

Respirometría BM en la depuración biológica de aguas residuales



SURCIS S.L

Concepto general de la Respirometría

Es una tecnología basada en la velocidad de consumo de oxígeno que es capaz de controlar, diseñar y proteger el proceso de depuración biológica de las aguas residuales.



Introducción

La Respirometría nace de la necesidad de obtener información sobre el fango activo como lo que realmente es: un proceso vivo con respiración propia

Necesitamos parámetros de la propia biomasa (fango activo) y del efecto que el agua residual provoca en la misma, y esto solo se consigue con la Respirometría

¿En que se basa la Respirometría?

La Respirometría es una técnica que **mide la velocidad del consumo de oxígeno (“respiración”)** de las bacterias contenidas en un fango activo.

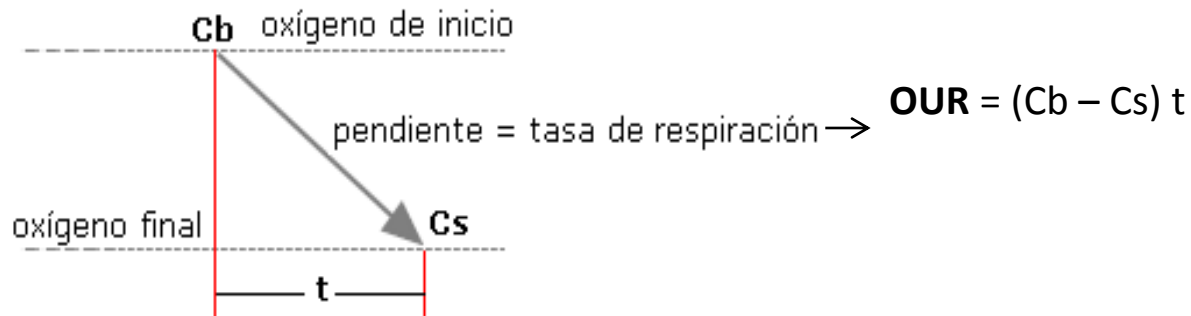
Hay dos respiraciones fundamentales:

Respiración endógena: Consumo de oxígeno de las bacterias contenidas en el fango activo en ausencia de sustrato.

Respiración exógena: Consumo de oxígeno para la asimilación del sustrato por las bacterias del fango activo:

Esta Respiración se mide principalmente bajo las siguientes variantes:

1. Velocidad de consumo de oxígeno: **Tasa de Respiración = OUR, R_s**



2. Tasa de Respiración específica: **SOUR, R_{sp}**

$$SOUR = OUR / SS \text{ del fango activo}$$

¿Qué es importante evaluar en las medidas de respirometría?

1. La actividad biológica es proporcional a la tasa de respiración.
2. La contaminación es proporcional al oxígeno consumido.
3. Para una misma contaminación el aumento progresivo de la tasa de respiración es indicativo de un aumento de la actividad del fango activo, y viceversa.
4. Para una contaminación representativa, la caída o ausencia de tasa de respiración es indicativo de una inhibición o toxicidad.

¿Qué es la Respirimetría BM?

La Respirimetría BM es un método exclusivo desarrollado por SURCIS, S.L. (España) que incorpora a la respirometría tradicional a la medida automática de parámetros fundamentales que se calculan de forma automática desde las siguientes medidas:

- Tasa de Respiración = **OUR** & **SOUR** (estática), **Rs** (dinámica)
- Oxígeno consumido = **OC**
- Fracción biodegradable de la DQO = **DQOb**
- Velocidad de degradación de la DQO = **U, q**

En una estación depuradora, se puede aprovechar el propio fango activo de su reactor biológico para llevar a cabo una Respirimetría representativa del proceso de depuración.

Algunas aplicaciones importantes de la Respirometría

Algunas aplicaciones clave de la Respirometría:

1. Actividad biológica actual del fango activo y lo que le puede pasar – muchas veces incluso antes de que pase - si permitimos que una determinada muestra entre en el reactor biológico.
2. Determinar el grado de Contaminación Orgánica (DQO biodegradable) y velocidad de eliminación del nitrógeno amoniacal (tasa de nitrificación)
3. Analizar el efecto que el pH, Temperatura y Oxígeno producen en el tratamiento del agua residual.
4. Tratabilidad del agua residual:
 - Capacidad de eliminación del sustrato contaminante, bien sea DQO o Amonio.
 - Determinar la parte biodegradable de la no biodegradable de una muestra.
 - Inhibición provocada por las condiciones en que se desarrolla el proceso.
 - Toxicidad en el fango activo por compuestos contenidos en el agua residual

Posibilidades de la respirometría

En general podemos decir que la respirometría permite valorar, controlar y optimizar un proceso de fangos activos.

Las aplicaciones de la respirometría más comunes se basan en lo siguiente:

1. Rápida valoración cualitativa de la salud de la biomasa y estado del proceso.
2. Optimización de la aeración y así fomentar el ahorro energético de la planta.
3. Determinación de las fracciones de la DQO, incluyendo la inerte (refractaria – no degradable), y su biodegradabilidad específica al lodo activo.
4. Caracterización del agua a tratar en función de su biodegradabilidad por el fango activo.
5. Detectar vertidos industriales con efectos inhibitorios o tóxicos sobre la biomasa.
6. Optimización de la nitrificación-desnitrificación.
8. Determinación de los parámetros operativos límites.

Respirómetros BM de Surcis

SURCIS S.L.

Respirómetros BM



BM-Advance



BM-EVO



BM-T+

Los Respirómetros BM son analizadores de laboratorio especialmente desarrollados para el **control, diseño, investigación y formación** en la depuración biológica de aguas residuales

Están dotados de un potente software que lleva a cabo la medida automática y cálculo de parámetros decisivos para el diseño, control y protección de un proceso de fangos activos (lodos activados)

Incluyen tres diferentes modos de trabajo (Estático, Cíclico, Dinámico) con el fin de adquirir la capacidad de adaptarse a diferentes tipos de situaciones y procesos.

La configuración de los ensayos permite programar las condiciones de Temperatura, pH y oxígeno disuelto (solo en el modo cíclico) equivalentes a las del proceso real. Así mismo, el software permite la variación de estas condiciones durante el ensayo (especialmente importante para realizar estudios)

Principales características

de los Respirómetros BM de laboratorio

- Analizadores compactos de muy bajo mantenimiento y fácil manejo.
- Medida directa del oxígeno disuelto desde un sensor de oxígeno sin mantenimiento.
- Sin restricciones de oxigenación ni tiempo en la ejecución de cualquiera de los ensayos.
- Control completo del funcionamiento y resultados por medio de un potente software cargado en el ordenador
- Actualización automática del software en curso desde Internet.
- Capacidad para la programación de las condiciones del ensayo y su posible modificación durante su ejecución.
- Presentación de todos los resultados seleccionados durante la ejecución del ensayo, en cualquier momento, de forma tabular o gráfica.

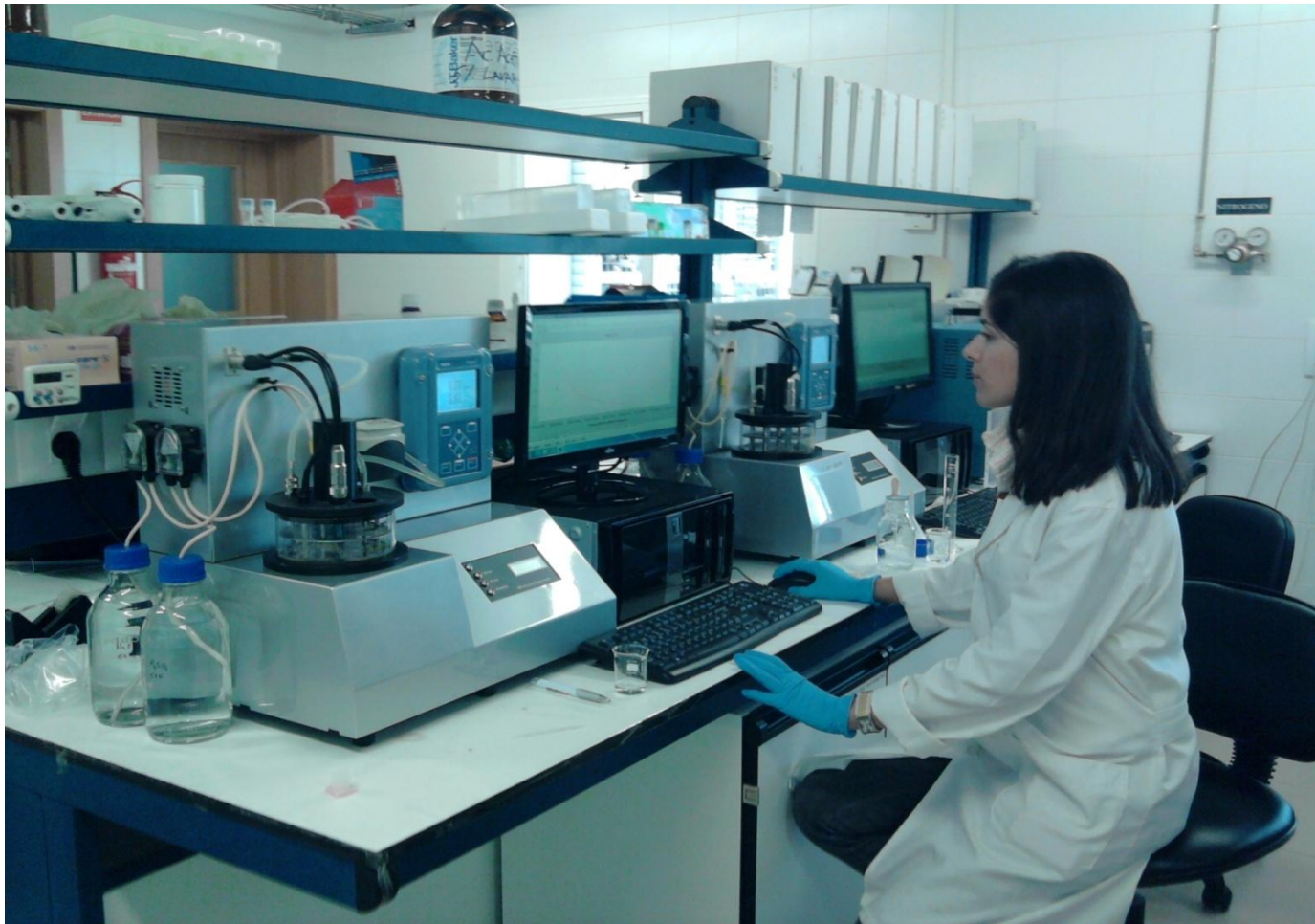
- Opción para la apertura de varios ensayos almacenados y comparar los resultados de forma gráfica de los parámetros seleccionados, por superposición o por distintos modos de presentación de pantallas.
- Control automático de la temperatura integrado en los modelos EVO & Advance, y fuera del analizador en el modelo BM-T+
- Monitorización y control automático del pH y en el modelo BM-Advance.
- Las medidas de los respirómetros BM pueden utilizarse en los programas de simulación.
- Opción para utilizar un reactor especialmente diseñado para contener los portadores (biomass carriers) de procesos tipo MBBR.

Sistema de respirometría BM



Sistema de respirometría BM-Advance (Surcis)

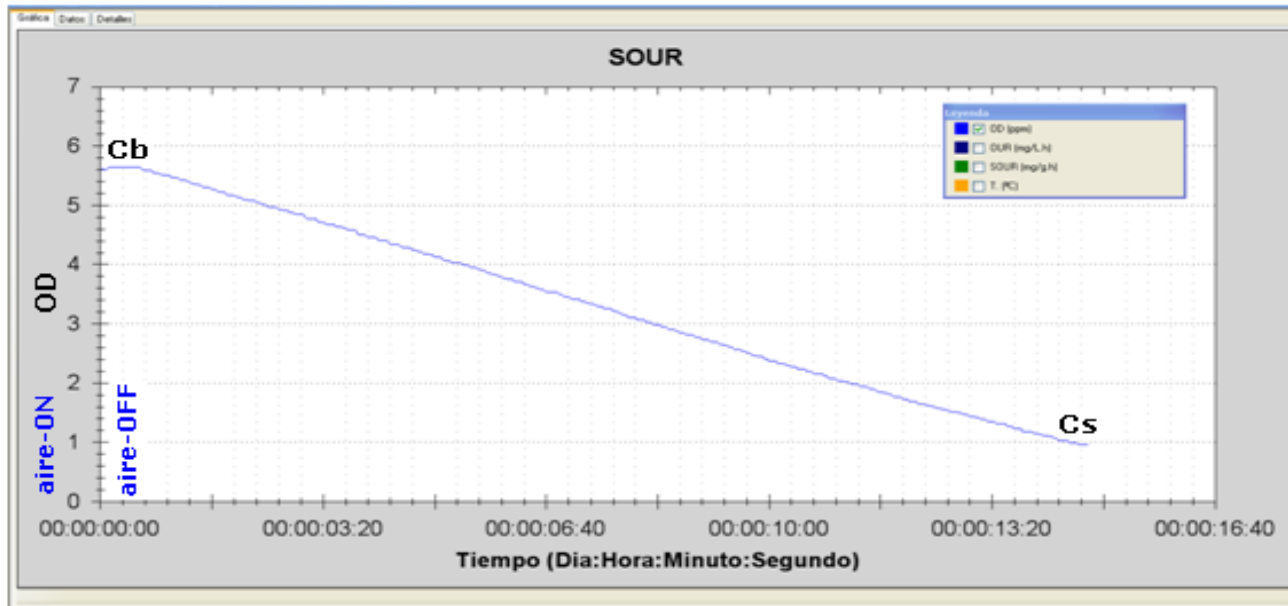
Unidad de trabajo de respirometría en laboratorio



Unidad de trabajo de Respirometría BM (Surcis) en el CIEMAT
(Centro nacional de España de investigación sobre ciencias ambientales)

Medidas en OUR & SOUR

Desde el licor mezcla del reactor biológico se determinan los parámetros OUR & SOUR en el tiempo y sección que hayamos seleccionado en el Respirograma.



Respirograma del oxígeno disuelto

Tasa de respiración total estática

OUR (mg O₂/l.h)

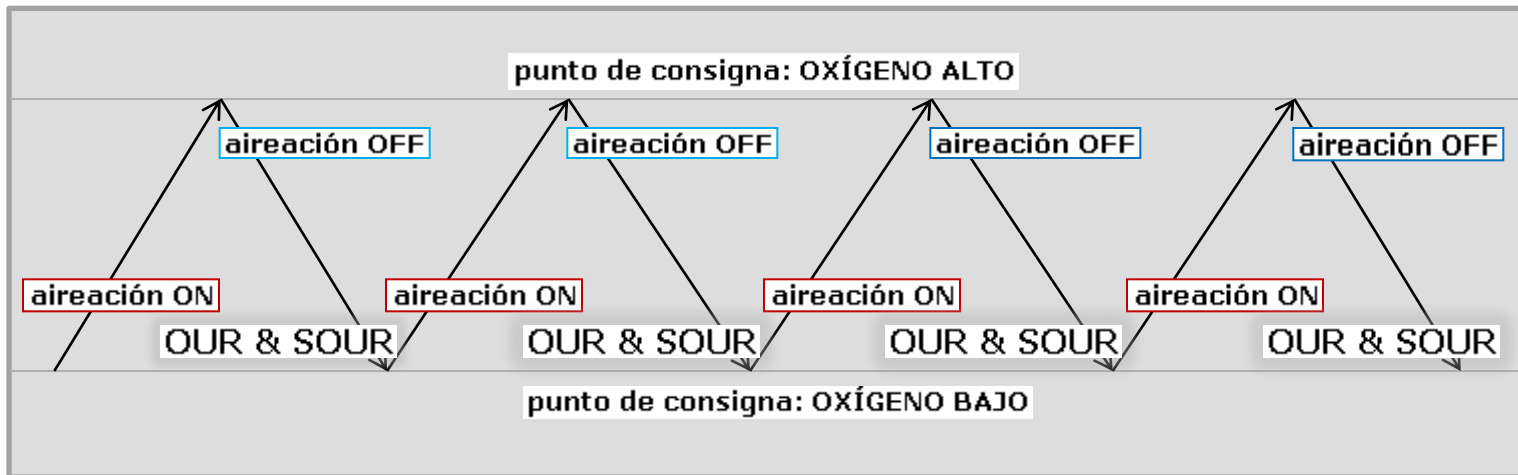
OUR específico = OUR / SSVLM

SOUR (mg O₂/g SS.h)

Modo OUR cíclico (I)

En este modo, el analizador lleva a cabo un respirograma dentro de la ventana de trabajo establecida por **dos puntos de consigna** en el oxímetro, determinando de forma automática y secuencial una serie continuada de medidas **OUR & SOUR**.

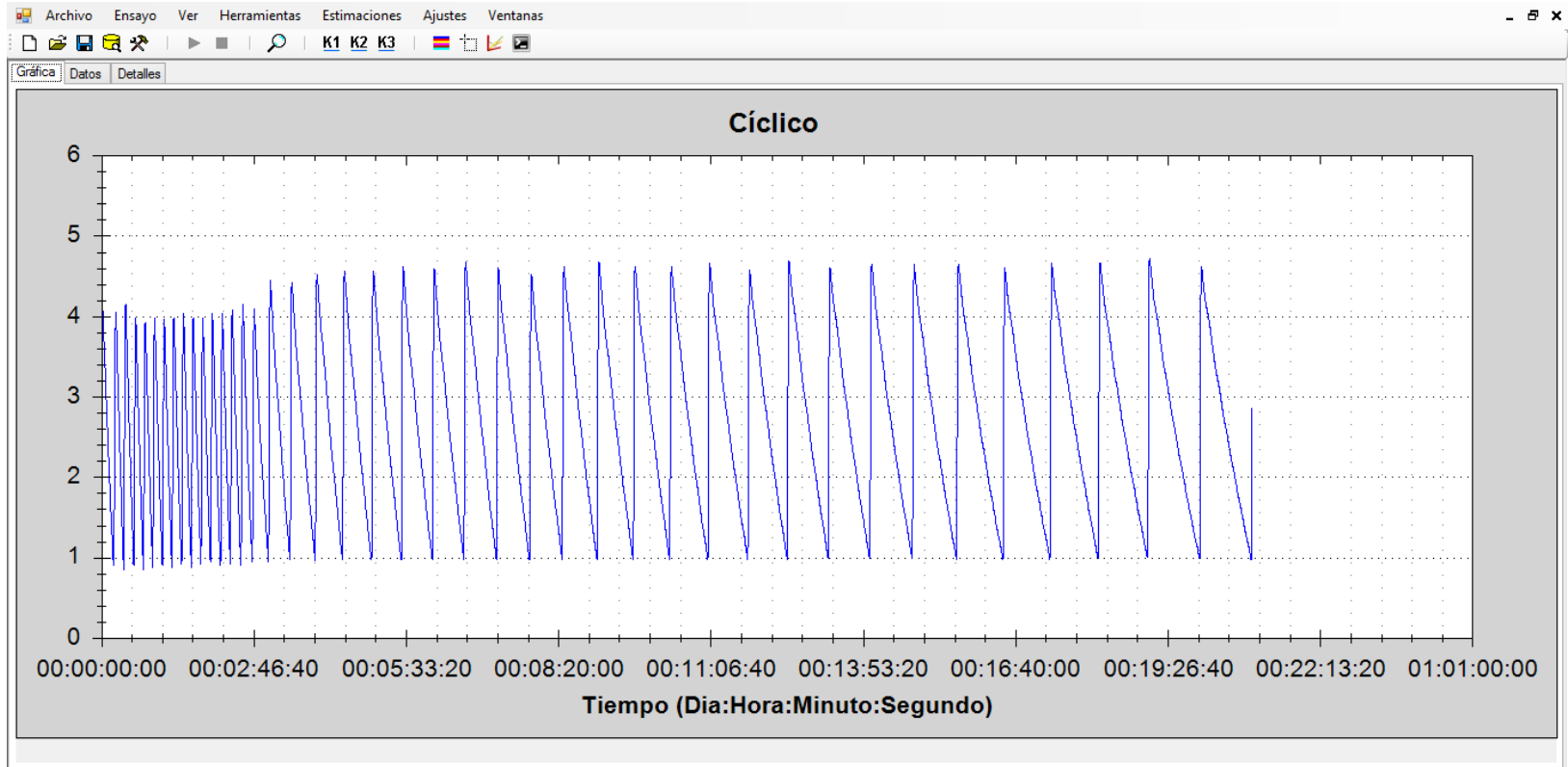
OD (ppm)



Trayectoria del oxígeno modo cíclico

Tiempo

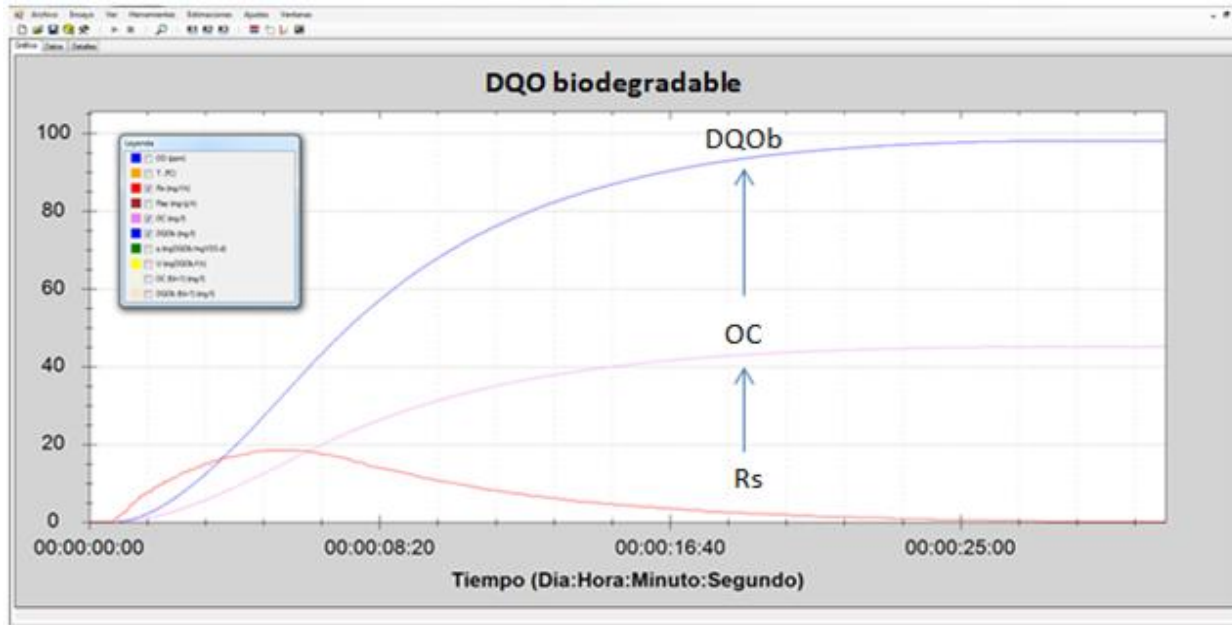
Modo OUR cíclico (II)



Respirograma del oxígeno disuelto

Medidas en R dinámico

El programa genera un respirograma formado por medidas de **Rs** para, por integración de medidas, ir calculando **OC** y **DQOb**.



Respirogramas superpuestos de **Rs**, **OC** y **DQOb**

Tasa de respiración exógena	Rs (mg O ₂ /l.h)
Oxígeno consumido acumulado	OC (mg O ₂ /l)
Fracción biodegradable de la DQO	DQOb (mg O ₂ /l)
Fracción rápidamente biodegradable de la DQO	DQOrb (mg O ₂ /L)

Algunas Aplicaciones

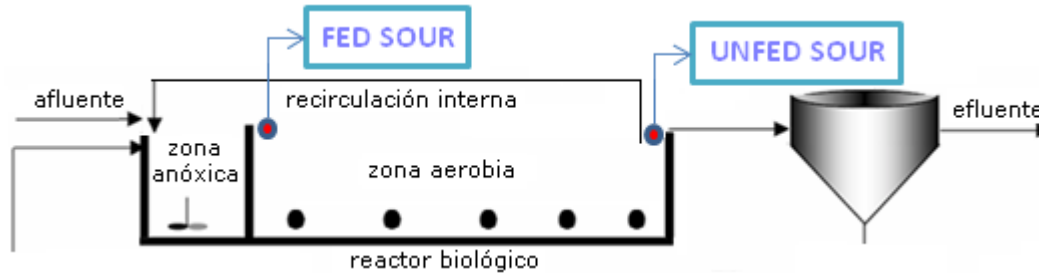
SURCIS S.L

Valoración primaria del proceso y salud del fango activo

SURCIS S.L.

Factor de carga

Esta valoración se lleva a cabo mediante dos SOUR tests: uno con fango del inicio (FED SOUR) y otro con fango del final del proceso (UNFED SOUR)



Factor de Carga (FC) is la relación entre FED SOUR y UNFED SOUR.

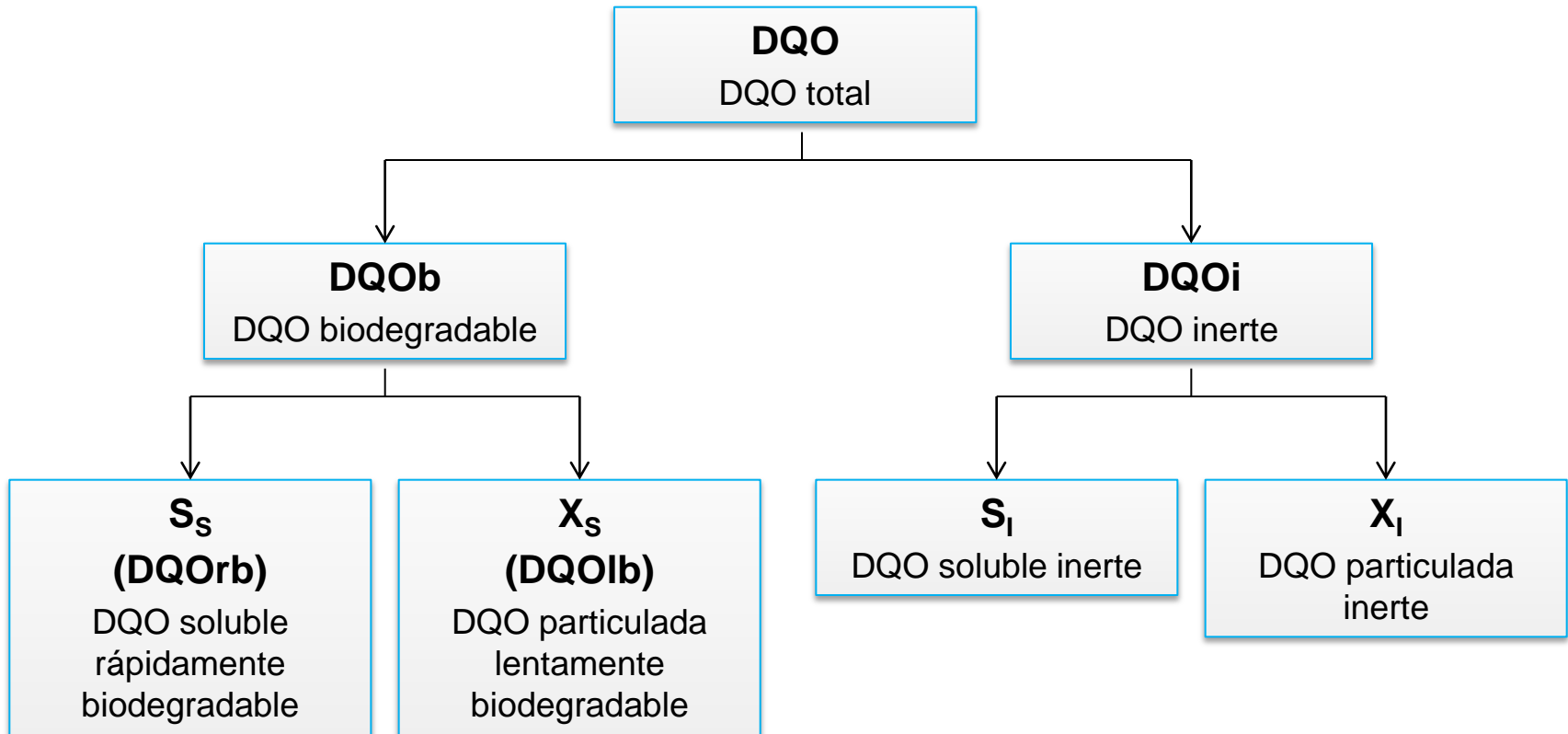
$$FC = \text{FED SOUR} / \text{UNFED SOUR}$$

FC	Diagnóstico
$FC \leq 1$	Carga inhibitoria o tóxica
$1 < FC < 2$	Bajo rendimiento o muy baja carga
$2 < FC < 5$	Buen rendimiento & Carga normal
$FC \geq 5$	Alta carga

Algunas Aplicaciones relativos a la remoción de la materia orgánica

SURCIS S.L

Fraccionamiento de la DQO (I)



¿Para que sirve el fraccionamiento de la DQO en un proceso de fangos activos ?

1. Para calcular la biodegradabilidad específica a ese proceso:

$$\text{Biodegradabilidad DQOb (\%)} = 100 * \text{DQOb} / \text{DQO}$$

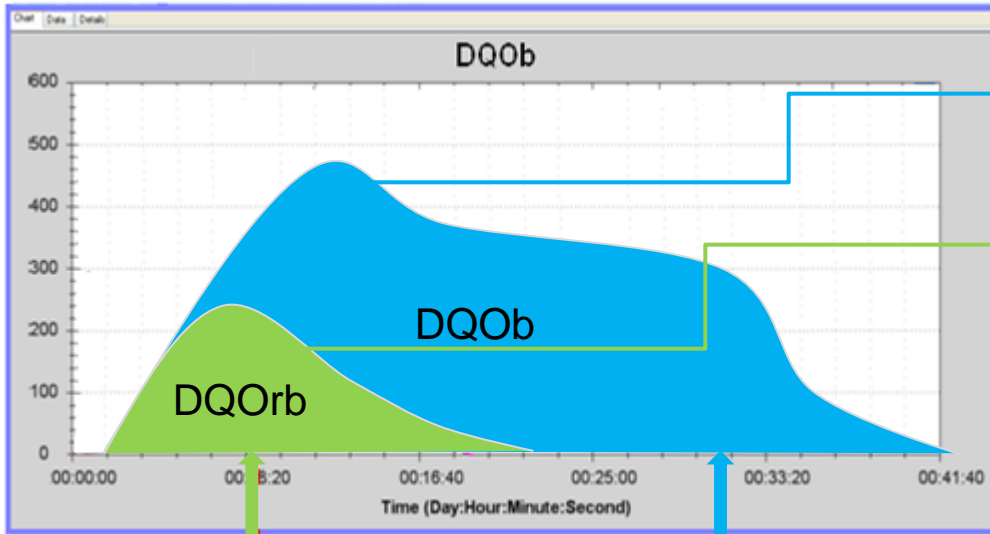
$$\text{Biodegradabilidad DQOrb (\%)} = 100 * \text{DQOrb} / \text{DQO}$$

2. Para calcular la fracción DQO inerte (refractaria, no degradable) y ver si existe una bajo rendimiento de la DQO como consecuencia de un valor alto de la DQO inerte (DQOi)

2. Para calcular la fracción DQO lentamente biodegradable (DQOl_b) y ver si existe una bajo rendimiento de la DQO como consecuencia de un valor alto de esta fracción.

Un valor elevado de DQOl_b implica un valor excesivamente bajo de la DQOrb, que puede representar un desequilibrio en la relación de nutrientes en cuanto a la parte del Carbono (C) como material orgánico fácilmente asimilable.

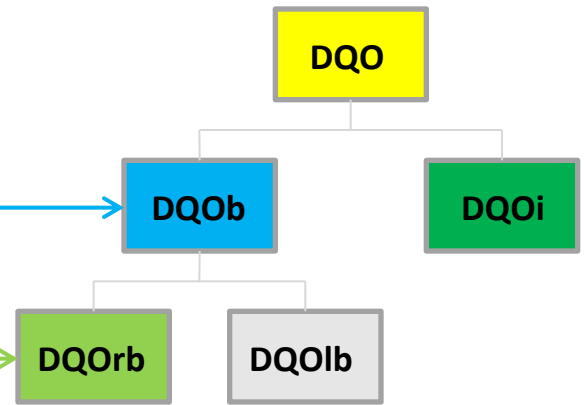
Fraccionamiento de la DQO (II)



fango activo
(endógeno)
+
agua r. filtrada

fango activo
(endógeno)
+
agua r. sin filtrar

Ensayos R de Respirometría



DQOb: DQO biodegradable total

DQOi: DQP inerte (refractaria)

DQOrb: DQO rápidamente biodegradable

DQOIb: DQO lentamente biodegradable

$$\text{DQO} - \text{DQOb} = \text{DQOi}$$

$$\text{DQOb} - \text{DQOrb} = \text{DQOIb}$$

Biodegradabilidad del sustrato en el fango activo

DQOb / DQO	Carácter
> 0,8 (> 80%)	Muy biodegradable
0,7 – 0,8 (70 – 80%)	Biodegradable
0,3 – 0,7 (30 – 70%)	Poco biodegradable
< 0,3 (< 30%)	No biodegradable

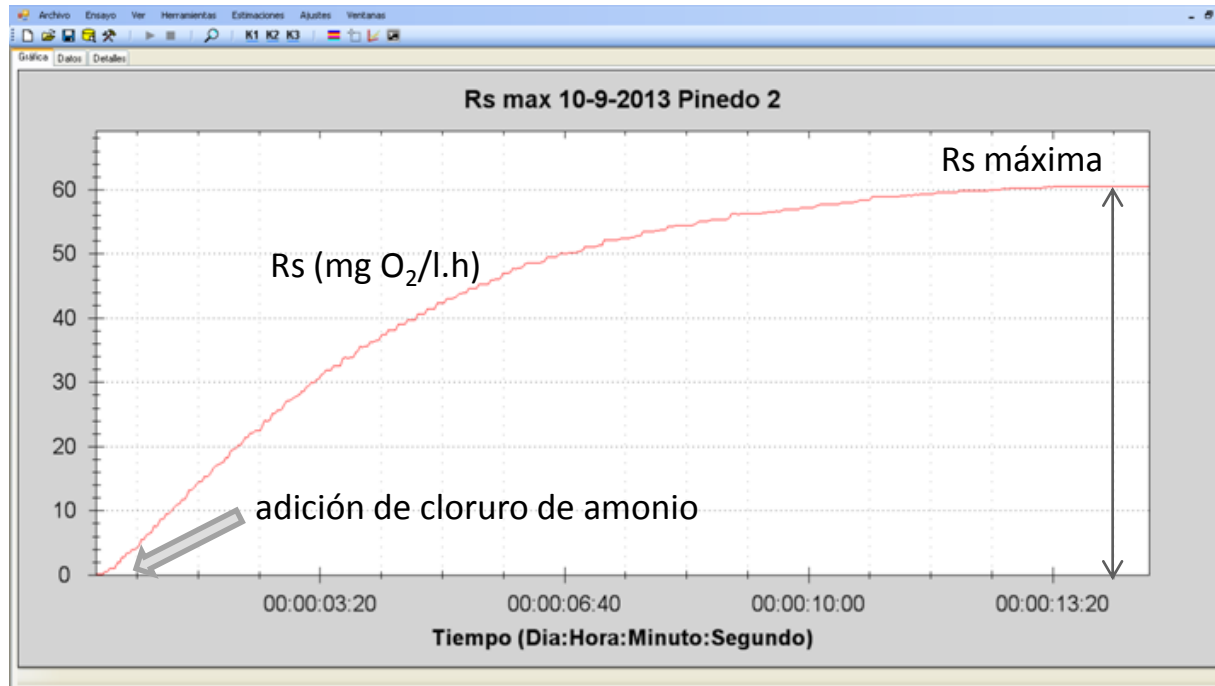
Algunas Aplicaciones relativas a la remoción del amonio y nitrato

SURCIS S.L

Tasa de nitrificación (AUR)

La tasa de nitrificación AUR es la velocidad con que el amonio se está eliminando.

Se determina mediante un ensayo R de respirometría, utilizando cloruro de amonio con una concentración de amonio equivalente y a las mismas condiciones medias de temperatura y pH que las del proceso real.



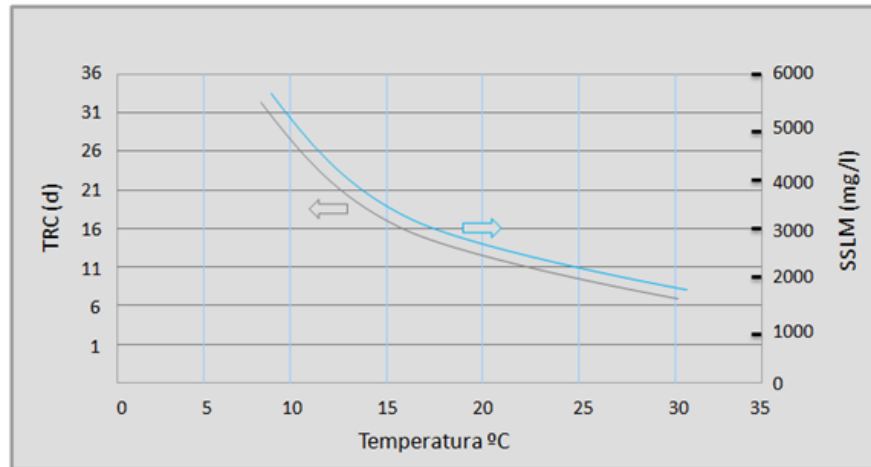
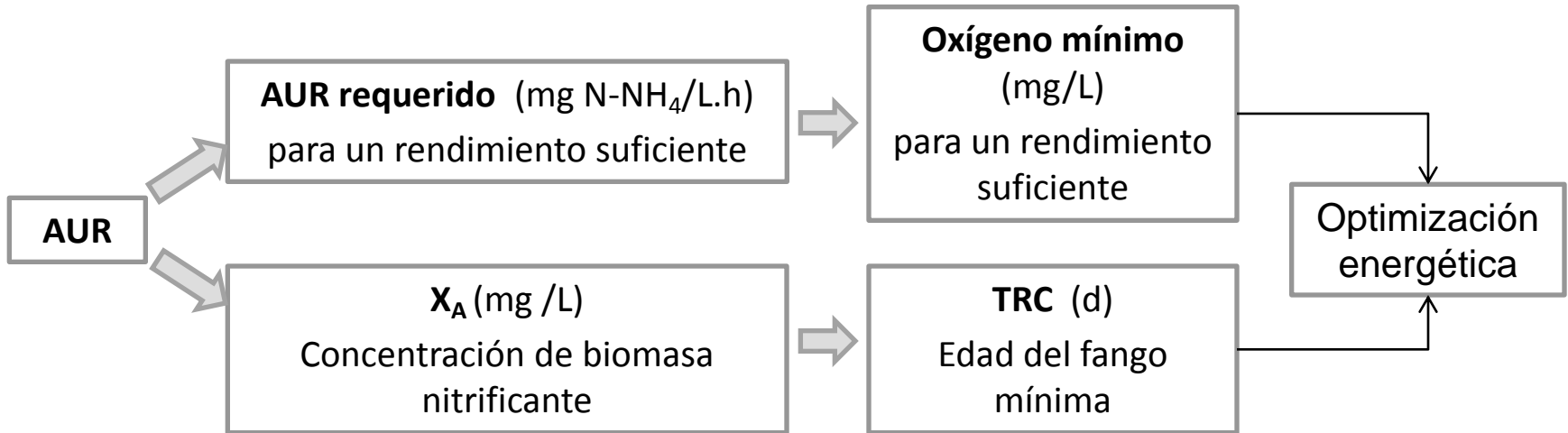
Respirograma R por adición de cloruro de amonio

$$\text{AUR máxima} = \text{Rs máxima} / 4.57$$

AUR: Tasa de nitrificación a oxígeno disuelto máximo (mg N-NH₄/L.h)

4.57: mg O₂ que necesita cada mg de Amonio para su nitrificación

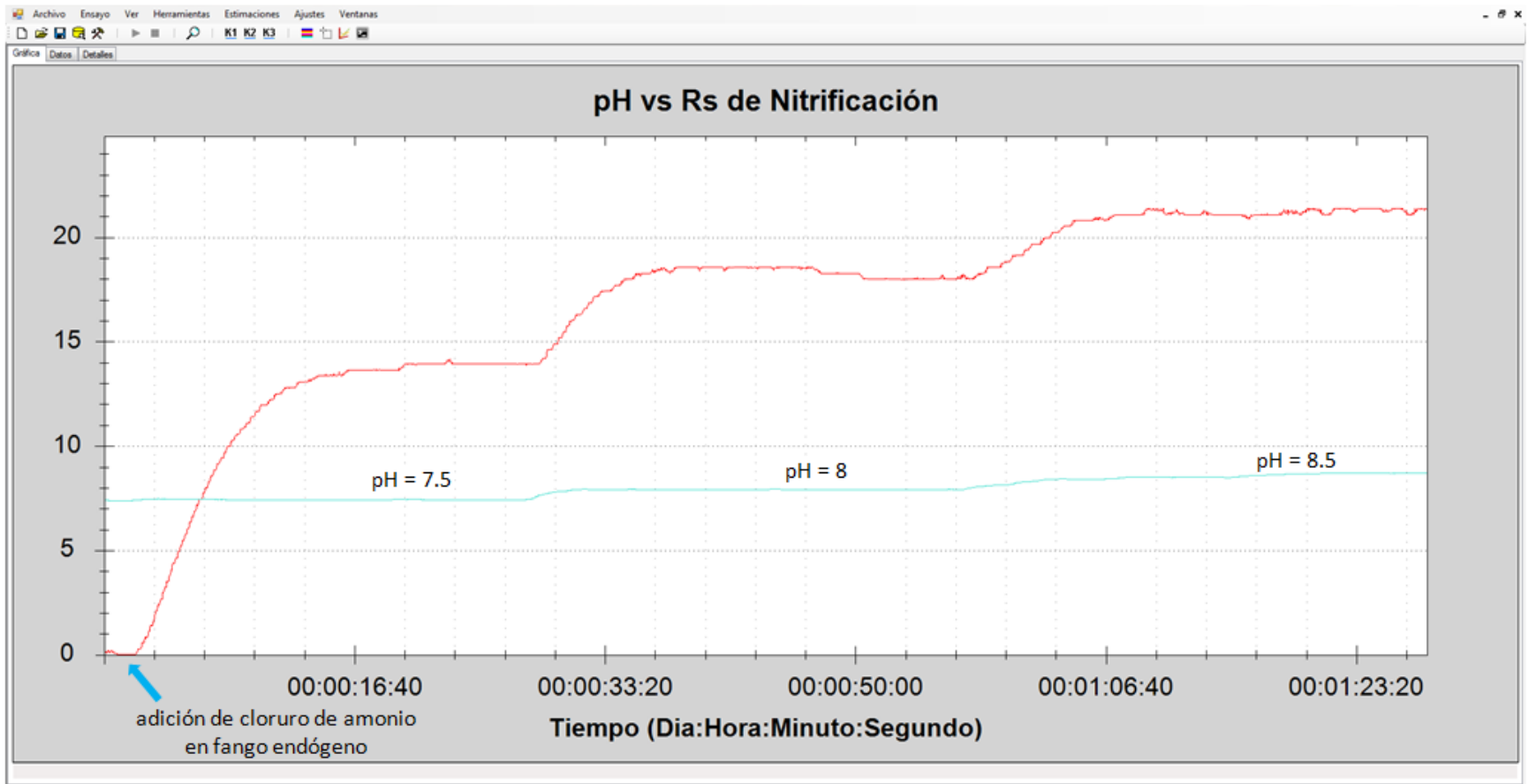
Parámetros calculados desde la tasa de nitrificación (AUR), dirigidos a la optimización energética



Tasa de nitrificación vs pH

(solo en modelo BM-Advance)

En un ensayo R añadimos cloruro de amonio sobre el fango endógeno y podemos determinar los valores de R_s a cada cambio de pH. A cada valor de R_s le corresponde un valor de AUR y por consiguiente de Tasa de nitrificación (AUR)



Toxicidad

SURCIS S.L.

Podemos contemplar dos tipos de toxicidad

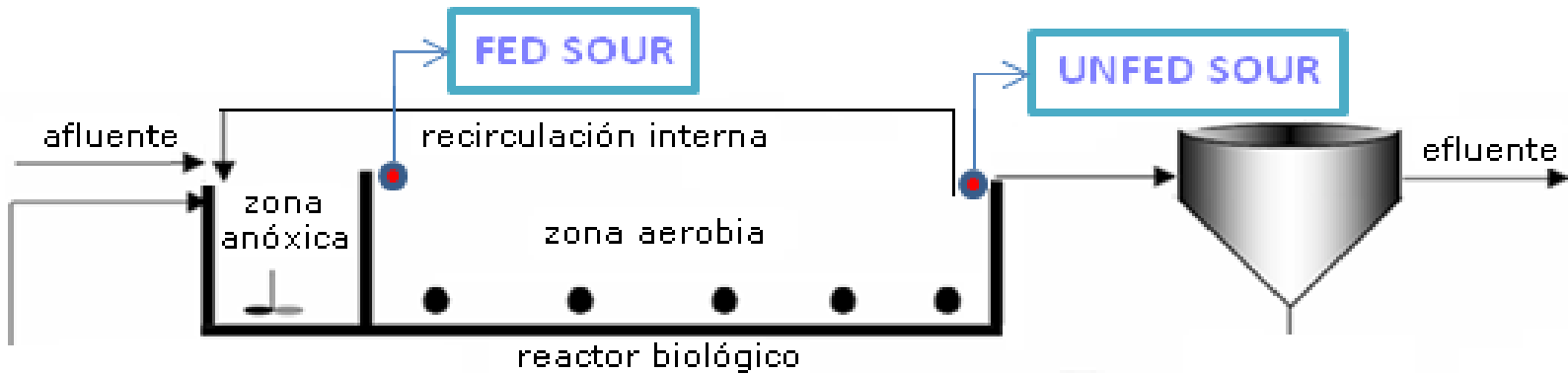
1. Toxicidad que ya está presente en el proceso de fangos activos



2. Toxicidad en agua residual o compuesto que hay que analizar con fango de referencia

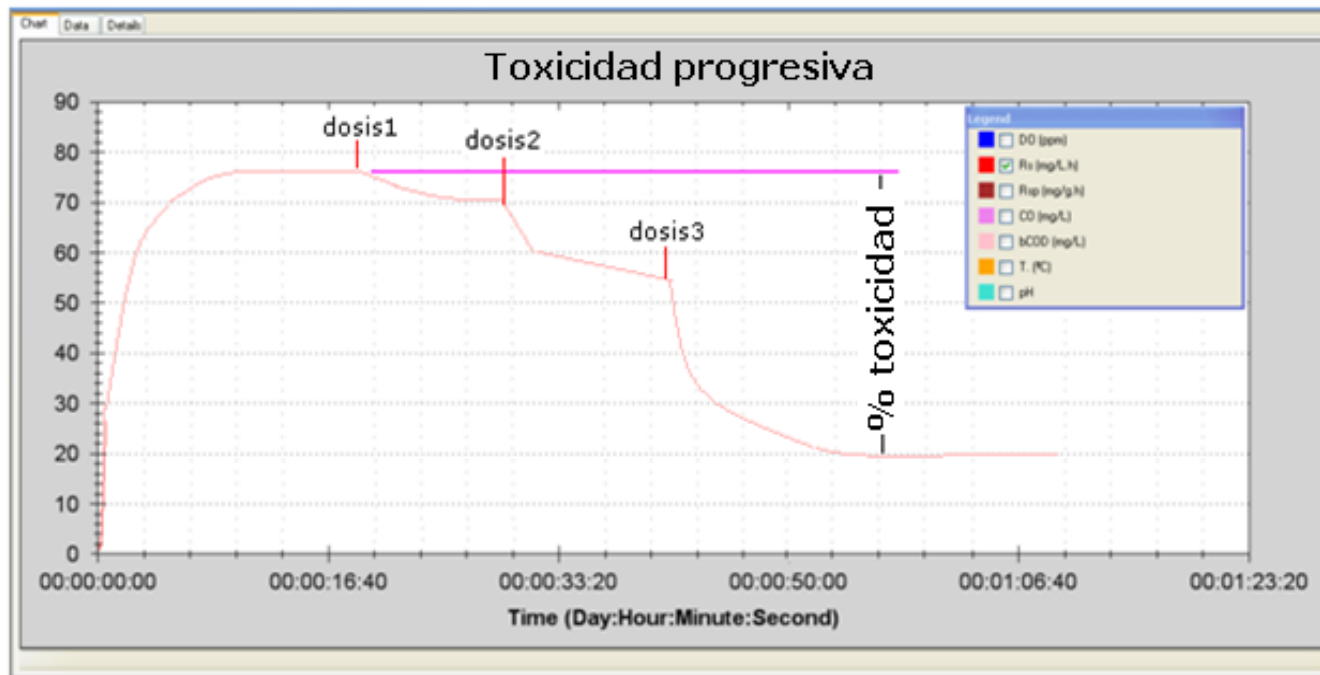
Síntomas de toxicidad ya presente en el proceso de fangos activos

1. Factor de carga ($FC = \text{FED OUR}/\text{UNFED OUR}$) por debajo de 1,3.



Análisis de toxicidad de efecto rápido por dosis progresiva

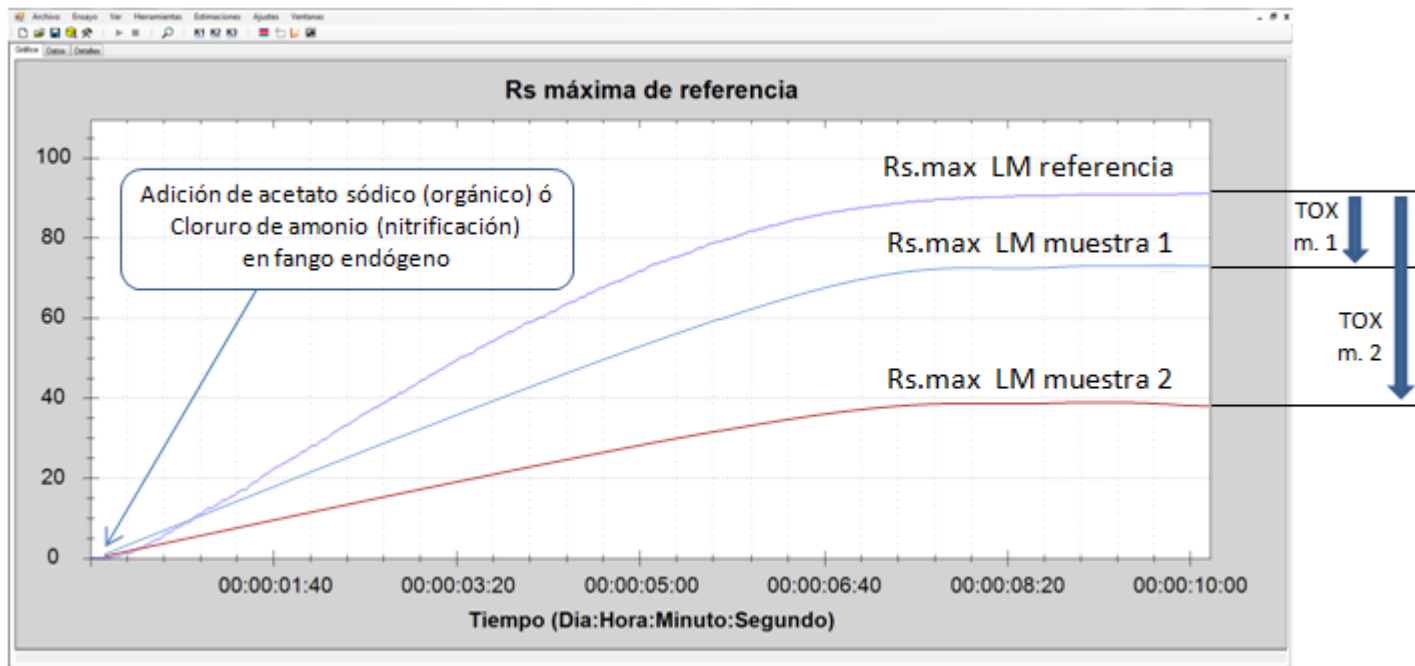
El objetivo es analizar un efecto tóxico que se pudiera producir en el fango activo mediante la adición progresiva de dosis de muestra de agua residual sobre una tasa de respiración máxima provocada por la adición de un sustrato de referencia (acetato sódico, cloruro de amonio, o ambos)



Respirograma por dosis periódica de sustrato

Análisis de toxicidad por comparación con referencia

Comparamos la actividad de un compuesto estándar de referencia en dos fangos en fase de respiración endógena después de airearse durante > 24 horas: Uno de referencia y otro con la/s mezcla/s de agua/s problema.



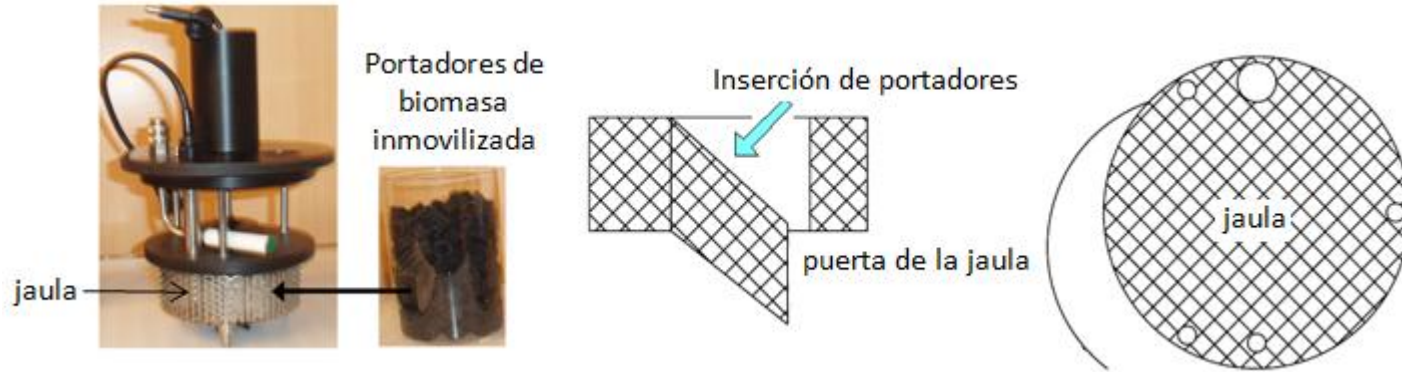
$$I (\%) = 100 * (1 - Rs.max LM m. / Rs.max LM ref.)$$

Reactor de respirómetro para procesos MBBR

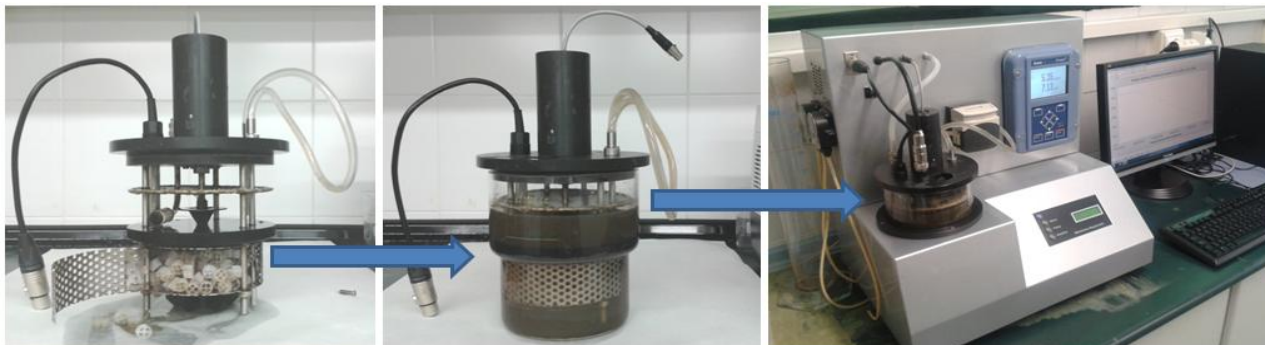
SURCIS S.L

Reactor de respirometría para MBBR

Los sistemas avanzados de respirometría pueden estar dotados de un reactor especialmente diseñado para contener estos portadores (biomass-carriers) en donde se pueden desarrollar las mismas aplicaciones que con un reactor normal.



El modo de trabajo consistiría en cargar los portadores en la jaula del reactor, cerrar la jaula e instalar el reactor en el sistema de respirometría.



Detalle de un reactor para MBBR en un espirómetro BM (Surcis)

SURCIS

Encarnación, 125 – Barcelona (España)

Tel. +34 932 194 595 Fax. +34 932 104 30

E-mail: surcis@surcis.com Internet: www.surcis.com