



TECNOLOGÍAS INTENSIVAS

CURSO TÉCNICO “TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN PEQUEÑAS AGLOMERACIONES URBANAS DE ARAGÓN”



TECNOLOGÍAS INTENSIVAS

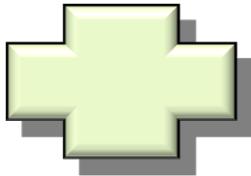
QUE ENTENDEMOS POR
TECNOLOGÍAS INTENSIVAS

La depuración biológica de las ARU

Oxidación



AGUA RESIDUAL



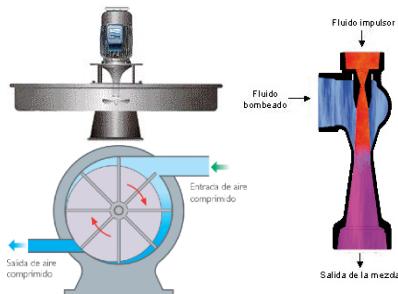
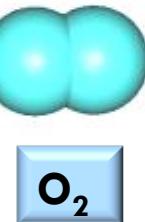
BACTERIAS



AGUA DEPURADA



OXÍGENO (AIRE)

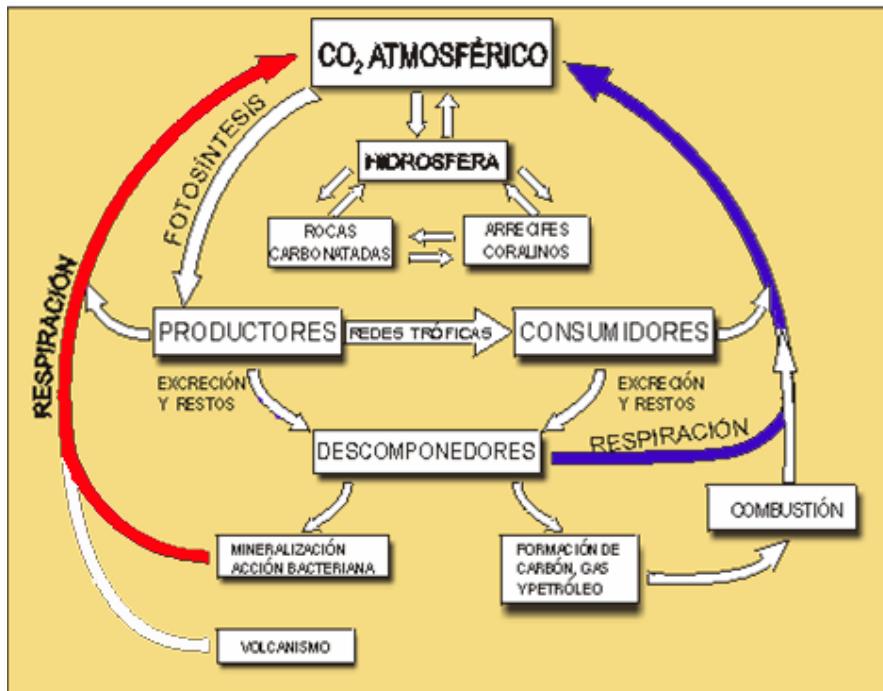


LODOS

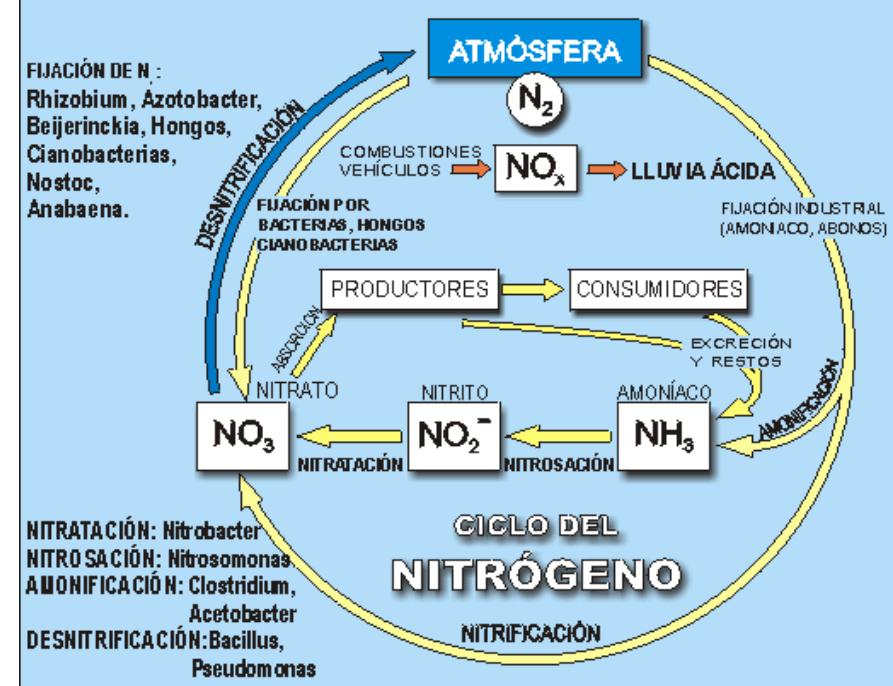
Bases de la depuración biológica de las ARU

4

CICLO DEL CARBONO



CICLO DEL NITRÓGENO



Síntesis



Respiración endógena



Nitrificación



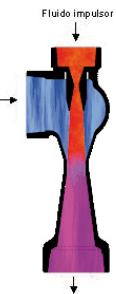
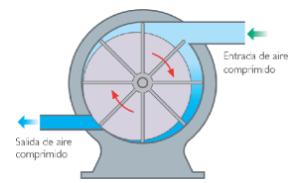
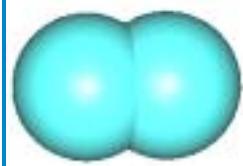
Desnitrificación



Los mecanismos de aporte de O₂

5

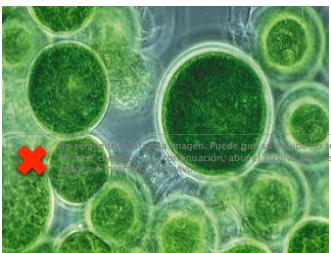
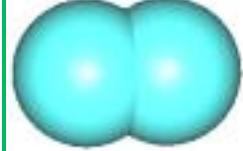
O₂



TECNOLOGIAS INTENSIVAS



O₂



TECNOLOGIAS EXTENSIVAS



Tecnologías intensivas vs Tecnologías Extensivas

6

Tecnologías Intensivas

> ENERGÍA



< SUPERFICIE (< 1m²/h.e.)

O₂

kWh



Tecnologías Extensivas

< ENERGÍA



> SUPERFICIE (> 1m²/h.e.)



No se puede mostrar la imagen. Puede que su equipo no tenga suficiente memoria para abrir la imagen o que ésta esté dañada. Reinicie el equipo y, a continuación, abra el archivo de nuevo. Si sigue apareciendo la x roja, puede que tenga que borrar la imagen e insertarla de nuevo.



O₂

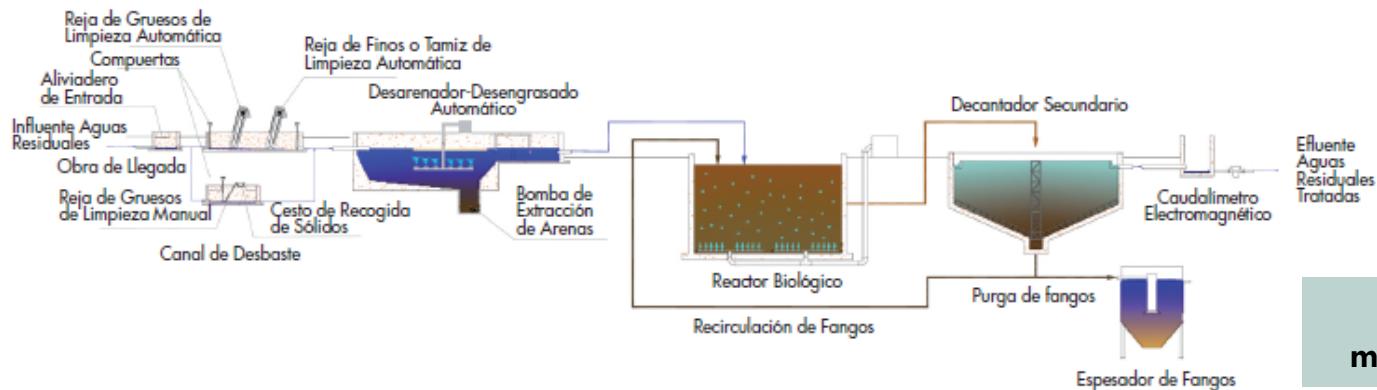
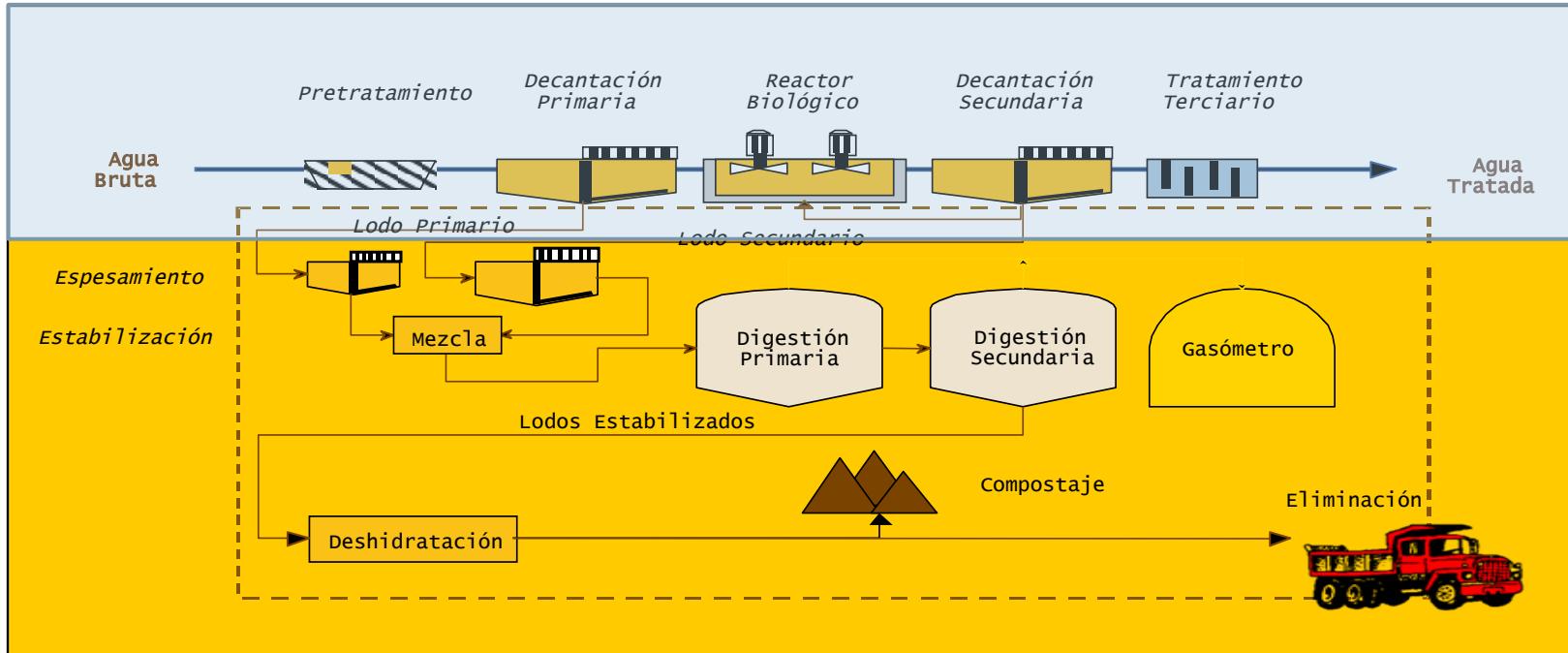


TRATAMIENTOS SECUNDARIOS INTENSIVOS: BIOMASA EN SUSPENSIÓN

AIREACIÓN PROLONGADA

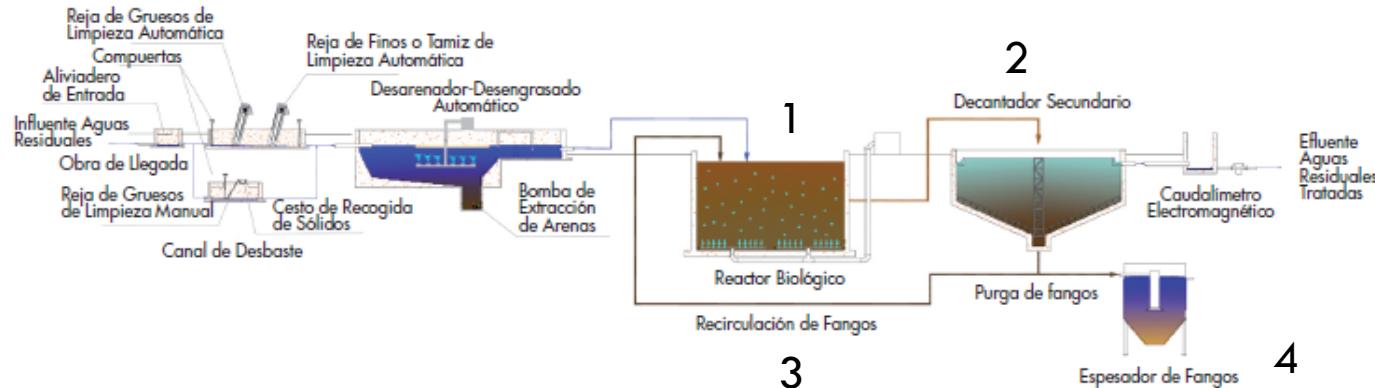
Aireación prolongada: FUNDAMENTOS

8



Aireación prolongada: FUNDAMENTOS

9



Se distinguen cuatro operaciones diferenciadas:

- (1) La oxidación biológica en el reactor biológico.
- (2) La separación sólido-líquido, en un decantador o clarificador.
- (3) La recirculación de fangos para mantener una concentración determinada de microorganismos en el reactor.
- (4) La extracción de los lodos en exceso.

Aireación prolongada: FUNDAMENTOS

10

La aireación se realiza mediante empleo de aireadores mecánicos (turbinas o eyectores), o aireadores por difusión (difusores de membrana principalmente).



Turbinas



Eyectores



Difusores



Compresores

Aireación prolongada: FUNDAMENTOS

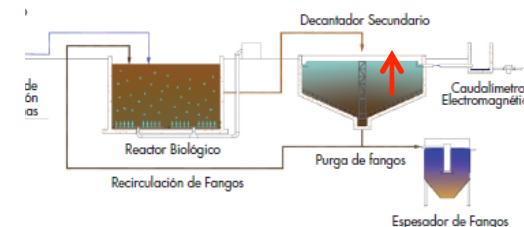
11

Es común que se den procesos de nitrificación, por las elevadas edades del fango, lo que puede derivar en fenómenos de desnitrificación incontrolada en el decantador secundario, con posibles escapes de fangos ascendentes. Es muy aconsejable incluir una etapa de anoxia para favorecer la desnitrificación. Doble beneficio: eliminación de N y ahorro energético ($\approx 25\%$).

□ **Nitrificación**



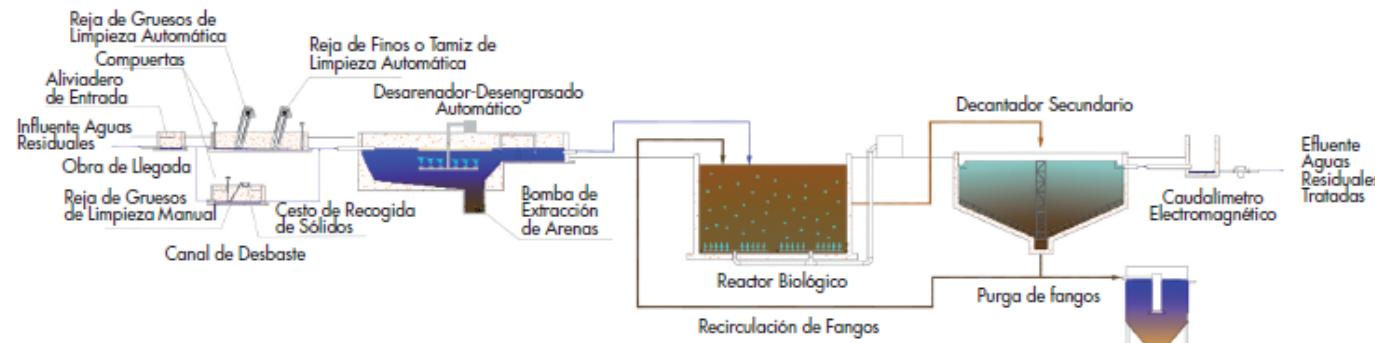
□ **Desnitrificación**



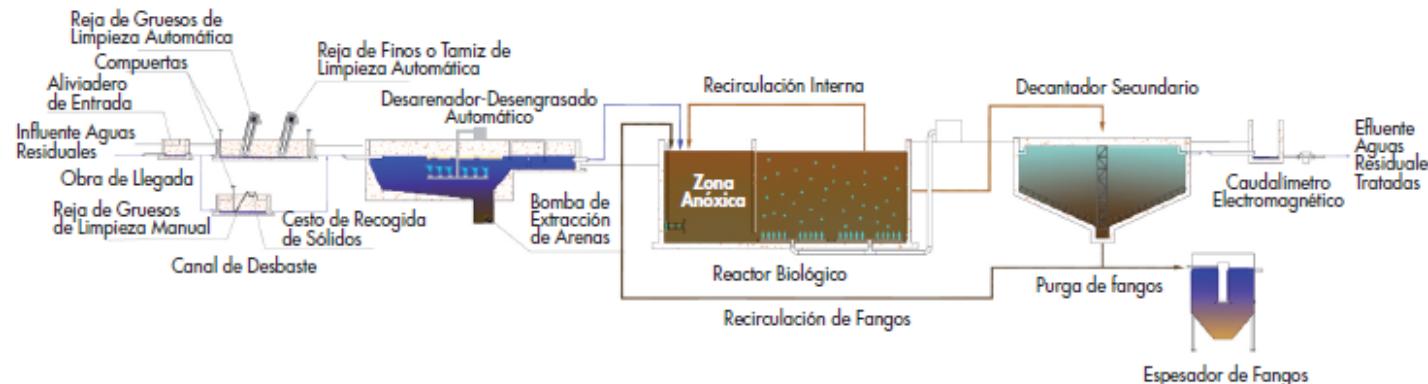
Aireación prolongada: DIAGRAMAS DE FLUJO

12

AIREACIÓN INTERMITENTE



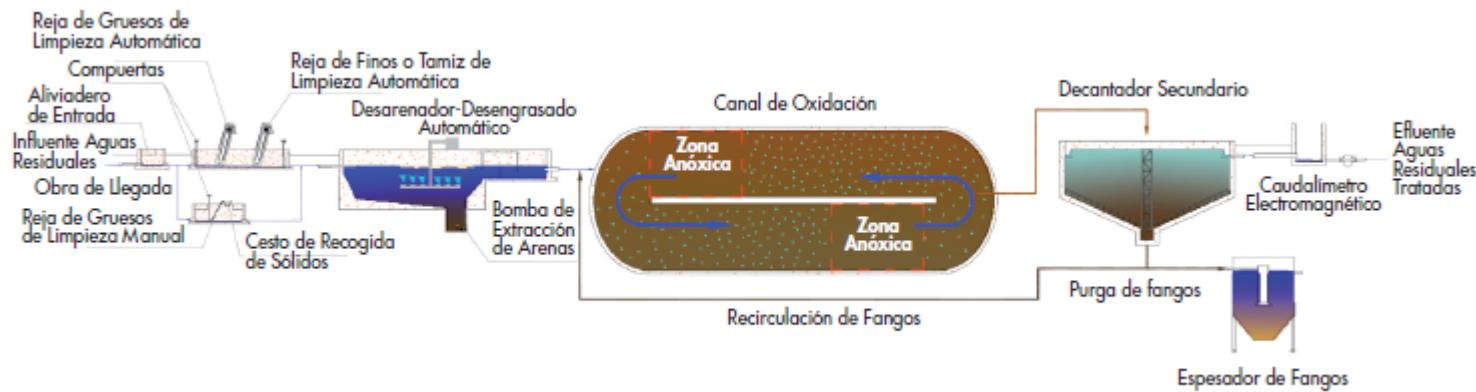
CÁMARA ANÓXICA EN CABECERA



Aireación prolongada: DIAGRAMAS DE FLUJO

13

CARRUSEL



Aireación prolongada: DISEÑO

14

□ Parámetros de diseño fundamentales:

- **Edad del fango (θ)**: tiempo de retención de los microorganismos en el reactor (d)
- **Carga másica (C_m)**: relación entre la materia orgánica que entra en el reactor por unidad de tiempo y la cantidad de microorganismos existentes en el mismo (kg DBO₅/kg SS.d)
- **Carga volúmica**: relación entre la carga orgánica que entra al reactor por unidad de tiempo y el volumen del mismo (kg DBO₅/m³.d)
- **SSLM**: sólidos en suspensión en el licor mezcla (mg/l)
- **Tiempo de retención hidráulica (TRH)**: relación entre el volumen útil del reactor y el caudal de alimentación (h)

Modificación del proceso	θ (d)	C _m (kg DBO ₅ /kg SS.d)	C _v (kg DBO ₅ /m ³ . d)	SSLM (mg/l)	TRH (h)	Qr/Q
Convencional	5 – 15	0,2 – 0,4	0,32 – 0,64	1.500 – 3.000	4 – 8	0,25-0,75
Mezcla completa	5 – 15	0,2 – 0,6	0,80 – 1,92	2.500 – 4.000	3 – 5	0,25-1,0
Aireación prolongada	20 – 30	0,05 – 0,15	0,16 – 0,40	3.000 – 6.000	18 – 36	0,5-1,5
Alta carga	5 – 10	0,4 – 1,5	1,60 – 1,60	4.000-10.000	2 – 4	1,0-5,0

Aireación prolongada: DISEÑO DEL REACTOR

15

Parámetro	Rango habitual
Edad del fango (d)	20 - 25
Carga mísica (kg DBO ₅ /kg SSLM.d)	0,03 - 0,07
Tiempo de retención hidráulica (h)	18 - 36
Sólidos en suspensión en la cuba (g/l)	3,0 - 5,0
Relación recirculación externa (Q _r /Q) (%)	100 - 150
Necesidades de oxígeno en la aireación (kg O ₂ /kg DBO ₅ eliminado)	2,0 - 3,0
Concentración de oxígeno disuelto a considerar en el diseño del reactor (mg/l)	2
Porcentaje de la zona anóxica	30 - 40 %
Potencia requerida para la agitación en la zona óxica (mediante aireadores de superficie) (W/m ³)	20 - 30
Potencia requerida para la agitación en la zona anóxica mediante agitadores sumergidos (W/m ³)	10 - 20

Aireación prolongada: DISEÑO DEL REACTOR

16

Determinación Edad de Fango (θ) para garantizar la nitrificación/desnitrificación:

- Según la norma ATV-131:

$$\theta \geq 25 \cdot 1,072^{(12-T)}$$

Temperatura media mínima (°C)	Edad del fango (días)
≤ 12	≥ 25
13	23,3
14	21,8
15	20,3
16	18,9

Aireación prolongada: DISEÑO DEL DECANΤADOR

17

Parámetro	Valor
Carga hidráulica ($m^3/m^2.h$) (m/h)	$\leq 0,5 \alpha Q_{med}$ $\leq 1,0 \alpha Q_{máx}$
Carga de sólidos (kg SST/ $m^2.h$)	$\leq 2,0 \alpha Q_{med}$ $\leq 3,5 \alpha Q_{máx}$
Tiempo de retención hidráulica (h)	$\geq 3,0 \alpha Q_{med}$
Caudal en vertedero ($m^3/ml.h$)	$\leq 5,0 \alpha Q_{med}$ $\leq 10,0 \alpha Q_{máx}$

Decantadores Estáticos: < 1.000 h.e.
Decantadores Dinámicos: > 1.000 h.e.

Aireación prolongada: RENDIMIENTOS

18

Parámetro	% Reducción	Influente tipo (mg/l)	Efluente final (mg/l)
Sólidos en suspensión	85 -95	250	15 - 35
DBO ₅	85 -95	300	15 - 25
DQO	80 - 90	600	60 -120
N-NH ₄ ⁺	90 - 95	30	2 - 5
N	30 - 40	50	30 - 35
P	20 - 30	10	7 - 8

- En régimen de nitrificación-desnitrificación se alcanzan rendimientos del 80-85% de N_{total}.
- Eliminación de fósforo hasta el 85-90%, generalmente por vía química.
- Disminución de rendimiento cuando se trabaja con aguas poco concentradas (<100 mg/l DBO₅).

Aireación prolongada: ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

19

Se trabaja en régimen de mezcla completa y las formas geométricas más habituales son las rectangulares (con relaciones longitud/anchura < 3) y las circulares.

Rectangular



Circular



Aireación prolongada: ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

20

REACTORES BIOLÓGICOS: AIREACIÓN

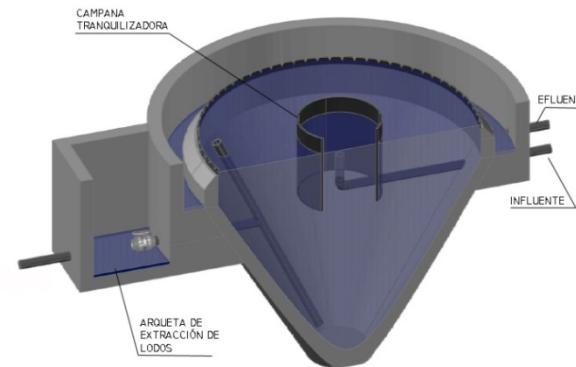
- Aireación por difusión (difusores sumergidos, tubos perforados, etc.) o aireación mecánica (superficiales o sumergidos).
- En depuradoras pequeñas también aireación por eyección
- Aireación mecánica: necesidades energéticas para mantener régimen de mezcla completa entre 20 y 30 W/m³.
- En instalaciones <1000 habitantes, aireación temporizada. En instalaciones mayores, control de la aireación mediante sondas OD.

Aireación prolongada: ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

21

CLARIFICADORES SECUNDARIOS

- Instalaciones <1.000 habitantes decantadores circulares estáticos de flujo vertical. Instalaciones mayores, decantadores circulares de rasquetas.
- Decantadores circulares: Entrada mediante tubería en el centro.
- Campana tranquilizadora: profundidad no inferior a 1/3 del calado del decantador y diámetro no inferior al 20% del diámetro del decantador.
- La velocidad de entrada del licor mezcla al decantador no debe ser superior a 10 cm/s.



Pendiente: 45-65°



Aireación prolongada: ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

22

CLARIFICADORES SECUNDARIOS

- Rasquetas: velocidad máxima perimetral de 120 m/h.
- La solera debe tener una pendiente entre el 4 y el 10%.
- Calado normal en el borde está entre 3 y 4 metros.
- Vertedero. Especial atención a la nivelación.



Aireación prolongada: EQUIPOS COMPACTOS

23

ROX | ESTACIÓN DEPURADORA ECOLÓGICA DE OXIDACIÓN TOTAL

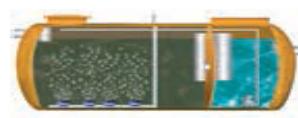
Sistema de depuración ideal para tratar las aguas residuales asimilables a domésticas de pequeñas y medianas comunidades; viviendas familiares, hoteles rurales, campings, restaurantes, etc. Los equipos de oxidación total cumplen la normativa actual de vertido Real Decreto 606/2003 que modifica la Ley de Aguas, así como la normativa europea, directiva de consejo 91/271/CEE. Estos equipos se fabrican siguiendo las normas BS-4994:1987 a partir de 20 H.E. (incluido).

EL SISTEMA SE REALIZA SIGUIENDO LAS SIGUIENTES ETAPAS:

- **Desbaste:** Los sólidos gruesos que arrastra el agua son interceptados por una reja a la entrada del equipo. Para poblaciones pequeñas, debido a la gran variabilidad del afluente, se recomienda instalar un decantador previo.
- **Oxidación Biológica:** En el reactor biológico tiene lugar la descomposición biológica de la materia orgánica gracias a la aportación de aire y a la generación de microorganismos aerobios.
- **Decantación:** Los lodos resultantes de la descomposición de la materia orgánica son tranquilizados, depositándose en el interior del decantador. Los lodos decantados se recirculan de nuevo al reactor por bombeo o air-lift para los modelos 5-15 H.E.



ROX 5 - ROX 10



ROX 15 - ROX 500

Equipo Probado en Planta Piloto
Patente N° U 200000400-8 BOP 08.01.2001

FORMATO VERTICAL

REFERENCIA	HE	CAUDAL (l/día)	D mm	H mm	Ø TUBERÍAS mm	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN	POTENCIA INSTALADA (W)	PESO APROX. Kg
• ROX 5	5	750	1.615	1.330	110	Air lift	39	80
• ROX 10	10	1.500	2.120	1.810	110	Air lift	58	110

Instalación monofásica.

*en proceso

FORMATO HORIZONTAL

REFERENCIA	HE	CAUDAL (m ³ /día)	D mm	L mm	Ø TUBERÍAS mm	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN	POTENCIA INSTALADA (Kw)	PESO APROX. Kg
• ROX 15	15	2,25	1.750	2.930	110	Air lift	0,058	200
• ROX 20	20	3,0	2.000	3.100	125	Bombeo	0,96	350
• ROX 30	30	4,5	2.000	3.700	125	Bombeo	0,96	400
• ROX 40	40	6,0	2.000	4.000	160	Bombeo	0,96	650
• ROX 50	50	7,5	2.500	3.600	200	Bombeo	1,65	700
ROX 60	60	9,0	2.500	4.110	200	Bombeo	1,65	800
ROX 75	75	11,3	2.500	4.600	200	Bombeo	1,65	850
ROX 100	100	15,0	2.500	5.600	200	Bombeo	1,65	1.000
ROX 125	125	18,8	2.500	7.670	200	Bombeo	2,2	1.200
ROX 150	150	22,5	2.500	8.700	200	Bombeo	2,2	1.400
ROX 200	200	30,0	2.500	10.360	200	Bombeo	2,2	1.800
ROX 250	250	37,5	3.000	9.460	200	Bombeo	2,6	2.100
ROX 300	300	45,0	3.000	10.840	250	Bombeo	2,6	3.000
ROX 350	350	52,5	3.000	12.300	250	Bombeo	3,3	3.800
ROX 400	400	60,0	3.000	13.700	250	Bombeo	3,3	4.200
ROX 450	450	67,5	3.500	11.930	250	Bombeo	3,3	4.800
ROX 500	500	75,0	3.500	13.000	250	Bombeo	3,3	5.200

Instalación trifásica excepto los cuatro primeros modelos.

*en proceso

A partir de la ROX 20, incluida, todos los modelos se suministran con cuadro eléctrico.

ROX 40 a ROX 200, ambos modelos incluidos, se suministran con reja de desbaste manual (RDM).

Opcional: Cuadro eléctrico con avisador de alarma mediante SMS (AVISM)

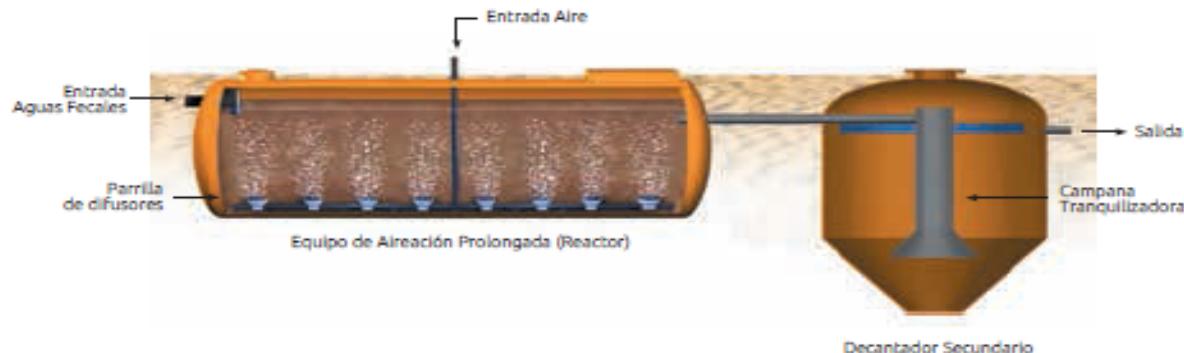
Marcado
CE

Fuente:
REMOSA

Aireación prolongada: EQUIPOS COMPACTOS

24

GRANDES COMUNIDADES

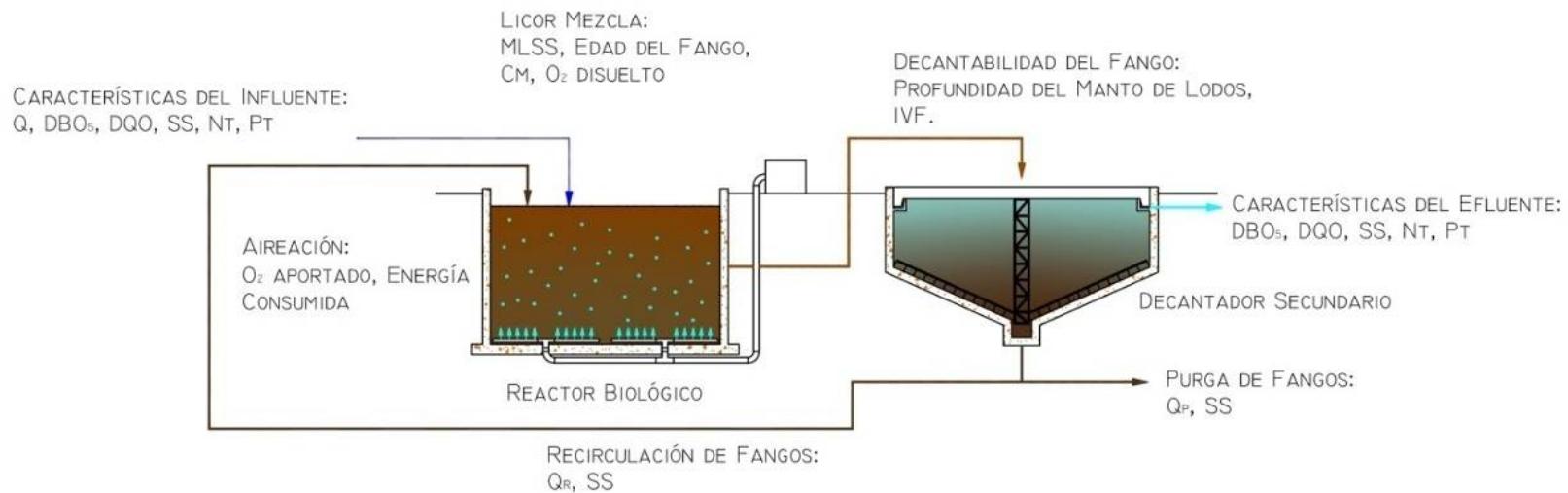


REFERENCIA	HE	CAUDAL (m ³ /día)	Nº REACTORES	D mm	L mm	Nº DECANTADORES	D mm	H mm
ROX 600	600	90	1	3.500	11.200	1	3.500	4.170
ROX 800	800	120	1	3.500	13.500	1	4.000	4.370
ROX 1000	1.000	150	2	3.500	9.130	2	3.500	3.770
ROX 1200	1.200	180	2	3.500	11.200	2	3.500	4.170
ROX 1400	1.400	210	2	3.500	12.700	2	4.000	4.070
ROX 1600	1.600	240	2	3.500	13.500	2	4.000	4.370
ROX 1800	1.800	270	2	4.000	12.400	2	4.000	4.670
ROX 2000	2.000	300	2	4.000	13.600	2	4.000	4.970

Aireación prolongada: EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

25

- Seguimiento (controles internos y externos)
 - Controles analíticos



Aireación prolongada: EXPLORACIÓN Y MANTENIMIENTO

26

Problemas	Causas	Soluciones
Bajo rendimiento eliminación DBO_5 . Incremento de la concentración de DBO_5 en el efluente	Alta carga másica o baja edad del fango Bajo nivel de oxígeno disuelto Presencia de tóxicos o inhibidores en el influente Carencia de nutrientes	En función de la causa, corregir la deficiencia Eliminar fuente Enmienda de la carencia
Bajo rendimiento en la nitrificación (en su caso)	Baja edad del fango Bajo oxígeno disuelto Baja alcalinidad Presencia de tóxicos disueltos	En función de la causa, corregir la deficiencia Eliminar fuente
Bajo rendimiento en la desnitrificación (en su caso)	Falta de materia orgánica en el efluente Presencia de oxígeno disuelto por saltos o cascadas Recirculación interna escasa Bajo tiempo de retención	Dosificar materia orgánica biodegradable mediante fuente externa (p.e. metanol) Corregir la deficiencia Incrementar la recirculación Problema estructural de solución difícil

Aireación prolongada: EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

27

Problemas	Causas	Soluciones
Formación de bulking filamento	Causas diversas según bacterias asociadas a su eclosión: <ul style="list-style-type: none">- Bajo oxígeno disuelto- Deficiencia en nutrientes- Baja carga orgánica- Presencia de sulfuros- Presencia de grasas	Soluciones diversas según bacterias asociadas a su eclosión: <ul style="list-style-type: none">- Eliminación causas endógenas y exógenas (si se conocen)- Disminución de la edad del fango- Comprobación de la existencia de oxígeno disuelto suficiente- Instalar selector anaerobio- Dosificación de cloro
Formación de bulking no filamento	Desequilibrio de nutrientes (normalmente fósforo)	Adición de nutrientes
Formación de espumas no biológicas	Falta de biomasa activa. Se da en puestas en marcha Choques tóxicos	Inoculación de biomasa de una planta externa Renovación de la biomasa mediante purgas contundentes

Aireación prolongada: EXPLORACIÓN Y MANTENIMIENTO

28

Problemas	Causas	Soluciones
Formación de espumas biológicas (foaming)	Causas diversas según bacterias asociadas a su eclosión: <ul style="list-style-type: none">- Bajo oxígeno disuelto- Ataques tóxicos- Deficiencia en nutrientes- Alta carga orgánica- Presencia de grasas	Soluciones diversas según el tipo de bacterias asociadas a su eclosión: <ul style="list-style-type: none">- Eliminación de confinamientos- Extracción de los flotantes del sistema- Uso de biocidas- Instalación de un selector aerobio
Desnitrificación incontrolada en el decantador (levantamiento del manto de fangos)	Transformación del decantador en zona anóxica de desnitrificación incontrolada Tiene lugar en épocas con temperaturas altas	Disminuir la edad de fango Reducir al máximo el tiempo de retención del agua en la decantación, aumentando la recirculación Añadir al reactor biológico zonas de anoxia, para desnitrificación parcial o total

Aireación prolongada: VENTAJAS E INCONVENIENTES

29

- Bajos requisitos de superficie
 - Elevada calidad del efluente (con equipos y explotación correctos)
 - Fangos más mineralizados
 - Flexibilidad ante sobrecargas contaminantes
 - Bajo nivel de olores
-
- Alto consumo energía: 2-2,5 kWh /kg DBO_5 eliminada
 - Requiere personal cualificado para su explotación y mantenimiento
 - Decantación secundaria sensible a sobrecargas hidráulicas
 - Riesgo arrastre biomasa en situación de sobrecarga hidráulica
 - Bajos rendimientos con concentraciones muy bajas de DBO_5
 - Extracción de fangos frecuente (0,8-1,0 kg m.s./kg DBO_5 elim.)





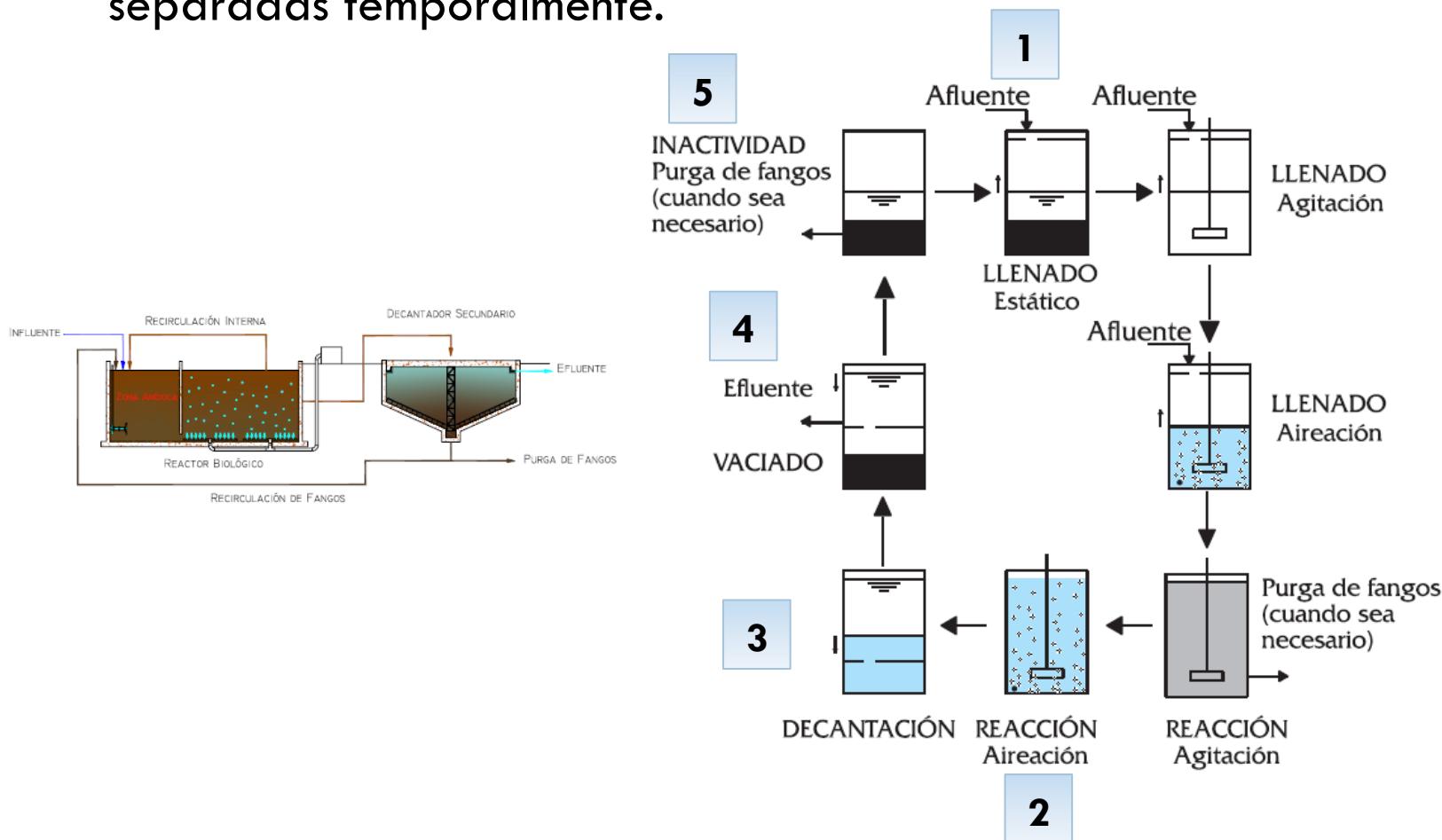
**TRATAMIENTOS SECUNDARIOS INTENSIVOS:
BIOMASA EN SUSPENSIÓN**

**REACTORES SECUENCIALES EN
MODO BATCH (SEQUENCING
BATCH REACTORS, SBR)**

SBR: FUNDAMENTOS

31

Modalidad de lodos activos en los que la degradación de los contaminantes y la decantación ocurren en un sólo reactor, en etapas separadas temporalmente.

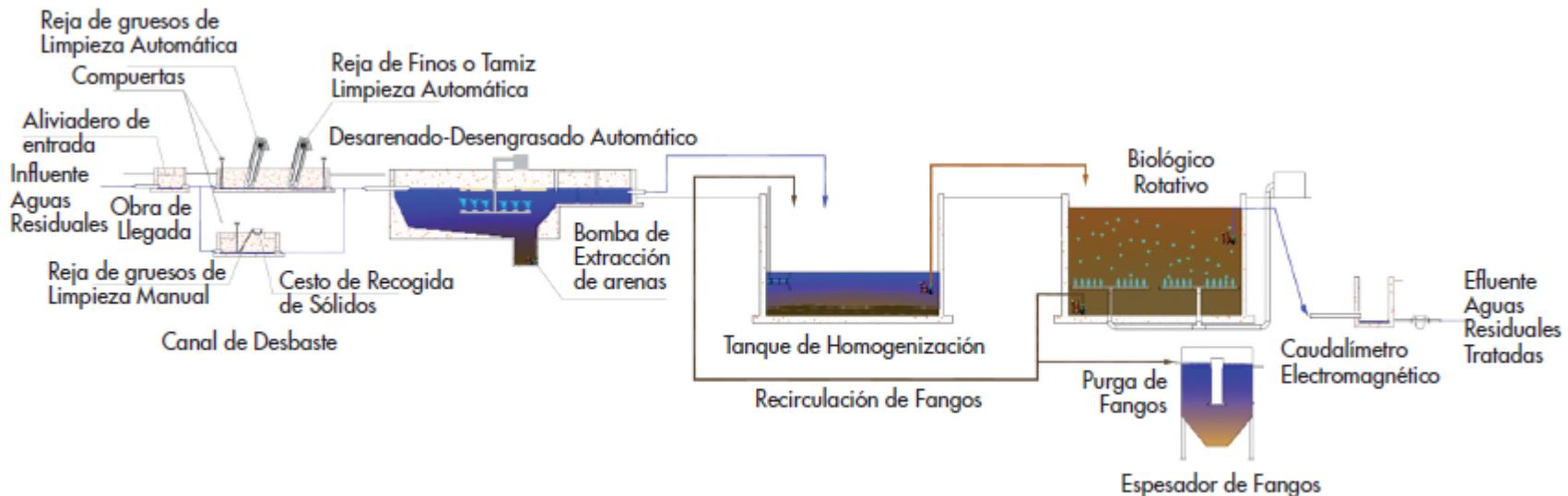


SBR: DIAGRAMAS DE FLUJO

32

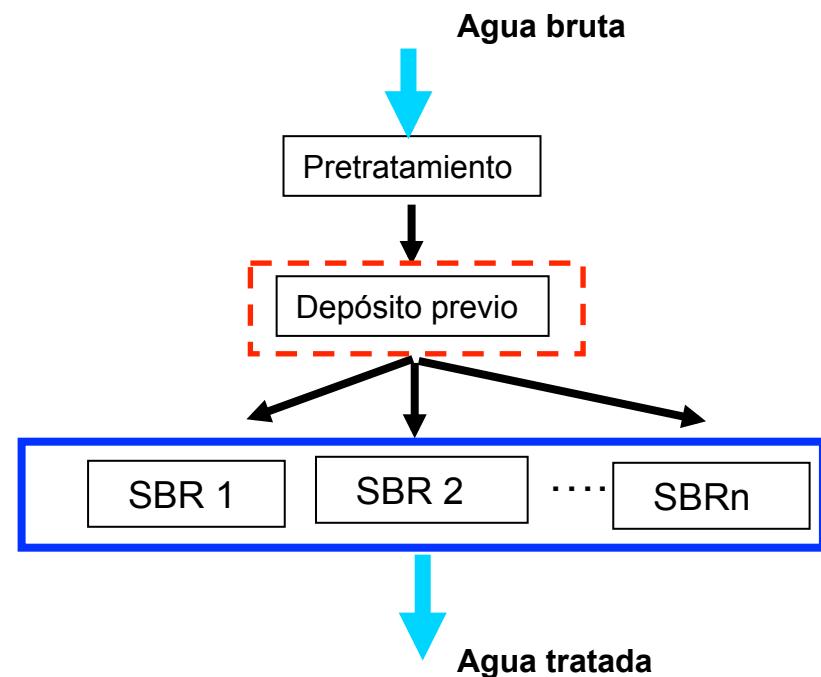
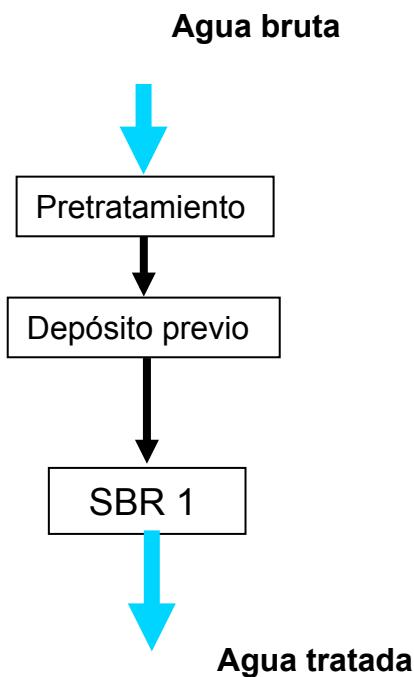
Similar a una aireación prolongada.

Ejemplo. Población > 500 h-e. Doble canal de desbaste. Desarenador desengrasador aireado. Tanque de homogeneización. SBR. Espesador de fangos. Caudalímetro electromagnético.



SBR: ESQUEMAS DE OPERACIÓN

33



SBR: DISEÑO

34

Parámetro	Valores recomendados
Carga másica (F/M)	0,04 kg DBO ₅ /kg MLSS.día
Edad del fango	20 - 25 días
Duración del ciclo de tratamiento	4,0 - 24 horas
Sólidos en suspensión en la cuba	3- 5 g/l
Tiempo hidráulico de retención	variable

Aireación prolongada

Parámetro	Rango habitual
Carga másica (F/M)	0,03 - 0,07 kg DBO ₅ /kg MLSS.día
Edad del fango	20 - 25 días
Tiempo de retención hidráulica	18 – 36 horas
Sólidos en suspensión en la cuba	3 – 5 g/l

SBR: CARACTERÍSTICAS

35

□ Rendimientos:

□ Sin eliminación de nutrientes

	% Reducción	Concentración de salida (mg/l)
Sólidos en suspensión	85 - 95	15 – 35
DBO ₅	85 - 95	15 – 25
DQO	80 - 90	60 – 120

□ Con eliminación de nutrientes

Parámetro	% Reducción	Concentración de salida (mg/l)
Sólidos en suspensión	>90	≤ 20
DBO ₅	>90	≤ 15
DQO	80 – 90	60 – 120
N-NH ₄ ⁺	90 – 95	2 – 5
N _{total}	80 – 85	≤ 15
P _{total}	80 – 90	≤ 2 (cloruro férrico)

□ Rango de aplicación: a partir de 50 habitantes, aunque recomendable a partir 500 habitantes

SBR: EQUIPOS COMPACTOS

SBREM | DEPURADORA SECUENCIAL DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CON ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES

Equipo compacto para el tratamiento de aguas residuales de pequeñas y medianas comunidades de **elevado rendimiento de depuración**, cumpliendo con el RD 606/2003 y la normativa europea Directiva de Consejo 91/271/CEE.

Estos equipos se fabrican siguiendo las normas BS-4994:1987 a partir de 10 H.E.

El **SBREM** es un sistema secuencial que se basa en la depuración biológica por fangos activados de las aguas residuales en el reactor-clarificador. Las etapas de llenado, reacción, decantación y evacuación se dan lugar de forma secuencial en un mismo compartimento o equipo:

- **Llenado:** Recepción de un volumen determinado de aguas del decantador primario, mediante bombeo o air-lift para los modelos 5-10 H.E.
- **Reacción:** En la etapa de reacción se combinan fases aerobias (con presencia de oxígeno) y fases anóxicas (con ausencia de oxígeno) que permiten eliminar la materia orgánica y los nutrientes.
- **Sedimentación:** Durante esta fase y en ausencia de agitación y aireación, se produce la sedimentación del lodo, quedando éste en la parte inferior y el clarificado en la superior.
- **Vaciado:** El agua tratada, que se encuentra entre la capa sedimentada y los flotantes, es evacuada por bombeo o air-lift para los modelos 5-10 H.E.

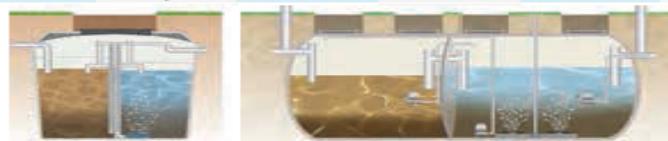
Además, el sistema **SBREM** incorpora un decantador primario homogeneizador previo al reactor que permite la retención de grasas, aceites y los sólidos de mayor tamaño.

FORMATO VERTICAL

REFERENCIA	HE	CAUDAL (m ³ /día)	D mm	H mm	Ø TUBERÍAS mm	POTENCIA INSTALADA (W)	PESO APROX. Kg
SBREM 5	5	0,75	1.730	1.465	110	51	200
SBREM 10	10	1,5	2.120	2.080	110	115	300

Instalación monofásica.

*en proceso



Equipo Probado en Planta Piloto
Patente N° U 201031140 BOP 11.03.2011

FORMATO HORIZONTAL

REFERENCIA	HE	CAUDAL (m ³ /día)	D mm	L mm	Ø TUBERÍAS mm	Nº Equipos	POTENCIA INSTALADA (Kw)	PESO APROX. Kg
SBREM 20	20	3	2.000	3.700	110	1	2,46	600
SBREM 30	30	5	2.000	4.340	160	1	2,05	700
SBREM 40	40	6	2.350	4.000	160	1	2,05	800
SBREM 51	51	7,7	2.500	4.110	160	1	2,31	900
SBREM 75	75	11,25	2.500	5.600	200	1	2,60	1.200
SBREM 100	100	15	2.500	6.960	200	1	3,75	1.400
SBREM 150	150	22,5	2.500	10.100	200	1	6,30	2.000
SBREM 200	200	30	3.000	9.460	200	1	7,00	2.500
SBREM 250	250	37,5	3.000	11.600	200	1	7,00	3.500
SBREM 300	300	45	2.500	9.710	250	2	8,10	4.900
SBREM 350	350	52,5	2.500	11.600	250	2	8,50	5.500
SBREM 400	400	60	2.500	12.852	250	2	8,50	6.200
SBREM 450	450	67,5	3.000	10.800	250	2	8,50	6.500
SBREM 500	500	75	3.000	11.600	250	2	8,50	7.100

Instalación trifásica.

Todos los modelos se suministran con cuadro eléctrico programado. Los modelos SBREM 51 y 75 no llevan bomba de recirculación. Para SBREM superiores consulte con el departamento técnico de Remosa.

* Consulte con el departamento técnico para equipos compactos.

Opcional: Cuadro eléctrico con avisador de alarma mediante SMS (AVISM)

Fuente:
REMOSA

SBR: VENTAJAS E INCONVENIENTES

37

- Menor requerimiento de espacio en comparación con la AP (ausencia de decantador).
- La homogenización de caudales, el tratamiento biológico y la sedimentación secundaria pueden lograrse en un tanque reactor único
- Flexibilidad frente a variaciones de caudal y carga.
- Posibilidad de alcanzar altos rendimientos de eliminación de nitrógeno total.
- Buena eliminación de P.
- Altos costes de implantación y explotación.
- Importante consumo energético: 1,7-1,8 kWh/ kg DBO₅ consumida (solo eliminación de carbono)
- Elevado nivel de sofisticación de las unidades de programación temporal y controles.
- Descarga potencial de fangos flotantes o sedimentados durante la fase de descarga.
- Taponamiento potencial de los dispositivos de aireación en la fase de sedimentación.





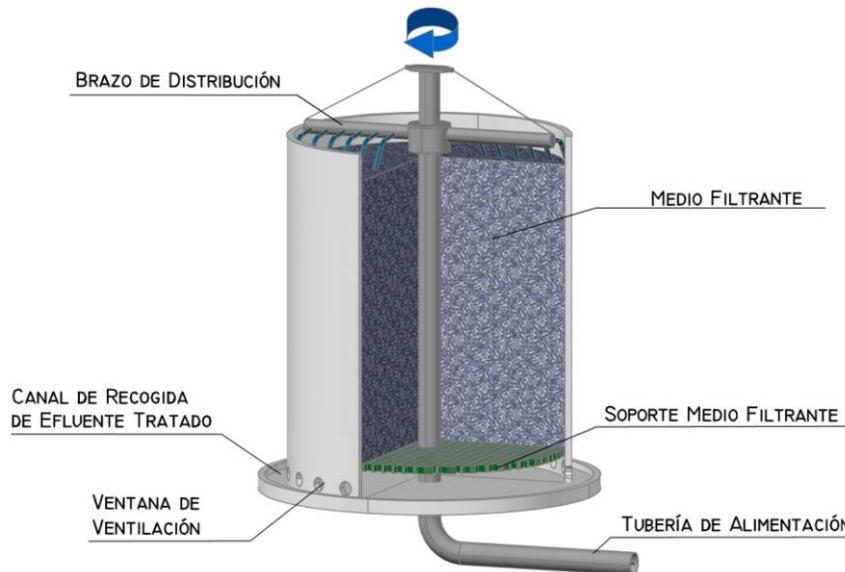
TRATAMIENTOS SECUNDARIOS INTENSIVOS: BIOMASA FIJA

LECHOS BACTERIANOS

Lechos bacterianos: FUNDAMENTOS

39

- Proceso de biopelícula conocido también como Filtro Percolador.
- Proceso aerobio donde el agua percola por gravedad a través de material de relleno, que sirve de soporte para la biomasa.

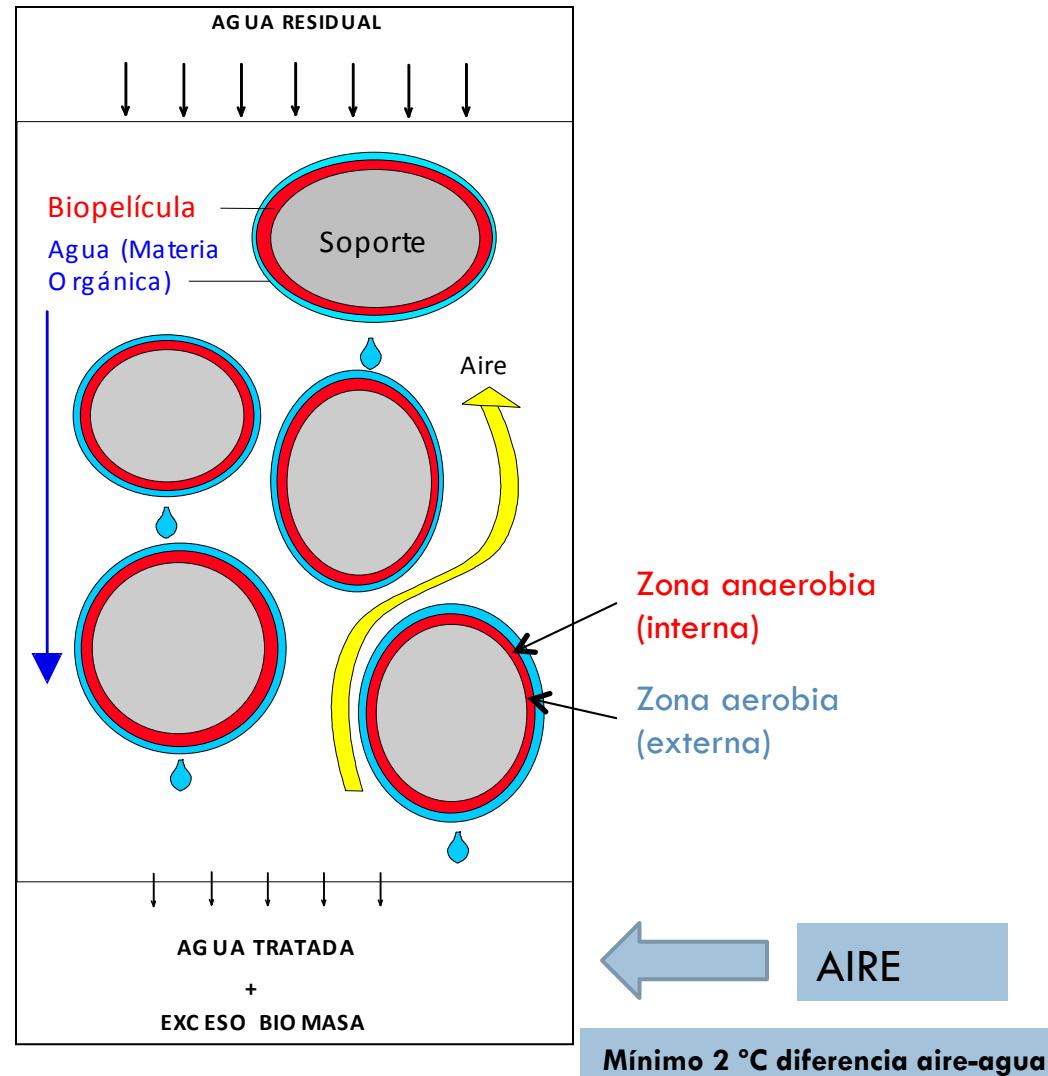


- Materiales de soporte:
 - Piedras (Frecuentes de naturaleza silícea y de 50 mm).
 - Material plástico (diferentes configuraciones: piezas al azar o módulos estructurados).

Lechos bacterianos: FUNDAMENTOS

40

Esquema
funcional de
Lecho
Bacteriano



Lechos bacterianos: FUNDAMENTOS

41

- Alimentación por su parte superior y mediante un sistema de reparto homogéneo (puede ser fijo o móvil)
 - Sistema fijo: tubería perforada o canalones.
 - Sistema móvil: columna central giratoria con brazos radiales. En sistemas de geometría cilíndrica. Giro de forma autónoma por carga hidráulica o distribuidores motorizados.



Lechos bacterianos: FUNDAMENTOS

42

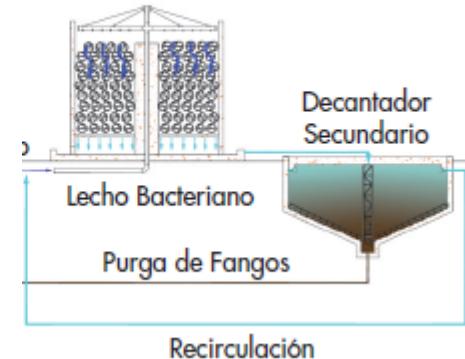


Fuente:
NILSA

Lechos bacterianos: FUNDAMENTOS

43

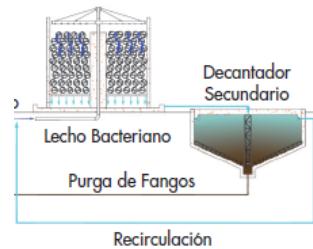
- Tras reactor biológico, etapa decantación secundaria.
- Parte del agua clarificada se **recircula** para:
 - Conseguir una distribución más uniforme.
 - Evitar la aparición de zonas secas en el material de relleno (pérdida de biomasa activa).
 - Diluir la carga de DBO_5 (la norma ATV A 281E recomienda diluir hasta 150 ppm).
 - Lograr un caudal de percolación capaz de arrastrar la biopelícula desprendida y evitar colmatación del lecho.
- Normalmente, **ventilación natural** (diferencia temperatura agua y ambiente).



Lechos bacterianos: CLASIFICACIÓN

44

- Segundo número de etapas:
 - Una etapa
 - Multietapa (varios lechos en serie con decantadores intermedios).
- Segundo la carga aplicada (EPA):
 - **Lechos de baja carga** ($<0,4 \text{ kg } \text{DBO}_5/\text{m}^3\text{.d}$). Pequeños espesores de biopelícula, baja producción de fangos, menor incidencia de atascamientos. Efluentes con bajo contenido en DBO_5 y nitrógeno amoniacal.
 - **Lechos de media carga** ($0,4-0,6 \text{ kg } \text{DBO}_5/\text{m}^3\text{.d}$). Crecimiento biopelícula no limitado, mayor riesgo de obstrucción. Necesidad de mantener una carga hidráulica suficiente por lo que es necesaria la recirculación.
 - **Lechos de alta carga** ($0,6-1,6 \text{ kg } \text{DBO}_5/\text{m}^3\text{.d}$). Requieren de una segunda etapa.
 - **Lechos de desbaste** ($>1,6 \text{ kg } \text{DBO}_5/\text{m}^3\text{.d}$, incluso, hasta $5-8 \text{ kg } \text{DBO}_5/\text{m}^3\text{.d}$). Etapa previa a un lecho de media carga o reactor de fangos activos (procesos multietapa). Eliminan 50-70% DBO_5 . Se emplean para tratar de aguas con elevada DBO_5 y buena degradabilidad (aguas agroindustriales).
- Los primeros son los más empleados en pequeñas poblaciones.

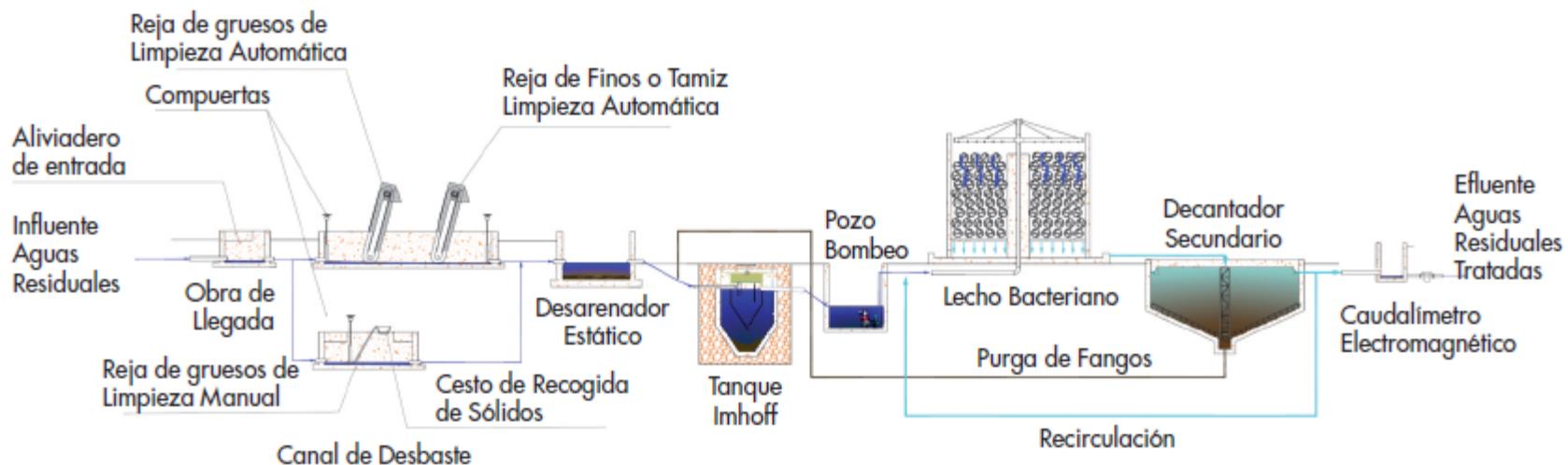


Lechos bacterianos: DIAGRAMAS DE FLUJO

45

200-1.000 h-e.

Doble canal de desbaste. Desarenador estático. Tratamiento primario mediante tanque Imhoff. Lecho bacteriano y decantador secundario. Purga de fangos a tanque Imhoff. Caudalímetro electromagnético.

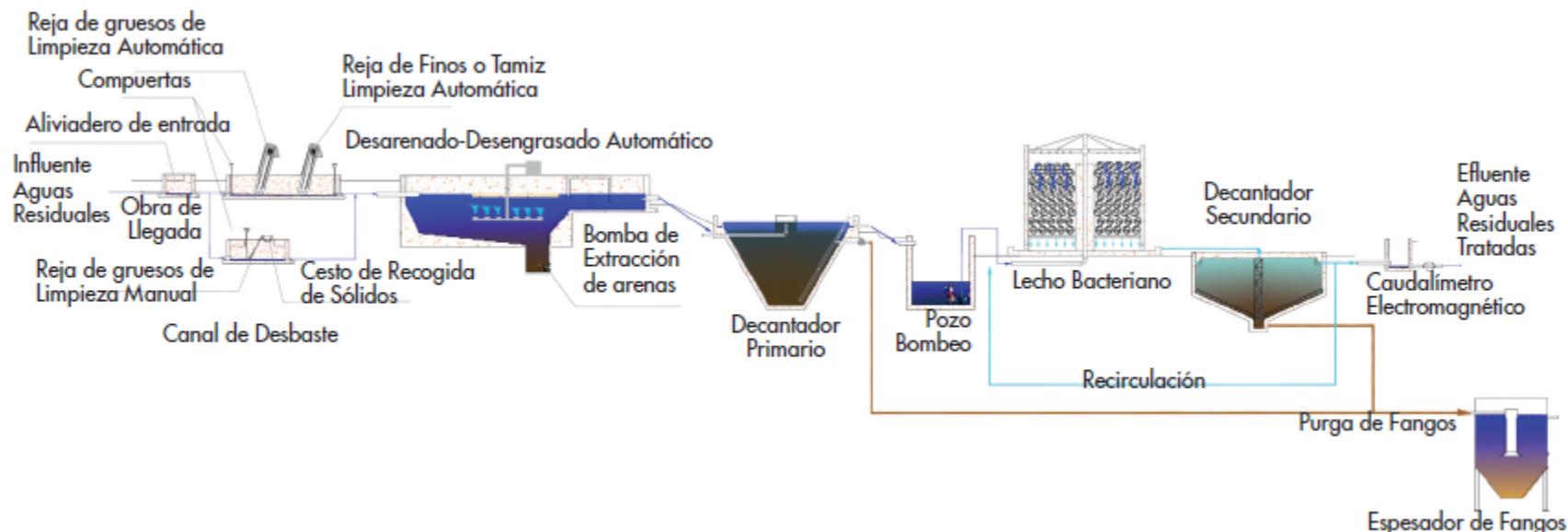


Lechos bacterianos: DIAGRAMAS DE FLUJO

46

1.000-2.000 h-e.

Doble canal de desbaste. Desarenado-desengrasado aireado. Decantador primario. Pozo de bombeo. Lecho bacteriano y decantador secundario. Espesador de fangos. Caudalímetro electromagnético.



Lechos bacterianos: DISEÑO

Norma ATV A 281E

Tamaño población (h.e.)	$C_{v,DBO5}$ (kg/m ³ /d)
1.000 - 2.000	$\leq 0,40$
900	$\leq 0,38$
700	$\leq 0,34$
500	$\leq 0,29$
300	$\leq 0,25$
100	$\leq 0,21$
50	$\leq 0,20$

Tamaño población (h.e.)	$C_{v,NTK}$ (kg/m ³ /d)
1.000 - 2.000	$\leq 0,100$
900	$\leq 0,095$
700	$\leq 0,085$
500	$\leq 0,074$
300	$\leq 0,064$
100	$\leq 0,053$
50	$\leq 0,05$

Lechos bacterianos: DISEÑO DEL REACTOR

48

Determinación Fuerza de Lavado (F_L)(mm):

$$F_L = \frac{q_A \cdot 1000}{a \cdot n}$$

Siendo:

F_L = fuerza de lavado (mm)

a = número de brazos rotatorios de distribución del agua de alimentación al lecho.

n = número de rotaciones por hora del sistema de distribución (h^{-1}).

q_A = carga hidráulica media, incluyendo la recirculación (m/h).

$$F_L \text{ (mm)} = \frac{q_A \text{ (m/h)} \times 1000 \text{ (para pasar a mm/h)}}{a \text{ (adimensional)} \times n \text{ (h}^{-1}\text{)}}$$

Lechos bacterianos: DISEÑO DEL REACTOR

49

Determinación Fuerza de Lavado (F_L)(mm):

- A mayor h_F y mayor sea la superficie específica del relleno → mayor debe ser la fuerza de lavado para evitar obstrucciones.
- Para las instalaciones de mayor tamaño se recomiendan distribuidores motorizados, que permitan alcanzar valores de F_L entre 4 y 8 mm durante la operación normal del lecho, para conseguir un buen arrastre del fango en exceso, y valores entre 20 y 100 mm para realizar procesos de lavado (de 6 horas durante la noche). Estos procesos de lavado disminuyen el riesgo de obstrucción del lecho.

Lechos bacterianos: DISEÑO DEL DECANTADOR

50

Determinación Superficie

$$C_h = \frac{Q_{\max(DS)}}{S_{(DS)}}$$

$$Q_{\max(DS)} = Q_{h,\max} \cdot (1 + RC)$$

Siendo:

C_h : Carga hidráulica ($m^3/m^2 \cdot h$)

Q_{\max} : Caudal Máximo (m^3/h)

S : Superficie (m^2)

- Para efluentes con $SS \approx 35 \text{ mg/l} \rightarrow C_h \leq 1 \text{ m/h}$
- Para efluentes con $SS < 20 \text{ mg/l} \rightarrow C_h \leq 0,8 \text{ m/h}$

Lechos bacterianos: DISEÑO DEL DECANTADOR

51

Determinación Volumen

$$V_{(DS)} = \frac{t_{R(DS)}}{Q_{\max,(DS)}}$$

Siendo:

t_R : Tiempo de residencia hidráulica (h)

Q_{\max} : Caudal Máximo (m^3/h)

V : Volumen (m^3)

- Se recomiendan $t_R \geq 2,5$ h.
- Profundidad del decantador ≥ 2 metros, medida esta altura en los decantadores circulares a $2/3$ del radio.
- Caudal sobre vertedero $\leq 15 m^3/ml.h$

Lechos bacterianos: CONSTRUCCIÓN

52

Depósito

- Su función principal es la contención del material soporte.
- Para su diseño, y por seguridad, es conveniente considerar el empuje del agua como si estuviese lleno de agua.
- Hormigón o materiales metálicos, dependiendo de las dimensiones y del tipo de relleno.

$S_{\text{ventilación}} \geq 15\% \text{ de la } S_{\text{transversal}}$



Lechos bacterianos: CONSTRUCCIÓN

53

Depósito

- Forma de tipo circular es la más utilizada.
- Forma rectangular es menos frecuente. Se usa cuando se emplean módulos laminares ordenados de material plástico, como medio soporte, o en plantas muy pequeñas con sistema de distribución fijo del agua residual.



Lechos bacterianos:CONSTRUCCIÓN

54

Material de Soporte

- **Superficie específica (m²/m³):** mide el área expuesta del material de relleno por unidad de volumen. A mayor superficie específica, mayor capacidad para la fijación de la película bacteriana y, por tanto, mayor capacidad de tratamiento del filtro percolador. Esta superficie debe ser superior a 40 m²/m³ (WEF, 1992).
- **Índice de huecos (%):** fracción vacía del relleno en relación con el volumen total del mismo. A mayor índice de huecos, menos riesgo de colmatación del material de relleno. Cuanto mayor es la carga orgánica aplicada al filtro percolador, mayores deben ser las dimensiones de los huecos o intersticios, dado que la biopelícula que se forma, bajo estas condiciones, presenta un mayor espesor. Este índice debe ser siempre superior al 50% y el tamaño de los huecos, o intersticios, nunca debe ser inferior a 1-1,5 cm.
- **Uniformidad:** la homogeneidad del relleno facilita la circulación del agua y del aire a través del relleno y atenúa su colmatación.
- **Densidad (kg/m³):** cuanto menor sea permitirá mayores alturas del material de relleno y, por tanto, menos necesidades de espacio.
- **Resistencia mecánica y durabilidad:** el material de relleno debe soportar su transporte y colocación en el filtro percolador sin deteriorarse. Las capas inferiores del relleno, en el interior del filtro percolador, deben soportar todo el peso de la columna de soporte, sin sufrir grandes deformaciones, que podrían originar problemas de atascos.
- **Inercia química:** el material debe ser inerte frente a los componentes de las aguas residuales a tratar, para evitar su degradación.

Lechos bacterianos:CONSTRUCCIÓN

55

Material de relleno

- El material de relleno ideal es el que presenta una **elevada superficie específica**, con un **alto índice de huecos** y con un **coste reducido**.
- Existen normativas para la instalación y caracterización de los posibles materiales que pueden usarse como material de relleno en los filtros percoladores, como la DIM 19557 y la BS 1438:2004.
- Los materiales que principalmente se utilizan como material de soporte en los filtros percoladores, son:
 - **Piedras**, con tamaño entre 50 y 100 mm y de diferente naturaleza (silíceas, puzolanas o escoria). Es frecuente el empleo de grava silícea de 50 mm de tamaño. Antes de la colocación de este tipo de rellenos debe eliminarse toda la arena que los pueda acompañar.
 - **Material plástico** con diferentes configuraciones, bien piezas sueltas dispuestas en el reactor de forma aleatoria, o bien, módulos estructurados ordenadamente para formar el lecho. Son mucho más ligeros (con pesos específicos entre 10 y 30 veces menores que los materiales pétreos), lo que permite la construcción de filtros de mayor altura. Además, su índice de huecos es mayor, minimizando los riesgos de colmatación y favoreciendo la transferencia de oxígeno.

Lechos bacterianos:CONSTRUCCIÓN

56

Material de relleno



Lechos bacterianos:CONSTRUCCIÓN

57

Material de relleno

Características del medio soporte para filtros percoladores (WEF 1992)

Tipo de soporte	Tamaño (mm)	Densidad (kg/m³)	Superficie específica (m²/m³)	Índice huecos (%)
Piedra	50-100	1.440	40	60
Piezas de plástico	Variable	32-64	85-110	>95
Módulos de plástico	600x600x1.200	32-80	85-110	>95

Lechos bacterianos: CONSTRUCCIÓN

58

Material de Soporte

- El medio soporte se coloca sobre un falso fondo drenante, que retiene el material de relleno y que permite el paso del agua tratada y de la corriente de aire.
- Es importante asegurarse de que no existen defectos en el mismo y de que está homogéneamente repartido por todo el lecho.

Lechos bacterianos: REALIZACIONES

59



91 habitantes

Fuente:
NILSA

Lechos bacterianos: REALIZACIONES

60



115 habitantes

Fuente:
NILSA

Lechos bacterianos: REALIZACIONES

61

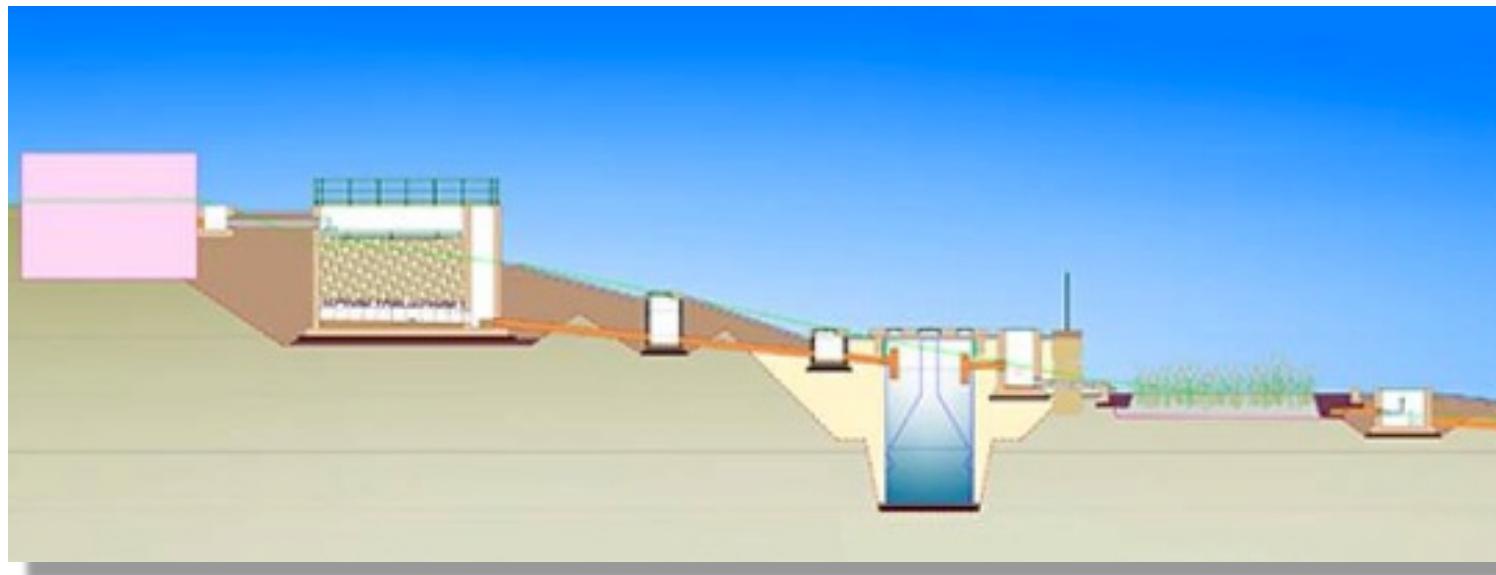


119 habitantes

Fuente:
NILSA

Lechos bacterianos: REALIZACIONES

62



115 habitantes

Fuente:
NILSA

Lechos bacterianos: REALIZACIONES

63



206 habitantes

Fuente:
NILSA

Lechos bacterianos: REALIZACIONES

64



630 habitantes

Fuente:
NILSA

Lechos bacterianos: RENDIMIENTOS

65

Parámetro	% Reducción	Influyente tipo (mg/l)	Efluente final (mg/l)
Sólidos en suspensión	85 - 95	250	15 - 35
DBO ₅	85 - 95	300	15 - 25
DQO	80 - 90	600	60 - 120
N-NH ₄ ⁺	60 - 80	30	6 - 12
N	20 - 35	50	30 - 40
P	10 - 35	10	6 - 9

- Con cargas <0,30 kg DBO₅/m³.d, elevadas recirculaciones y una buena explotación, rendimientos superiores al 90% en DBO₅ (<20 mg/l)
- ATV-A 281E, SS <20 mg/l, decantador diseñado según sus recomendaciones.
- Con aguas residuales muy concentradas (> 400 mg/l DBO₅), se recomiendan dos etapas (alta carga y baja o media carga).

Lechos bacterianos: ELIMINACIÓN DE N Y P

66

□ Desnitrificación parcial:

- Utilizando el tratamiento primario (Fosa Séptica o Tanque Imhoff), como zona anóxica (55-60% eliminación de NT)
- Realizando la desnitrificación en otro Lecho Bacteriano de alta carga ($>0,8 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3\text{.d}$), con recirculaciones muy altas (60-65% NT). Elevado consumo eléctrico.

□ No eliminación biológica de P, se recurre a adición de sales metálicas (de hierro o de aluminio).



Lechos bacterianos: VENTAJAS E INCONVENIENTES

67

- Bajos requisitos de superficie
- Fácil de operar y mantener (equipos robustos)
- Resistente a puntas y sobrecargas de corta duración
- Buen comportamiento frente a choques tóxicos
- Menor consumo energético que Aireación Prolongada (0,4-0,8 kWh/kg DBO₅ eliminado)



- Calidad del efluente limitada (en lo que respecta a NT)
- Bajos rendimientos con concentraciones altas de DBO₅ (requiere 2 etapas)
- Genera fangos poco mineralizados (0,75 kg m.s./kg DBO₅ eliminado).
- Mala integración paisajística





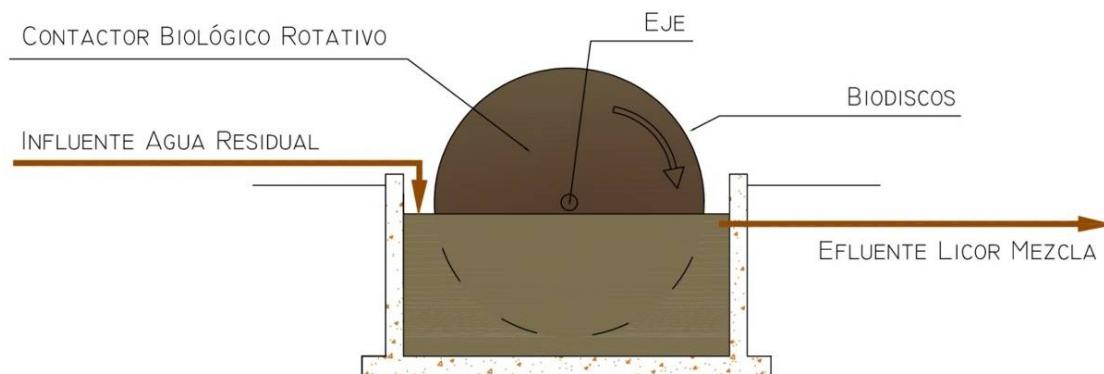
**TRATAMIENTOS SECUNDARIOS
INTENSIVOS: BIOMASA FIJA**

**CONTACTORES BIOLÓGICOS
ROTATIVOS (CBR)**

CBR: FUNDAMENTOS

69

- Proceso de biopelícula en el que los microorganismos se hallan adheridos a un material soporte, que gira semisumergido (aproximadamente el 40% de su superficie) en el agua a depurar.
- Giro lento (1-2 rpm). La película de biomasa bacteriana emplea como sustrato la materia orgánica soluble presente en el agua residual y toma el oxígeno necesario para su respiración del aire atmosférico, durante la fase en que el soporte se encuentra fuera del agua.
- Un 90% de la biomasa activa se encuentra adherida al rotor
- Espesor crítico de biofilm (unos 5 mm) y desprendimiento natural. Retirada en decantación secundaria.



CBR: FUNDAMENTOS

70

- Constan generalmente de 2 a 4 etapas, colocadas en confinamientos separados entre sí (disposición en cascada).
 - Permite operar en cada confinamiento con cargas diferentes.
 - En algunos casos, los rotores se encuentran en el mismo confinamiento consigiéndose la configuración en cascada mediante el empleo de deflectores.
- Los CBR operan bajo cubierta para evitar daños en la biomasa adherida a los rotores por la acción de los agentes atmosféricos (heladas, lluvias), y para preservarla en caso de averías electromecánicas, que detengan el giro del rotor.

Fuente:
UNFAMED



- **Biodiscos:** conjunto de discos de material plástico de 1 a 5 m de diámetro. Eje central. Discos paralelos y a corta distancia (2-3 cm), según la carga orgánica de operación (mayor separación a mayor carga). Superficie de discos se corresponde con la superficie biológicamente activa.



■ **Biocilindros:** el rotor consiste en una jaula cilíndrica perforada, que alberga en su interior un relleno de material plástico, al que se fija la biomasa bacteriana.

■ **Sistemas híbridos:** aúnan las ventajas de los dos tipos anteriores, minimizando sus inconvenientes.

Fuente:
UNFAMED

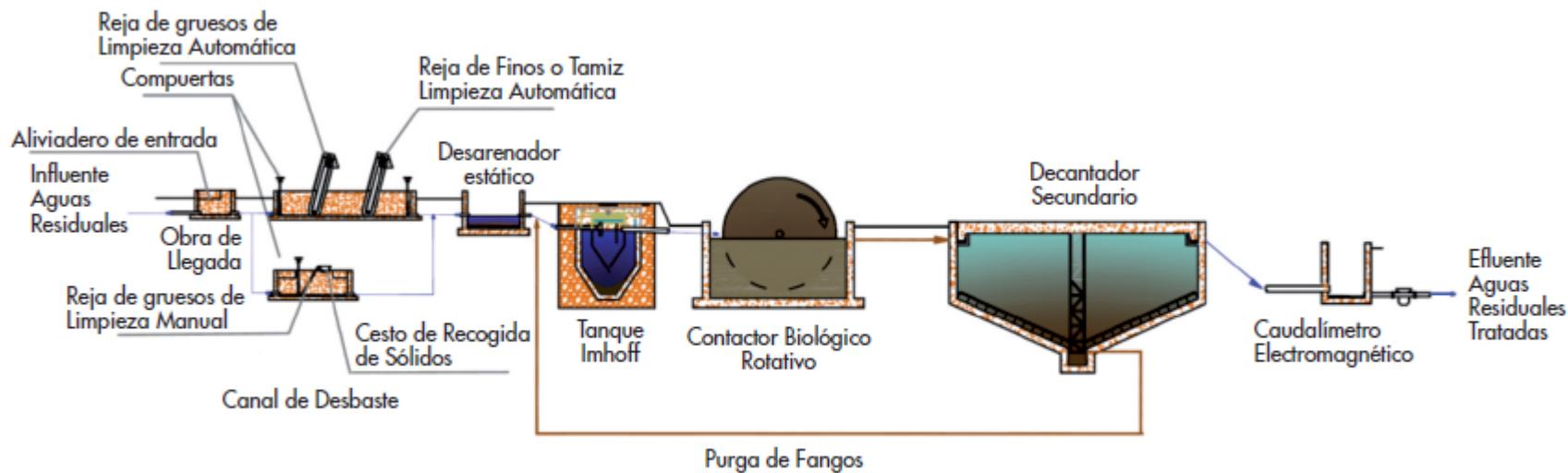


CBR: DIAGRAMAS DE FLUJO

73

200-1.000 h-e.

Doble canal de desbaste. Desarenador estático. Tratamiento primario mediante tanque Imhoff. CBR y decantador secundario. Purga de fangos a tanque Imhoff. Caudalímetro electromagnético.

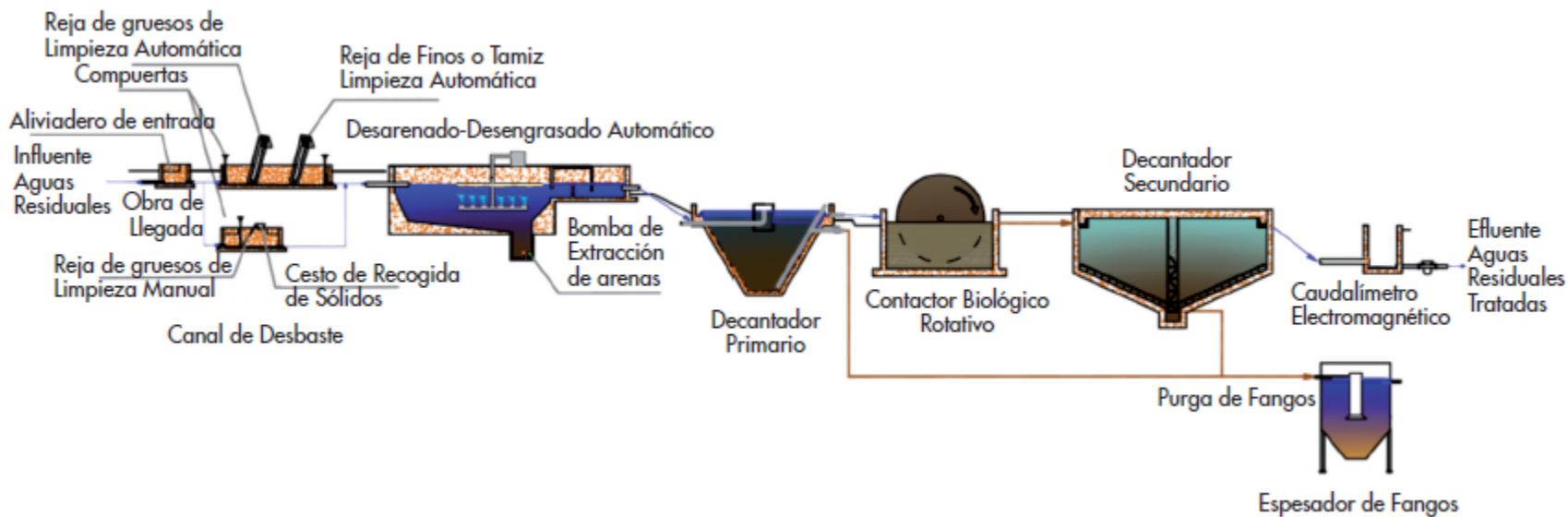


CBR: DIAGRAMAS DE FLUJO

74

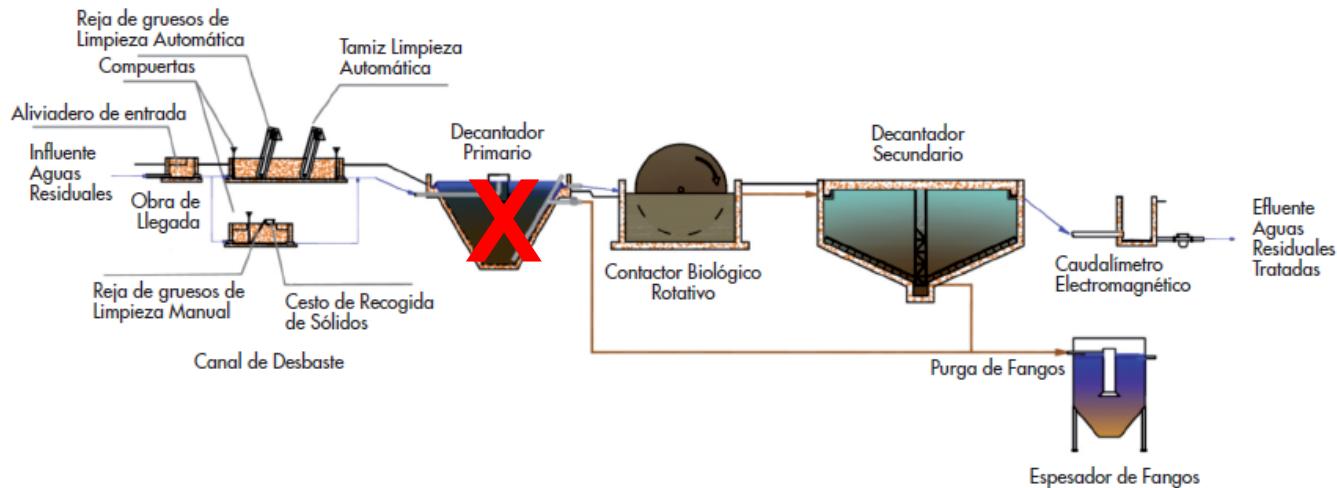
1.000-2.000 h-e.

Doble canal de desbaste. Desarenado-desengrasado aireado. Decantador primario. CBR y decantador secundario. Espesador de fangos. Caudalímetro electromagnético.



CBR: DIAGRAMAS DE FLUJO

Possible simplificación del esquema mediante tamizado (2-3 mm luz de paso) y eliminación tratamiento primario. Solo cuando las aguas están muy diluidas ($DBO_5 < 150 \text{ mg/l}$). En ese caso, no eliminar el desarenador



CBR: DISEÑO

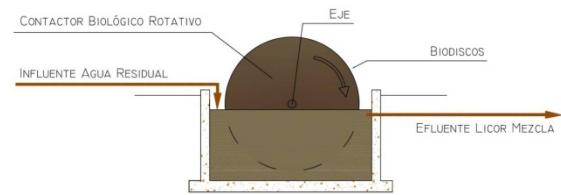
76

- Parámetro fundamental de diseño: Carga orgánica aplicada por unidad de superficie de rotor (kg DBO₅/m².d).
- De forma general, se recomiendan al menos dos etapas.
- Si se precisa nitrificación, se requieren al menos tres etapas.

CBR: DISEÑO DEL REACTOR

Superficie del medio soporte

Biodiscos	
Sólo eliminación de DBO_5 (no nitrificación)	
<u>Carga orgánica total</u>	
- 2 etapas	$\leq 8 \text{ g } DBO_5 / m^2 \cdot d$
- 3-4 etapas	$\leq 10 \text{ g } DBO_5 / m^2 \cdot d$
Número mínimo de etapas	
- Para DBO_5 en efluente entre 15 y 25 mg/l	2 etapas
- Para DBO_5 en efluente entre 10 y 15 mg/l	3 etapas
Para eliminación de DBO_5 y nitrificación	
<u>Carga orgánica total</u>	
3 etapas	$\leq 8 \text{ g } DBO_5 / m^2 \cdot d$ $\leq 1,6 \text{ g NTK } / m^2 \cdot d$
4 etapas	$\leq 10 \text{ g } DBO_5 / m^2 \cdot d$ $\leq 2 \text{ g NTK } / m^2 \cdot d$



Volumen del reactor

Tiempo de retención mínimo de 1 hora a caudal máximo o 4 l/m^2 de superficie del medio (UNE-EN 12225-7)

CBR: DISEÑO DEL DECANΤADOR

78

Determinación Superficie Decantador Secundario

$$C_h = \frac{Q_{\max(DS)}}{S_{(DS)}}$$

Siendo:

C_h : Carga hidráulica ($m^3/m^2 \cdot h$)

Q_{\max} : Caudal Máximo (m^3/h)

S: Superficie (m^2)

- Para efluentes con $SS \approx 35 \text{ mg/l} \rightarrow C_h \leq 1 \text{ m/h}$
- Para efluentes con $SS < 20 \text{ mg/l} \rightarrow C_h \leq 0,8 \text{ m/h}$

CBR: DISEÑO DEL DECANΤADOR

79

Determinación Volumen Decantador Secundario:

$$V_{(DS)} = \frac{t_{R(DS)}}{Q_{\max,(DS)}}$$

Siendo:

t_R : Tiempo de residencia hidráulica (h)

Q_{\max} : Caudal Máximo (m^3/h)

V : Volumen (m^3)

- Se recomiendan $t_R \geq 2,5$ h.
- La forma o el tipo de decantador secundario no influye en su eficiencia
- Profundidad del decantador ≥ 2 metros, medida esta altura en los decantadores circulares a $2/3$ del radio.
- Caudal sobre vertedero ≤ 15 $m^3/ml.h$

CBR: RENDIMIENTOS

80

Parámetro	% Reducción	Influente tipo (mg/l)	Efluente final (mg/l)
Sólidos en suspensión	85 - 95	250	25 - 50
DBO ₅	85 - 95	300	15 - 25
DQO	80 - 90	600	60 - 120
N-NH ₄ ⁺ (sin nitrificación)	20 - 30	30	20 - 25
N	20 - 35	50	30 - 40
P	10 - 35	10	6 - 9

- Para incrementar rendimiento en eliminación de N: nitrificación en CBR y desnitrificación en reactores anóxicos integrados.
- Eliminación química de fósforo.

Reactores

- Las cubas en materiales plásticos (pequeñas instalaciones), o en acero u hormigón, y se suelen disponer semienterradas.
- Entrada y salida deben estar dispuestas en los extremos opuestos del tanque

Ejes

- Soporte del medio y permiten su rotación.
- La flexión del eje funcionando a plena carga, cuando el rotor está completamente colonizado, no debe ser mayor a 1/300 de su longitud (UNE-EN 12255-7).

Ejes

- El eje se conecta a un motorreductor mediante acoplamientos elásticos con dispositivos de goma, al objeto de compensar las irregularidades que, ocasionalmente, puedan producirse durante su funcionamiento.
- En el caso de unidades prefabricadas, los ejes forman parte de los módulos ya montados.
- El conjunto rotor del CBR debe resistir la carga máxima prevista, generada cuando el espacio hueco está parcialmente lleno con película biológica.

Ejes

- Suelen ser de acero inoxidable sin anclajes ni soldaduras, mientras que los cojinetes deben tolerar fallos de alineación de un máximo de 5 mm/m de longitud del eje.
- La velocidad típica de giro de los discos entre 1-2 r.p.m., velocidad periférica máxima permitida entre 0,15-0,3 m/s.

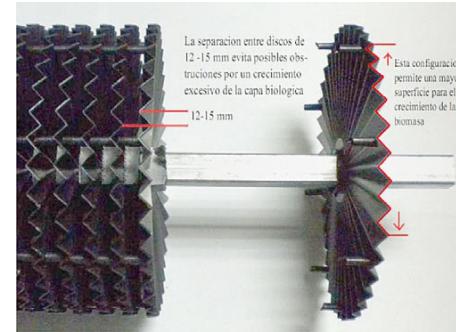
Medio soporte

- Fabricado en polietileno de alta densidad, o en polipropileno, con distintas configuraciones o corrugados.
- En función de la superficie de soporte por eje, se clasifican en medios de baja densidad (o densidad estándar), de densidad media y de alta densidad.
- Medios de baja densidad: mayor espaciamiento entre láminas y se emplean en las primeras etapas de la línea de tratamiento.
- Los de media o alta densidad tienen superficie variable y se emplean en las etapas intermedias y finales del proceso de CBR (*menor grosor de biopelícula*).

Medio soporte

- Los diámetros de los discos se encuentran en el rango de 1 a 5 m (UNE-EN 12225-7), quedando los discos separados mediante el empleo de espaciadores.
- La distancia entre los discos depende de la carga orgánica superficial de cada una de etapas del tratamiento biológico.
- Para cualquier medio soporte, el tamaño de hueco o intersticio nunca debe ser inferior a 10 mm, para permitir el desarrollo de la biopelícula.

Fuente:
UNFAMED



CBR: CONSTRUCCIÓN

86

	Bio-Disc 125/100/1	Bio-Disc 160/210/2	Bio-Disc 195/300/3	Bio-Disc 230/400/3	Bio-Disc 250/600/3	Bio-Disc 290/400/3
Habitantes Equivalentes	75	250	500	1000	1500	2000
Superficie Mq	250	975	1975	3925	5600	7650
Diámetro Mm	1250	1600	1950	2300	2500	2900
Longitud útil	1550	3100	4250	5450	5600	5850
Etapas	1	2	3	3	3	3
Potencia Kw	0.12	0.25	0.55	0.75	1.5	1.1



Fuente:
UNFAMED

CBR: REALIZACIONES

87

Diseño y fabricación sencilla y robusta, con garantías documentadas.



Ausencia de ruidos y olores.



CBR: VENTAJAS E INCONVENIENTES

- Bajos requisitos de superficie
- Fácil de operar
- Resistente a sobrecargas de corta duración
- Menor consumo energético que fangos activos (0,3-0,7 kWh/ kg DBO₅ eliminado)
- Facilidad de construcción gradual (proceso de construcción modular)
- Buen comportamiento ante presencia de tóxicos
- Al estar en recintos cubiertos, los rendimientos se resienten menos en los períodos fríos



- Calidad del efluente limitada (en lo que respecta a N_T)
- Menos flexibilidad que los procesos de fangos activados
- Bajos rendimientos con concentraciones altas de DBO₅
- Fangos no estabilizados (0,8-1,0 kg m.s./kg DBO₅ elim.)





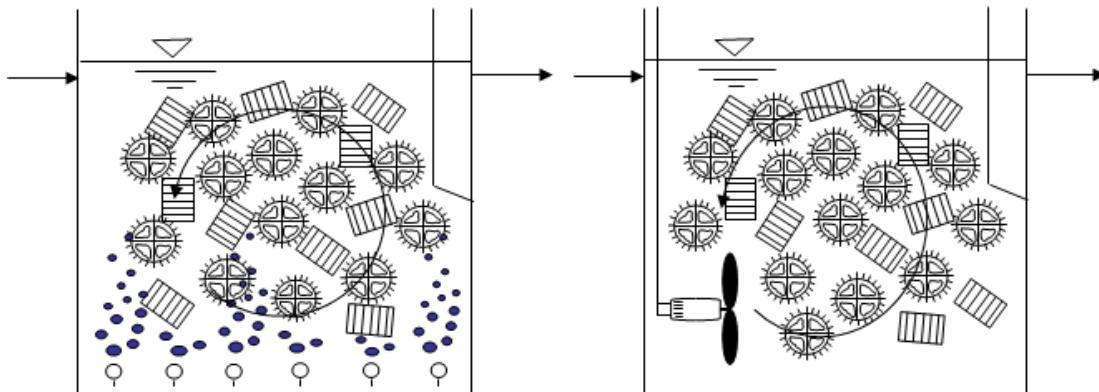
Tratamientos secundarios intensivos

SISTEMA DE BIOMASA FIJA SOBRE LECHO MÓVIL (MBBR)

MBBR: FUNDAMENTOS

90

- Tecnologías a caballo entre los procesos de cultivo en suspensión y los procesos de cultivo fijo (biopelícula).
- Crecimiento de la biomasa en soportes plásticos, que se encuentran en suspensión en el reactor biológico, por aireación o agitación mecánica.
- Reactores aerobios y anaerobios/anóxicos.



MBBR: FUNDAMENTOS

91

- Aumentan la capacidad de tratamiento de reactores convencionales, incrementando la cantidad de microorganismos presentes en el sistema, sin aumentar volumen de reactores.
- Soportes de material plástico (densidad próxima a 1 g/cm³)
- Porcentajes de llenado de hasta el 70%.
- Pueden emplearse para eliminación solo de la materia orgánica o para la eliminación de nutrientes también.



Relleno plástico
(Fuente: Anox-Kaldnes)

MBBR: FUNDAMENTOS

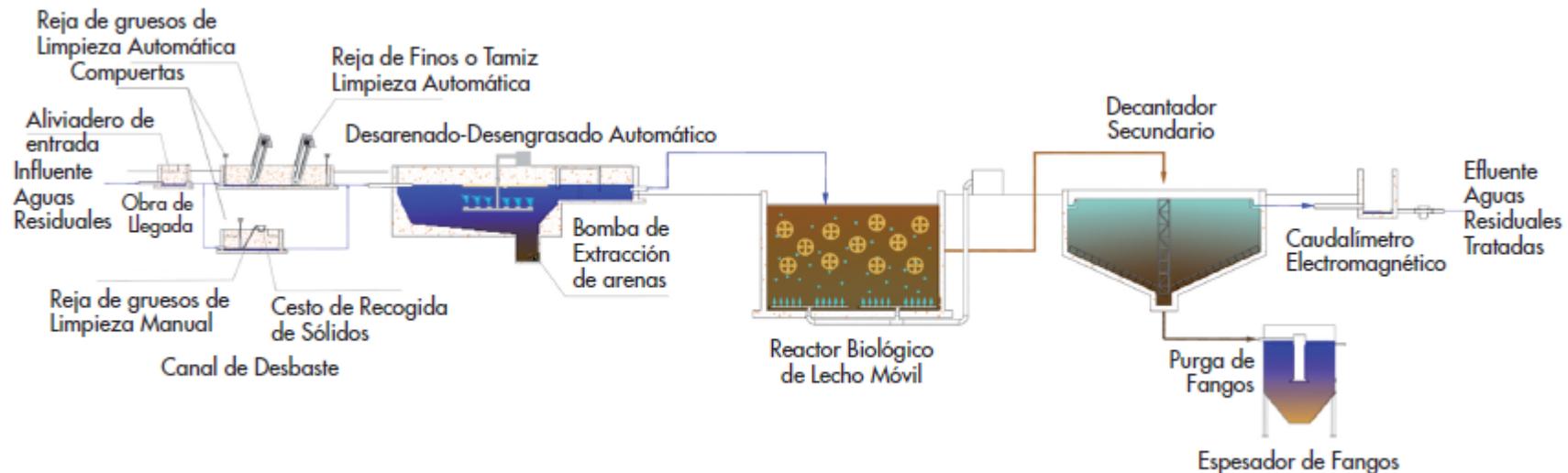
92

- Se diferencian dos tipologías:
 - Proceso puro de Lecho Móvil (MBBR): crecimiento bacteriano se da exclusivamente en los soportes plásticos.
 - Reactores aerobios para eliminación de carbono.
 - Reactores aerobios para eliminación de carbono y nitrificación.
 - Reactores con zonas anóxicas para pre y post desnitrificación (eliminación de carbono y nitrógeno).
 - Proceso híbrido (IFAS): combinación de proceso de biopelícula de lecho móvil y fangos activados. Se requiere recirculación de fangos. Más complejo, para poblaciones > 2.000 h-e.
- A la salida del reactor biológico se incluye una rejilla de 8-15 mm de paso de retención de soportes plásticos.

MBBR: DIAGRAMAS DE FLUJO

93

Similar a una aireación prolongada. Puede incluir o no tratamiento primario, dependiendo de tipología del agua a tratar (altas concentraciones de materia en suspensión y de DBO_5), y de la conveniencia de estabilizar los fangos biológicos “in situ” y simplificar su gestión. Caso de incluirse, se recomienda el tanque Imhoff para poblaciones menores de 1.000 habitantes equivalente y la decantación primaria para poblaciones mayores.



MBBR: REALIZACIONES

94



EDAR de Lekumberri
(Fuente: NILSA-Anox-Kaldnes).



Reactor MBBR circular prefabricado
(Fuente: NILSA-Anox-Kaldnes).



Rejilla de salida (Fuente: Anox-Kaldnes).

MBBR: EQUIPOS COMPACTOS

NECOR | DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE FANGOS ACTIVADOS DE LECHO MÓVIL

El NECOR es un sistema de oxidación total basado en la depuración biológica mediante fangos activados de las aguas residuales mediante lecho móvil.

Este equipo compacto para el tratamiento de aguas residuales de pequeñas y medianas comunidades de elevado rendimiento de depuración, cumple los requisitos del Real Decreto 606/2003, la Normativa Europea Directiva de Consejo 91/271/CEE, la Normativa Europea CE anexo ZA EN 12566-3, eficiencia del tratamiento, capacidad de depuración, estanqueidad al agua, ensayo de comportamiento estructural y durabilidad (PLANTAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PREFABRICADAS HASTA 50 H.E.). Estos equipos se fabrican siguiendo las normas

BS-4994:1987 a partir de 15 H.E. (incluido) y con laminación "hand-lay-up" los equipos de 5 y 10 H.E.

CONSTA DE TRES COMPARTIMENTOS:

- **Decantador:** En éste se da lugar la decantación y sedimentación de gran parte de las materias en suspensión presentes en las aguas residuales. Las bacterias anaerobias metabolizan una parte de la materia orgánica, gasificando, hidrolizando y mineralizándola. El decantador, además, permite separar las grasas típicas de las aguas asimilables a domésticas.

- **Reactor biológico:** En el reactor biológico se dan lugar las diferentes reacciones que son necesarias para la descomposición bioquímica de la materia orgánica. Para poder tener lugar estas reacciones es necesaria la aportación de oxígeno que mantenga las condiciones aerobias en el reactor y que cree la circulación necesaria para mantener en suspensión la biomasa. El relleno plástico presente en el reactor, el cual es móvil gracias a la acción del aire, permite retener la biomasa, fijándola en su superficie, favoreciendo la descomposición de la materia orgánica.

- **Clarificador:** Se decantan los lodos que provienen del reactor evitando la salida de materias en suspensión. Los lodos decantados son recirculados al decantador primario.

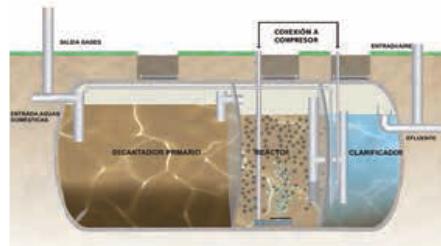


DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS NECOR



Exija el marcado CE.

Equipo Probado en Planta Piloto
Patente N° U 201031138 BOP
11.03.2011
Necor 5 con número d'agrément n°
2013-008



FORMATO HORIZONTAL

REFERENCIA	HE	CAUDAL (l/día)	D mm	L mm	Ø TUBERÍAS mm	SISTEMA DE RECIRCULACIÓN	POTENCIA INSTALADA (W)	PESO APROX. Kg
NECOR 5	5	750	1.600	2.660	110	Air lift	39	225
NECOR 10	10	1.500	2.120	2.900	110	Air lift	51	350
NECOR 15	15	2.250	2.000	4.000	110	Air lift	115	600
NECOR 20	20	3.000	2.000	4.490	110	Air lift	115	700
NECOR 30	30	4.500	2.000	5.290	160	Bombeo	960	800
NECOR 40	40	6.000	2.350	5.140	160	Bombeo	960	1.125
NECOR 50	50	7.500	2.350	6.300	160	Bombeo	960	1.300

Instalación monofásica.

Todos los modelos con sistema de recirculación por bombeo se suministran con cuadro eléctrico programado.

Fuente:
REMOSA

MBBR: RENDIMIENTOS

Parámetro	% Reducción	Efluente final (mg/l)
Sólidos en suspensión	85 - 95	15 - 35
DBO ₅	85 - 95	15 - 25
DQO	80 -90	60 - 120
N-NH ₄ ⁺	90 - 95*	2 - 5
N	30 - 40**	30 - 35
P	20 - 30	7 - 8

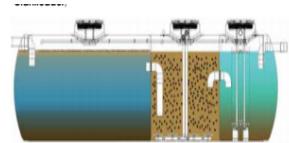
* En caso de nitrificación; ** En caso de nitrificación-desnitrificación se alcanza el 70-80 %

MBBR: VENTAJAS E INCONVENIENTES

97

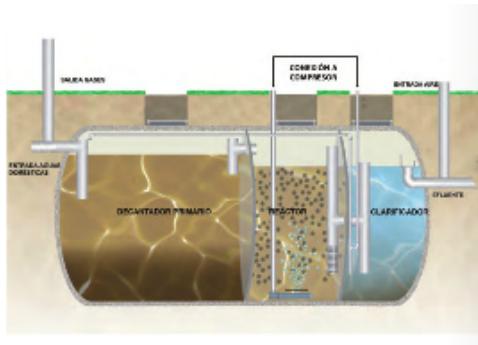
- Reducido volumen del reactor biológico.
 - Se adaptan muy bien a las variaciones de carga.
 - Flexibilidad ante la existencia de cargas superiores a las de diseño y a variaciones estacionales, actuando sobre el porcentaje de relleno plástico.
 - Ausencia de bulking filamentoso.
 - Recuperación rápida del proceso ante inhibidores, o posibles picos de carga.
-
- Requiere trabajar a concentraciones de oxígeno más elevadas que el proceso de Aireación Prolongada, lo que repercute en un mayor gasto energético. 1,4-1,9 kWh kg DBO₅ eliminado, en sistema con sólo eliminación de materia orgánica, y 3,6-4,1 kWh/kg DBO₅ eliminado, si incluye eliminación de nitrógeno (Fuente: AnoxKaldnes)
 - El elevado coste del relleno (entre 400-600 €/m³).
 - Producción de un fango en exceso sin estabilizar. 1,0 -1,3 kg ms/kg DBO₅ eliminado
 - Dificultad para vaciar el reactor biológico, al tener que retirar el relleno plástico.



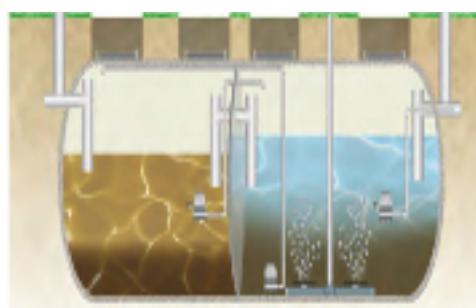


Equipos compactos

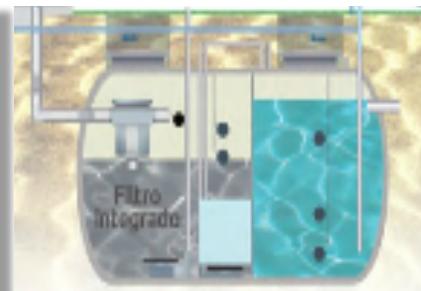
98



MBBR



SBR



MBR



RBC



AJUSTE DE LA POTENCIA DE LOS EQUIPOS DE AIREACIÓN

Muchas gracias por su atención

Continuará...