

Descripción de los modos de ensayo del Respirómetro BM-T



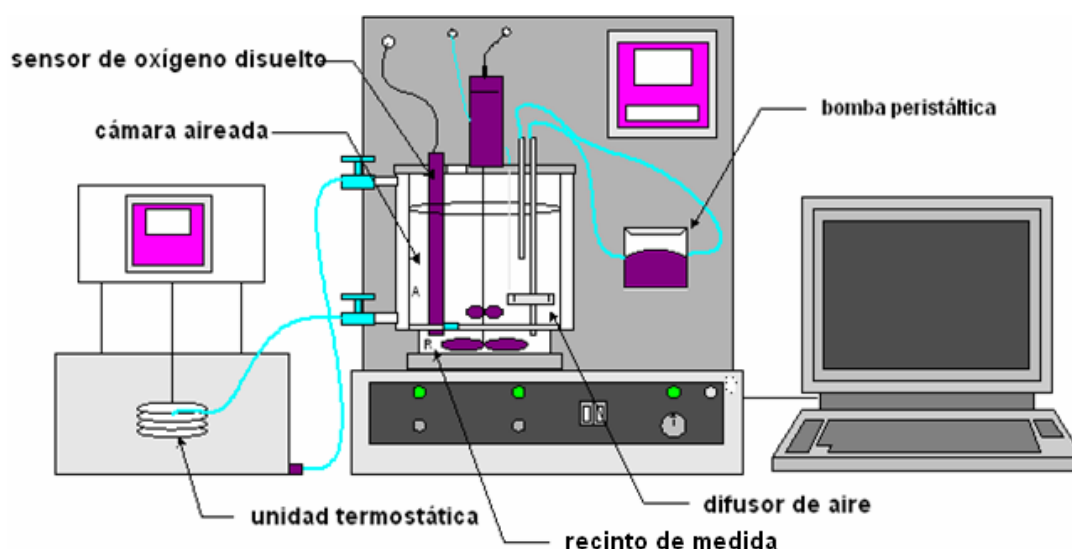
SURCIS

Descripción de los modos de ensayo del Respirómetro BM-T

En este escrito se describen de forma resumida y práctica los distintos modos de ensayo del analizador de respirometría BM-T de SURCIS, S.L. con el objetivo de que se comprenda fácilmente el modo de trabajo de este equipo.

En caso de que se tenga un interés específico por alguna de las partes de esta descripción, pueden ponerse en contacto con Emilio Serrano, al teléfono 652 803 255 ó por E-mail: eserrano@surcis.com

1. Descripción del BM-T



1.1. Analizador

Se trata de un sistema batch provisto de recirculación, en donde existen tres modos de ensayo (Estático OUR, Cíclico OUR y Dinámico R).

La bomba de recirculación está provista de tres velocidades y una posición de paro. En el modo estático y cíclico OUR, la recirculación no ejerce influencia en la medida final (batch). En el modo dinámico R la recirculación funciona ininterrumpidamente y por ello el sistema de medida debe calibrarse (batch modificado)

En el recinto superior del vaso reactor se sitúa el difusor de aire proporcionando el nivel de oxígeno adecuado que se transfiere al recinto de medida.

Por medio de una placa divisoria, el recinto de medida está protegido de la influencia de posibles burbujas que pudieran influir en el sensor la cabeza del sensor, así como de la influencia de la aspiración de aire desde la atmósfera por el efecto centrífugo del sistema de agitación. En este recinto, el sensor de oxígeno realiza las medidas actuales de oxígeno disuelto resultante de la respiración de los microorganismos a lo largo de los ciclos de medida de cada uno de los modos de ensayo.

El vaso reactor además está dotado de una cámara de termostatación que a modo de camisa rodea sus recintos. Por esta cámara circula agua termostatación proveniente de la unidad termostática.

El sistema de aireación está dotado de un regulador en % que permite programar un nivel de oxígeno acorde con el objetivo de la aplicación de respirometría. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el modo dinámico R debe calibrarse para cada nivel de caudal de oxígeno.

El oxímetro manda las señales de las medidas de oxígeno en curso al ordenador en donde, por medio de un programa específico se procesan para llevar a cabo la generación automática de respirogramas y el cálculo de tasas de respiración, consumo de oxígeno y fracción biodegradable de la DQO. Así mismo, por medio del programa se auto-generan archivos exportables con sus correspondientes respirogramas.

1.2. Unidad termostática

Se trata de un baño termostático que es capaz de programar una termostatación el agua entre 0 y 60°C. El sistema está adaptado para que el agua se bombee de forma continuada a la cámara termostatizable del vaso reactor del analizador.

El papel de la termostatación del vaso reactor tiene dos funciones principales: que las reacciones de respirometría puedan realizarse con temperaturas equivalentes a las del proceso real, y que los ensayos (especialmente los del modo cíclico y dinámico) comiencen y terminen a la misma temperatura.

1.3. PC

El ordenador se suministra como parte del sistema al ir ya cargado con el correspondiente programa y adaptado al equipo.

1.3.1. Programa

El programa es específico del sistema de medida BM-T y en el mismo es donde se pueden programar y configurar los distintos modos de ensayo.

La configuración de los ensayos es bastante abierta y flexible a distintas posibilidades, tales como la utilización de fangos con distintas concentraciones de sólidos, utilización de distintos volúmenes de muestras y modificar coeficientes y factores (con consigna de entrada)

El programa es el responsable, así mismo, de auto-generar archivos de seguridad a lo largo de cada ensayo. Un vez terminado el ensayo, el usuario puede guardarlo, aprovechando el archivo generado o creando el suyo propio en formato propio del programa o en formato Excel.

Surcis proporciona un CD con un programa BM-T, que se puede cargar a otros ordenadores para que los archivos en formato propio del programa se puedan exportar y abrir en los mismos, además de la opción de la exportación en formato Excel.

2. Modos de ensayo

El BM-T está dotado de tres modos distintos de ensayo:

1. Modo OUR: Estático
2. Modo OUR: Cíclico
3. Modo R: Dinámico

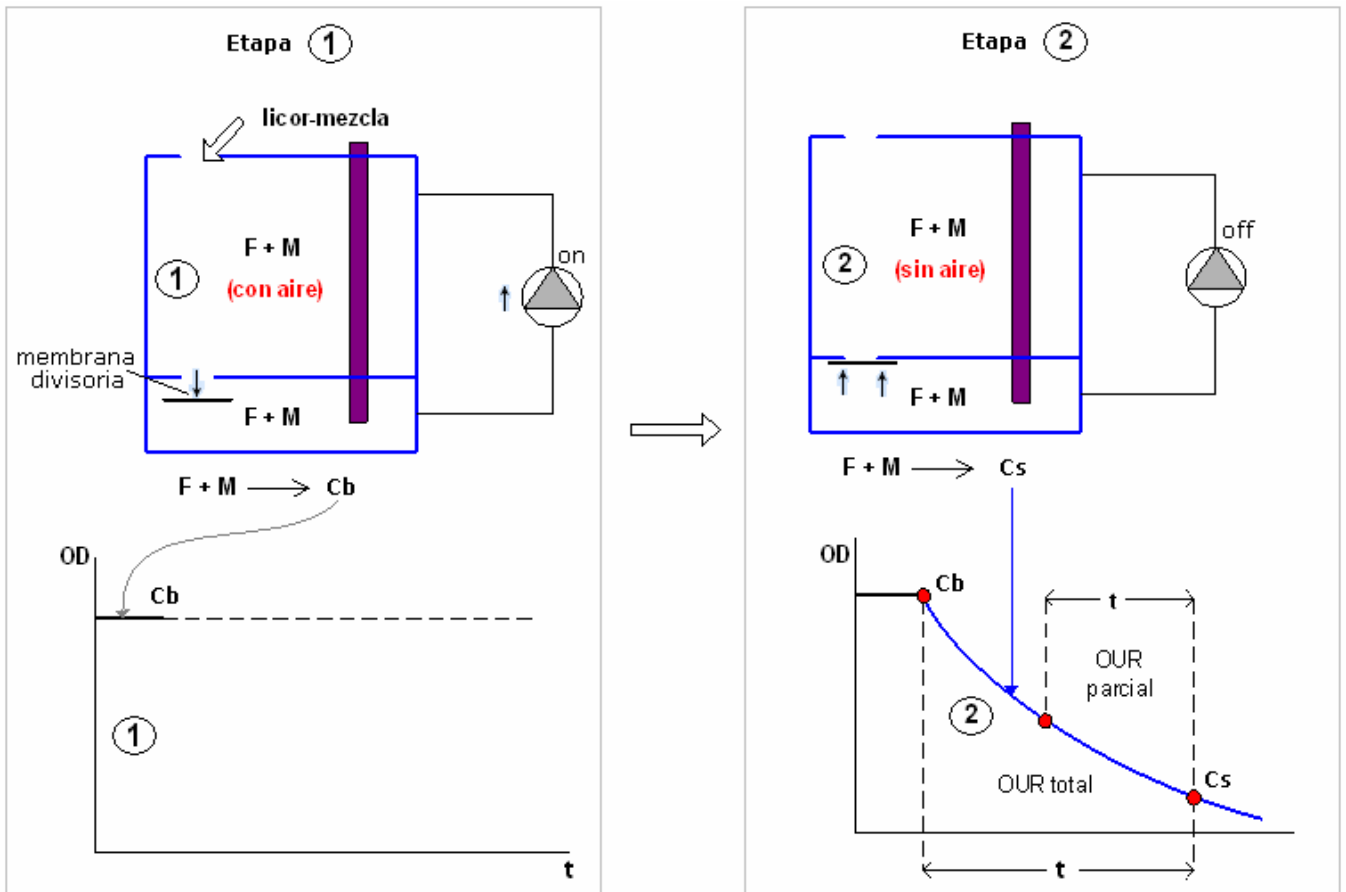
Esta facultad de poder operar de tres formas distintas le concede una enorme flexibilidad y adaptabilidad a una amplia variedad de situaciones.

2.1. Modo OUR: Estático

El sistema de medida en modo OUR se comporta bajo las premisas de una respirometría puramente tradicional de tipo batch, optimizada por una medida perfectamente aislada de la aspiración del aire de la atmósfera que pudiera tener lugar por efecto centrífugo del sistema de agitación.

En este ensayo se lleva a cabo una única medida de tasa de respiración.

El ensayo transcurre en dos etapas:



F + M: Licor mezcla

OD (mg/l): Oxígeno Disuelto

C_b (mg/l): Oxígeno inicial de referencia

C_s (mg/l): Oxígeno final

OUR total (mg/l.h): Tasa de respiración única medida desde el oxígeno inicial de referencia

OUR parcial (mg/l.h): Tasa de respiración desde un punto de referencia y punto final seleccionados por el usuario.

Etapa ①

En un primer paso se fija el oxígeno inicial de referencia C_b .

Durante esta etapa la aireación se mantiene al nivel que el usuario considere más oportuno: siempre teniendo en cuenta que es conveniente dejar suficiente margen de caída del oxígeno final.

También, se mantiene la recirculación a su nivel máximo, con el fin de que el rápido flujo del fluido aporte una máxima homogeneización y equalice las condiciones en todo el conjunto del vaso reactor.

Etapa ②

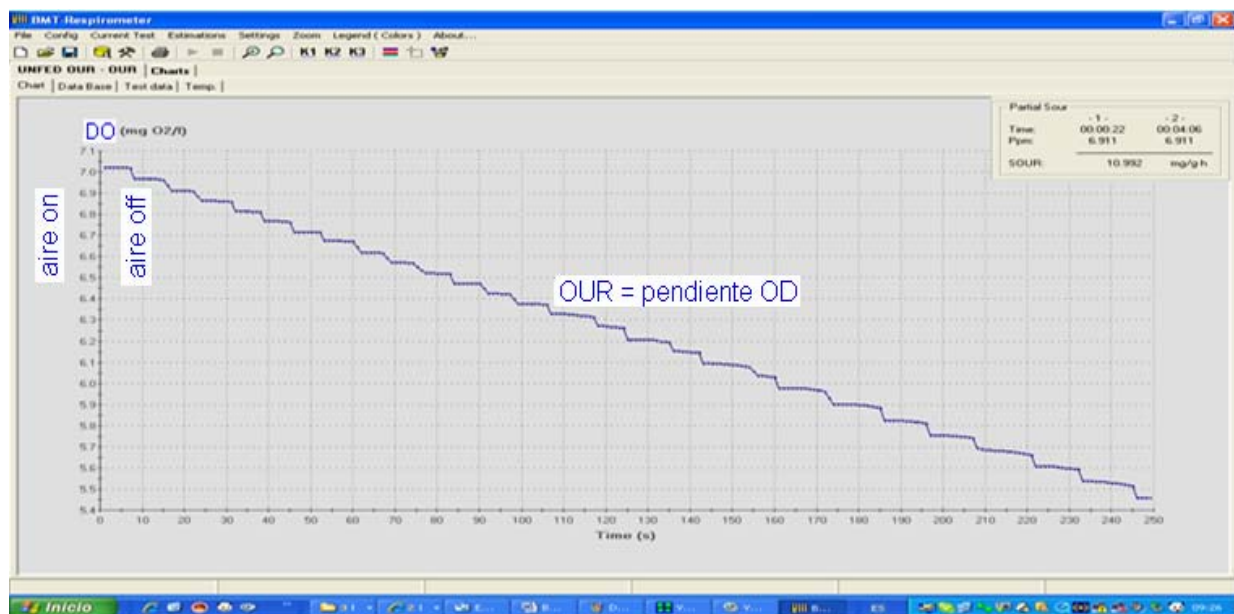
Una vez fijado y memorizado el oxígeno inicial C_b , en el siguiente paso, se para la aireación y la recirculación (pero se sigue agitando ininterrumpidamente).

El hecho de parar la bomba de recirculación trae consigo el cierre de una membrana que divide el recinto superior del inferior, dejando automáticamente aislada del exterior el recinto inferior del vaso reactor durante el ensayo de respirometría.

A partir de este momento, automáticamente se empieza a registrar la pendiente de caída del oxígeno (C_s) por consumo del mismo por parte de los microorganismos como Respirograma del ensayo, que no es otra cosa que el parámetro OUR durante el tiempo que el usuario estime oportuno.

Así mismo, el programa permite determinar valor del OUR parcial a lo largo de la pendiente que se está registrando como Respirograma y una vez finalizado el ensayo.

Esta pendiente es precisamente la velocidad de consumo de oxígeno o tasa de respiración denominada por el programa como OUR.



Respirograma OUR & SOUR

Las medidas que se calculan automáticamente son las siguientes:

- OUR total (mg/l.h) – Tasa de respiración
- OUR parcial (mg/l.h) – Tasa de respiración parcial
- SOUR (mg/gVSS.h) – OUR específico (*)
- SOUR parcial (mg/l.h) – OUR específico parcial (*)

(*) Solamente cuando en la configuración hemos introducido el valor de la concentración de MLVSS

De forma básica:

$$\text{OUR} = (C_b - C_s) / t$$

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

El modo OUR puede funcionar con el propio licor mezcla del reactor biológico, con un licor mezcla equivalente al del proceso confeccionado por el usuario, con fango en fase endógena, y con fango y una cantidad determinada de muestra (en volumen o en polvo)

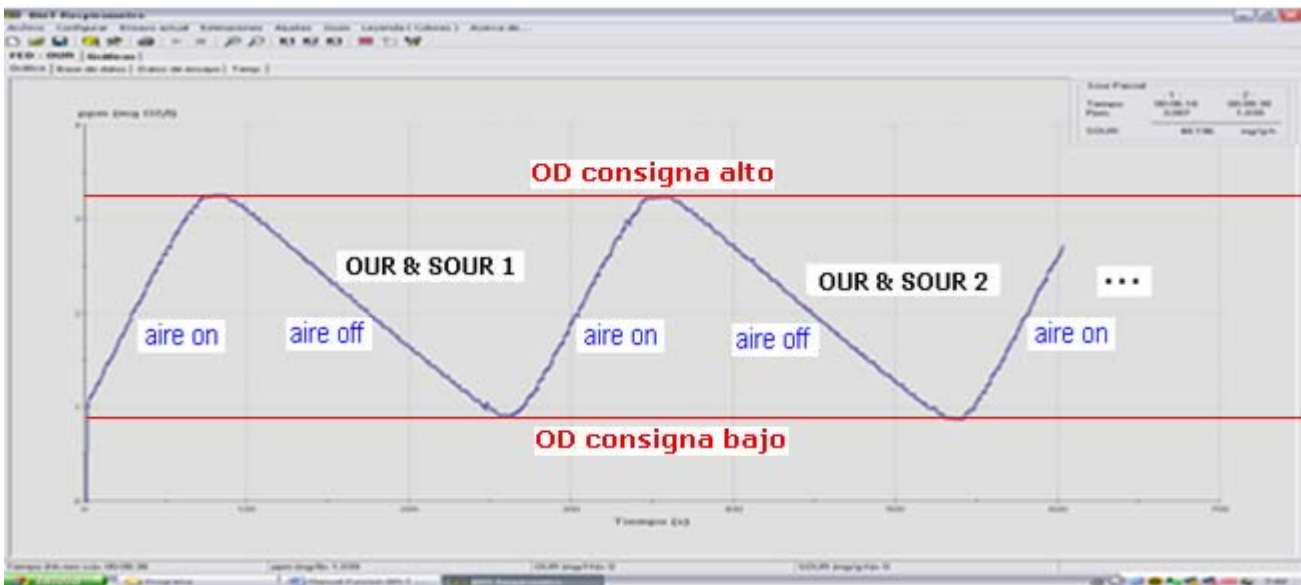
Algunas aplicaciones comunes pueden ser las siguientes:

- Tasa de respiración endógena
- Pulso a la actividad del proceso de depuración
- Estimación de la carga másica
- NUR (método indirecto)
- Determinación de algún parámetro cinético (k_d , ..)
- ..

2.2. Modo OUR cíclico: Cíclico

Se trata así mismo de un modo de trabajo batch secuencial tradicional, que está optimizado así mismo por una medida perfectamente aislada de la aspiración del aire de la atmósfera que pudiera tener lugar por efecto centrífugo del sistema de agitación.

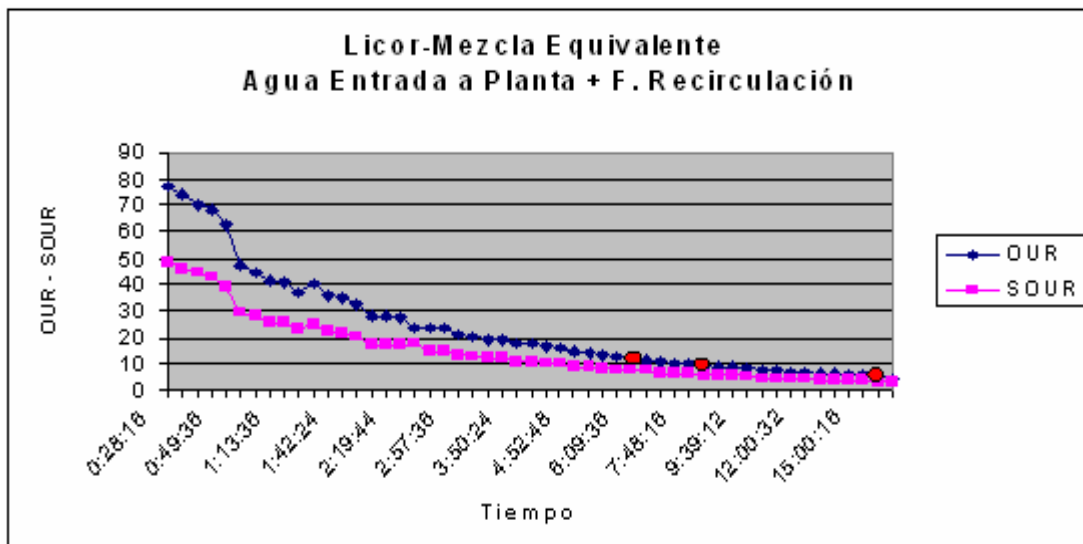
Durante el ensayo se van ejecutando secuencialmente ensayos OUR de forma automática. Para ello, además de la configuración propia del ensayo, en el oxímetro se programa un punto alto y otro bajo de consigna, con el fin de que el ensayo se mueva entre ambos. De este modo, se parte de un nivel de oxigenación determinado por el usuario hasta alcanzar el punto de consigna alto; tan pronto se alcance este nivel, la aireación y bomba se paran para determinar el OUR & SOUR correspondiente; alcanzando el punto de consigna bajo, aireación y bomba arrancan de nuevo y el oxígeno disuelto empieza a subir; y así sucesivamente se va repitiendo el ciclo hasta para el ensayo.



Respirograma OUR & SOUR Cíclico

El programa genera el correspondiente Respirograma de los valores de oxígeno y calcula de forma independiente cada uno de los valores OUR & SOUR.

El archivo generado puede pasar a Excel y, desde allí, se puede confeccionar la gráfica de los OUR a lo largo del tiempo y llevar a cabo cálculos y estudios tales como consumo de oxígeno acumulado (OC), evolución de la respiración endógena, periodo de arranque de la nitrificación, ...



El modo OUR cíclico puede funcionar con el propio licor mezcla del reactor biológico, con un licor mezcla equivalente al del proceso confeccionado por el usuario, con fango en fase endógena, y con fango y una cantidad determinada de muestra (en volumen o en polvo)

En algunas aplicaciones el modo OUR cíclico puede ser una alternativa al modo R dinámico.

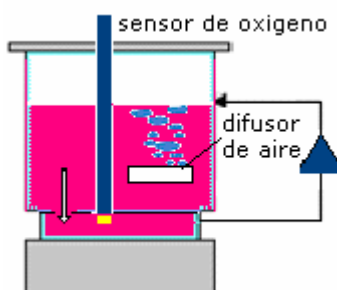
Algunas aplicaciones que se pueden llevar a cabo con este modo pueden ser las siguientes:

- Reproducción de un proceso equivalente
- Estudio de la evolución del proceso a lo largo del tiempo
- Análisis de las necesidades de oxígeno a lo largo del tiempo
- Nitrificación: R_n , AUR , μ_A , q_N , $TRC_{mínima}$, ..
- Determinación de parámetros cinéticos
- ..

2.3. Modo R: Dinámico

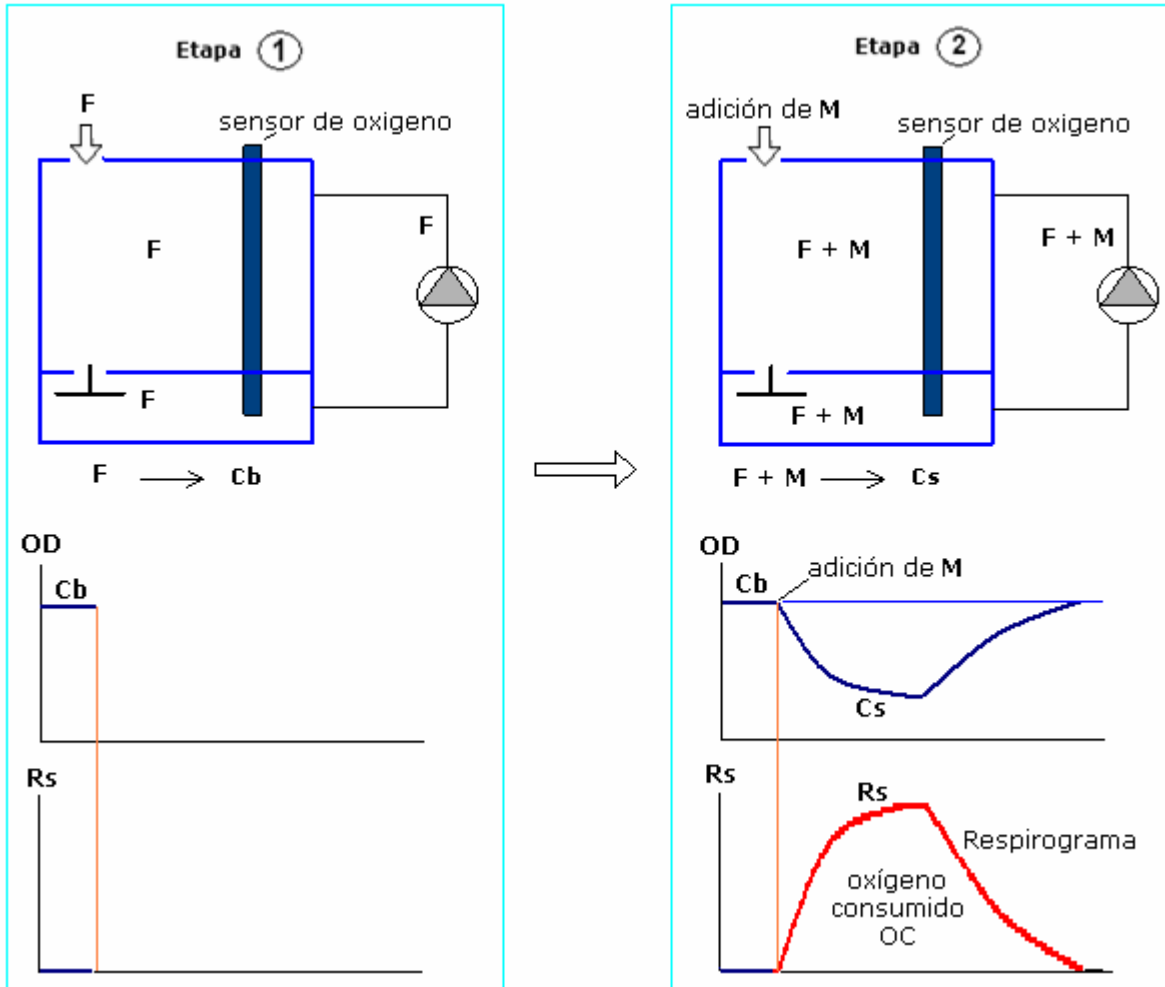
El modo R dinámico representa un sistema exclusivo de Respirometría.

En líneas generales, el sistema de medida puede seguir considerándose como un sistema batch con reactor de mezcla completa en donde la aireación y recirculación se mantienen activas durante todo el ensayo. De este modo en el recinto inferior se crea un oxígeno resultante de las características del conjunto global que el sensor de oxígeno está midiendo de forma continuada.



Para el ensayo R se necesita fango activo (F) sin carga orgánica ni amónica (a ser posible fango en fase endógena) y una cantidad determinada de muestra (M).

El ciclo del ensayo R transcurre en dos etapas:



F: Fango activo
M: Muestra
OD (mg/l): Oxígeno Disuelto
 C_b (mg/l): Oxígeno inicial de referencia
 C_s (mg/l): Oxígeno final
 R_s (mg/l.h): Tasa de respiración exógena

Etapa 1

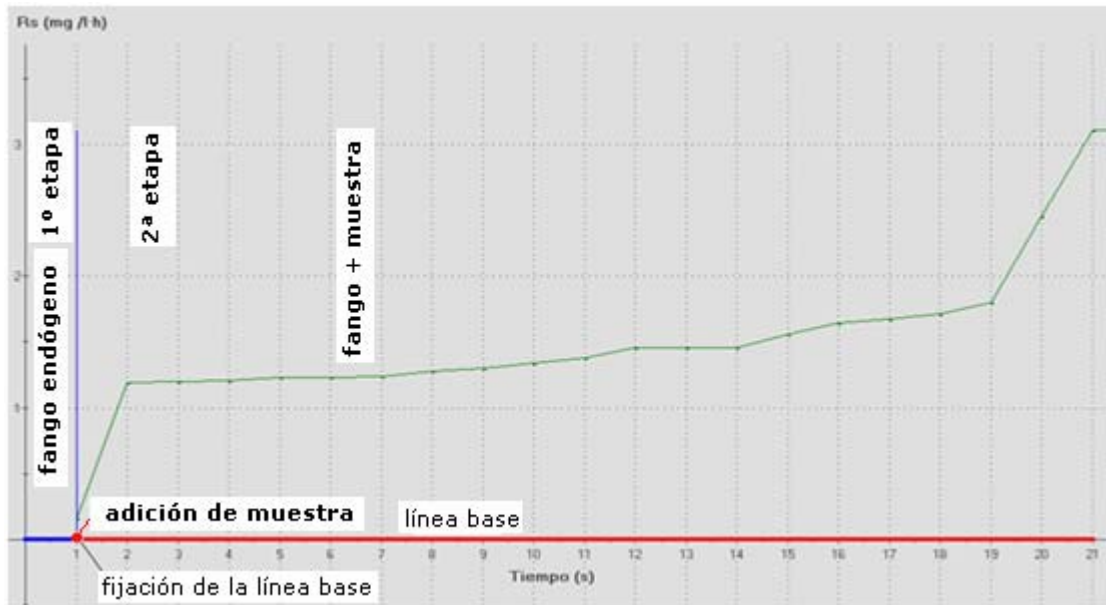
En la primera etapa se utiliza solamente fango activo (F) libre de carga.
En esta etapa se fija y almacena en memoria el oxígeno de referencia o línea base (C_b)

Etapa 2

Una vez determinada la línea base (C_b), el programa nos da la orden para que se añada la muestra a analizar (M)

De este modo el fluido que en un principio era solo fango (F) ahora pasa a estar constituido por fango más muestra (F + M)

Tan pronto empieza a reaccionar la muestra añadida con el fango activo el oxígeno inicial empezará a descender (C_s) como señal de que se está llevando a cabo una oxidación biológica (salvo que no exista materia biodegradable) y automáticamente empezará a generarse un respirograma con los valores de la tasa de respiración por oxidación del sustrato (R_s : respiración exógena) Así mismo, automáticamente se calcula el oxígeno consumido (OC) a lo largo del tiempo y la fracción biodegradable de la DQO (en caso de que esté calibrado para ello)



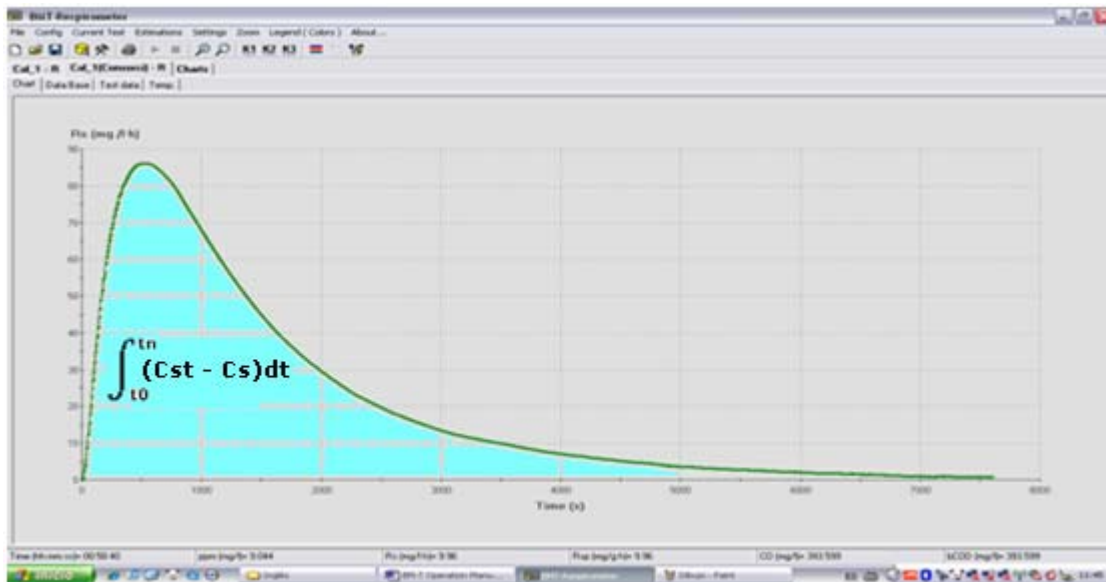
El modo R, al tratarse de un tipo de respirometría aireada, necesita trabajar con un factor de calibración del sistema de medida, ligado al coeficiente específico de transferencia de oxígeno.

Para la determinación de este factor de calibración (K) se utiliza un compuesto estándar del que conocemos la demanda de oxígeno que necesita para su total oxidación. Para ello, normalmente utilizamos una solución de sulfito sódico de la que conocemos su demanda de oxígeno ($\Delta O_{2,\text{sulfito}}$)

$$K = \Delta O_{2,\text{sulfito}} / \int (C_{st} - C_s) dt$$

C_{st} (mg/l): oxígeno a nivel de saturación

C_s (mg/l): Oxígeno resultante después de la adición del estándar



$$R_s = K (C_b - C_s) - dC_s/dt$$

R_s (mg/l.h): Tasa de respiración exógena

C_b (mg/l): Línea base

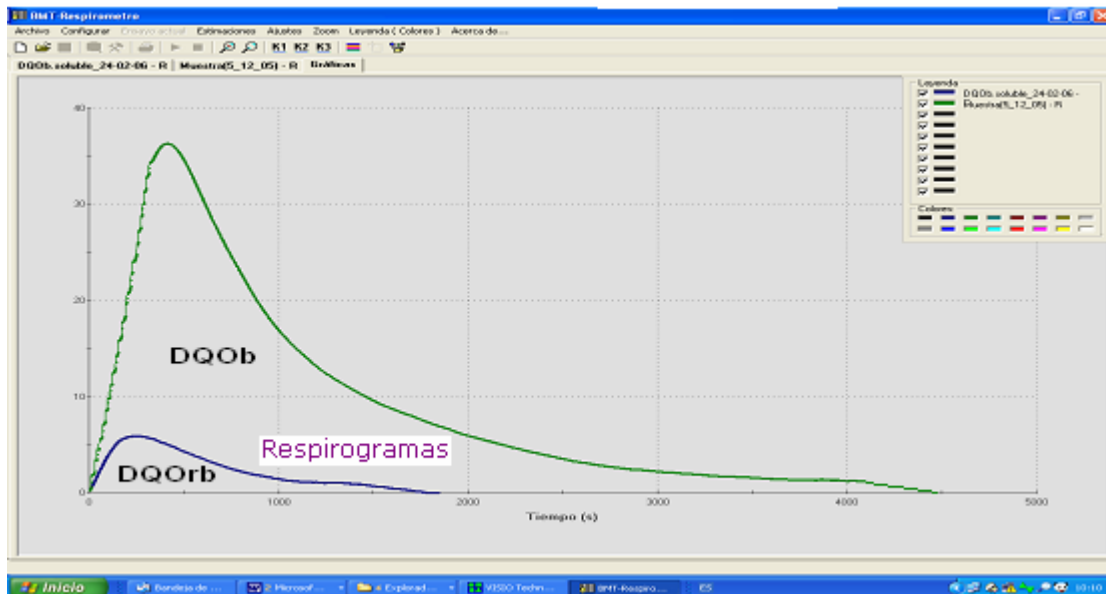
C_s (mg/l): oxígeno resultante de la oxidación del sustrato

La ventaja que adquiere el modo R dinámico es que, una vez calibrado, los ensayos pueden llevarse de forma muy rápida con la utilización de pequeñas cantidades de muestra. Para ello, el programa está dotado de un algoritmo de corrección y extrapolación.

Este modo de ensayo está especialmente diseñado para calcular automáticamente el valor de la fracción biodegradable de la DQO (DQOb) (*)

(*) Por medio del Excel la DQOb también se puede calcular con el modo OUR cíclico

Posee además la facultad de obtener, para cada uno de los tiempos registrados en el respirograma, los valores en curso de la tasa de respiración (Rs), oxígeno consumido (OC) y fracción biodegradable de la DQO (DQOb)



En algunas aplicaciones el modo R dinámico puede ser una alternativa al modo OUR cíclico.

Algunas aplicaciones que se llevan a cabo con este modo son las siguientes:

- Determinación de las fracciones biodegradables de la DQO
- Biodegradabilidad
- Seguimiento de la actividad biológica ante cualquier cambio en el proceso
- Revisión de parámetros operativos
- Toxicidad referida a la actividad específica del fango activo
- Capacidad de Nitrificación
- Determinación de la materia carbonosa necesaria para la Desnitrificación
- Modelización - Determinación de parámetros cinéticos
- ..

3. Sistema abierto

El BM-T es un sistema de respirometría abierto y flexible. Por esta razón el número de aplicaciones no es (ni debe ser) limitado y el propio usuario, bajo ciertas directrices, puede diseñar sus propios ensayos y aplicaciones.

En cualquier caso, siempre se puede consultar a SURCIS para un soporte especializado en Respirometría.

Emilio Serrano
SURCIS, S.L.