

Practical procedure for evaluating and follow up the fine bubble diffusion aeration systems



Autor: Emilio Serrano - SURCIS, S.L.

Email: eserrano@surcis.com

www.surcis.com

Key words: Respirometry, biodegradable COD, Nitrificación, Denitrificación, Actual oxygen requirement, Oxygen transfer efficiency in process, Fouling factor

ABSTRACT

In general, the chapter on energy optimization in a treatment plant will always have special relevance, and even more so now with the notable increase in the price of electricity that we are experiencing. With this, the combination of energy savings with the quality of the effluent in many cases means a challenge that plant managers often have to face.

It is well known that most of the energy consumption comes from aeration and that the most used criterion for its evaluation is the level of dissolved oxygen and/or quality of the effluent with which the process is normally operating in contrast to the air flow that the system is supplying. This criterion is still valid. However, in many plants it is not possible to analyze with the effectiveness that the case requires the sufficiency of the aeration system as well as having a representative parameter to follow that indicates the moment in which the membranes of the air diffusers must be cleaned or changed in that kind of system.

To do this, the present paper presents a mathematical model especially aimed at aeration systems of fine bubble membrane diffusers where a solution to these needs can be provided in a relatively simple and effective way.

1. INTRODUCTION

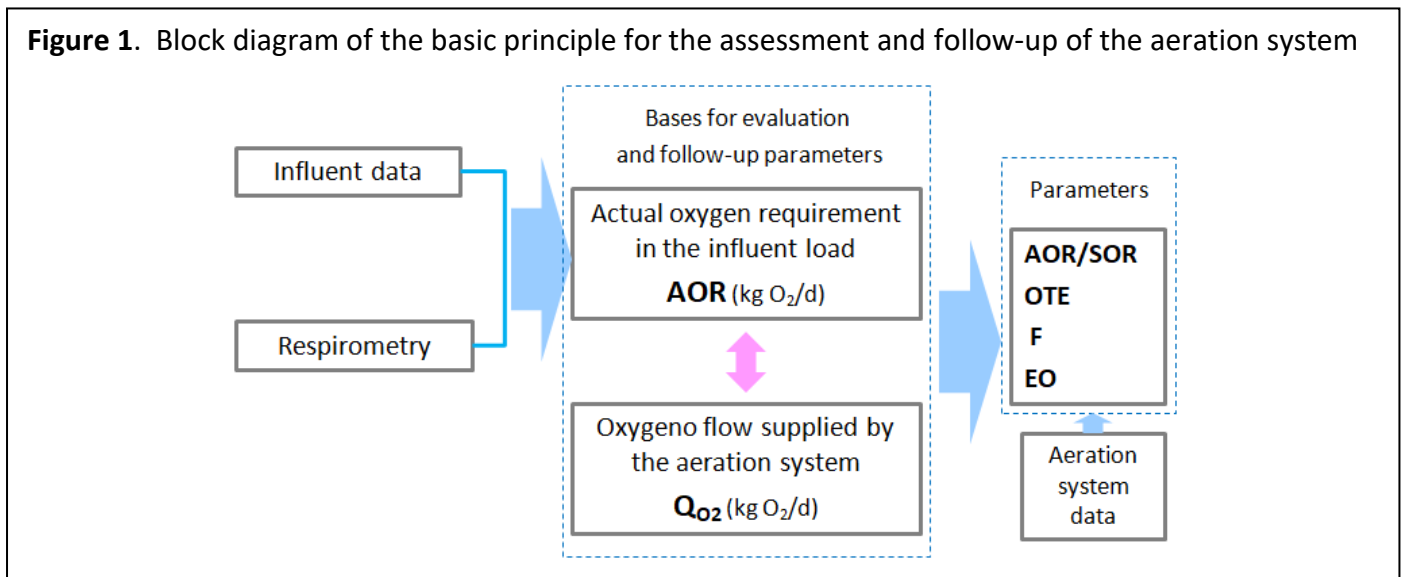
One of the ways to carry out the evaluation of the aeration system is by means of a mathematical model based on the relationship between the average oxygen requirement, derived from the biological input load (AOR), and the average oxygen flow rate being supplied (Q_{O_2}). This fundamental principle underlies the development of a simple procedure that will be discussed in detail in this paper.

The potential advantage that this procedure can offer over other methods is that the process is assessed as a whole rather than at selective points in the biological reactor.

For this type of procedure, the reliability of the calculation of the oxygen requirement is of particular importance, as an incorrect result or estimation of this parameter can lead to inappropriate conclusions and actions.

This highlights how, starting from respirometry tests, we can calculate the current oxygen requirement of the organic matter by using the biodegradable COD as the fundamental data in this calculation. From here, we move on to the mathematical model that starts with the relationship between the global oxygen requirement of the process and the requirement under standard conditions (AOR/SOR), which is compared with a duly validated reference value.

The AOR/SOR parameter would be sufficient for a qualitative assessment and follow up of the adequacy and condition of the aeration system. However, in order to open up the range of possibilities of the procedure, the math model is extended to the simplified calculation of the oxygen transfer efficiency in process (OTE), the estimation of the fouling factor (F) as an indication of the condition of the diffusers in terms of dirt or ageing and the calculation of the possible energy optimisation (OE) that may be involved in changing the diffuser membranes or cleaning.



Finally, a real case study of a municipal WWTP operated by the DAM Group is presented. Surcis would like to thank them for their close collaboration in the BM Respirometry tests provided by their laboratory and process data.

2. PARAMETERS

The parameters used in the procedure here described are approached to aeration systems with fine bubble membrane diffusers. However, many of them can also be used in other aeration systems.

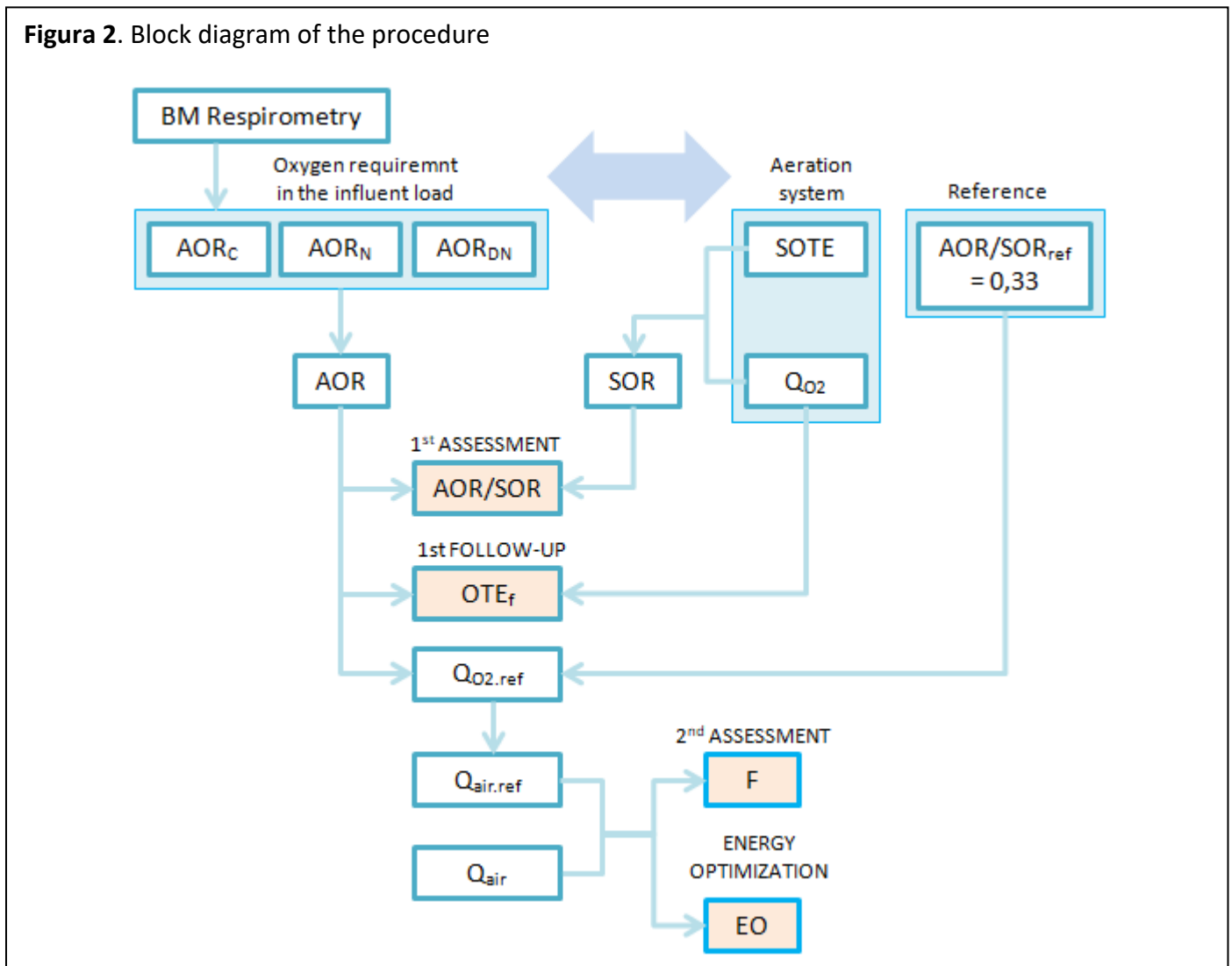
The first group of parameters is derived from the results of a series of BM respirometry tests; and the second is obtained by means of simple equations involving parameters from the first group, data from the current process, the aeration system and reference values.

Table 1. Parameter used in the aeration systems evaluation and follow-up

Parameter	Description
Parameters from BM respirometry tests	
SOUR (mg/g/h)	Specific Oxygen Uptake Rate of the endogenous respiration
Y_{H,O_2} (O_2/DQO)	Yield coefficient of the heterotrophic biomass
$Y_{H,obs}$ (SSV/DQO)	Observed yield coefficient
bCOD (mg/L)	Biodegradable COD fraction
DQOnb (mg/L)	Non-biodegradable COD fraction
bCOD _e (mg/L)	bCOD eliminated in the activated sludge process
Parameters from process data, aeration data and respirometry	
AOR (kg O_2 /d)	Actual oxygen requirement
SOR (kg O_2 /d)	Standard oxygen requirement
OTE _f (%)	Oxygen transfer efficiency in process
SOTE (%)	Standard oxygen transfer efficiency
AOR/SOR	Ration between actual oxygen requirement (AOR) and standard oxygen requirement (SOR)
Q_{O_2ref} (kg O_2 /d) $Q_{aire.ref}$ (Nm ³ /h)	Reference oxygen flow rate Reference air flow rate
F	Fouling factor
EO (%)	Estimated energy optimization due to diffusers clening or membranes replacement.

3. PROCEDURE DIAGRAM

This diagram (figure 2) shows the steps to follow in the procedure for the evaluation and follow up of the aeration system.



4. BM RESPIROMETER

The BM Respirometry technology is based on a unique system, based on the modified LFS + LSS respirometry, developed by Surcis S.L., which is included in a series of different BM respirometer models.

This technology allows, in the previous test setup and even during its normal performance, the adaptation to different conditions of pH, Temperature, Oxygen and sample / sludge ratio. It also allows the possibility of introducing certain data that can participate in the automatic calculations of fundamental parameters in the treatment process.

The main applications that can be carried out with BM Respirometry are the following: Taking the pulse of the process for its fast assessment, COD fractions, Biodegradability to the sludge, Toxicity, Nitrification rate (AUR), Denitrification rate (NUR), Assessment and monitoring of the aeration system, among many others.

Optionally, by means of a special reactor (bio-carrier), BM respirometers can carry out respirometry tests with moving bed biofilms for MBBR and granular biomass processes.

Figure 2. BM Respirometry system and automatic measurements performed by its software



BM-EVO2

BM Respirometry Operation Modes

OUR & Cyclic OUR modes

OUR: Oxygen Uptake Rate (mg O₂/l.h)

It measures the oxygen uptake rate for only one measurement or serial o measurements.

SOUR: Specific OUR (mg O₂/g VSS.h)

Specific OUR related to MLVSS. $SOUR = OUR / MLVSS$

R mode

Rs: Dynamic Respiration Rate (mg O₂/l.h)

It measures the oxygen uptake rate from the mixture of the activated sludge and certain amount of wastewater sample or compound within a continuous chain of measurements.

Rsp: Dynamic specific respiration Rate (mg O₂/g VSS.h)

Specific Rs referred to MLVSS. $Rsp = Rs / MLVSS$

bCOD: Biodegradable COD (mg O₂/l)

Biodegradable or soluble readily biodegradable COD fraction, based on Rs measurements integration from a mixture of activated sludge and biodegradable sample.

U: COD removal rate (mg COD/l,h)

Speed at which the COD is being removed.

q: Specific COD removal rate (mg COD/ mg VSS.d)

Specific U referred to MLVSS concentration.

5. PARAMETERS DESCRIPTION

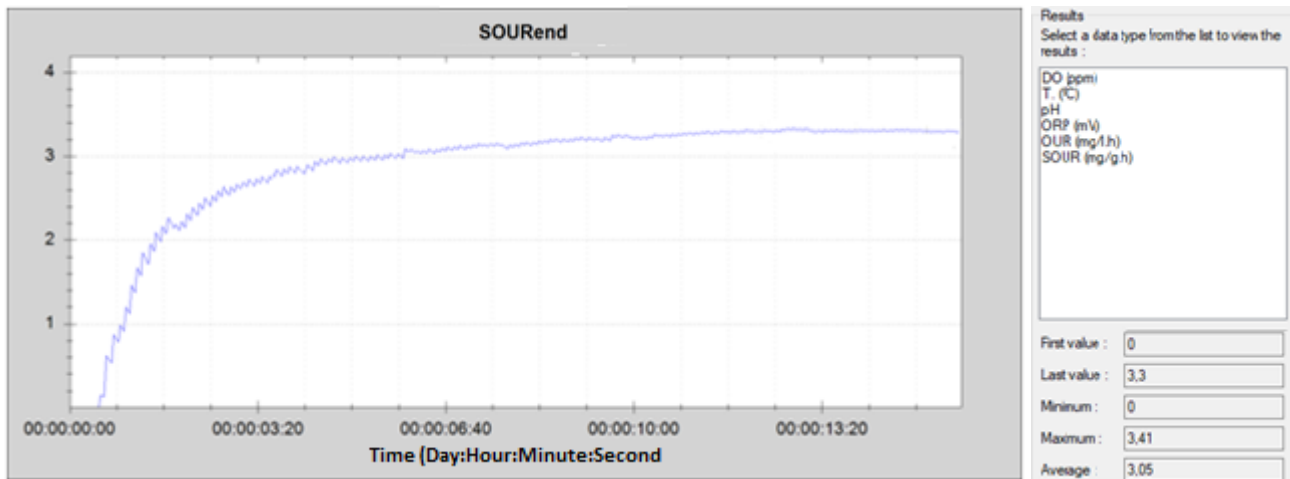
5.1. Parameters derived from respirometry tests

It is about the parameters obtained from respirometry tests, either directly calculated automatically by the software or mathematically from the results of tests performed with the respirometry system.

5.1.1. $SOUR_{end}$: Specific OUR of the activated sludge under endogenous respiration (mg O₂/g/h)

This is the ongoing specific oxygen consumption rate of the sludge under endogenous respiration phase. By entering the value of the SSVLM concentration, a BM respirometer automatically calculates this parameter by dividing the OUR value by the SSVLM concentration previously entered in the test setup.

Figura 3. SOUR_{end} respirogram from BM respirometry test



SOUR_{end} is involved in the calculation of the K_d coefficient (equation 1), on units kg O₂/kg/d.

5.1.2. K_d: Decay coefficient for endogenous respiration phase (d⁻¹)

This coefficient accounts for the loss in cell mass due to oxidation of internal storage products for energy for cell maintenance under endogenous respiration phase.

$$K_d = \frac{SOUR_{end}}{1,42} \quad (1)$$

5.1.3. Y_H: Heterotrophic yield coefficient (O₂/DQO), (SSV/DQO)

This coefficient represents the part of biodegradable COD that is used in the reproduction of heterotrophic biomass.

It is calculated from the oxygen consumed (OC) value of a known COD standard substrate (COD_{ac}) obtained automatically with a BM respirometer.

$$Y_{H.O_2} = 1 - \frac{OC}{DQO_{ac}} \quad (2)$$

En donde:

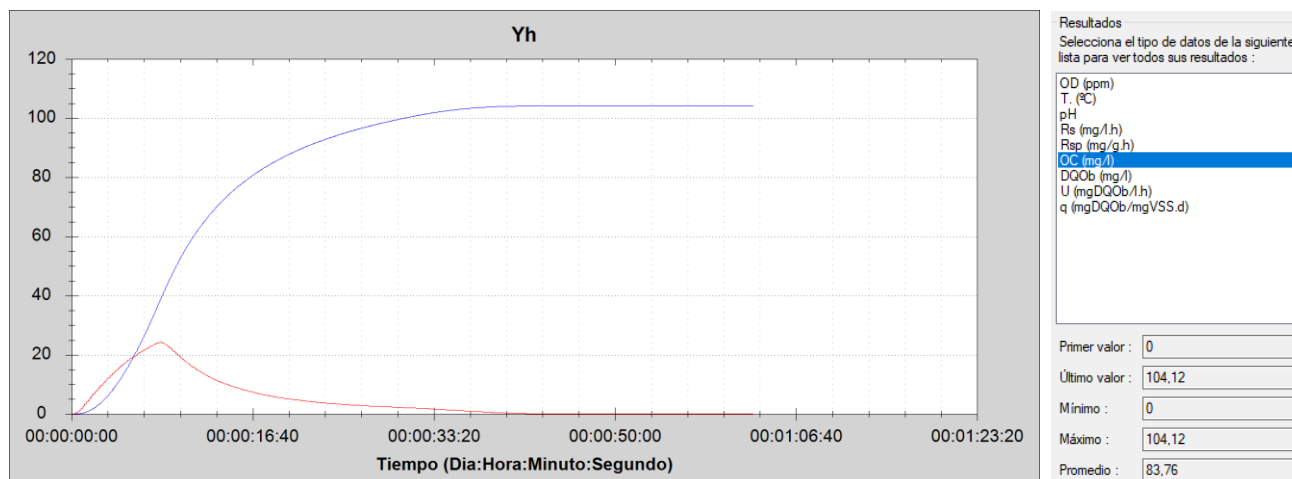
OC: Oxígeno consumido (mg/L), calculado a partir de la integración del conjunto de valores R_s (figura 5)

DQO_{ac}: DQO del sustrato de referencia utilizado en el ensayo de respirometría (mg/L)

El coeficiente Y_H pasa a relacionarse con la concentración de boimasa (SSVLM) con la siguiente ecuación:

$$Y_{H.SSV} = \frac{Y_{H.O_2}}{1,42} \quad (3)$$

Figura 5. Respirograma y resultado de un ensayo de respirometría BM del OC para la determinación del coeficiente Y_H



5.1.4. Y_{obs} : Coeficiente estequiométrico de producción de biomasa observado

Este coeficiente relaciona la biomasa producida con el sustrato consumido y se calcula principalmente para su intervención en la fórmula de la producción de fango (ecuación 7)

$$Y_{obs} = \frac{Y_{H,SSV}}{1 + K_d * TRC} \quad (4)$$

En donde:

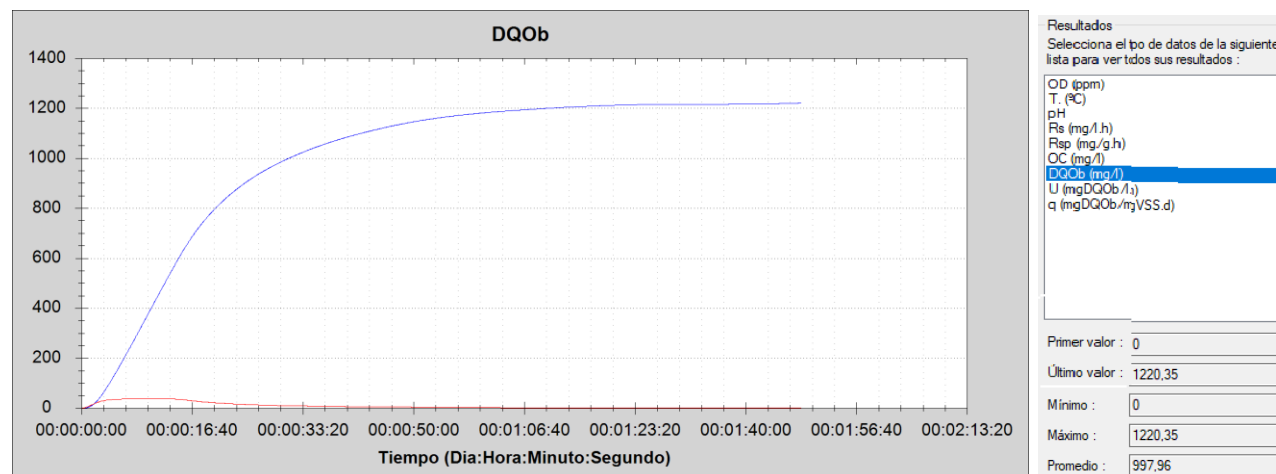
Edad del fango: TRC (d)

5.1.5. DQOb: DQO biodegradable (mg/L)

Es la fracción biodegradable en la DQO total.

La DQOb es un parámetro clave en el cálculo del requerimiento de oxígeno del proceso. Se puede calcular automáticamente por medio de un respirómetro BM (Surcis) desde una muestra compuesta representativa del influente al reactor biológico (figura 6)

Figura 6. Respirograma y resultado de un ensayo de respirometría BM (Surcis) de la DQOb



5.1.6. DQOnb: DQO no-biodegradable (mg/L)

Es la DQO inerte que actualmente no es degradable biológicamente en el proceso de fangos activos.

$$DQOnb = DQO - DQOb \quad (5)$$

5.1.7. DQOb_e: DQO biodegradable eliminada (mg/L)

Es la DQO biodegradable a eliminar en el proceso.

$$DQOb_e = DQOb_{entrada} - DQO_{salida} - DQOnb \quad (6)$$

Cuando $DQOnb \approx DQO_{salida}$, entonces $DQOb_{salida} = 0$ y $DQOb_e \approx DQO$ eliminada. Con ello, se asume que toda la DQOb se ha eliminado biológicamente en el reactor.

5.2. Parámetros calculados desde datos del proceso y respirometría

Denominamos así a los parámetros que conducen directamente a las ecuaciones clave en la valoración del sistema de aireación.

5.2.1. Producción de fango : P_X (kg SSV/d)

Este parámetro representa el crecimiento neto de la biomasa expresado en sólidos volátiles en suspensión.

$$P_X = \frac{1,42 * Q * DQOb_e}{1000} \quad (7)$$

En donde:

Q : Caudal de entrada (m³/d)

5.2.2. AOR: Requerimiento actual de oxígeno (kg O₂/d)

Es la demanda de oxígeno requerida en el proceso de depuración biológica.

Se compone de tres requerimiento parciales :

- Requerimiento por materia orgánica: $AOR_C = Q * DQOb_e / 1000 - 1,42 * P_X$
- Requerimiento por nitrificación: $AOR_N = 4,57 * Q * N_n / 1000$
- Requerimiento por desnitrificación: $AOR_{DN} = 2,28 * Q * N-NO_3 / 1000$
(Metcalf & Eddy – 2003, Henze, et al 2008)

En donde:

N_n : Nitrógeno nitrificable (mg N/L) \approx NTK eliminado

N-NO₃: Nitrato a desnitrificar (mg N-NO₃/L)

El requerimiento por desnitrificación, llevándose a cabo en condiciones anóxicas, se presenta como crédito en el oxígeno global requerido.

$$AOR = AOR_C + AOR_N - AOR_{DN} \quad (8)$$

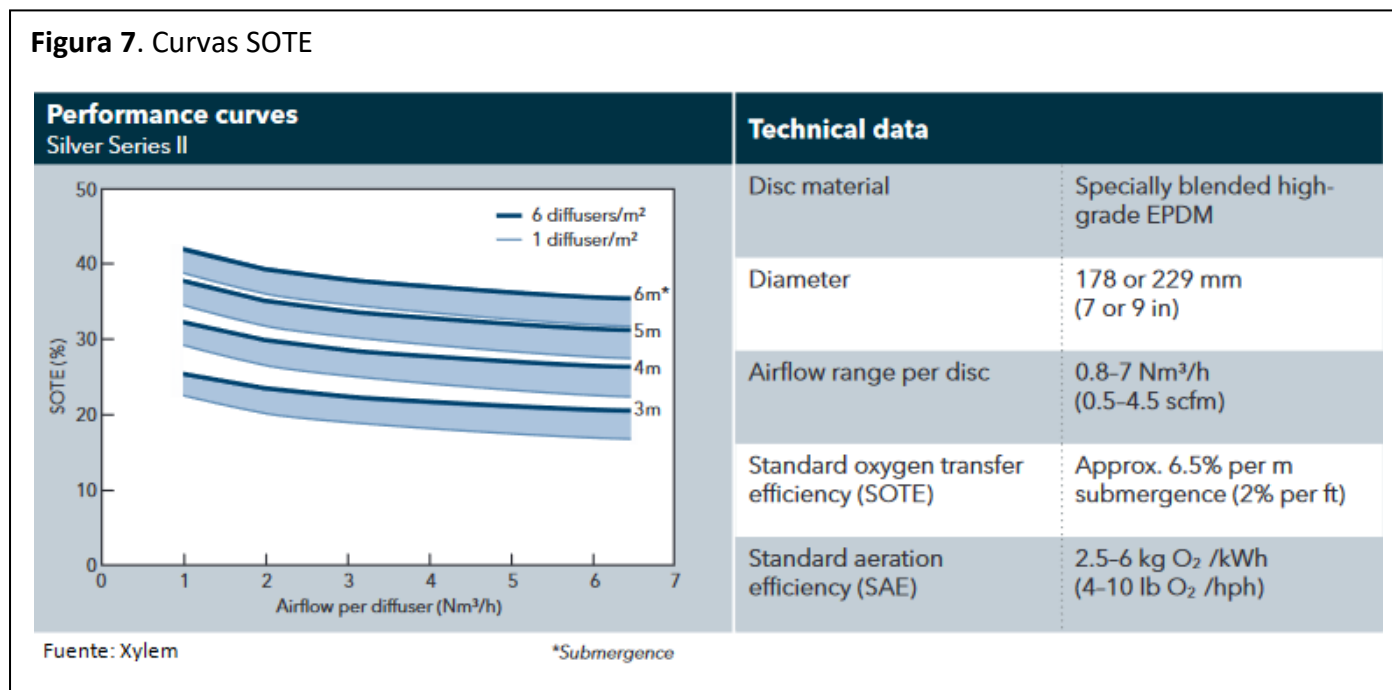
A tener en cuenta en el cálculo del AOR

Merece especial importancia la recomendación de calcular el requerimiento de la materia orgánica (AOR_C) en base a la DQO biodegradable eliminada (Metcalf & Eddy, 2003, Henze, et al 2008), a ser posible por medio de la Respirimetría. La razón de ello está en que, si se utiliza la DBO₅, cuando existe un porcentaje significativo de la fracción lentamente biodegradable de la DQO (DQO_{lb}) de muy baja actividad, podría no ser capaz de detectar este tipo de demanda de oxígeno. Con ello, aunque se apliquen valores estimados de requerimiento de oxígeno por unidad de carga DBO₅, en estos casos no sería representativa de una demanda de oxígeno global de la materia orgánica y se correría el riesgo de que se calcule un requerimiento de oxígeno inferior al que realmente necesita el proceso (ver caso de estudio)

5.2.2. Eficiencia de la transferencia de oxígeno en condiciones estándar: SOTE %

SOTE, es la eficiencia en la transferencia de oxígeno al proceso en condiciones estándar (20 °C, 1 atmósfera y 0 mg/L de oxígeno) a pleno rendimiento y en agua limpia.

El fabricante proporciona una gráfica del valor del SOTE a partir del caudal medio por difusor y profundidad de los difusores en el reactor biológico (Figura 7) El valor, así obtenido, proporciona una base de cálculo para obtener parámetros de referencia.



5.2.3. Requerimiento estándar de oxígeno: SOR (kg O₂/d)

El SOR está relacionado con la cantidad de oxígeno que debe transferirse para cumplir con el AOR después de ajustar las condiciones del reactor biológico. Es por esta razón que normalmente se utiliza conjuntamente con el AOR en la relación AOR/SOR. Con ello, es uno de los parámetros que sirve para valorar la suficiencia de oxígeno para el proceso y también para comparar diferentes sistemas de aireación.

La tasa de transferencia estándar de oxígeno (SOTR) debe ser igual al SOR en un proceso en funcionamiento. Por esta razón el SOR se calcula con la misma fórmula matemática que la del SOTR referida al caudal de oxígeno (WEF, SVU Rapport-2019 23)

$$\text{SOR} = Q_{O_2} * \text{SOTE} \quad (9)$$

En donde:

Q_{O_2} : Caudal medio de oxígeno suministrado al proceso (kg O_2 /d)

5.2.4. Relación entre el requerimiento actual y requerimiento en condiciones estándar de oxígeno de referencia: AOR/SOR

La relación AOR/SOR se puede utilizar como parámetro primario de valoración. De hecho muchos fabricantes (Xylem, entre otros) propone esta relación para valorar y calcular el caudal de oxígeno.

En realidad, esta relación no hace otra cosa que sujetarse al principio básico , por el que indirectamente se relaciona el requerimiento de oxígeno medio con el caudal de oxígeno que se está suministrando. Por esta razón, el parámetro AOR/SOR se puede tomar como parámetro de primera valoración y de inicio del procedimiento.

La relación AOR/SOR suele tener un rango de normalidad de entre 0,3 y 0,5.

Para los sistemas de aireación de burbuja fina, el valor habitual de referencia del AOR/SOR es de 0,33 (CED Engineering, Harlan H. Bengtson – 2017, Sanitaire, University of Idaho, Environmental Engineering, CVE – 2021, otros)

Este valor de 0,33 se tomará como base para el cálculo de otros parámetros de referencia. Con ello, la primera evaluación del sistema de aireación puede provenir precisamente de la relación AOR/SOR. Por lo que, por ejemplo, valores por debajo de 0,3 supone una aireación deficiente y ello significaría que se está suministrando un caudal anormalmente elevado para el requerimiento de oxígeno actual.

5.2.5. Cálculo simplificado de la eficiencia de la transferencia de oxígeno actual del proceso: OTE_f (%)

La eficiencia de transferencia de oxígeno del proceso es uno de los parámetros más importantes en los sistemas de aireación. Cuanto mayor sea la OTE_f , menos aire debe suministrarse a un reactor para garantizar la cantidad necesaria en el proceso.

La determinación del OTE_f permiten a las plantas evaluar los costes de funcionamiento a largo plazo de sus sistemas de aireación y confirmar que se dispone de la capacidad suficiente para satisfacer el requerimiento de oxígeno exigido por la carga de entrada al proceso. Por ello, es un parámetro que se puede considerar como fundamental para el seguimiento del sistema de aireación..

Con el rendimiento actual y condiciones de proceso, la forma simplificada y dinámica de calcular el OTE_f es por la relación entre el requerimiento de oxígeno de la carga de entrada y el caudal actual de oxígeno que se suministra (Lee E. Ferrell, P.E., BCEE, CEM, LEED Green Assoc.- 2010; Viktor Larsson – 2011, entre otros)

$$OTE_f = 100 * \frac{\text{AOR}}{Q_{O_2}} \quad (10)$$

5.2.6. Caudal de oxígeno de referencia: $Q_{O_2.ref}$ (kg O_2/d)

En base al valor de referencia del AOR/SOR = 0,33, se puede obtener la ecuación para el cálculo del caudal de referencia (ecuación 10)

El caudal de referencia ($Q_{O_2.ref}$) correspondería al caudal estimado que se necesitaría, para una mismo requerimiento AOR, después de un mantenimiento efectivo de los difusores (limpieza o cambio)

$$Q_{O_2.ref} = \frac{AOR}{(0,33 * SOTE)} \quad (11)$$

$$Q_{aire.ref} = \frac{0,285}{24} * Q_{O_2.ref} \quad (12)$$

El caudal de aire correspondiente ($Q_{aire.ref}$) se obtendrá aplicando el factor de conversión de kg O_2/d a Nm^3/h (ecuación 11)

5.2.7. Estimación del factor F

Se trata del factor que valora el estado actual de los difusores en cuanto a suciedad o envejecimiento..

El factor de uso (ensuciamiento & envejecimiento) F se define como la relación entre la eficiencia de transferencia de oxígeno estándar del difusor en cualquier momento ($\alpha FSOTE$) y la eficiencia de transferencia de oxígeno estándar óptimo ($\alpha SOTE$)

Con ello, puesto que la relación $\alpha FSOTE/\alpha SOTE$ es proporcional a $[AOR/Q_{O_2}]/ [AOR/Q_{O_2.ref}]$, en modo simplificado podemos estimar que el factor F se calcula por la división entre el caudal de referencia y el caudal actual de oxígeno o de aire (ecuación 12)

$$F = \frac{Q_{aire.ref}}{Q_{aire}} \quad (13)$$

El rango habitual del factor F se encuentra entre 0,7 y 0,9.

El factor F, en los difusores de poros finos, va disminuyendo con el tiempo debido al envejecimiento, el ensuciamiento, las incrustaciones inorgánicas o los cambios como resultado de la calidad de las aguas residuales, las características de los lodos y las condiciones de funcionamiento.

Cuando el valor F se sitúa a un nivel muy cercano o por debajo de 0,7 indicará que existe una reducida transferencia de oxígeno, la cual puede ser debida al ensuciamiento y/o envejecimiento de las membranas de los difusores por lo que, se podría ir pensando en una nueva limpieza o un cambio de membranas.

Las membranas difusoras y acoplamiento suelen tener una vida útil de entre 8 y 10 años. Por lo que, a partir de los 8 años, en caso de una notable deficiencia de aireación y con un factor inferior o cercano a 0,7, se podría ir pensando en el cambio de membranas cuando ello pueda representar una importante optimización energética (ecuación 14)

5.2.8. Optimización energética estimada: OE (%)

Representa la optimización estimada que puede suponer un mantenimiento efectivo en un sistema de aireación de burbuja fina por limpieza o cambio de membranas (en el caso de que los difusores ya tengan una edad suficiente para su cambio)

Para ello, se calcula el porcentaje teórico de optimización desde la diferencia entre el caudal actual y el de referencia respecto al actual.

$$OE \approx 100 * \frac{Q_{O_2} - Q_{O_2.ref}}{Q_{O_2}} \quad (14)$$

6. CONCLUSIÓN

Aquí se ha presentado un procedimiento compuesto por dos grupos de sencillas ecuaciones con el claro objetivo de seguir el principio básico de relacionar el requerimiento de oxígeno medio de la carga de entrada con el oxígeno que se está suministrando. A esta relación se la vincula con una referencia contrastada con el fin de obtener una valoración de los parámetros obtenidos. De este modo, este procedimiento permite valorar y hacer un seguimiento periódico del sistema de aireación por difusores de membrana de burbuja fina y tomar las decisiones oportunas.

En todo ello, es importante tener en cuenta la potente herramienta que puede significar la relación AOR/SOR y que en muchos casos podría ser suficiente como parámetro de valoración, sin tener que ir más lejos. Para ello, es fundamental el correcto cálculo del AOR.

El procedimiento no pretende ser científicamente preciso, pero para una EDAR es suficiente para tener perfectamente claro la suficiencia del sistema de aireación y para obtener un parámetro que nos indique la conveniencia de una limpieza o cambio de membranas. Por otro lado es evidente que ofrece la importante ventaja de valorar y seguir el estado del proceso de aireación de forma global.

El conjunto de las sencillas ecuaciones presentadas son de fácil acomodación a cualquier hoja de cálculo. Pero, en cualquier caso, la empresa Surcis, además de su capacidad de asesoramiento permanente, está desarrollando un programa en donde con la simple introducción de datos será capaz de generar automáticamente los parámetros de valoración y seguimiento: AOR/SOR, OTE, F y OE.

Es importante añadir que, el valor de referencia de 0,33 en la relación AOR/SOR, no solamente se puede utilizar para valorar el sistema de aireación sino además como herramienta de diseño, principalmente para calcular el caudal de oxígeno necesario para un determinado requerimiento de oxígeno.

El conjunto de parámetros del el modelo matemático expuesto en este escrito pueden dar paso al cálculo de otros parámetros, tales como el kLa_f , OTE_{ref} , factor α estimado, que se pueden añadir al paquete de los ya calculados para incrementar el criterio de valoración y seguimiento si ello fuera necesario.

7. CASO DE ESTUDIO PARA LA VALORACIÓN DEL SISTEMA DE AIREACIÓN DE UNA EDAR MUNICIPAL

Como ejemplo de aplicación del procedimiento descrito, se ha llevado a cabo un estudio del sistema de aireación de una EDAR municipal cuya explotación corre a cargo de la empresa DAM a la que, unavez más, agradecemos su importante colaboración tanto en la aportación de los datos del proceso actual como en los ensayos de Respirimetría BM realizados en su laboratorio.

7.1. Datos del proceso

Tabla 3. Ficha técnica de datos y condiciones del proceso de depuración de la EDAR

Parámetro / Tipo	Descripción	Valor
Tipo proceso	Aireación prolongada	-
Tipo de difusores	Difusores de membrana de burbuja fina	-
h	Profundidad de los difusores	4,235 m
Edad sistema	Edad de los difusores	> 8 años
Limpieza difusores	Última limpieza	Hace 4 meses
T	Temperatura media	20 °C
Q	Caudal de entrada	3.145 m ³ /d
Q _{aire}	Caudal total medio de aire	5.800 Nm ³ /h
Q _{O₂}	Caudal medio de oxígeno	39.672 kg O ₂ /d
Q _{aire/difusor}	Caudal aire por difusor	3,7 Nm ³ /h
OD	Oxígeno disuelto medio en zona aerobia	0,7 mg/L
DBO _{in}	DBO5 de entrada	366 mg/L
DBO _{ef}	DBO5 de salida	4 mg/L
DBO _e	DBO media eliminada	362 mg/L
DQO _{in}	DQO de entrada	1.055 mg/L
DQO _{ef}	DQO salida	35 mg/L
DQO _e	DQO eliminada	1020 mg/L
DQO _{b_e}	DQO biodegradable media eliminada (En este caso específico: DQO _{b_e} = DQO _e)	1020 mg/L
NTK _{in}	NTK entrada	101 mg N/L
NTK _{ef}	NTK salida	5 mg N/L
Nn	NTK eliminado	96 mg N/L

7.2. Resumen de resultados

Tabla 4. Resultados del estudio de la valoración del sistema de aireación en una EDAR de la empresa DAM

Parámetro	Descripción	Resultado
AOR	Requerimiento actual de oxígeno.	2.525 kg O ₂ /d
SOR	Requerimiento de oxígeno en condiciones estándar	10.910 kg O ₂ /d
AOR/SOR	Relación requerimiento actual / Requerimiento estándar oxígeno	0,23
SOTE	Eficiencia de la transferencia de oxígeno en condiciones estandar	27,5 %
OTE _f	Eficiencia actual de la transferencia de oxígeno del proceso	6,3 %
Q _{O₂.ref}	Caudal de oxígeno de referencia	28.055 kg O ₂ /d
Q _{aire.ref}	Caudal de referencia estimado de aire obtenido desde Q _{O₂.ref}	4.101 Nm ³ /h
F	Factor de uso (ensuciamiento & envejecimiento)	0,7
OE	Optimización energética teórica, para un mismo AOR y condiciones, en caso de cambio de membranas.	29 %

7.3. Análisis de los resultados obtenidos

1. En esta depuradora se da el caso de que la relación DBO/DQO es de 0,34. Lo cual, en principio parece suponer que se trata de un agua residual de baja biodegradabilidad. Sin embargo, con el ensayo de respirometría para la obtención de la DQO biodegradable (DQOb) con un analizador BM de Surcis, se pone en evidencia que no es así, sino todo lo contrario: la realidad es que el agua residual tiene una biodegradabilidad del 96 %. La razón de esta discrepancia está en que existe un importante porcentaje de DQO lentamente biodegradable de muy escasa actividad que la DBO₅ parece no ser capaz de detectar. Por otro lado, este elevado grado de biodegradabilidad detectado por respirometría justifica el alto rendimiento obtenido en la eliminación de la DQO.
2. La relación AOR/SOR de 0,23, al situarse por debajo de 0,3, da una valoración primaria de clara deficiencia del sistema de aireación.
3. El factor F de 0,7, aun situándose en el rango bajo de normalidad, al tomar en consideración el valor del AOR/SOR de 0,23 que se sitúa por debajo del valor de referencia, debe valorarse como crítico. Por lo cual, teniendo en cuenta que los difusores tienen más de 8 años de funcionamiento, se puede deducir que son los responsables de la deficiencia de la transferencia de oxígeno .
4. Aunque la limpieza de difusores se hizo aproximadamente hace cuatro meses, el rendimiento de la aireación sigue siendo relativamente bajo y el cambio de membranas puede suponer una importante optimización energética (29 %) al obtener una reducción teórica del caudal de aire al pasar de 5.800 Nm³/h a 4.101 Nm³/h para un mismo requerimiento medio de oxígeno.

REFERENCIAS

Rumana Riffat - FUNDAMENTALS OF WASTEWATER TREATMENT AND ENGINEERING (2013) – IWA.

H. Johannes Pöpel (2002). AERATION: Principles and Practice.

Simon Bengtsson, Dan Fujii, Magnus Arnell, Sofia Andersson, Bengt Carlsson, Henrik Held, David Gustavsson (2019). Design, operation, maintenance and procurement of aeration equipment for municipal wastewater treatment plants - WEF, SVU Rapport-2019 -23.

Harlan H. Bengtson (2017) – Civil Engineering Southern Illinois University Edwardsville - Biological Wastewater Treatment Process Design Calculations.

Catarina Silva ; Maria João Rosa (2022)- Urban Water Division, Hydraulics and Environment Department, National Civil Engineering Laboratory. A Comprehensive Derivation and Application of Reference Values for Benchmarking the Energy Performance of Activated Sludge Wastewater Treatment.

Felipe Andrés Proschle; Javier Nannig (2017). Universidad de Chile – Dpt. Ingeniería Civil. Cálculo del consumo máximo de oxígeno diario del reactor biológico de un sistema de tratamiento de lodos activados.

American Society of Civil Engineers – ASCE (1984, 1991, 2007). Measurement of Oxygen Transfer. American Society of Civil Engineers, New York, ASCE 2 – 91.

5b Sutari-Activated Sludge - SWIM-H2020 – Oxygen Requirements.

Diego Rosso 1 ; Lu-Man Jiang 2 ; Paul Pitt, P.E. 3 ; Charles S. Hocking, P.E. 4 ; Michael K. Stenstrom, P.E., F.ASCE 5 ; Sudhir Murthy, P.E. 6 ; David M. Hayden 7 ; Joseph Zhong 8 ; Daniel H. Coller 9 ; Andrew Y. Kim 10 ; and Haomin Xu. (2013). Methodology for In Situ Column Testing to Improve Accuracy during Design and Specification of Aeration Systems. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING © ASCE / APRIL 2013 / 531

METCALF y EDDY. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. 4° edition.

Lee E. Ferrell, P.E., BCEE, CEM, - LEED Green Assoc (2019) - Aeration Efficiency and Optimization.