

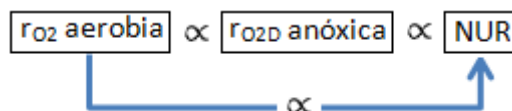
# CASO DE ESTUDIO PARA LA EVALUACIÓN DEL PROCESO ANÓXICO DE LA DESNITRIFICACIÓN EN LA EDAR DE CIEZA

Autor: Emilio Serrano - SURCIS, S.L.

Email: [eserrano@surcis.com](mailto:eserrano@surcis.com)

[www.surcis.com](http://www.surcis.com)

En este caso de estudio se hace uso de un procedimiento por Respirimetría BM de Surcis basado en el hecho demostrado de que la tasa de consumo de oxígeno ( $r_{O_2}$ ) en la eliminación de la materia orgánica (DQOb) en la zona aeróbica es proporcional a la tasa de consumo de oxígeno en la eliminación de a materia orgánica en la zona anóxica de desnitrificación ( $r_{O_2D}$ ). Ambas son, a su vez, proporcionales a la tasa de eliminación de nitrato o tasa de desnitrificación (NUR) - [Henri Spanjers, Peter A. Vanrolleghem - 2004, GA Ekama – 2004](#)



**Figura 1. Principio de proporcionalidad**

A este principio de proporcionalidad es importante añadir que el valor de la  $r_{O_2}$  varía con el tiempo según el sustrato orgánico que se elimina y, por lo tanto, el NUR correspondiente también varía. Con ello, el cálculo del  $r_{O_2}$  y NUR debe partir del conocimiento de la DQOb eliminada y el consumo de oxígeno correspondiente.

El estudio se aplicó a la EDAR de Cieza (Murcia) cuya explotación corre a cargo de la UTE [URDECON SAV DAM](#), a la que agradecemos una vez más su importante colaboración tanto en la aportación de los datos del proceso actual como en los ensayos de respirometría realizados en uno de los laboratorios de DAM por medio de un respirómetro modelo BM-Advance Pro



**Figura 2. EDAR de Cieza (Murcia) – Reactor biológico**

En esta planta proceso de la desnitrificación en el reactor biológico se desarrolla por medio de la parada intermitente del sistema de aireación para pasar a situación anóxica con oxígeno cero, durante el tiempo de este ciclo ( $T_D$ ) lo cual permite recuperar la alcalinidad consumida en la nitrificación y un alto rendimiento del proceso.

## 1. Respirómetro BM Advance Pro



*Figura 3. Sistema de Respirometría multifunción BM-Advance Pro*

### Parámetros automáticos en modo de trabajo OUR y OUR Cíclico

**OUR:** Tasa de Respiración - Oxygen Uptake Rate ( $\text{mg O}_2/\text{l.h}$ )

Mide la tasa de consumo de oxígeno en una sola medida (modo OUR) o una serie de medidas encadenadas (modo OUR cíclico)

**SOUR:** OUR específico - Specific OUR ( $\text{mg O}_2/\text{g VSS.h}$ )

OUR relacionado con la concentración de SSVLM.

$$\text{SOUR} = \text{OUR} / \text{MLVSS}$$

### Parámetros automáticos den modo de trabajo R

**Rs:** Tasa de Respiración exógena dinámica ( $\text{mg O}_2/\text{l.h}$ )

Mide una serie cointinuada de valores de Rs que un determinado sustrato provoca en el fango durante su metabolización.

**Rsp:** Rs específica ( $\text{mg O}_2/\text{g VSS.h}$ )

Rs relacionada con la concentración de SSVLM.  $\text{Rsp} = \text{Rs} / \text{MLVSS}$

**OC:** Oxígeno neto consumido ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )

**DQOb:** DQO biodegradable ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )

DQO biodegradable o rápidamente biodegradable (con muestra soluble)

Se calcula a partir de la integración de la serie de valores Rs.

**U:** Tasa de eliminación de la DQO ( $\text{mg DQO}/\text{l.h}$ )

Mide la velocidad con que la DQO se está eliminando.

**q:** Tasa específica de eliminación de la DQO ( $\text{mg DQO}/\text{mg SSV.d}$ )

Mide la U relacionada con la concentración de SSVLM.

### Medidas automáticas

**OD:** Oxígeno disuelto ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )

**pH**

**ORP:** Potencial redox (mV)

**Temp.:** Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

## 2. Justificación de la utilización de la DQOb

La DQO biodegradable (DQOb) es la fracción de la DQO que es capaz de eliminarse biológicamente por los microorganismos de la biomasa heterótrofa. La relación DQOb/DQO nos indica el carácter biodegradable del agua residual.

La DQOb es, por lo tanto, el parámetro más representativo de la materia orgánica que se debe utilizar en la desnitrificación (y en otras aplicaciones), y se consigue de forma automática por medio de un ensayo de Respirimetría BM. En este ensayo se pueden obtener perfectamente los distintos valores de la DQOb a lo largo del tiempo, así como los de su tasa de eliminación (U)

En todo ello, la DQOb y su tasa de utilización (U) ofrecen además la posibilidad de sustraer el consumo de oxígeno por crecimiento de biomasa heterótrofa ( $Y_H$ ) y que el consumo de oxígeno se refiera exclusivamente a la materia orgánica.

## 2. Datos del proceso de depuración biológica

Tipo de proceso	Aireción prolongada "Carrusel"
Volumen del reactor biológico: $V_r$ ( $m^3$ )	8900
SSVLM (mg/L)	3500
Tiempo de retención hidráulica: TRH (h)	36,7
Caudal de entrada a reactor biológico: Q ( $m^3/d$ )	5820
DQO de entrada: $DQO_o$ (mg/L)	1209
DQO salida: $DQO_e$ (mg/L)	34
DQO eliminada (mg/L)	1175
DBO5 entrada: $DBO_o$ (mg/L)	534
DBO5 salida: $DBO_e$ (mg/L)	4,4
NTK de entrada: $NTK_o$ (mg N/L)	129,5
NTK de salida: $NTK_e$ (mg N/L)	2.53
N-NH <sub>4</sub> salida: N-NH <sub>4e</sub> (mg N-NO <sub>4</sub> /L)	0,4
Tiempo del ciclo de proceso anóxico de desnitrificación: $T_D$ (h)	Variable
Concentración de nitrato en efluente: N-NO <sub>3e</sub> (mg N-NO <sub>3</sub> /L)	0.76
Oxígeno disuelto medio en el proceso anóxico: $OD_D$ (mg/L)	~ 0,00

*Tabla 1. Valores medios del proceso de depuración*

## 3. Objetivo del estudio

En el presente estudio se podrá demostrar cómo, a partir de un ensayo de Respirimetría BM (Surcis), se puede llevar a cabo una evaluación de la desnitrificación con la obtención de parámetros clave que se necesitan para ello: Tasa de desnitrificación (NUR), DQO biodegradable (DQOb<sub>D</sub>) y DQO total (DQO<sub>D</sub>) que necesita el proceso y Capacidad de desnitrificación (DC)

#### 4. Parámetros en juego y fórmulas

Parámetro	Descripción	Fórmula
$Y_H$ ( $O_2/DQO$ )	Coeficiente estequiométrico de crecimiento de la biomasa heterótrofa en el proceso aerobio.	Se calcula desde un ensayo de Respirimetría BM
$Y_{HD}$ ( $O_2/DQO$ )	Coeficiente estequiométrico de crecimiento de la biomasa heterótrofa en la desnitrificación ( $O_2/DQO$ )	$Y_{HD} = 0,83 \cdot Y_H$ Müller et al., 2003
$DQOb$ (mg/L)	Fracción biodegradable de la DQO total.	Medida automática con un Respirómetro BM
$DQOb_D$ (mg/L)	DQOb necesaria para una desnitrificación completa.	Se obtiene desde la tabla de datos del ensayo DQOb
$DQO_D$ (mg/L)	DQO total que se utiliza en una desnitrificación completa	$DQO_D = DQOb_D / (DQO/DQOb)$
$OC_D$ (mg $O_2/L$ )	Oxígeno que se consume en la desnitrificación.	$OC_D = 2,86 \cdot S_{NO_3}$ UCT, 1984 - Klapwijk, 1978
$U$ (mg $DQO/L/h$ )	Tasa de utilización de la DQOb.	Medida automática con un Respirómetro BM
$r_{O_2D}$ (mg $O_2/L/h$ )	Tasa de consumo de oxígeno por eliminación del sustrato orgánico (DQO biodegradable) en la desnitrificación.	$r_{O_2D} = U (1 - Y_{HD})$ Wageningen University - Klapwijk,
$N_N$ (mg N/L)	Nitrógeno que se nitrifica en el proceso aerobio	$N_N = NTK_0 - N_{FE} - N_O - N-NH_{4e}$ N fangos en exceso: $N_{FE} = 0,05 \cdot DBO_{el}$ . N orgánico en efluente: $N_O \approx 2$ mg N/L
$S_{NO_3}$ (mg N- $NO_3/L$ )	Concentración del nitrato que se desnitrifica	$S_{NO_3} = N_N - N-NO_3 \text{ salida}$
$K_{OD}$ (mg $O_2/L$ )	Coeficiente de inhibición por oxígeno disuelto en la zona anóxica de desnitrificación	$K_{OD} = 0,2$ Henze, et al 1996
$F_{OD}$	Factor de corrección del NUR por efecto del oxígeno disuelto en la zona anóxica de desnitrificación	$F_{OD} = K_{OD} / (K_{OD} + OD_D)$
$T_D$ (h)	Tiempo de cada ciclo de desnitrificación	Tiempo transcurrido entre paro y arranque de la aireación
$NUR$ (mg N- $NO_3/L/h$ )	Tasa de desnitrificación	$NUR = F_{OD} \cdot r_{O_2D} / 2,86$
$DC$ (mg N- $NO_3/L$ )	Capacidad de nitrato a desnitrificar	$DC = NUR \cdot T_D$

**Tabla 2. Parámetros clave utilizados en el estudio**

## 5. Procedimiento para la determinación de la tasa de desnitrificación, Oxígeno Consumido, DQOb utilizada en el proceso, Tiempo del ciclo anóxico de desnitrificación y DQO eliminada

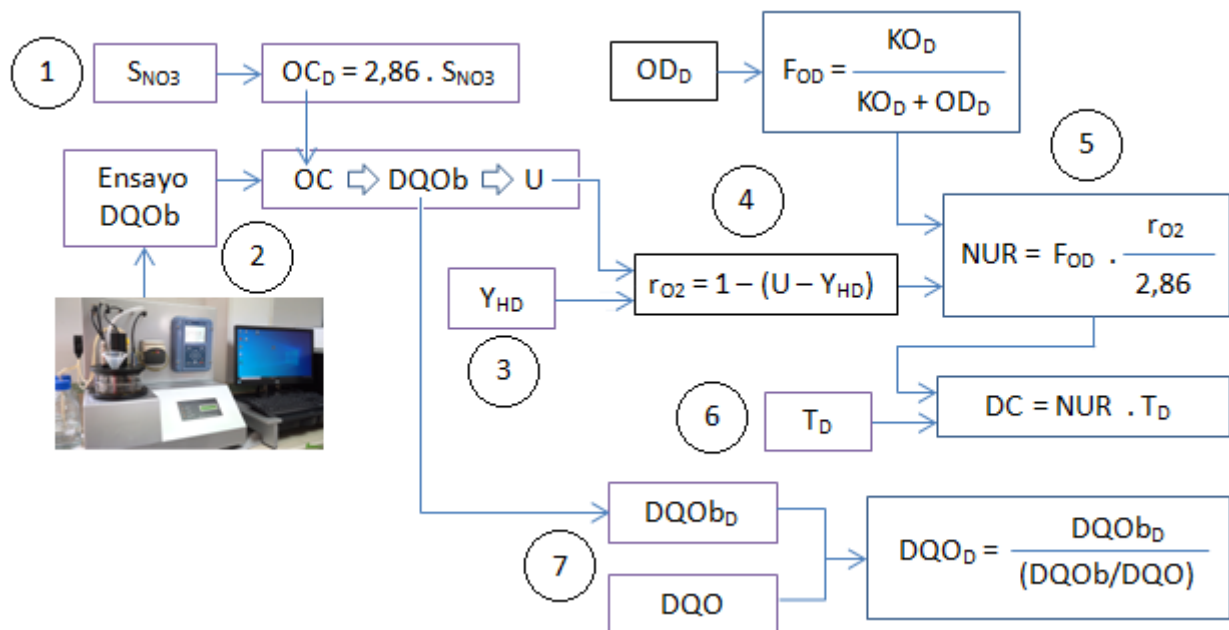


Figura 5. Diagrama del procedimiento

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Cálculo del nitrato a desnitrificar ( $S_{NO_3}$ ) para la obtención del oxígeno que necesita este nitrato para su desnitrificación ( $OC_D$ )
2. Ensayo de Respirometría de la DQOb para, según el OCD calculado, obtener La DQOb utilizada en la desnitrificación ( $DQOb_D$ ) y su tasa de utilización ( $U$ )
3. Cálculo del coeficiente de crecimiento aerobio ( $Y_H$ ) y el correspondiente anóxico ( $Y_{HD}$ )
4. Con ello, una vez obtenidos estos parámetros de partida, se aplica las fórmula matemática correspondientes para el cálculo de la tasa de consumo de oxígeno ( $r_{O_2}$ )
5. Con los datos obtenidos se pasa a continuación al cálculo de la Tasa de desnitrificación ( $NUR$ )
6. Con el resultado del  $NUR$  se calcula del valor de la Capacidad de desnitrificación ( $DC$ )
7. Desde los valores de  $DQOb_D$  y  $DQO$  total, se calcula la DQO necesaria para el proceso ( $DQO_D$ ).

## 6. Cálculo de parámetros

A continuación pasamos detallar de forma individual el cálculo de cada uno de los parámetros de la evaluación de la desnitrificación.

### 6.1. Tasa de utilización de la DQO biodegradable ( $U$ ) y tasa de utilización del oxígeno que se consume ( $r_{O_2D}$ )

La  $U$  se refiere exclusivamente a la tasa de eliminación de la DQOb. Este parámetro  $U$  es el mismo en la zona aerobia que en la zona anóxica.



La  $r_{O_2D}$  es la tasa de consumo de oxígeno en la utilización de la DQO biodegradable, y se calcula multiplicando la  $U$  por el factor  $(1 - Y_{HD})$  con el fin de sustraer la parte de la DQO biodegradable destinada al crecimiento de la biomasa heterótrofa.

$$r_{O_2D} = U (1 - Y_{HD})$$

Donde:

Se puede asumir que  $Y_{HD} = 0,83 \cdot Y_H$  Müller et al., 2003

$Y_H$  = Coeficiente estequiométrico de crecimiento aerobio de la biomasa heterótrofa ( $O_2/DQO$ )

$Y_{HD}$  = Coeficiente estequiométrico de crecimiento anóxico de la biomasa heterótrofa ( $O_2/DQO$ )

## 6.2. Nitrato medio a desnitrificar: $S_{NO_3}$

N nitrificable (mg N/L):  $N_N = NTK_0 - N_{FE} - N_O - N-NH_{4e} = 129,5 - 26,48 - 2 - 0,4 = 100,62$

Donde :

$N_{FE}$ : Nitrógeno de fangos en exceso =  $0,05 \cdot DBO \text{ eliminada} = 0,05 \cdot (534 - 4,4) = 26,48 \text{ mg N/L}$

$N_O$ : Nitrógeno orgánico en efluente  $\approx 2 \text{ mg N/L}$

$S_{NO_3} = N \text{ nitrificable} - N-NO_3 \text{ salida} = 100,62 - 0,7 \approx 100 \text{ mg N-NO}_3/\text{L}$

## 6.3. Oxígeno consumido por utilización de la DQO biodegradable en el proceso de desnitrificación: $OC_D$

La relación entre el oxígeno que se consume ( $OC_D$ ) por DQO biodegradable ( $DQOb_D$ ) utilizada y el nitrato eliminado es de 2,86. Henri Spanjers, Peter A. Vanrolleghem – 2004

Por lo tanto:

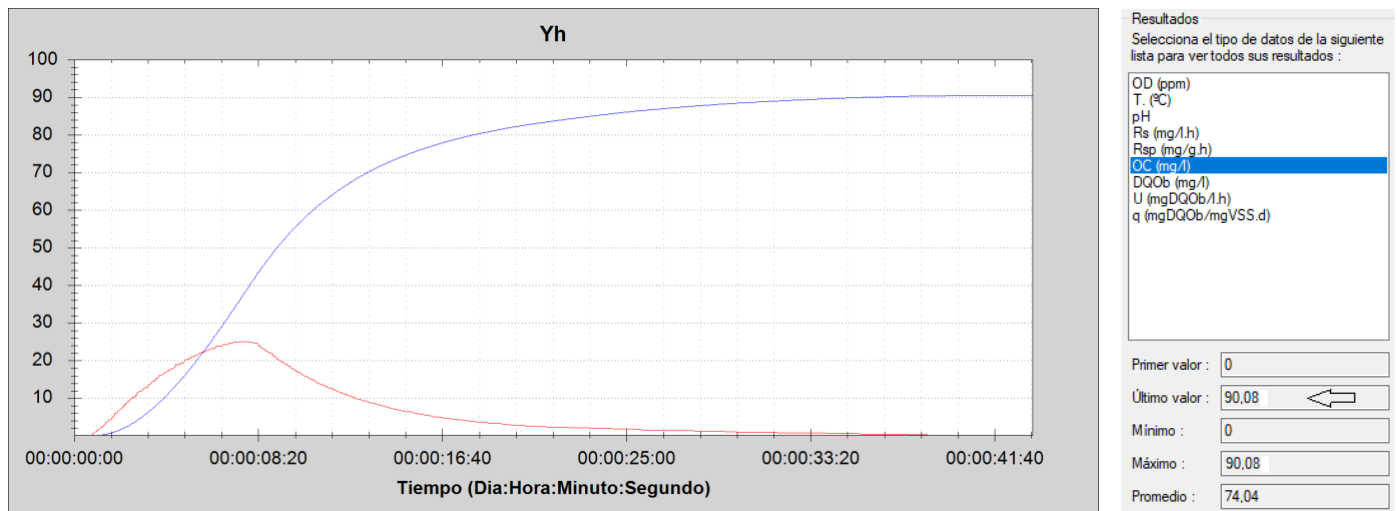
$$OC_D / S_{NO_3} = 2,86$$

$$OC_D = 2,86 \cdot S_{NO_3} = 2,86 \cdot 100 = 286 \text{ mg } O_2/\text{L}$$

## 6.4. Coeficiente estequiométrico de producción de biomasa heterótrofa en zona aerobia y anóxica: $Y_{HD}$

Se lleva a cabo un ensayo aeróbico de respirometría tipo R haciendo uso de una dosis controlada de acetato sódico con una DQO de 300 mg/L ( $DQO_{ac}$ )

Este ensayo tiene como objetivo obtener el resultado del oxígeno consumido ( $OC$ ) de la dosis de acetato, con el fin de sustraerla de la  $DQO_{ac}$  que se asume como fácilmente biodegradable en su totalidad.



**Figura 6. Respiriogramas Rs y OC - Resultado de la OC**

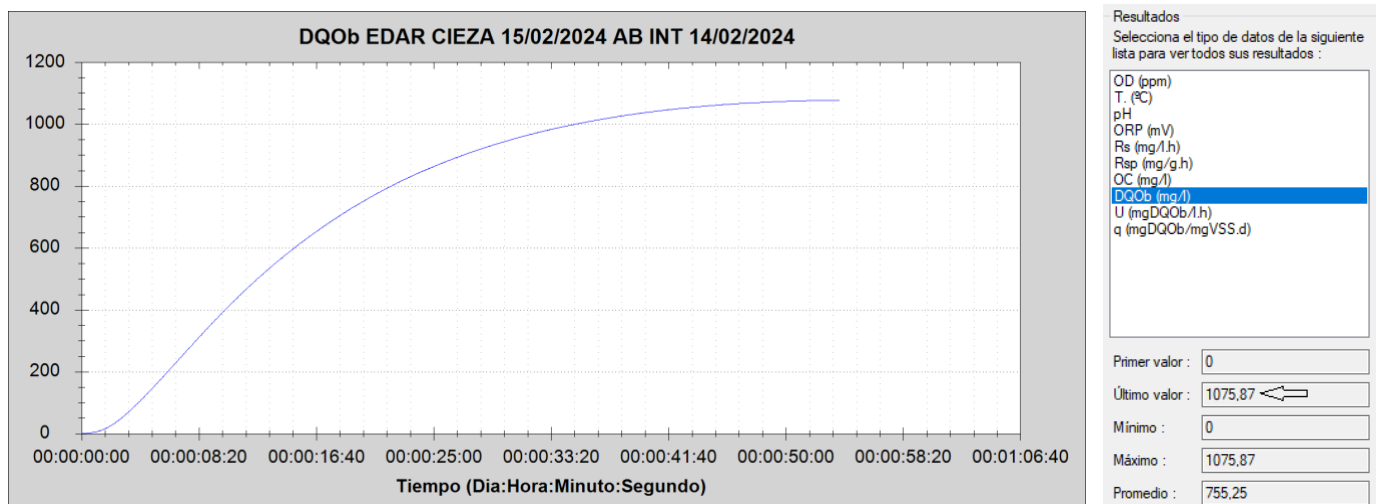
Una vez obtenido el resultado del OC, aplicamos la fórmula correspondiente al cálculo de la  $Y_H$ ,  $Y_{HD}$ :

$$Y_H = 1 - OC / DQO_{ac} = 1 - 90 / 300 = 0,7 \text{ O}_2/DQO$$

$$Y_{HD} = 0,83 * Y_H = 0,83 * 0,7 = 0,58 \text{ O}_2/DQO$$

## 6.5. DQO biodegradable total : DQOb

La DQOb se obtiene de forma automática por medio de un ensayo R, en condiciones de pH y temperatura acordes con el proceso real, en donde el software del sistema de respirometría integra la cadena de valores de la tasa de respiración exógena (Rs) para obtener el oxígeno consumido (OC) y aplicar la fórmula correspondiente:  $DQOb = OC / (1 - Y_H)$



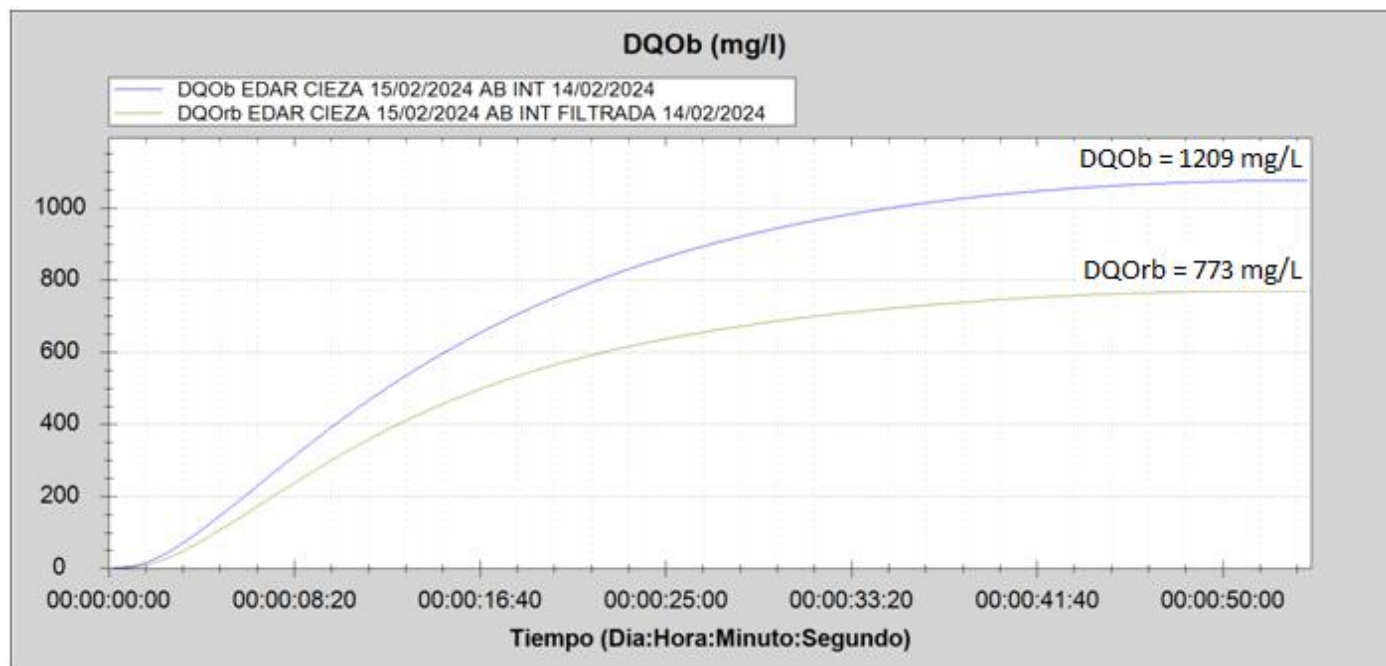
**Figura 7. Respiriogramas de la evolución de la DQOb**

$$DQOb = 1075 \text{ mg/L}$$

### 6.5.1. Caracter biodegradable de la DQOb

En este caso, es importante analizar el carácter biodegradable en cuanto a los porcentajes de la DQO lentamente (DQOlb) y fácilmente biodegradable (DQOrb). Ya que una DQOb elevada (como es el caso) puede ser muy favorable para la desnitrificación en donde el porcentaje de la fracción fácilmente biodegradable es elevado, o todo lo contrario si el porcentaje de la fracción lentamente biodegradable (DQOlb) es mayoritaria.

Para ello se llevó a cabo un ensayo de respirometría con agua residual filtrada para obtener la DQOrb y, para una valoración visual, se accede a la opción del software del respirometro para contrastar los valores de la tasa de respiración (Rs) de la DQOb con los de la DQOrb mediante la superposición de respirogramas.



*Figura 8. Superposición de respirogramas de la DQOb y DQOrb*

Con ello damos paso a los siguientes cálculos:

Porcentaje de DQOrb contenida en la DQOb =  $1 - \frac{DQOrb}{DQOb} = 1 - \frac{773}{1075} = 72 \%$

Porcentaje de DQOrb contenida en la DQO total =  $1 - \frac{DQOrb}{DQO} = 1 - \frac{773}{1209} = 64 \%$

El porcentaje habitual de la DQOrb en un agua residual de una EDAR municipal se encuentra entre el 10 y 30 %. Por lo tanto, los valores del 72% y 64 % nos indican que una gran parte de la DQOb es fácilmente biodegradable. Por lo tanto podemos confirmar que nos encontramos con una agua residual en excelentes condiciones para el desarrollo de la desnitrificación anóxica.

### 6.6. DQOb utilizada y Tasa de utilización de la DQO desde un ensayo R: DQOb<sub>D</sub>, U

Desde el mismo ensayo de respirometría de la DQOb (punto 4.4.), y según se comentó en el punto 3, al obtener el valor del OC en la tabla de datos correspondiente al OC<sub>D</sub> calculado, automáticamente se obtienen los valores de la DQOb<sub>D</sub> y U para un mismo tiempo de ensayo.



Gráfica	Datos	Detalles	
Tiempo	OC (mg/l)	DQOb (mg/l)	U (mgDQOb/l.h)
00:00:30:46	285,89	952,96	36,44
00:00:30:48	286,01	953,38	36,42

**Figura 9. Tabla de datos para la obtención automática de la U**

$$DQOb_D = 953 \text{ mg/L (*)}$$

$$U = 36,42 \text{ mg DQO/L/h}$$

(\*) Por los resultados del punto 4.4. esta DQOb incluiría un 72% aprox. de DQOrb

## 6.7. DQO total que consume el proceso de desnitrificación: $DQO_D$

Una vez obtenida la  $DQOb_D$ , se calcula la DQO total que necesita el proceso:

$$DQO_D = DQOb_D / (DQOb/DQO) = 953 / (1075/1209) = 1071 \text{ mg/L}$$

## 6.8. Relación DQO/N para la desnitrificación

Una de las condiciones fundamentales para obtener una buena capacidad de desnitrificación es la relación DQO/ y la  $DQOb_D / S_{NO_3}$ . Con ello el proceso se asegura de disponer suficiente materia orgánica biodegradable para la eliminación biológica del nitrato.

Por los resultados medios del nitrato del efluente se deduce que esta condición se cumple perfectamente. Y se puede confirmar con los datos obtenidos:

La condición recomendable es una relación  $DQO/NTK > 5$  y una  $DQOb / S_{NO_3} > 4$

En nuestro caso esta condición se cumple con creces:

$$DQO / NTK = 1209 / 129 = 9,37$$

$$DQOb_D / S_{NO_3} = 953 / 100 = 9,53 (*)$$

(\*) Si a esta buena relación se le suma el hecho del excelente carácter biodegradable de la DQO, nos encontramos ante una situación ideal para la desnitrificación anóxica.

## 6.9. Tasa de consumo de oxígeno por eliminación del susbtrato orgánico (DQO biodegradable) en la desnitrificación: $r_{O_2D}$

$$r_{O_2D} = U (1 - Y_{HD}) = 36,42 \cdot (1 - 0,58) = 15,25 \text{ mg } O_2/L/h$$

## 6.10. Tasa de desnitrificación para el $OD_D$ actual: $NUR_0$

Por los datos proporcionados, se asume que el  $OD_D$  en la desnitrificación es de  $\sim 0 \text{ mg/L}$

$$F_{OD0} = K_{OD} / (K_{OD} + OD_D) = 0,2 / (0,2 + OD_D) = 0,2 / (0,2 + 0) = 1$$

La tasa de desnitrificación sería la siguiente:

$$NUR = F_{OD} \cdot r_{O2D} / 2,86 = 1 \cdot 15,29 / 2,86 = 5,34 \text{ mg N-NO}_3\text{/L/h}$$

### 6.11. Tiempo medio del proceso anóxico para una desnitrificación completa para a oxígeno cero: $T_D$

$$T_D = S_{NO3} / NUR = 100 / 5,34 = 18,72 \text{ h}$$

Aquí hay que tener en cuenta que el cálculo se lleva a cabo con el dato del valor medio de  $S_{NO3}$  y del NUR que a su vez depende de la concentración y caracterización de la DQOb (porcentajes de DQO fácilmente biodegradable, lentamente biodegradable e inerte) en curso y que pueden sufrir importantes variaciones a lo largo del día. Con ello, el valor del  $T_D$  en cada ciclo puede tener algunas variaciones.

### 6.12. Capacidad de desnitrificación: DC

Igualando el tiempo del ciclo al TRH, la capacidad de desnitrificación sería la siguiente :

$$CD_{max} = NUR \cdot TRH_D = 2,67 \cdot 36,7 \approx 98 \text{ mg N-NO}_3\text{/L}$$

Valor que, según los datos aportados, coincide prácticamente con el valor global del Nitrato medio eliminado

### 6.13. Resumen de resultados

Parámetro	Resultado
$S_{NO3}$ (mg N-NO <sub>3</sub> /L)	100
$Y_H$ (O <sub>2</sub> /DQO)	0,70
$Y_{HD}$ (O <sub>2</sub> /DQO)	0,58
$U$ (mg DQO/L/h)	36,42
$r_{O2D}$ (mg O <sub>2</sub> /L/h)	15,25
$OC_D$ (mg O <sub>2</sub> /L)	286
$F_{OD}$	1
NUR (mg N-NO <sub>3</sub> /L/h)	2,67
CD (mg N-NO <sub>3</sub> /L)	98
DQOb <sub>D</sub> (mg/L)	953
DQOD (mg/L)	1071

## 6. 13.1. Análisis de los resultados obtenidos

Desde los resultados obtenidos podemos llevar a cabo un análisis que se resume en los siguientes puntos:

1. La DQOb (DQOb<sub>D</sub>) disponible, y por lo tanto DQO total (DQO<sub>D</sub>) es perfectamente suficiente para cubrir la utilización de sustrato orgánico en eliminación del nitrato durante el proceso anóxico de la desnitrificación.
2. La DQOb<sub>D</sub> (953 mg/L) se acerca al valor de la DQO<sub>D</sub> (1071 mg/L) y la DQOrb ocupa el 72% de la DQOb. Por ello se confirma que una gran parte de la DQO utilizada en el desnitrificación es rápidamente biodegradable, lo que explica el buen rendimiento de este proceso.
3. La tasa de desnitrificación (NUR) da paso a un tiempo global de ciclo de 18,72 horas que es un valor muy inferior al tiempo de retención hidráulica del proceso (36,7 horas)
4. Tomado como base el tiempo de retención hidráulica, la capacidad de desnitrificación (DC) cubre el 98% del nitrato a desnitrificar. Por lo que, en términos prácticos, podemos asumir que hay una desnitrificación completa.
5. Con la buena disponibilidad de DQOb, el valor de la DQO eliminada en la desnitrificación (1071 mg/L) se sitúa muy cercano a al valor de la DQO eliminada en el proceso global (DQO<sub>e</sub> = 1175 mg/L) Ello nos indica que, el buen rendimiento obtenido en la eliminación de la DQO, además de su eliminación en el proceso aerobio, en gran parte se debe a la importante utilización de la DQO durante el proceso anóxico.

## 7. Seguimiento periódico de la desnitrificación

Una de las formas de llevar un seguimiento periódico de la desnitrificación sería haciendo uso de parámetros actualizados y presentación de resultados por medio de la Hoja de Cálculo Excel: [Desnitrificación – EDAR de Cieza \(Murcia\)](#)

## 8. Variables accesibles para el control del ciclo de la desnitrificación

Las variables accesibles que entran en juego en el criterio del comienzo y final del ciclo de la desnitrificación pueden ser las siguientes:

### Oxígeno disuelto de salida (OD<sub>e</sub>)

Siempre y cuando no haya inhibición, el OD del final del reactor (OD<sub>e</sub>) es un indicador del rendimiento global del proceso, ya que entra a formar parte de la tasa de consumo de oxígeno del fango efluente.

$$\text{Unfed OUR} = kLa \cdot (\text{OD}_{\text{sat}} - \text{OD}_e)$$

En donde:

Unfed OUR: Tasa de respiración del fango efluente (mg O<sub>2</sub>/L/h)

kLa: Coeficiente de transferencia de oxígeno (h<sup>-1</sup>)

OD<sub>sat</sub>: Oxígeno disuelto a nivel de saturación en el licor-mixto (mg/L)

OD<sub>e</sub>: Oxígeno disuelto del final del fango efluente (mg/L)

Un valor alto del OD<sub>e</sub> se traduce por un valor bajo de Unfed OUR y un alto nivel de sustrato eliminado.

Con ello, la programación de un punto de consigna del  $OD_e$  pasa a ser un punto importante en el control del proceso global de la desnitrificación y ahorro energético.

En nuestro caso el valor de referencia para el  $OD_e$  podría ser  $> 2 \text{ mg/L}$

#### Amonio de salida ( $N-NH_{4e}$ )

El criterio para dar comienzo al ciclo de la desnitrificación puede tener como base el dato del amonio de salida ( $N-NH_{4e}$ ) cuyo valor nos puede confirmar la consumación del proceso de la nitrificación previa.

$$N \text{ nitrificable (mg N/L): } N_N = NTK_o - N_{FE} - N_O - N-NH_{4e} \updownarrow$$

En nuestro caso, el valor de referencia del  $N-NH_{4e}$  sería  $< 1 \text{ mg N.NH}_4/\text{L}$

La combinación del oxígeno disuelto en salida y la medida del amonio nos puede marcar la pauta del control a seguir en el proceso.

Aquí hay que tener en cuenta que la desnitrificación, además de la eliminación del nitrato, representa un importante aliado para la eliminación de la  $DQOb$  y el redimiento de la  $DQO$  depende en gran medida de que este proceso anóxico se lleve a buen término.

#### pH de salida

El proceso de la nitrificación consume alcalinidad y con la importante carga de amonio que puede entrar en el reactor biológico, los valores del pH pueden sufrir un importante descenso en detrimento de la actividad del proceso global.

Ya sabemos que una de las misiones que puede tener la desnitrificación puede ser, no solo la importante eliminación de la  $DQO$  sino además la recuperación de la alcalinidad.

El pH puede oscilar y lógicamente el criterio a seguir se basa en que su valor después de la nitrificación debe ser inferior al que se obtiene a continuación de la desnitrificación (p.e.  $< 7$  y  $> 8$ )

#### Eliminación de $DQO$ en el proceso anóxico

Otro punto importante a tener en cuenta es que la desnitrificación representa un importante aliado para la eliminación de la  $DQOb$  y el rendimiento de la  $DQO$  depende en gran medida de este proceso anóxico.

#### Tarifa eléctrica en curso

Teniendo en cuenta que el paro de la aireación representa un sustancial ahorro energético en el proceso global, en combinación con las otras variables y para maximizar este criterio, también se tiene en cuenta la tarifa eléctrica en curso.

## 9. Conclusiones

La EDAR de Cieza sufre una importante carga de entrada de DQO y de Nitrógeno. Sin embargo, las condiciones del tratamiento, el hecho de disponer de más que suficiente DQO biodegradable y que una gran parte de esta DQO biodegradable sea fácilmente biodegradable dan paso una tasa de desnitrificación suficiente para el desarrollo de este proceso anóxico. A todo ello, podemos añadir que, la habilidad del jefe de planta en la gestión de las variables del proceso, da como resultado un rendimiento que podríamos calificar de excelente.

Este caso, el procedimiento basado en la respirometría BM (Surcis), se ha aplicado a un sistema de tratamiento tipo carrusel con parada intermitente de la aireación; pero hay que señalar que este procedimiento puede aplicarse a cualquier sistema de tratamiento en donde la desnitrificación se lleva a cabo de forma anóxica.

Con ello, esta importante aplicación pasa a sumarse a las decenas de aplicaciones que se pueden desarrollar con la Respirometría BM en los distintos sistemas de depuración biológica de aguas residuales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Estimation of denitrification potential with respiration based techniques. Katarzyna Kujawa-Roelevel. A. Klapwijk- 2000

Respirometry. Henri Spanjers Peter A. Vanrolleghem – 2002

Municipal wastewater characterization - Application of denitrification batch test. Valerie Naidoo - 1999

Estimation of denitrification potential with respiration based techniques. K. Kujawa-Roeleveld – 2000

Characterization of Functional Microorganism Groups and Substrate in Activated Sludge and Wastewater by AUR, NUR and OUR. Mogens Henze – 1992

Calculating specific denitrification rates in pre denitrification by assessing the influence of dissolved oxygen, sludge loading and mixed-liquor recycl.: Massimo Raboni, Vincenzo Torretta, Paolo Viotti & Giordano Urbini - 2014

NUR and OUR relationship in BNT processes. Euisio Choi, Rhu Daehwan – 2000

Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater. W.W. Eckenfelder & J.L. Musterman, 1995

Water treatment design. Solange Kamanzi - 2012

Emilio Serrano  
SURCIS, S.L.