Universidad Politécnica de Cartagena

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

Abastecimiento de aguas

TEMA 4
Tratamientos iniciales de potabilización

Francisco Javier Pérez de la Cruz

ÍNDICE

1. **DESBASTE**
   Dimensionado de rejillas
2. **TAMIZADO**
3. **OTROS SISTEMAS**
   Desarenadores
   Dimensionado de un desarenador
   Sistemas de desaceitado y desengrasado
4. **EJERCICIOS**
5. **BIBLIOGRAFÍA**

1. DESBASTE

El sistema mas grosero de separación es el desbaste, que se lleva a cabo mediante rejas cuyo objeto es retener objetos voluminosos y en suspensión de un cierto tamaño que son arrastrados por el agua.

Los objetivos del desbaste son los siguientes:

- Evitar depósitos y obstrucciones en canales, tuberías y conducciones
- Interceptar aquellos elementos que, por sus dimensiones excesivas, podrían dificultar el funcionamiento de unidades posteriores
- Aumentar la eficiencia de los tratamientos posteriores

Existen diferentes tipos de rejas, en función de los siguientes criterios:

a) *Según la inclinación* → Horizontales, verticales, inclinadas o curvas

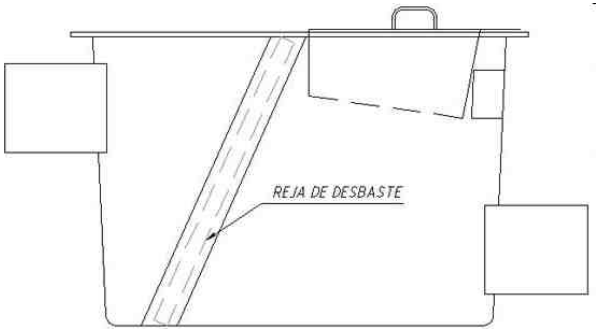
b) *Según la separación entre barras* → Finas (< 1,5 cm), medias (entre 1,5 y 5 cm) y gruesas (entre 5 y 15 cm)

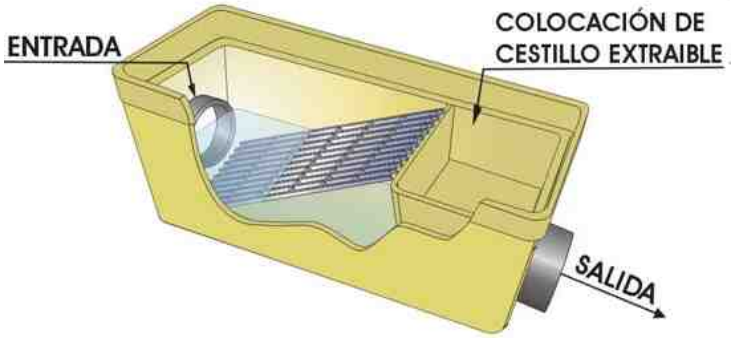
c) *Según el tipo de limpieza* → Manual o automática (de intervalo fijo o en función del grado de obstrucción)

EJEMPLO

REJA INCLINADA

Limpieza manual

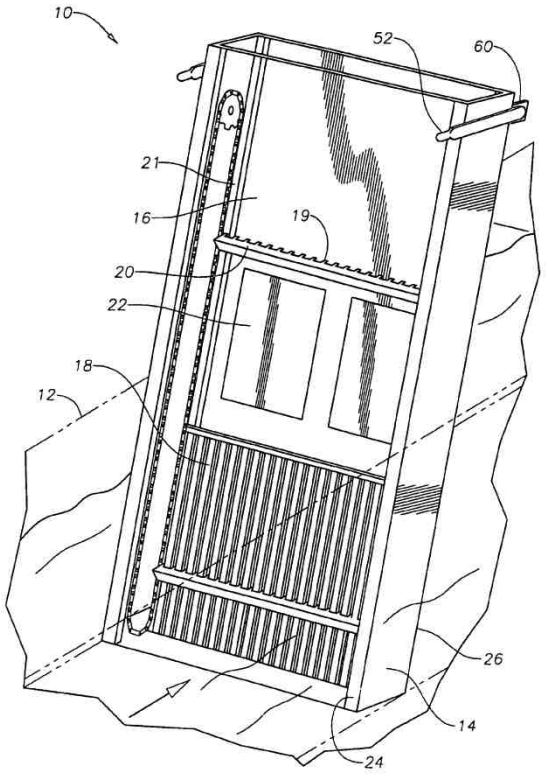


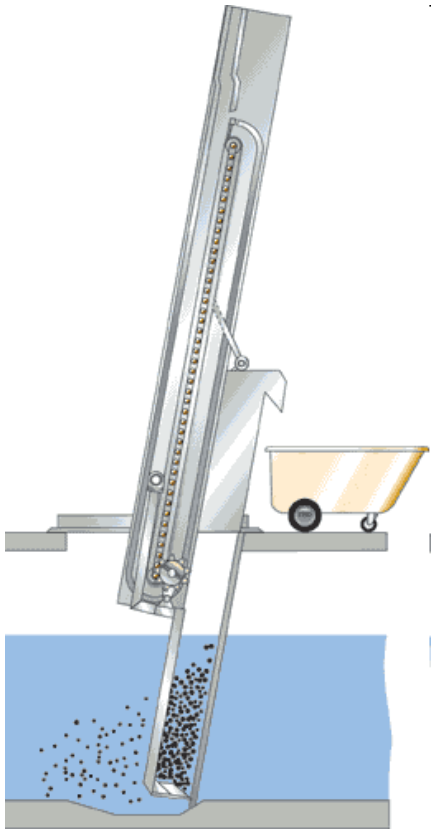


EJEMPLO

REJA INCLINADA

Limpieza automática

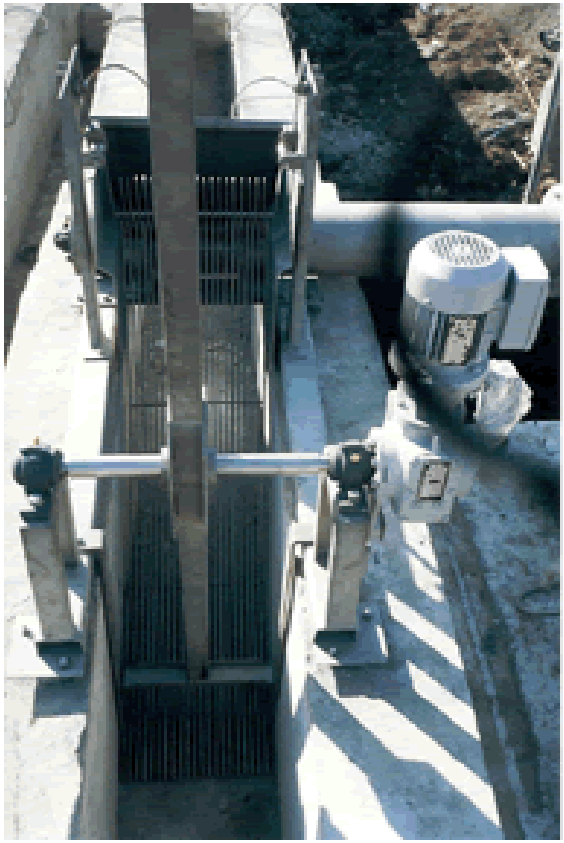


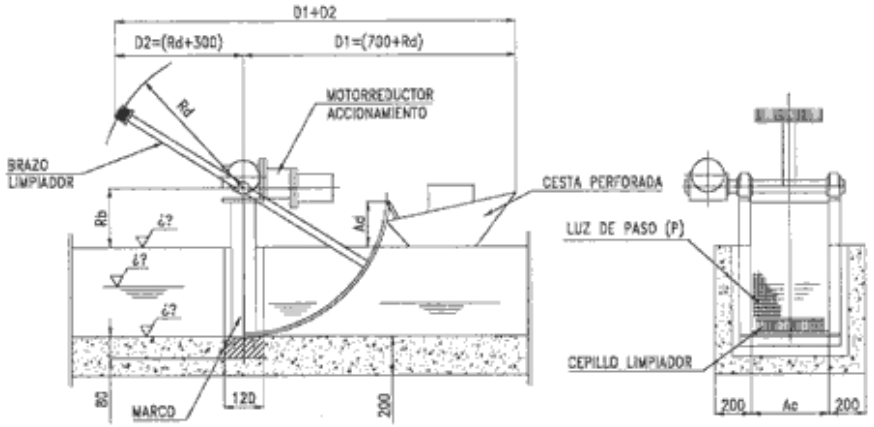


EJEMPLO

REJA CURVA

Limpieza automática

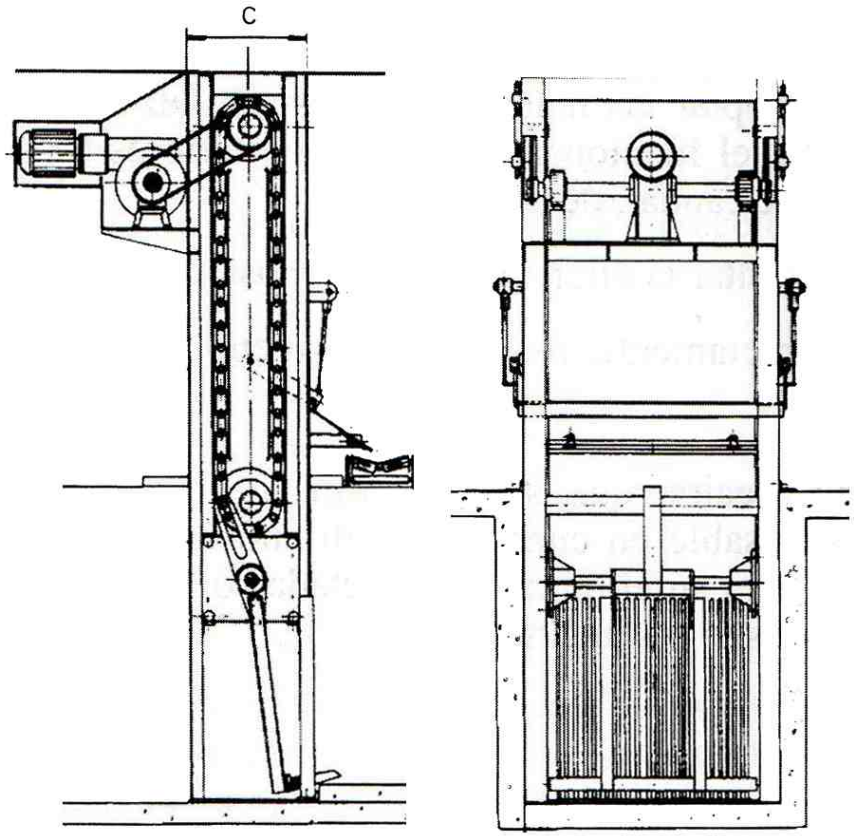




EJEMPLO

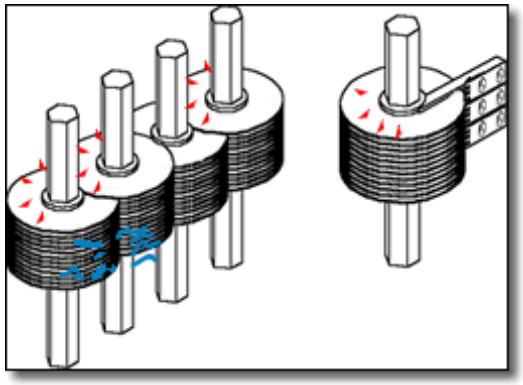
REJA VERTICAL

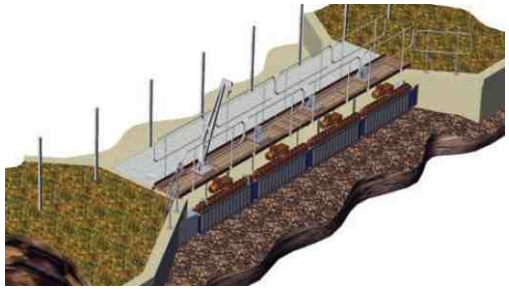
Limpieza automática

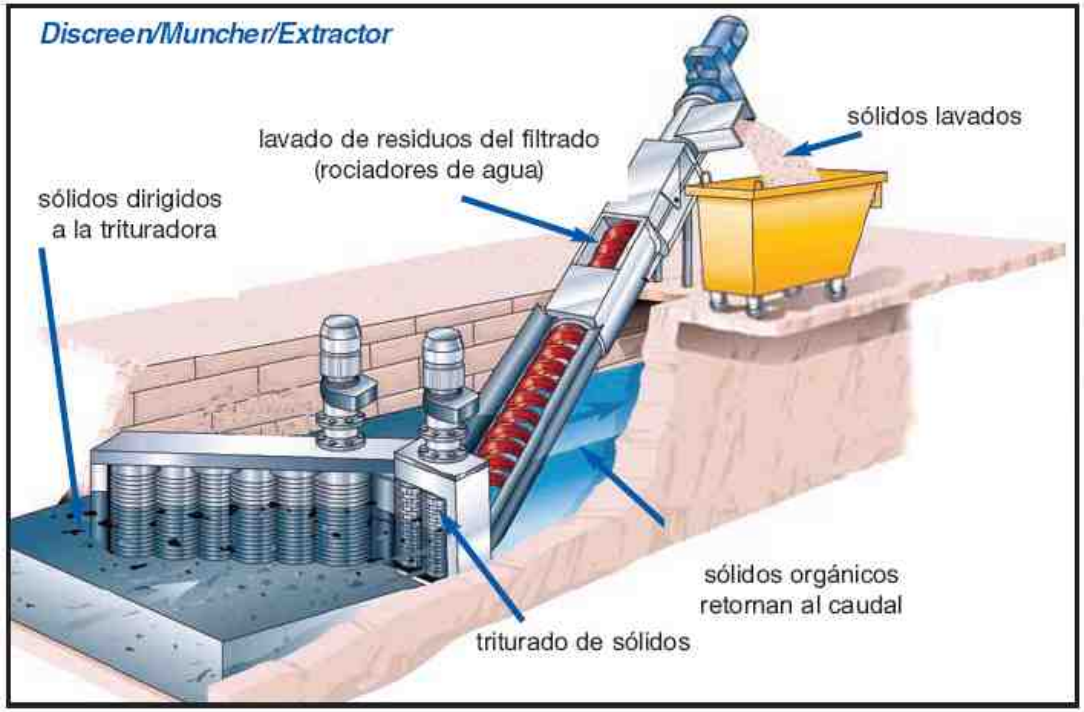


Un tipo especial de elemento de desbaste son las *rejillas de discos*, que consisten en una serie de ejes giratorios que mueven unos discos solapados que forman una malla con separaciones libres entre 2,5 y 9 mm.

Estos discos giran con una velocidad ligeramente superior a la de la corriente de agua, desplazando las partículas hasta una zona de descarga.







EJEMPLO

REJILLAS DE DISCOS

Discreen

Dimensionado de rejillas

En el dimensionado de las rejillas los parámetros fundamentales que rigen el proceso son la velocidad y la pérdida de carga. Se suele partir de una velocidad máxima y mínima y en función de ellas se define la sección.

La ***anchura del canal en la zona de rejillas*** vendrá dada por:

$$W = \frac{Q_{\max}}{v_r \cdot D}\left(\frac{b+s}{s}\right)+C$$

siendo:

$W \rightarrow$ Ancho del canal en la zona de rejillas (m)

$Q_{máx} \rightarrow$ Caudal máximo circulante (m^3/s)

$v_r \rightarrow$ Velocidad máxima en rejillas (m/s)

$D \rightarrow$ Nivel aguas arriba de la rejilla a caudal máximo (m)

$b \rightarrow$ Ancho de barrotes (m)

$s \rightarrow$ Separación libre entre barrotes (m)

$C \rightarrow$ Coeficiente de seguridad (0,1 rejilla fina; 0,3 rejilla gruesa)

Para determinar el valor de D deben conocerse las características hidráulicas del canal aguas abajo de la rejilla. D será la suma de la altura de la lámina de agua (aguas abajo) más la pérdida de carga en reja.

Para el dimensionado del canal, debe existir una relación entre el ancho (a) y la altura de la lámina de agua a caudal máximo (h) de:

$$\frac{a}{h} = 1 - 1{,}5$$

La ***pérdida de carga a través de la reja*** se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta h = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \frac{v_c^{\ 2}}{2g}$$

siendo:

$\Delta h \rightarrow$ Pérdida de carga (m)

$v_c \rightarrow$ Velocidad de aproximación del agua a la rejilla (m/s)

$g \rightarrow$ Aceleración de la gravedad (m/s^2)

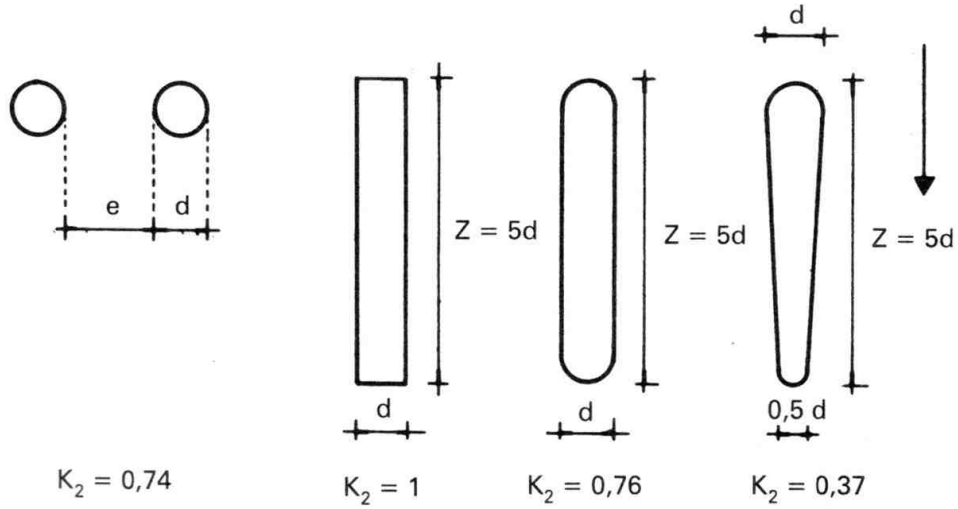
a) *Valores de k_1* (atascamiento):

- Para reja limpia → $k_1 = 1$
- Para reja atascada → $k_1 = (100/C)^2$

Siendo C el porcentaje de sección de paso que subsiste en el atascamiento máximo tolerado (del orden del 60 – 90%)

La velocidad real de paso por la reja limpia debe limitarse a un valor entre 0,60 y 1,20 m/s, con el fin de evitar el arrastre de la materia retenida.

b) *Valores de k_2* (sección horizontal de los barrotes):



a) *Valores de k_3* (sección de paso entre barrotes):

Según los valores de la tabla adjunta, siendo:

$e \rightarrow$ Espacio entre barrotes

$d \rightarrow$ Anchura de los barrotes

$z \rightarrow$ Espesor de los barrotes

$h \rightarrow$ Altura sumergida de los barrotes, vertical y oblicua

$\frac{z}{4}\left(\frac{2}{e}+\frac{1}{h}\right)$	$\frac{e}{e+d}$ 0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	245	51,5	18,2	8,25	4,0	2,0	0,97	0,42	0,13	0
0,2	230	48	17,4	7,70	3,75	1,87	0,91	0,40	0,13	0,01
0,4	221	46	16,6	7,40	3,60	1,80	0,88	0,39	0,13	0,01
0,6	199	42	15	6,60	3,20	1,60	0,80	0,36	0,13	0,01
0,8	164	34	12,2	5,50	2,70	1,34	0,66	0,31	0,12	0,02
1	149	31	11,1	5,00	2,40	1,20	0,91	0,29	0,11	0,02
1,4	137	28,4	10,3	4,60	2,25	1,15	0,58	0,28	0,11	0,03
2	134	27,4	9,90	4,40	2,20	1,13	0,58	0,28	0,12	0,04
3	132	27,5	10,0	4,50	2,24	1,17	0,61	0,31	0,15	0,05

Como aproximación para estimar la pérdida de carga producida por la rejilla puede aplicarse la fórmula de Kirschmer (1926) aplicable para aguas limpias, ya que no contempla el grado de colmatación y con dirección del flujo normal al plano de la rejilla:

$$h_L = C_f \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} h_v \; sen\theta$$

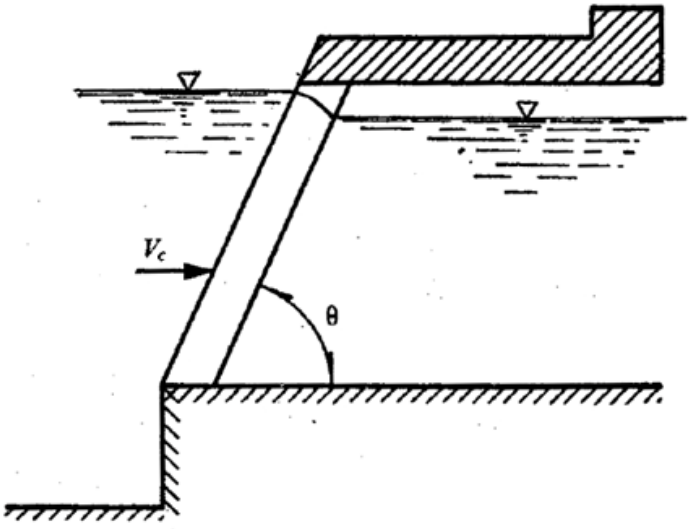
siendo:

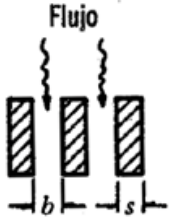
s = anchura máxima transversal de las barras (m)

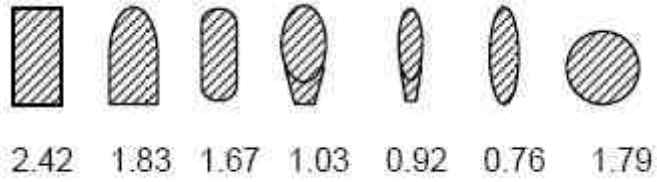
h_v = altura cinética ($v_c^2 / 2g$)

b = separación mínima entre barras (m)

θ = ángulo que forma la rejilla con la horizontal

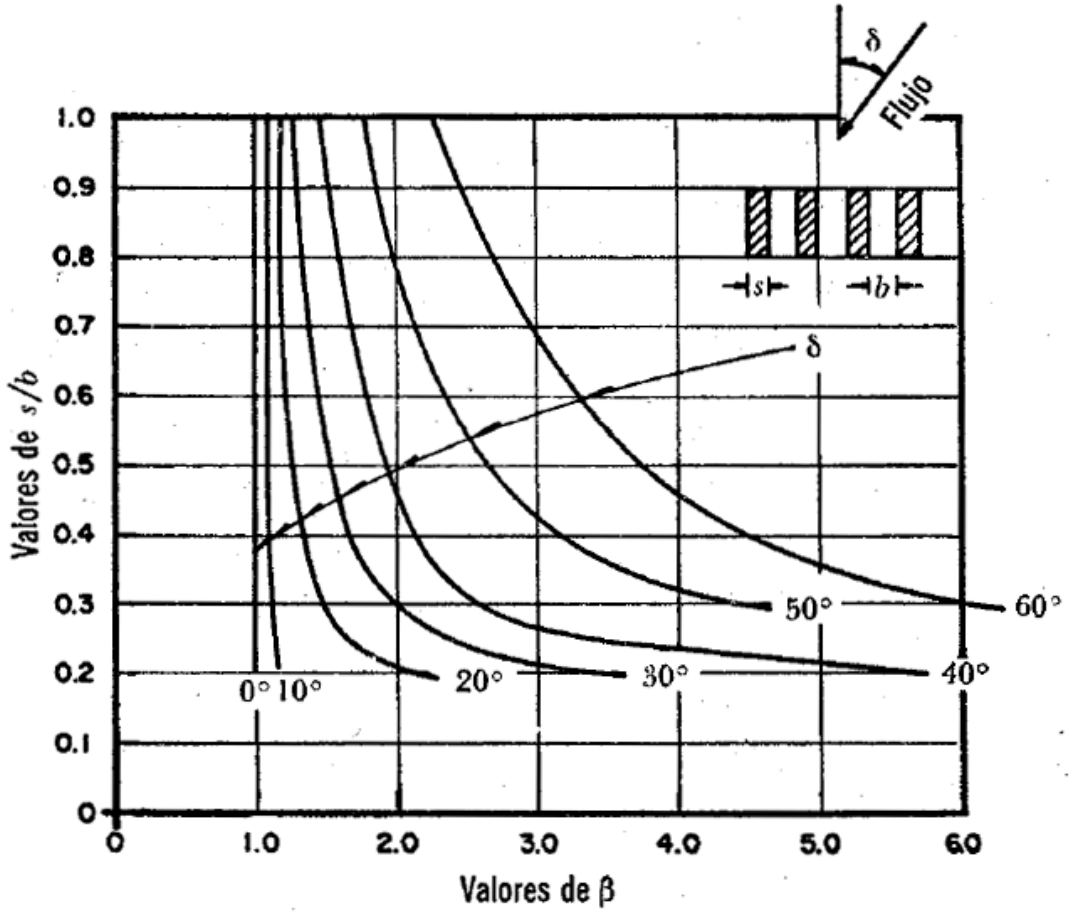






Valores coeficiente C_f

En el caso de que la dirección del flujo no sea perpendicular a la rejilla, al valor obtenido con la fórmula de Kirschmer se le afecta de un coeficiente β (coeficiente de Mosonyi) que permite obtener el valor de la pérdida de carga.



2. TAMIZADO

Afinando en el proceso de eliminación de residuos sólidos, los siguientes elementos a utilizar serán los tamices.

En el caso de los tamices, la separación libre entre barras es del orden de milímetros.

Estos elementos pueden sustituir en muchos casos los desbastes, pudiendo incluso eliminar arenas gruesas y hasta porcentajes del 30% en grasas.

Podemos distinguir entre:

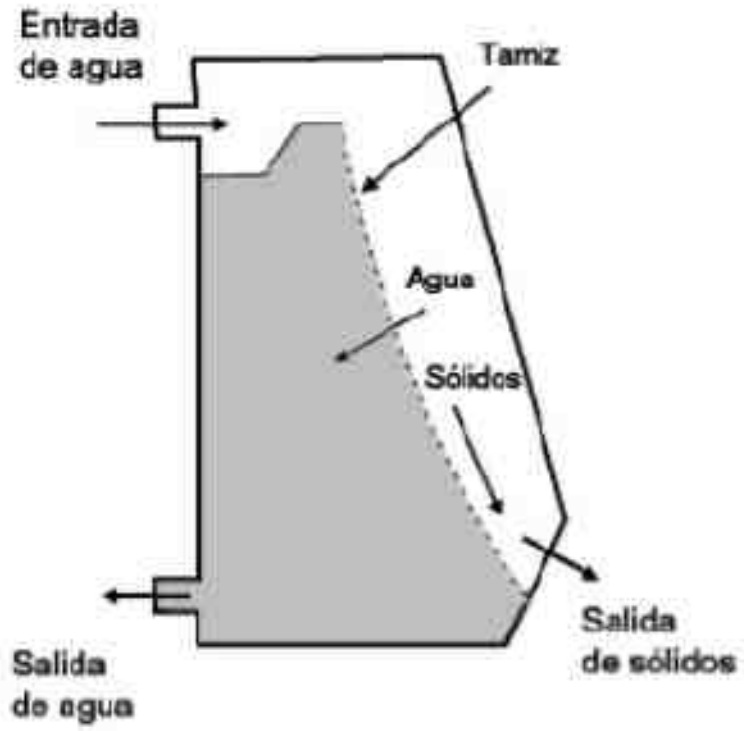
- *Macrotamizado* → El paso de los tamices es > 0,2 mm
- *Microtamizado* → El paso de los tamices es < 100 micras

Los tamices pueden clasificarse en:

1) *Tamices estáticos* → Que, a su vez, pueden ser planos o curvos
2) *Tamices giratorios*
3) *Tamices con superficies móviles*

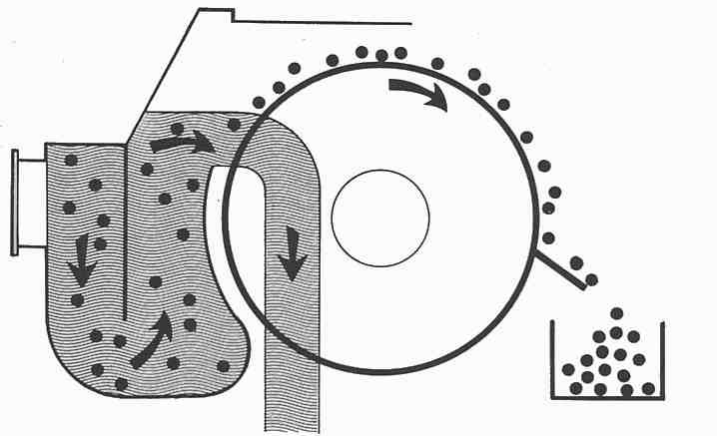
EJEMPLO

TAMIZ ESTÁTICO



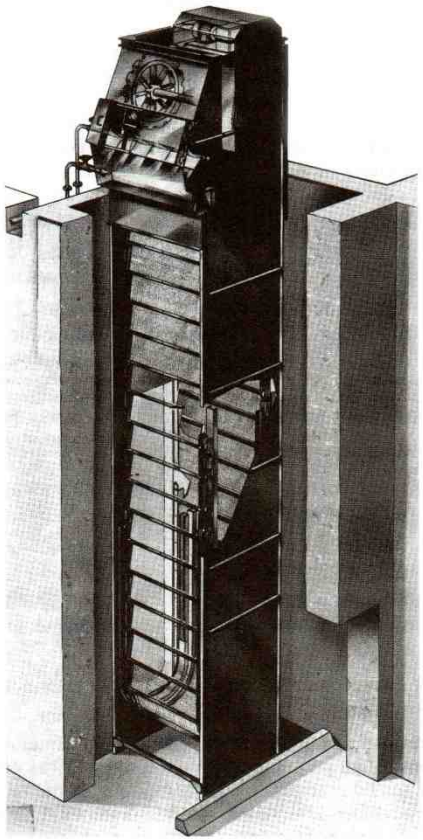
EJEMPLO

TAMICES GIRATORIOS



EJEMPLO

TAMIZ CON SUPERFICIES MÓVILES



3. OTROS SISTEMAS

Desarenadores

El objetivo de los desarenadores es separar los elementos en suspensión (arenas, arcillas, limos…) de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentaciones, para proteger las bombas y otros aparatos de la abrasión y para evitar problemas en las siguientes fases del tratamiento.

El procedimiento utilizado consiste en provocar una reducción de la velocidad del agua por debajo de los límites de precipitación de los granos de la arena, pero por encima de los de sedimentación de la materia orgánica, con el fin de evitar depósitos de materia susceptibles de fermentación.

Los desarenadores se pueden clasificar en:

1) *Desarenadores de flujo horizontal*
2) *Desarenadores de flujo vertical*
3) *Desarenadores de flujo inducido*

Los ***desarenadores de flujo horizontal*** son utilizados en instalaciones de pequeñas poblaciones y consisten en un ensanchamiento del canal del pretratamiento de forma que se reduzca la velocidad de flujo y decanten las partículas.

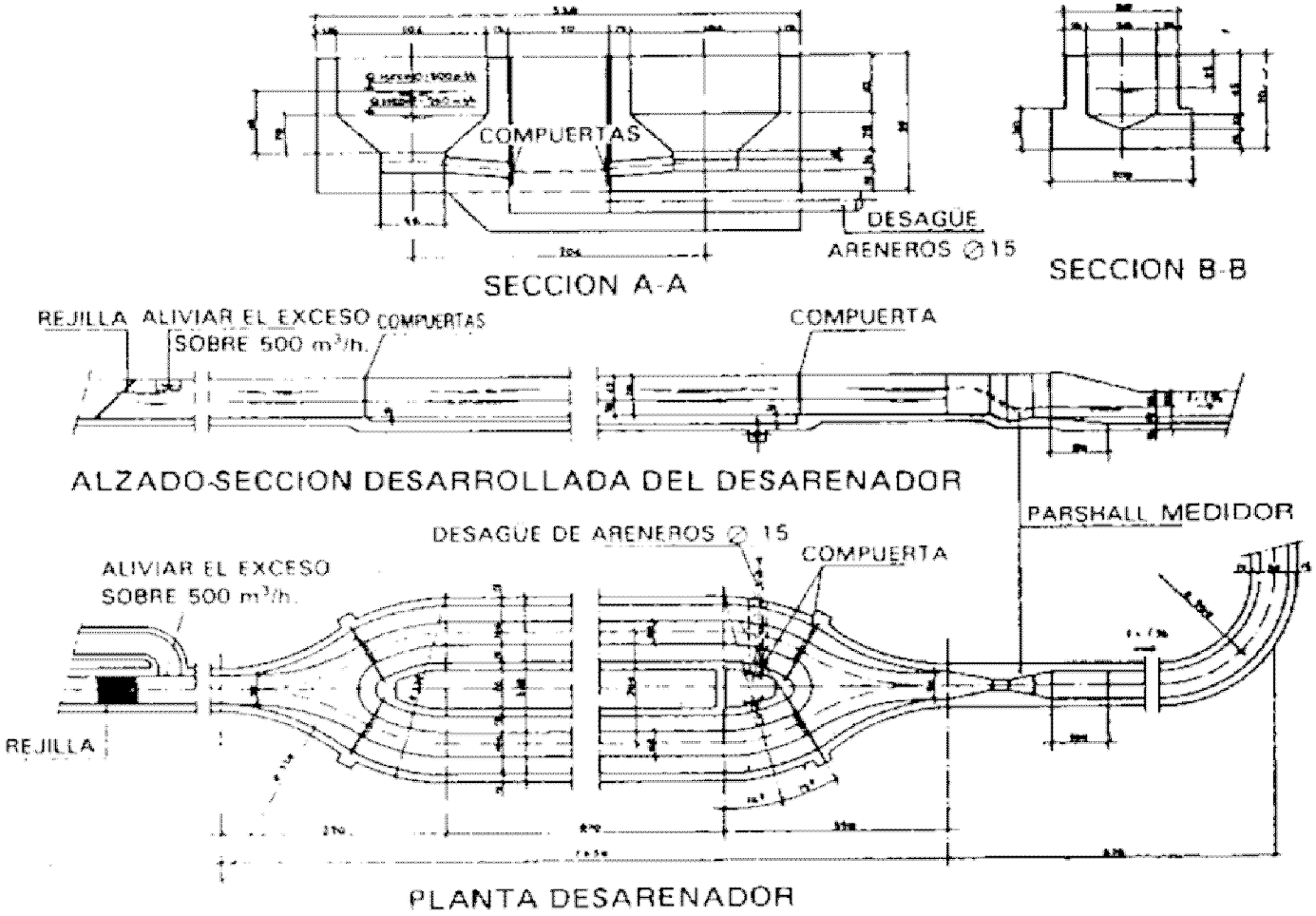
Debe diseñarse con un canal paralelo para proceder a su limpieza que se realiza manualmente. Suelen instalarse con un aforador Parshall a la salida que permite medir el caudal.

Los ***desarenadores de flujo vertical*** se diseñan mediante tanques que tienen una velocidad ascensional del agua tal que permite la decantación de las arenas pero no caen las partículas orgánicas.

Suelen ser depósitos tronco-cilíndricos con alimentación tangencial.

Los ***desarenadores de flujo inducido*** son de tipo rectangulares aireados. En estos equipos se inyecta aire por medio de grupos motosoplantes creando una corriente en espiral de manera que permite la decantación de las arenas y genera una corriente de fondo.

Además el aire provoca la separación de la materia orgánica.

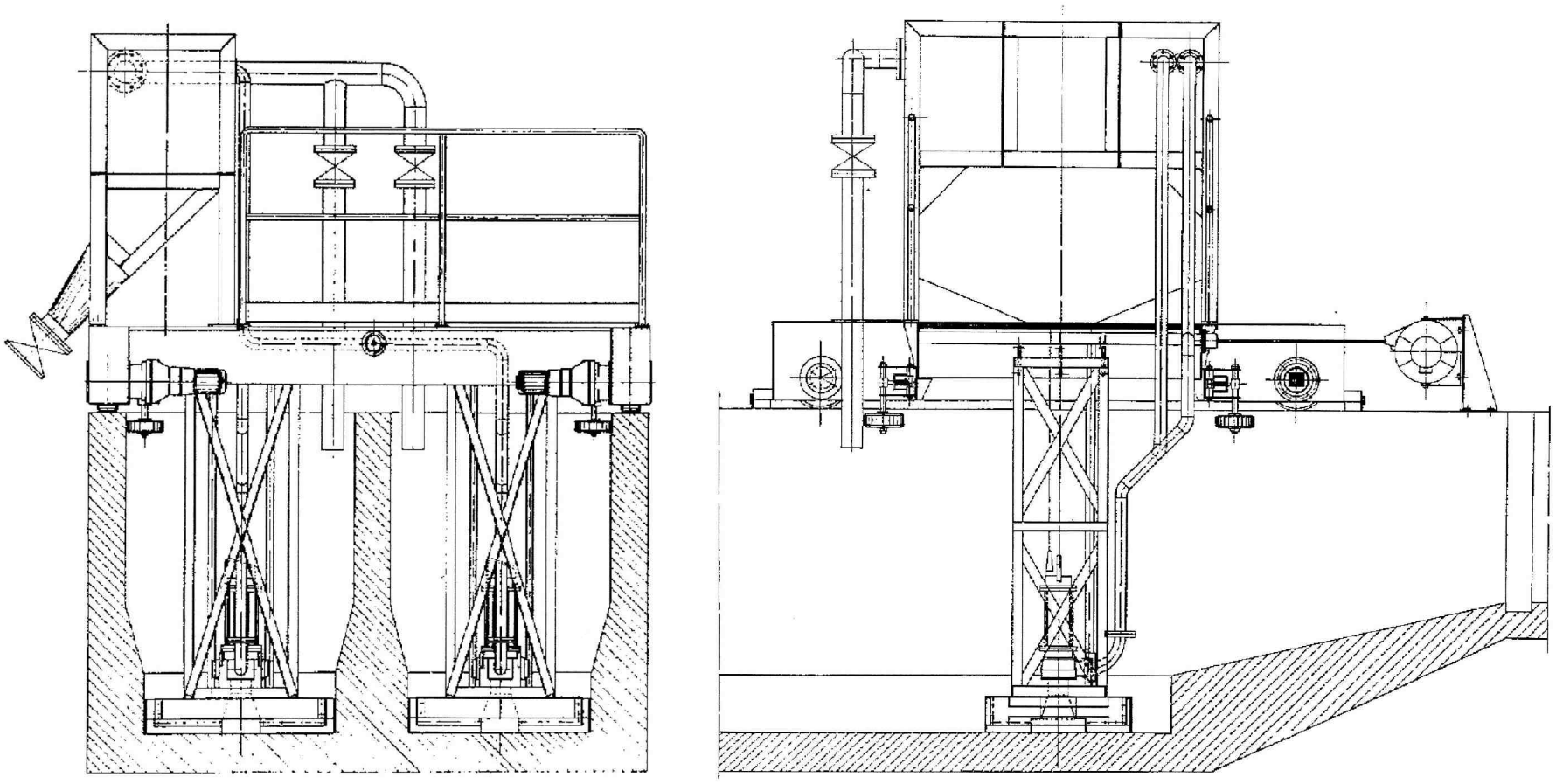


Desarenador de flujo horizontal

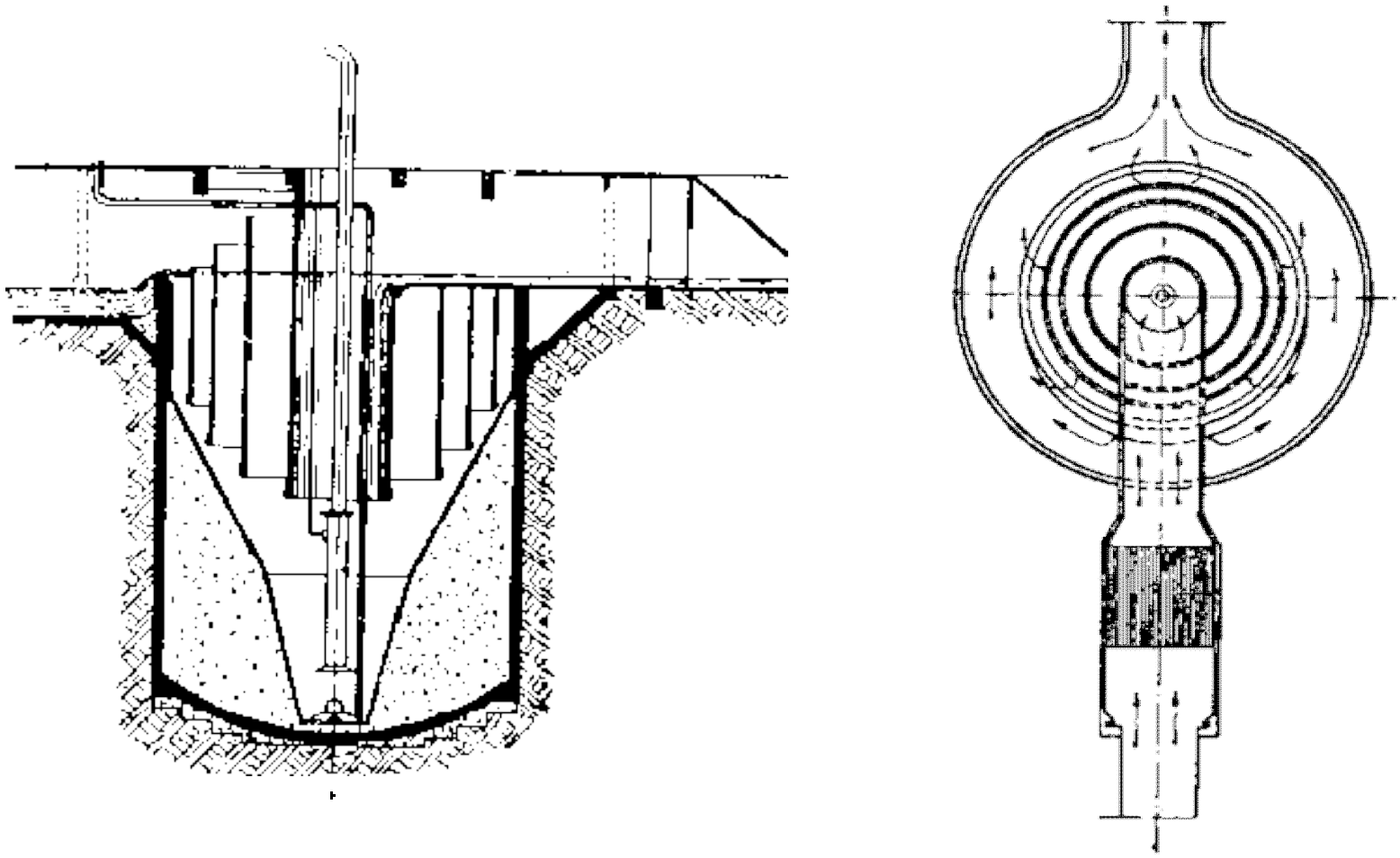
EJEMPLO

DESARENADOR

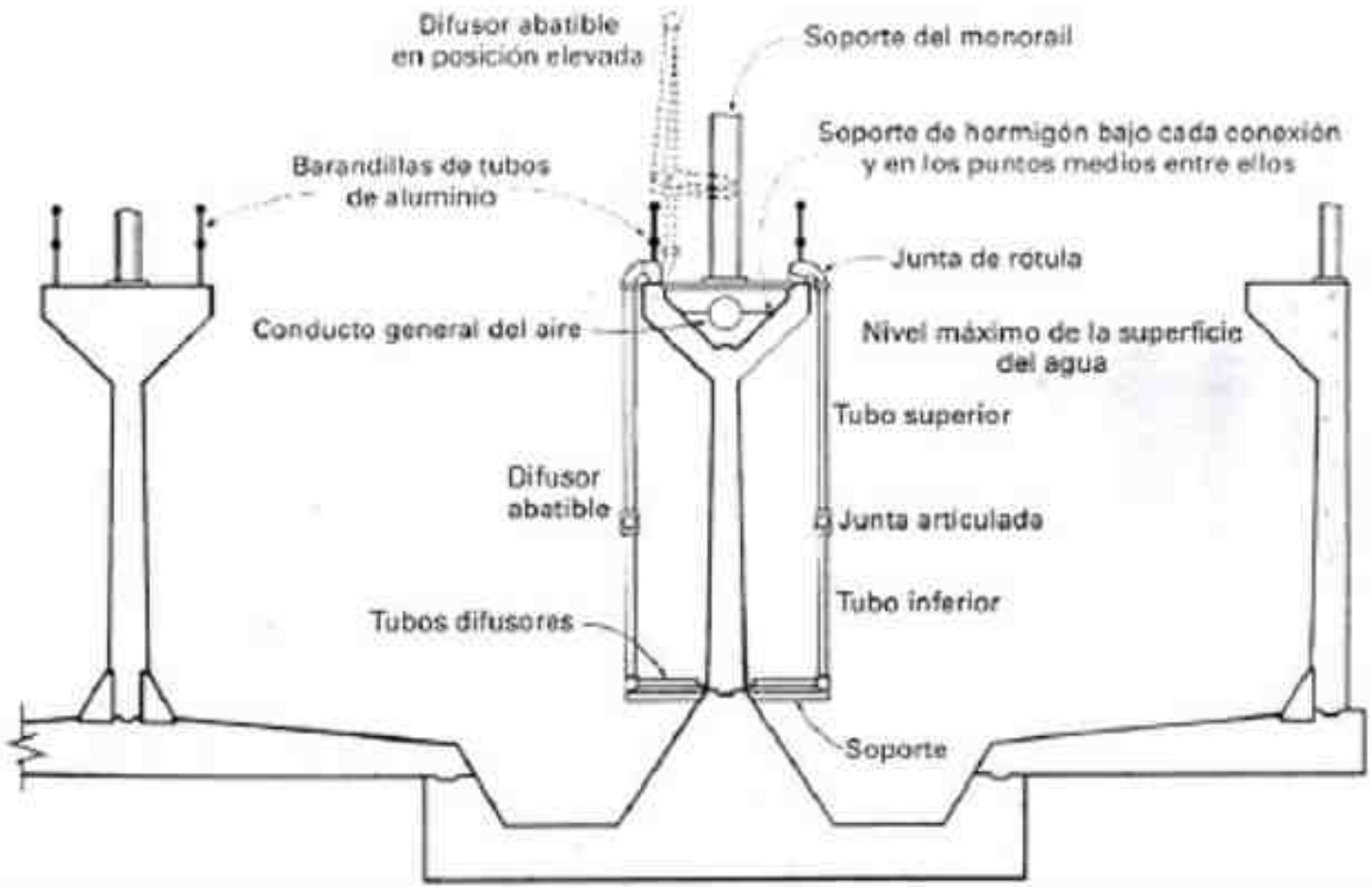
Villavicencio (Colombia)



Desarenador de flujo horizontal. Sección transversal (izqda.) y longitudinal (dcha.)



Desarenador de flujo vertical



Desarenador de flujo inducido (rectangular aireado)

Dimensionado de un desarenador

A la hora de estructurar el cálculo de un desarenador seguiremos los siguientes pasos:

a) *Datos base* → Caudal de entrada, diámetro de la arena a eliminar

b) *Determinación de las velocidades* (manual depuración URALITA)

V_c = velocidad de sedimentación para fluido con velocidad horizontal nula

$V_{c'}$ = velocidad de sedimentación para fluido con velocidad horizontal V_H

V_H = velocidad horizontal crítica de arrastre de la partícula depositada

DATOS DE SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS

d	cm	0,005	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,10	0,20	0,30	0,50	1,00
Vc	cm/s	0,2	0,7	2,3	4,0	5,6	7,2	15	27	35	47	74
Vc'	cm/s	0	0,5	1,7	3,0	4,0	5,0	11	21	26	33	
VH	cm/s	15	20	27	32	38	42	60	83	100	130	190

c) *Sección transversal* → Se considera la siguiente relación entre la anchura de la sección (a) y la altura útil (h) con el fin de que se formen líneas de corriente:

$$1 < \frac{a}{h} < 5$$

d) *Tiempo de retención* → Está comprendido entre los 2 y los 5 minutos.

e) *Velocidades ascensionales* → A considerar en el caso de desarenadores de flujo vertical

VELOCIDADES ASCENSIONALES EN DESARENADORES

Velocidades Ascencionales en (m/h)			
Diámetro (d) en mm	Rendimiento sedimentación		
	100%	90%	85%
0,16	12	16	20
0,20	17	28	36
0,25	27	45	58

Sistemas de desaceitado y desengrasado

El objetivo en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que incidirían en los tratamientos posteriores.

Los sistemas más empleados para la eliminación de grasas son:

1) Emulsión de las grasas mediante aireación, permitiendo su ascenso a la superficie y su posterior retirada. La velocidad ascensional de las burbujas de grasa puede estimarse entre 3 y 4 mm/s

2) Separación de las grasas en balsas de decantación, retirándolas mediante rasquetas superficiales (desengrasadores estáticos)

A la hora de dimensionar los procesos de desarenado y desengrasado, surge la posibilidad de realizarlos de manera conjunta, ante los rendimientos positivos que se obtienen de la combinación de los procesos:

a) Los desengrasadores separados del desarenador son aconsejables cuando se busca una mayor calidad de agua o cuando el agua proviene de cierto tipo de industrias (por ejemplo, las refinerías de petroleo producen gran cantidad de aceites, los mataderos producen gran cantidad de grasas, etc.)

b) Si ambos procesos se realizan a la vez en un mismo recinto, es necesario crear una zona de tranquilización donde las grasas floten y se acumulen en superficie (evacuándose por barrido o vertido superficial) y las arenas sedimenten en el fondo siendo, posteriormente, eliminadas.

Las ventajas de realizar de forma conjunta desarenado y desengrasado son las siguientes:

- Las velocidades de sedimentación de las arenas y de flotación de las partículas de grasa no se modifican prácticamente por realizar ambas operaciones de forma simultánea (lo cual es lógico si se considera la diferencia de densidades entre las partículas de arena y de grasa).

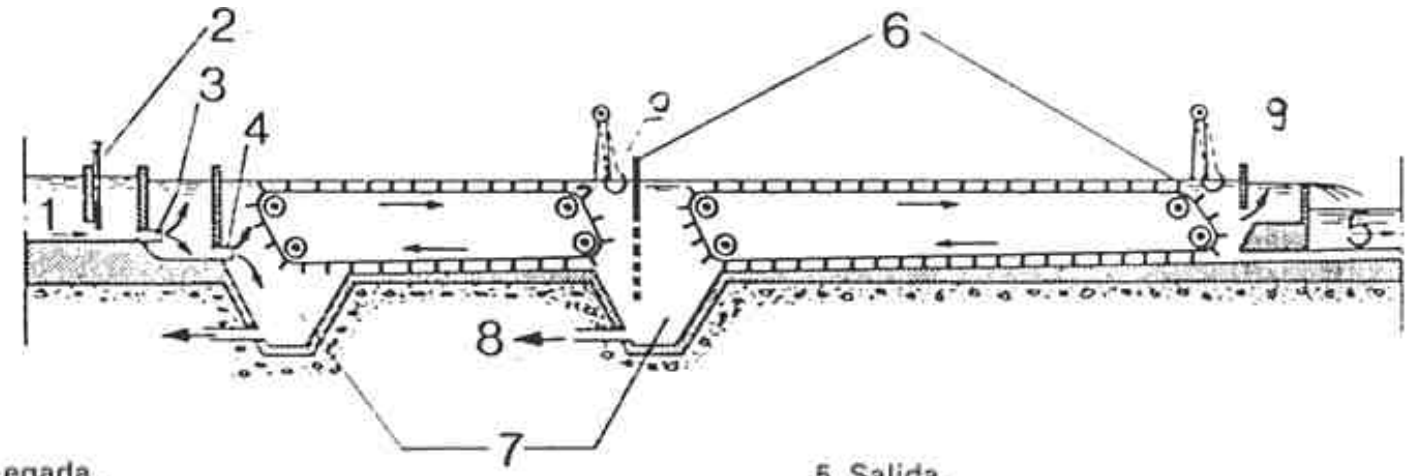
- El aire comprimido añadido ayuda a impedir la sedimentación de las partículas de fango (poco densas) por lo que la arena depositada en el fondo del desarenador es más limpia.

- Las partículas de arena, al sedimentar, deceleran las velocidades ascensionales de las partículas de grasa disponiendo éstas de más tiempo para ponerse en contacto entre sí durante su recorrido hacia la superficie, aumentando el rendimiento de la flotación de grasas.

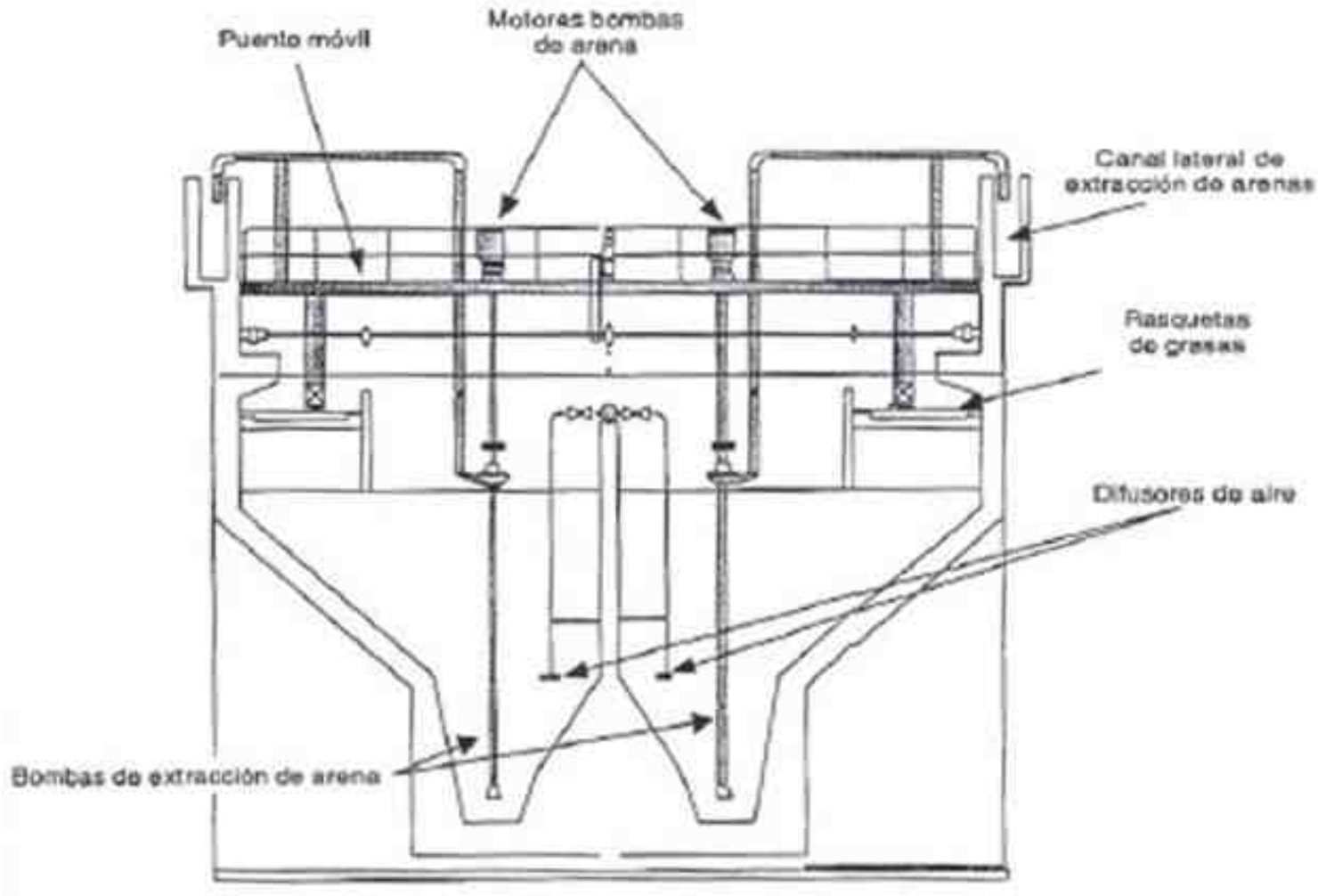
En sistemas conjuntos, la inyección de aire que evite la sedimentación de la materia orgánica viene dada por la siguiente tabla en función de la sección del desarenador (Manual de depuración URALITA):

S(m2)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C(a)	4-10,5	6-11,5	7,5-13	9-14	10-15	12-17	13-18	15-19	16-20	18-21	19-22	21-23	22-25

siendo *C*(*a*) los m^3 por hora de aire, por metro de longitud de desarenador.



1 LLegada.
2 Válvula de aislamiento.
3 Prerrepartición.
4 Repartidor.
5 Salida.
6 Canales orientables de recogida de aceites.
7 Fosas de fangos.
8 Hacia la bomba de fangos.
9 Tubos pivotantes recogida de grasas.



Sección desarenador – desengrasador

EJEMPLO

DESARENADOR - DESENGRASADOR

EDAR Pinedo (Valencia)

EJEMPLO

DESARENADOR - DESENGRASADOR

EDAR Pinedo (Valencia)

5. BIBLIOGRAFÍA

HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p. Colección Seinor nº 9. ISBN: 84-380-0190-4

HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. et al. *Manual de depuración Uralita*. 2ª ed. Madrid: Paraninfo, 2000. 430 p. ISBN: 84-283-2162-0

RIGOLA LAPEÑA, M. *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. Barcelona: Marcombo, 1989. 160 p. ISBN: 84-267-0740-8

SOTELO DÁVILA, G. *Hidráulica general*. México: Editorial Limusa, 1997. 570 p. ISBN: 968-18-0503-8

TCHOBANOGLOUS, G. et al. *Wastewater engineering. Treatment and reuse. Metcalf & Eddy, Inc*. 4ª ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 1819 p. ISBN: 0-07-112250-8

REFERENCIAS DE IMÁGENES

DIAPOSITIVA PORTADA

"Rotocribas" [Imagen tomada de] *Cotragua S.L. Todo en Tratamentos de Augas* [en línea]. Disponible en: <http://www.cotragua-sl.es/Equipos/Teis-Tamices.JPG>. [Consulta: 14 de junio de 2011]

DIAPOSITIVA página 4

"Arqueta de desbaste manual" [Imagen tomada de] "Arquetas de desbaste". *Bupolsa* [en línea]. Disponible en: <http://www.bupolsa.com/depu/imatges/ar2.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

"Reja de desbaste manual" [Imagen tomada de] "Arquetas de desbaste". *Bupolsa* [en línea]. Disponible en: <http://www.bupolsa.com/depu/imatges/ar1.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

"Reja de desbaste manual 500 lts" [Imagen tomada de] "Galería". *Resmat* [en línea]. Disponible en: <http://www.resmat.net/galeria/reja_desbaste_manual_500_gr.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

"Reja manual 1" [Imagen tomada de] "Equipos". *Quilton, S.A.* [en línea]. Disponible en: <http://www.quilton.com/images/equipos/reja-manual-1.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

"Reja manual 2" [Imagen tomada de] "Equipos". *Quilton, S.A.* [en línea]. Disponible en: <http://www.quilton.com/images/equipos/reja-manual-2.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 5

[Imagen tomada de] "Bar screen system with emergency discharge doors". *Freepatentsonline* [en línea]. Disponible en: <http://www.freepatentsonline.com/6719912-0-large.jpg>. [Consulta: 14 de junio de 2011]

[Imagen tomada de] “Climber Screen Mechanical Bar Screen”. *Canada Water* [en línea]. Disponible en: <http://www.canadawater.ca/images/climber_screen.gif>. [Consulta: 14 de junio de 2011]

[Imagen tomada de] “Rejas de limpieza manual” [blog] *De sangre azul* [en línea]. 9 de junio de 2010. Disponible en: <http://3.bp.blogspot.com/_en6-WO4Gpm4/TBAR8YA7ECI/AAAAAAAAABY/vVuwP1GJ9P4/s1600/ACF147+%281%29.jpg>. [Consulta:14 de junio de 2011]

DIAPOSITIVA página 6

[Imagen tomada de] “Reja curva automática circular (RCH)”. *Intertramp* [en línea]. Disponible en: <http://www.itp-depuracion.com/images/catalogo/reja_desbaste_curva.gif>. [Consulta:1 de julio de 2011]

[Imagen tomada de] “Rejas carbox”. *Bioingepro* [en línea]. Disponible en: <http://www.bioingepro.com.ar/tratamiento-potabilizacion-agua/wp-content/uploads/2012/09/nota-rejas-carbox-foto2.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

“Reja de desbaste” [Imagen tomada de] “Fichas de producto de Biotrit, S.A.”. *Interempresas* [en línea]. Disponible en: <http://www.interempresas.net/FotosArtProductos/P37170.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 7

“Reja vertical de limpieza en contracorriente”. En: HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p. Colección Seinor nº 9. ISBN: 84-380-0190-4. Página 242

“Limpiarejas automático” [Imagen tomada de] “Rejas de limpieza automática”. *Pretratamiento* [en línea]. Disponible en: <http://prueba2.aguapedia.org/master/formacion/edar/temario/pretratam/87.jpg>. [Consulta: 14 de junio de 2011]

DIAPOSITIVA página 8

[Imágenes tomadas de] “Screens and Extraction Packages”. *Monopumps* [en línea]. Disponible en: <http://www.monopumps.com.au/en-NZ/webfm_send/1117>. [Consulta:1 de julio de 2015]

DIAPOSITIVA página 9

[Imágenes tomadas de] “Screens and Extraction Packages”. *Monopumps* [en línea]. Disponible en: <http://www.monopumps.com.au/en-NZ/webfm_send/1117>. [Consulta:1 de julio de 2015]

DIAPOSITIVA página 12

“Valor del coeficiente K_2 en cálculo de pérdida de carga en rejas”. En: HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p. Colección Seinor nº 9. ISBN: 84-380-0190-4. Página 252

DIAPOSITIVA página 13

“Valor del coeficiente K_3 en cálculo de pérdida de carga en rejas”. En: HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p. Colección Seinor nº 9. ISBN: 84-380-0190-4. Página 253

DIAPOSITIVA página 14

“Fórmula de Kirschmer”. En: SOTELO DÁVILA, G. *Hidráulica general*. México: Editorial Limusa, 1997. 570 p. ISBN: 968-18-0503-8

DIAPOSITIVA página 14

"Gráfica de Mosonyi". En: SOTELO DÁVILA, G. *Hidráulica general*. México: Editorial Limusa, 1997. 570 p. ISBN: 968-18-0503-8

DIAPOSITIVA página 17

[Imágenes tomadas de] "Descripción del equipo". *Tamiz estático* [en línea]. Disponible en: <http://www.gedar.com/PDF/Residuales/GEDAR-Tamices-Estaticos.pdf>. [Consulta:1 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 18

[Imagen tomada de] "Tamiz rotatorio malla perforada". *Procesos auto-mecanizados* [en línea]. Disponible en: <http://www.procesosautomecanizados.com/media/images/productos_gal/134.JPG>. [Consulta:1 de julio de 2011]

"Tamiz de tambor giratorio" [Imagen tomada de] "Catalogue. Plants, equipment and machines for water treatment. VTR". *Sereco* [en línea]. Disponible en: <http://www.sereco.it/share/img_prodotti/11img3.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

"Esquema de un tamiz rotativo". En: HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p. Colección Seinor nº 9. ISBN: 84-380-0190-4. Página 271

"Tamiz rotativo" [Imagen tomada de] "Cribado". *Industrias Protón* [en línea]. Disponible en: <http://www.proton-colombia.com/es/images/stories/1_4.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 19

"Tamiz con superficies móviles tipo Esmil". En: HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p. Colección Seinor nº 9. ISBN: 84-380-0190-4. Página 273

"Tamiz de banda de alimentación central" [Imagen tomada de] "Catalogue. Plants, equipment and machines for water treatment. GNAF02". *Sereco* [en línea]. Disponible en: <http://www.sereco.it/share/img_prodotti/94img1.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 22

"Desarenador de flujo horizontal" [Imagen tomada de] "Pretratamiento: procesos físicos". *Ingeniería Ambiental II* [en línea]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/35809007/Ing-Ambiental-II1-Pre-Tratamientos>. [Consulta:1 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 23

"Desarenador" [Imagen tomada de] "Línea de aducción del acueducto de Villavicencio" [blog] *Andreita Construcción* [en línea]. 24 de marzo de 2012. Disponible en: <http://andreitapatino.blogspot.com.es/2012_03_01_archive.html>. [Consulta:3 de julio de 2015]

DIAPOSITIVA página 24

"Desarenador de flujo horizontal. Sección longitudinal". En: HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. et al. *Manual de depuración Uralita*. 2ª ed. Madrid: Paraninfo, 2000. 430 p. ISBN: 84-283-2162-0. Página 85

DIAPOSITIVA página 25

"Esquema de desarenador de flujo vertical". En: HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p. Colección Seinor nº 9. ISBN: 84-380-0190-4. Página 279

DIAPOSITIVA página 26

"Desarenador" [Imagen tomada de] "Desarenado". *Depuración de aguas residuales* [en línea]. Disponible en: <http://alojamientos.us.es/grupotar/master/formacion/edar/temario/pretratam/esq.jpg>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 27

"Datos de sedimentación de partículas". En: HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. et al. *Manual de depuración Uralita*. 2ª ed. Madrid: Paraninfo, 2000. 430 p. ISBN: 84-283-2162-0. Página 86

DIAPOSITIVA página 28

"Velocidades ascensionales en desarenadores". En: HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. et al. *Manual de depuración Uralita*. 2ª ed. Madrid: Paraninfo, 2000. 430 p. ISBN: 84-283-2162-0. Página 87

DIAPOSITIVA página 31

[Imagen tomada de] "Desarenado". *Miliarium* [en línea]. Disponible en: <http://www.miliarium.com/Proyectos/Depuradoras/tratamientos/convencionales/pretratamiento/menu2.4.gif>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 32

"Desarenador desengrasador" [Imagen tomada de] "Desarenado". *Depuración de aguas residuales* [en línea]. Disponible en: <http://alojamientos.us.es/grupotar/master/formacion/edar/temario/pretratam/esq.jpg>. [Consulta: 2 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 34

"Desarenador-desengrasador fuera de servicio. Pinedo II" [Imagen tomada de] *EDAR de Pinedo (Valencia)* [en línea]. Disponible en: <http://usuarios.arsystel.com/raulh/edar_pinedo/1124.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 34

"Desarendor-desengrasador en funcionamiento. Pinedo II" [Imagen tomada de] *EDAR de Pinedo (Valencia)* [en línea]. Disponible en: <http://usuarios.arsystel.com/raulh/edar_pinedo/1125.jpg>. [Consulta:1 de julio de 2011]

DIAPOSITIVA página 35y sucesivas

[Imagen tomada de] "Lunes de Mitos: Debes beber al menos 8 vasos de agua al día" [Blog de] *Francesc Josep* [en línea]. 5 de octubre de 2009. Disponible en: <http://www.francescjosep.net/wp-content/uploads/2009/10/vaso_agua_herbalife1.jpg>. [Consulta: 1 de julio de 2011]