

**MEMORIA TÉCNICA
DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO**



ECOKIT
tecnología en ozono

**Sistema de Tratamiento de Efluentes
Planta de Proceso de Pescados
Piedra del Águila
Neuquén**

JULIO 2016

Índice de contenidos

1.	Descripción del proyecto	3
1.1.	Objetivo y Alcance	3
1.2.	Ubicación del proyecto.....	3
1.3.	Estudios Preliminares	4
2.	Descripción del Sistema de tratamiento	7
2.1.	Rejas gruesas y finas	7
2.2.	Interceptor de grasas y aceites.....	8
2.3.	Cámara anaeróbica - Tanque séptico cilíndrico	9
2.4.	Cámara aeróbica;	10
2.5.	Cámara de Sedimentación:.....	10
2.6.	Desinfección final:.....	11
3.	Línea de barros:.....	11
3.1.	Digestión de barros:	11
3.2.	Playas de secado de barros:.....	11
4.	Dimensionado del Sistema de tratamiento	11
4.1.	Rejas	12
4.2.	Interceptor de Grasas y Aceites	14
4.3.	Cámara Anaeróbica-Tanque séptico cilíndrico.....	16
4.4.	Cámara Aeróbica	18
4.5.	Sedimentador Secundario	26
4.6.	Sistema de Desinfección	28
4.7.	Digestor de Lodos.....	29
4.8.	Playas de Secado de Lodos.....	31
5.	Monitoreo y Control de proceso.....	32
6.	Anexos	33

Proyecto: Sistema de Tratamiento de Efluentes líquidos - Planta de Procesos de Pescado

Localidad: **Piedra del Aguila - Neuquén**

Departamento: **Collón Curá**

Proyecto Sistema de Tratamiento: **Ecokit SRL**

Representante técnico: **Ing. Mendez Claudio**

1. Descripción del proyecto

1.1. Objetivo y Alcance

El presente proyecto tiene como objetivo brindar una solución integral a los efluentes líquidos generados en las operaciones de la Planta de Procesos de Pescado a construir en la localidad de Piedra del Águila.

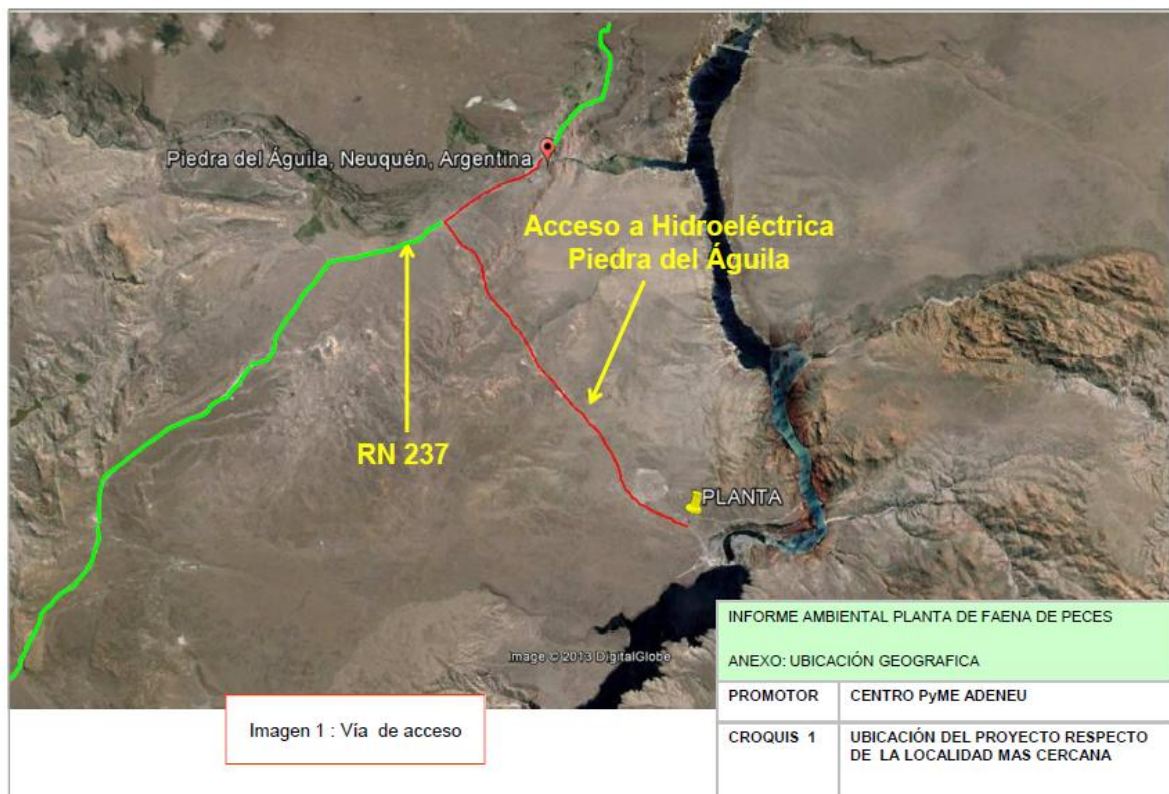
Para esto se tuvieron en cuenta los lineamientos generales planteados por el Centro Pyme Neuquén- ADENEU, aplicable a todas las áreas productivas relacionadas con la elaboración de los distintos productos.

Todo lo expuesto aquí deberá ser condición “sine qua non” para la operación de la Planta y quedará a cargo del o los concesionarios de la Planta de Proceso de pescados la total responsabilidad de la correcta operación para asegurar el funcionamiento del tratamiento de los efluentes y lograr que los mismos cumplan con los límites de calidad de efluentes vertidos a red cloacal establecidos por las normativas vigentes.

1.2. Ubicación del proyecto

La localidad de Piedra del Águila está ubicada en el Departamento Collón Curá de la Provincia del Neuquén, a 226 kilómetros de la Capital de la Provincia del mismo nombre. Se encuentra comunicado por vía terrestre con todo el país a través de la Ruta Nacional N° 237. Delimitada al Norte con el Paraje Santo Tomás, al Noreste con la localidad de Picún Leufú, al Oeste con la localidad de Junín de los Andes y al Sur con la Ruta Nacional n° 237.

La construcción del Establecimiento Planta de Proceso de pescados actualmente se está ejecutando sobre la ruta de acceso a la central hidroeléctrica piedra del Águila(ver Imagen). Uno de los requerimientos constructivos del establecimiento es la construcción de la Planta de tratamiento de los efluentes líquidos generados en la actividades, por lo que ubicación de la misma fue establecida previamente, teniendo como premisas la minimización de movimientos de suelo y uso de estructuras de hormigón.



1.3. Estudios Preliminares

La recopilación de información y antecedentes para el desarrollo del proyecto fue realizada tomando como base los extraídos de los siguientes organismos y entidades:

- Informe Ambiental Planta de Procesos de pescados – Piedra del Águila

- Subsecretaría de Estado, Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Neuquén.
- Municipalidad de Piedra del Águila
- Recomendaciones de la Organización F.A.O para estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países de desarrollo.

- Normas de Estudio, Criterios de Diseño y Presentación de Proyectos de Desagües Cloacales del Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA).
- Ingeniería de Aguas Residuales Metcalf&Eddy.
- Normas y gráfico de Instalaciones sanitarias domiciliarias e industriales. Arq Serrano Jorge.
- Normas ENOHSA. Vol.II y VII. Sistemas de disposición de excretas.
- Consideraciones sobre el diseño de tanques sépticos y Filtros anaeróbicos. Pimentel, Alberto Macedo – Universidad de Estado de Río de Janeiro.
- Guías para el diseño de tanques sépticos, Tanques Imhoff t Lagunas de estabilización. Organización Panamericana de las Salud.

Introducción

Considerando que las actividades propias del establecimiento generarán efluentes líquidos que deben ser tratados adecuadamente a fin de minimizar el potencial impacto al medio ambiente independientemente de que debe cumplir con las exigencias legales vigentes. Las principales fuentes generadoras de residuos líquidos son las aguas de lavado y los efluentes provenientes del proceso de evisceración, que aportan gran cantidad de la carga orgánica, destacando que contienen sangre, grasas y aceites, proteínas y otros contaminantes solubles.

Proteínas y grasas son el principal componente de la carga orgánica presente en las aguas de lavado, y además detergentes y desinfectantes. Los efluentes pueden presentar una alta concentración de microorganismos patógenos.

En el proceso de evisceración es donde se genera la mayor cantidad de residuos sólidos, y la mayor parte de los desechos son putrefactibles por lo que deben manejarse cuidadosamente para prevenir los malos olores y la transmisión de enfermedades.

A efectos del cálculo, se considera para ingresar al tomando como dato de carga de ingreso al sistema de tratamiento, un valor de DQO promedio de 3.000 mg/Lt, y un valor de DBO₅ promedio de 2.000 mg/Lt.

Debido a que no se realizó una caracterización previa, se tomó como referencia bibliográfica *Recomendaciones técnicas para el mejoramiento de la gestión de Residuos industriales líquidos en las de la Industria procesadora de productos marinos*. Correa, Carlos – Zapata, Carla- Departamento de Ingeniería química, universidad de La Frontera, Chile.

En la siguiente tabla se destacan los valores de Planta A₁ tomada como referencia.

Tabla 3: Caracterización de los RILes de las plantas que componen la industria pesquera

Planta	pH	T (°C)	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	A y G (mg/L)	SST (mg/L)	S. Sed. (mL/L)	N-NH ₄ (mg/L)	P total (mg/L)	P. E. (mm)
Salmón fresco y congelado										
Planta B:	6,7	7,4	3970	1760	3100	630	-	-	23	7
Planta A1:	6,7	13	2740	1860	692	421	25	11,9	3,9	4
Conservas de jurel (Planta A2)	6,6	16	9100	3860	1984	1843	42	71,1	33,4	6
Harina (Planta A3)	7,9	22	69700	49780	6970	2458	-	53,4	0,8	1

Cuantificación de los residuos líquidos a tratar: a continuación se muestra el crecimiento estimado de la producción de la Planta procesadora y los efluentes generados encada caso.(Informe Ambiental Planta de Procesos de pescados – Piedra del Águila)

	Pan Size	Trucha Grande	Total	Total	Consumo Agua diario: Faena	Personal	Efluentes totales estimados diarios
Año	Neto (Ton)	Neto (Ton)	Neto (Ton)	Bruto (Ton)	en metros cúbicos	total	en metros cúbicos
0	835	144	979	1.380,00	38,57	39	42
1	960,25	165,6	1125,85	1.587,00	44,35	44	49
2	1.104,29	190,44	1294,73	1.825,05	51,00	51	56
3	1.269,93	219,01	1488,94	2.098,81	58,66	59	65
4	1.460,42	251,86	1712,28	2.413,63	67,45	68	74
5	1.679,48	289,64	1969,12	2.775,67	77,57	78	85
6	1.931,41	333,08	2264,49	3.192,02	89,21	89	98
7	2.221,12	383,04	2604,16	3.670,83	102,59	103	113
8	2.554,28	440,5	2994,78	4.221,45	117,98	118	130
9	2.937,43	506,57	3444	4.854,67	135,67	120	148
10	3.378,04	582,56	3960,6	5.582,87	156,02	120	168
11	3.884,75	669,94	4554,69	6.420,30	179,43	120	191

Se toma como dato de diseño el efluente estimado en m³/día, para la producción del 3º año de operación, de esta manera, se permite un crecimiento modular del sistema de tratamiento de efluentes a requerimiento del crecimiento real, y basado en el estimado, ese tiempo es cada tres años.

2. Descripción del Sistema de tratamiento

A fin de cumplir con el objetivo del tratamiento, es decir la estabilización de la materia orgánica para su posterior reuso en riego, se propone la siguiente disposición del sistema:

Tratamiento primario

2.1. Rejas gruesas y finas

Dispositivo con aberturas de tamaño uniforme, donde quedan retenidas las partículas gruesas del efluente. Se instalarán dos rejas de diferente apertura entre barras y deben ser diseñadas con un sistema de limpieza, para la evacuación diaria de sólidos.

Eliminación de sólidos (vísceras, cabezas, etc) suspendidos y sedimentables de mediano y pequeño tamaño producto del proceso de matanza y evisceración.

Canal de rejas.

La planta de tratamiento contará con un sistema de rejas metálica, intercaladas con el flujo del afluente, destinadas a interceptar los sólidos gruesos arrastrados por el sistema colector, para evitar que dañen bombas u otros equipos mecánicos o que interfieran con el funcionamiento de las unidades de tratamiento.

Las paredes del canal de rejas podrán construirse de ladrillo/ón con revoque grueso y fino o de H⁰A⁰ en cuyo caso se podrá obviar el revoque. En ambos casos las paredes se impermeabilizarán con pintura Epoxi bituminosa poliamida de alto espesor, producto de excelentes características de impermeabilidad.

La cañería de ingreso al canal de rejas será de diámetro 160 mm y el tramo de ingreso y pasaje por las rejas deberá construirse con un tramo recto de longitud suficiente para asegurar una distribución uniforme del flujo en todo el ancho de las

rejas. El diseño cuidará que se realice una variación gradual del ancho del canal desde la conducción de llegada hasta el ancho asignado a la sección de rejas.

Rejas.

Se dimensionará un sistema de rejas de limpieza manual constituida por una reja mediana y a continuación una reja fina dispuestas en serie, con una distancia entre las mismas de por lo menos dos metros (2 metros). Las rejas serán metálicas de sección rectangular con barrotes preferentemente rectangulares, con el lado mayor paralelo al sentido de la corriente, con una separación entre barras uniforme. Serán colocadas con una pendiente de entre 30° y 60° respecto al plano horizontal.

En el extremo superior de las barras se instalará una bandeja perforada en la base que permita el escurrimiento del material extraído durante la limpieza.

Además se prevé la construcción de un rastrillo dentado acorde a las medidas de las rejas para realizar la limpieza de las mismas.

El proyecto debe contemplar que el acceso a las rejas para su inspección y limpieza sea operativamente seguro y fácil para el operador.

También se debe prever la instalación de una canilla de agua para tareas de limpieza del sector y sus componentes. El sistema se construirá al aire libre.

() Tamiz: si bien no se contempla en esta etapa, se planteará para una futura expansión y/o readecuación,*

2.2. Interceptor de grasas y aceites.

Consiste en un estanque de un volumen suficiente que garantice un tiempo de permanencia adecuado para garantizar un descenso de la temperatura y así promover la separación de las grasas por flotación. En superficie se instalará un sistema de recolección de las mismas.

Luego del pasaje por el canal de rejas, en el final del canal se ubicará un interceptor de grasas. Este sistema cumple con el objetivo de separar físicamente las grasas y los sólidos de las aguas residuales generadas en el proceso. Dicha separación se produce debido a que las partículas de grasa y aceites, las cuales poseen una

densidad menor que la del agua, se unen entre si y flotan en la superficie del líquido, mientras que las partículas sólidas más pesadas precipitan en el fondo y el resto del líquido continúa hacia la siguiente etapa.

Estos residuos deberán ser extraídos periódicamente, dispuestos y tratados según el Plan de gestión establecido.

El dimensionamiento de la cámara debe garantizar el tiempo de retención del líquido que permita una disminución de la temperatura que promueva la flotación del material.

2.3. Cámara anaeróbica - Tanque séptico cilíndrico

En esta etapa del proceso se produce la degradación de la materia orgánica sedimentable por medio de microorganismos generados en un medio anaeróbico en la zona inferior de la cámara. Asimismo en la zona de mediana altura se produce la oxidación parcial de la materia soluble que posteriormente ingresará a la siguiente etapa.

En esta cámara se realizarán simultáneamente la sedimentación de los sólidos decantables y la digestión anaeróbica en los lodos separados en esta operación.

El afluente ingresa en la Cámara y queda retenido durante un tiempo de residencia hidráulico determinado (THR), que se reduce a medida que aumenta el caudal.

Aquí se produce la separación de las fases líquida y sólida del afluente, la primera se deriva hacia la siguiente etapa (aeróbica) y la segunda sedimenta formando depósitos, transformándose en espuma y costra superficial, que mantiene las condiciones óptimas para la digestión anaeróbica de los lodos.

La degradación de la materia orgánica se lleva a cabo principalmente por acción de bacterias facultativas y anaeróbicas, que actúan en ausencia de oxígeno transformando sustancias poco oxidadas, disolviendo algunos sólidos o pasándolos a estado líquido o gaseosa, obteniendo un subproducto semisólido denominado lodo.

Durante la digestión, se producen gases como Metano, Dióxido de Carbono y Sulfuro de Hidrógeno en menor proporción que son retenidos en una zona entre el techo y costra superficial y deberán ser liberados por medio de una cañería superior.

En este primer componente se espera que se logren eficiencias de remoción de carga orgánica del orden del 25 - 40 %, disminución de sólidos suspendidos de un 20 a 60 % y remoción de nutrientes en un 10 – 20 %.

El diseño del tanque debe asegurar la efectiva separación de las etapas de sedimentación y digestión, evitar la resuspensión de los sedimentos por arrastre horizontal y por burbujas de gas y así favorecer también la retención de elementos flotantes.

Los lodos sedimentados deberán ser extraídos con una frecuencia mínima de un año, de acuerdo al régimen de tratamiento. Debe preverse dejar instalada una cañería conectada en el fondo (del sector del ingreso del líquido) con acople para la instalación de una bomba la cual se utilizará para la extracción de barro o un acople a un manguerote del camión atmosférico. El barro será trasladado a las playas de secado y luego gestionados de acuerdo a lo que determine la autoridad ambiental competente

La cañería de interconexión entre las cámaras y la de pasaje hacia la cámara aeróbica será de caño PVC de Ø160 mm.

Tratamiento secundario

2.4. Cámara aeróbica:

El propósito de este tratamiento biológico, es la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en los residuos líquidos. Consiste en la oxidación biológica de los sólidos suspendidos remanentes y de los sólidos orgánicos disueltos, medida como una reducción en la DQO y DBO5 del efluente.

La inyección de oxígeno será desde el exterior a través de aire enriquecido con ozono generado con aireadores sumergibles con venturi y difusor incorporado.

2.5. Cámara de Sedimentación:

En esta cámara se produce la separación física de los lodos biológicos generados en la cámara aeróbica obteniendo en superficie la descarga de un líquido clarificado de baja concentración de sólidos suspendidos.

El barro activo sedimentado será recirculado hacia la cámara anaeróbica para promover la eliminación de un porcentaje de nutrientes y hacia la cámara aeróbica a fin de mantener la concentración de biomasa en el sistema.

2.6. Desinfección final:

La desinfección podrá materializar mediante la aplicación de cloro y ozono. Esta combinación permite no solo un efluente con alta oxigenación, sino también minimizar los riesgos de la formación de cloraminas y trihalometanos producido por el uso excesivo de cloro.

3. Línea de barros:

3.1. Digestión de barros:

Como todo sistema de tratamiento, los barros que se generan son periódicamente purgados hacia un digestor aeróbico en el cual se completará la etapa de oxidación biológica para su completa mineralización.

3.2. Playas de secado de barros:

Una vez culminada la digestión, se deberá lograr la deshidratación de barro por lo que será derivado a un conjunto de playas de secado constituido por un grupo de camas de arena con soporte de ladrillos y cañerías colectoras para el drenaje inferior del líquido escurrido. Posteriormente será gestionado como subproducto de acuerdo a las normativas existentes.

4. Dimensionado del Sistema de tratamiento

Condiciones de diseño

Caudales de diseño

Caudales	Litros/seg	M3/d
Caudal Medio	0,75	65
Caudal Medio (8hs)		21,6
Caudal Punta Diario	0,90	78
Caudal Punta (8hs)		26

Carga Orgánica Ingresante

Parámetros	Afluente
DBO (mg/l)	2000
DQO (mg/l)	3000

- Sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla del reactor = **3000 MG/l**.
- Sólidos suspendidos totales en el líquido mezcla = **3.000 / 0.75 = 4000 MG/l**

Componentes del Sistema

4.1. Rejas

Dimensiones adoptadas

Q_a : 0,00076 m³/s Caudal de ingreso al canal de rejas

- Área del canal de Aproximación

$h_{reja} = 0,60$ m **Altura de la reja**

$b = 0,35$ m **Ancho canal de rejas**

$A_a = h_a \cdot b_a$ Sección del canal de aproximación

$A_a = 0,21$ m²

h_a = altura del tirante aguas arriba de la reja mediana

Adopto $h_a = 0,060$ m

$$A_p = A_a * E \quad \text{Sección de pasaje}$$

- **Reja Mediana**

s = 20 mm Espacio libre entre barras

e = 12 mm Espesor de cada barra

$\theta = 45^\circ$ Angulo de inclinación de la reja con respecto a la solera

Relación de espacios vacíos de la reja

$$E = s / (s+e) = 0,625$$

$$A_p = A_a * E = 0,21 * 0,625 = 0,132 \text{ m}^2$$

Valores Adoptados:

$U_a = 0,5 \text{ m/s}$ Velocidad de aproximación a la reja

$U_p = 0,6 \text{ m/s}$ Velocidad de pasaje por la reja

Calculamos:

$$J = 1,43 * (U_p^2 - U_a^2) / 2g \quad \text{Pérdida de carga de la reja}$$

$$J = 0,0081 \text{ m}$$

- **Reja Fina**

s = 10 mm Espacio libre entre barras

e = 7,5 mm Espesor de cada barra

$\theta = 45^\circ$ Angulo de inclinación de la reja con respecto a la solera

Relación de espacios vacíos de la reja

$$E = s / (s+e) = 0,571$$

$$A_p = A_a * E = 0,21 * 0,571 = 0,12 \text{ m}^2$$

Valores Adoptados:

$U_a = 0,6 \text{ m/s}$ Velocidad de aproximación a la reja

$U_p = 0,65 \text{ m/s}$ Velocidad de pasaje por la reja

Calculamos:

$J' = 1,43 * (U_p^2 - U_a^2) / 2g$ Pérdida de carga de la reja

$J' = 0,0045 \text{ m}$

Entonces

$H_s' =$ altura del tirante aguas abajo de la reja gruesa

$h_a' =$ altura del tirante aguas arriba de la reja fina

$h_s =$ altura del tirante agua a la salida de las rejillas

$h_s' \approx h_a' = h_a - J$

$h_s' = 0,0519 \text{ m}$

$h_s = h_a - (J + J')$

$h_s = 0,0474 \text{ m}$ altura del tirante agua a la salida de las rejillas finas.

Para el control del nivel del pelo del líquido a la salida de la reja y para mantener constante la velocidad en la reja se prevé la construcción de un vertedero rectangular de pared fina.

4.2. Interceptor de Grasas y Aceites

Cálculos de diseño: Interceptor de Grasas y Aceites

Para el diseño consideramos algunas recomendaciones Especificaciones técnicas para el diseño de Trampas de grasa (OPS/CEPIS) y Compilado de Normas y gráficos de Instalaciones sanitarias domiciliarias e industriales, Arq Serrano Jorge.

El volumen del Interceptor de de grasa se calculará para un período de retención de 15 minutos.

Caudal de ingreso: $65 \text{ m}^3/\text{día}$. Si consideramos 8 hs diarias de trabajo

Entonces en 15 minutos = $2,1 \text{ m}^3 \approx$ adoptamos $2 \text{ m}^3 = 2000 \text{ lts}$

Condiciones a cumplir por el diseño:

- La relación largo: ancho del área superficial de la cámara deberá estar comprendido entre 2:1 a 3:2.
- La profundidad no deberá ser menor a 0,80 m.
- El ingreso a la cámara se hará por medio de codo de 90° y un diámetro mínimo de 75 mm. La salida será por medio de una tee con un diámetro mínimo de 75 mm.
- La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel de líquido.
- La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0,05 m.
- La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0,075 m ni más de 0,15 m del fondo.
- El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0,30 m.

Depósito para acumulación de grasas: en uno de los laterales, a continuación de la cámara interceptora, se construirá una pequeña cámara para el almacenamiento de las grasas retenidas, las cuales se encontrarán en flotación. Este compartimento estará conectado a través de un vertedor de rebalse, el cual deberá estar a 0,05 m por encima del nivel del líquido, sobre la cual se colocará una placa de acero

inoxidable o similar con guía (tipo compuerta) que al levantarla permitirá el pasaje de la grasa en flotación hacia esta cámara. Estas grasas retenidas deberán ser extraídas periódicamente y gestionadas de acuerdo al plan de gestión ambiental propuesto.

El volumen máximo de acumulación de grasa será de por lo menos 1/3 del volumen total de la trampa de grasa, por lo cual se diseñó con un volumen superior a éste.

Para los cálculos consideramos:

B = Ancho de la cámara

L = Largo de la cámara

h = Altura de la cámara

- **Dimensiones adoptadas para la cámara**

Largo L = 2,0 m

Ancho B = 1,00 m

Profundidad h = 1,00 m

- **Dimensiones del depósito de grasas:**

Largo L = 2,0 m

Ancho B = 0,60 m

Profundidad h = 0,60 m

Ver plano de de cortes y detalle de cámaras

4.3. Cámara Anaeróbica-Tanque séptico cilíndrico

Dimensionamiento:

Para el dimensionado de la cámara anaeróbica se contemplan los siguientes datos para el cálculo, asimilables:

- Q (Caudal de ingreso) = $65 \text{ m}^3/\text{día}$ por 8 hs de laboral
- N: (Cantidad de pescado diarios) = 10.000 pescados.
- C: (Dotación) = 6,5 lt/pescado. día
- T: (Período de permanencia hidráulica) = 0,2 días
- K: (Tiempo de retención o permanencia del lodo) = 105 días
- L_f : (tasa de aportes de lodos frescos) = $0,025/\text{pescado} \cdot \text{día}$ (*)
- t_a : (Tiempo de almacenamiento del lodo digerido) = 365 días
- R_1 : (Coeficiente de reducción del lodo digerido) = 0,50
- R_2 : (Coeficiente de reducción del lodo en digestión) = 0,75

(*) Debido a la inexistencia de datos fidedignos específicos de aporte de lodos frescos en pescado, se tomó el valor correspondiente a Sólidos Sedimentables (25 mL/L) de tabla 3 “Caracterización de Riles de industria pesquera, extraído de “Recomendaciones técnicas para el mejoramiento de la gestión de Residuos industriales líquidos de la Industria procesadora de productos marinos. Correa, Carlos – Zapata, Carla- Departamento de Ingeniería química, universidad de La Frontera, Chile”:

Aplicando la siguiente fórmula:

$$V = \text{Volumen Tanque séptico} = 1000 + N(C_x T + K_x L_f)$$

$$V = 1.000 + 10.000 \text{ pesc/día} (6 \text{ Lts/pesc.día} \times 0,2 \text{ días} + 105 \text{ días} \times 0,025 \text{ Lts/pesc.día})$$

$$\text{Volumen tanque: } 39.250 \text{ lts} = 39,25 \text{ m}^3 \text{ (al 3º año de funcionamiento)}$$

Sin embargo considerando que en el primer año se estima una producción de 6575 pescados (tomando un promedio de 0,575 kg por pez), resultaría un volumen de 26 m^3 aprox.). En virtud de esta última consideración, en esta etapa se instalara una única cisterna de 26 m^3 , quedando la instalación de la cisterna restante, supeditada a la evaluación del aporte de barro durante los primeros 6 (seis) meses funcionamiento.

Por lo tanto, para el lapso del tercer año en caso de resultar necesaria la instalación de la 2º cisterna de 26 m^3 , ésta cubriría la demanda a mayor cantidad de años (4 o 5).

Por otro lado, teniendo en cuenta las recomendaciones de Fair y Geyer (WaterSupply and WasteEngineering), el tiempo de retención hidráulico está relacionado con el caudal (población y aporte per cápita), siendo este decreciente a medida que se incrementan estas variables.

En este caso en particular,

$$t_{hd} = 1,5 - 0,3 \cdot \log(Q)$$

tomando $Q = 65000$ l/d, tenemos

$$t_{hd} = 1.34 \text{ horas} \quad (\text{tiempo de retención hidráulica según Fair y Geyer})$$

Asimismo, el tiempo de permanencia hidráulica recomendado, es de 6 (seis) horas.

Por último, considerando el primer año de funcionamiento, con una cisterna de 26 m^3 , obtendríamos un tiempo de retención de 15.8 horas, lo que satisface el requerimiento mencionado ut supra.

4.4. Cámara Aeróbica

Cálculo de la geometría del reactor, siguiendo el criterio de diseño de Metcalf & Eddy.

El reactor se calcula como de mezcla completa.

- **Cálculo de la eficiencia global:**

DBO_5 Afluente = 1200 MG/l

DBO_5 Efluente = 30 MG/l

$$E_{\text{global}} = (1200 - 30) / 1200 = 0.97 = 97 \%$$

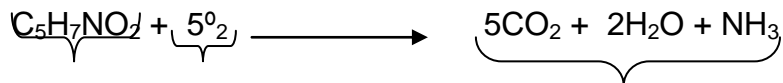
- **Cálculo de la eficiencia basada en la DBO soluble del sistema.**

La DBO_5 del efluente = DBO_5 soluble + la DBO_5 de los sólidos suspendidos que escapan del tratamiento.

El 65 % de la DBO_5 que sale en el efluente es biodegradable, por lo tanto:

$$0.65 \cdot 30 = 19.5 \text{ MG/l de } DBO_5$$

La reacción de oxidación de los materiales orgánicos presentes puede evaluarse como sigue:



113 gr.

5*32=160 gr.

Células + oxígeno aportado \longrightarrow

productos de reacción

$$\frac{Kg de O_2}{Kg de células} \cong \frac{160}{113} \cong 1,42$$

La DBO_L de las células = $1.42 \cdot \text{masa de células (en gr./ m}^3\text{)}$

Se considera que el 65% de la DBO del efluente son células vivas, por lo tanto,

$$DBO_L = 0.65 \cdot 30 \cdot 1.42 = 27.69 \text{ gr./m}^3.$$

La DBO_5 de los sólidos en suspensión del efluente es: $0.68 \cdot 27.69 = 18.83$

La DBO_5 soluble del agua a tratar que escape por el vertedero de salida del sedimentador es:

$$30 = S + 18.83 \rightarrow S = 11.17 \text{ gr. /m}^3$$

La eficiencia en base a la DBO_5 soluble es: $\frac{1200 - 11.17}{1200} = 0.99 = 99\%$

- **Cálculo del volumen del reactor**

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

$$\theta_c^d = 8 \text{ días}$$

$$Q = 65 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Y = 0.55$$

$$S_0 = 1200 \text{ gr./m}^3$$

$$S = 11.17 \text{ gr./m}^3$$

$$X = 3000 \text{ MG/l}$$

$$K_d = 0.065 \text{ días}^{-1}$$

$$V_R = \frac{8 * 65 * 0.55 * (1200 - 11.17)}{3000 * (1 + 0.065 * 8)} = 74.56 \text{ m}^3$$

Volumen adoptado: 78m3 \approx

Equivalente a 3 cisternas de un volumen de 26 m³c/u

- **Tiempo de retención hidráulico**

Este parámetro no se utiliza como elemento de control ni de diseño, en este caso particular es

$$\Theta_h = \frac{m^3_{\text{reactor}}}{Q \frac{m^3}{\text{día}}} = \frac{78 m^3}{65 \frac{m^3}{\text{día}}} = 1.2 \text{ días} \sim \mathbf{28.8 \text{ horas.}}$$

- **Relación alimentos microorganismos F/M:**

$$F/M = \frac{Kg \frac{DBO_5}{\text{día}}}{KgSSVLM \frac{\text{día}}{\text{día}}} \quad \text{debe estar comprendido ente: } 0.2 < F/M < 0.6$$

$F/M = 0.28$, $0.2 < 0.33 < 0.6$, se verifica este parámetro.

- **Cálculo del caudal de recirculación de barros.**

La relación entre los sólidos suspendidos volátiles y los sólidos suspendidos totales en el reactor es:

$$\frac{SSVLM}{SSTLM} = \frac{3}{4}$$

Como la concentración en el reactor de SSVLM de diseño es de 3000 MG/l, los SSTLM son: $\frac{4}{3} * 3000 = 4000$ MG/l

El balance de masa, para mantener 4000 MG/l de SST en el reactor es:

$$4000 * (Q + Q_R) = 9.000 Q_R$$

$$\frac{Q + Q_r}{Q_r} = \frac{9}{4.0}$$

Q = caudal afluente

Q_R = Caudal de recirculación desde el fondo del sedimentador.

$$\frac{Q}{Q_r} + 1 = \frac{9}{4.0}$$

$$\frac{Q}{Q_r} = \frac{9}{4.0} - 1 = 1.25$$

$$Q_r = 0.8 Q = 0.8 * 65 = 52 \text{ m}^3/\text{día} = \mathbf{2.17 \text{ m}^3/\text{h}}$$

La concentración de sólidos totales en la corriente de retorno de barros, así como el caudal de recirculación, y la cantidad de barros purgados, son las variables de control del proceso biológico.

- **Masa de O₂ teórica requerida para la oxidación (S/Metcalf&Eddy)**

Cantidad de barro a purgar

Coeficiente real de crecimiento de biomasa

$$Y_{obs} = \frac{Y}{(1 + K_d * T_{rc})}$$

$$Y_{obs} = 0.36$$

- Producción de barro (masa de barro a purgar para mantener los SSV fijos)

$$P_x = Y_{obs} * Q * (S_0 - S_e) * 0.001 \text{ kg/g}$$

$$P_x = 27.96 \text{ KgSSV/d}$$

Es decir, 37.28 KgSST/d o

Barro a Purgar 4.14 m³ por día

- Oxígeno requerido

$$K_d O_2 / d = \frac{Q * (S_0 - S_e)}{f} - 1.42 * P_x$$

$$f = \text{DBO}_5 / \text{DBO}_{\text{total}} = 0.5$$

$$\text{Kg O}_2 / d = 114.84 \quad \text{Es decir:} \quad \mathbf{4,78 \text{ Kg O}_2 / \text{hora}}$$

Volumen de aire a inyectar: 17.19 m³/hora

Generación de aire

El sistema propuesto es totalmente aeróbico, evitando la generación de olores, y la emanación de sulfuros y metano al medioambiente, haciéndolo totalmente ecológico.

En la primera pileta donde se reciben los efluentes, es un tratamiento aeróbico en profundidad de pileta, con aireadores sumergibles con venturi y difusor incorporado.

Siendo, un sistema de tratamiento en profundidad, mitiga los ruidos producidos por el equipamiento. Además el aireador sumergible con venturi, incorpora el aire al agua mediante succión, en relación 1/1 con respecto al caudal.

El aire es succionado por el venturi desde un gabinete con generador de ozono. Este aire contiene básicamente cuatro elementos, ozono, oxígeno molecular, oxígeno atómico e iones oxidrilo.

Se instalarán 3 (tres) bombas sumergibles de 1.5 Kw (2.0HP) con venturi y difusor, con una capacidad de inyección de aire en profundidad de 23 m³/h cada una, conectadas individualmente a un equipo generador de ozono marca OZHIS de 48 UTS (unidades de tratamiento de generadores sólidos). (Según gráfico adjunto). Vale destacar que los datos obtenidos para la transferencia de oxígeno fueron determinados siguiendo los lineamientos básicos de la Norma ASCE 2-06, siempre incorporando aire-ozono para la reaeración.

Asimismo, en el caso sistemas tipo eyector con incorporación de aire-ozono, utilizado por la firma Ecokit, se han obtenido rendimientos que oscilan los 2.5-1.5 kg O₂/kw-h para condiciones de funcionamiento reales. Por esto último, nuestra firma garantiza que el sistema propuesto, aporta los requerimientos de oxígeno citados.

Tal como se observa, se prevé que el funcionamiento de la planta procesadora será de 8 horas diarias, esto indica que el líquido ingresante permanecerá aproximadamente 28 horas con aireación dentro de las respectivas cámaras aireadas, antes de pasar a la etapa.

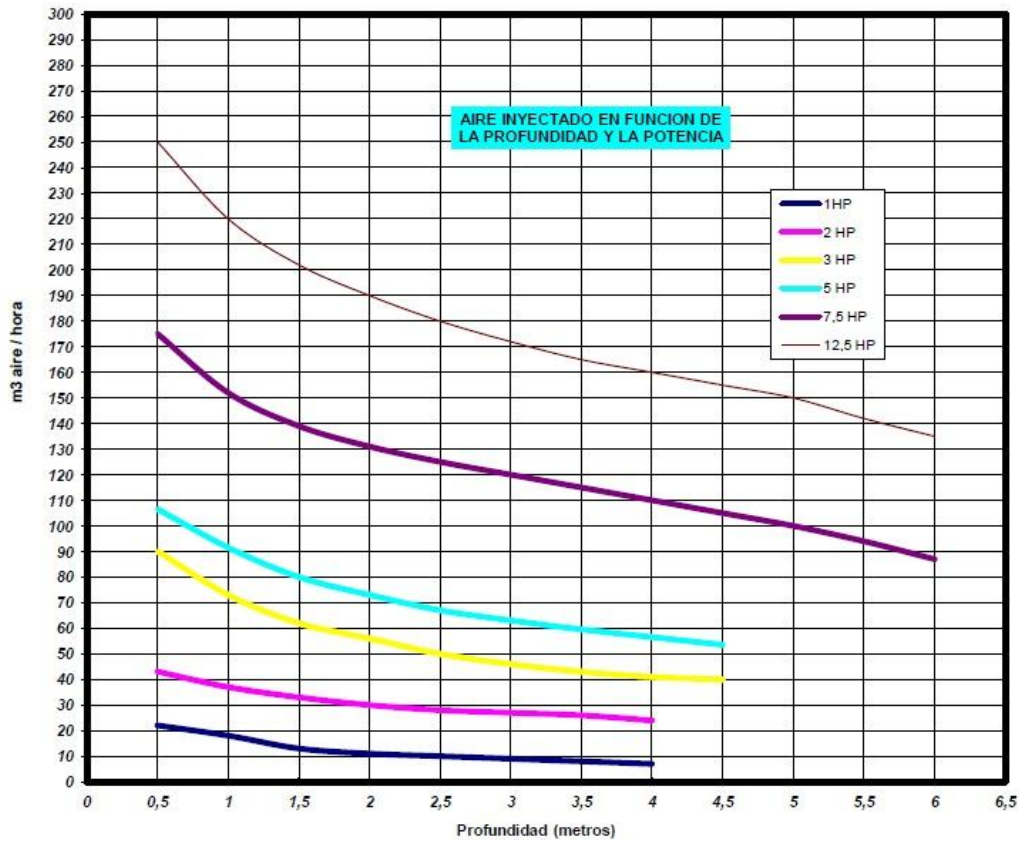


Gráfico de relación de Volumen de aire respecto a potencia y profundidad

Respecto de las observaciones realizadas, se informa que la masa total de oxígeno requerido es de aproximadamente **4,7 Kg O₂/hora**, esto es para el total del caudal a tratar. En tal sentido, teniendo en cuenta la partición del caudal ingresante en las 3 cisternas aireadas, cada una requeriría unos **1.6 Kg O₂/hora**, lo que implica que incorporando una (1) bomba de 1.5 Kw se suple los requerimientos de oxígeno.

Por otra parte, respecto de la gráfica presentada, en los sistemas tipo eyector, al aumentar la profundidad aumenta la presión en la cámara de mezcla, disminuyendo el caudal de aire, pero a su vez, aumenta el % de O₂ incorporado por m³ de aire succionado, lo que compensa el efecto anterior obteniendo mayores rendimientos en la transferencia de oxígeno. En este aspecto, el sistema utilizado, presenta rendimientos del orden de 1,5 a 2,5 kg/Kwh de oxígeno dependiendo de la configuración seleccionada para el eyector. Se adjunta hoja con datos típicos del sistema utilizado por flygt, extraído de *catálogo Sistema de aireación FoGet de ITT de Flygt*

TASA DE TRANSFERENCIA DE OXIGENO EN CONDICIONES DE CAMPO (Nct)

Tal como se informa en la **Cedula de N° 1329**, la transferencia de oxígeno informada corresponde a las condiciones estándar (SORT) (agua limpia a 1atm, nivel de oxígeno disuelto O y temperatura 20°C). Dado que estos factores hacen que la aplicación en el campo de un dispositivo de aireación sea única, se ha hecho común el especificar los sistemas de aireación a “condiciones estándar” y a utilizar los así llamados factores alfa (α), beta (β), theta (θ) y efe (F) para ajustar las tasas de transferencia de las condiciones estándar a las condiciones de campo.

A los fines de obtener la tasa de transferencia en las condiciones de campo (Nct) se debería tener en cuenta entre otras cosas, tipo de agua residual, temperatura, presión, etc).

La tasa de transferencia de oxígeno (OTR) o (Nct) para condiciones de campo no será la misma que la que se predijo para condiciones estándar (SOTR), pero puede calcularse utilizando la ecuación

$$ORT = \alpha * SORT * ((\beta * C_{sc} - C_o) / C_s) * \theta^{(T-20)}$$

$$ORT = SORT * F$$

Donde:

- $F = \alpha * \beta * (C_{sc} - C_o) / C_s * \theta^{(T-20)}$ Factor de conversión de transferencia de oxígeno a condiciones de campo. (S/ Normas Enhosa)
- ORT es la tasa de transferencia de oxígeno de campo (Kg. O₂/h),
- α es el factor de corrección para KLa en el agua de proceso,
- β es el factor de corrección para la saturación de OD en el agua de proceso,
- θ es el factor de corrección para la temperatura.
- C_{sc} concentración de saturación en condiciones de campo
- C_s : Concentración de saturación a nivel del mar

La concentración de saturación en condiciones de campo, se relaciona con la concentración a nivel de mar, a través de, $C_{sc} = C_s * (p' - p) / (760 - p)$; donde

- p' = presión atmosférica (mmHg)
- p = presión de saturación del vapor de agua a la temp. T (mmHg)

Tanto C_s como P , dependen de la temperatura del agua.

Teniendo en cuenta la correlación desarrollada por el comité de investigación de ing. Sanitaria, de la sociedad Americana de Ing. Civiles, tendríamos:

- $C_s = 14.652 - 0.41022 * T + 0.0079910 * T^2 - 0.000077 * T^3$
- $P = e^k$

$$K = 1.52673 + 0.007174 * T - 0.000246 * T^2 \quad (T \text{ } ^\circ\text{C})$$

Con estas correlaciones podríamos tabular la concentración de saturación en condiciones de campo para distintas temperaturas. Sin embargo, carecemos de valores de referencia para los coeficientes α y β ; los cuales dependen básicamente del agua a tratar.

No obstante, asumiendo valores básicos para aguas domiciliarias según Normas Enhosa, y adoptando como referencia los valores establecidos para el factor de conversión de transferencia de oxígeno a condiciones de campo "F", de las Fundamentaciones de las Normas antes mencionada, F.11.18/10, se obtiene lo siguiente:

- ✓ Presión atmosférica del lugar: 761,3 mmHg
- ✓ Altitud: 491 msnm
- ✓ T_m : 18,7 °C
- ✓ F: 0,772 (Cuadro 11.18.1, Normas Enhosa)

$$ORT = F * SORT \text{ o bien; } N_{ct} = F * N_0$$

➤ Tomando los valores de transferencia en condiciones estándar:

- $N_{ct} = 0.772 * 1.5 = 1.158 \text{ kgo}_2/\text{h}$
- $N_{ct} = 0.772 * 2.5 = 1.93 \text{ kgo}_2/\text{h}$

Debe tenerse en cuenta que el requerimiento diario de oxígeno por cámara, ronda los 38 kgO₂/d, sin embargo el líquido ingresante permanecerá aproximadamente 28 horas con aireación dentro de las respectivas cámaras aireadas, antes de pasar próxima etapa, por lo que se obtendrían unos 42 kgO₂/d, en condiciones medias de rendimiento de transferencia estándar (1.5 kgO₂/d).

4.5. Sedimentador Secundario

Los sedimentadores secundarios, en procesos de barros activados, se calculan con los siguientes parámetros: Valores medios

Valores de punta

$$\text{Carga superficial (Cs}_{\text{media}}\text{):} \quad 16 - 32 < \quad \text{Cs}_{\text{media}} < 40 - 48 \quad \frac{m^3}{m^2 * \text{día}}$$

$$\text{Carga másica (Cm)} \quad 3 - 6 < \text{Cm} < 9 \quad \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * \text{hora}}$$

Los sedimentadores secundarios se calculan con el caudal afluente a la planta, ya que el caudal de recirculación se extrae por el fondo del mismo y no contribuye a la velocidad ascensional del barro, pero la cañería de alimentación debe calcularse con $Q_s = Q + Q_r$.

$$Q_s = Q + Q_r \longrightarrow Q/Q_r = 1.25 \longrightarrow Q_r = 0.8 Q \longrightarrow Q_s = 1.25 Q$$

Recirculación: Se instalaran 2 (dos) bombas de 0.75HP.

- **Área del sedimentador**

$$A = \frac{Q_{\text{medio}}}{C_s} = \frac{65 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{22 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}} = 2.95 \text{ m}^2$$

La carga superficial a caudal medio se toma a 22 y a caudal de punta a 40 $\text{m}^3 / (\text{m}^2 * \text{día})$

$$A = \frac{Q_{\text{punta}}}{C_s} = \frac{78 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{40 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}} = 1.98 \text{ m}^2$$

- **En base a la carga másica:**

$$\text{Carga másica (Cm)} \quad 3 - 6 < \text{Cm} < 9 \quad \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * \text{hora}}$$

La concentración de sólidos afluentes al sedimentador es de $3.35 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

A caudal medio

$$A = \frac{(Q + Qr)_{medio}}{C_m} = \frac{65 + 52}{4} \frac{\frac{m^3}{día}}{\frac{Kg}{m^2 * hora}} * \frac{4.0Kg * \frac{día}{24horas}}{1} = 4.87 m^2$$

A caudal de punta

$$A = \frac{(Q + Qr)_{punta}}{C_m} = \frac{78 + 62.4}{9} \frac{\frac{m^3}{día}}{\frac{Kg}{m^2 * hora}} * \frac{4Kg * \frac{día}{24horas}}{1} = 2.6 m^2$$

Se adoptó un Sedimentador con las siguientes dimensiones:

Se adopta la instalación de una (1) cisterna de un volumen de 26 m³.

4.6. Sistema de Desinfección

Como tratamiento final se realizará la Desinfección a través de la aplicación de de hipoclorito de sodio.

La aplicación será en el inicio de la cámara de contacto a través de una bomba dosificadora tipo Dosivac Millenium o similar. Se dispondrá de un sector para el almacenamiento de los recipientes y la bomba dosificadora.

Se dispondrá de una cámara de contacto de un volumen tal en la cual el líquido tratado permanecerá aproximadamente 25 minutos a fin de garantizar el tiempo de contacto que asegura la remoción del mayor porcentaje de microorganismos patógenos y así lograr la efectividad del tratamiento de desinfección.

Asimismo, para la incorporación de ozono se utilizara 1 (una) bomba de 1 HP conectada a un equipo generador de 98 UTS.

- **Calculo del consumo de cloro:**

- Demanda diaria a caudal medio

$$65 \text{ m}^3/\text{día} * 8,5 \text{ gr/m}^3 = \mathbf{0,550 \text{ Kg/día}}$$

“La dosis de solución desinfectante a aplicar se ajustará paulatinamente durante la puesta en marcha, de acuerdo a la calidad del líquido tratado, en base a los requerimientos de calidad microbiológica exigida para el cuerpo receptor por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Neuquén”.

Este cumplimiento se verificará mediante los controles de operación y de laboratorio establecidos en el programa de monitoreo.

- **Cámara de Contacto**

Esta ha sido dimensionada proponiendo un tiempo de permanencia de 25 minutos en correspondencia con el caudal medio diario.

$$Q_{\text{medio diario}} = 65 \text{ m}^3/\text{día}$$

Volumen de la Cámara de Contacto para una Permanencia de 25 Minutos:

$$65 \text{ m}^3/\text{día} * 25 \text{ min.}$$

$$V = Q * t = \text{-----} = \mathbf{3,39 \text{ m}^3} \text{ Se requieren } \mathbf{3400 \text{ lts.}}$$

$$8 \text{ hs} * 60 \text{ min/hs}$$

Se instalará un tanque de 15.000 lts debido a que se utilizará para riego.

4.7. Digestor de Lodos

Trh: 10-15 días

Tomamos 12 días

Reducción del 40-45 % de los SSV

Caudal barro purgado: $4.14 \text{ m}^3/\text{d}$

Masa SST: 37.28 KgSST/d

Masa SSV: 27.96 KgSST/d

Volumen calculado del digestor: 49.69 m³

Se instalarán 2 cisternas de 26 m³ c/u con conexionado en paralelo.

Reducción SSV (40%): 11.18KgSSV/d

Aire requerido: 2.3 kg O₂/KgSSV destruido

Oxígeno requerido para digestión: 11.18KgSSV/d*2.3 kg O₂/KgSSV destruido

Total: 28.72 Kg O₂/d.

- si bien, la temperatura media del mes más frío difiere de los 20°C, se ha optado por utilizar un valor medio entre lo sugerido para la temperatura de 20°C, ya que también es conocido que la eliminación de sólidos es función de la permanencia hidráulica predominantemente, y que dentro de los 10 a 12 días la eliminación de sólidos es prácticamente lineal, dando como resultado remociones del orden del 40 %. Asimismo, luego de este tiempo, la eliminación continúa a tasas sensiblemente decrecientes.
- Por otro lado, si bien la temperatura ralentiza el proceso, se buscó minimizar este aspecto enterrando las cisternas de tratamiento, como así también, hay que tener en cuenta que la utilización de bombas sumergibles transfieren calor con su uso.
- En virtud de las consideraciones efectuadas ut supra, se adoptó como valor de reducción de SSV, 40 % con 12 días de retención hidráulica.
- El sistema de aireación a implementar responde a las mismas características del utilizado para las cámaras aireadas, es decir, bombas sumergibles de 2 HP con venturi, lo cual garantiza el aporte de oxígeno para la digestión del lodo.

4.8. Playas de Secado de Lodos

Utilizando el criterio de la Carga Máscica Superficial, calculamos el área necesaria para la deshidratación del lodo extraído del digestor. Considerando las recomendaciones de las Normas ENOHSA, asumiendo una reducción de humedad del orden del 50 – 60 % y adoptando una Carga Máxima Admisible por ciclo de secado de 15 Kg SS/m², tenemos:

Datos de base:

Carga Max. Admisible: 15 KgSS/m²*ciclo

Masa de sólidos Suspendidos Totales: 8760 Kg SST/año

Números de Ciclos por año: 10 (precipitaciones < 500 mm/año)

Carga Superficial aplicable por ciclo: 876 KgSST/ciclo

- **Área Superficial de la Playa** = Carga Superficial aplicable por ciclo/ Carga Max.

$$\text{Admisible} = (876 \text{ KgSST/ciclo}) / (15 \text{ KgSST/m}^2 \cdot \text{ciclo}) = 58 \text{ m}^2$$

Se adoptan tres (3) playas, resultan las siguientes dimensiones para cada una:

Largo: 7 metros

Ancho: 3 metros

- **Características constructivas**

Piso de hormigón, paredes laterales de hormigón y/o mampostería de ladrillos con interior con revoque grueso y fino y pintura impermeabilizante.

El lecho filtrante debe contener tener los siguientes componentes:

Medio soporte: el medio de soporte (inferior) recomendado está constituido por una capa de 30 cm de espesor formada por un estrato de grava graduada entre 1,5 y 50 mm.

Drenaje: dentro del soporte de grava se ubicarán las cañerías de drenaje. Caños de PVC de Ø 160 mm perforados dispuestos con pendientes mínimas de 1% separadas entre sí 2,5 y 6 mts (**se sugiere 2 cañerías longitudinales o 3 transversales en cada playa**), adecuadamente cubiertos por el manto de grava. Se sugiere dejar una cañería de acceso en el final del lecho en case de necesidad de desobstrucción. El líquido de drenaje se derivará por una cañería de retorno hacia una cámara

Lecho de arena: es el medio filtrante y debe tener un espesor de 20 a 30 cm, (se puede contemplar contar con un excedente para reposición de pérdidas en limpieza). La arena debe tener un tamaño efectivo de 0,3 a 0,75 mm. y un coeficiente de uniformidad (Cu) inferior a 4.

Capa de ladrillos: en la parte superior se dispondrá una cubierta de ladrillos con juntas rellena de arena con junta de 2,5 -3 cm para el pasaje de fango.

El fango se extiende sobre el lecho de ladrillos formando una capa de aproximadamente 20-30 cm de espesor y se dejará secar. La mayor parte del agua se extrae por drenaje y una porción por evaporación superficial al aire.

5. **Monitoreo y Control de proceso**

Este sistema de tratamiento deberá ser monitoreado periódicamente realizando controles y muestreos a fin de determinar su eficiencia y cumplimiento de los estándares de calidad exigidos. Esto debe ser establecido dentro de un Plan de monitoreo elaborado por el responsable de operación y aprobado por la autoridad competente.

Se realizarán análisis de laboratorio y mediciones de campo contemplando: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), Demanda química de oxígeno (DQO), Nitrógeno y Fósforo, Análisis bacteriológico, Cloro residual, pH, Temperatura, Turbidez, etc.

6. Anexos