, zonas selectoras, zonas anóxicas, zonas bivalentes, zonas anaeróbicas (GRUNDFOS, 2016).

Aplicación 2 – Fangos primarios (< 3% contenido de sólidos), fangos primarios (< 6% contenido de sólidos), fangos primarios (< 8% contenido de sólidos)

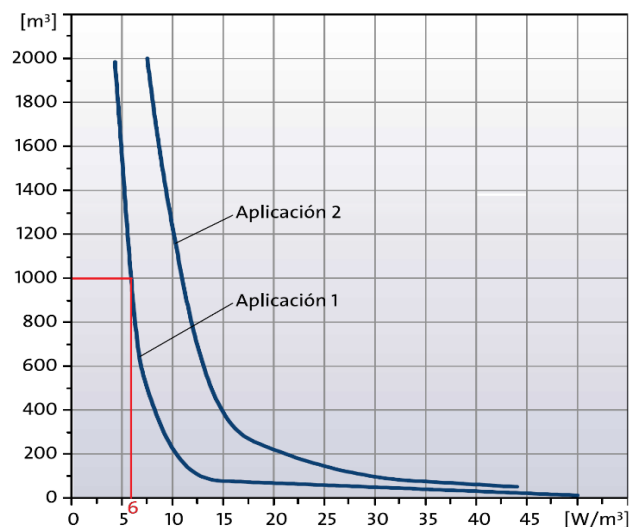


Ilustración 20 : Relación volumen y energía necesaria de un agitador mecánico

En este caso, se trabajará con la curva para la aplicación 1, ya que corresponde a la condición de fangos activados. Debido a que el tanque de ecualización tiene un volumen de 1000 [m³], se proyecta la curva, entregándonos la cantidad de energía necesaria para un agitado

$$\frac{\text{Energía necesaria} \left[\frac{W}{m^3} \right] \times \text{Volumen del estanque} [m^3]}{1000} = \frac{6 \left[\frac{W}{m^3} \right] \times 1000 [m^3]}{1000} = 6 \left[\frac{W}{m^3} \right]$$

Ahora que contamos como ambos datos, obtenemos como resultado que el agitador debe tener una potencia de motor superior o igual a 6 [kW]. También hay que tener en consideración la longitud del tanque, la medida del tanque de ecualización es de 25 x 27 [m].

Potencia de motor P ₂ [kW]	Longitud máx. del tanque para un agitador [m]
	Aplicación 1
2.00	16 m
3.00	20 m
4.00	24 m
1.50	20 m
2.20	22 m
3.00	24 m
4.00	26 m
5.50	31 m
7.50	37 m
11.00	45 m
15.00	55 m
18.50	65 m

Ilustración 21 : Longitud de tanque según la potencia del motor

Con todos estos datos reunidos podemos visualizar que el valor más próximo a 6 según la guía de selección es 7,5 [kW], podríamos utilizar este agitador el cual tiene una potencia mayor a la requerida y donde el método de instalación sería el siguiente.

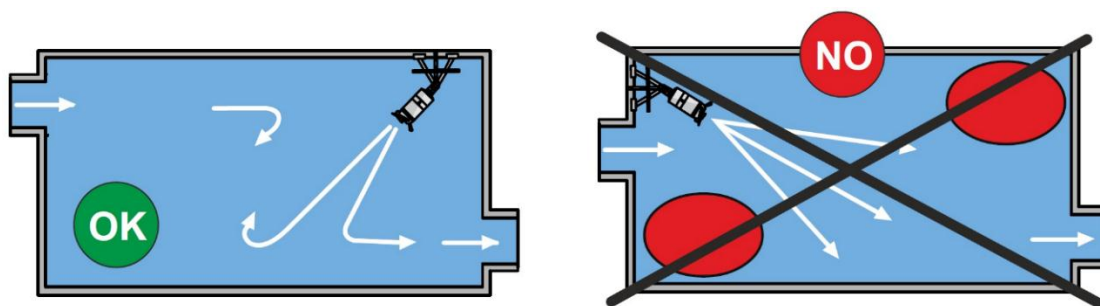


Ilustración 22 : Instalacion de un agitador

También se podrían utilizar dos agitadores de 3 [kW], siendo esta una mejor elección debido a que reuniría la potencia exacta necesaria. Además, al momento de realizar la mantención a un agitador o que uno de estos falle, otro quedaría funcionando quizás no con la potencia necesaria, pero continuaría realizando la función principal que es el movimiento de las aguas residuales para evitar la sedimentación y evitar los malos olores debido al estancamiento de las aguas. A continuación, se puede observar la correcta instalación de los agitadores para que estos tengan un funcionamiento óptimo (FAGGIOLATI, 2016).

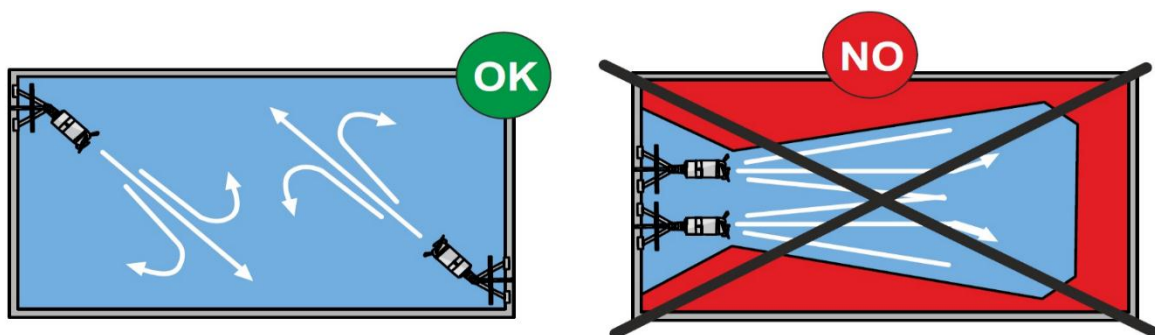


Ilustración 23 : Instalacion para dos agitadores

8.2. Estanque de aireación

Un tanque de aireación es equipado de aireadores para suministrar el oxígeno a las bacterias que colonizan la biomasa. El oxígeno que se aporte al estanque de aireación debe de ser suficiente para que, los microorganismos puedan respirar y se pueda oxidar la materia orgánica. La relación

cantidad de oxígeno / cantidad de alimento debe estar regulada y mantenerse estable. Una descompensación en un sentido o en otro, puede dar lugar a una aparición de organismos filamentosos que tienden a flotar en el decantador secundario, alterando totalmente la separación sólido-líquido. Además, la agitación debe de estar bien controlada, para que el oxígeno y el alimento se distribuyan homogéneamente por todo el estanque, evitando adicionalmente la sedimentación de partículas. El buen funcionamiento de la etapa aireación consiste en un equilibrio entre 3 elementos fundamentales para que el sistema de aireación opere de manera eficiente son:

- La cantidad de materia orgánica que constituyen la contaminación.
- La cantidad de bacterias que son la base de la biomasa.
- La cantidad de oxígeno necesaria para las bacterias con el fin de asimilar las materias orgánicas.

Analizando los datos obtenidos en el estudio se puede apreciar que este equilibrio se ve corrompido por distintos factores como la poca aireación del sistema y la no eliminación de los excesos de lodos en el sedimentador provocando que el funcionamiento de la planta no sea el óptimo, esto se ve reflejado en la poca eficiencia de remoción de la DBO₅ y los SST.

En el estanque la aireación es generada por 4 aireadores de chorro modelo JA112, teniendo este dato concreto y revisando las especificaciones técnicas de este, es posible realizar los cálculos necesarios para saber la cantidad de oxígeno que estos aportan al sistema.

Especificaciones técnicas							
Modelo	JA112	JA112	JA117	JA117	JA117	JA217	JA317
SOTR a 4m (13 pies) de profundidad 50Hz, kgO ₂ /h 60Hz, kgO ₂ /h (lbsO ₂ /h)	1.5* 2.2 (4.8)	3.2 3.3 (7.3)	7.5 7.8 (17)	11 12 (26)	15 17 (37)	22 30 (66)	40 43 (95)
Eyectores	1	1	1	1	1	2	3
Diámetro de salida de boquilla (mm)	55	55	95	95	95	95	95
Bombas Flygt N	3085 MT	3102 MT	3127 MT	3153 MT	3171 MT	3202 MT	3202 LT
Potencia nominal, kW (CV) 50 Hz 60 Hz	2 2.2 (3)	3.1 3.7 (5)	5.9 7.5 (10)	9 11.2 (15)	15 18.6 (25)	22 34 (45)	37 45 (60)
Camisa de refrigeración	—	—	—	•	•	•	•
Eficiencia de aireación estándar (SAE)	0,5-1,2 kgO ₂ /kWh (0,8-2 lib.O ₂ /hph)						

Ilustración 24 : Especificaciones tecnicas aireador mecanico

Según la ficha técnica de los equipos estos son capaces de generar 3,2 [Kg O₂/hr] cada uno a 4 [m] de profundidad, el estanque tiene una profundidad igual a los 2 [m], por ende, es necesario analizar la curva del equipo para saber la cantidad de oxígeno que es capaz de entregarnos a esa profundidad.

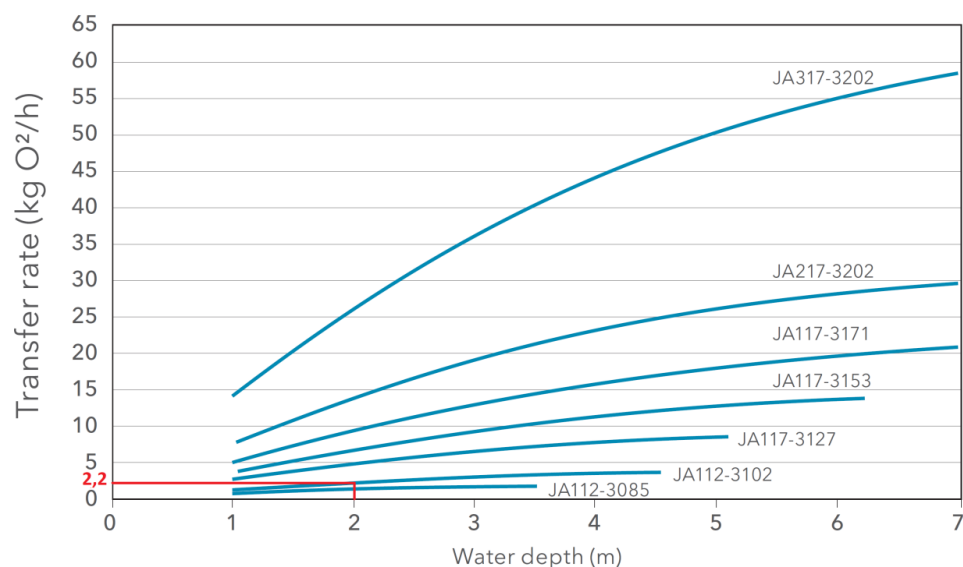


Ilustración 25: Curva de transferencia de oxígeno aeradores

Al revisar la curva tenemos que cada aerador instalado en el sistema de aireación es capaz de generar 2,2 [Kg O₂/h] a esa profundidad, por lo tanto, los equipos instalados son capaces de generar 8,8 [Kg O₂/h], según los cálculos establecidos con esta cantidad de oxígeno añadido por los equipos al sistema se remueve el 36% de la DBO, valor pequeño en comparación a los datos literales ya que se considera que una planta de lodo activado para mezcla completa es capaz de remover entre 85 – 95 % de DBO. También hay que considerar que para los cálculos no se considera la purga de lodos en el sistema existente, debido a que este proceso no se lleva a cabo como operación.

Para efectos de solucionar la acumulación de espumas y basura que ingresa al estanque de aireación y queda atrapado en el medio de los aeradores a chorro debido al posicionamiento de estos, y como solución a la principal problemática que es la falta de inyección de oxígeno al proceso, lo que implica que los indicadores DBO₅ y DQO del efluente sean altas. Es por esto que se recomienda la instalación de un aerador radial y ubicarlo en el centro de la piscina con la finalidad de mejorar la aireación y evitar la acumulación de contaminantes en medio de esta.

A continuación, analizaremos la necesidad de oxígeno que necesita el sistema para operar cuando se registre la máxima concentración de DBO que sería el peor de los casos, evitando que nuestro sistema quede subdimensionado. Según los datos recopilados, ver anexo 1, el máximo valor que se encuentra corresponde a 7500 [mg/l] DBO, y nuestra obligación es cumplir con la guía SAG que no indica las condiciones básicas para la disposición de efluente en riego. Como se puede apreciar en el anexo 5, correspondiente a la eficiencia de remoción de la DBO para la carga máxima, tenemos que para poder cumplir con esta condición necesitamos una eficiencia de remoción del 57%, dando como resultado un efluente final de 3200 [mg/l] DBO.

La carencia de los valores cinéticos de las aguas residuales nos hace buscar datos de planta similares como carga orgánica, funcionamiento y dimensiones. Donde pudimos obtener valores experimentales para los coeficientes cinéticos $K_d = 0,12 \text{ [d}^{-1}\text{]}$, $Y = 0,26 \text{ [Kg/Kg]}$ (S. Montalvo, 2010), valores que se puede apreciar en el anexo 7. Además, se cuenta con un factor de conversión de DBO_5 a DBO_L en 0,68 (Metcalf&Eddy, 1996), para alcanzar un efluente con una concentración de 3200 [mg/l] de DBO. La necesidad de oxígeno se desarrollará de acuerdo a las ecuaciones presentadas en el estado de arte del capítulo de aireación, y en donde la variable a tratar se evaluará con la purga de lodos ya implementada en el sistema, y en función de la edad de lodo esperado para el correcto funcionamiento de la planta.

$\varnothing c \text{ [d]}$	Purga [kg/d]	Necesidad de Oxígeno [kg O_2 /h]
5	347,3	17,2
6	323,1	17,4
7	302,0	17,6
8	283,5	17,7
9	267,1	17,9
10	252,6	18,0
11	239,5	18,1
12	227,7	18,3
13	217,0	18,3
14	207,3	18,4
15	198,4	18,5

Tabla 10: Necesidad de oxígeno en función del TRC

Considerando que la planta tiene instalada una capacidad de oxigenación de 8,8 [Kg O₂/h] para degradar la materia orgánica, requerimos de un equipo capaz de aportar 9,7 [Kg O₂/h] cantidad faltante de oxígeno para poder cumplir con una eficiencia esperada. Cabe mencionar que el diseño de instalación para la aireación, se desarrolla en el peor escenario y este ocurre cuando el tiempo de retención celular es de 15 días, de esta manera nos aseguramos que cumpla a cabalidad su función.

Buscando y analizando fue posible encontrar un equipo que cumpla con todos los requerimientos necesarios para tener aireación adecuada para nuestro proceso, como se puede observar en la Ilustración 23, correspondiente al aireador radial modelo AJ100G413R110PA de la marca Faggiolatti, el cual nos proporcionara 13 [Kg O₂/h] complementado la diferencia necesaria para que la planta de tratamiento de residuos líquidos funcione de manera óptima según los cálculos estimados.

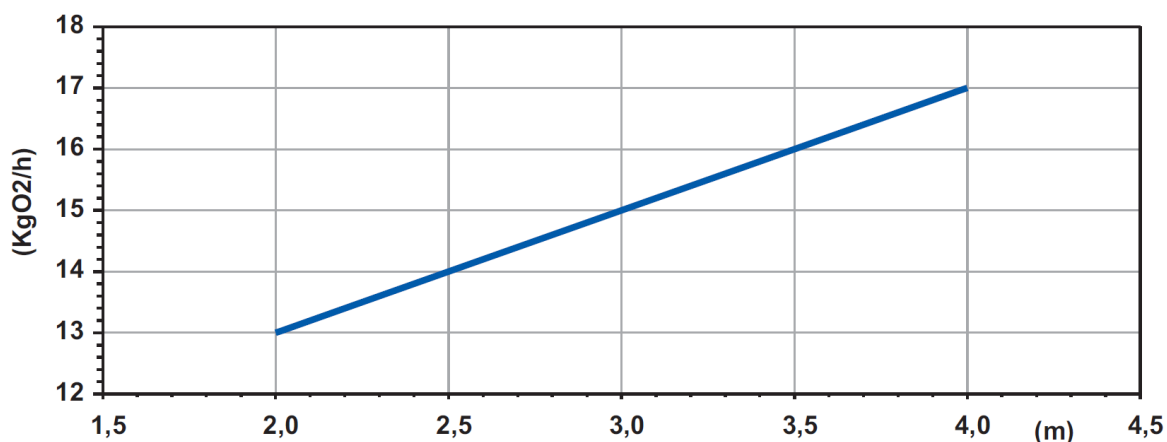


Ilustración 26 : Curva características aireador radial

Ahora considerando la capacidad instalada con la que contara el sistema implementando el nuevo aireador radial, el cual es capaz de aportar 13 [Kg O₂/h], nuestra eficiencia en el sistema de aireación será mayor a la calculada, lo que asegura que no se excederá nueva mente el límite de carga por hectáreas para el riego. Logrando abatir el 70% de la concentración de DBO del sistema, entregándonos un efluente final con una concentración de 2.024 [mg/l] de DBO.

8.3. Estanque de sedimentacion

La sedimentación es la separación de partículas suspendidas más pesadas que el agua, mediante la acción de la gravedad, en la mayoría de los casos, el propósito fundamental es obtener un efluente clarificado, pero también es necesario producir un fango con una concentración de sólidos que pueda ser manejado y tratado fácilmente (Metcalf & Eddy). La proporción entre la cantidad de microorganismos activos y el alimento disponible, es un parámetro decisivo en el control de este proceso. Si esta proporción no es equilibrada, aparecerán serios problemas en planta.

Como se pudo analizar en el capítulo 5, el estanque instalado en las inmediaciones de la planta de tratamiento de residuos líquidos, tiene una capacidad de 8 [m³]. Las dimensiones de este estanque son bastantes limitadas, provocando que el tiempo de residencia que tiene el afluente en el interior es reducido, impidiendo que los lodos decanten en el interior. Otro punto influyente en el sistema es la purga de lodos, ya que el sedimentador no cuenta con este proceso en el sistema, por ende, todos lodos son recirculados y al estanque de aireación, sin poder eliminar los excesos de lodos.

Este es un problema común en la planta de lodos activos, lo que genera la proliferación de microorganismos indeseados, como bacterias filamentosas que provocan un lodo de pobre sedimentación pudiendo generar problemas de formación de espumas en el sedimentador, y, por ende, una mala separación de las fases líquido-sólido, y un mal espesamiento. Debido a esta interacción entre ambas unidades que están muy relacionadas entre sí, el diseño y operación de uno no puede ser independizado del otro.

En consecuencia, de lo anterior es que un manejo que conlleve a condiciones inapropiadas de cualquiera de las unidades, reactor y/o sedimentador, posiblemente causará problemas para la obtención de un clarificado de calidad. Por otra parte, es fundamental proceder a una recirculación de fangos desde el decantador hasta la cuba de aireación, para mantener una concentración de organismos suficientes, ya que si no se irían eliminando. Básicamente el buen funcionamiento de la etapa decantación requiere:

- Un diseño adaptado y un volumen de tanque bien dimensionado.
- Caudales del afluente conformes a los valores de diseño.
- Lodos con características aptas para decantar.

Con la finalidad de mejorar el proceso, se va a dimensionar un estanque que cumpla con los requisitos mínimos para que la planta de tratamientos funcione de manera eficiente, junto a las mejoras realizadas al proceso de aireación se podrá alcanzar el equilibrio microorganismos/alimento. Al momento de diseñar hay que tener presente 3 propiedades fundamentales como lo son el dimensionamiento, la recirculación y la purga de lodos todo con la finalidad de obtener un buen clarificado y un lodo apropiado para el equilibrio del proceso biológico de los Riles.

Los parámetros que se tiene que tener en cuenta para poder dimensionar un sedimentador acorde a los requerimientos y dimensiones de la planta son la velocidad ascensional, la superficie del estanque de sedimentación será determinado por medio de este criterio, los factores para poder realizar los cálculos se pueden ver en la Ilustración 24.

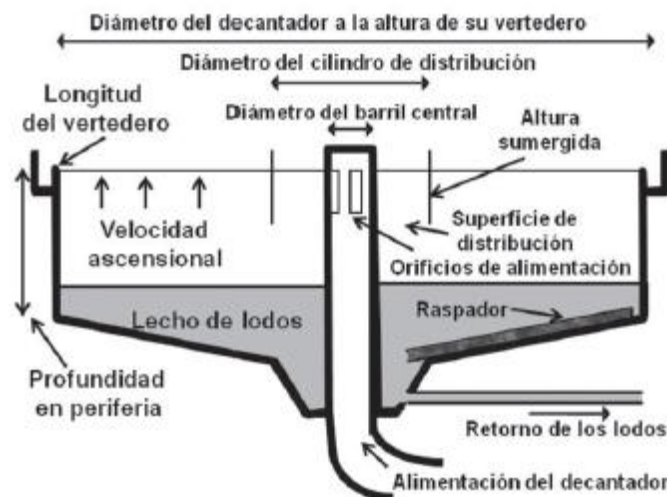


Ilustración 27 : Diseño de sedimentador secundario

La capacidad de un sedimentador secundario para la clarificación y espesamiento de los sólidos, puede determinarse en la actualidad a partir de la información correspondiente a la carga

superficial y a la carga superficial de sólidos. Los criterios de diseño deben ser conservadores para prever, que no se produzcan pérdidas intermitentes de los sólidos del lodo en el efluente, para así lograr un efluente de buena calidad. Según los valores de referencia para el diseño de un sedimentador secundario a continuación de un proceso de fangos activados debe cumplir con un parámetro de carga superficial de $1,695 - 2,035 \text{ [m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}]$, también debe contar un valor característico de carga de sólidos de $9,67 \text{ [Kg/m}^2\cdot\text{h}]$ para caudales punta en ambos casos, es decir, para un caudal correspondiente al periodo de vendimia. Para el diseño del decantador se consideraron las siguientes variables:

- Caudal con 100% de recirculación $Q_T = 29,17 \text{ [m}^3/\text{h}]$.
- Carga de sólidos $9,67 \text{ [Kg/m}^2\cdot\text{h}]$, y carga superficial dentro del rango establecido.
- Purga de lodos

Teniendo en consideración, todos los datos anteriormente mencionados, se cumple que para una carga de sólidos con $9,67 \text{ [Kg/m}^2\cdot\text{h}]$, con una concentración $X = 2,8 \text{ [Kg/m}^3]$ de sólidos suspendidos en el efluente se obtiene un área superficial igual a $14,6 \text{ [m}^2]$. Datos que se pueden apreciar en el anexo 4, el cual contempla el cálculo del sedimentador. Ahora con la obtención del área podemos determinar la capacidad que tiene este sedimentador para la carga superficial, obteniendo un valor de $2,0 \text{ [m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}]$, valor ubicado dentro de los rangos establecidos en los parámetros de diseño, por ende, este nuevo decantador debiese cumplir a cabalidad para la remoción de SSV. A continuación, se presenta un resumen de los parámetros resultantes del diseño.

Parámetros	Carga Sólidos [Kg/ m ² *h]	Carga Superficial [m ³ /m ² *h]	Área Superficial [m ²]	Diámetro [m]
Diseño nuevo sedimentador	5,59	2,00	14,6	2,15

Tabla 11: Parámetros de diseño nuevo sedimentador

Los tanques circulares se construyen con diámetros de 3,6 a 60 [m], y es preferible que el radio del tanque no exceda 5 veces la profundidad lateral del agua (Metcalf & Eddy), los valores conseguidos están dentro de los rangos de diseño para un sedimentador circular. Pero no solo

se debe tener en cuenta este criterio para un buen funcionamiento del sedimentador también hay que tener presente la velocidad de distribución y alimentación (Charpentier, 2014).

$$V_{dist} \left[\frac{m}{h} \right] = \frac{\text{Caudal del efluente} \left[\frac{m^3}{h} \right] + \text{Caudal recirculado} \left[\frac{m^3}{h} \right]}{\text{Superficie cilindro de distribucion} [m^2]}$$

El cilindro de distribución que hay instalado tiene una superficie de 0,2 [m²] y los valores del caudal efluente y recirculación son de Q_T = 29,17 [m³/h], teniendo en consideración dichos datos, obtenemos que la velocidad de distribución es igual a 4 [cm/s], valor dentro de las condiciones de diseño.

$$V_{alim} \left[\frac{m}{h} \right] = \frac{\text{Caudal del efluente} \left[\frac{m^3}{h} \right] + \text{Caudal recirculado} \left[\frac{m^3}{h} \right]}{\text{Superficie orificios de alimentación} [m^2]}$$

En cuanto a la velocidad de alimentación, en estos momentos la alimentación se realiza mediante la tubería de diámetro 20 [cm], tiene una superficie de alimentación de 0,0314 [m²] lo que nos da una velocidad de alimentación igual a 19,4 [cm/s], valores que esta fuera de los parámetros de diseño.

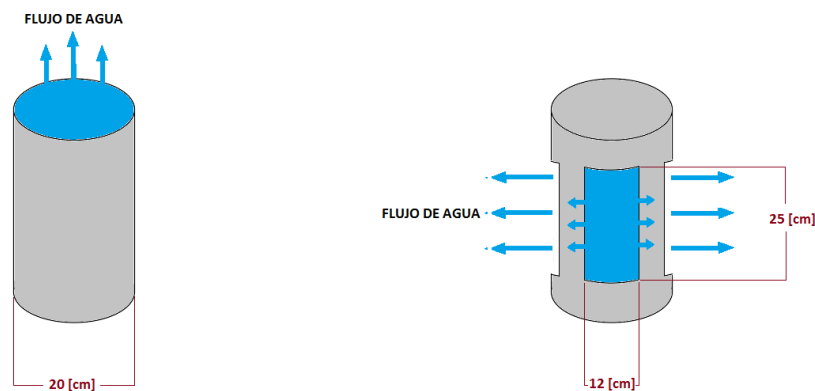


Ilustración 28 : Diseño orificios de alimentacion

Para cumplir con las condiciones apropiadas para es necesario modificar el método de alimentación, realizando un cambio en la geometría de alimentación para esto es necesario diseñar una tubería del mismo diámetro, pero con 3 orificios rectangulares de medidas 12x25

[cm], los cuales generaran una superficie de alimentación de 0,09 [m²] por lo que se obtendrá una velocidad de alimentación de 9 [cm/s], valor dentro de los rangos aceptados. La Tabla 8, nos da los valores de referencia para el diseño del sedimentador.

Valores de referencia	Valores
Velocidad de la distribución	0.5 – 5 [cm/s]
Velocidad de la alimentación	1 – 10 [cm/s]

Tabla 12: Valores de diseño sedimentador

Por último, la profundidad del sedimentador secundario tiene la función de permitir una sedimentación secundaria, tiene la función de permitir una sedimentación floculante de las partículas, facilitando que el conjunto de partículas aumente de tamaño y peso para su decantación; y al mismo tiempo provee un espacio para permitir el espesamiento del lodo acumulado. Para determinar la profundidad del sedimentador, al igual que la tasa superficial y la carga de sólidos, se tiene valores típicos que se puede encontrar. En el libro Metcalf & Eddy (Metcalf&Eddy, Ingenieria de aguas industriales: Tratamiento, vertido y reutilización, 1996) se recomiendan valores entre 3,6 y 6,0 [m]. Por otro lado, en el manual (FEDERATION, Clarifier Desing: Manual of practice FD8, 2005) se recomiendan valores que dependen del diámetro del sedimentador, los cuales se muestran en la ilustración.

Diámetro [m]	Profundidad desde la superficie del agua [m]	
	Mínima	Sugerida
< 12	3	3,7
12 a 21	3,3	3,7
21 a 30	3,7	4
30 a 43	4	4,3
> 43	4,3	4,6

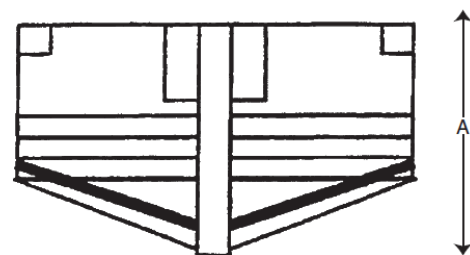


Ilustración 29: Profundidad de diseño del sedimentador

El valor de diseño para la profundidad del decantador es igual a 3,6 [m], por ende, el volumen total que puede tratar el sedimentador corresponde a 52,6 [m³], muy por encima del sedimentador que hay dimensionado actualmente en la planta el cual tiene una capacidad de 8

[m³], es decir, la capacidad del sedimentador esta subdimensionado y es necesita incrementar en un 657% el volumen para poder tener las condiciones adecuadas en el proceso de sedimentación de lodos. A veces se instalan varios sedimentadores para el mantenimiento de la planta de agua residual; sin embargo, las pequeñas instalaciones como estas poseen uno. El objetivo principal del sedimentador como se ha mencionado anteriormente es decantar el lodo activo y separarlo del agua residual, pero el lodo activo decanta peor que el lodo obtenido en un decantador primario, esto se debe a que en el sedimentador secundario el flujo ascensional debe ser más lento y el tiempo de retención mayor, por esto, el tiempo de retención hidráulico suele ser entre 3 – 5 [h]. Se considera que con el desarrollo de las dimensiones del nuevo clarificar el proceso alcanzara una eficiencia de remoción de SST del 60%, además se considera que este proceso del sistema que no hay remoción de DBO.

En cuanto a la recirculación, la finalidad del retorno del fango es mantener una concentración suficiente de fango activado en el tanque de aireación, de modo que pueda obtenerse el grado requerido de tratamiento en el intervalo de tiempo deseado. El retorno del fango desde el sedimentador hasta la entrada al tanque de aireación es la característica esencial del proceso. El fango debe extraerse del tanque de sedimentación tan pronto se forme. no es aconsejable emplear un tiempo excesivo de retención, ya que puede dar como resultado el deterioro del fango o que este flote.

El sistema de bombeo de recirculación utiliza normalmente un control de flujo que permite variarlo dentro de un margen de diseño y operación, lo importante es mantener una concentración de sólidos en el tanque de aireación con un nivel de F/M adecuado. Otro punto importante en el diseño es la purga del exceso de lodo en el sedimentador, el actual diseño no cuenta con un sistema de purga, por lo tanto, será esencial contar con el diseño de ese, ya que, la purga de lodo mantiene un numero óptimo de microorganismos en el sistema y es importante que se realice en intervalos regulares, esto ayuda a mantener un buen nivel de tratamiento. Si la purga no es suficiente la concentración de SST sería demasiado elevada, dando una relación F/M baja.

La purga afecta todo el proceso de fangos activados más que otros ajustes de control. Afecta la calidad del efluente, la población y velocidad de crecimiento de los microorganismos, el consumo de oxígeno, la decantabilidad, la formación de espuma y posibilidad de nitrificación, por eso se hace tan importante este contar y controlar esta unidad en el proceso de lodos activos. Los 4 métodos más comunes para controlar la cantidad de lodo purgado son: Tiempo de retención celular constante, relación F/M constantes, SST constante y la calidad del lodo.

Parámetro	Unidades	Rango de operación
SST Licor de mezcla	Mg/l	2.500 – 4.000
Recirculación	%	25 – 100 %
Altura manto de lodo	M	0,3 – 1,5
F/M	Kg DBO ₅ / Kg	0,2 – 0,6
Edad de lodo	Días	5 – 15

Tabla 13 : Parámetros de control

El lodo excedente purgado del sedimentador, será extraído mediante bombas e impulsado a dos estanques de fibra de vidrio de 10 [m³] cada uno, donde estará en permanente agitación para ayudar a su digestión, el tiempo de permanencia será de alrededor de 7 días, para luego ser retirados una vez por semana hacia la cancha de secado. Desde allí los lodos (aproximado 98% humedad) serán filtrados mediante un filtro de prensa para reducir la humedad hasta valores aproximados de 75%. Para luego ser dispuestos en bins. El agua extraída desde los lodos volverá nuevamente al proceso.

El lodo seco será llevado semanalmente a la cancha de acopio donde será dispuesto en pilas aproximadamente de 2 [m] de ancho por 0,5 [m] de altura para la deshidratación final. Una vez secos serán dispuestos en el predio agrícola de la viña o enviados a un lugar autorizado. En el caso de disponer los lodos en suelos de la viña, se debe realizar un análisis de los suelos una vez al año considerando los parámetros establecidos por el SAG en el protocolo de método de análisis para suelos y lodos: conductividad eléctrica, pH y contenido de agua, arena, materia orgánica, arsénico, cadmio, cinc, cobre, mercurio, níquel, plomo y selenio.

8.4. Estanque de desinfección

Los principales usos para el cloro y sus compuestos en la recogida, tratamiento y evacuación del agua residual se indican según las distintas aplicaciones, pero la desinfección continúa siendo una de la aplicación más importante. La capacidad de los equipos de cloración se selecciona para cumplir ciertos criterios en este caso el tiempo de retención recomendado en el estanque, son 30 minutos de contacto con el flujo diario y 15 minutos cuando hay horario peak.

Para la reutilización del efluente en el riego es necesario establecer límites de aplicación ya que una sobredosis de cloro perjudicaría a las plantas, en este caso, los eucaliptus. La cantidad de cloro deberá determinarse de manera experimental, si es posible, en caso de la ausencia de datos concretos, pueden usarse los valores máximos de la tabla 1 para calcular el equipo de cloración.

Se considera el factor planta con un valor 1 para una época común del año y para la época de vendimia este factor se considera como 2, ya que el caudal en la época peak llega a hacer el doble. Ahora a partir de la ecuación que se presenta a continuación, se desarrolla el cálculo para cuando estamos en la temporada de mayor producción, donde obtenemos como resultado la aplicación de 2,8 [kg/día] cuando contamos con un caudal máximo en época de vendimia.

$$\frac{Cl_2}{\text{día}} = 8 \left[\frac{mg}{l} \right] * 10^3 \left[\frac{l}{m^3} \right] * 175 \left[\frac{m^3}{\text{día}} \right] * \frac{1}{10^6} \left[\frac{kg}{mg} \right] * 2 = 2,8 \left[\frac{kg}{\text{día}} \right]$$

Por la naturaleza patógena de los microorganismos contenidos en las aguas residuales, se debe considerar la desinfección del efluente para época de vendimia una dosificación de 11,4 [l/h] de hipoclorito de sodio, previo a su descarga final. Esta es la cantidad que se aplica actualmente en la planta para la época de vendimia, por lo tanto, existe un correcto funcionamiento de este proceso en el sistema de tratamiento.

La dosificación se realiza mediante una bomba dosificadora regulable. También es importante tener en cuenta la dosis correspondiente a los caudales mínimos, ya que el sistema de cloración debe ser capaz de suministrar las cantidades suficientemente pequeñas como para no aplicar excesos de cloro

8.5. Piscina de riego

El estanque de riego, es un sistema de almacenamiento de efluente donde se mantiene el agua tratada, la cual cumple con todos los requisitos necesarios y requeridos por las autoridades para su posterior uso en el riego (NCh 1333). Este efluente será aplicado a un bosque de eucalyptus, el que tiene una dimension superficial de 20 [ha].



Ilustración 30 : Piscina de riego con malla

Como se mencionó con anterioridad este tanque de geomembrana cuenta con un volumen de 400 [m³], el cual es capaz de almacenar una carga diaria en epoca de vendimia, sin inconmenietes ya que estas son de 350 [m³]. Si bien esta tiene inconvenientes menores como la acumulacion de hojas y ramas debido a la cercania de los arboles a la planta, la cual produce contaminacion y el desperfecto de los equipos pero si se toman las medidas necesarias para contener estas problematicas el funcionamiento se cumpliria a cabalidad. Es por esto que se hacen las siguientes recomendaciones:

Limpieza perimetral de la zona con el fin de evitar la contaminacion del agua por elementos externos, ademas del cierre perimetral y cubierta de la piscina con la finalidad de que no ingresen

elementos que puedan afectar el funcionamiento de los equipos, en este caso, las bombas que son las encargadas de distribuir el efluente para el riego. Se recomienda un cierre estable y seguro, si bien esta se cubre con una malla raschel, solución poco prolija pero efectiva y económica, por lo que se recomienda reemplazarla de forma continua.

Además como medida de prevención general de limpieza y ornato de la planta de tratamientos se decidió forestar el bosque aledaño a un radio de 20 metros alejado del perímetro de la planta como se muestra en la ilustración 27, esto con la finalidad de evitar la contaminación indeterminada y excesiva del proceso debido a la cercanía del bosque a las instalaciones.



Ilustración 31 : Forestación bosque aledaño a la planta

Los cuales incluso han llegado a dañar equipos dentro de las instalaciones, generando contaminación y gastos extras en limpieza, retiro de escombros y reparación de equipos afectados como se pudo apreciar en la Ilustración 10, cuando un eucalipto dañó un equipo de aireación dejándolo deshabilitado y empeorando aún más el ineficiente proceso de tratamiento de residuos líquidos con el que cuenta la planta.

8.6. Plan de análisis y monitoreo

Según lo dispuesto en la RCA y en la Declaración de Impacto Ambiental y sus adendas, del proyecto de “Ampliación Instalación VSPT-Bodega Isla de Maipo” presentada en la RCA, y en representación de la VIÑA SAN PEDRO DE TARAPACA S.A, con fecha 3 de enero de 2013. Sugiere

un plan de monitoreo y autocontrol sobre los Riles que serán descargados para riego, y del área en donde estos efluentes serán dispuestos, debido a que deben cumplir con una serie de condiciones. Los residuos líquidos, en principio se considera realizar los muestreos dentro y fuera de la época de vendimia, donde los métodos de análisis corresponden a los establecidos por el D.S 90/00 y tiene como finalidad controlar los siguientes parámetros:

- Aceites y Grasas (A&G)
- DBO₅
- Detergentes (SAAM)
- Fenoles
- Nitrógeno Total
- pH
- Solidos Suspendidos
- Temperatura (°C)

De acuerdo a las exigencias del Servicio Agrícola y Ganadero, se cumplirá con una carga orgánica no superior a 112 kg [DBO/ha*día]. Las muestras serán analizadas por un laboratorio acreditado y tomadas en las coordenadas: 321.389.36 m E y 6.262.292.43 m S, que corresponden a la tercera piscina o estanque de acumulación. Se considera realizar muestreos mensuales en época de vendimia (marzo - mayo) y trimestrales fuera del periodo de vendimia, para esto desarrollamos un calendario de muestreo en donde se detallarán las respectivas fechas. Para estandarizar las fechas de muestreo se determina que los análisis dentro de la época de vendimia se realizaran la cuarta semana del mes, mientras que las muestras fuera de la época de vendimia se tomaran la segunda semana de cada mes.

El caudal también será registrado con un caudalímetro propio, con el cual se llevará un registro del efluente dispuesto. La información recolectada en cada monitoreo será remitida a las instituciones correspondientes. No obstante, la interior de la instalación se mantendrá un archivo con esta información a disposición de los distintos fiscalizadores.

A continuación, se presenta la calendarización para la toma de muestras, como se puede apreciar en el cronograma se realizará un total de siete muestreos, los que se detallan en la siguiente tabla.

Medición	Fecha
1	2° semana del año
2	12° semana del año
3	16° semana del año
4	21° semana del año
5	32° semana del año
6	46° semana del año

Tabla 14 : Fechas de medicion para efluente

Como se puede apreciar la calendarización esta implementada a partir del próximo año, y para cumplir con lo estipulado en la Resolución Exenta N.º 394/2014 presentada al Comité de Evaluación Ambiental, se considera necesario llevar a cabo un muestreo este mes con la finalidad de cumplir con los muestreos trimestrales fuera de la época de vendimia.

Respecto de los impactos ocasionados sobre el componente ambiental aire, referido a las emisiones odoríferas, se debe dar cumplimiento a lo señalado en el Decreto Supremo N.º 144/1961 Ministerio de Salud que “Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza”, donde se deben realizar una medición de olor en periodo de vendimia y otra medición fuera del periodo de vendimia, esto durante los 3 primeros años de la fase de operación, al no tener un registro anterior las medición se tomaran en cuenta a partir del próximo año. Para la toma y análisis de muestra, se utilizará la Norma Chilena NCh 3.190 “Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica”. A continuación, se presenta un detalle con las fechas que se deben realizar los muestreos, esto se llevaran a cabo la primera semana de cada mes y se realizan en medio de cada época, ya se dentro o fuera de vendimia.

Medición	Fecha
1	14° semana del año
2	40° semana del año

Tabla 15 : Fechas de medicion para la determinacion de la concentracin de olor

El análisis de residuos líquidos para riego se rige según la norma chilena NCh 1.333, esta norma fija un criterio de calidad de acuerdo a los requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado que en este caso será para riego con la finalidad de asegurar que no exista contaminación al medioambiente cuando el efluente sea aplicado (publicas, 1978).

Elemento		Unidad	Límite máximo
Aluminio	(Al)	mg/l	5,00
Arsénico	(As)	mg/l	0,10
Bario	(Ba)	mg/l	4,00
Berilio	(Be)	mg/l	0,10
Boro	(B)	mg/l	0,75
Cadmio	(Cd)	mg/l	0,010
Cianuro	(CN ⁻)	mg/l	0,20
Cloruro	(Cl ⁻)	mg/l	200,00
Cobalto	(Co)	mg/l	0,050
Cobre	(Cu)	mg/l	0,20
Cromo	(Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro	(F ⁻)	mg/l	1,00
Hierro	(Fe)	mg/l	5,00
Litio	(Li)	mg/l	2,50
Litio (citrícos)	(Li)	mg/l	0,075
Manganeso	(Mn)	mg/l	0,20
Mercurio	(Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno	(Mo)	mg/l	0,010
Níquel	(Ni)	mg/l	0,20
Plata	(Ag)	mg/l	0,20
Plomo	(Pb)	mg/l	5,00
Selenio	(Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual	(Na)	%	35,00
Sulfato	(So ₄ =)	mg/l	250,00
Vanadio	(V)	mg/l	0,10
Zinc	(Zn)	mg/l	2,00

Tabla 16 : Concentraciones de calidad del Riles para uso en riego

El pH es un factor importante que se debe considerar cuando se utiliza el agua para riego y el cual debe estar comprendido entre 5,5 y 9,0. Además existe concentraciones máximas recomendadas para los parámetros contenidos en Riles a disponer en suelos vía riego que no son contemplados en la Norma Chilena NCh 1.333, los cuales presentamos a continuación.

Parámetro	Unidad	Concentración máxima recomendada
Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	mg/l	600
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,5
Fenoles	mg/l	41
Nitrógeno total (orgánico + inorgánico)	mg/l	30 (1)
Sólidos suspendidos biodegradables	mg/l	80

Tabla 17: Concentraciones máximas de riles para disponer a suelo vía riego

Recordamos que, de acuerdo a las exigencias del Servicio Agrícola y Ganadero, se cumplirá con una carga orgánica no superior a 112 kg [DBO/ha*día].

En cuanto al plan de monitoreo de suelos, el proyecto ha considerado realizar un monitoreo de suelos para verificar el buen funcionamiento del sistema en el área donde serán dispuestos los riles. Para ello se ha considerado realizar un análisis por año en las coordenadas 321.389.36 m E – 6.262.292.43 m S, y donde se evaluarán los siguientes parámetros:

- pH.
- Conductividad eléctrica.
- Materia orgánica.
- RAS (razón absorción sodio).
- Nitrógeno Total.
- Permeabilidad.

Además, se debe realizar un seguimiento de la calidad del agua subterránea con una prioridad semestral y el informe correspondiente, junto a todos los antecedentes que respectivos que tengan relación con la disposición de Riles. Las mediciones de la calidad de agua subterránea se llevarán a cabo la segunda semana de cada mes que se encuentre en la mitad de cada época, ya sea dentro o fuera de vendimia. Mientras que el monitoreo de suelos se realizara una semana después que se haga el segundo muestreo de calidad de agua subterránea, es decir, el día 18 de octubre. A continuación, se presenta el cronograma y las fechas detalladas en donde se tomarán los distintos muestreos.

Medición	Fecha
1	15° semana del año
2	41° semana del año

Tabla 18 : Fecha muestra para monitoreos de suelo

Para los sistemas de baja carga, la disposición de los efluentes tratados de manera controlada debe considerar las características de los suelos. En la tabla 16, se indican los rangos

recomendados para las principales características que deben poseer los suelos donde se dispondrán los residuos líquidos. Además, podemos apreciar un resumen de las concentraciones máximas recomendadas para los Riles agroindustriales a disponer en suelos vía riego, con respecto a la Norma Chilena NCh 1.333. La finalidad de esta última es que no se desarrollen efectos adversos en el medio natural ya sea suelo o agua, las cuales se pueden apreciar en la siguiente tabla.

Parámetro	Unidad	Valores máximos	
		NCh 1.333	Recomendados
Aceites y Grasas (A&G)	mg/l	-	10
Cloruros (Cl)	mg/l	200	300
Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	mg/l	-	410
Detergentes	mg/l	-	0,5
Fenoles	mg/l	-	41
Fósforo	mg/l	-	4,3 – 7,9
Nitrógeno Total (orgánico + inorgánico)	mg/l	-	30
Ph	upH	5,5 – 9,0	5,5 – 8,5
Sólidos suspendidos	mg/l	80	80
Salinidad	umhos/cm	750 – 7.500	2.250
Sólidos disueltos totales	mg/l	500 – 5.000	1.500
Sulfatos	mg/l	250	1.000
Sodio (Na)	%	< 35	< 35
Temperatura	°C	-	35

Tabla 19: Valores recomendados según NCh 1.333

Con la finalidad de comprender mejor la ubicación del lugar donde se tomarán las muestras de la calidad del agua subterránea, facilitando el monitoreo y seguimiento de este se muestra un mapa donde indica el lugar físico de cada coordenada antes mencionada. De todas maneras

8.7. Plan de contingencia y prevención

Aparte de un plan de monitoreo, se considera la incorporación de un plan preventivo en caso de eventuales contingencias, con el fin de prevenir los riesgos asociados al tratamiento y la disposición de los residuos líquidos. Las acciones preventivas estarán orientadas a evitar el acontecimiento de eventos que puedan impactar de forma negativa al entorno y medio ambiente, entre las acciones o medidas se determina lo siguiente.

- Capacitación del personal.
- Prohibición de acceso a personal no autorizado.
- Revisiones periódicas de los sistemas para detectar posibles fallas.
- Limpieza de las instalaciones, estanques y ductos para evitar obstrucciones.
- Mantención del predio de plantaciones libre de basura o materiales que puedan generar embancamiento u obstrucciones.
- Observación de los suelos y especies vegetales con el propósito de detectar en forma oportuna algún tipo de animalia.

Las acciones de contingencia definidas están orientadas a generar una respuesta oportuna ante situaciones de emergencia que incluyan la coordinación de los medios técnicos y humanos para abordarlas. En este sentido se entregan las principales medidas a adoptar en caso de alguna de las siguientes eventualidades.

Precipitaciones intensas: Frente a una situación de extensas precipitaciones, los efluentes tratados se almacenarán en el sistema de tratamiento para ser gestionados de manera paulatina, cabe precisar que el sistema posee una capacidad de almacenamiento superior a 2 semana en el periodo de invierno. Adicionalmente se cuenta con un tranque de riego con una capacidad de 30.000 [m³] lo que permite absorber la generación de efluentes tratados de varias semanas.

Detección de fugas: Ante situaciones de roturas de tuberías, fugas de los estanques o del sistema de aplicación, se suspenderá la aplicación de las aguas tratadas para reparar de forma inmediata la falla. Además, cabe indicar que las contingencias ocurridas serán investigadas para conocer sus causas u orígenes con el propósito de tomar las medidas necesarias para evitar futuras ocurrencias.

Temblores de gran magnitud: Ante este evento se suspenderá la aplicación de los Riles para evitar algún tipo de derrame. Después del evento, se revisarán las instalaciones antes de proceder a reanudar la distribución de las aguas. En caso de un derrame producto la rotura de algún equipo, se avisará a la autoridad y se tomarán las medidas necesarias hasta solucionar la problemática existente.

CAPITULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al realizar un riguroso análisis del proceso y funcionamiento de tratamiento de residuos líquidos generados por la producción de vino en la época de vendimia, caracterizada por tener la mayor elaboración y producción de vino, con esto la mayor generación de residuos líquidos en el año, fue posible proponer mejoras consistentes en cada uno de los procesos del sistema con la finalidad de cumplir con los estándares de calidad de efluente dispuestos por las autoridades para la disposición de estos en riego agrícola. Conociendo las condiciones actuales, se encontró que este sistema presenta problemas esenciales en el proceso aireación, decantación y extracción de lodos, procesos elementales que determinan el funcionamiento de la planta, gracias a esto fue posible sugerir mejoras que nos permitirán tener un mayor control del proceso y con esto un funcionamiento más eficiente del sistema de tratamiento de Riles.

Con respecto al diseño de la planta a simple vista se pudieron observar varias problemáticas, donde destacaba la suciedad y acumulación de residuos sólidos, dentro y en la periferia de la planta de tratamiento, además de la pequeña dimensión con la que contaba el tanque sedimentador, pero para eso era necesario hacer una evaluación más exhausta. En la entrada del afluente, donde se ecualizaban la carga se podía apreciar la contaminación mediante residuos externos y la estacionalidad del agua, incluyendo todos los factores que este conlleva como la sedimentación, efusión de malos olores, entre otros. Para esto fue necesario la implementación de equipos de agitación para lograr evitar los malos olores, obtener una buena homogenización de las cargas que ingresan y la exacta distribución de los compuestos para controlar el pH, además de realizar un plan de limpieza para toda la planta con la finalidad que ningún factor externo afecte a los procesos del sistema de tratamiento de residuos líquidos.

Luego fue necesario un estudio más detallado para analizar el funcionamiento de la planta, si esta cumplía con los estándares correspondientes de operación y plantear las mejoras o rediseño necesario para que la planta pudiese funcionar de manera óptima. Lo primero fue analizar el sistema de aireación en el proceso, donde este tenían deficiencia en la demanda de oxígeno requerida, ya que, la eficiencia de remoción de DBO del proceso era de 36%, valor de remoción bajo, esto porque este tipo de tratamiento biológico cuentan con una eficiencia que varía entre

85 - 95 %. Además, el proceso no contaba con la purga de lodos, proceso fundamental para mantener el equilibrio del sistema. Para efectos de diseño se propuso la implementación de mejoras y equipos para alcanzar una eficiencia del 57 % trabajando con una carga máxima de 7.500 [mg/l] de DBO de esta manera cumplir con el límite de carga por hectárea establecida por el Servicio Agrícola y Ganadero para la aplicación de efluente en riego. En la planta se contaba con cuatro aireadores, los que aportaban en total una capacidad de oxigenación de 8,8 [Kg O₂/h], implementando la purga de lodos en el sistema y el complemento de la aireación con un equipo capaz de aportar 9,7 [Kg O₂/h] de esta manera cumplir con una la eficiencia deseada. Se seleccionó un equipo que aporta una cantidad mayor de oxígeno al sistema alcanzando el 70% de eficiencia.

Otro punto importante fue el rediseño del estanque de sedimentación, debido a que este contaba con una capacidad muy inferior a la necesaria, afectando de manera crítica al sistema, para esto se diseñó un nuevo sedimentador el cual pudiese contar con las condiciones básicas según las características de los Riles que ingresaban. Además de estar subdimensionado el diseño del decantador, este no contaba con un sistema de purga de lodo aunque debido a su tamaño era poco probable que el lodo pudiese decantar en su interior dando como resultado un efluente de baja calidad y sin clarificado, para esto fue necesario el diseño de un nuevo decantador secundario cumpliera con todos los parámetros de diseños y operación para la planta, para esto fue necesario que el clarificador contara con un área superficial de 14,6 [m²] y un volumen de 52,5 [m³]. Estas dos operaciones son las fundamentales para el buen funcionamiento de cualquier tratamiento de residuos líquidos, debido a que controlan el equilibrio del sistema.

En tanto, al siguiente proceso de la decantación del lodo, no fueron necesarias mayores intervenciones debido a que el sistema de desinfección cumplía con los rangos admisibles, y cabe mencionar que este era el único punto que contaba con un buen diseño para su funcionamiento, y en el sistema de riego era necesario implementar un sistema que evitase la contaminación del efluente destinado al riego. Se hizo necesaria la limpieza y ornato de la planta y sus alrededores, donde se tuvo que deforestar parte del bosque contiguo a la planta con la finalidad de disminuir la contaminación mediante hojas y ramas que estos árboles, contaminando el sistema y dañando los equipos de la planta de tratamiento.

Según las mejoras establecidas en los diferentes procesos se debiese obtener un efluente con valores cercanos a los 2.024 [mg/l] de DBO₅ y 840 [mg/l] de SST. Con estos datos como resultamos vamos hacer la comparación de las diferentes formas de disposición de los residuos líquidos como lo establecen las normas ambientales, y ver si se encuentra dentro de los parámetros permitidos para cada uno de los casos.

Actualmente, las normas de emisión vigentes para el control de residuos líquidos industriales que le competen a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) tiene tuición sobre las normas de emisión y de calidad ambiental como lo son el D.S. N°90/2000 del MINSEGPRES, que regula los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales (Presidencia, 2001), y la Norma D.S. N°46/2002 del MINSEGPRES (Presidencia, Decreto Supremo N° 46: Regula la emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas., 2002), que regula la emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas. Los valores máximos admisibles con los que cuentan para la disposición de Riles es de 35 [mg/l] de DBO₅ y 80 [mg/l] de SST, por ende, nuestro efluente generado se encuentra fuera del rango para hacer este tipo de disposición de los residuos, descartando plenamente la disposición de efluente a aguas marinas, superficiales y subterráneas. Por otro lado, la NCh 1.333 fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según su uso determinado. Estos criterios tienen por objeto proteger la calidad de las aguas destinadas a riego. Mientras que la Guía SAG establece concentraciones máximas recomendadas para los parámetros contenidos en los riles tratados a disponer en suelos, vía riego, pero que no fueron contemplados en la Norma Chilena Oficial NCh 1.333 como lo son la DBO₅, sólidos suspendidos, nitrógeno entre otros. Las concentraciones máximas recomendada para la DBO₅ corresponde a 600 [mg/l] y para los sólidos suspendidos totales 80 [mg/l]; En caso que se supere el valor de DBO₅ antes señalado, se utiliza como referencia la aplicación de una carga orgánica máxima de 112 [Kg DBO/ha*d], valor que para el diseño actual con el que contaba la planta de tratamiento era superado en ciertas ocasiones, pero con las mejoras implementadas se espere tener una carga orgánica media de 70,8 [Kg DBO/ha*d].

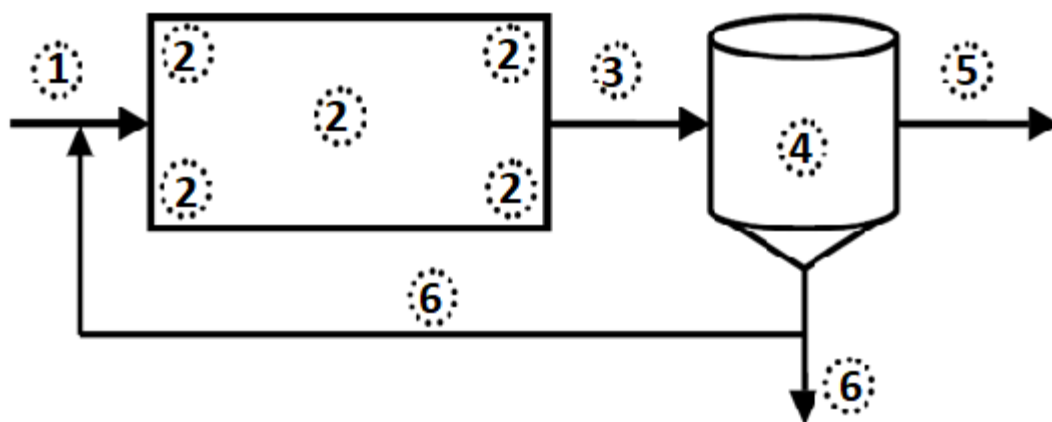
Como recomendaciones adicionales a las problemáticas resueltas del proceso se espera que la planta de tratamiento pueda contar con los siguientes requerimientos:

- Primero que todo, la realización de tomas de muestras por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) como se señalan con anterioridad en el ítem de análisis y monitoreo, elementos requeridos por la autoridad y de los cuales no se tiene registro desde el 2014. A continuación, se presenta una calendarización detallada para los cuatro tipos de muestreos que se deben realizar durante el año a modo de resumen.

MEDICIÓN	FECHA
Muestra de riles	2° semana del año
Muestra de riles	12° semana del año
Muestra de olor	14° semana del año
Muestra de suelo	15° semana del año
Muestra de riles	16° semana del año
Muestra de riles	21° semana del año
Muestra de riles	32° semana del año
Muestra de olor	40° semana del año
Muestra de aguas subterráneas	41° semana del año
Muestra de suelo	42° semana del año
Muestra de riles	46° semana del año

Tabla 20 : Resumen toma de muestras para analisis

- Mejorar la toma de muestras, puntos y parámetros como se muestra en la imagen. Los indicadores analíticos y visuales, son la principal herramienta de operación de una planta, ya que los datos obtenidos se utilizan tanto para el seguimiento cotidiano del desempeño de la planta como para tomar decisiones de operación.



Puntos de muestreo	Parámetros analíticos y mediciones	
1 Afluente	DBO ₅ DQO SST	pH Caudal Grasas y aceites
2 Tanque de aireación	SST (SSLM) SSV (SSVLM)	OD Tasa de respiración (TR)
3 Línea de conexión entre el reactor y el sedimentador	Prueba de sedimentabilidad SSed	SST SSV
4 Sedimentador	Profundidad manto de lodos OD (eventualmente)	
5 Efluente	DBO ₅ DQO	SST
6 Líneas de recirculación y purga	SST SSV	Caudal

Ilustración 32: Puntos de control

- Un chequeo constante de los parámetros de operación de la planta, además de la capacitación permanente de los operadores, este punto es fundamental debido que al entender y mantener el proceso podrán controlar de manera más fácil y eficiente el sistema biológico de fangos activados, interpretando los datos y test de control del proceso.

- Gestionar un plan de mantenimiento preventivo de los equipos pertenecientes a la planta de tratamiento de residuos líquidos, ya que, solo se realizan mantenciones correctivas a los equipos haciendo que el proceso se vea afectado de manera negativa debido a la interrupción en el funcionamiento de los equipos.
- Desarrollar un programa de aseo y ornato, para ejecutar y mantener una limpieza sistemática de la planta de tratamientos y su entorno, evitando que el proceso se vea afectado debido a la contaminación mediante residuos que sean añadidos de manera externa al proceso como la acumulación de escoria y crecimiento incipiente de maleza.
- La automatización del proceso de tratamiento de Riles, si bien, este tendrá un alto costo de inversión como beneficio entregará un preciso control en los procesos del sistema, haciendo que este funcione de manera eficiente, la automatización del proceso tiene un valor aproximado de 51.004.729+ IVA.

BIBLIOGRAFÍA

- Charpentier, J. (2014). Cuaderno tecnologico N°6. *Tratamiento de aguas residuales con lodos activados*, 34-38.
- EKAMA, G. (1997). *Secondary settling tanks : theory, modelling, design and operation*. London: International Association on Water Quality.
- FAGGIOLATI, P. (2016). Catálogo mezclado. *Faggiolati pumps: mixing catalogue*, 10 - 11.
- FEDERATION, W. E. (2005). *Clarifier Desing: Manual of practice FD8*. McGraw-Hill Education.
- FEDERATION, W. E. (2005). *Clarifier Desing: Manual of practice FD-8*. McGraw-Hill Education.
- Grady, L. (1999). *Biological Wastewater Treatment*, 2° edición. New York: Marcel Dekker.
- GRUNDFOS. (2016). Agitadores y aceleradores de corriente. *Grundfos aguas residuales*, 10 - 11.
- Metcafi&Eddy. (1996). *Ingenieria de aguas industriales: Tratamiento, vertido y reutilización*. D.F. Mexico: Tomo 2 - McGraw-Hill.
- Metcalf&Eddy. (1985). *Ingeniería sanitaria: Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuasles*. 2° Edicion - Editorial Labor.
- Metcalf&Eddy. (1996). *Ingenieria de aguas industriales: Tratamiento, vertido y reutilización*. D.F Mexico: Tomo 1 - McGraw-Hill.
- Pelillo, M. R. (2006). Mathematical modelling of the aerobic degradation of two-phase olive mill effluents in a batch reactor. *Biochem. Eng. J*, 308–315.
- Presidencia, M. S. (2001). *Decreto Supremo N°90: Norma de emisión para regulacion de contaminantes asociados la descarga de residuos liquidos a aguas marinas y continentales superficiales*. Santiago.
- Presidencia, M. S. (2002). *Decreto Supremo N° 46: Regula la emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas*. Santiago.
- publicas, M. d. (1978). *Norma Oficial Chilena 1.333*. Santiago.
- S. Montalvo, L. G. (2010). Kinetic evaluation and performance of pilot-scale fed-batch aerated lagoons treating winery wastewaters. *Bioresource technology*, 3452 - 3456.
- vitivinícola, C. c. (2010). *Condiciones básicas para la aplicación de Riles vitivinícolas en suelo agrícola*. Chile: Servicio agrícola y ganadero.

ANEXOS

Anexo 1: Datos de DBO registrados en el ingreso y salida de la planta

Fecha	So [mg/l DBO]	S [mg/l DBO]
04-ene	6850	3268
05-ene	6651	3273
06-ene	6574	3412
07-ene	7296	3735
08-ene	7469	3715
11-ene	6832	3682
12-ene	7247	3565
13-ene	7175	3484
14-ene	7026	3684
15-ene	7007	3695
18-ene	6343	3295
19-ene	6629	3303
20-ene	6673	3715
21-ene	6768	3404
22-ene	6809	3472
25-ene	6850	3270
26-ene	6890	3392
27-ene	8044	3674
28-ene	6658	3389
29-ene	6728	3407
01-feb	6638	3545
02-feb	6269	2942
03-feb	6496	3422
04-feb	6367	3499
05-feb	6417	3534
08-feb	5937	3082
09-feb	4282	3058
10-feb	5397	2970
11-feb	5003	2848
12-feb	4796	2825
15-feb	5942	2981
16-feb	6525	3540
17-feb	6803	3267
18-feb	6594	3430
19-feb	6454	3504
22-feb	4965	2925
23-feb	4487	2266
24-feb	5672	2239
25-feb	6393	2913
26-feb	5490	3095
01-mar	6338	1989
02-mar	5157	2025
03-mar	6294	2425
04-mar	6244	2509
07-mar	4754	3268
08-mar	3476	3565

09-mar	7502	3052
10-mar	6850	3472
11-mar	6597	3543
14-mar	4413	3286
15-mar	4392	3214
16-mar	4338	3347
17-mar	4299	3363
18-mar	4406	3252
21-mar	4322	3181
22-mar	4348	3382
23-mar	4311	3220
24-mar	4519	3431
28-mar	4468	2620
29-mar	4575	3569
30-mar	4242	3236
31-mar	4351	3285
01-abr	4178	3233
04-abr	3673	2166
05-abr	4706	3498
06-abr	4761	3649
07-abr	4700	3329
08-abr	4473	3351
11-abr	5983	3652
12-abr	4922	3575
13-abr	4734	3701
14-abr	4763	3485
15-abr	5138	3682
18-abr	4657	3559
19-abr	4866	3649
20-abr	4796	3564
21-abr	4803	3607
22-abr	5031	3652
25-abr	4771	3483
26-abr	4789	3289
27-abr	5755	4105
28-abr	5344	3670
29-abr	5473	3284
02-may	5481	3649
03-may	5281	3897
04-may	7372	3783
05-may	5725	3849
06-may	5667	3652
07-may	5105	3670
08-may	5288	3454
09-may	5495	3760
10-may	4500	3666
11-may	5235	3863

16-may	4714	3652
17-may	5710	4187
18-may	5556	3985
19-may	5290	3656
20-may	5085	3857
23-may	5344	3760
24-may	5025	3863
25-may	5057	3927
26-may	4969	3585
27-may	5193	3696
31-may	5334	3813
01-jun	4630	3275
02-jun	4406	2950
03-jun	5014	3118
06-jun	4613	3125
07-jun	4522	2954
08-jun	4448	2708
09-jun	4114	3040
10-jun	4252	2929
13-jun	4257	2797
14-jun	4272	2878
15-jun	4078	3076
16-jun	4426	3308
20-jun	3900	2828
21-jun	3678	2166
22-jun	3535	2271
23-jun	3552	1913
24-jun	3678	2258
28-jun	4137	2809
29-jun	3896	2559
30-jun	4524	3267
01-jul	4192	3115
04-jul	4293	3058
05-jul	4393	2974
06-jul	4342	3042
07-jul	4168	3074
08-jul	4322	3058
11-jul	4176	2833
12-jul	4001	2632
13-jul	4114	2900
14-jul	4192	3077
15-jul	4102	2697
25-jul	4608	3118
26-jul	4652	3346
27-jul	4578	3058
28-jul	5112	3624
29-jul	5027	3699

Anexo 2: Carga de riego por hectárea

Fecha	Carga Riego [kg DBO/ha*d]	Limite [kg DBO/ha*d]
04-ene	66	112
05-ene	53	112
06-ene	70	112
07-ene	81	112
08-ene	107	112
11-ene	73	112
12-ene	92	112
13-ene	64	112
14-ene	69	112
15-ene	85	112
18-ene	68	112
19-ene	72	112
20-ene	74	112
21-ene	74	112
22-ene	86	112
25-ene	58	112
26-ene	59	112
27-ene	57	112
28-ene	88	112
29-ene	94	112
01-feb	73	112
02-feb	37	112
03-feb	80	112
04-feb	80	112
05-feb	47	112
08-feb	108	112
09-feb	30	112
10-feb	115	112
11-feb	67	112
12-feb	138	112
15-feb	64	112
16-feb	57	112
17-feb	76	112
18-feb	78	112
19-feb	147	112
22-feb	58	112
23-feb	51	112
24-feb	70	112
25-feb	43	112
26-feb	117	112
01-mar	20	112
02-mar	27	112
03-mar	51	112
04-mar	52	112
07-mar	74	112
08-mar	100	112

09-mar	56	112
10-mar	76	112
11-mar	164	112
14-mar	43	112
15-mar	55	112
16-mar	74	112
17-mar	62	112
18-mar	61	112
21-mar	92	112
22-mar	74	112
23-mar	88	112
24-mar	85	112
28-mar	65	112
29-mar	89	112
30-mar	82	112
31-mar	98	112
01-abr	96	112
04-abr	68	112
05-abr	107	112
06-abr	175	112
07-abr	92	112
08-abr	92	112
11-abr	125	112
12-abr	101	112
13-abr	96	112
14-abr	91	112
15-abr	113	112
18-abr	76	112
19-abr	99	112
20-abr	68	112
21-abr	132	112
22-abr	126	112
25-abr	136	112
26-abr	79	112
27-abr	124	112
28-abr	137	112
29-abr	130	112
02-may	124	112
03-may	112	112
04-may	108	112
05-may	106	112
06-may	94	112
07-may	95	112
08-may	161	112
09-may	101	112
10-may	112	112
11-may	117	112

16-may	93	112
17-may	82	112
18-may	79	112
19-may	99	112
20-may	119	112
23-may	84	112
24-may	105	112
25-may	96	112
26-may	64	112
27-may	73	112
31-may	115	112
01-jun	93	112
02-jun	80	112
03-jun	78	112
06-jun	69	112
07-jun	78	112
08-jun	60	112
09-jun	91	112
10-jun	46	112
13-jun	89	112
14-jun	76	112
15-jun	96	112
16-jun	87	112
20-jun	81	112
21-jun	59	112
22-jun	59	112
23-jun	71	112
24-jun	67	112
28-jun	90	112
29-jun	66	112

Anexo 3: Eficiencia de remoción SST

Fecha	Eficiencia [%]
04-ene	24,4%
05-ene	23,9%
06-ene	21,7%
07-ene	22,2%
08-ene	24,3%
11-ene	23,4%
12-ene	26,2%
13-ene	26,2%
14-ene	23,3%
15-ene	22,2%
18-ene	23,6%
19-ene	24,5%
20-ene	19,8%
21-ene	23,5%
22-ene	24,0%
25-ene	25,1%
26-ene	23,6%
27-ene	27,5%
28-ene	23,3%
29-ene	23,3%
01-feb	21,0%
02-feb	30,4%
03-feb	22,2%
04-feb	20,2%
05-feb	20,0%
08-feb	19,2%
09-feb	22,0%
10-feb	18,0%
11-feb	21,0%
12-feb	21,6%
15-feb	16,2%
16-feb	20,7%
17-feb	24,9%
18-feb	21,1%
19-feb	21,6%
22-feb	21,8%
23-feb	33,7%
24-feb	31,9%
25-feb	22,0%
26-feb	25,4%
01-mar	28,6%
02-mar	32,7%
03-mar	38,5%
04-mar	37,1%
07-mar	24,8%
08-mar	21,1%

09-mar	32,2%
10-mar	22,2%
11-mar	21,4%
14-mar	18,3%
15-mar	22,1%
16-mar	19,3%
17-mar	17,5%
18-mar	19,5%
21-mar	21,6%
22-mar	17,2%
23-mar	19,8%
24-mar	19,3%
28-mar	28,6%
29-mar	17,7%
30-mar	19,1%
31-mar	19,9%
01-abr	19,2%
04-abr	22,9%
05-abr	21,7%
06-abr	19,5%
07-abr	24,3%
08-abr	20,3%
11-abr	25,8%
12-abr	22,5%
13-abr	25,5%
14-abr	20,9%
15-abr	17,9%
18-abr	19,9%
19-abr	19,7%
20-abr	20,9%
21-abr	19,4%
22-abr	20,2%
25-abr	21,3%
26-abr	23,0%
27-abr	17,6%
28-abr	23,6%
29-abr	30,2%
02-may	26,1%
03-may	21,3%
04-may	23,8%
05-may	22,3%
06-may	26,5%
07-may	29,6%
08-may	25,5%
09-may	22,0%
10-may	27,2%
11-may	22,9%

16-may	28,7%
17-may	28,4%
18-may	26,5%
19-may	27,7%
20-may	25,4%
23-may	24,4%
24-may	20,7%
25-may	23,0%
26-may	22,7%
27-may	24,1%
31-may	23,7%
01-jun	21,1%
02-jun	26,9%
03-jun	23,8%
06-jun	24,0%
07-jun	26,8%
08-jun	26,2%
09-jun	20,3%
10-jun	22,3%
13-jun	21,8%
14-jun	22,5%
15-jun	19,3%
16-jun	18,7%
20-jun	18,0%
21-jun	21,1%
22-jun	15,5%
23-jun	24,5%
24-jun	20,7%
28-jun	21,9%
29-jun	24,4%
30-jun	20,7%
01-jul	20,7%
04-jul	20,2%
05-jul	22,9%
06-jul	20,2%
07-jul	18,4%
08-jul	20,2%
11-jul	21,2%
12-jul	23,5%
13-jul	19,7%
14-jul	19,3%
15-jul	25,0%
25-jul	23,2%
26-jul	21,3%
27-jul	23,5%
28-jul	22,1%
29-jul	23,2%

$$\text{Carga sólidos} = \frac{\text{Sólidos suspendidos} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * \text{Caudal} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{\text{Superficie decantador} [\text{m}^2]}$$

$$\text{Carga superficial} = \frac{\text{Caudal entrada} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{\text{Superficie decantador} [\text{m}^2]}$$

Carga superficial y de sólidos, valores de diseño para un sedimentador secundario (Fuente: Metcalf & Eddy)

Q100: Tiene un factor de recirculación 1

X: Concentración SSV

SEDIMENTADOR INSTALADO ACTUALMENTE EN LA PLANTA

Parámetros	Valores	Unidades
Área	3,8	m ²
X	2,80	g SSV/l
Caudal	29,17	m ³ /h

Parámetros	Solidos [kg/h]	Carga Solidos [kg/m ² *h]	Carga Superficial [m ³ /m ²]
Q100	81,68	21,49	7,68

DISEÑO NUEVO SEDIMENTADOR

Carga superficial	Caudal [m ³ /h]	Área [m ²]
1,7	29,17	17,16
1,8	29,17	16,21
1,9	29,17	15,35
2,0	29,17	14,59

Parámetros	Valores	Unidades
Área	14,6	m ²
X	2,80	g SSV/l
Caudal	29,17	m ³ /h

Parámetros	Solidos [kg/h]	Carga Solidos [kg/m ² *h]	Carga Superficial [m ³ /m ²]
Q100	81,68	5,59	2,00

Anexo 5: Eficiencia de aireación y necesidad de oxígeno

DBO [mg/l]	Caudal [m³/d]	Carga contaminante [kg DBO/d]	Eficiencia [%]	Carga en riego 10 [ha] [kg DBO/ha*d]	Carga en riego 5 [ha] [kg DBO/ha*d]
0	350	0	100,0	0,0	0
100	350	35	98,7	3,5	7
260	350	91	96,5	9,1	18
300	350	105	96,0	10,5	21
400	350	140	94,7	14,0	28
500	350	175	93,3	17,5	35
600	350	210	92,0	21,0	42
770	350	269,5	89,7	27,0	54
800	350	280	89,3	28,0	56
900	350	315	88,0	31,5	63
1000	350	350	86,7	35,0	70
1100	350	385	85,3	38,5	77
1200	350	420	84,0	42,0	84
1300	350	455	82,7	45,5	91
1400	350	490	81,3	49,0	98
1500	350	525	80,0	52,5	105
1600	350	560	78,7	56,0	112
1700	350	595	77,3	59,5	119
1800	350	630	76,0	63,0	126
1900	350	665	74,7	66,5	133
2000	350	700	73,3	70,0	140
2100	350	735	72,0	73,5	147
2200	350	770	70,7	77,0	154
2300	350	805	69,3	80,5	161
2400	350	840	68,0	84,0	168
2500	350	875	66,7	87,5	175
2600	350	910	65,3	91,0	182
2700	350	945	64,0	94,5	189
2800	350	980	62,7	98,0	196
2900	350	1015	61,3	101,5	203
3000	350	1050	60,0	105,0	210
3100	350	1085	58,7	108,5	217
3200	350	1120	57,3	112,0	224
3300	350	1155	56,0	115,5	231
3400	350	1190	54,7	119,0	238
3500	350	1225	53,3	122,5	245
3600	350	1260	52,0	126,0	252
3700	350	1295	50,7	129,5	259
3800	350	1330	49,3	133,0	266
3900	350	1365	48,0	136,5	273

4000	350	1400	46,7	140,0	280
4100	350	1435	45,3	143,5	287
4200	350	1470	44,0	147,0	294
4300	350	1505	42,7	150,5	301
4400	350	1540	41,3	154,0	308
4500	350	1575	40,0	157,5	315
4600	350	1610	38,7	161,0	322
4700	350	1645	37,3	164,5	329
4800	350	1680	36,0	168,0	336
4900	350	1715	34,7	171,5	343
5000	350	1750	33,3	175,0	350
5100	350	1785	32,0	178,5	357
5200	350	1820	30,7	182,0	364
5300	350	1855	29,3	185,5	371
5400	350	1890	28,0	189,0	378
5500	350	1925	26,7	192,5	385
5600	350	1960	25,3	196,0	392
5700	350	1995	24,0	199,5	399
5800	350	2030	22,7	203,0	406
5900	350	2065	21,3	206,5	413
6000	350	2100	20,0	210,0	420
6100	350	2135	18,7	213,5	427
6200	350	2170	17,3	217,0	434
6300	350	2205	16,0	220,5	441
6400	350	2240	14,7	224,0	448
6500	350	2275	13,3	227,5	455
6600	350	2310	12,0	231,0	462
6700	350	2345	10,7	234,5	469
6800	350	2380	9,3	238,0	476
6900	350	2415	8,0	241,5	483
7000	350	2450	6,7	245,0	490
7100	350	2485	5,3	248,5	497
7200	350	2520	4,0	252,0	504
7300	350	2555	2,7	255,5	511
7400	350	2590	1,3	259,0	518
7500	350	2625	0,0	262,5	525

$$\text{Relación } \frac{DQO}{DBO} = 2,1 \pm 0,2$$

Ecuaciones

$$\theta_c = \frac{1}{\mu - K_d}$$

$$\mu = \mu_{max} * \frac{S}{K_s + S}$$

$$\alpha = \frac{X * (1 - \frac{\theta}{\theta_c})}{X_r - X}$$

$$Q * (S_0 - S) = \frac{\mu * X * V}{Y}$$

DBO [mg/l]	DQO [mg/l]	Eficiencia [%]
7500	15750	-
3200	6720	57%
1500	3150	80%
1100	2310	85%
770	1617	90%
400	840	95%

Datos	Valor	Unidades
μ max	0,28 $\pm$ 0,01	d ⁻¹
Y	0,26 $\pm$ 0,02	g SSV/g DQO
Ks	175 $\pm$ 9	mg DQO/l
Kd	0,12 $\pm$ 0,01	d ⁻¹
θ	4	D
V	1400	m ³
α	1	-

So [mg DQO/l]	S [mg DQO/l]	μ [d ⁻¹]	θ_c [d]	X [g SSV/l]	Xr [g SSV/l]	Eficiencia [%]
15750	6720	0,273	6,541	2,2	3,0	57%

So [mg DQO/l]	S [mg DQO/l]	θ_c [d]	Purga [kg/l]	Necesidad O ₂ [Kg O ₂ /h]	O ₂ Instalado [Kg O ₂ /h]	O ₂ Faltante [Kg O ₂ /h]
15750	6720	5	347,28	17,2	8,8	8,4
15750	6720	6	323,05	17,4	8,8	8,6
15750	6720	7	301,98	17,6	8,8	8,8
15750	6720	8	283,49	17,7	8,8	8,9
15750	6720	9	267,14	17,9	8,8	9,1
15750	6720	10	252,57	18,0	8,8	9,2
15750	6720	11	239,50	18,1	8,8	9,3
15750	6720	12	227,72	18,3	8,8	9,5
15750	6720	13	217,05	18,3	8,8	9,5
15750	6720	14	207,33	18,4	8,8	9,6
15750	6720	15	198,45	18,5	8,8	9,7

So [mg DQO/l]	S [mg DQO/l]	μ [d ⁻¹]	θ_c [d]	X [g SSV/l]	Xr [g SSV/l]	Eficiencia	
15750	4250	0,269	6,715	2,8	3,9	70%	
Y [g SSV/g DQO]	So [mg DQO/l]	S [mg DQO/l]	Purga [kg/d]	Necesidad O ₂ [Kg O ₂ /h]	O ₂ Instalado [Kg O ₂ /h]	O ₂ Faltante [Kg O ₂ /h]	
0,26	15750	4250	442,27	21,8	8,8	13,0	

