



SISTEMAS DENOMINADOS DE BAJO COSTE. LA EXPERIENCIA DE LLEIDA

Zaragoza 26 nov-2013



AREA DE SANEJAMENT D'AIGÜES RESIDUALS

Germán Ramírez



OBJETIVOS DE LA PRESENTACIÓN

- 1.DE QUE SISTEMAS ESTAMOS HABLANDO?
DESCRIBIR BREVEMENTE LOS SISTEMAS NO
CONVENCIONALES DE BAJO COSTE, EXTENSIVOS,...
HUMEDALES DE LLEIDA O FILTROS VERDES.
- 2.FUNCIONAN? SÍ, PERO... EXPLICAR DEFECTOS
CONSTRUCTIVOS O DE PROYECTO.
- 3.REALMENTE SON DE BAJO COSTE? QUE SIGNIFICA
ESTO? VEAMOS LOS DATOS Y EXTRAIGAMOS LAS
CONCLUSIONES.



1.DE QUE ESTAMOS HABLANDO? Descripción.

Podemos definir los **sistemas de bajo coste**, como aquellos sistemas de tratamiento no convencionales, extensivos, que se asemejan a los sistemas naturales. Se pueden incluir los humedales, lagunages naturales, etc.

Destacar que **son sistemas especialmente vulnerables a disfunciones y errores de diseño, y de valoración de las condiciones de entorno.** (CENTA)

Según diferente bibliografía representan un bajo coste en su explotación y mano de obra poco especializada.

3



En Cataluña hay 15 EDAR que utilizan el Sistema de Humedal como tratamiento secundario, de ellos 13 son de flujo subsuperficial, que se construyeron entre el año 2000 y 2002.

Los datos a presentar en esta exposición están referidos a la experiencia de 4 edars de tipo filtro verde, humedal de flujo subsuperficial constituido por balsas poco profundas en las cuales las plantas y microorganismos en un substrato gravoso de diferente granulometría intervienen en el proceso de depuración.

4



Es una tecnología adecuada para poblaciones de 100 a 1500 habitantes equivalentes (h.e.) (Boutin, Alexandre et al.1998) y puede funcionar como sistema de depuración de afino o secundario, siempre precedido de un tratamiento previo o primario **eficaz**. (Pretratamiento y, Tanque imhoff, o fosa séptica, etc.)

5



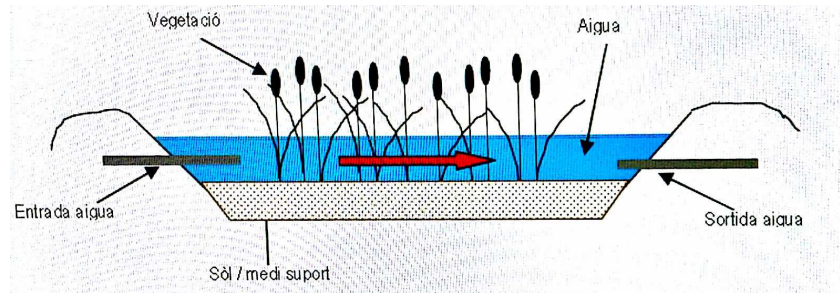
TIPOS DE HUMEDALES

Hay dos tipos de humedales que comparten las principales características y que se diferencian por el emplazamiento de la lámina de agua, son los de **flujo superficial** o libre, (FS) y los de **flujo subsuperficial**, (FSS). Fig 1 y Fig. 2 (Brown D. S., J. F. Kreissl et al. 2000

6



FLUJO SUPERFICIAL FIG.1

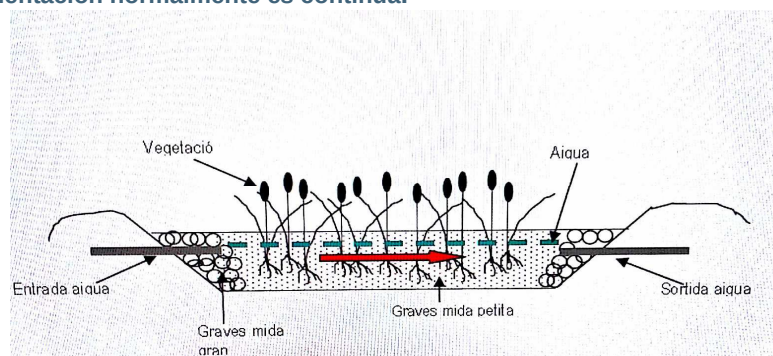


7



FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL. FSSH

Se caracterizan por que el agua residual se mantiene siempre por debajo de la superficie de la matriz porosa, en este caso fluye de forma horizontal y circula a través de ella y de las raíces de la vegetación plantada y la alimentación normalmente es continua.

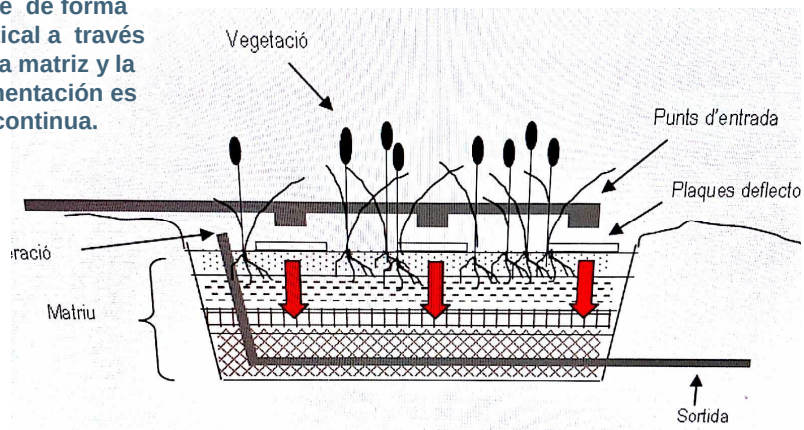


8



FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL FSSV

El agua residual fluye de forma vertical a través de la matriz y la alimentación es discontinua.



9



FILTRO VERTICAL FSSV. TERCARIO DE TORRELAMEU



10



PROCESO DE ELIMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN UN SISTEMA FSSH

1. **MES. QUEDA RETENIDA MEDIANTE FENOMENOS DE TIPO FISICO DENOMINADOS FILTRACIÓN DEL MEDIO.** (Entre estos sistemas destacan la sedimentación debido a la baja velocidad de circulación del agua, y el tamizado a nivel de los espacios intersticiales del medio granular). En los FSSH la mayor parte de MES se queda cerca de la entrada, (primeros 5 mts).
2. **MATERIA ORGÁNICA. SU ELIMINACIÓN EN LOS HUMEDALES ES COMPLEJA.** Es el resultado de la interacción de numerosos procesos físicos, químicos y bióticos. La parte particulada es retenida por filtración y su parte abiótica se convierte en partículas más pequeñas que son hidrolizadas por enzimas extracelulares. (Se forma glucosa o aminoácidos). Los ácidos pueden ser asimilados por bacterias sulfatoreductoras, metanogénicas y por las heterótrofas aeróbicas. La degradación de la MO por vía aeróbica ocurre en los primeros 5 cm y raíces, Es prácticamente despreciable esta fracción ya que mayoritariamente la degradación se da en situación anóxica utilizando el nitrato como aceptor de e. (desnitrificación).

11



Datos técnicos

Tipo	Año puesta marcha	Caudal disseny m3/d	Población eq	Caudal Real m3/d
Alfés	2002	15	100	28
Almatret	2002	107	477	75
Corbins	2001	500	2083	250
Verdú	2001	400	2000	211
Barruera	2002	192	768	150
Vall de Cardós	2002	264	1056	120
Guingueta d'Àneu	2002	168	420	120
Granadella	2009	110	1100	67
Guardia de Tremp	2010	100	500	35
Pobleta Bellvei	2011	100	500	70
Tavascan	2011	120	600	70

12



Alfés

0,7 Ha



13



Verdú

2.15 Ha



14



Almatret

1,1 Ha



15



Corbins

2,4 Ha



16



2.FUNCIONAN?

17



2.FUNCIONAN? SÍ, PERO... EXPLICAR DEFECTOS.

a.- Las edars implantadas en Cataluña, y en concreto las de Lleida, se ubican en pequeñas poblaciones que se caracterizan por tener un afluente con concentraciones medianas pero con altas fluctuaciones que son neutralizadas por el sistema debido al alto tiempo de residencia del agua.

b.- Los rendimientos registrados desde su puesta en servicio cumplen la normativa 91/271/CE, referido a MES, DBO5 i DQO. No estan diseñadas para eliminar N y P, que se podría lograr mediante combinaciones de FSSH y FSSV. (Según bibliografía). Según establece el Decret 509/1996, de las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. los analisis de vertidos procedentes de sistemas de depuración por lagunaje se llevaran a cabo sobre **muestras filtradas**; no obstante, la concentracion de sólidos totales en suspensión en las muestras de aguas sin filtrar no deberá superar los 150 mg/l.

18



RENDIMIENTO Y ANALITICA DEL EFLUENTE ALFES

ALFES	CABAL		M.E.S.			DBO ₅			DQO			N _T			P _T			DQO/DBO	
	(S)	(S)	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)
MITJA 09			397	19.4	95%	502	10.8	98%	815	59	93%	117.5	28.7	76%	12.6	4.2	67%	1.6	6.2
ACUMULAT																			
MÀXIM			686	51.6	91%	735	22.0	97%	1.036	132	87%	160.0	49.0	67%	16.6	6.7	60%	2.0	14.4
MÍNIM			227	2.8	99%	340.0	4.5	99%	592	5	99%	80.0	18.4	77%	6.4	2.2	66%	1.3	0.5
MITJA 10			450	11.7	97%	577	16.7	97%	948	59	94%	146.4	34.4	77%	14.3	4.8	66%	1.7	6.8
ACUMULAT																			
MÀXIM			1.275	24.8	98%	780	79.0	90%	1.215	82	93%	205.0	48.0	77%	21.4	7.1	67%	1.9	13.0
MÍNIM			124	1.8	99%	305.0	3.5	99%	515	46	91%	104.0	18.1	63%	8.7	2.9	67%	1.5	0.6
MITJA 11			1.269	30.5	98%	915	28.8	97%	1.717	83	95%	125.5	21.1	83%	17.6	3.4	81%	1.8	6.2
ACUMULAT																			
MÀXIM			4.082	66.5	98%	2.991.0	105.0	96%	5.955	236	96%	204.0	33.0	84%	41.0	6.3	85%	2.6	13.0
MÍNIM			182	4.3	97%	310.0	5.0	98%	510	11	98%	63.0	8.8	86%	6.5	1.5	77%	1.2	0.4
MITJA 12	26		532	18.5	97%	547	25	95%	861	65	93%	137.1	33.6	76%	13.5	4.7	65%	1.7	7.1
ACUMULAT																			
MÀXIM	33		1.275	51.5	98%	780.0	79.0	90%	1.215	132	88%	205.0	49.0	78%	21.4	7.1	67%	2.0	14.4
MÍNIM	20		124	1.8	99%	305.0	3.5	99%	515	5	99%	80.0	18.1	77%	6.4	2.2	66%	1.3	0.5

19



RENDIMIENTO Y ANALITICA DEL EFLUENTE ALMATRET

UNITAT	M.E.S.			DBO ₅			DQO			N _T			P _T			DQO/DBO		RESIDU	SEQ. RESIDU
	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)		
	ppm	ppm	%	ppm O ₂	ppm O ₂	%	ppm O ₂	ppm O ₂	%	ppm N	ppm N	%	ppm P	ppm P	%				
MITJA 09	196	76,4	61%	392	34,4	91%	729	137	81%	123,7	38,7	69%	16,3	4,6	72%	1,9	4,2	28	3,0
MÀXIM	298	163,5	45%	495	69,0	86%	920	255	72%	176,0	53,5	70%	23,0	7,8	66%	2,1	7,5	28	3,0
MÍNIM	126	23,9	81%	295	12,5	96%	593	41	93%	84,5	16,6	80%	7,2	1,8	75%	1,7	1,6	28	3,0
MITJA 10	227	51,5	77%	335	33,7	90%	585	118	80%	89,8	25,9	71%	9,3	3,3	65%	1,7	4,9	0	
MÀXIM	675	81,0	88%	455	130,0	71%	860	250	71%	135,0	53,0	61%	12,2	5,0	59%	2,3	7,6	0	
MÍNIM	84	24,0	71%	202	9,5	95%	303	62	80%	60,7	14,0	77%	5,7	1,8	68%	1,5	1,8	0	
MITJA 11	248	59,0	76%	397	31,3	92%	644	116	82%	101,6	39,4	61%	10,1	5,0	51%	1,6	5,0	2	1,6
MÀXIM	751	123,0	84%	552	75,0	86%	918	167	82%	159,0	66,8	58%	15,9	7,3	54%	1,8	11,7	28	1,6
MÍNIM	99	19,9	80%	198	9,0	95%	360	50	86%	67,0	18,2	73%	5,9	1,6	73%	1,5	1,9	0	1,6
MITJA 12	291	46,7	84%	407	32,3	92%	635	142	78%	122,4	39,0	68%	12,1	5,2	57%	1,6	5,7	0	
MÀXIM	1.261	83,2	93%	860	72,5	92%	1.398	248	82%	164,5	79,3	52%	18,5	7,6	59%	2,2	9,5	0	
MÍNIM	107	21,2	80%	205	5,5	97%	316	44	86%	91,8	13,5	85%	9,1	2,3	75%	1,3	2,5	0	

20



RENDIMIENTO Y ANALITICA DEL EFLUENTE CORBINS

	CABAL		M.E.S.			DBO ₅			DQO			N _T			P _T			DQO/DBO	
	(S)	(S)	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)
UNITATS	m ³ /dia	m ³ /me s	ppm	ppm	%	ppm O ₂	ppm O ₂	%	ppm O ₂	ppm O ₂	%	ppm N	ppm N	%	ppm P	ppm P	%		
MITJA 09	199	5.338	350	23	93%	306	12,2	96%	613	45	93%	58,6	15,1	74%	10,4	2,4	77%	2,0	4,5
ACUMULAT		32.027																	
MÀXIM	232	6.957	749	66	91%	520	35,0	93%	1.020	90	91%	80,5	20,5	75%	26,6	3,1	88%	2,7	8,6
MÍNIM	164	1.897	140	6	96%	110	4,0	96%	220	27	88%	31,8	6,3	80%	3,6	1,0	72%	1,5	1,8
MITJA 10	161	4.886	156	18	88%	234	10,1	96%	411	46	89%	67,3	13,6	80%	6,3	2,5	61%	1,8	4,7
ACUMULAT		58.632																	
MÀXIM	238	7.365	251	34	87%	385	13,5	96%	645	78	88%	82,1	25,0	70%	9,6	4,1	57%	2,5	10,7
MÍNIM	113	3.403	96	4	96%	85	6,0	93%	167	27	84%	42,7	7,4	83%	4,8	1,1	77%	1,5	2,7
MITJA 11	150	4.553	174	8	95%	258	10,0	96%	464	49	89%	82,5	18,1	78%	7,1	4,1	42%	1,8	5,8
ACUMULAT		54.636																	
MÀXIM	184	5.713	384	13	97%	510	21,0	96%	1.021	71	93%	101,2	38,5	62%	8,4	5,4	36%	2,6	10,8
MÍNIM	131	4.053	106	3	97%	98	3,0	97%	232	32	86%	50,1	11,2	78%	5,1	3,0	41%	1,4	2,9
MITJA 12	147	4.465	231	5	98%	318	9,4	97%	560	55	90%	72,9	19,4	73%	7,7	4,6	40%	1,8	6,7
ACUMULAT		40.184																	
MÀXIM	170	5.109	421	11	98%	525	18,0	97%	853	90	90%	101,5	24,7	76%	9,9	7,2	27%	2,1	11,6
MÍNIM	123	3.702	115	2	98%	215	2,5	99%	373	26	93%	33,0	13,1	60%	3,7	2,1	43%	1,3	3,1

21



RENDIMIENTO Y ANALITICA DEL EFLUENTE VERDU

VERDU	CABAL		M.E.S.			DBO ₅			DQO			N _T			P _T			DQO/DBO	
	(S)	(S)	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)	Rend.	(E)	(S)
UNITATS	m ³ /dia	m ³ /me s	ppm	ppm	%	ppm O ₂	ppm O ₂	%	ppm O ₂	ppm O ₂	%	ppm N	ppm N	%	ppm P	ppm P	%		
MITJA 09	146	4.436	160	7	96%	257	9,5	96%	434	49	89%	79,4	17,7	78%	6,9	4,0	42%	1,7	6,1
ACUMULAT		53.238																	
MÀXIM	184	5.713	384	13	97%	510	21,0	96%	887	71	82%	101,2	24,7	76%	8,5	7,2	15%	2,0	10,8
MÍNIM	131	4.048	106	3	97%	135	2,5	98%	281	26	90%	33,0	11,2	68%	3,7	2,1	43%	1,4	2,9
MITJA 10	168	8.010	343	15	95%	373	14,3	96%	680	66	90%	78,3	17,5	77%	10,8	4,3	60%	1,9	6,5
ACUMULAT		72.086																	
MÀXIM	232	32.027	749	66	91%	520	35,0	93%	1.020	90	91%	101,5	24,0	78%	26,6	5,9	78%	2,7	11,8
MÍNIM	123	3.702	115	2	98%	247	6,0	98%	373	35	81%	58,8	13,1	78%	6,8	2,4	65%	1,3	3,1
MITJA 11	162	16.241	218	11	95%	280	10,6	96%	508	53	90%	70,2	18,2	74%	6,9	3,7	47%	1,9	6,4
ACUMULAT		194.896																	
MÀXIM	238	58.632	421	34	92%	525	21,0	96%	1.021	90	81%	101,5	38,5	62%	8,9	7,2	27%	2,0	11,8
MÍNIM	113	1.897	96	3	97%	85	3,0	96%	167	27	84%	31,8	6,3	80%	3,6	1,0	72%	1,4	1,8
MITJA 12	123	3.702	115	2	98%	215	2,5	99%	373	26	93%	33,0	13,1	60%	3,7	2,1	43%	1,3	3,1
ACUMULAT		3.702																	
MÀXIM	123	3.702	115	2	98%	215	2,5	99%	373	26	93%	33,0	13,1	60%	3,7	2,1	43%	1,3	3,1
MÍNIM	123	3.702	115	2	98%	215	2,5	99%	373	26	93%	33,0	13,1	60%	3,7	2,1	43%	1,3	3,1

22



TRABAJOS DE SIEGA DE PRAGMITAS



23



TRABAJOS DE SIEGA DE PRAGMITAS



24



TRABAJOS DE SIEGA DE PRAGMITAS



25



TRABAJOS DE SIEGA DE PRAGMITAS



26



TRABAJOS DE SIEGA DE PRAGMITAS



27



CUALES SON LOS DEFECTOS QUE NOS HEMOS ENCONTRADO?

- 1.UN PRETRATAMIENTO DEFICIENTE.**
- 2.UN REPARTO DEFICIENTE DE CAUDALES EN DIFERENTES ELEMENTOS. CANAL DE REPARTO.**
- 3.MATERIAL DE LA MATRIZ DE GRAVAS CALCÁREO.**
- 4.DRENAJES DEFICIENTES.**
- 5.NO SE DISPONE DE LÍNEA ELÉCTRICA.**
- 6.NO DISPONEN DE CAUDALÍMETRO.**
- 7.NO HABÍA UN MANUAL O PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA LA EXPLOTACIÓN.**

28



FOTOS VARIAS PRETRATAMIENTO INICIAL



29



FOTOS VARIAS PRETRATAMIENTO ACTUAL



30



FOTOS VARIAS FOSAS SÉPTICAS. PRIMARIO



31



FOTOS VARIAS. TUBO REPARTO DE AGUA A HUMEDALES



32



INICIO TRABAJOS NUEVO CANAL REPARTO



33



DETALLE ENVERGADURA OBRA CANAL REPARTO



34



DETALLE CONSTRUCCIÓN CANAL REPARTO



35



ENCOFRADO CANAL REPARTO



36



ENTRADA CANAL REPARTO



37



VERTEDERO THOMSON CANAL DE REPARTO



38



CONSTRUCCIÓN CANAL DE REPARTO



39



FOTOS VARIAS



40



RECONSTRUCCIÓN DRENAJE FINAL



41



DETALLE DRENAJE FINAL



42



TUBO DE DRENAJE



43



CUALES SON LOS DEFECTOS QUE NOS HEMOS ENCONTRADO?



44



ENCHARCAMIENTOS



45



ENCHARCAMIENTOS



46



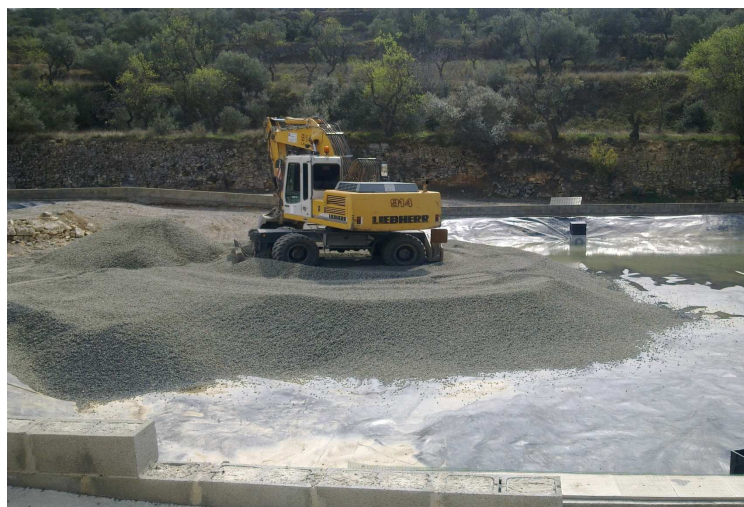
SOLUCIONES A LOS DEFECTOS ENCONTRADOS. GRAVA



47



SOLUCIONES A LOS DEFECTOS ENCONTRADOS. GRAVA



48



SISTEMAS ACTUALES



49



SALIDA CANAL CON GRAVA IGNEA. OFITAS. MALLA PLÁSTICA



50



SOLUCIONES A LOS DEFECTOS ENCONTRADOS. LISÍMETROS



51



REPARTO HUMEDALES



52



FILTRO SEGADO Y OTRO PENDIENTE DE CORTAR



53



GRAVA ACTUAL. OFITAS



54



SOLUCIONES A LOS DEFECTOS ENCONTRADOS. ELECTRICIDAD



55



CORROSIÓN. OTRO PROBLEMA.



56



3. REALMENTE SON DE BAJO COSTE?

57



EDAR CONVENCIONAL



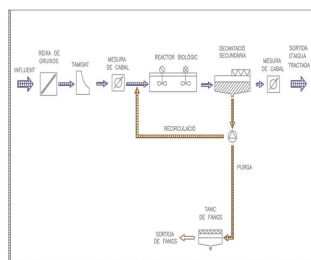
58



EDAR DE LA VALL DE CARDÓS. CONVENCIONAL

Desti	Riu Noguera de Cardós
[DBO5] efluent	25 mg/l
[MES] efluent	35 mg/l
[NKT] efluent	15 mg/l
[PT] efluent	2 mg/l

Procedència	Ribera de Cardós
Població equivalent de disseny	1056 hab. equi.
Cabal diari	264 m ³ /d
Cabal de dilució	1320 m ³ /d
Cabal mitjà	11 m ³ /h
Cabal punta	28,2 m ³ /h
DBO5 influent	63,4 kg/d
[DBO5] mitjana	240 mg/l
MES influent	52,8 kg/d
[MES] mitjana	200 mg/l
NKT influent	15,8 kg/d
[NKT] mitjà	60 mg/l



59



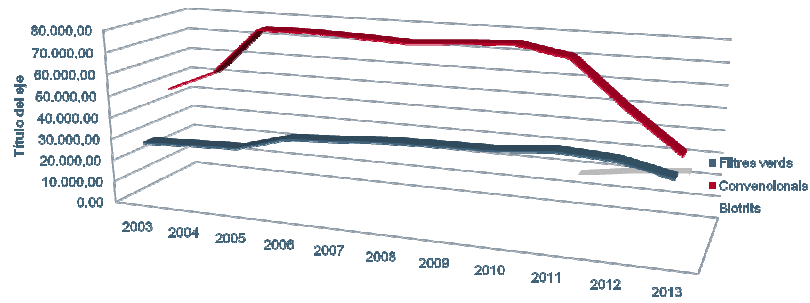
EDAR D'ÀREU. SBR BIOTRIT



60



Comparativo costos de explotación

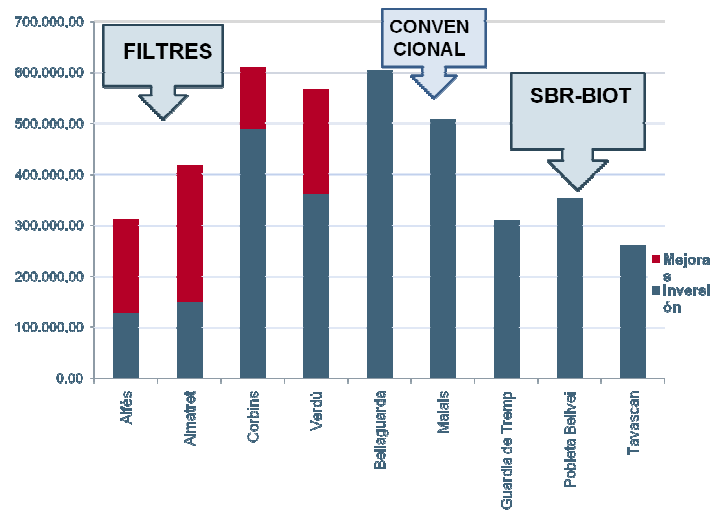


	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Filtres verts	27.439,	28.309,	29.133,	35.373,	36.782,	38.327,	38.813,	39.102,	41.228,	39.883,	34.670,

61



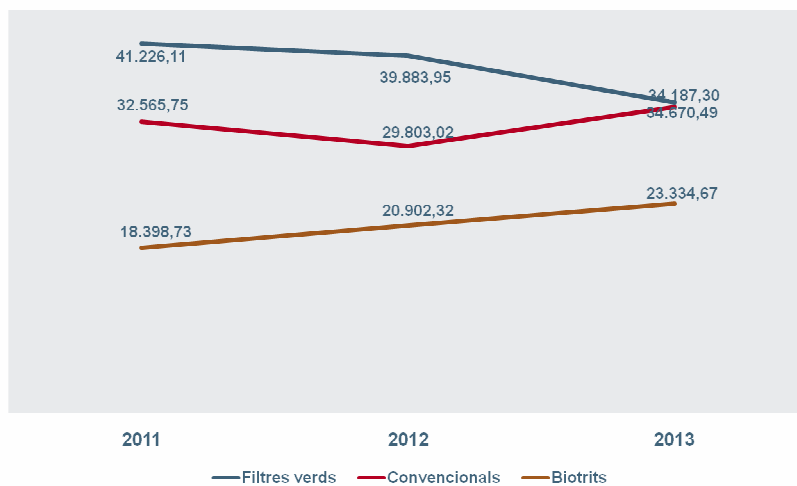
COSTOS EJECUCION



62



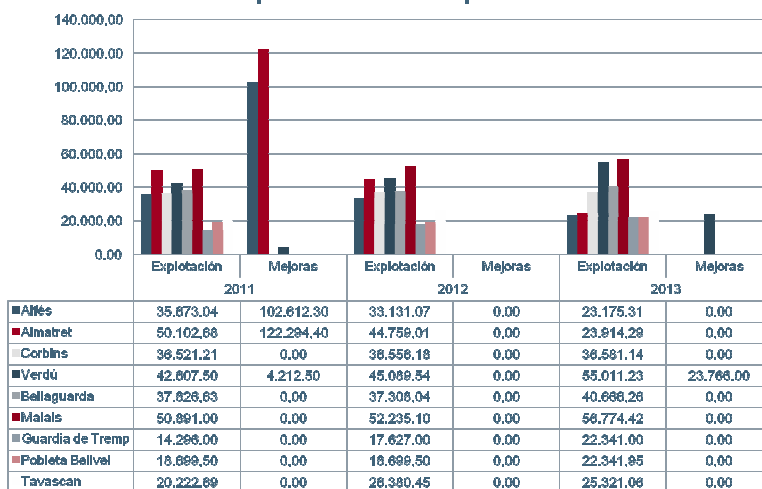
EVOLUCION PRESUPUESTO ANUAL DE EXPLOTACIÓN



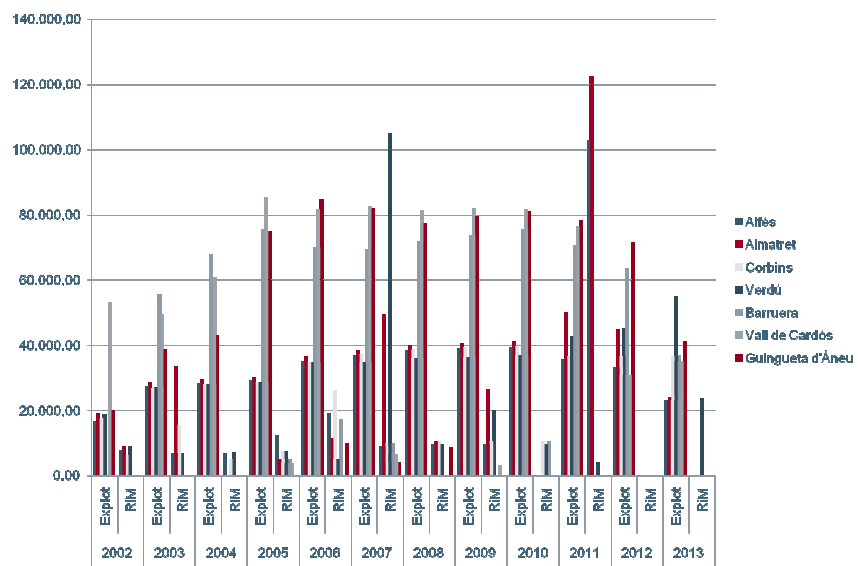
63



Comparativa costos explotación



64



65



**CONCLUSIONES EXTRAIDAS
CON NUESTRA EXPERIENCIA EN
ESTOS SISTEMAS**

66



DATOS RECOMENDACIONES MANUAL BUENAS PRÁCTICAS

EMPLAZAMIENTO

Terreno

- Superficie de unos **6 m²/h.e.**
- Pendiente < 5%
- Permeabilidad baja.

Altitud:

- En Cataluña se recomienda no construir estos sistemas en poblaciones de más de **675 m** de altitud sobre el nivel del mar.

No se recomienda para servir a poblaciones con una carga influente que supere:

- Poblacions de 100 a **1.500 h.e.**

67



DATOS RECOMENDACIONES MANUAL BUENAS PRÁCTICAS

- Concentraciones de contaminantes altas.

MES entre (150 - **300 mg/l**)

DBO5 entre (200 - **400 mg/l**)

DQO entre (300 - **760 mg/l**)

Los Humedales de FSSH por sí solos no están preparados para eliminar NT i PT.

- Carga superficial de DBO5 de entrada a la EDAR inferior a 12g/ m² día.
- Carga superficial de MES a la entrada a la EDAR inferior a 19 g/m² día.
- Carga superficial de DBO5 a la entrada del SAC FSSH inferior a 6 g/m² día.

68



CONCLUSIONES ECONÓMICAS

1.COSTOS

Los costos de **construcción**: para el mismo número de habitantes equivalentes, de una EDAR tipo FSSH teniendo en cuenta la corrección de los defectos anteriormente expuestos, cada vez se asemejan más al de una instalación convencional para pequeñas instalaciones.

Los costos de **explotación**: para el mismo número de habitantes equivalentes, de una EDAR tipo FSSH, y según el tipo de sistema convencional referido, son prácticamente iguales, y en algunos casos superiores al de un sistema convencional.

69



2. Las pragmitas u otras variedades vegetales no aportan de manera clara una mejora en la calidad del efluente y en cambio cargan las tareas de mantenimiento, especialmente en otoño, y acortan el período útil de la matriz filtrante, ayudando a su colmatación, encareciendo el costo de explotación.

70



3. RENDIMIENTOS Y CALIDAD DEL EFLUENTE

Si están bien diseñadas estas EDAR, cumplen con la normativa europea.

Con el diseño actual en éstas EDAR no se puede actuar para paliar efectos provocados por vertidos descontrolados de manera ocasional.

OFRECEN un mayor VALOR AMBIENTAL y PAISAJÍSTICO

Estas EDAR tienen un mayor valor ambiental ya que no contribuyen al sobrecalentamiento de la tierra debido al poco consumo energético.

Estas **EDAR suelen estar completamente integradas** al paisaje de las zonas rurales.

71



Gracias por vuestra atención

Germán Ramírez
gramirez@gencat.cat

72