

Estudio respirométrico sobre la generación de espumas y flóculo disperso en un proceso de fangos activos de una planta urbana

Emilio Serrano & Josep Xavier Sensada

SURCIS

Datos relevantes del proceso (extraídos de la ficha técnica)

Parámetro (valor medio)	Descripción / Comentario
Tipo de proceso	Reactor biológico 4 cámaras (1 anóxica y 3 óxicas) alimentación Flujo pistón + MBR (membranas fibra hueca Zenon)
Nitrificación / Desnitrificación	Existe nitrificación y desnitrificación
% de zona anóxica dedicada a la Desnitrificación	Hay una única cámara óxica en el reactor pero se tienen dos cámaras del reactor sin aireación real para evitar exceso de nitratos. 50% dedicada a desnitrificación
pH medio en zona de Nitrificación / Desnitrificación	7,6
Temperatura actual media en el biológico / día / noche	18 ° C
DBO₅ (mg/l) media de agua de entrada a reactor biológico (mg/l)	130 mg/L
Amonio (mg/l) medio de entrada / Salida	Nitrógeno amoniacal entrada (N-NH ₄ ⁺)= 27,4 mg/L Después MBR Nitrógeno amoniacal salida (N-NH ₄ ⁺)= 0,36 mg/L
MLSS & MLVSS (mg/l) medio del fango actual en reactor biológico	MLSS medio= 4.083 mg/l MLVSS medio= 77,8% = 3.176 mg/l
Tiempo (h) medio de Retención Hidráulica total <u>de la zona aerobia</u>	Considerando 50% del reactor biológico zona aerobia= 15 h
Tiempo (h) medio de Retención Hidráulica dedicada a la Nitrificación	15 h
F/M: Carga Másica	C.M.:0,025 kg DBO ₅ /kg MSLM
Oxígeno Disuelto en biológico inicio – medio – final	El punto de consigna a conseguir en la oxica 3 cuando las soplantes están funcionando es de 1,5 mg/l. En ese momento medimos: Zona anóxica: 0,3 mg/l Zona óxica 1: 2,5 mg/l Zona óxica 2: 0,3 mg/l (actúa como anóxica) Zona óxica 3: 1,5 mg/l
En caso de que los fangos activos presenten espumas: color de las espumas	Espumas Marrones

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS, PECULIARIDADES Y/O PROBLEMA EN EL PROCESO DE DEPURACIÓN BIOLÓGICA Y/O DECANTACIÓN.

Fecha:

- EDAR: TAMIZADO GRUESO+DESARENADO-DESENGRASADO+TAMIZADO FINO (1MM)+ REACTOR BIOLÓGICO+MBR
- EL BIOLÓGICO CONSTA DE CUATRO CÁMARAS SEPARADAS. 1 ZONA ANÓXICA CON 2 AGITADORES SUMERGIBLES Y 3 ZONAS OXÍCAS (LA 1ª CON MAYOR DENSIDAD DE DIFUSORES SIN AGITADORES SUMERGIBLES, LA 2º CON MENOR DENSIDAD DE DIFUSORES QUE LA 1ª Y CON AGITADORES SUMERGIBLES Y LA 3ª CAMARA CON MENOR DENSIDAD DE DIFUSORES QUE LA 2ª Y AGITADORES SUMERGIBLES).
- SIEMPRE HA EXISTIDO DIFERENCIA ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE SSLM EN LAS 4 CÁMARAS DEL REACTOR.
- ACTUALMENTE SE HA DISMINUIDO MUCHÍSIMO EL CAUDAL DE ENTRADA CASI EN 2000 M3/H Y LA CARGA QUE ENTRA TAMBIÉN ES MUCHO MENOR.
- DESDE EL 17.01 2013 QUE NOS REALIZARON UN VERTIDO CON DQO ELEVADA Y BAJA CONDUCTIVIDAD CUESTA ALCANZAR LA CONSIGNA DE OXIGENO EN EL REACTOR. ANTES LA CONSIGNA SE ALCANZABA CON UNA SOLA SOPLANTE Y ACTUALMENTE SE NECESITAN 2.
- EL AGUA A LA SALIDA DE LAS MEMBRANAS CUMPLE PERFECTAMENTE EXIGENCIAS EL PROBLEMA ES QUE LAS MEMBRANAS SE ENSUCIAN A UN RITMO ALARMANTE, CUANTO ANTES APENSAS SUBIA LA TMP.
- TODOS LOS DÍAS SE DESHIDRATA, INCLUSO LOS FINES DE SEMANA. NO SE DISPONE DE ESPESADOR SOLO DE UNA BALSA DE HOMOGENIZACION DE FANGOS DE 400 M3 DE CAPACIDAD UTIL. SE DESHIDRATA POR LAS NOCHES POR PROBLEMAS DE OLORES (CERCA DE UN HOTEL Y CASAS). SE TIENEN 2 CENTRÍFUGAS DE CAPACIDAD 13 M3/H.

Datos de las muestras obtenidos en Surcis

Dato	Parámetro	Valor (mg/l)	Comentario
DQO influente a biológico	DQO	470	
DQO estándar orgánico (Acetato sódico)	DQO _{ac}	273	

Objeto del estudio

El presente estudio se refiere exclusivamente al proceso de fangos activos del reactor biológico previo al reactor MBR.

El objetivo del estudio se basa en analizar el comportamiento y diagnóstico actual del proceso en los siguientes puntos:

1. Actividad biológica de la biomasa por sí misma (respiración endógena)
2. Actividad biológica frente a un sustrato estándar.
3. Actividad biológica frente a la DQO soluble degradable que la biomasa es capaz de asimilar.
4. Análisis de los parámetros operativos actuales.
5. Actividad biológica en la nitrificación.
6. Sustrato orgánico soluble necesario para la desnitrificación.

Partes del estudio

1. Respiración endógena
2. Concentración de biomasa activa (X)
3. Coeficiente de rendimiento del crecimiento de la biomasa heterótrofa (YH)
4. DQO soluble rápidamente biodegradable (DQOrb)
5. Carga másica (F/M)
6. Tasa de nitrificación (AUR)
7. Conclusiones

Análisis visual y preparación del fango activo

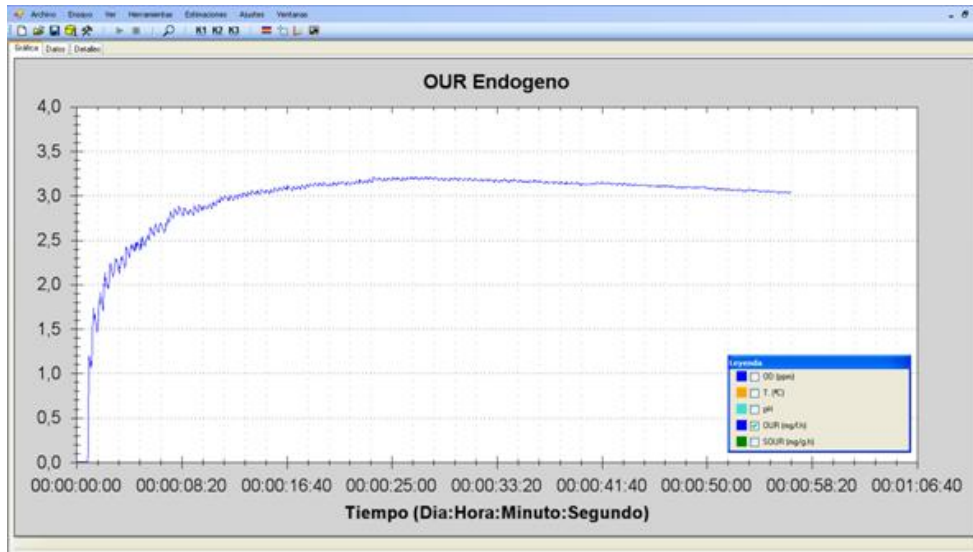
El fango presenta un aspecto de disgregación, con flóculo algo disperso (no floculado)

Cuando se agita y airea, el fango pasa a flotar en la superficie generando espumas de color marrón oscuro.

En el estudio se utilizó fango activo del reactor y fango de recirculación. Para evitar la flotación del fango con espumas, en ambos casos se tuvo que añadir cloruro férrico para facilitar su decantación y su homogeneización en el reactor del respirómetro durante su agitación.

1. Respiración endógena

Se determina la tasa de respiración (OUR) de la respiración endógena por medio de un ensayo OUR realizado con fango del final del reactor biológico (balsa 3) después de haberse sometido a una sobreaireación durante un periodo > 12 horas.



Resultados		Resultados	
OD (ppm)		OD (ppm)	
T. (°C)		T. (°C)	
pH		pH	
OUR (mg/l.h)		OUR (mg/l.h)	
SOUR (mg/g.h)		SOUR (mg/g.h)	
Primer valor :	0	Primer valor :	0
Último valor :	3,04	Último valor :	0,97
Mínimo :	0	Mínimo :	0
Máximo :	3,21	Máximo :	1,03
Promedio :	2,95	Promedio :	0,94

$OUR_{end} = 3 \text{ mg/l.h}$

$SOUR_{end} = 0,97 \text{ mg/g.h}$

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango (proceso actual)	Valoración
OUR_{end}	Concentración de biomasa activa Inhibición	3 (mg O ₂ /l.h)	7,9 - 14,3 (mg O ₂ /l.h)	Bajo

Valor medio habitual del OUR_{end} : entre $0,0025 * MLVSS$ y $0,0045 * MLVSS$

Valor que debería tener el OUR_{end} en el fango actual: entre $0,0025 * 3175 = 7,9 \text{ mg/l.h}$ y $0,0045 * 3175 = 14,3$

Fuente: Respirometry for Environmental Science and Engineering – James G. Young & Robert M. Cowan. 2004

Análisis de la respiración endógena

El valor del OUR_{end} queda por debajo del rango habitual (7,9 -14,3) para la para la concentración actual de MLVSS en este proceso específico. Ello nos hace predecir que puede haber una baja concentración de biomasa activa.

2. Concentración de biomasa activa (X)

$$X = \text{OUR}_{\text{end}} / (f_{\text{cv}} * b)$$

$$\text{OUR}_{\text{end}} (\text{mg/l.d}) = 3 * 24 = 72$$

$$f_{\text{cv}} (\text{O}_2/\text{X}): \text{Demanda de oxígeno por unidad de biomasa} = 1.42$$

$$b_{\text{H}} (\text{d}^{-1}): \text{Tasa de decaimiento} = 0,24. 1,04^{(t-20)} \approx 0,22$$

Rango de valores habituales de X: entre 14 y 25 % de MLVSS

Fuente: *Respirometry for Environmental Science and Engineering* – James G. Young & Robert M. Cowan. 2004

$$X = 72 / (1,42 * 0,22) \approx 230 \text{ mg/l}$$

$$F_x: \text{Porcentaje de X en MLVSS} = 100 * 230 / 3176 = 7 \%$$

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango (proceso actual)	Valoración
X	Concentración de biomasa activa	230 (mg O ₂ /l.h)	7,9 – 14,3 (mg O ₂ /l.h)	Bajo
F _x	% de biomasa activa en MLVSS	7 (%)	14 – 25 (%)	Bajo

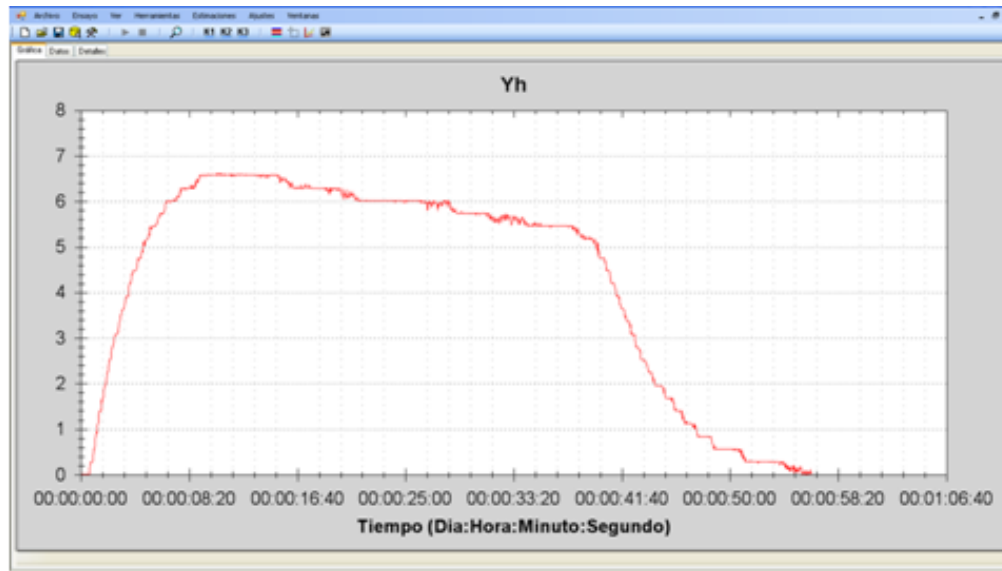
Análisis de la concentración de biomasa activa

El valor del 7% queda por debajo del rango habitual (14 – 15 %)

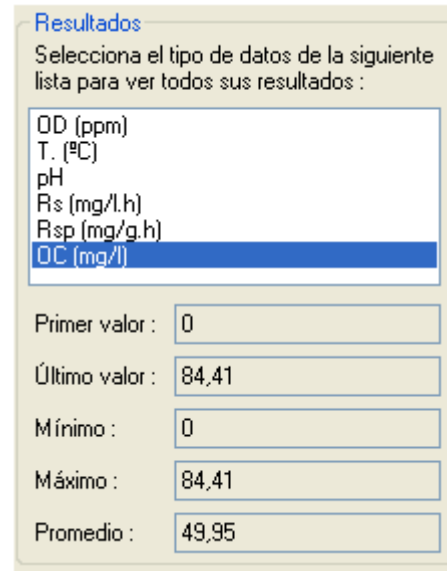
La causa más probable es la baja carga másica con que el proceso está operando (ver punto 5) y el bajo porcentaje de DQO soluble biodegradable en la DQO (ver punto 4) asimilada por la biomasa.

3. Coeficiente de rendimiento del crecimiento de la biomasa heterótrofa: Y_H

La Y_H se determina mediante un ensayo de respirometría utilizando una solución estándar de acetato sódico de 300 mg/l de DQO (DQO_{ac}) y fango activo libre de sustrato. En nuestro caso se utilizó fango de recirculación en respiración endógena preparado para el caso.



Respirograma de R_s para Y_H



Detalle de resultados

$$Y_{H,DQO} = 1 - OC / DQO_{ac} = 1 - 84 / 273 = 0,69 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} Y_{H,DQO} = \mathbf{0,69} \text{ (O}_2\text{/DQO)}$$

$$Y_{H,VSS} = Y_{H,DQO} / 1,42 = 0,69 / 1,42 = 0,48 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} Y_{H,VSS} = \mathbf{0,48} \text{ (VSS/DQO)}$$

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango	Valoración
$Y_{H,DQO}$	Crecimiento de la biomasa Actividad biológica - Inhibición	0,69 (O_2/DQO)	0,5 - 0,8 (O_2/DQO)	Normal

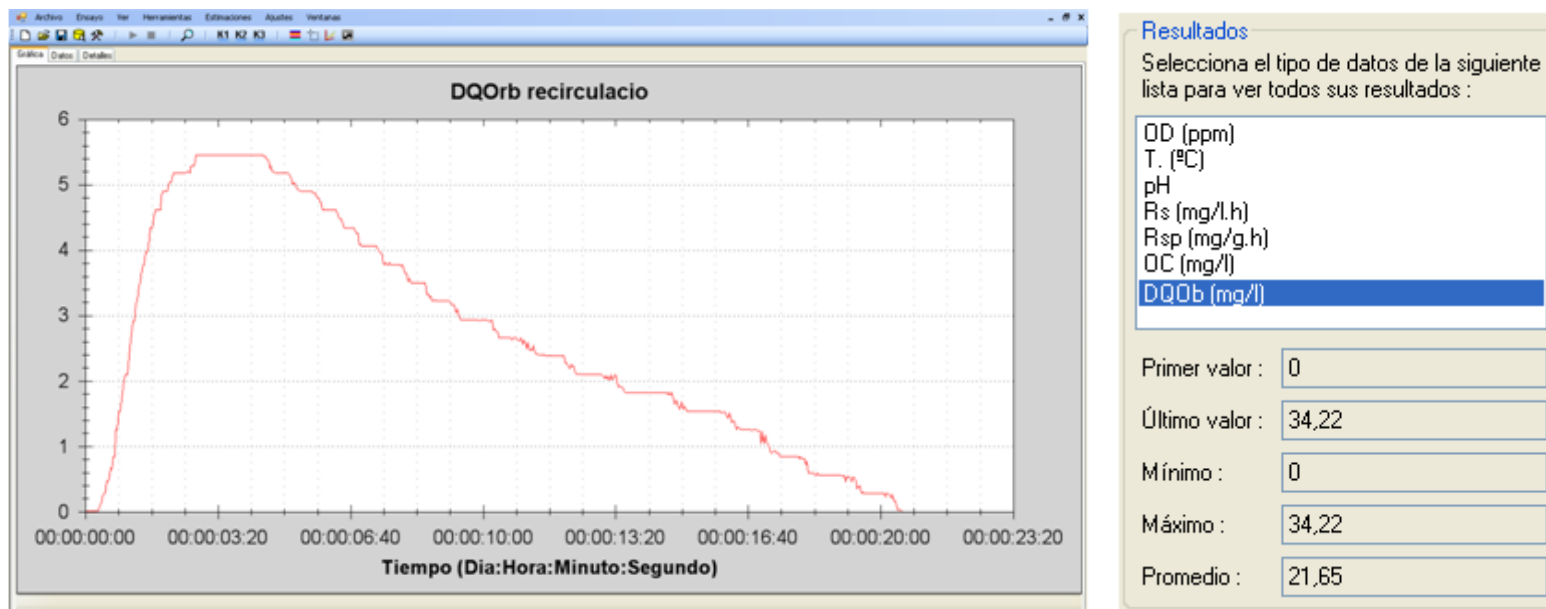
Análisis del resultado de Y_H

El valor de la Y_H es normal para este tipo de proceso de fangos activos.

Sin embargo se observa una baja tasa de respiración máxima y ralentización de la actividad, lo cual nos sugiere que la biomasa puede tener una actividad normal pero que, como consecuencia de su baja concentración (ver punto 2), la degradación del sustrato es lenta.

4. DQO soluble rápidamente biodegradable específica del proceso actual (DQOrb = S_s)

La DQOrb se determina mediante un ensayo de respirometría utilizando un volumen determinado de agua residual soluble (filtrada a 0,45 micras) y fango activo libre de sustrato. En nuestro caso se utilizó fango de recirculación en respiración endógena preparado para el caso.



DQOrb (S_s)= 34 mg/l

rb = 100 (34 / 470) = 7 %

rb: % de la DQOrb en la DQO total

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango	Valoración
DQOrb rb	DQO soluble biodegradable % de DQOrb en DQO total	34 (mg /l) 7 (%)	70 - 164 (mg/l) 15 - 35 (%)	Baja Baja

Análisis de la DQOrb

El porcentaje de DQOrb en la DQO total queda por debajo del rango normal (15 - 35%), por lo que la DQOrb soluble asimilada por la biomasa es muy baja y, a su vez, genera una carga másica de DQOrb (F/M_{rb}) extremadamente baja. Por otro lado, Teniendo en cuenta que la desnitrificación va a consumir la DQOrb, se deduce que la biomasa heterótrofa se va a quedar prácticamente sin alimento orgánico.

5. F/M

$$F/M = 0,025$$

$$F/M_{rb} = DQOrb * 24 / (MLSS * TRH) = 34 * 24 / 4083 * 30 = 0,0067$$

F/M: Carga másica por DBO

F/M_{rb}: Carga másica por DQOrb asimilada

Valor que debería tener la F/M_{rb} con la F/M actual: $0,7 * F/M \approx 0,7 * 0,025 = 0,017$

PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS DISTINTOS PROCESOS DE FANGOS ACTIVADOS

TIPO DE PROCESO	Carga Másica	Edad del Fango	Carga Volúmica	Concentración MLSS en cuba	Tiempo de retención hidráulico	Rendimiento eliminación DBO5	Qr/Q
	(kg DBO ⁵ /kg MLSS * d)	(días)	(kg DBO ⁵ / m ³ * d)	(mg/l)	(horas)	(%)	(%)
FLUJO PISTÓN	0,2 - 0,4	5 - 15	0,3 - 0,6	1500 - 3000	4 - 8	85-95	25-50
MEZCLA COMPLETA	0,2 - 0,6	5 - 15	0,8 - 2,0	3000 - 5000	3 - 5	85-96	25-100
ALIMENTACIÓN ESCALONADA	0,2 - 0,4	5 - 15	0,6 - 1,0	2000 - 3500	3 - 5	85-97	25-75
AIREACIÓN PROLONGADA	0,05 - 0,1	20 - 30	0,1 - 0,4	3000 - 6000	18 - 36	85-98	75-150

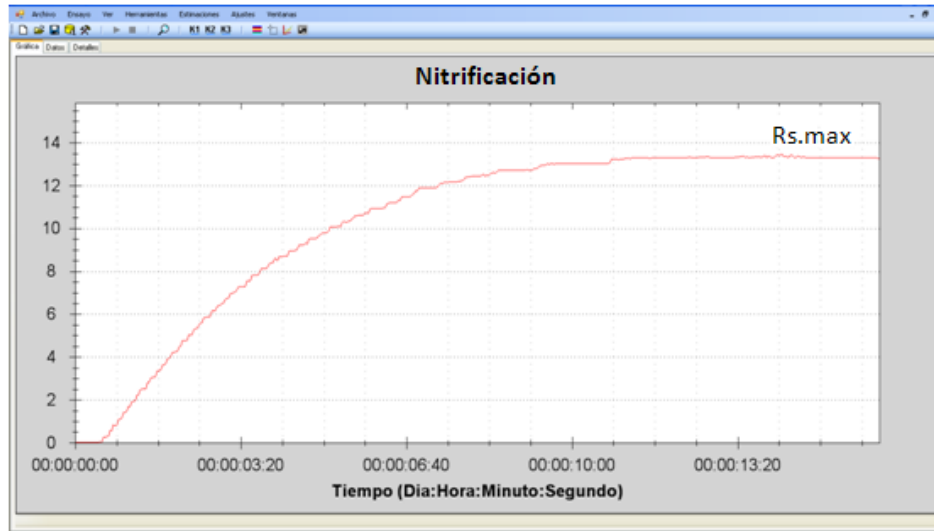
Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango	Valoración
F/M _(DQOrb)	Carga másica por DQO soluble biodegradable	0,0067 (DQO/SS.d)	> 0,017 (DQO/SS.d)	Baja

Análisis de la F/M

En principio, sujetándonos al proceso por fangos activos (excluyendo el reactor de membranas) y por el tipo de proceso, la F/M queda por debajo del rango normal. Teniendo en cuenta el bajo porcentaje de DQOrb en la DQO, la F/M_{rb} pasa a ser extremadamente baja (0,0067) y fuera de rango en este proceso específico (> 0,017). Así mismo, en proporción inversa, la edad del fango actual sería excesivamente alta.

Tasa de la Nitrificación (AUR)

Se determina la tasa de respiración (OUR) de la respiración endógena por medio de un ensayo OUR realizado con fango del final del reactor biológico (balsa 3) preparado y después de haberse sometido a una sobreaireación durante un periodo > 12 horas.



$$R_{s,max} = 13,5 \text{ mg/l.h}$$

$$AUR = 13,5 / 4,57 = 2,95 \text{ mg N-NH}_4/\text{l.h}$$

$$T_N = S_N / AUR = 27,4 / 2,95 = 9 \text{ h}$$

4,57: mg O₂ que necesita cada mg de N-NH₄

T_N: Tiempo mínimo necesario para la nitrificación

S_N: Concentración de amonio en afluente

Parámetro	Aplicación	Resultado	Rango (proceso actual)	Valoración
AUR T _N	Tasa de eliminación del amonio a tratar Tiempo necesario para la nitrificación total	2,95 (mg N-NH ₄ /l.h) 9 (h)	< 44 (mg N-NH ₄ /l.h) < 15 (h)	Baja Baja

Análisis del AUR

El valor del AUR (2,95) está algo bajo, pero con el tiempo de retención hidráulica disponible (15 h), no tiene por qué haber problemas.

Materia carbonosa soluble ($S_{S, DN}$) necesaria para la Desnitrificación

Puesto que carecemos del dato, hemos asumido un valor teórico aproximado de nitrato a desnitrificar de 30 mg N-NO₃/l

$$S_{S, DN} = 2,86 * N_{NO_3d} = 2,86 * 30 \approx 86 \text{ mg DQOrb/l}$$

Source: W.W. Eckenfekder & J.L. Musterman – 1995

Análisis de la $S_{S, DN}$

Puesto que la DQOrb de afluente nos ha dado un resultado de 34 mg/l, y se necesita un mínimo de 86 mg/l, deducimos que el proceso de la desnitrificación queda falto de materia carbonosa soluble.

Por otro lado, también se deduce que la baja DQOrb de la entrada se consume totalmente por el proceso de la desnitrificación. Por ello, el proceso aerobio queda ausente de DQO soluble degradable para su crecimiento.

Conclusiones

- El proceso actualmente se encuentra sometido a la influencia de una baja carga másica y una extremadamente baja carga de la DQO soluble biodegradable. En principio, esta puede ser la causa más probable del flóculo disperso y generación de espumas marrones oscuras.
- Por los niveles de oxígeno disuelto en balsas, no parece que existan problemas de oxigenación.
Se deduce que debido a la escasa carga orgánica la balsa 1 es la que tiene el nivel más alto de oxígeno (2,5 ppm)
La balsa 3 adquiere un nivel más bajo de oxígeno debido a que es donde opera el punto de consigna (1,5 ppm), se alimenta de fango anóxico de la balsa 2 y sigue existiendo la actividad por nitrificación.
- La nitrificación, aunque algo baja, no parece tener problemas de actividad.
- En las actuales condiciones, la desnitrificación va a presentar problemas por una falta evidente de materia carbonosa.
Este problema va a seguir persistiendo mientras se continúe operando con la carga másica actual.
- En principio, no se ve la necesidad de operar con dos balsas anóxicas para la desnitrificación, ya que la causa de su posible bajo rendimiento no está en el tiempo de residencia hidráulica sino en la falta de materia carbonosa soluble.

Posibles acciones a realizar (según literatura)

Según literatura, para acometer este tipo de problemas se pueden realizar entre otras las siguientes acciones:

- Ir incrementando la purga en no más de un 10% día, y ajustar el fango de recirculación, hasta que el proceso alcance valores normales de parámetros operativos (F/M, TRC) y empiece a aparecer una espuma color café claro.
- Si ello fuera posible, reducir al máximo las espumas por medios mecánicos.
- Suministrar al proceso materia orgánica fácilmente biodegradable adicional tanto para el proceso anóxico como para el óxico.

SURCIS, S.L.

Tel. +34 932 194 595 / +34 652 803 255

E-mail: surcis@surcis.com / eserrano@surcis.com

Internet: www.surcis.com