

Estudio respirométrico sobre la causa de una posible inhibición en un proceso de fangos activos de una planta urbana

Emilio Serrano

SURCIS

Ficha técnica

| Parámetro (valor medio) | Modo / Valor | Fecha | Descripción / Comentario |
|---|---|----------|--|
| * Tipo de proceso | Contacto – estabilización | 21/05/12 | El reactor NO funciona como Contacto – estabilización ya que se opera como flujo pistón |
| * Nitrificación / Desnitrificación | NO | 21/05/12 | Sólo parcial en verano y si la condiciones lo permiten |
| % de zona anóxica dedicada a la Desnitrificación | NA | 21/05/12 | Se tiene la última parte del reactor parcialmente anóxica para poder controlar las posibles nitrificaciones en función del potencial redox |
| * pH medio en zona de Nitrificación / Desnitrificación | 7.2 (valor de la última semana) | 21/05/12 | Valor del pH al final del reactor al no haber N/D no se controla este parámetro en distintos puntos de la balsa |
| * Temperatura actual media en el biológico / día / noche | 23 °C (idem) | 21/05/12 | No hay prácticamente variación diurna |
| * DQO (mg/l) media de agua de entrada a biológico | 516 mgO ₂ /l (idem) | 21/05/12 | |
| * DBO₅ (mg/l) media de agua de entrada a reactor biológico (mg/l) | 244 mgO ₂ /l (idem estimado por ratio) | 21/05/12 | Calculado por ratio de la semana anterior y al tener la DQO (Ratio 0.47) |
| * DQO (mg/l) media en efluente | 67 mgO ₂ /l (idem) | 21/05/12 | |
| DBO₅ (mg/l) media efluente | 11 mgO ₂ /l (idem estimado por ratio) | 21/05/12 | |
| * Amonio (mg/l) medio de entrada / Salida a biológico | 71.4 mgN/l (e) y 41.7 mgN/l de NT con 39.1 mgN/l de NH ₄ de salida | 21/05/12 | Entrada NT y salida es Nitrógeno amoniacal (N-NH ₄ ⁺) |
| Nitrato (mg/l) medio al final de la zona anóxica | 3.3 mgN/l | 21/05/12 | Se mide para ver la posible nitrificación |
| Caudal medio Q (m³/h) de entrada a reactor biológico | 5.225 (media semanal) | 21/05/12 | Calculado con al media semanal |
| % Caudal fango Recirculación vs. caudal influente | 135 | 21/05/12 | Caudal medio de la última semana |
| Volumen (m³) zona aerobia del reactor biológico | 44.800 | 21/05/12 | Se cuenta como TODO el reactor biológico |
| * MLSS / MLVSS (mg/l) medio del fango actual | 2.86 g/l y 85,4 % MV | 21/05/12 | Datos de la última semana |
| * MLSS / MLVSS (mg/l) medio del fango de referencia (de otra planta) | -- | 21/05/12 | NA |
| Volumen (m³) zona anóxica del reactor biológico | 11.200 | 21/05/12 | No es una zona anóxica como tal pero a veces ocasiones actual como tal |
| Tiempo (h) medio de Retención Hidráulica total <u>de la zona aerobia</u> | 8.6 | 21/05/12 | Calculamos TODO el reactor como zona aerobia!!! |
| * Tiempo (h) medio de Retención Hidráulica dedicada a la Nitrificación | 6.4 | 21/05/12 | Calculando el reactor de nitrificación como las ³ / ₄ partes |

| | | | | |
|---|--|--|----------|---|
| | Tiempo (h) medio de Retención Hidráulica de la zona anóxica | 2.15 | 21/05/12 | Calculando el reactor de nitrificación como las cuarta parte del total, que no es real pero es un cálculo, será en realidad 1/6 parte |
| * | Θ media: Edad del Fango (d) | 3 | 21/05/12 | Cálculos de la última semana de operación de mayo |
| * | F/M: Carga Másica | 0.24 KgDBO5 / Kg MLSS d | 21/05/12 | Con el dato de 244 de DQO |
| | IVF (mg/l) media | 93 | 21/05/12 | |
| * | Oxígeno Disuelto en biológico inicio – medio – final | 1 ppm – 0.8 ppm y 0.3 ppm | 21/05/12 | OD del inicio del reactor (50 %) - el medio del reactor (25 %) y el final (anóxico) (25 %) |
| | Tipo de aireación | Helixores | 21/05/12 | Difusores estáticos de burbuja gruesa |
| | Transferencia Oxígeno del sistema actual de aireación (Kg O₂/kW.h) | | | |
| | Kg O₂/día del sistema actual de aireación | | | SOTR del sistema de aireación |
| | C/N/P en Proceso Biológico | 100/29/4 | 21/05/12 | Respecto a DBO |
| | Nitrógeno (mg/l) total medio en influente en el reactor | 71.4 mgN/l (e) | | El dato es el mismo que en el de amonio medio entrada / salida |
| | Fósforo total (mg/l) soluble en influente en el reactor | 10.3 mgP/l | 21/05/12 | El valor es el del Pt que es que se calcula para la eliminación de P vía química |
| * | Nitrógeno total (mg/l) medio en efluente | NTK: 41,7 y NO ₃ : 3.30 mgN/l | 21/05/12 | Valor de amonio |
| * | Fósforo total (mg/l) soluble en efluente | 0.6 mgP/l | 21/05/12 | Valor para un Pt de 1.2 mgP/l |
| * | Nitrito (mg/l) en efluente | <0.2 mgN/l | 21/05/12 | No se mide normalmente |
| * | En caso de que los fangos activos presenten espumas: color de las espumas | No | | |
| * | Microorganismos filamentosos | No | | En ocasiones 1863 |
| * | Conductividad en influente | 2753 μS/cm | | Datos de la última semana de operación |
| * | Grasas & Aceites | 170 mg/l | 21/05/12 | En muestras de 24 h, una vez al mes, determinación de aceites y grasas |
| | Metales | No | | |

EN EL CASO DE QUE EXISTAN UNA O MÁS ETAPAS EN EL PROCESO, SE NECESITARÁN LOS DATOS MÁS RELEVANTES DE CADA UNA DE ELLAS COMO PROCESOS INDIVIDUALES (CON FICHA DE DATOS INDEPENDIENTE)

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

Fecha: 21/05/12

La planta está diseñada con objeto de ocupar el mínimo espacio posible y al ser compacta presenta dos variaciones del diseño normal que afecta al funcionamiento y operación de la misma de forma importante. La decantación (tanto la primaria como la secundaria) son lamelares y el reactor biológico es de tipo contacto estabilización aunque se opera como flujo pistón, puesto que se dejó esa posibilidad. La aireación presenta dos zonas: contacto, donde entran en contacto el agua a tratar y la recirculación, si se trabajase en modo contacto-estabilización y estabilización, donde llega la recirculación en cualquier caso y al operar en flujo pistón también llega el agua de salida de primarios. En contacto la aireación puede ser más alta que en estabilización, por diseño. Por otro lado, la línea de fangos se opera de modo que el fango deshidratado salga de centrifuga con una sequedad para que sea auto-combustible y para ello se controla la mezcla de fango primario y secundario ambos espesados. Además el humo se depura en un lavador de gases tipo scrubber cuyas purgas van directamente a cabeza sin tratamiento, con elevados valores de sulfatos y sulfitos, que aportan gran septicidad al agua a tratar de nuevo en la EDAR.

Como consecuencia del complejo tratamiento del agua (influyente + retornos), el fango activo presenta siempre una importante defloculación y poca densidad de protozoos y solo se llega a oxigenar bien, con bajas cargas influentes, se empieza a observar correcta floculación. Por otro lado la recirculación del fango en los lamelares no es forzada mecánicamente (rasquetas) sino por presión de columna de agua y luego bombeada, pero es el sistema que hay en planta.

Datos de las muestras obtenidos en Surcis

| Dato | Parámetro | Valor (mg/l) | Comentario |
|--|-----------|--------------|---|
| DQO influente a biológico | DQO | 540 | |
| DQO soluble influente a biológico | DQOs | 130 | |
| DQO efluente | DQOe | 135 | |
| DQO estándar orgánico (Acetato sódico) | DQOac | 295 | Referencia de actividad biológica Para la determinación de Y_H |
| Relación DBO con DQO soluble | DBO/DQOs | 1,4 | |

Análisis visual

El fango presenta un aspecto de disgregación, con flóculo disperso – no floculado

Partes del estudio

1. Pulso al proceso

1.1. Análisis del pulso al proceso

2. Actividad biológica de referencia : $q_{H.ref}$

2.1. Análisis de la $q_{H.ref}$

3. Confirmación del efecto de inhibición causada por el agua residual

3.1. Análisis del efecto de inhibición

5. Cinética del proceso

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

5.1.1. Análisis del resultado de Y_H

5.2. Tasa de utilización de sustrato y constante de semi-saturación: $q_{H.max}$, K_S

5.2.1. Análisis de los resultados de $q_{H.max}$ y K_S

5.3. Tasa máxima de crecimiento de la biomasa heterótrofa: $\mu_{H.max}$

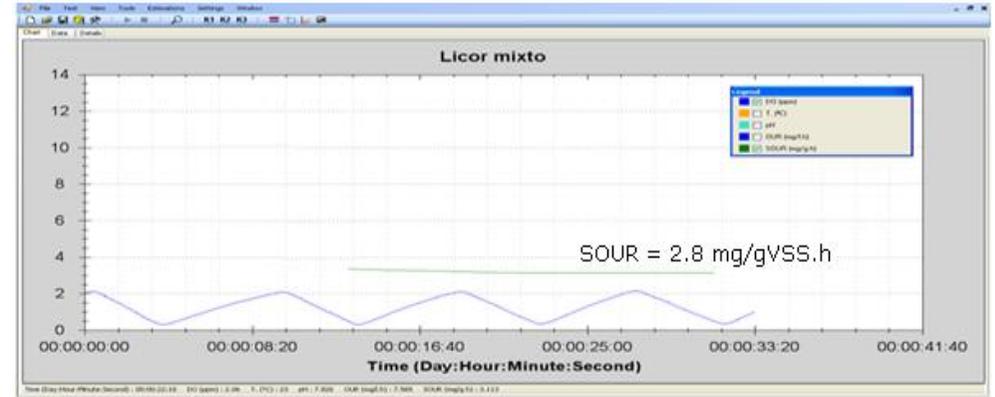
5.3.1. Análisis del resultado de $\mu_{H.max}$

6. Conclusiones

1. Pulso al proceso

Por las características de la problemática se decide tomar el pulso del proceso por medio de un ensayo cíclico del licor-mixto de cabeza, en condiciones equivalentes de temperatura, pH y oxígeno disuelto medio. En este ensayo analizamos el valor SOUR en su nivel más estable.

Programación del ensayo en condiciones equivalentes



Respirogra OD & SOUR

SOUR = 2.8 mg O₂/gVSS/l.h

1.1. Análisis del pulso al proceso

Si comparamos el valor de 2,8 de SOUR con los valores típicos del final de este tipo de proceso, podemos ver que este valor (UNFED SOUR) queda por debajo del rango normal. Ello nos quiere decir que el proceso se está desarrollando bajo condiciones de muy baja actividad.

Tabla guía (valores habituales)

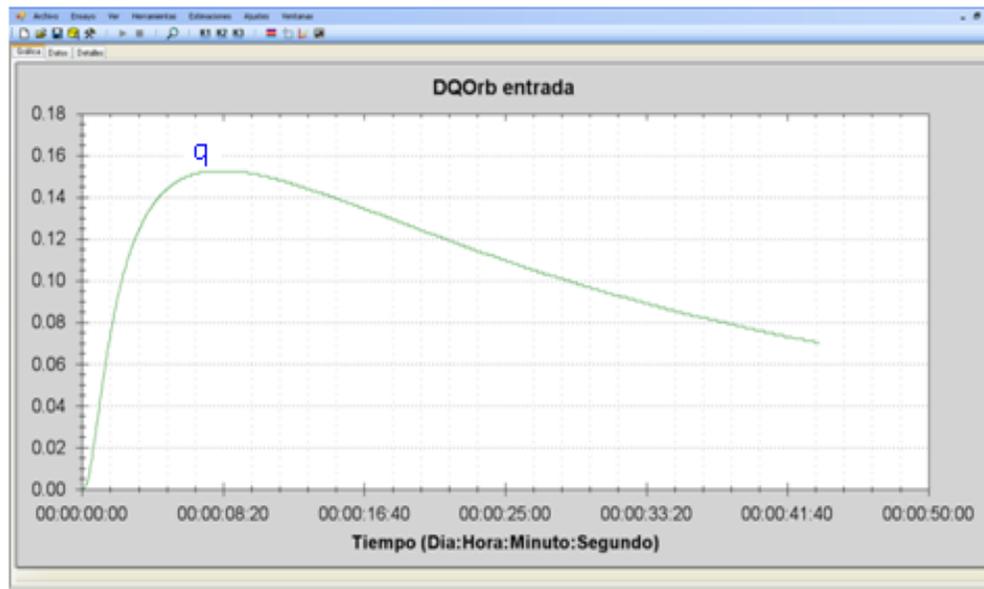
| Carga Máscica F/M DBO/SS.d | TRC d | UNFED SOUR Referencia mg O ₂ /g.h |
|----------------------------|-----------|--|
| > 0.4 | 2 - 4 | 6 - 18 |
| 0.2 < F/M < 0.4 | 4 - 10 | 4 - 15 |
| 0,07 < F/M < 0.2 | 10 - 30 | 3 - 12 |
| < 0,07 | 10 - > 30 | 2 - 6 |

Valoración primaria

| UNFED SOUR actual vs. referencia (tabla) | Valoración |
|--|--|
| >> referencia | SOBRECARGA |
| En rango de referencia | Buen rendimiento |
| < referencia | Baja carga |
| << referencia | Muy baja carga Síntoma de Toxicidad |

2. Actividad biológica de referencia : $q_{H.ref}$

Para validar un sustrato de referencia y también averiguar si se trata de una inhibición o toxicidad, realizamos un ensayo R con una solución estándar de acetato sódico de DQO representativa (300 mg/l) y analizamos el valor medio de la tasa específica de remoción de sustrato (q_H)



Resultados

Selecciona el tipo de datos de la siguiente lista para ver todos sus resultados :

- OD (ppm)
- T. (°C)
- pH
- R_s (mg/l.h)
- R_{sp} (mg/g.h)
- OC (mg/l)
- OC (fd=1) (mg/l)
- DQOb (fd=1) (mg/l)
- DQOb (mg/l)
- U (mgDQOb/l.h)
- q (mgDQOb/mgVSS.d)**

Último valor : 0.18

Máximo : 1.06

Promedio : 0.45

$DBO / DQOs \approx 1.4$; $SSLM / SSVLM = 0,85$

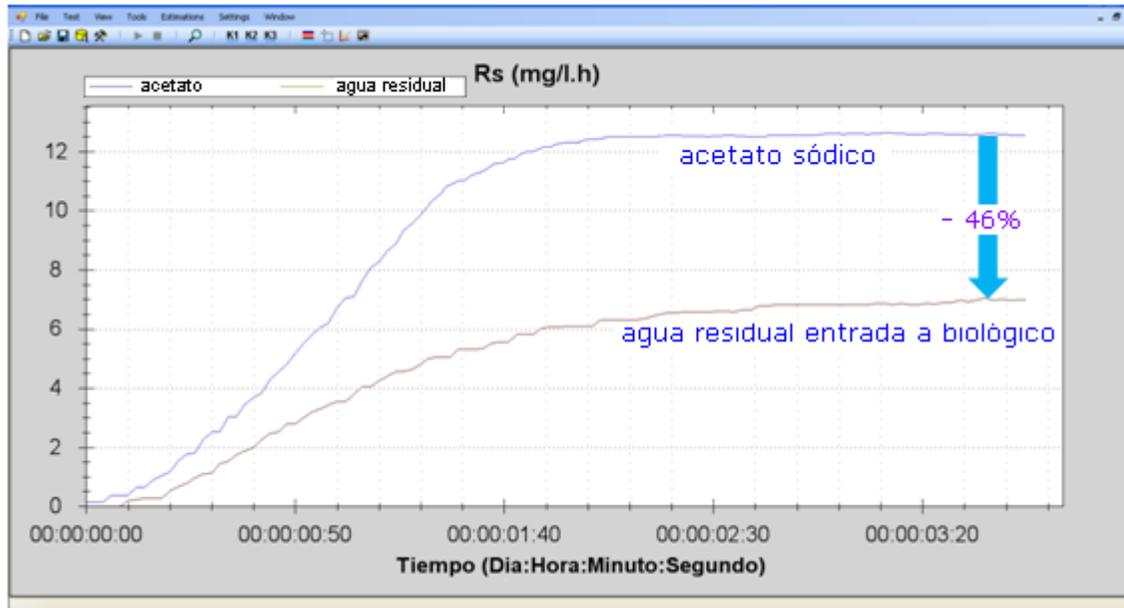
$q_{H.ref} = 1,06$ mg DQOs / (mg SSV.d) $\approx 1,11$ mg DBO / (mg SS.d)

Análisis de la $q_{H.ref}$

El valor máximo (también el último y medio) de la q_H está en rango y es superior a la carga másica (F/M) actual media de 0,24 DBO / (mg SS.d). Por lo tanto, podemos confirmar que la actividad por acetato se puede tomar perfectamente como referencia. Por otro lado, al responder con una buena actividad frente al acetato sódico, se confirma que la biomasa está capacitada para desarrollar una actividad normal y que no existe toxicidad - pero sí una posible inhibición causada por el agua residual -

3. Confirmación del efecto de inhibición causada por el agua residual

Para esta aplicación se llevan a cabo dos ensayos R dinámicos: 1) el de referencia, por medio de una solución de acetato sódico con una concentración de DQO soluble similar a la del agua residual; 2) el de la muestra problema, con una muestra de agua residual de entrada a biológico. Ambos ensayos se realizan en condiciones equivalentes de temperatura y pH. En ambos ensayos se determina la tasa de respiración máxima, como indicativos de la actividad biológica de la biomasa en cada uno de ellos, y se comparan por medio de la superposición de sus respirogramas de tasa de respiración (Rs)



Superposición de respirogramas para comparación de actividades del agua residual con referencia

En esta aplicación, asumimos que las tasa de respiración máximas en el acetato sódico corresponde al 100% de actividad normal en la biomasa; y que el porcentaje de descenso del valor de la tasa de respiración máxima en el agua residual respecto al valor de referencia representa el % de inhibición.

$$I (\%) = 100 * (RS_{[\text{acetato}]} - Rsp_{[\text{agua r.}]}) / RS_{[\text{acetato}]} = 100 (13 - 7) / 13 \approx 46$$

$$I = 46 \%$$

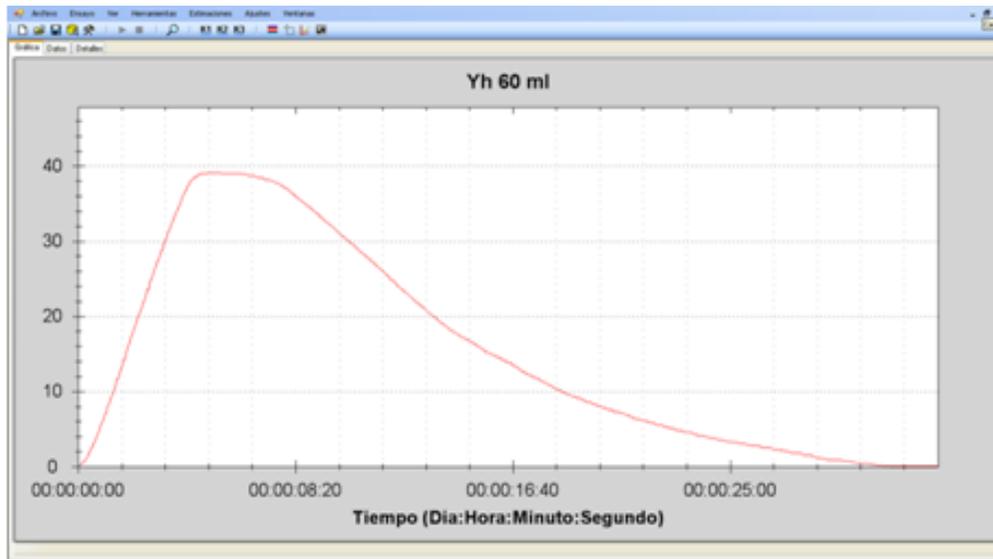
3.1. Análisis del efecto de inhibición

Con esta aplicación se comprueba que en el agua residual existe un agente inhibidor de la actividad biológica del proceso con un descenso de actividad cercano al 50%, que podemos clasificar como aguda.

5. Cinética del proceso

5.1. 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})



Resultados

Selecciona el tipo de datos de la siguiente lista para ver todos sus resultados :

- OD (ppm)
- T. (°C)
- pH
- R_s (mg/l.h)
- R_{sp} (mg/g.h)
- OC (mg/l)**
- OC (fd=1) (mg/l)
- DQOb (fd=1) (mg/l)
- DQOb (mg/l)
- U (mgDQOb/l.h)
- q (mgDQOb/mgVSS.d)

Primer valor :

Último valor :

Mínimo :

Máximo :

Detalle de resultados

$$Y_{H,DQO} = 1 - OC / DQO_{ac} = 1 - 147 / 300 = 0,5$$
$$Y_{H,VSS} = Y_{H,DQO} / 1,42 = 0,5 / 1,42 = 0,35$$

$Y_{H,DQO} = 0,5$ (O_2/DQO)

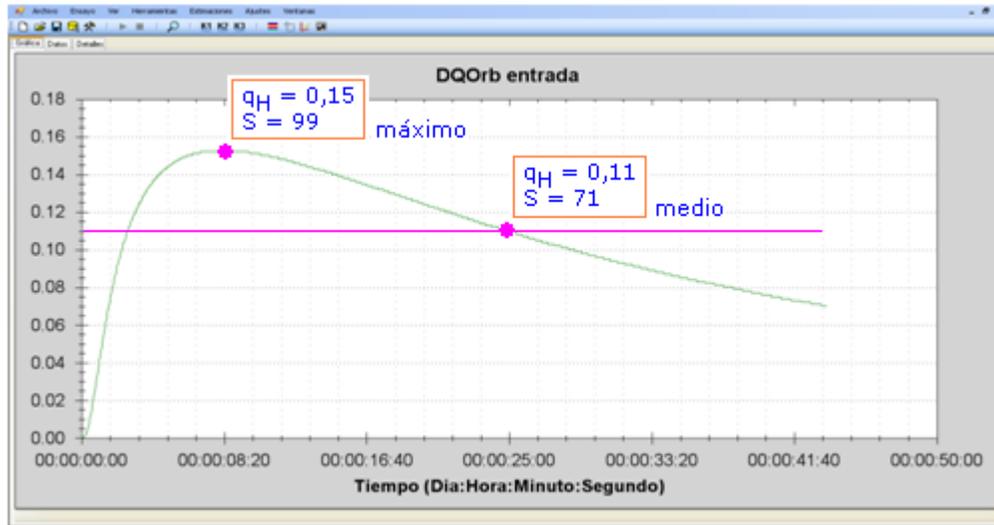
$Y_{H,VSS} = 0,35$ (VSS/DQO)

5.2.1. Análisis del resultado de Y_H

El valor de la Y_H es bajo en comparación con un rango habitual de un proceso de fangos activos en una depuradora municipal. Así mismo, este valor será partícipe en el valor bajo de la tasa de crecimiento de la biomasa (como se verá más adelante).

5.2. Tasa de utilización de sustrato y constante de semi-saturación: $q_{H,max}$, K_S

Para el cálculo de esta constante cinética utilizamos un método innovador que es posible gracias a que a través del respirograma de una muestra soluble representativa podemos correlacionar la q_H del valor máximo y medio con el sustrato (DQOrb) correspondiente. Con ello, podemos aplicar las ecuaciones de Michalis-Menten y Monod a estos dos puntos y establecer un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas: $q_{H,max}$ y K_S



Respirograma de los valores de la q_H en DQO soluble rápidamente biodegradable

Al tratarse de un proceso con un nivel de oxígeno medio por debajo de 1 ppm, a la ecuación de $q_{H,max}$, le debemos añadir la corrección por oxígeno disuelto $[OD / (K_{OD} + OD)]$

$$q_{H,max} = q_H * [(K_S + S) / S] * [OD / (K_{OD} + OD)]$$

S (mg/l): Sustrato soluble rápidamente biodegradable

OD (ppm): Oxígeno disuelto medio

K_{OD} : Constante de oxígeno (cuando la media está por debajo de 2 ppm) = 0,2 (valor habitualmente utilizado)

$$\left. \begin{aligned} q_{H,max} &= 0,15 * [(K_S + 99) / 99] * [0,7 / (0,2 + 0,7)] \\ q_{H,max} &= 0,11 * [(K_S + 71) / 71] * [0,7 / (0,2 + 0,7)] \end{aligned} \right\} \begin{aligned} K_S &= 8,69 \text{ (d}^{-1}\text{)} \\ q_{H,max} &= 0,12 \text{ (S/SSV.d)} \end{aligned}$$

5.2.1. Análisis de los resultados de $q_{H,max}$ y K_s

Una de las formas de evaluar la $q_{H,max}$ es estimar su valor en unidades DBO/SS.d y compararlo con la carga másica actual (F/M). Teniendo en cuenta que la relación DBO/DQOrb ≈ 1.4 , el valor de la $q_{H,max}$ pasaría a ser de aproximadamente 0,17 y quedaría por debajo de la F/M actual.

En cuanto al valor de K_s , igualmente queda muy por debajo de un valor habitual para este tipo de proceso. Lo cual da lugar a que no exista mucha diferencia entre la tasa de remoción de sustrato y la tasa máxima.

5.3. Tasa máxima de crecimiento de la biomasa heterótrofa: $\mu_{H,max}$

$$\mu_{H,max} (d^{-1}) = Y_{H,VSS} * q_{H,max}$$

$$\mu_{H,max} = 0.35 * 0.12 = 0.042$$

$$\mu_{H,max} = \mathbf{0.042} (d^{-1})$$

5.3.1. Análisis del resultado de $\mu_{H,max}$

Para un proceso que actualmente está trabajando sin nitrificación, como podemos comprobar en la tabla adjunta, normalmente los valores de $\mu_{H,max}$ deberían situarse por encima de uno.

| $\mu_M (d^{-1})$ | $K_s (mg/L)$ | Y | $K_d (mg/L)$ | Base |
|------------------|--------------|-----------|--------------|----------|
| 0,6 | 12-80 | 0,38-0,67 | 0,01-0,014 | BOD (22) |
| 1,7 | 43-223 | 0,31-0,35 | 0,016-0,068 | COD |
| 6 | 100 | 0,5-0,67 | 0,048-0,55 | BOD (18) |
| 3,75 | 22 | 0,67 | 0,07 | COD |
| 1,43-13,2 | 25-120 | 0,42-0,75 | 0,04-0,075 | BOD (24) |
| 3,2-3,75 | 22-60 | 0,4-0,67 | 0,07-0,09 | COD |

Fuente: Dr. Miguel Gil Rodríguez – Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad Politécnica de Madrid

Por esta razón, el valor de 0,042 lo podemos clasificar de muy bajo. Ello quiere decir que, a causa de la inhibición provocada por el agua residual, el crecimiento de la biomasa es muy pobre y este tipo de desorden provoca la dispersión del floculo.

6. Conclusiones

Existe una fuerte inhibición causada por el agua residual, pero no existe un efecto claro de toxicidad

La tasa de eliminación de sustrato es lenta y bajo las condiciones de la inhibición actual, el proceso debería trabajar con una carga másica inferior a la actual (según cálculos: entorno a 0,17)

Desde los datos del estudio respirométrico, las posibles soluciones pueden pasar por los siguientes puntos:

1. Eliminar o reducir al máximo la fuente de la inhibición actual.
2. Bajar la carga másica.
3. Durante el tiempo de recuperación del proceso, subir el valor medio del oxígeno disuelto (p.e. a 1,5 ppm.)

SURCIS, S.L.

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

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

Internet: www.surcis.com