

FT-PRE-003

**FICHAS TÉCNICAS
DE ETAPAS DE PROCESO DE
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE LA INDUSTRIA TEXTIL**

DESARENADORES

SERIE: PRETRATAMIENTOS

TÍTULO	DESARENADORES (FT-PRE-003)
Fecha de elaboración	Diciembre de 2014
Revisión vigente	

DESARENADORES (FT-PRE-003)

Fecha	Diciembre 2014		
Autores	Joaquín Suárez López Alfredo Jácome Burgos Pablo Ures Rodríguez		
Revisado			
Modificaciones	Fecha	Modificado por:	Objeto de la modificación:

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Tipologías de desarenadores

1.2.- Sistemas de extracción y clasificación de arenas

1.3.- Concentrador de grasas

2.- VARIABLES GENERALES DEL PROCESO

3.- DESARENADORES ELEMENTALES

4.- DESARENADORES AIREADOS

5.- ESPECIFICACIONES EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LA INDUSTRIA TEXTIL

6.- PARÁMETROS Y ESTRATEGIAS DE CONTROL

7.- PROBLEMAS DE EXPLOTACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS DE TECNOLOGÍA

ANEJO 1.- COMPARATIVA DE CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

ANEJO 2.- ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES NECESARIAS

ANEJO 2.- DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE UNIDADES DE PROCESO



1.- INTRODUCCIÓN

El término "arena" se emplea frecuentemente en la terminología del tratamiento de aguas residuales y, en general, se identifica con partículas de arena y grava, aunque en realidad este término se puede referir también a materias que, por su carácter abrasivo y/o elevada velocidad de sedimentación, se asemejan a aquellas; en realidad podría hablarse de materia granular. Cenizas, granos de café, semillas, cáscaras de huevo, y otros materiales que transportan las aguas residuales, y que no son putrescibles y son más pesados que la materia orgánica, tienen un comportamiento parecido al de la arena.

En realidad, las "arenas" de las aguas residuales se componen de arena de sílice, asfalto, hormigón y otros diversos materiales que no tienen una gravedad específica de 2,65 (normalmente entre 1,5 - 2,7; la materia orgánica en las aguas residuales tiene una densidad de 1,02). Además, las partículas no son esferas perfectas y están expuestas a grasas, aceites y jabones, que recubren el grano y cambia su velocidad de sedimentación. Como consecuencia de todos estos factores los desarenadores no cumplen de forma adecuada con su cometido y las arenas alcanzan las etapas posteriores de la línea de agua y penetran en la línea de fango.

El estudio teórico del desarenado está relacionado con el fenómeno de decantación libre, que se interpreta por las fórmulas de Stokes (en régimen laminar), de Newton (en régimen turbulento) y de Allen (aplicable a un régimen transitorio). Mediante estas fórmulas se calculan las velocidades de sedimentación de las partículas esféricas. En este tipo de decantación las partículas en su caída no interfieren unas con otras y sedimentan independientemente. Hay que realizar algunas correcciones para tener en cuenta:

- la forma de los granos
- la concentración de los sólidos en suspensión (si sobrepasa el 5%)
- la naturaleza del flujo horizontal

Teniendo en cuenta los factores anteriores, en la práctica se toman como datos válidos en sedimentación libre, para partículas de arena de densidad 2.65 t/m³ y para una eliminación del 90 %, los siguientes:

Tabla 1.- Velocidades de sedimentación y tamaño de partículas.

Diámetro de partículas eliminadas (mm)	Velocidad de sedimentación (m/h)
0.150	40 - 50
0.200	65 - 75
0.250	85 - 95
0.300	105 - 120

Los desarenadores se diseñan para eliminar partículas de arena de un tamaño superior a 0.200 mm, con peso específico medio de 2.65 t/m³, en agua limpia, con un porcentaje medio de eliminación del 90%. A veces se diseñan para eliminar partículas de menor diámetro si se esperan cantidades significativas de éstas. Si los pesos específicos esperados de las arenas son menores a 2.65 se deben utilizar velocidades de sedimentación inferiores a las que aparecen en la tabla anterior.

La eliminación de las arenas es en el pretratamiento de una EDAR es importante para:

- Proteger las bombas, sobre todo las de la línea de fango, y otros equipos mecánicos móviles (como las centrifugas o los equipos de bombeo en la etapa de deshidratación) contra el desgaste innecesario y la abrasión. El desgaste reduce la vida útil de los equipos y aumenta los costes de explotación y mantenimiento.
- Evitar la obstrucción por depósitos en tuberías y canales, que disminuye la capacidad de flujo.
- Evitar fenómenos de acumulación de sólidos en la parte inferior de los decantadores primarios y en los digestores de fangos. En los digestores anaerobios se puede llegar a apreciar una reducción de la producción de metano, una disminución de la reducción de sólidos volátiles, o se pueden producir problemas en la mezcla y homogeneización, de importancia vital en este tipo de procesos.
- Reducir la acumulación de material inerte en tanques de aireación, que disminuye los tiempos de retención.

En la mayoría de las plantas de tratamiento, las acumulaciones de arena se suele producir de manera gradual y continuada, pasando desapercibido el proceso hasta que el sistema colapsa, con los consiguientes problemas de parada y las laboriosas operaciones de extracción.

1.1.- Tipologías de desarenadores

Las tipologías básicas de desarenadores son las siguientes:

- Elementales de flujo horizontal: consisten en canales en los cuales la arena se acumula en un sobre-fondo:
 - Desarenador de velocidad variable (el más simple)
 - Desarenador de velocidad constante

- Especiales: potencian o favorecen las condiciones que determinan la velocidad de decantación de las partículas:
 - Desarenadores aireados
 - Desarenadores dinámicos

En general, un **desarenador elemental** consistirá en un simple canal diseñado para tratar el caudal máximo, y que funcionaría con una velocidad horizontal variable. Se utilizan en pequeñas instalaciones de depuración.

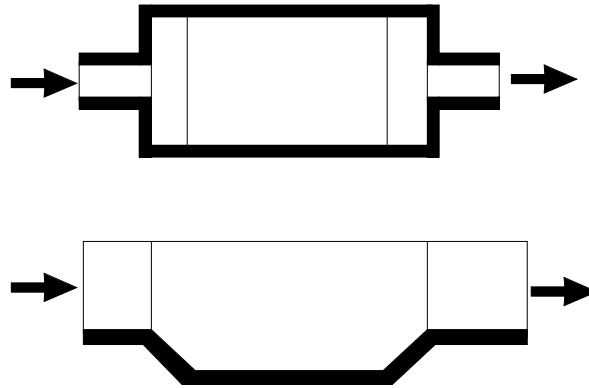


Figura 1.- Esquema básico de un desarenador elemental.

En los **desarenadores aireados** se inyecta aire con el fin de generar la rotación del fluido respecto a un eje longitudinal. Se crea una velocidad constante perpendicular a la de arrastre que lleva a la partícula hacia el fondo del depósito.

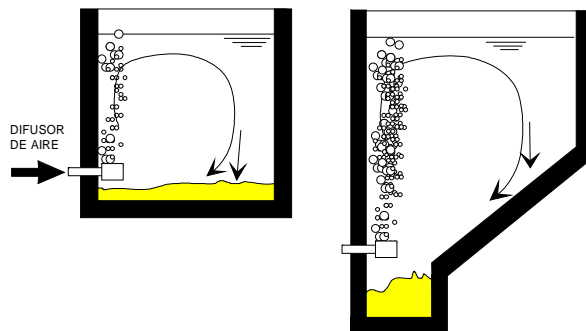


Figura 2.- Esquema conceptual del desarenador aireado.

Los desarenadores aireados ofrecen muchas ventajas:

- a) El agua se airea, con lo que se evita o aminora la producción de olores.
- b) Rendimientos constantes para variaciones de caudal.
- c) Pérdidas de carga muy pequeñas.
- d) Las arenas extraídas tienen un bajo contenido de materia orgánica, siempre que se controle adecuadamente el caudal de aire.
- e) Posibilidad de utilizarlo como desengrasador, cuando el contenido de grasas en el agua bruta no es excesiva.

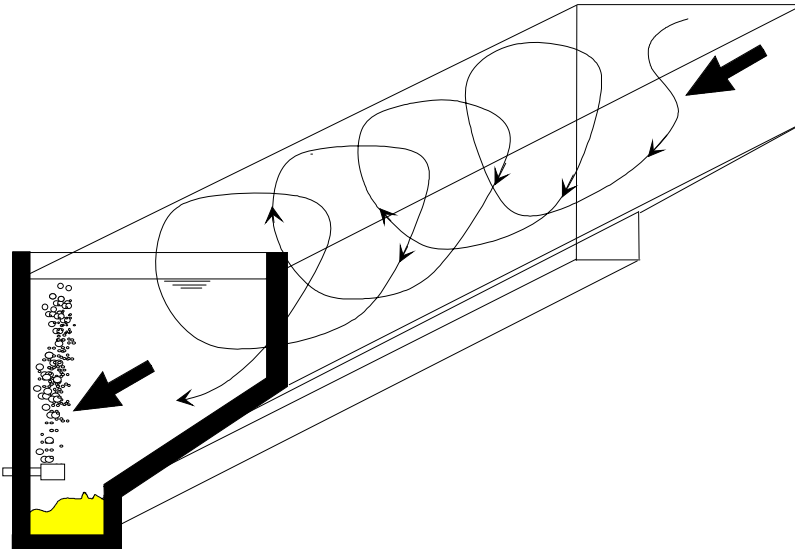


Figura 3.- Representación de la circulación helicoidal del agua en un desarenador aireado.

El **desengrasado** tiene por objeto eliminar las grasas, aceites, espumas y otras materias flotantes, que podrían perturbar procesos posteriores.

Cuando la presencia de grasas es relativamente baja el desengrasado se puede efectuar simultáneamente en el mismo desarenador aireado. El conjunto burbuja de aire-partícula tiende a flotar, por lo que se diseña una zona sin agitación donde se acumularán las grasas y flotantes, las mismas que después serán evacuadas mediante rasqueta de barrido superficial.

1.2.- Sistemas de extracción y clasificación de arenas

Los sistemas de extracción pueden ser manuales o mecánicos. Cuando se trate de desarenadores elementales, la arena se podrá retirar manualmente. Además, en el fondo del depósito se puede colocar un tubo dren que permita eliminar el agua que empaña las arenas antes de su extracción.

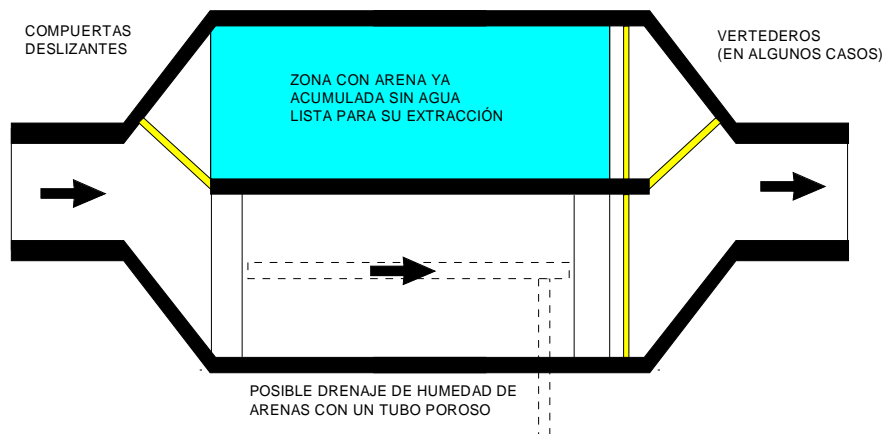


Figura 4.- Esquema de la planta de un desarenador elemental.

En el caso de desarenadores aireados la arena se extraerá por medios mecánicos automáticos y se prestará una especial atención a esta zona de la EDAR. Los sistemas mecánicos varían en función del tipo de desarenador. En desarenadores aireados suelen basarse en bombas de extracción, fijas o móviles. La utilización de bombas implica que los mecanismos van a sufrir una fuerte abrasión. Para evitar ese problema se suele recurrir a bombas de tipo "air-lift". Estas bombas se pueden instalar fijas a lo largo del depósito, aunque lo más común es que se instale una bomba apoyada en el puente móvil que recorre longitudinalmente el depósito.

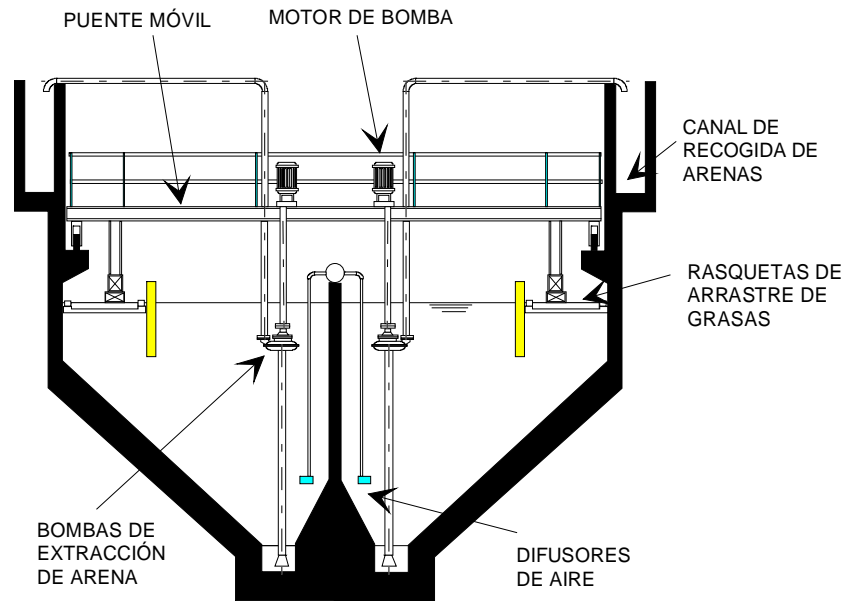


Figura 5.- Esquema de la sección transversal típica de un desarenador aireador.

La mezcla arena-agua extraída se acumula en algún punto y se procede a su separación o clasificación que se puede realizar mediante diferentes técnicas:

- Separación mecánica mediante tornillo de Arquímedes, clasificador alternativo de rastrillos o equipos similares, y almacenamiento en tolva fija o en contenedor.
- Sedimentación en un depósito poco profundo.
- Hidrociclón y almacenamiento en tolva con vertedero de rebose.
- Hidrociclón y recogida mediante tornillo de Arquímedes antes de su almacenamiento en tolva fija o en contenedor.

En los sistemas con tornillo de Arquímedes se puede realizar lavado de arena para reducir el contenido de materia orgánica mediante aspersores de agua a contracorriente.

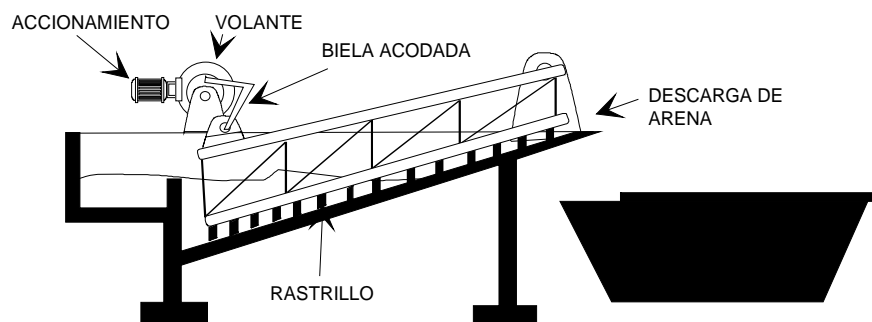


Figura 6.- Clasificador alternativo de arenas mediante rastrillos.

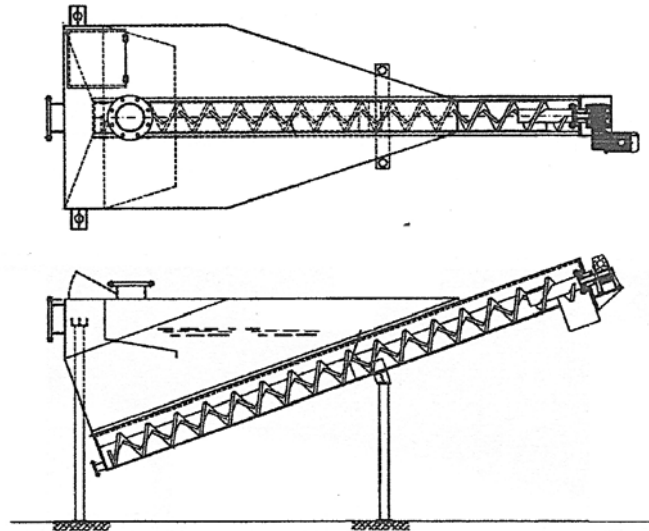


Figura 7.- Clasificador con extracción mediante tornillo de Arquímedes.

1.3.- Concentrador de grasas

El concentrador de grasas (figura siguiente) es un equipo complementario del desarenador aireado que tiene por objeto reducir el exceso de agua que tendrán los aceites y grasas retirados durante el desengrasado del agua residual. Este concentrador permitirá la máxima eliminación de agua para, en su caso, la gestión o tratamiento conjunto con los aceites - grasas y/o flotantes de la decantación primaria.

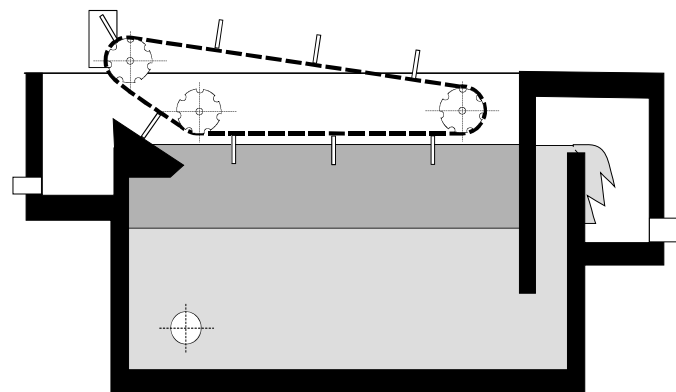


Figura 8.- Esquema de un concentrador de grasas.

2.- VARIABLES GENERALES DEL PROCESO

Los parámetros más importantes para el dimensionamiento de los desarenadores son:

- **Velocidad ascensional o carga hidráulica superficial:** se obtiene del caudal dividido por la superficie horizontal de desarenador:

$$V_{ASC} = \frac{Q}{A}$$

Donde:

- V_{ASC} = velocidad ascensional (m/h)
- Q = caudal (m³/h)
- A = superficie horizontal (m²)

- **Tiempo de retención hidráulica:**

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{A h}{Q}$$

Donde:

TRH= tiempo de retención hidráulica (horas)

h= calado (m)

V= volumen útil de desarenador (m³)

- **Velocidad de paso horizontal:** se obtiene de dividir el caudal entre la sección transversal:

$$V_{paso} = \frac{Q}{A_t}$$

Donde:

V_{paso} = velocidad de paso horizontal (m/h)

Q= caudal (m³/h)

A_t = superficie transversal (m²)

3.- DESARENADORES ELEMENTALES

Todo desarenador elemental se diseña para caudal máximo. A continuación se tabulan los principales parámetros de diseño con sus correspondientes valores.

Tabla 2.- Valores para el diseño de desarenadores elementales

Parámetro	Valor
V _{ASC} a Q _{max}	≤ 70 m/h
V _{paso} a Q _{max}	≤ 0.3 m/s
TRH a Q _{max}	≥ 1 min
Relación longitud/calado	20 - 25
Anchura mínima	50 cm
Longitud adicional	> 25-50% de la longitud teórica

La longitud adicional tiene como objetivo conseguir una zona de transición para lograr un régimen laminar.

En los desarenadores elementales se permite la variación de la velocidad horizontal de paso. Se diseñan para caudal máximo por lo que cuando trabajan con caudal medio o mínimo su rendimiento es mayor. La arena se extraerá manualmente. La frecuencia de limpieza dependerá de la cantidad de arena en el agua residual, pero lo normal es limpiar una vez por semana.

Se debe instalar dos líneas de desarenadores elementales, cada una para tratar el caudal máximo. Así, durante la limpieza de una de ellas, que puede tomar 1 jornada de trabajo, la otra asume toda la carga de trabajo.

Con el objetivo de limpieza, o reparación, cada unidad deberá poder aislarse individualmente mediante compuertas de accionamiento manual, situadas a la entrada de la unidad.

4.- DESARENADORES AIREADOS

En cuanto a la geometría de los tanques se establece una ratio longitud-anchura de 3:1 a 5:1. Los valores de diseño se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.- Valores para el diseño de desarenadores – desengrasadores aireados

Parámetro	Valor
V _{ASC} a Q _{max}	≤ 25 m/h

V _{paso} a Q _{max}		≤ 0.15 m/s
Profundidad		2 a 5 m
Resguardo a Q _{max}		50 cm
Relación longitud - anchura		3:1 a 5:1
Caudal de aire (m ³ /h/m)		12 m ³ /h/m
Capacidad del sistema de extracción de arena-agua	Red separativa	5 L/ m ³
	Red unitaria	50 L/ m ³

Se recomienda que el TRH a caudal máximo que resulte del diseño del desarenado-desengrasado no sea inferior a 5 minutos.

El calado mínimo será de 1.0 metro.

La zona agitada representará al menos 1/2 de la anchura total. Por su parte la zona tranquila como mínimo tendrá un ancho de 50 cm.

Los difusores de aire estarán situados en uno de los laterales del tanque, a una distancia entre 0.5 y 0.9 metros sobre el fondo.

Para estimar el caudal de aire a suministrar se tiene en cuenta la longitud del desarenador, estableciéndose un caudal de al menos de 12 m³/h de aire por cada metro de longitud de desarenador.

Por su parte, el TRH en los concentradores de grasas será ≥ 5 minutos.

Con el objetivo de reparación o limpieza, cada unidad deberá poder ser aislada individualmente mediante compuertas, de accionamiento motorizado o manual, situadas a la entrada. El desarenador deberá poder aislarse mediante compuertas con indicador de posición "abierto" y "cerrado" para su monitorización.

Los dispositivos de salida deberán diseñarse de tal forma que el nivel en el tanque no varíe más de 30 cm entre caudal máximo y medio.

El resguardo sobre la máxima cota de la lámina no será inferior a 50 cm.

Los elementos mecánicos situados bajo el agua serán fácilmente extraíbles.

Cuando el desarenador aireado cuente con puente móvil oscilante automático, este portará tanto el sistema de extracción de arenas como el sistema de rasqueta de superficie para la extracción de grasas y flotantes.

La extracción de grasas y flotantes se realizará mediante captación de la lámina superficial de agua en el desarenado-desengrase, conduciéndola mediante rasquetas a un sistema de concentración. Se tratará de un sistema automático de extracción, compuesto por dos fases, una con la rasqueta elevada, y otra en la que conduce las grasas al punto de concentración.

Se garantizará que las rasquetas o barredoras de superficie en su viaje lleguen hasta los extremos del recinto para evitar la acumulación de aceites y grasas en dichos puntos.

Cuando se empleen equipos de bombeo para la extracción de la mezcla arena-agua se proyectarán bombas especialmente robustas y resistentes a la abrasión.

Se preverán equipos para el vaciado de cada uno de los desarenadores.

La mezcla arena - agua extraída se acumula en algún punto y se procede a su separación o clasificación que se puede realizar mediante diferentes técnicas:

- Separación mecánica mediante tornillo de Arquímedes, clasificador alternativo de rastrillos o equipos similares, y almacenamiento en tolva fija o en contenedor.
- Sedimentación en un depósito poco profundo.
- Hidrociclón y almacenamiento en tolva con vertedero de rebose.
- Hidrociclón y recogida mediante tornillo de Arquímedes antes de su almacenamiento en tolva fija o en contenedor.

En los sistemas con tornillo de Arquímedes se puede realizar lavado de arena para reducir el contenido de materia orgánica mediante aspersores de agua a contracorriente.

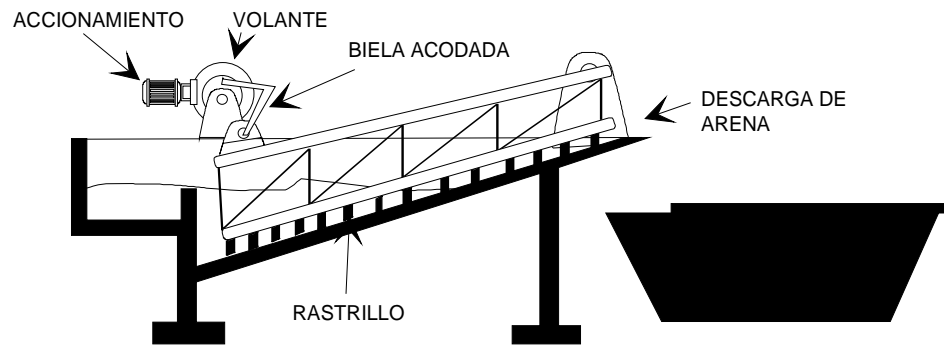


Figura 9.- Clasificador alternativo de arenas mediante rastrillos.

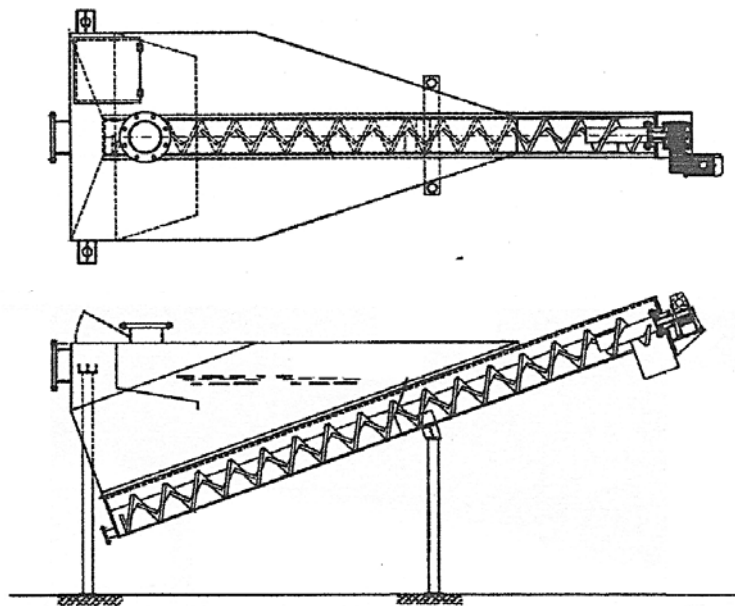


Figura 10.- Clasificador con extracción mediante tornillo de Arquímedes.

5.- ESPECIFICACIONES EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LA INDUSTRIA TEXTIL

6.- PARÁMETROS Y ESTRATEGIAS DE CONTROL

7.- PROBLEMAS DE EXPLOTACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

- DAVIS, M. L. (2010). *Water and Wastewater Engineering: design, principles and practice*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- DEGREMONT (1979). "Manual técnico del agua"; cuarta edición.
- DROSTE, R. L. (1997). "Theory and practice of water and wastewater treatment". New York: John Wiley and Sons.
- HERNÁNDEZ, A. (1993) "Depuración de aguas residuales (3ª edición)". Colección Seinor (nº 6); Colegio de Ing. de Caminos, Canales y Puertos: Madrid (España).
- ISLA de JUANA, R. (2005). "Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas". Bellisco Ediciones: Madrid (España).
- METCALF-EDDY. (1991). "Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse". New York: McGraw-Hill; Civil Engineering Series..
- METCALF & EDDY Inc. (2003). *Wastewater Engineering: treatment and reuse (Fourth edition)*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- ORTEGA, E. (2007). "Tema: Pretratamientos". En: *Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras (2 tomos)*. Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX); Gabinete de Formación y Documentación.
- PURSCHEL, W. (1982); "El tratamiento de las aguas residuales domésticas (Técnicas de depuración)". URMO ediciones, tomo 6; 132 páginas.
- QASIM, S. (1994). *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design and Operation*. Pensilvania (USA): Technomic Pub Co.
- US-EPA. (1979). *Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal*, Nº EPA 625/1-79-011. Washington, DC (USA): USEPA.
- U.S. EPA (2003). *Screening and Grit Removal. Wastewater Technology Fact Sheet: EPA 832-F-03-011*.
- WEF - ASCE. (1992). *Design of municipal wastewater treatment plants, volume I*. Brattleboro, Vermont: Book Press, Inc.
- WEF (1990). *Operation of municipal wastewater treatment plants (3 volumes)*. Alexandria VA (USA): Water Environmental Federation (WEF).
- WEF (2003). *Wastewater Treatment Plant Design*. Washington: WEF – IWA Publishing.

REFERENCIAS DE TECNOLOGÍA



ANEJO 1

COMPARATIVA DE CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

Tabla 2.- Comparativa de criterios de dimensionamiento de desarenadores aireados

Parámetro	EDAR. Arroyo del Culebro	EDAR de Frieres	EDAR Labastida	EDAR Ribadumia	Davis (2010)	Metcalf & Eddy (1991)	WEF/ASCE (1998)	WEF (2003)	Qasim (1994)	Degrémont (1979)	Ortega (2010)	Ortega (2010) ^(d)	Hernández (1997)	Sainz (2007)
TRH (min) (a Qmax)	^(d) 5	a Qmax: 5	a Qmedio: 45 a Qpunta: 23 a Qmax: 9	2	a Qpunta: 2 a 5 (3)	2 - 5 (3)	2 - 5 (3)	2 - 5 (3)	2 - 5	3 - 5	2 - 5	10 - 15 (a Q medio)		
Vh (m/s)	^(d) < 0.15		a Qmedio: 0,0015 a Qpunta: 0.0029 a Qmax: 0.0073		N.I.	N.I.	0.60 - 0.75	0.6 - 0.75	0.6 - 0.8	N.I.	< 0.15	< 0.15		
Vasc (m/h)		a Qmax: 30	a Qmedio: 5 a Qpunta: 10 a Qmax: 25	a Qmedio: 3.5 a Qmax: 25	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	max. 70 ^(a)	< 70 (a Q máx)	< 35 (a Q máx)		
L/H	N.I.	N.I.	N.I.		N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.		
L/B	N.I.	N.I.	N.I.		2.5:1 a 5:1	3:1 a 5:1 (4:1)	2.5:1 a 5:1	2.5:1 a 5:1	N.I.	N.I.	3:1 a 5:1 (4:1)	3:1 a 5:1 (4:1)		2.5:1 a 5:1
B/H	N.I.	N.I.	N.I.		1:1 a 5:1 (1.5:1)	1:1 a 5:1 (1.5:1)	1:1 a 5:1 (2:1)	1:1 a 5:1 (2:1)	N.I.	N.I.	1:1 a 5:1 (1.5:1)	1:1 a 5:1 (1.5:1)		
L (m)					7.5 a 27.5	7.5 - 20	N.I.	N.I.	7.5 - 20	max. 30 m	N.I.	N.I.		6 a 20
B (m)					2.5 a 7	2.5 - 7.0	N.I.	N.I.	2.5 - 7.0	N.I.	N.I.	N.I.		2 a 6
H (m)					2 a 5	2.0 - 5.0	2.0 - 5.0	2.0 - 5.0	2.0 - 5.0	N.I.	2.0 - 5.0	2.0 - 5.0		3 a 4.5
Pendiente (g)					60 a 90									
Resguardo (m)	0.5 sobre cota máxima de agua													
Q aire (m ³ /min/m)		0.3 a 0.5 m ³ /h/m ³	7 m ³ /h/m ²	12 m ³ /h/m	2 a 12 L/s/m	0.18 - 0.45	0.27 - 0.74 (0.45) 4.5-12 L/s/m	5 - 12 L/s/m	4.6 - 12.4 L/s/m	N.I.	0.20 - 0.60 (0.50)	5 - 8 m ³ /h/m ²	ⁱ 4.5 a 25 m ³ /h/m	
^(e) Arena-agua (a Qmax)	50 L/m ³	>50 L/m ³	^(f) 50 L/m ³ (a Q.medio)	50 L/m ³ (a Qmax)					N.I.	N.I.				50 L/m ³ (unitarias)
^(f) Producción arena (L/10 ³ m ³)			31		4 a 200	4 - 195 (15)	Separati: 4 - 37 Unitario: 4 - 180	Separati: 4 - 37 Unitario: 4 - 180	N.I.	N.I.	^(b) Separativo: 6 - 20 Unitario: 8 - 80		50	
Contenido de MO en la arena		<5%		<5%	<10%									
Rendimiento grasas (%)													30 (dotación: 24 g/h/d)	

Nota:

(a) Para conseguir un 80 % de eliminación de arenas de 0.25 mm a Q máx. y de 0.15 mm a Qmín.

(b) En litros por cada 1000 m³.

(c) Desarenador - desengrasador

(d) Qmax = caudal de dilución = 3 Qmedio, horario

(e) Capacidad de extracción para el cálculo del bombeo de la mezcla agua-arena extraída del desarenador

(f) Entendida como arena húmeda que se extrae del clasificador o lavador de arenas.

(g) "Tapered", medida a 150 mm por debajo de la superficie

(h) Medida por debajo del deflector longitudinal de los difusores

(i) En función directa de la superficie "transversal"

General: Entre paréntesis los valores típicos más usados.

ANEJO 2

ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES NECESARIAS

ESTIMACIÓN DE SUPERFICIE NECESARIA PARA DESARENADORES AIREADOS



ANEJO 2

DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE UNIDADES DE PROCESO



Figura 1
Desarenador elemental.



Figura 2
Desarenadores elementales.



Figura 3
Canal de desarenador aireado.

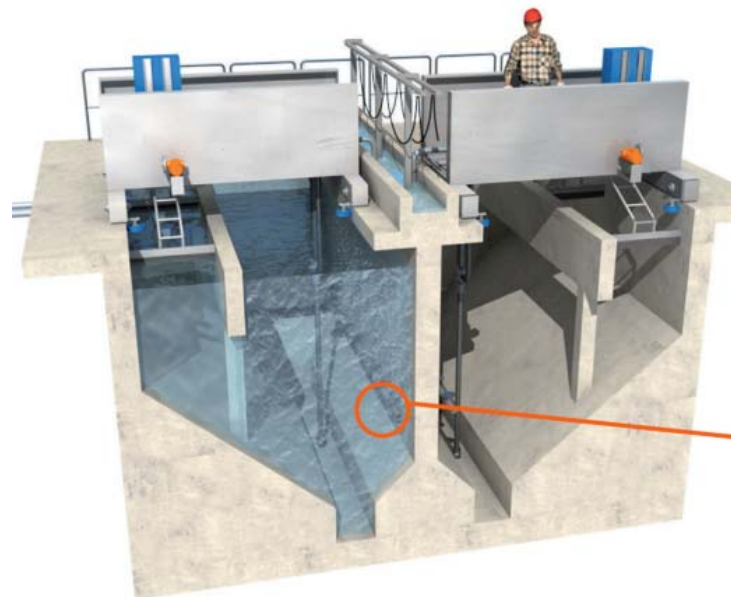


Figura 4
Esquema de una sección transversal de un desarenador-desengrasador aireado.

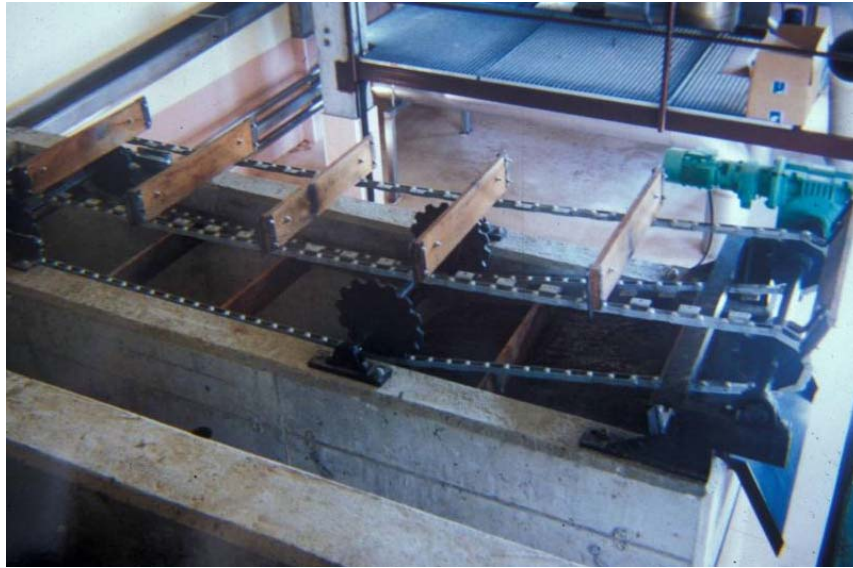


Figura 5
Concentrador de grasas.



Figura 6
Canal de un desarenador –desengrasador aireado.



Figura 7
Canal desarenador-desengrasador aireado sin puente móvil.



Figura 8
Canal de un desarenador –desengrasador aireado.



Figura 9
Clasificador de arenas.



Figura 4
Concentrador de grasas.