



ANEXOS



ANEXO 1.- BASES DE CÁLCULO Y PARÁMETROS DE CALIDAD EN AGUAS SERVIDAS

1.1.- BASES DE CÁLCULO E INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA EVALUACIÓN DE LA PTAS

1.1.1.- CAUDALES

Los distintos tipos de caudales afluentes a la PTAS necesarios para verificar o evaluar las diferentes componentes unitarias de las configuraciones de tratamiento pueden resumirse del siguiente modo.

Caudal Medio Diario Anual. Corresponde al valor medio diario anual de consumo de agua potable corregido por un factor denominado Coeficiente de Recuperación, el que en el país es normalmente adoptado como $R = 0,8$.

Medio Período Verano (Punta). Corresponde al valor medio diario del caudal correspondiente al período del Verano (Enero a Marzo y Diciembre de cada año).

Medio Período Resto del Año (No Punta). Corresponde al valor medio diario del caudal correspondiente al período del resto del año (Abril a Noviembre de cada año).

Máximo Diario. Corresponde al día de máximo caudal del año.

Máximo Horario. Corresponde a la condición de máximo horario obtenido a lo largo del año.

1.1.2.- CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Para efectos de estimar la carga orgánica afluente al sistema de tratamiento (KgDBO/d), se debe considerar el caudal medio diario y la concentración afluente de aguas servidas crudas a la PTAS (basado en muestras compuestas en 24 horas).

$$\text{Carga Orgánica} = (\text{DBO [mg/l]} * \text{Caudal [m}^3\text{/día]} / 1000)$$

Para poder estimar adecuadamente el comportamiento de la PTAS o determinadas componentes unitarias de la misma, se requiere contar con el caudal medio diario anual, obtenible a partir del análisis estadístico de la información disponible, ojalá en base a un año de mediciones diarias.

Para efectos de la evaluación cuantitativa del comportamiento operacional de la PTAS, se deberá contar con los registros de caudal y concentración de DBO de por lo menos el último mes, debiendo cada medición de DBO corresponder a la concentración de una muestra compuesta en 24 horas para poder generar conclusiones representativas de comportamiento de la PTAS.

Si se quiere precisar más aún los requerimientos asociados, se debe considerar que la carga orgánica de las aguas servidas crudas sufrirá variaciones horarias, diarias, mensuales y por épocas a lo largo del año. Para efectos de una primera aproximación que se pudiera requerir para estos efectos, se pueden adoptar las relaciones medias típicas encontradas en diversas PTAS en operación, y que obedecen al siguiente detalle.

	Carga Orgánica
Máxima Diaria/ Media Anual	1,25
Máxima Horaria/ Media Anual	1,50

En lo referido a las características de las aguas servidas crudas del resto de los parámetros de interés, los registros históricos de las PTAS permiten el procesamiento estadístico que genere las relaciones SST/DBO, NKT/DBO, PT/DBO y AyG/DBO, las que deberán estar entre los antecedentes a analizar.

En el evento de no contarse con ellas, se podrán adoptar como una primera aproximación las correlaciones típicas encontradas a lo largo del país, vale decir.

•	SST / DBO	1,00
•	SSV / SST	0,75
•	NKT / DBO	0,25
•	PT / DBO	0,05

1.1.3.- CARACTERÍSTICAS DE PARÁMETROS DE PROCESO

Existen determinados parámetros operacionales que son de alta importancia al momento de efectuar la evaluación cuantitativa del comportamiento de una PTAS.

Así por ejemplo, al momento de analizar una PTAS en base a Lodos Activados, es importante contar información referida a los Sólidos Suspendidos del Licor Mezclado (SSLM) y el Oxígeno Disuelto (OD) en el Tanque de Aeración, Lodos de Recirculación (RAS), Lodos de Exceso (WAS), etc.

Al igual que en el análisis de las características de las aguas servidas, es necesario contar con el máximo de registros históricos posible que permitan el procesamiento estadístico para obtener valores representativos de las condiciones medias, así como visualizar las condiciones anómalas de tratamiento que puedan haber sucedido o estén sucediendo.

Las mediciones puntuales entregarán solamente una especie de fotografía del momento, la que de mostrar condiciones normales no tendrá mayor importancia, pero al momento de encontrarse con una operación anómala no permitirían visualizar de manera clara medidas correctivas que permitan la solución al problema.

1.2.- PARÁMETROS DE CALIDAD EN AGUAS SERVIDAS Y RELACIONES ENTRE ELLOS

1.2.1.- OXÍGENO DISUELTO (OD)

Mide el contenido de Oxígeno molecular (atmosférico) disuelto en el agua y permite visualizar la calidad del agua y el consecuente grado de contaminación orgánica. Puede medirse en terreno.

Los factores asociados a este parámetro son en general los siguientes:

- Altitud sobre el nivel del Mar.
A mayor altitud menor cantidad de OD (disminución de solubilidad del O₂ del orden de 1% por cada 300 m de elevación).
- Temperatura.
A mayor Temperatura menor cantidad de OD.
- Profundidad del cuerpo líquido.
A mayor profundidad menor cantidad de OD.
- Sólidos Disueltos (salinidad).
A mayor cantidad de Sólidos Disueltos menor cantidad de OD (p.e. el agua de mar tiene 4,5 - 5,5 mg/L de OD cuando la concentración de SD es del orden de 50.000 mg/L).

1.2.2.- DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

Constituye una medición del Oxígeno requerido para que una población microbiana heterogénea oxide la materia orgánica biodegradable. Se mide en Laboratorio.

La cantidad de materia orgánica biodegradable en la muestra se estima a partir de mediciones de OD, manteniendo una temperatura constante de 20°C y un pH entre 6 y 8 durante el proceso.

- OD inicial (al momento de tomarse la muestra), la que es del orden de 8 mg/L.
- OD final (al cabo de 5 días).

La muestra se debe diluir para que las condiciones iniciales sean cercanas a saturación y las condiciones finales se encuentren entre un 40 y 60% del OD.

El análisis debe efectuarse antes de 24 h de tomada la muestra (preservando la muestra a 4°C, y la precisión del resultado tiene una precisión del orden del 20%.

La DBO está compuesta por 2 fracciones, la primera de las cuales corresponde a la DBO soluble y la otra a la DBO particulada. En aguas servidas domésticas, la DBO soluble es aproximadamente el 65% de la DBO total y el resto la DBO particulada.

$$DBO = DBO_s + DBO_p$$

65% soluble , 35% particulada

1.2.3.- SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) Y VOLÁTILES (SSV)

Los Sólidos Suspendidos Totales constituyen una medición del material particulado en suspensión que está presente en las aguas. Se mide en Laboratorio.

El material particulado total en suspensión corresponde a la suma del material de tipo orgánico (volátil) e inorgánico (fijo).

Por otro lado, los Sólidos Suspendidos Totales (SST) están compuestos por 2 fracciones, la primera de las cuales corresponde a los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) y la otra a los Sólidos Suspendidos Fijos o inertes (SSF). En aguas servidas domésticas los SSV (orgánicos) son aproximadamente el 75% de los SST y el resto los SSF (fijos o inertes).

$SST = SSV + SSF$	75% SSV (orgánicos) , 25% SSF (fijos o inertes).
-------------------	--

Asimismo, los SSV están compuestos por 2 fracciones, la primera de las cuales corresponde a los SSV degradables (SSVd) y la otra a los SSV no degradables (SSVnd). En aguas residuales los SSV degradables son aproximadamente el 60% de los SSV y el resto los SSV no degradables.

$SSV = SSVd + SSVnd$	60% degradables , 40% no degradables.
----------------------	---------------------------------------

1.2.4.- RELACIÓN ENTRE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y DBO

En un proceso biológico aeróbico (presencia de O₂), la materia orgánica (soluble y particulada) genera el crecimiento de más bacterias (biomasa particulada o lodo activado), disminuyendo significativamente la materia orgánica en la fase líquida y generándose lodo compuesto por (biomasa + SSF + SSVnd).

Lo anterior lleva a que en aguas servidas domésticas, la materia orgánica volátil degradada demande la siguiente cantidad de oxígeno.

1 mg de SSVd aporta 0,95 mg DBO

Ejemplo ilustrativo.

DBOs = 195 mg/l
DBOp = 105 mg/l
SSV = 180 mg/l
SSF = 60 mg/l

Considerando las correlaciones mostradas anteriormente, la DBO total resulta ser 300 mg/l y los SST 240 mg/l.

Por otro lado, si se considera que los SSVd son del orden del 60% de los SSV, este parámetro resulta en una concentración de 108 mg/l y considerando que 1 mg de SSVd aporta 0,95 mg DBO, la DBO particulada resulta ser del orden de 103 mg/l, coincidente con la medida (105 mg/l).

1.2.5.- DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

A diferencia de la DBO, la DQO mide la cantidad de materia oxidable (materia orgánica biodegradable y no biodegradable). Se mide en Laboratorio utilizando un agente oxidante ($K_2Cr_2O_7$) en ambiente fuertemente ácido (H_2SO_4), y el tiempo requerido para la obtención del resultado es del orden de 2 horas. Debido a esto último, este parámetro es utilizado en otros países sea junto o en lugar de la DBO, y es usado como parámetro de control operacional de una PTAS.

Considerando que la normativa vigente establece a la DBO como parámetro de cumplimiento y control, si se decide utilizar la DQO como parámetro de control operacional se debe establecer su correlación con la DBO.

En general la DQO es mayor que la DBO (salvo en Residuos Industriales Líquidos (RILES) provenientes de Destilerías, puesto que en ellos los iones oxhidrilos (OH) no son oxidados químicamente). En aguas servidas domésticas, la correlación típica entre estos parámetros es $DQO/DBO = 1,8 - 2,2$.

1.2.6.- NUTRIENTES

Los Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) juegan un papel decisivo no solamente con los requerimientos para un adecuado tratamiento biológico al interior del sistema, sino también con la calidad del efluente conforme lo requerido por la normativa vigente. Se miden en Laboratorio.

Para factibilizar un proceso biológico, los microorganismos requieren materia orgánica como alimento (sustrato o material carbonáceo), pero adicionalmente nutrientes (Nitrógeno para síntesis celular y Fósforo como combustible).

A la vez, dichos parámetros deben mostrar una relación mínima entre ellos, y obedece al siguiente detalle.

$$DBO / N / P = 100 / 5 / 1$$

En las aguas servidas domésticas netas, la relación típica entre estos parámetros es la siguiente.

$$DBO / N / P = 100 / 25 / 5$$

1.2.6.1.- NITRÓGENO

- **FORMAS DEL NITRÓGENO.**

El Nitrógeno está presente en diversas formas, de las cuales se describen las más significativas en las aguas residuales.

- **Nitrógeno Amoniacal (NH₃).**

Proviene fundamentalmente de la orina y corresponde a la forma inorgánica del Nitrógeno. Se mide en Laboratorio por destilación y se lee con electrodo específico y la concentración se expresa como mg N-NH₃/L.

- **Nitrógeno Orgánico.**

Proviene fundamentalmente de restos de alimentos (carnes) contenidos en las aguas servidas. Se mide en forma indirecta.

- **Nitrógeno Kjeldahl Total (NKT ó TKN).**

Corresponde a la suma del Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃) y el Nitrógeno Orgánico. En aguas servidas domésticas el contenido del Nitrógeno Amoniacal es normalmente del orden del 60 - 65% del NKT.

- **Nitritos (NO₂) y Nitratos (NO₃).**

Estas formas del Nitrógeno corresponden a compuestos con contenido de Oxígeno. Se determinan por colorimetría. En las aguas servidas crudas, ambos son prácticamente inexistentes con concentraciones del orden de 0 mg/l.

- **Nitrógeno Total.**

Corresponde a la suma del Nitrógeno Kjeldahl Total, Nitritos y Nitratos.

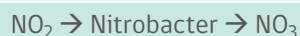
$$\text{Nitrógeno Total} = \text{NKT} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$$

- **PROCESOS DEL NITRÓGENO.**

En el tratamiento biológico pueden tener lugar distintos procesos que transforman las formas de los compuestos nitrogenados, siendo las más importantes las siguientes.

- **NITRIFICACIÓN**

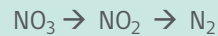
Este proceso comprende la conversión del Nitrógeno Amoniacal a la forma de Nitrato, para lo cual se requiere un ambiente aeróbico desde donde puedan actuar determinadas bacteria específicas.



En PTAS este proceso se produce cuando las condiciones de aireación son suficientes, la Edad del Lodo es suficiente (normalmente superior a 10 días) y la temperatura del licor mezclado es mayor a 7°C.

- DESNITRIFICACIÓN.

Este proceso contempla la conversión del Nitrato a Nitrógeno (gas). Para ello se requiere un ambiente anóxico, de modo que tenga lugar la siguiente reacción.



En PTAS este proceso se produce cuando se cuenta con una zona anóxica (sin Oxígeno en forma libre) y el Licor mezclado está nitrificado (contiene abundante NO_3).

1.2.6.2.- FÓSFORO

Su presencia en las aguas servidas crudas corresponde a un nutriente de origen artificial debido al aporte de detergentes, jabones, fertilizantes, alimentos y otros que lo contienen. Se mide en Laboratorio por espectrofotometría.

1.3.- RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS SERVIDAS DOMÉSTICAS NETAS

1.3.1.- CARACTERÍSTICAS TÍPICAS.

• DBO	150 - 350 mg/L.
• SST	130 - 350 mg/L
• NKT	40 - 80 mg/L
• PT	5 - 15 mg/L

1.3.2.- RELACIONES TÍPICAS

• SST / DBO	0,8 - 1,2
• SSV / SST	0,75 - 0,80
• NKT / DBO	0,2 - 0,3
• PT / DBO	0,04 - 0,06

1.3.3.- NECESIDADES MINIMAS PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO

$$\bullet \text{ DBO / NKT / P} = 100 / 5 / 1$$

ANEXO 2.- REGISTRO Y EVALUACIÓN DE PARÁMETROS OPERACIONALES PTAS EN BASE A LODOS ACTIVADOS

Registros rutinarios de Cargo del Operador y del Ingeniero al momento de la visita a la PTAS

Las actividades de registro y evaluación de parámetros operacionales de PTAS en base a Lodos Activados por parte del Operador en forma rutinaria y del Ingeniero de Planta al momento de la visita, permitirán contrastar las mediciones efectuadas por los operadores en forma rutinaria, incluyendo determinadas variables operacionales que pueden considerarse bajo régimen estacionario del sistema (como por ejemplo, el manto de lodos de la sedimentación secundaria, espesamiento de lodos, etc.). Adicionalmente, durante la visita técnica se recolectará y complementará la información de aforos, caracterizaciones y determinadas variables operativas requeridas para evaluar posteriormente el comportamiento del sistema.

2.1.- REGISTROS RUTINARIO Y CONTROL DE PARÁMETROS BÁSICOS

A objeto de poder evaluar el comportamiento de determinadas variables operacionales de la PTAS y contrastarlo con los registros rutinarios efectuados por los Operadores, durante la visita del Ingeniero se deberán efectuar las mediciones de los siguientes parámetros de registro rutinario en los siguientes puntos.

PARÁMETRO (in situ)	PUNTO DE MEDICIÓN	RESPONSABLE	FREC
Oxígeno Disuelto	Tanque de Aeración	Operador	D
Medidor Portátil de OD	Sedimentación Secundaria (en vertedero de salida del efluente)		
(Rango Típico : 0,5 - 2,5 mg/l)	Efluente Final		
Temperatura	Afluente	Operador	D
Termómetro	Tanque de Aeración		
(Rango Típico: 5 - 30 °C)	Efluente Final		

D: diaria

PARÁMETRO (in situ)	PUNTO DE MEDICIÓN	RESPONSABLE	FREC
pH	Afluente	Operador	D
pHmetro portátil (Rango Típico: 5,5 – 8,5)	Tanque de Aeración		
	Efluente Final		
Cloro Residual	Efluente Final	Operador	D
Medidor Portátil de Cloro			
(Rango Típico : 0 – 1,5 mg/l)			

D: diaria

Por otro lado, durante el recorrido de la PTAS, se deberán efectuar las siguientes Observaciones visuales de registro rutinario en los circuitos del sistema (líquido y de lodos), a objeto de contrastarlas con los registros del Operador y mirar con perspectiva el funcionamiento de la PTAS.

PUNTO REGISTRO	PARÁMETRO	RESPONSABLE	FREC
Entorno de la PTAS	Olor	Operador	D
Afluente	Color	Operador	D
	Nivel del Líquido		
Sedimentación Primaria	Color	Operador	D
	Espuma		
Tanque de Aeración	Turbulencia	Operador	D
	Color		
	Presencia de Espuma Superficial		
Sedimentación Secundaria	Tipo de Efluente (claro o turbio)	Operador	D
	Tipo de Sólidos superficiales		
Lodo Activado de Retorno	Color	Operador	D
	Olor		
Motores y Equipos	Operación pareja	Operador	D
	Vibraciones		
	Ruidos		
	Temperatura		

D: diaria

2.2.- REGISTROS PARÁMETROS ADICIONALES DE CONTROL

Al término de la visita a terreno, se entregarán al Ingeniero los registros operacionales adicionales de al menos el último mes, a objeto que los procese posteriormente y pueda determinar el comportamiento operacional del sistema. Dichos registros también permitirán visualizar la aparición de problemas y ayudar a identificar la fuente de los mismos.

Los registros más importantes a entregar al Ingeniero para la evaluación de la PTAS obedecerán al siguiente detalle.

REGISTROS DEL ÚLTIMO MES DE OPERACIÓN		
PARÁMETRO O VARIABLE	RESPONSABLE	FREC
Caudal Medio Diario (l/s).	Operador	D
Concentración DBO afluente (mg/l.)	Laboratorio Externo Acreditado por la SISS.	M
SST afluente (mg/l.)		M
SST Tanque Aeración (Kg.)		M
SSV Tanque Aeración (Kg.)		M
Consumo de Energía	Operador según instrucciones	D
Cantidad Aire suministrado a Tanques Aeración		D
Test de Sedimentabilidad		D
IVL		S
Caudal Recirculación Lodos		S
Lodos de Exceso diarios (Kg/d)		D

D : Diaria , S : Semanal , M : Mensual

En lo referido al **Test de Sedimentabilidad**, los principales criterios relacionados con este parámetro para su medición e interpretación obedecen al siguiente detalle.

Se deberá coleccionar una muestra del tanque de aeración y efectuar la prueba por un tiempo de 60 minutos usando un cilindro graduado de 1000 ml. (Si es posible usar un cilindro de 2000 ml de 125 mm de diámetro se podrán obtener resultados más precisos). Se deberá observar la sedimentación del lodo en la muestra por aproximadamente una hora. Después de algunos minutos se empezarán a formar pequeñas partículas muy finas en el cilindro con un color ligero café claro. Las partículas permanecerán suspendidas, pero sedimentando, similar a las partículas de polvo de destello liviano. Después de una hora, se deberá medir la altura de lodos precipitados en el fondo del cilindro, lo que constituye un indicador de las condiciones en el tanque de aeración.

Algunos aspectos y consideraciones generales con respecto a la prueba propiamente tal y al momento de interpretar los resultados y efectuar los cálculos necesarios relacionados con el Test de Sedimentabilidad pueden resumirse del siguiente modo.

- Los sólidos medidos sea en términos de [mg/l] o de [Kg de sólidos secos] permiten obtener una indicación del tamaño de la población microbiana en el tanque de aeración. La determinación de los sólidos suspendidos en el licor mezclado del tanque de aeración dará la concentración en [mg/l], en tanto que los [Kg de sólidos] serán calculados considerando el volumen del Tanque de Aeración.
- Los sólidos suspendidos a medir en el licor mezclado se efectúan normalmente en una muestra puntual obtenida en el efluente del tanque de aeración. Para asegurar un buen muestreo, se debe tomar la muestra del licor mezclado a aproximadamente 1,5 metros del efluente del tanque de aeración y a 0,4 – 0,6 m. debajo de la superficie del agua. También debe tomarse a la misma hora una muestra del lodo de recirculación para determinar su concentración.
- La observación de las características de los sólidos y los resultados de las pruebas de sedimentabilidad en 60 minutos permitirán visualizar la tasa de crecimiento de los sólidos, las condiciones de los sólidos al interior del tanque de aeración y fundamentalmente la cantidad de lodo debe retornarse para asegurar el retorno adecuado de microorganismos al tanque de aeración.

Así por ejemplo, si el agua residual cruda es débil será necesario retornar todo el lodo por 10 a 15 días o más.

- Los resultados de la prueba de sedimentabilidad en 60 minutos pueden usarse para estimar si la tasa de retorno de lodos es muy alta o muy baja.

Así por ejemplo, si el volumen del lodo sedimentado en el cilindro es indicativo de la cantidad de lodo sedimentando en el sedimentador secundario, el volumen de lodos de retorno deberá ser igual o ligeramente mayor que el porcentaje del lodo sedimentado en el cilindro, multiplicado por la suma de los caudales efluente del sedimentador primario y del lodo de retorno.

Otro ejemplo lo constituye la cantidad de lodo de retorno adoptada. Si la tasa de recirculación es muy alta, los altos caudales resultantes reducen el período de retención en el tanque de aeración y el sedimentador secundario.

Si por el contrario la tasa de retorno de lodos es muy baja, se pueden desarrollar las siguientes condiciones no deseables:

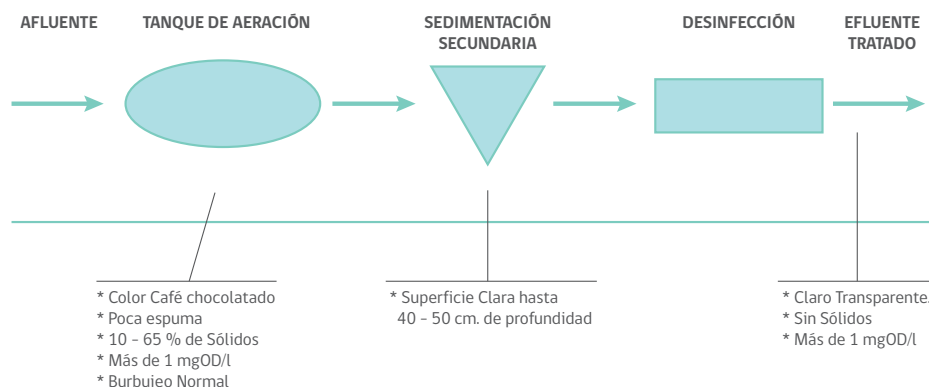
- Cantidad insuficiente de microorganismos para tratar la carga afluente (alimento) en el tanque de aeración.
- Desarrollo de un lodo séptico si el período de retención en el sedimentador secundario es muy alto.
- Manto de lodos profundo por acumulación de lodo en el sedimentador secundario, lo que ocasionará que los sólidos salgan en el efluente.

ANEXO 3.- PAUTAS DE VERIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS POR AERACIÓN EXTENDIDA

(Registros rutinarios del operador que requieren como premisa que todos los equipos estén funcionando)

3.1.- OPERACIÓN NORMAL

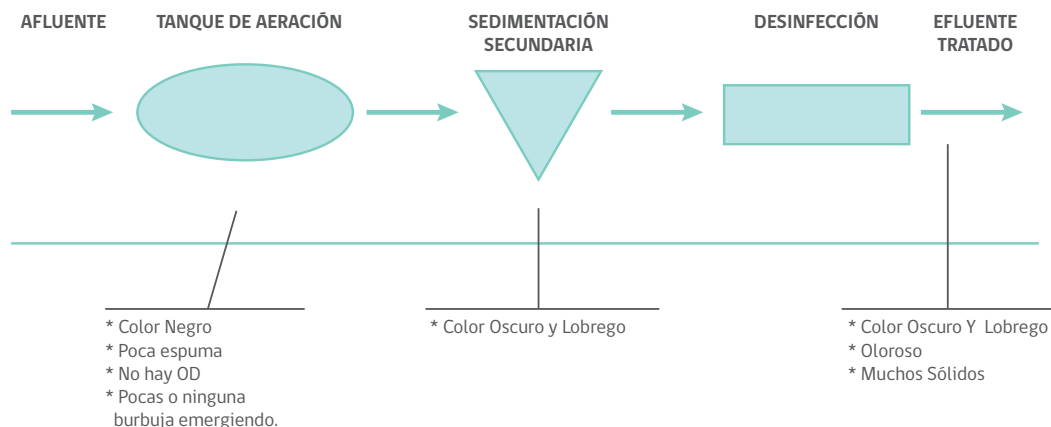
Una planta operando correctamente, debe presentar la siguiente apariencia a lo largo de sus componentes unitarios.



3.2.- OPERACIÓN CON PROBLEMAS DE AERACIÓN

Una planta que tiene problemas con el Sistema de Aeración, presenta los siguientes síntomas a lo largo de sus componentes unitarios.

3.2.1.- FALTA DE AERACIÓN

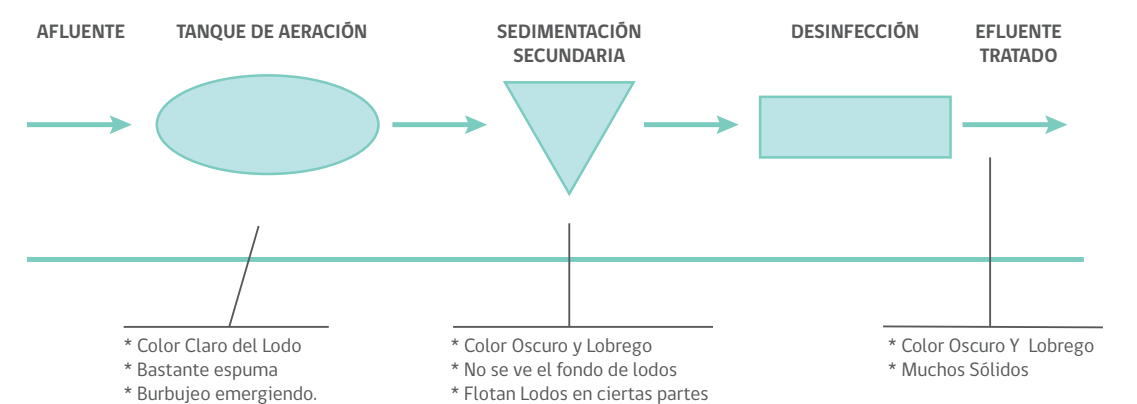


En este caso, se deberá revisar cuidadosamente el sistema de aeración.

Si se trata de un sistema de aeración por difusión, deberán revisarse las posibles fugas de aire, limpiar los difusores y líneas de aire, etc. Una vez subsanadas las fallas, el sistema debería restituirse en características a las mostradas en el punto anterior (sistema operando normalmente).

Si se trata de un sistema de aeración superficial, se debe cuidar fundamentalmente el adecuado mantenimiento del motor - reductor, constituido en la componente mecánica más importante del sistema de aeración.

3.2.2.- EXCESO DE AERACIÓN

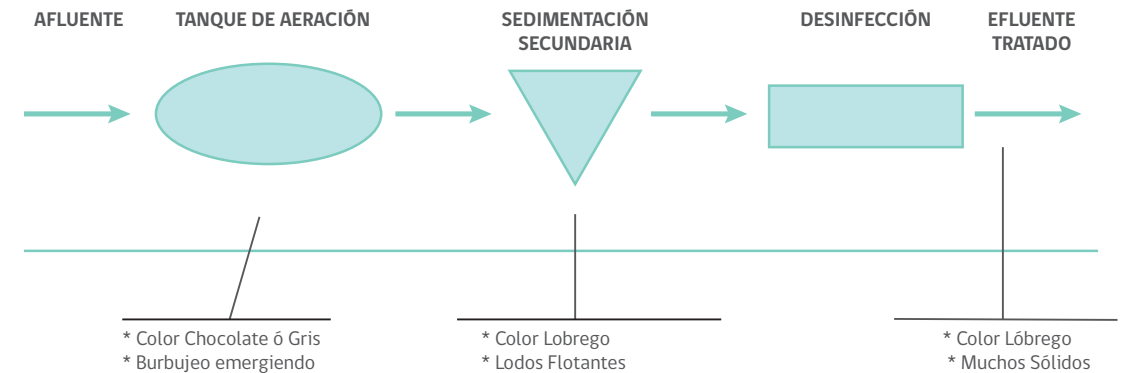


En este caso, se deberá revisar la necesidad de reducir la cantidad de aire que ingresa al tanque de aeración.

3.3.- OPERACIÓN CON PROBLEMAS DE LODOS DE RETORNO

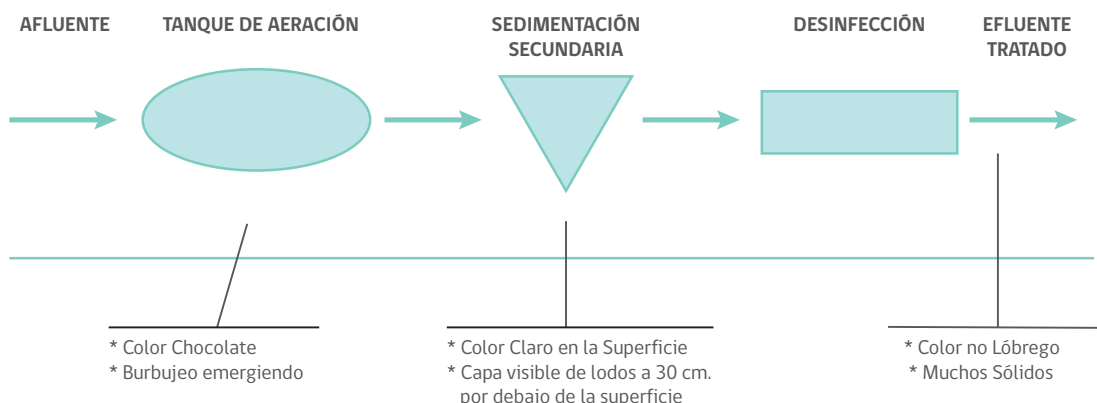
Una planta que tiene problemas con el Retorno de Lodos, presenta los siguientes síntomas a lo largo de sus componentes unitarias.

3.3.1.- BAJO RETORNO DE LODOS



En este caso, se deberá revisar cuidadosamente el sistema de retorno de lodos y el fondo del sedimentador, el que puede requerir de limpieza a mayor frecuencia.

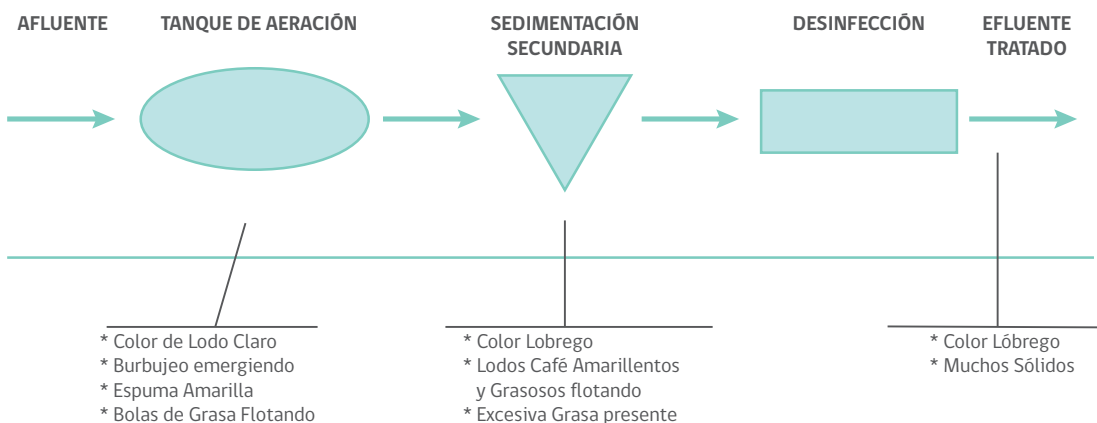
3.3.2.- RETORNO EXCESIVO DE LODOS



En este caso, se deberá revisar cuidadosamente y ajustar la tasa de retorno de lodos, así como verificar la carga orgánica aplicada al sistema de tratamiento, la que podría ser elevada con respecto a lo proyectado.

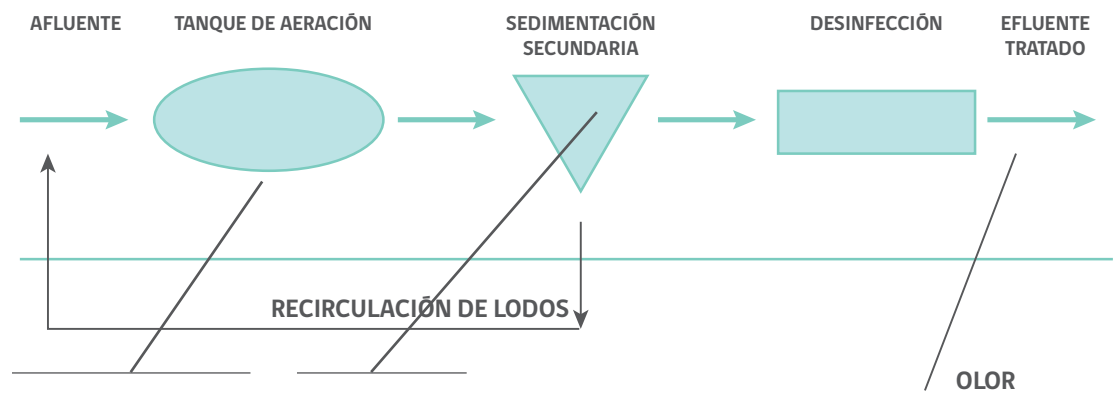
3.4.- OPERACIÓN CON PROBLEMAS DE EXCESO DE ACEITES Y GRASAS

Una planta que tiene problemas con exceso de Aceites y Grasas afluentes al sistema, presenta los siguientes síntomas a lo largo de sus componentes unitarios.



En este caso, se deberá revisar cuidadosamente la cámara de retención de Aceites y Grasas, y someterla a una mayor frecuencia de limpieza, y de no existir, evaluar la necesidad de incorporarla.

3.5.- PAUTA DEL COMPORTAMIENTO SEGUN COLOR Y OLOR



OPERACIÓN NORMAL

* Café Chocolateado	* Claro	*Café Chocolateado	*Claro	* Terroso
---------------------	---------	--------------------	--------	-----------

ACEITES Y GRASAS EN EXCESO

* Café Chocolateado	* Claro	* Café Chocolateado * Grasas Flotantes	* Claro	* Terroso
---------------------	---------	---	---------	-----------

BAJA TASA DE RETORNO DE LODOS

* Café Chocolateado	* Claro	* Café Chocolateado * Manto Lodos Visible cerca Superficie	* Claro	* Mohoso
* Café Claro	* Negro	* Negro		* Ligeramente Séptico

ALTA TASA DE RETORNO DE LODOS

* Café Chocolateado	* Oscuro	* Café Claro	* Sólidos Presentes	*Mohoso
---------------------	----------	--------------	---------------------	---------

AERACIÓN INSUFICIENTE

* Negro	* Negro	* Negro		* Séptico
---------	---------	---------	--	-----------

ANEXO 4.-

SISTEMA EXPERTO BÁSICO APLICADO A CONTROL DE PROCESOS DE LODOS ACTIVADOS

4.1.- INTRODUCCIÓN

La aplicación de este sistema experto que debe ser desarrollado por el Ingeniero de Planta se basa en determinadas reglas, en las cuales el conocimiento de dominio está sustentado por la siguiente regla

SI (antecedente) **ENTONCES** (consecuencia)

El antecedente puede ser una evidencia, síntomas u observaciones que representen una condición, en tanto que la consecuencia puede ser una hipótesis o acción que denota una conclusión.

Se ha encontrado que el experto de dominio normalmente describe los antecedentes usando términos cualitativos en lugar de números precisos, aun cuando las variables sean medidas cuantitativamente. Puede ser necesario usar reglas cualitativas porque factores importantes tales como Olor, Color, Textura, etc., solo pueden ser descritos de dicha manera.

El sistema experto surge del desarrollo de un sistema Información - Administración que ayuda al operador a organizar y utilizar la información recolectada diariamente en la planta de tratamiento, de manera de mejorar las decisiones de control de los procesos.

En determinadas ocasiones, se asocian a las reglas términos probabilísticos, como por ejemplo SI X es alto, ENTONCES hay un 90 % de probabilidades de que Y necesite ser incrementado. Sin embargo, para efectos prácticos dichos análisis no serán incluidos, constituyendo la Base de Conocimiento a aplicar un set de Reglas heurísticas codificadas extraídas de los expertos de dominio en la forma **SI - ENTONCES**. Así por ejemplo, **SI** la concentración de Sólidos Suspendidos del Licor Mezclado (SSLM) es alta, **ENTONCES** incrementa la tasa de evacuación de exceso de lodos. Dado que los SSLM se miden como valor numérico, el término cualitativo ALTO necesita una definición numérica. La Base de Conocimiento contiene reglas para trasladar los términos cualitativos a fijaciones numéricas. Un ejemplo típico lo constituye el siguiente.

SI	ENTONCES
SSLM > 2300 mg/l	ALTO
SSLM < 1800 mg/l	BAJO
1800 < SSLM < 2300 mg/l	NORMAL

4.2.- REGLAS

Para desarrollar las Reglas, se deben tomar en consideración varias etapas.

- La primera consiste en evaluar el comportamiento de la planta usando registros históricos y entrevistas con los operadores y personal del laboratorio.
- La segunda consiste en elaborar Reglas de Control, expresadas generalmente en términos cualitativos, extraídas a partir de la experiencia de los operadores calificados.
- La tercera consiste en derivar definiciones apropiadas para los términos cualitativos involucrados en las Reglas. Estas definiciones se tornan en los niveles de acción de control de la Base de Reglas, y deben ser elaboradas para las condiciones específicas de cada caso.

El afinamiento de las Reglas se efectúa entonces usando un conjunto de problemas de testeo que son evaluados independientemente por los operadores expertos.

A continuación, se fijan las Reglas Base mínimas sobre las cuales efectuar el control del sistema de tratamiento, basadas en Reglas de Control extraídas de expertos en este tipo de sistemas . Dichas reglas deberán sujetarse a las etapas anteriores para su afinamiento y validación en cada caso específico.

4.2.1.- TERMINOLOGÍA

SSLM	Sólidos Suspendidos del Licor Mezclado.
LAE	Tasa de Evacuación de Lodos Activados de Exceso
LAR	Tasa de Retorno de Lodos Activados al Tanque de Aeración.
PRH	Período de Retención Hidráulico
SLAE	Concentración de Sólidos de Lodos Activados de Exceso
EL	Edad del Lodo
AL	Altura del Manto de Lodos en el Sedimentador Secundario

4.2.2.- REGLAS

Regla	SI	ENTONCES
1	SSLM altos y en aumento	Aumentar LAE
2	SSLM bajos y decreciendo	Disminuir LAE
3	SSLM normal y en aumento y SLAE alto y en aumento	Aumentar LAE
4	SSLM normal y decreciendo y SLAE bajo y decreciendo	Disminuir LAE
5	SSLM normal, SLAE normal y EL alta	Aumentar LAE
6	SSLM normal, SLAE normal y EL baja	Disminuir LAE
7	SSLM normal, SLAE normal, SS_{EF} bajo y LAE bajo	Aumente LAE
8	SSLM normal, SLAE normal, SS_{EF} bajo y LAE alto	Disminuir LAE
9	Caudal Afluyente Aguas Servidas y PRH altos	Disminuir LAR
10	Caudal Afluyente Aguas Servidas bajo y PRH alto	Aumentar LAR
11	Caudal Afluyente Aguas Servidas normal y PRH alto	Aumentar LAR
12	Caudal Afluyente Aguas Servidas normal y PRH bajo	Disminuir LAR
13	EL alta	Aumentar LAE
14	EL baja	Disminuir LAE
15	AL alta y en aumento	Aumentar LAR

Es evidente que las reglas arriba detalladas no pueden describir todos los aspectos de un proceso de lodos activados, y no se puede esperar que estas Reglas Base digan relación con todas las condiciones operativas posibles. Las Reglas Base tienen por objetivo fundamental el orientar las decisiones día a día, las que deberán adoptarse tomando en especial consideración los siguientes aspectos.

- Cuando se presenta un problema, la selección de una Acción de Control tiene sus efectos más inmediatos en la protección de la calidad del efluente.
- Cuando se presenta un problema, se deben examinar las tendencias de la variable en análisis para poder determinar la acción apropiada.
- Acciones de Control efectuadas recientemente pueden influenciar la decisión del momento.
- Se debe ser precavido al actuar sobre la base de valores puntuales inusualmente altos o bajos.
- Cuando se presenta el problema, a veces hay poco o ningún riesgo en esperar a que se obtenga mayor cantidad de datos, de manera de evaluar comportamientos representativos.

ANEXO 5.- CRITERIOS DE DISEÑO Y BALANCE DE MASA PTAS LODOS ACTIVADOS

5.1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACIÓN OPERACIÓN PTAS LODOS ACTIVADOS

Los principales criterios de evaluación rápida relacionados con una PTAS en base a Lodos Activados pueden resumirse del siguiente modo.

5.1.1.- INFORMACIÓN A CALCULAR

Carga Afluente (F).

$$F(\text{kg/d}) = Q(\text{m}^3/\text{d}) * \text{DBO}(\text{kg}/\text{m}^3)$$

Masa en el sistema (M).

$$M(\text{kgSSLM}) = V(\text{m}^3) * X(\text{kgSSLM}/\text{m}^3)$$

Edad del Lodo (SRT).

$$\text{SRT}(\text{d}) = \text{Masa en sistema} / \text{masa evacuada} = (V * X) / (\text{WAS})$$

Producción de Lodos (Px).

$$P_x = \text{WAS} = Q_w * X_u$$

lo que se genera = lo que se evacúa

Volumen del Estanque (V).

La definición del volumen del Tanque de Aeración dependerá de la definición de los siguientes factores.

Tipo de proceso a adoptar.

Edad del lodo de diseño (SRT).

Concentración del licor mezclado (SSLM o X).

Producción de lodos, P_x (kgSS/d) producto de las definiciones anteriores

Para Aeración Extendida y Aguas Servidas Domésticas, la Edad del Lodo o Tiempo de Retención Celular oscila entre 20 y 30 [días], en tanto que para Lodos Activados a Media Carga, Convencionales, Mezcla

Completa, Contacto-Estabilización, varía entre 5 y 15 [días]. Se acepta que un proceso con una Edad del Lodo mayor a 20 - 25 [días] producirá un lodo mineralizado que no necesitará digestión posterior, mostrando la experiencia que una edad de 25 días permite considerar que el lodo se encuentra estabilizado.

En cuanto a los SSLM, los rangos normales de operación en función del tipo de proceso pueden resumirse del siguiente modo.

PROCESO	Edad Lodo [días]	SSLM [mg/l]
Convencional	5 - 15	1500 - 3000
Mezcla Completa	5 - 15	2500 - 4000
Aeración Extendida (Excepto Zanja Oxidación)	20 - 30	3000 - 6000
Alta Tasa	5 - 10	4000 - 10000
Zanja Oxidación	10 - 30	3000 - 6000

Fuente: Metcalf & Eddy. "Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse", 2003

El volumen del Estanque se determina a partir de la siguiente correlación.

$$SRT = V * X / P_x$$

$$V = SRT * P_x / X$$

La producción de lodos, P_x (KgSS/d) corresponde a la suma de los Sólidos Suspendedos Volátiles (SSV transformados en biomasa por degradación biológica + SSV no degradables del afluente) y los Sólidos Suspendedos Fijos, de acuerdo a lo siguiente.

SSV

1.- **SSVd** (material orgánico soluble transformado en biomasa)

$$DBO \text{ (kg/d)} * Y_{obs} \text{ (kgSSV/kgDBO)} / (1+b * SRT)$$

$$Y_{obs} = Y / (1+b * SRT)$$

$Y = 0,6 \text{ (kgSSV/kgDBO)}$ producción celular neta

$b = 0,06 \text{ (1/d)}$ coeficiente decaimiento endógeno

2.- SSVnd afluente.

SSF

(Sólidos suspendidos no volátiles (fijos) del afluente)

Bajo las consideraciones anteriores, la producción de lodos será la siguiente.

$$Px = \text{SSV generados} + \text{SSVnd afluente} + \text{SSF afluente}$$

$$\text{WAS} = Q_w * X_u \quad (\text{lo que se genera} = \text{lo que se evacúa})$$

Para aguas servidas domésticas, la cantidad de lodo en exceso que se produce en el tratamiento biológico (Px) oscila entre 0,6 y 1,5 Kg de sólidos suspendidos totales por Kg de DBO removida, según el tipo de tratamiento. Algunos valores típicos para Px en aguas servidas son 0,7 – 0,9 para aeración extendida, 1,0 – 1,2 para lodos activados a media carga y convencionales y 1,5 para alta tasa.

5.1.2.- CRITERIOS DE DISEÑO

5.1.2.1.- RELACIÓN ALIMENTO/MICROORGANISMOS (F/M) Y EDAD DEL LODO (SRT)

Los parámetros de diseño de un sistema de Lodos Activados son la Edad del Lodo (SRT) que indica el tiempo que el lodo debe permanecer en el sistema y la relación Alimento/Microorganismos, conocido como F/M por sus siglas en inglés (Food/Microorganisms). La aplicación de parámetros de diseño como el Tiempo de Retención hidráulico no tienen sentido teórico, y los valores que se encuentran en la bibliografía son cuando mucho apropiados para aguas servidas domésticas.

La razón F/M se determina dividiendo los Kg de Alimento (o Carga Orgánica del afluente expresada en KgDBO/día, calculable como = DBO [mg/l] * Caudal [m³/día] / 1000) por la cantidad en Kg de Sólidos Suspendidos del Licor Mezclado en el tanque de aeración. Dicha cantidad de Sólidos Suspendidos se puede calcular considerando la parte volátil (SSVLM) o los totales (SSLM), siendo los volátiles un 75% aproximadamente de los totales. La cantidad de Sólidos se calcula como el producto de la concentración de SSLM o SSVLM (2 a 6 [KgSSLM/m³] dependiendo del proceso) y el volumen del estanque.

Lo anterior se resume como.

$$F/M = \frac{CO \text{ [KgDBO/día]}}{(SSLM \text{ o SSVLM [Kg/m}^3\text{)] * V [m}^3\text{]}}$$

Los rangos normales de operación de la razón F/M en función del tipo de proceso pueden resumirse del siguiente modo.

PROCESO	F/M KgDBO/KgSSVLM/d
Convencional	0,2 - 0,4
Mezcla Completa	0,2 - 0,6
Aeración Extendida (Excepto Zanja Oxidación)	0,05 - 0,15
Alta Tasa	0,4 - 1,5
Zanja Oxidación	0,05 - 0,3

Fuente: Metcalf & Eddy. "Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse", 2003

La relación entre la Edad del Lodo y F/M se obtiene a partir de:

$$\text{SRT [días]} = 1 / (\text{Px} * \text{F/M}) \quad (\text{F/M en [KgDBO/KgSSLM/día]})$$

5.1.2.2.- REQUERIMIENTOS DE OXÍGENO

Los requerimientos de Oxígeno dicen relación con la Demanda Oxidación Carbonácea y la Demanda por Nitrificación. En determinadas tecnologías hay recuperación de Oxígeno por Desnitrificación, con lo cual el requerimiento está dado por la siguiente correlación.

$$\text{AOTR} = \text{AOTRc} + \text{AOTRn} - \text{AOTRd}$$

El detalle de cada variable asociada puede resumirse del siguiente modo.

Demanda por Oxidación Carbonácea.

$$\text{AOTRc} = 0,8 - 1,3 (\text{KgO}_2/\text{KgDBO}) * \text{DBO}(\text{kg/d})$$

Demanda por Nitrificación.

$$\text{AOTRn} = 4,57 (\text{KgO}_2/\text{KgNH}_3) * \text{NKT}(\text{Kg/d})$$

Recuperación por Desnitrificación (si procede).

$$\text{AOTRd} = 2,86 (\text{KgO}_2/\text{KgNO}_3) * \text{NO}_3(\text{Kg/d})$$

El requerimiento anterior corresponde a las condiciones de entrega del proveedor a determinadas condiciones (Actual). El requerimiento de Oxígeno a proveer (Standard) deberá considerar una corrección a las condiciones específicas de emplazamiento de la PTAS, de acuerdo al siguiente detalle.

$$\text{SOTR} = \text{AOTR} \times f \text{ (Standard y Actual Oxygen Transfer Rate)}$$

El factor de conversión (f) está asociado fundamentalmente asociado al tipo de aeración (superficial, difusión, etc.), a las diferencias entre agua limpia de las pruebas efectuadas por el proveedor y aguas servidas crudas y a las condiciones de presión (definidas por la altitud) y temperatura del emplazamiento de la PTAS.

Si no se cuenta con toda la información requerida para efectuar este cálculo, se puede utilizar una aproximación referencial dada por los siguientes rangos según el tipo de aeración.

Aeración por Difusión	(0 - 500 msnm)	f = 2,1 - 2,5
	(2.000 - 4.000 msnm)	f = 3,5 - 5,0

5.1.2.3.- SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA

Los factores a considerar en el diseño y operación obedecen al siguiente detalle.

$$\text{Carga másica afluyente (kgSS/d)} = (Q + Q_r) \times$$

$$Q_r = 0,50 - 1,50 Q$$

$$\text{Tasa másica} = 140 - 170 \text{ (kgSS/m}^2\text{/d)}$$

Con ambos parámetros se obtiene el área requerida, la cual debe ser verificada en términos del caudal afluyente considerando lo siguiente.

$$\text{Tasa Hidráulica} = 14 - 18 \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{/d)}$$

5.1.3.- EVALUACIÓN CUANTITATIVA EN GABINETE PTAS LODOS ACTIVADOS

El comportamiento de un proceso en base a Lodos Activados depende fundamentalmente de las siguientes variables.

Cantidad de sólidos en el Lodo Activado.
Salud de los Microorganismos.

Durante la visita inspectiva, se deben observar cuidadosamente las condiciones del proceso, así como también verificar y cuantificar los principales aspectos operativos del proceso.

En lo referido a la observación cualitativa de la PTAS, implicará un recorrido por todas las componentes unitarias, observando cada una de ellas y llenando la Lista de Características de la PTAS. Asimismo, la observación visual también deberá incluir el proceso de tratamiento, observando color, olor y estado tanto del circuito Líquido como del de Lodos conforme los delineamientos generales señalados en el Anexo pertinente.

En cuanto a la verificación cuantitativa de los principales parámetros y aspectos operativos del proceso, durante la visita se deberán efectuar las mediciones de terreno viables de ejecutar y solicitar la información de al menos el último mes del comportamiento de la PTAS para efectuar la evaluación.

Los parámetros operacionales a evaluar en gabinete una vez recibida la información deberán considerar los siguientes parámetros.

- Oxígeno Disuelto en el Estanque de Aeración (OD).
- Concentración Total y Volátil de Sólidos en el Estanque de Aeración (SSLM y SSVLM ó X y X_v).
- Recirculación de Lodos (RAS).
- Índice Volumétrico de lodos (IVL).
- Lodos de exceso removidos (WAS).
- Edad del lodo (SRT).
- Relación F/M.

Si se produce nitrificación (lo que debe ocurrir en cualquier proceso que tenga una Edad del Lodo mayor a 10 - 12 días) deben considerarse adicionalmente los siguientes parámetros.

- Temperaturas del agua servida.
- Tasa de nitrificación
- Carga de NKT
- Relación DBO/NKT
- pH y alcalinidad de afluente.

Por otro lado, también se deberán revisar las Bases de Cálculo en lo referente a los siguientes aspectos.

- Caudal y Calidad del afluente
- Calidad del efluente. Análisis comparativo con la calidad requerida por la normativa vigente.

5.1.3.1.- EVALUACIÓN DEL PROCESO BIOLÓGICO.

Si se detecta algún comportamiento anómalo, se deberán tomar en consideración determinados factores que pueden constituirse en un indicador del problema, entre los que destacan los siguientes.

- Cambio en las características del Afluente (variación en el caudal, carga orgánica, temperatura u otros, presencia de tóxicos, etc.).
- Insuficiencia o exceso de SSLM.
- Lodos de Recirculación insuficientes (disminución SSLM y aumento manto de lodos).
- Cantidad de OD por debajo de los niveles mínimos requeridos en el Estanque de Aeración.

A La luz de lo anterior, los controles a evaluar serían los siguientes:

- Control del OD
- Control de Biomasa en el sistema
- SRT constante (la más recomendada).
- Relación F/M constante.
- Concentración de sólidos (X) constante.
- Control de los lodos de Recirculación.

5.1.3.1.1.- OXÍGENO DISUELTO.

La capacidad de aeración está en función de la carga máxima de entrada, por lo que en PTAS con variación horaria de carga importante el control debiera ser horario hasta poder tener el comportamiento del afluente.

Se debe destacar que cuando el suministro de Oxígeno del sistema corresponde a Sopladores, el control del OD puede efectuarse por medio del Control de los Tiempos de Operación de los sopladores, la regulación de los variadores de frecuencia de los sopladores y el control del número de sopladores que funcionan en forma simultánea.

Cuando el suministro de Oxígeno del sistema corresponde a Aeradores Superficiales emplazados en el Tanque de Aeración, el control del OD puede efectuarse por medio del Control de los Tiempos de Operación de los Aeradores, la regulación de los variadores de frecuencia de los aeradores, la sumergencia de los mismos o el número de aeradores que funcionan en forma simultánea.

El Oxígeno Disuelto (OD) en el Tanque de Aeración debería estar sujeto a variaciones entre 1,5 y 2,0 mg/L. El nivel de OD debe mantenerse en dicho rango de concentración, toda vez que concentraciones más altas llevan asociado un gasto innecesario y pueden generar eventuales problemas de decantación en la Sedimentación Secundaria, en tanto que concentraciones más bajas pueden generar un deterioro en la calidad del proceso y fundamentalmente del efluente.

El método de medición contempla generalmente el uso de electrodo con membrana, el que debe ser calibrado permanentemente para asegurar representatividad en las lecturas.

5.1.3.1.2.- CONTROL DE BIOMASA EN EL SISTEMA

El Control de la biomasa en el sistema puede obtenerse sea manteniendo la Edad del Lodo (SRT) constante (la más recomendada), Relación F/M constante o Concentración de Sólidos (X) constante.

Para explicitar los métodos de Control de la biomasa, se presenta a continuación en forma resumida los principales conceptos y parámetros asociados.

EDAD DEL LODO (SRT).

Conceptualmente, la Edad del Lodo (SRT) permite conocer el grado de digestión del lodo y corresponde a la razón entre la Masa de lodo en el Tanque de Aeración y la Masa de lodo evacuada (producida) del sistema, lo que se calcula de la siguiente manera.

$$\begin{aligned} \text{donde} \quad \text{SRT} &= (\text{SSLM (kg/m}^3 \text{)} * V \text{ (m}^3 \text{)}) / \text{WAS (kg/d)} \\ \text{WAS} &= Y * \text{DBO (kg/d)} \end{aligned}$$

A la luz de lo anterior, se puede concluir que la manera de controlar la Edad del Lodo es por medio de la variación de la masa de lodo evacuada (WAS).

La Edad del Lodo varía según el tipo de proceso de Lodos Activados. Así por ejemplo, un proceso de Lodos Activados en base a Aeración Extendida debiera tener un SRT superior a 20 días, recomendándose un valor de 25 días, con lo cual el lodo generado estará estabilizado y no requerirá tratamiento posterior para ese efecto.

SSLM Y SSVLM

Estos parámetros son relevantes para cualquier cálculo o verificación del proceso, y permite calcular la masa presente en el sistema del siguiente modo.

$$M = X(\text{kg/m}^3) * V(\text{m}^3)$$

LODO DE EXCESO (WAS).

Esta variable representa la cantidad de lodo evacuada (producida) del sistema y permite mantener y regular las condiciones operativas del proceso.

La cantidad de lodo a extraer del sistema para permitir mantener el equilibrio del mismo está dada por.

$$\begin{aligned} \text{WAS} &= \text{Caudal WAS} * \text{Concentración lodo sedimentado} \\ &= Q_{\text{was}} \text{ (m}^3/\text{d)} * X_u \text{ (kg/m}^3 \text{)} \end{aligned}$$

La cantidad de Lodo de Exceso (WAS) a evacuar, expresada en función de la Masa del sistema, varía normalmente en los siguientes rangos.

	WAS/M
Aeración Extendida	3 - 12%
Lodo Activado a Media Carga	15 - 30%

En términos de Caudal, la cantidad de Lodo de Exceso (WAS) a evacuar, expresada en función del Caudal Afluente, varía normalmente en los siguientes rangos.

	Qwas/Qaf
Aeración Extendida	2 - 5%
Lodo Activado a Media Carga	3 - 10%

LODO DE RECIRCULACIÓN (RAS)

El Lodo de Recirculación (RAS) permite mantener las condiciones de operación del sistema, siendo la ca- lidad de la sedimentación la que determina el caudal de recirculación. En consecuencia, se requiere co- nocer la concentración de sólidos tanto en el reactor como en el fondo de la sedimentación secundaria

En términos de Caudal, la cantidad de Lodo de Recirculación (RAS) expresada en función del Caudal Afluente, varía normalmente en los siguientes rangos.

	Qras/Qaf
Aeración Extendida	80 - 100%
Lodo Activado a Media Carga	60 - 80%

La forma operacional de la recirculación puede ser sea considerando Flujo constante o la tasa Qr/Q constante.

ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODOS (IVL)

Este es un parámetro característico del licor mezclado y su determinación requiere efectuar el Test de Sedimentación en la PTAS y la determinación en laboratorio de la concentración de sólidos en el licor mezclado.

El cálculo corresponde al cociente entre los Sólidos Sedimentables (en 30 minutos) y la Concentración de los Sólidos Suspendedos en el Licor Mezclado, de acuerdo a lo siguiente.

$$IVL \text{ (mL/g)} = S.Sed. \text{ (mL/L)} / X \text{ (g/L)}$$

donde $X \text{ (g/L)} = X \text{ (mg/L)} / 1000$

El IVL varía normalmente entre 80 y 150 mL/g

Una vez definidos los principales conceptos y parámetros asociados a los métodos de Control de la bio- masa, se presenta a continuación un resumen de los mismos.

5.1.3.1.2.1.- CONTROL PROCESO MANTENIENDO EDAD DEL LODO CONSTANTE

$$SRT = \text{Lodo en el sistema} / \text{lodo evacuado}$$

$$SRT = (V * X) / (Q_w * X_u)$$

El caudal de lodo que debe extraerse del sistema (Q_w) lo define el operador

$$Q_w = (V * X) / (SRT * X_u)$$

En la ecuación anterior, el valor de V corresponde al Volumen Util del Tanque de Aeración, el valor de X corresponde a la concentración del Licor Mezclado (medido en laboratorio), el valor de SRT es un valor específico definido por las condiciones de diseño y modo de operación y el valor de X_u corresponde a la concentración del Lodo Sedimentado (medido en laboratorio).

A la luz de lo anterior, el caudal de lodo que debe extraerse del sistema (Q_w) lo debe definir el operador en base a los resultados del cálculo.

5.1.3.1.2.2.- CONTROL PROCESO MANTENIENDO LA RAZÓN F/M CONSTANTE

La razón F/M permite conocer la condición de carga de la planta y mantenerla dentro de los límites operacionales. Relaciona la carga orgánica afluente de las aguas servidas (no controlables) con la biomasa del sistema (controlables por la operación) y corresponde a la Carga Orgánica afluente dividida por la Masa presente en el sistema, de acuerdo a la siguiente expresión.

$$F/M = DBO \text{ (kg/d)} / (SSLM \text{ (kg/m}^3\text{)} * V \text{ (m}^3\text{)})$$

La razón F/M se encuentra normalmente en los siguientes rangos.

	F/M
Aeración Extendida	0,05 - 0,15
Lodo Activado a Media Carga	0,2 - 0,4

Con el fin de mantener la relación F/M constante, se debe variar la Masa de microorganismos en el licor mezclado ($SSLM$) en función de la variación del sustrato afluente al sistema (DBO_5).

No obstante, este método no es muy aplicado en virtud a que se requiere el valor de la carga orgánica afluente y la DBO genera resultados de la medición recién al cabo de 5 días. Por otro lado, la relación DBO/DQO no siempre es constante, por lo que asumir la DQO como parámetro operacional no necesariamente será representativo de las condiciones reales al momento de la evaluación.

5.1.3.1.2.3.- CONTROL PROCESO MANTENIENDO SSLM CONSTANTE

El mantener la concentración de SSLM constante se controla a través de la evacuación de lodos del sistema.

Para ello se debe definir el valor de SSLM que resulte más conveniente, debiendo para ello realizarse pruebas previas que usualmente duran varias semanas. Dicho valor puede empezar a definirse a partir de un valor de F/M recomendado.

Se debe tener especial cuidado al considerar las muestras de licor mezclado, las que deben ser suficientemente representativas.

5.1.3.1.3.- CONTROL CAUDAL RECIRCULACIÓN.

El control de la cantidad de lodo a recircular puede efectuarse por medio de las siguientes alternativas

- Control directo del nivel del manto de lodos.
- Sedimentabilidad.
- Balance de masa en el reactor.
- Calidad del lodo.

5.1.3.1.3.1.- CONTROL POR NIVEL DEL MANTO DE LODOS

El nivel del Manto de Lodos corresponde altura de la interfase lodo - líquido clarificado en la Sedimentación Secundaria y se mide sea en forma manual con Testigo de Lodos o automática con Sensor de Manto de Lodos (ultrasónico).

El nivel del Manto de Lodos varía generalmente entre 0,6 y 1,0 m medidos desde el fondo, y debe mantenerse constante en el nivel que se establezca como óptimo.

5.1.3.1.3.2.- CONTROL POR SEDIMENTABILIDAD

El Test de Sedimentabilidad permite observar lo que sucede en la Sedimentación Secundaria y evaluar la calidad de la sedimentación del licor mezclado

El método de determinación del Test de Sedimentabilidad puede resumirse del siguiente modo.

- Agregar 2 L de Licor Mezclado en un vaso de sedimentación de 2 L con tapa hermética y agitar enérgicamente.
- Dejar decantar por 60 min.
- Leer cada 5 minutos el nivel de la interfase lodo/agua clarificada (en mL/L).

Para determinar el caudal de recirculación se usa la expresión siguiente:

$$Q_r/Q = VLS / (1.000 - VLS)$$

donde VLS corresponde al valor leído a los 30 minutos en el Test de Sedimentabilidad.

5.1.3.1.3.3.- CONTROL POR BALANCE DE MASAS EN LA SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA

El cálculo se efectúa por medio de un Balance de Masas (lo que entra a la Sedimentación Secundaria es igual a lo que sale de ella).

$$(Q + Q_r) * X = Q_r * X_u + Q_w * X_u + (Q - Q_w) * X_e$$

$$Q_r = (Q * X - Q_w * X_u - (Q - Q_w) * X_e) / (X_u - X)$$

En la expresión anterior sucede lo siguiente.

- X_u es aproximadamente el doble de X , pero X_e es 100 veces menor, por lo que el término $(Q - Q_w) * X_e$ se puede despreciar.
- Q_w es aproximadamente un 5% de Q , por lo que el término correspondiente a $Q_w * X_u$ también se puede despreciar.

A la luz de lo anterior, el balance se simplifica y puede expresarse de acuerdo a la siguiente expresión.

$$(Q_r / Q) = (X / (X_u - X))$$

Tanto X como X_u se miden en laboratorio (de la planta) y es posible efectuar el cálculo con una medición a la semana.

5.1.3.1.3.4.- CONTROL POR CALIDAD DEL LODO

La medición de la velocidad de sedimentación del licor mezclado agitado en función del tiempo se usa para determinar el valor de Q_r .

El lodo debería decantar en forma normal, y si decanta rápidamente se trata de un lodo antiguo, en tanto que si decanta lentamente corresponde a un lodo joven

Tiempo (min)	Concentración Lodo Sedimentado (% V/V)		
	Lento	Normal	Rápido
15	4	8	16
20	4	9	20
25	5	10	22
30	5	11	24
40	5	13	24
50	5	14	24
60	5	14	24
90	7	16	24
120	9	17	24

5.1.3.2.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO DE LODOS

5.1.3.2.1.- ESPESAMIENTO

Esta componente unitaria afecta solamente al caudal, puesto que la masa (contenido de sólidos en base seca) se mantiene.

El espesamiento de lodos se efectúa por diversos modos, entre los cuales los más utilizados corresponden al Espesamiento Gravitacional, Flotación por Aire Disuelto y Mesas Espesadoras.

Las principales características de los distintos tipos de Espesamiento pueden resumirse del siguiente modo.

ESPESADOR GRAVITACIONAL

	Tasa Carga (Kg/m ² /d)	Conc. Lodo Salida (%)
Lodos Primarios	80 - 140	5 - 10
Lodos Secundarios	20 - 30	2 - 3

FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DAF)

Este tipo de deshidratación es especialmente aplicable en Lodos Biológicos Secundarios y Lodos provenientes de Digestión Aeróbica.

	Tasa Carga (Kg/m ² /h)	Conc. Lodo Salida (%)
Sin Polímero	1,8 - 6,5	3 - 5
Con Polímero (2 - 5 g/Kg)	3 - 10	3,5 - 6

MESA ESPESADORA

Este tipo de deshidratación es especialmente aplicable en Lodos Biológicos Secundarios y Lodos digeridos.

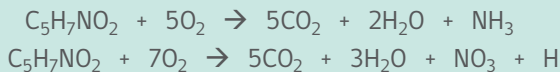
	Dosis Polímero (g/Kg)	Tasa Carga (m ³ /h/m)	Conc. Lodo Salida (%)
Lodo Secundario	1,5 - 4,5	30	4 - 8
Lodo Digerido	1,5 - 4,5	30	10

TAMBOR ROTATORIO

Similar a la Mesa Espesadora.

5.1.3.2.2.- DIGESTIÓN AERÓBICA DE LODOS

En la Digestión Aeróbica de Lodos, en presencia de Oxígeno tienen lugar las siguientes reacciones.



Las principales condiciones de borde y variables asociadas en este tipo de procesos pueden resumirse del siguiente modo.

pH.

Al ocurrir la Nitrificación el pH tiende a bajar (se consumen 7,1 g de alcalinidad por cada g de amonio oxidado). Cuando la alcalinidad del medio es suficiente actúa como buffer e impide la reducción del pH.

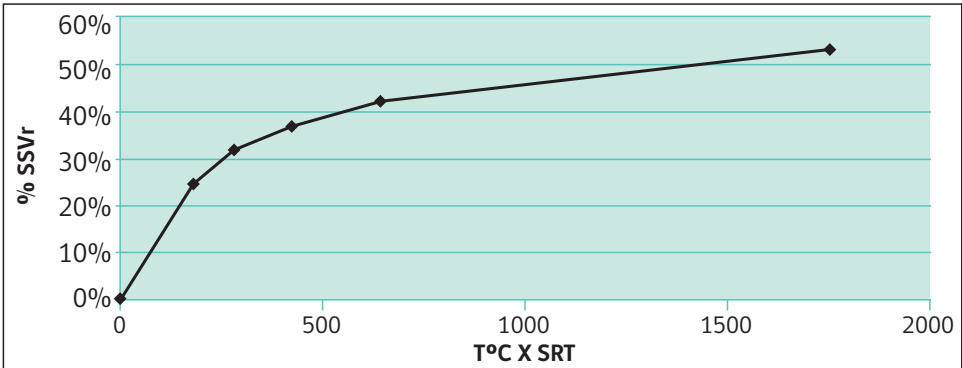
Si no hay alcalinidad suficiente, se debe regular el pH dosificando Cal u otro reactivo.

TEMPERATURA.

Puede variar entre 10 y 42°C idealmente (mesofílico)

EDAD DEL LODO (SRT).

La Edad del Lodo (SRT) está definida como el cociente entre la Masa sólidos y los Sólidos reducidos



Así por ejemplo, si se desea alcanzar un 38% de reducción de Sólidos Suspendidos Volátiles, se puede extraer a partir del gráfico que para esa reducción el producto $T * SRT = 400$, de modo que si la Temperatura es de 20°C, la consecuente Edad del Lodo resulta ser de 20 días.

5.1.3.2.3.- DESHIDRATACIÓN DE LODOS

La deshidratación de los lodos puede efectuarse por medio de un sistema mecanizado o por un medio no mecanizado como Lechos de Secado o Lagunas de Lodos. Las principales características cualitativas de ellos pueden resumirse del siguiente modo.

	Consumo Energía	Ruidos	Vibración	Producción Olores	Impacto Visual
Centrífuga	Alto	Moderado	Alta	Baja	Ninguno
Filtro Banda	Moderado	Bajo	Baja	Moderada	Ninguno
Filtro de Vacío	Alto	Moderado	Baja	Moderada	Ninguno
Filtro Prensa	Moderado	Moderado	Baja	Moderada	Ninguno
Lechos Secado	Bajo	Bajo	Ninguna	Alta	Alto
Laguna de Lodos	Bajo	Bajo		Alta	Alto

En cuanto a las eficiencias de deshidratación de los sistemas mecanizados, dependen de la tecnología adoptada y pueden resumirse del siguiente modo.

Tipo de lodo	Centrífuga		Filtro de vacío		Filtro de banda		Filtro Prensa	
	%entrada	%queque	%entrada	%queque	%entrada	%queque	%entrada	%queque
Primario	5-8	25-36	3-7	25-30	3-7	28-44	5-10	45
Primario + Secundario	3-6	16-30	3-6	16-24	3-6	20-35	8	45
Secundario	1-4	18-22	1-4	12-18	1-4	12-20	5	30-45
Digerido anaerobicamente	3-6	20-25	3-6	18-24	3-6	20-25	6-8	50
Digerido aerobicamente	4-8	12-25	4-8	18-24	4-8	12-25	5-6	45

5.1.4.- CONTROL DE OLORES

FUENTES Y PUNTOS DE GENERACIÓN DE OLORES

Las fuentes de olor se deben normalmente a la emanación de Vapores Inorgánicos que están presentes en las aguas servidas (Ácido sulfhídrico y Amoníaco principalmente) así como también a los compuestos olorosos derivados por descomposición de materia orgánica (Mercaptanos, Sulfuro orgánicos, aminas, etc.).

Los puntos más frecuentes en la generación de olores corresponden a los siguientes:

- Obras de entrada a Plantas Elevadoras.
- Tratamiento Preliminar (rejas, desarenadores, desgrasadores).
- Tratamiento Primario.
- Procesamiento de lodos.

CONTROL DE OLORES

EL Control de olores dice relación con evitar su formación donde sea posible y/o efectuar el Tratamiento pertinente.

DISPERSIÓN A LA ATMÓSFERA

Este procedimiento se puede usar si es aceptable al entorno inmediato, debiendo ser modelado para predecir la dirección y alcance de la pluma.

ADICIÓN DE QUÍMICOS

Los químicos corresponden genéricamente a la adición de Oxidantes y tienen por objetivo oxidar gases odoríferos como Ácido Sulfhídrico, Cloro, Peróxido de Hidrógeno, Ozono, etc.). Su mayor aplicación está dada en las Obras de Entrada (PEAS) y el Tratamiento Preliminar.

Los reactivos más usados son la Precloración, la Ozonización en menor escala y las Sales de hierro, el que reacciona con el H2S formando un precipitado.

TRATAMIENTO DEL AIRE PARA REMOCIÓN DE OLORES

Existen varios métodos, los que pueden resumirse del siguiente modo:

Proceso	Ventajas	Desventajas
Adsorción	Operación simple Aditivos pueden mejorar el tratamiento Pueden ser acomodados a las variaciones de fujo de gas Consistente y confiable	Requiere costo de regeneración del medio La capacidad de adsorción se usa rapidamente Aditivos pueden causar corrosión ambiental Material particulado puede colmatar el medio
Sistemas biológicos	Operación simple No requiere químicos para regeneración Permite tratar variedad de compuestos Económico para tratar altos volúmenes de gas	Requiere amplios espacios Confiabilidad puede ser cuestionable Presenta limitaciones en la transferencia del gas Hay limitaciones en el control del proceso Material particulado puede colmatar el medio Requierecondición ambiental balanceada
Sistemas de combustión	Confiable a altas temperaturas Compuestos ooxidados no son tratados ni química ni biológicamente	Muy caro si es un sistema dedicado Puede causar problemas en el incinerador Se requiere sistema de respaldo si el incinerador no está en uso
Ozonización	Oxidante de alta potencia Operación simple	muy costoso Presenta una serie de problemas operativos Difícil de controlar la dosis altos costos de mantenimiento Gases tóxicos no son bien destruidos
Scrubbers de lecho empacado	Ampliamente usados Tratan económicamente altos flujos de gas alta transferencia de masa Muy efectivo para manejar cambios en la concentración de gases olorosos	Recicla compuestos olorosos alto requerimiento de químicos para regeneración Pueden ser costosos en mantenimiento Químicos pueden ser arrastrados en el gas Aplicable sólo a algunos compuestos
Scrubber tipo sistemas de nebulización	Baja pérdida de carga aplicables a altos flujos de aire Alta transferencia de masa No recila químicos de la regeneración	Alto requerimiento de energía Alto costo de mantenimiento La solución nebulizada puede ser arrastrada con el gas Respuesta lenta a cambios de concentración

5.2.- BALANCE DE MASAS.

El Balance de Masas debe ser desarrollado por el Ingeniero de Planta y tiene por objeto visualizar los caudales, concentraciones y cargas másicas de los parámetros de interés en cualquier punto de la PTAS ante cambios en los datos de entrada u operacionales.

En planilla EXCEL adjunta en Anexo Externo (Balance de Masas) se presenta un Balance de Masas referencial del sistema completo de tratamiento en base a Lodos Activados, vale decir, con los circuitos Líquido y de Lodos y debe ser actualizado en forma mensual, toda vez que hay cambios en los parámetros de entrada u operacionales.

Para un mejor entendimiento del Balance de Masas presentado, se presenta a continuación el detalle de los mosaicos, cuya explicación de cada uno de ellos está asociada a la siguiente nomenclatura.

COMPONENTES CIRCUITO LÍQUIDO

Las celdas que están coloreadas en verde pálido corresponden a las componentes unitarias del circuito líquido de la PTAS, vale decir, al Tratamiento Preliminar, Tanque de Aeración, Sedimentación Secundaria y Estanque de Contacto para la Desinfección.

COMPONENTES CIRCUITO LODOS

Las celdas que están coloreadas en rojo corresponden a las componentes unitarias del circuito de lodos, vale decir, al Espesamiento / Digestión Aeróbica de Lodos Secundarios y Deshidratación de Lodos.

DATOS ENTRADA

X1

Las celdas coloreadas en celeste calipso deben ser llenadas por el Ingeniero de Planta y contienen los valores de entrada al Balance, los que consideran fundamentalmente lo siguiente.

- Caudal y Concentración de los principales parámetros de interés del afluente.
- Concentración a alcanzar de los principales parámetros de interés del efluente.
- Geometría de determinadas componentes unitarias del sistema.

DATOS OPERACIONALES

X2

Las celdas coloreadas en amarillo deben ser llenadas por el Ingeniero y contienen los valores de los parámetros operacionales, permitiendo visualizar el comportamiento del sistema ante cambios de variables como la Edad del Lodo, Sólidos Suspendidos del Licor Mezclado en el Tanque de Aeración, Caudal de Recirculación de lodos, etc.

ANEXO 6.- INDICADORES DE VARIABLES OPERACIONALES

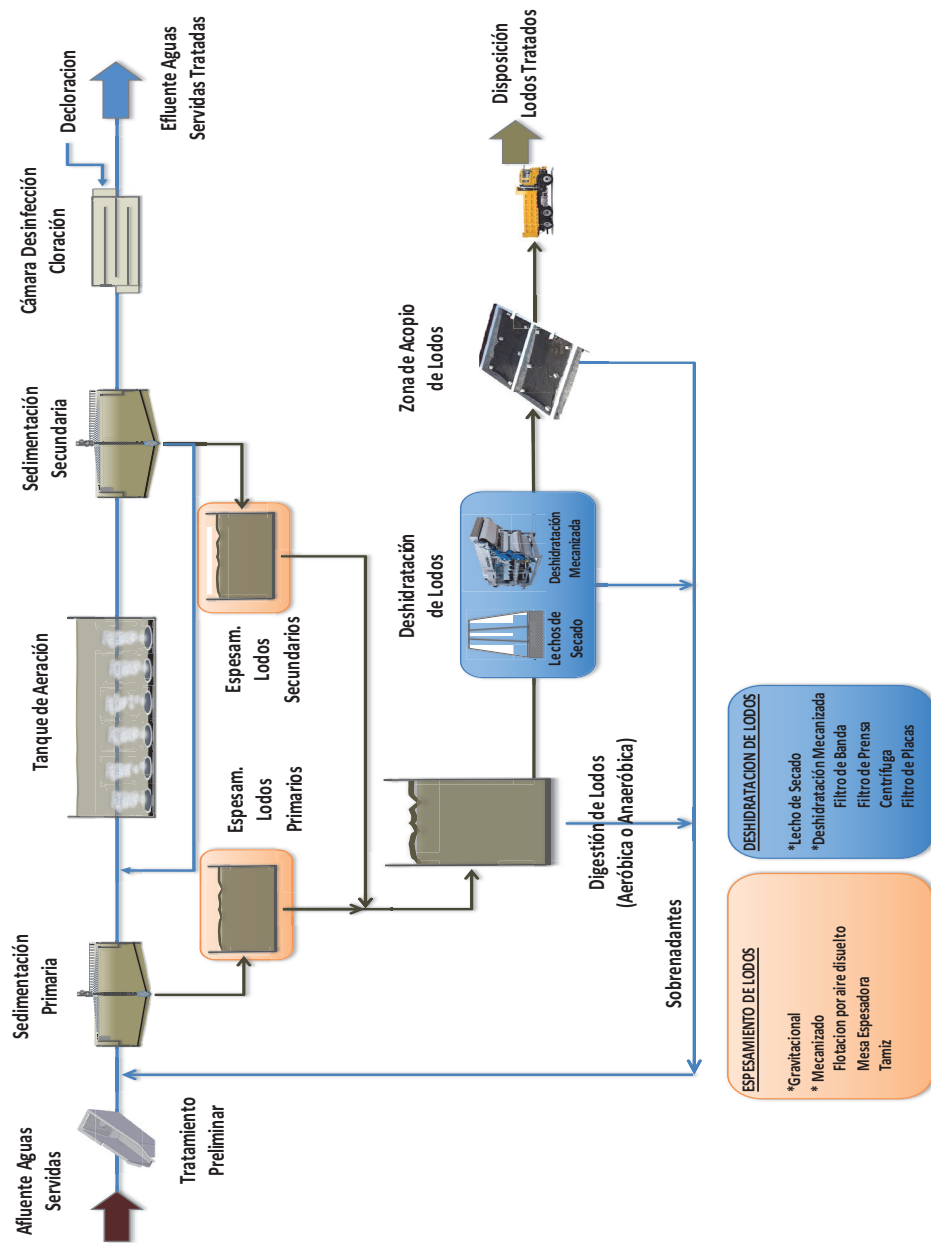
En la siguiente tabla se incluyen algunos indicadores de Variables Operacionales típicos de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas en base a Lodos Activados.

Se incorporó también la Dotación media en el Sector Rural como valor medio obtenido en localidades donde existen mediciones al respecto.

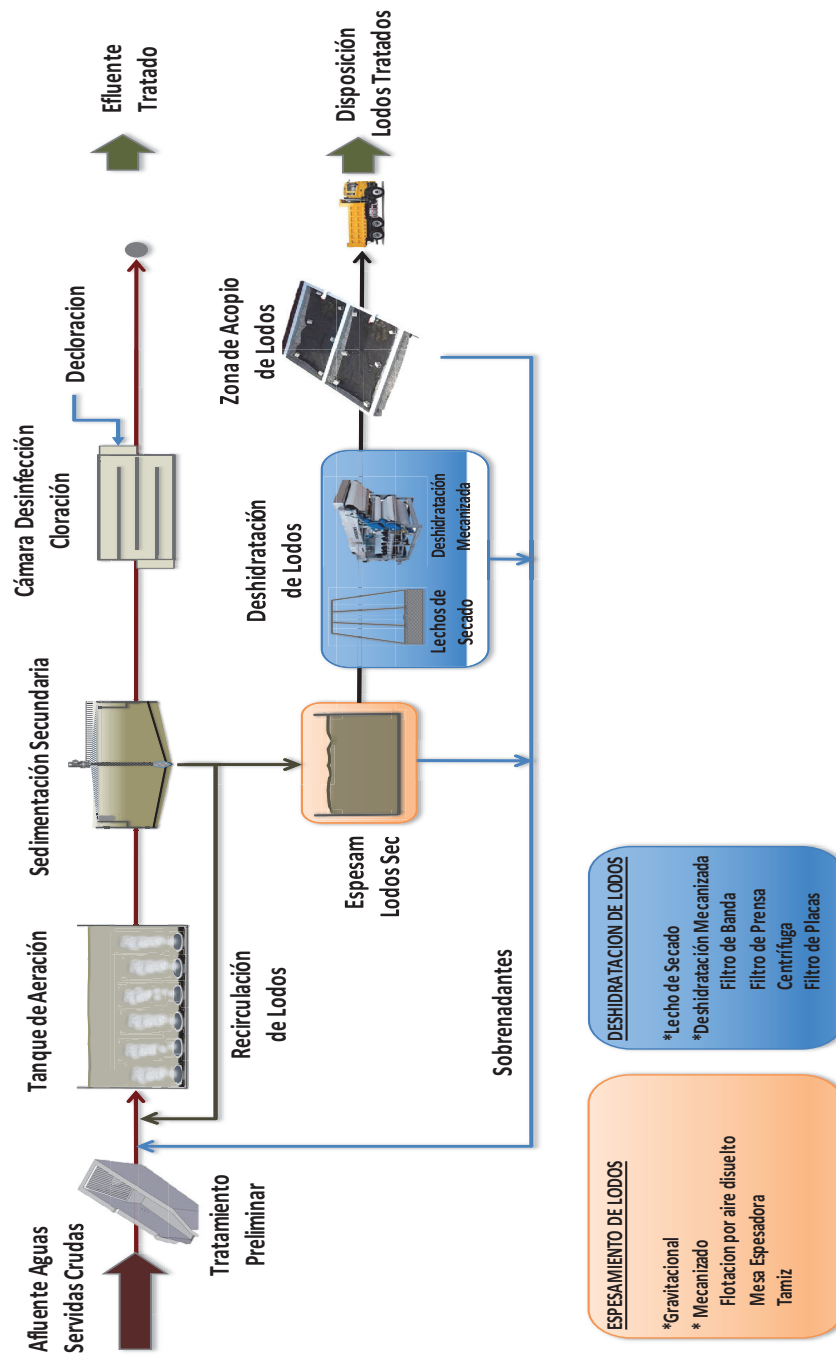
INDICADORES DE VARIABLES OPERACIONALES PTAS LODOS ACTIVADOS POR AERACIÓN EXTENDIDA		
ITEM	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR DE LA VARIABLE OPERACIONAL	VALOR
1.- VOLUMENES ACTUALES		Dotación 150l/hab/d Coef. Recuperación 0,8
2. ENERGÍA ELÉCTRICA	Consumo de energía por volumen tratado mensual (KW-h/m3)	I. Actv. 0,7 - 10
3. PRODUCTOS QUÍMICOS		
3.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR	Consumo de cal por residuo sólido medio mensual (Kg/Kg residuo sólido a tratar) utilizado para tratamiento preliminar	0,1 Kg / Kg Basura
3.2. TRATAMIENTO PRIMARIO	Uso de cloruro férrico al 42% para precipitar químicamente. También es viable utilizar Sulfato de Aluminio	20 - 40 mg/l
3.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO	Oxígeno disuelto en el tanque de aeración	0,7 - 2,0 mg/l
	IVL	80 - 120 g/l
	Caudal recirculación expresado como porcentaje del caudal medio diario del afluente	0,7 - 1,2 Qmedio
3.4. DESINFECCIÓN	Consumo de cloro Gas, Hipoclorito de Sodio o Hipoclorito como Cloro Activo por volúmenes Tratado medio ambiente mensual (mg/l) utilizado por desinfección	L acticado 4 -6 mg/l
3.5. DECOLORACIÓN	Consumo de Metabisulfito de Sodio por Volumen tratado medio mensual (mg/l) utilizado para decoloración	1 mg/l / 1mg/l Cloro residual
	Consumo de Anhídrido Sulfuroso por volumen tratado medio mensual (mg/l) utilizado para decoloración	1 mg/l / 1mg/l Cloro residual
3.6 REMOCIÓN DE FÓSFORO	Consumo de Cloruro Férrico por Volumen tratado medio mensual (mg/l) utilizado para remoción de fósforo	Estequiométrico
3.7. ESTABILIZACIÓN E HIGIENIZACIÓN LODOS	Consumo de Calc para Lodos (Kg/Kg lodo seco) utilizado para estabilización e higienización de lodos	0,20 - 0,25 Kg/Kg
3.7. DESHIDRATACIÓN LODOS SECUNDARIOS	Consumo de Polímero Líquido por Lodo deshidratado medio mensual (gr/ Kg Lodo Seco) utilizado para deshidratación lodos secundarios	7 - 10 mg/l

ANEXO 7.- **LAY OUT ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO** **DE AGUAS SERVIDAS EN BASE A LODOS** **ACTIVADOS**

Lay-Out Lodos Activados Convencionales



Lay-Out Sistema Lodos Activados por Aeración Extendida



ANEXO 8A.-
PLANILLAS PARA EL DIAGNÓSTICO
VISUAL DE PTAS

DIAGNOSTICO VISUAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN BASE A LODOS ACTIVADOS (Planilla mensual)

2.1 EVALUACIÓN OBRAS CIVILES (OOC).					Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4											
2.1 OBRAS CIVILES					EXISTE ÍTEM (S/I/N)	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÍTEM	RANGO	FRECUENCIA	Mes 1																												
Rejas (Manual o Automática)							B. R. M	Trimestral																													
Decanador (Manual o Automático)							B. R. M	Trimestral																													
Degrasador (Manual o Automático)							B. R. M	Trimestral																													
Sedimentador Primaria							B. R. M	Trimestral																													
Estanque de Aeración							B. R. M	Trimestral																													
Sedimentación Secundaria							B. R. M	Trimestral																													
Estanque de Contacto							B. R. M	Trimestral																													
Espesador Lodos Primarios							B. R. M	Trimestral																													
Espesador lodos Secundarios							B. R. M	Trimestral																													
Digestor de Lodos							B. R. M	Trimestral																													
Acumulador de Lodos							B. R. M	Trimestral																													
Lachos de Secado							B. R. M	Trimestral																													
Zona de Acopio							B. R. M	Trimestral																													
OBRAS CIVILES COMPLEMENTARIAS					EXISTE ÍTEM (S/I/N)	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÍTEM	RANGO	FRECUENCIA																													
Cajeta							B. R. M	Trimestral																													
Cierros Perimetrales							B. R. M	Trimestral																													
Caminos interiores							B. R. M	Trimestral																													
Colector efluente							B. R. M	Trimestral																													
Punto de descarga							B. R. M	Trimestral																													
2.2 EVALUACIÓN EQUIPOS Y COMPORTAMIENTO DE LA COMPONENTE																																					
2.2.1 PLANTA ELEVADORA CARGERA					EXISTE ÍTEM (S/I/N)	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÍTEM	RANGO	FRECUENCIA																													
Bombas							B. R. M	Semanal																													
Rejas							B. R. M	Semanal																													
Sensores de Nivel							B. R. M	Semanal																													
Sistema Control de Olores.							B. R. M	Semanal																													
Sistema taje							B. R. M	Semanal																													
CIRCUITO LÍQUIDO																																					
2.2.2 TRATAMIENTO PRELIMINAR					EXISTE ÍTEM (S/I/N)	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÍTEM	RANGO	FRECUENCIA																													
Rejas							B. R. M	Semanal																													
Compactadores							B. R. M	Semanal																													
Contenedores Residuos							B. R. M	Semanal																													
Decanadores							B. R. M	Semanal																													
Sistema de aeración.							B. R. M	Semanal																													
Clasificador de arenas							B. R. M	Semanal																													
Degrasadores							B. R. M	Semanal																													
Concentrador de grasas							B. R. M	Semanal																													
Sistema control de obres							B. R. M	Semanal																													
2.2.3 TRATAMIENTO PRIMARIO.					EXISTE ÍTEM (S/I/N)	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÍTEM	RANGO	FRECUENCIA																													
SEDIMENTACION PRIMARIA QUÍMICAMENTE ASISTIDA (CEPT).																																					
Puentes de arrastre							B. R. M	Semanal																													
Pala Deflectora							B. R. M	Semanal																													
Presencia lodos flotantes							B. R. M	Diario																													
EQUIPAMIENTO DOSIFICACIÓN REACTIVOS																																					
Bomba dosificadora							B. R. M	Semanal																													
Estanque de producto							B. R. M	Semanal																													

2.2.4 TRATAMIENTO SECUNDARIO.	EXISTE ÍTEM (S/NO)	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÍTEM	RANGO	FRECUENCIA
2.2.4.1 REACTORES BIOLÓGICOS.				
Presencia de Espumas.				
Espuma blanca espesa.			Sí o NO	Diario
Espuma efervescente-chocolate.			Sí o NO	Diario
Espuma muy oscura o negra.			Sí o NO	Diario
Color Líquido Mezclado				
Café Chocolateado			Sí o NO	Diario
Café Claro			Sí o NO	Diario
Negro			Sí o NO	Diario
Equipos				
Aeradores Superficiales.			B, R, M	Diario
Aeración por Difusión.			B, R, M	Diario
Sopladores			B, R, M	Diario
Parrilla Difusores				
Aeración Homogénea			Sí o NO	Semanal
Aeración Irregular			Sí o NO	Semanal
Agitadores Sumergibles.			B, R, M	Diario
4.2.- SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA				
Puente de arrastre			B, R, M	Semanal
Placa Deflectora			B, R, M	Semanal
Presencia Lodos flotantes			B, R, M	Diario
EQUIPAMIENTO DOSIFICACIÓN REACTIVOS				
Bomba dosificadora			B, R, M	Semanal
Estanque de producto			B, R, M	Semanal
2.2.5 DESINFECCIÓN Y DECOLORACIÓN				
DESINFECCIÓN.				
2.2.5.1 CLORACIÓN.				
Equipo Cloración por Gas Cloro			B, R, M	Semanal
Sistema de Seguridad (Gas Cloro)			B, R, M	Semanal
Equipamiento Cloración por Hipoclorito de Sodio			B, R, M	Semanal
2.2.5.2 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.				
Equipamiento Desinfección UV			B, R, M	Semanal
2.2.6 DECOLORACIÓN				
Equipamiento por Dióxido de Azufre.			B, R, M	Semanal
Equipamiento por Metabисульфito Sodio			B, R, M	Semanal
CIRCUITO DE LODOS				
LÍNEA LODOS				
2.2.7 ESPESAMIENTO DE LODOS.				
2.2.7.1 GRAVITACIONAL				
Rastras			B, R, M	Diario
Olores			Sí o NO	Diario
2.2.7.2 MECÁNICO				
Mesa Espesadora			B, R, M	Semanal
Flotación por aire Disuelto			B, R, M	Semanal
Compresores			B, R, M	Semanal
Olores			Sí o NO	Diario
Equipo Dosificación Lechada de Cal			B, R, M	Semanal

EXISTE ÍTEM (S/NO)	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÍTEM	RANGO	FRECUENCIA
2.2.8 DIGESTIÓN AERÓBICA			
	Aeradores Superficiales.	B, R, M	Diario
	Aeración por Difusión.	B, R, M	Diario
	Sopladores	B, R, M	Diario
Parrilla Difusores			
	Atiración Homogénea	Si o NO	Semanal
	Atiración Irregular	Si o NO	Semanal
	Agitadores Sumergibles.	B, R, M	Diario
2.2.9 ESTANQUE ACUMULACIÓN DE LODOS			
	Aeradores Superficiales.	B, R, M	Diario
	Aeración por Difusión.	B, R, M	Diario
	Sopladores	B, R, M	Diario
Parrilla Difusores			
	Atiración Homogénea	Si o NO	Semanal
	Atiración Irregular	Si o NO	Semanal
	Agitadores Sumergibles.	B, R, M	Diario
2.2.10 DESHIDRATACIÓN DE LODOS.			
2.2.20.1 DESHIDRATACIÓN MECANIZADA (FILTRO DE BANDA, FILTRO DE PRESA, CENTRÍFUGA)			
	Funcionamiento Equipo Deshidratación	B, R, M	Diario
Características del Lodo			
	Con olor	Si o NO	Diario
	Sin olor	Si o NO	Diario
	Equipo Dosificación de Polímero	B, R, M	Semanal
	Equipo Dosificación de Cal	B, R, M	Semanal
2.2.10.2 DESHIDRATACIÓN POR LECHO DE SECADO			
2.2.10.2 RECIRCULACIÓN SOBREMADANTES			
2.2.13 MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LODOS.			
	Cargador de Lodos Deshidratados	B, R, M	Semanal
Contenedor de Lodos			
	Lleno	Si o NO	Semanal
	Por llenar	Si o NO	Semanal
2.2.14 OTROS			
RESPALDO GRUPO ELECTRÓGENO PTAS			
	Grupo Electrónico	B, R, M	Semanal
	Tableros de Control	B, R, M	Semanal

Nota:

Nota.
B: Estado Bueno
R: Estado Regular
M: Estado Malo

ANEXO 8B.-
PLANILLAS PARA EL REGISTRO Y CONTROL
OPERATIVO DE PTAS

REGISTRO Y CONTROL DE PARAMETROS DE PLANTA

PUNTO DE MEDICION	PARAMETRO (in situ)	SISTEMA DE MEDICION	RANGO	FRECUENCIA	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30
Afluente	Temperatura	Termómetro	5 – 30 °C	Diaria																														
	pH	phímetro portátil	5.5 – 8.5	Diaria																														
	Olor - normal	Olfativo	Sí o NO	Diaria																														
	Olor - huevo podrido	Olfativo	Sí o NO	Diaria																														
	Color - normal	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Color - anormal	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Nivel del líquido	regla graduada	cm	Diaria																														
Sedimentación Primaria	Color - normal	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Color - anormal	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Espuma	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Lodos Sobrenadantes	visual	Sí o NO	Diaria																														
Tanque de Aeración	Oxígeno Disuelto	Medidor Portátil de OD	0.5 – 2.5 mg/l	Diaria																														
	Temperatura	Termómetro	5 – 30 °C	Diaria																														
	pH	phímetro portátil	5.5 – 8.5	Diaria																														
	Turbulencia	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Color Líquido Mezclado																																	
	Color café chocolateado	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Color café claro	visual	Sí o NO	Diaria																														
Sedimentación Secundaria	Color negro	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Presencia de Espuma Superficial	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Tipo de Efluente (claro)	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Tipo de Efluente (turbio)	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Presencia de Sólidos Superficiales	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Oxígeno Disuelto (en vertedero salida efluente)	Medidor Portátil de OD	0.5 – 2.5 mg/l	Diaria																														
	Lodos sobrenadantes	visual	Sí o NO	Diaria																														
Lodo Activado de Retorno	Color																																	
	Café Chocolateado	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Café Claro	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Negro	visual	Sí o NO	Diaria																														
	Caudal Recirculación Lodos	medidor caudal - Horómetro bomba	0.5 - 1.5 Qmed/afi	Semanal																														

Lícor Mezclado	Test de Sedimentabilidad	Cono, probeta	Altura lodo en cono (cm)												
	NVL	Cono, probeta	80 - 120 ml/g												
Estanque Contacto	Cono Residual a la salida	Medidor portátil Cono Residual	Q, 1 - 5 mg/l												
Efluente Final	Oxígeno Disuelto	Medidor Portátil de OD	0.5 - 2.5 mg/l												
	Temperatura	Termómetro	5 - 30 ºC												
	pH	gímetro portátil	5.5 - 8.5												
	Cono Residual	Medidor Portátil de Cono	0 - 1.5 mg/l												
Efloio de la PTAS	Olor normal	olfativo	Si o NO												
	Olor fuerte e intenso	olfativo	Si o NO												
Motores y Equipos	Operación parpa	Acústico	Si o NO												
	Vibraciones	Acústico	Si o NO												
	Ruidos	Acústico	Si o NO												
	Temperatura normal	Táctil	Si o NO												
Registros	Caudal Medio Diario (m3/día)	Medición - Horímetro al inicio del día	M3												
	Consumo de Energía (KWh/día)	Medición KWh al inicio del día	KWh												
	Capacidad Área Tanque Aeración (m3/h)	Indicar minutos/hr funcionamiento	Minutos												
	Lodos de Exceso diario (Horas)	Horas/del bombeo lodos exceso	Horas												
PUNTO DE MEDICION	PARAMETRO (m. stu)	Equipo de Medición	Rango Normal												
	Aluente y Efluente														
	DBO (mg/l)	Laboratorio - Muestra Compuestas	150 - 350 mg/l												
	SST (mg/l)	Laboratorio - Muestra Compuestas	150 - 350 mg/l												
	NKT (mg/l)	Laboratorio - Muestra Compuestas	35 - 50 mg/l												
Tanque de Aeración	PT (mg/l)	Laboratorio - Muestra Compuestas	7 - 15 mg/l												
	Coliformes Fecales efluente (NMP/100 ml)	Laboratorio - Muestra Puntuales (H)	< 1,000 NMP/100ml												
	SST (kg/m3)	Laboratorio - Muestra Compuesta	2,000 - 5,000 mg/l												
	SSV (kg/m3)	Laboratorio - Muestra Compuesta	1,500 - 3,800 mg/l												

ANEXO 9.-

MODELO BALANCE DE MASAS PTAS LODOS
ACTIVADOS POR AERACIÓN EXTENDIDA
(A CONDICIÓN DE CAUDAL MEDIO Y
CONCENTRACIÓN MEDIA)

