



ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y  
DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



## DOCUMENTO Nº1

---

### ANEJO Nº 6 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL



## INDICE

<b>1</b>	<b>DATOS DE PARTIDA .....</b>	<b>3</b>
1.1	POBLACIÓN.....	3
1.2	CAUDALES .....	3
1.3	TEMPERATURA .....	4
<b>2</b>	<b>PRETRATAMIENTO .....</b>	<b>5</b>
2.1	ARQUETA DE ENTRADA .....	5
2.2	POZO DE GRUESOS.....	5
2.2.1	PARÁMETROS DE DISEÑO .....	5
2.2.2	RESULTADOS .....	5
2.2.3	ALIVIADERO .....	6
2.2.4	POZO DE BOMBEO .....	6
2.2.5	TANQUE DE TORMENTAS .....	8
2.2.6	PLANTAS COMPACTAS DE PRETRATAMIENTO .....	9
<b>3</b>	<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO .....</b>	<b>12</b>
3.1	NITRIFICACIÓN - DESNITRIFICACIÓN ...	15
3.2	RECIRCULACIÓN INTERNA .....	17
3.3	RECIRCULACIÓN EXTERNA DE FANGOS	18
3.4	AIREACIÓN.....	18
<b>4</b>	<b>ELIMINACIÓN DEL FÓSFORO .....</b>	<b>23</b>
4.1	ELIMINACIÓN BIOLÓGICA.....	23
4.2	ELIMINACIÓN QUÍMICA .....	27
<b>5</b>	<b>DECANTACIÓN SECUNDARIA.....</b>	<b>29</b>



<b>6</b>	<b>TRATAMIENTO DE FANGOS.....</b>	<b>31</b>
6.1	BALANCE DE FANGOS.....	31
6.2	ESPESAMIENTO DE FANGOS .....	32
6.3	ACONDICIONAMIENTO DE FANGOS .....	33
6.4	DESHIDRATACIÓN DE FANGOS .....	33
6.5	ALMACENAMIENTO DE FANGOS SECOS	
	34	



# ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



## 1 DATOS DE PARTIDA

### 1.1 POBLACIÓN

#### POBLACION

Población equivalente <b>adoptada</b>	16.000,00	Hab Equiv.
Dotación adoptada	150,00	l/hab*día

### 1.2 CAUDALES

#### CAUDALES

CAUDAL DIARIO <b>ADOPTADO PARA LA EDAR</b>	2.400,00	m3/día
Caudal promedio		100,00 m3/h
Caudal punta	2,40	240,00 m3/h
Caudal máximo en pretratamiento	5,00	500,00 m3/h
Caudal admitido en el colector	10,00	1.000,00 m3/h

#### CARACTERISTICAS DEL AGUA BRUTA

##### DBO5

Carga diaria de entrada	960,00	kg/día
Concentración de entrada	400,00	mg/l
<b>Carga</b> diaria máxima de salida	60,00	kg/día
Concentración máxima de salida	25,00	mg/l
Carga diaria eliminada	<b>900,00</b>	kg/día

##### DQO

Carga diaria de entrada	2.040,00	kg/día
Concentración de entrada	850,00	mg/l
<b>Carga</b> diaria máxima de salida	300,00	kg/día
Concentración máxima de salida	125,00	mg/l
Carga diaria eliminada	<b>1.740,00</b>	kg/día

##### SS

Carga diaria de entrada	840,00	kg/día
Concentración de entrada	350,00	mg/l
<b>Carga</b> diaria máxima de salida	84,00	kg/día
Concentración máxima de salida	35,00	mg/l
Carga diaria eliminada	<b>756,00</b>	kg/día

##### N-NTK

Carga diaria de entrada estimada	156,00	kg/día
Concentración de entrada estimada	65,00	mg/l
<b>Carga</b> diaria máxima de salida	36,00	kg/día





## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Concentración máxima de salida estimada	15,00 mg/l
Carga diaria eliminada	<b>120,00</b> kg/día

<b>P</b>	
Carga diaria de entrada estimada	31,20 kg/día
Concentración de entrada estimada	13,00 mg/l
<b>Carga</b> diaria máxima de salida	4,80 kg/día
Concentración máxima de salida estimada	2,00 mg/l
Carga diaria eliminada	26,40 kg/día

<b>pH</b>	
Salida entre	5,5 y 9

### 1.3 TEMPERATURA

Tª de diseño para nitrificación	13,00 °C
Tª de diseño para aireación	18,00 °C

#### RESULTADOS A *OBTENER*:

##### AGUA TRATADA

DBO5:	< 25,00	mg/l
<b>DQO:</b>	< 125,00	mg/l
SS totales:	< 35,00	mg/l
N-NTK:	< 15,00	mg/l
P-PO4:	< 2,00	mg/l
pH, entre:	5,5 y 9	

##### FANGOS

Estabilización de fangos:	> 45,00 %
Sequedad de fangos:	> 22,00 %



## 2 PRETRATAMIENTO

### 2.1 ARQUETA DE ENTRADA

Cota del terreno	708,90 m
Cota de la rasante	707,94 m

### 2.2 POZO DE GRUESOS

#### 2.2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Carga hidráulica a Qmedio	50,00 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Carga hidráulica a Qmáximo	200,00 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
* Superficie mínima necesaria a Q medio	2,00 m <sup>2</sup>
* Superficie mínima necesaria a Q maximo	5,00 m <sup>2</sup>

#### 2.2.2 RESULTADOS

Superficie adoptada	8,00 m <sup>2</sup>
* Lado (A) en la parte recta	4,00 m
* Lado (B) en la parte recta	2,00 m
* Lado ( A ) en el fondo	1,00 m
* Lado ( B ) en el fondo	3,00 m
Tiempo de retención a caudal maximo	1,00 min.
Volumen mínimo necesario del pozo	
A Q maximo	8,33 m <sup>3</sup>
* Altura parte recta:	1,00 m
* Altura parte troncopiramidal :	0,50 m
* Volumen recto:	8,00 m <sup>3</sup>
* Volumen troncopiramidal :	2,75 m <sup>3</sup>
Volumen total adoptado	10,75 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención a Qmedio adoptado	6,45 min
Tiempo de retención a Qpunta adoptado	2,69 min
Tiempo de retención a Qmáximo adoptado	1,29 min



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



### CUCHARA BIVALVA

Capacidad de la cuchara bivalva

100 Litros

Tipo de accionamiento

Electrohidráulico – polipasto

Destino de los residuos

Contenedor y vertedero

Producción de residuos

Se estima una producción ,de :

10,00 It/hab/año

Población equivalente :

16.000,00 hab

Residuos obtenidos

438,36 l/día

Nº de contenedores

1,00 Ud

Capacidad del contenedor

5.000,00 Litros

Autonomía de almacenamiento

11,41 días

El fondo del pozo se protegerá con  
perfiles metálicos.

### REJA DE PROTECCION DE BOMBAS

Tipo

barrotes

Limpieza

Automática en sentido descendente

Luz entre barrotes

30,00 mm

## 2.2.3 ALIVIADERO

	m3/h	m3/s
Q máximo de llegada	1.000,00	0,28
Caudal máximo de bombeo	500,00	0,14
Caudal a aliviar	500,00	0,14
Longitud del aliviadero	3,50	m
$h = Q^2 / (0,412 * L^2 * 2 * 9,81)^{1/3}$		
Altura de lámina de agua en el vertedero		
* aliviando el exceso de caudal	0,08	m
* aliviando la totalidad del caudal	0,12	m

## 2.2.4 POZO DE BOMBEO

Tiempo de retención a caudal medio	6,00	min
Nº de pozos	1,00	uds
Capacidad util mínima requerida	10,00	m3
Dimensiones del pozo diseñado		
Largo	4,00	m
Ancho	3,00	m

Anejo N°6 Dimensionamiento funcional





## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Altura util	1,50	m
Capacidad util	18,00	m <sup>3</sup>

### EQUIPO DE BOMBEO

Cota del fondo del pozo	706,43	m
Cota de descarga	712,00	m
ALTURA GEOMETRICA DE ELEVACION	5,57	m

### BOMBAS

Nº bombas a instalar	4,00	uds
Nº de bombas en servicio	3,00	uds
Caudal unitario necesario	166,67	m <sup>3</sup> /h
Caudal unitario adoptado	<b>170,00</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

### CAUDALES IMPULSADOS

Con 1 bomba funcionando	170,00	m <sup>3</sup> /h
Con 2 bombas funcionando	340,00	m <sup>3</sup> /h
Con 3 bombas funcionando	510,00	m <sup>3</sup> /h

### COLECTOR DE IMPULSION

Nº de tuberías	4,00	ud
Diametro	0,20	m
Longitud	10,30	m

### VELOCIDAD

Con 1 bomba funcionando	1,50	m/seg
-------------------------	------	-------

Pérdida por rozamiento

$$P = J \times L$$

Pérdida de carga en la tubería según Manning

$$J = \frac{n^2 \times v^2}{R^{4/3}}$$

	Q =	0,04	m <sup>3</sup> /s
	n =	0,01	
R = D / 4	R =	0,05	m
	D =	0,20	m
	V =	1,13	m/seg
	J =	0,01	m/m
	P =	0,06	m

### COLECTOR DE IMPULSION CONJUNTO

Diametro	0,30	m
Longitud	30,00	m
VELOCIDAD		
Con 3 bombas funcionando	2,00	m/seg







## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Pérdida por rozamiento

$$P = J \times l$$

Pérdida de carga en la tubería según Manning

$$J = \frac{n^2 \times v^2}{R^{4/3}}$$

	Q =	0,09 m <sup>3</sup> /s
	n =	0,01
R = D / 4	R =	0,08 m
	D =	0,30 m
	V =	1,34 m/seg
	J =	0,00 m/m
	P =	0,14 m

Altura manométrica estricta	H =	Hg + P =	5,76 m
Altura manométrica adoptada			7,00 m
Nº de bombas instaladas			4,00 Uds
Nº de bombas en servicio			3,00 Uds
Nº de bombas en reserva			1,00 Uds
Caudal unitario			170,00 m <sup>3</sup> /h
Tipo de bomba			Centrifuga sumergible

### 2.2.5 TANQUE DE TORMENTAS

Caudal diario	2.400,00	m <sup>3</sup> /d
Caudal promedio	100,00	m <sup>3</sup> /h
Caudal punta	240,00	m <sup>3</sup> /h
Caudal máximo en pretratamiento	500,00	m <sup>3</sup> /h
Caudal a aliviar	260,00	m <sup>3</sup> /h
Tiempo de retención	120,00	min
Capacidad necesaria del tanque	520,00	m <sup>3</sup>
Tanque adoptado	Cilíndrico similar a los decantadores	
Dimensiones del tanque adoptadas		
<b>Unidades instaladas</b>	<b>1,00</b>	<b>Ud</b>
<b>Diámetro adoptado</b>	<b>14,00</b>	<b>m</b>
<b>Altura bajo vertedero adoptada</b>	<b>3,50</b>	<b>m</b>
Superficie	153,94	m <sup>2</sup>
Volumen útil	574,70	m <sup>3</sup>
Velocidad ascensional real a caudal máximo aliviado	1,69	m/h
Tiempo de retención a caudal máximo aliviado	132,62	min

**EQUIPO DE BOMBEO DE**

Anejo N°6 Dimensionamiento funcional





## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



### RESTITUCIÓN

#### BOMBAS

Nº bombas a instalar	2,00	uds
Nº de bombas en servicio	1,00	uds
Caudal unitario adoptado	<b>170,00</b>	<b>m3/h</b>
Cota del fondo del tanque	706,00	m
Cota de descarga	712,00	m
ALTURA GEOMETRICA DE ELEVACION	6,00	m

#### PERDIDAS POR ROZAMIENTO

#### CAUDALES IMPULSADOS

Con 1 bomba funcionando	170,00	m3/h
-------------------------	--------	------

#### COLECTOR DE IMPULSION

Nº de tuberías	2,00	ud
Diametro	0,20	m
Longitud	10,30	m

#### VELOCIDAD

Con 1 bomba funcionando	1,50	m/seg
-------------------------	------	-------

Pérdida por rozamiento

$$P = J \times l$$

Pérdida de carga en la tubería según  
Manning

$$J = \frac{n^2 \times v^2}{R^{4/3}}$$

	Q =	0,05	m3/s
	n =	0,01	
R = D / 4	R =	0,05	m
	D =	0,20	m
	V =	1,50	m/seg
	J =	0,01	m/m
	P =	0,10	m

Altura manométrica total

6,10 m

Altura manométrica adotada

7,00 mca

### 2.2.6 PLANTAS COMPACTAS DE PRETRATAMIENTO

Nº de unidades	2,00	Ud
Tipo	PLANTA COMPACTA	

#### DESBASTE DE FINOS / TAMIZADO

Nº de tamices	2,00	Ud
Tamiz con tornillo compactador		
Diámetro cesta	600,00	mm
Luz de paso	3,00	mm
Caudal de diseño	350,00	m <sup>3</sup> /h





## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Caudal nominal de funcionamiento	250,00	m <sup>3</sup> /h
Materiales de construcción	acero inoxidable	

### PRODUCCION DE RESIDUOS

De acuerdo con la experiencia, la producción de residuos puede estimarse, en función de la luz de paso a través de elementos filtrantes, según la siguiente tabla:

Luz de paso	mm	Producción	
	1,00	45,00	lt/hab/año
	1,50	43,00	lt/hab/año
	3,00	35,00	lt/hab/año
	6,00	24,29	lt/hab/año
	10,00	10,00	lt/hab/año
	20,00	5,00	lt/hab/año
	50,00	1,00	lt/hab/año
Se estima una producción total de:		35,00	lt/hab/año
Población equivalente		16.000,00	habitantes
Producción de residuos		1,53	m <sup>3</sup> /d
Volumen de los residuos compactados		0,46	m <sup>3</sup> /día
Autonomía de almacenamiento		2,17	días
Nº de contenedores:		1,00	Ud
Capacidad unitaria:		1,00	m <sup>3</sup>

### DESARENADOR-DESENGRASADOR

Caudal medio:	100,00	m <sup>3</sup> /h
Caudal punta:	240,00	m <sup>3</sup> /h
Caudal máximo:	500,00	m <sup>3</sup> /h
Nº unidades instaladas:	2,00	Uds
Caudal medio unitario:	0,01	m <sup>3</sup> /s
Caudal punta unitario:	0,03	m <sup>3</sup> /s
Caudal máximo unitario:	0,07	m <sup>3</sup> /s

### PARAMETROS DE RESULTADOS PARTIDA OBTENIDOS

Tiempo permanencia (t): >=

a Caudal medio:	15	63,91	min.
a Caudal punta:	12	26,63	min.
a Caudal máximo:	10	12,78	min.

Carga hidraulica zona desarenado (Ch):



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



</=

a Caudal medio:	10	2,60	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
a Caudal punta:	15	6,25	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
a Caudal máximo:	25	13,02	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h

Estos valores de la carga hidráulica y tiempo de permanencia se han tomado de acuerdo con la experiencia, y garantizan la eliminación de las partículas de diámetro  $\geq 0,2$  mm.

Velocidad transversal a Qpunta < 0,15 m/seg

Aireación > 8,00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h

Dimensiones unitarias necesarias

Superficie de desarenado  $A=Q/Ch$ :

A Q medio	5,00	m <sup>2</sup>
A Q punta	8,00	m <sup>2</sup>
A Q maximo	10,00	m <sup>2</sup>

DIMENSIONES UNITARIAS  
ADOPTADAS

<b>Longitud</b>	12,00	m
<b>Anchura desarenador (a1):</b>	1,60	m
<b>Anchura desengrasador (a2):</b>	0,60	m
Anchura total (a):	2,20	m
Superficie unitaria adoptada	19,20	m <sup>2</sup>
Superficie total adoptada desarenador	38,40	m <sup>2</sup>
<b>Altura total</b>	2,77	m
Volumen unitario	53,26	m <sup>3</sup>
Volumen total adoptado	106,52	m <sup>3</sup>
Sección transv. $S=W/l$ :	6,10	m <sup>2</sup>
Velocidad transversal a Qmáximo	0,01	m/s

SOPLANTE DE DESARENADO

En funcionamiento:	2,00	ud
De reserva	0,00	ud
Instaladas	2,00	ud
Caudal de aire necesario	8,00	Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Caudal unitario mínimo	153,60	Nm <sup>3</sup> /h
Caudal unitario adoptado	150,00	Nm <sup>3</sup> /h
<b>Potencia del motor</b>	1,50	kW

**EXTRACCION DE ARENAS**

Caudal medio:	100,00	m <sup>3</sup> /h
Caudal punta:	240,00	m <sup>3</sup> /h



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Caudal máximo:	500,00	m <sup>3</sup> /h
Capacidad máxima de extracción:	50,00	l/m <sup>3</sup>
Mezcla agua + arena:		
- A caudal medio:	5,00	m <sup>3</sup> /h
- A caudal punta:	12,00	m <sup>3</sup> /h
- A caudal máximo:	25,00	m <sup>3</sup> /h
Sistema de extracción de arenas	Tornillos transportadores	
Unidades	2,00	ud
Tipo de tornillo	Horizontal e inclinado	
Destino final de la arena:	Contenedor/vertedero	
Producción teórica de arenas:	360,00	gr/m <sup>3</sup>
Carga diaria de arenas a retirar:	864,00	kg/día
Densidad de la arena:	2,00	Ton/m <sup>3</sup>
Volumen de arena a retirar:	432,00	l/día

### GRASAS

Las grasas se extraen mediante bombeo al concentrador de grasas

Producción estimada de grasas:	20,00	gr/hab/día
Producción diaria de grasas:	320,00	kg/día
Densidad estimada de las grasas	0,80	Ton/m <sup>3</sup>
Volumen de grasas estimado:	400,00	l/día

## 3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO

El sistema de tratamiento biológico previsto es por Fangos Activados, mediante **Aireación prolongada** incluyendo **Nitrificación - Desnitrificación Y eliminación de fósforo**

Tipo de reactor	Canal
Sistema de aireación	Soplante y difusores
Sistema de recirculación interna	Recirculadores de corriente
Nº de reactores	2,00 Uds

### CRITERIOS DE DISEÑO

Tª de diseño para nitrificación	13,00 °C
Tª de diseño para aireación	18,00 °C
Carga másica <	0,08 kgDBO5/kgMLSS/d
Concentración de sólidos MLSS ≤	3.000,00 mg/l



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Tiempo de retención hidráulico a  $Q_{medio} \geq$

24,00 h

### ZONA ANOXICA Y EDAD DEL FANGO

Los fangos biológicos en exceso se consideran estabilizados cuando aireados durante 5 días a una temperatura de 20 °C pierden menos del 10% de su peso.

La siguiente tabla, basada en la experiencia indica la edad mínima del fango necesaria para obtener dicha estabilidad, en función de la temperatura del licor mezcla (MLSS) en el reactor biológico.

TEMPERATURA (°C)	EDAD DEL FANGO (días)
5,00	>35
10,00	20,00
12,00	17,00
<b>13,00</b>	<b>15,50</b>
14,00	14,80
15,00	14,00
16,00	13,00
18,00	12,00
20,00	10,00
22,00	8,00

La posibilidad de que se produzca nitrificación depende de la temperatura T (°C) y de la edad de fangos  $E_f$  (días), siendo la ecuación que relaciona estos parámetros para que dicha nitrificación, que debe considerarse completa, dada la pequeña variación de temperatura que es necesaria para pasar de una nitrificación parcial a una total, ocurra según Van Haandel, Döld y Marais, de la Universidad de Cape Town (Sudáfrica), la siguiente relación.

$$(1 - f_x) = S \times (b_n T + 1/E_f) / u_{nm} T$$

siendo

$f_x$  = Fracción de los MLSS existentes en la zona anóxica 0,25

$S$  = Factor de seguridad. Oscila entre 1 y 1,5 1,25

$T$  = Temperatura (°C) a partir de la cual deben cumplirse los rendimientos exigidos en el Pliego de Bases. 13,00

$b_n T$  = Factor para organismos eterótrofos

$$b_n T = 0,04 \times 1,029^{T-20} \text{ (1/días)} \quad 0,03$$

$E_f$  = Edad del fango mínima (días)

$u_{nm} T$  = Factor de crecimiento de bacterias nitrificantes

$$u_{nm} T = u_{20} \times 1,123^{T-20} \quad 0,20$$

$u_{20}$  = sus valores oscilan entre 0,4 en condiciones desfavorables y 0,5 en condiciones normales 0,45

Edad del fango mínima 8,30 días

Edad del fango adoptada para cálculo 18,00 días



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



La edad del fango,  $E_f$ , se define también por la fórmula :

$$E_f = 1 / ( 1,2 \cdot C_m + 0,5(B-0,6) \cdot C_m ) R/100$$

En donde :

$C_m$  = Carga másica = Kg DBO5/Kg MLSS/día

$B$  = SS/DBO5 en entrada al reactor biológico

En nuestro caso  $B =$

0,88

Resolviendo la fórmula obtenemos  $C_m =$

0,074 kg/d/kg

### COMPROBACION DE LA CALIDAD DEL EFLUENTE

La concentración de la DBO5 del efluente se debe en parte a una componente soluble y en parte a los sólidos suspendidos de dicho efluente.

$$D-So = DBO5-En / (1 + (K_m \cdot DBO5-En) / (M \cdot C_m \cdot 1,000))$$

0,82 mg/l

En donde

$T^a$

10,00 20,00

$K_m$

180,00 360,00

DBO5-En (DBO5 de entrada en el reactor) =

400,00 mg/l

$K_m$  (Constante) =

270,00 días-1

$M$  (Concentración de MLSS)

3,00 kg/m<sup>3</sup>

$C_m$  (Carga másica)

0,074 kg/d/kg

DBO5 de los sólidos del efluente decantado = SS efluente x  $f(C_m)$

7,63 mg/l

SS en el efluente decantado

35,00 mg/l

$f(CM)$  : Factor de carga =  $0,8 \cdot C_m^{1/2}$

0,22

**Concentración total teórica de DBO5 en el efluente =**

**8,46 mg/l**

**Rendimiento teórico obtenido =**

**98%**

### VOLUMEN DEL REACTOR

Volumen del reactor MINIMO NECESARIO  $V = DBO5 / (M \times C_m) =$

4.306,31 m<sup>3</sup>

$M =$

3,00 kg/m<sup>3</sup>

$C_m =$

0,074 kg/d/kg

Proporción de la zona anóxica adoptada

0,25

Volumen de la zona anóxica

1.076,58 m<sup>3</sup>

Nº de reactores

2,00 Uds

Volumen unitario =

2.153,16 m<sup>3</sup>

Volumen unitario de la zona anóxica =

538,29 m<sup>3</sup>

Altura de agua adoptada

4,50 m

Altura de resguardo adoptada

0,70 m

Altura total adoptada

5,20 m

Ancho de canal adoptado

8,00 m

Anejo N°6 Dimensionamiento funcional





## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Longitud recta mínima necesaria 17,34 m

### CARACTERÍSTICAS DEL REACTOR ADOPTADO

Nº de reactores	2,00 ud
Tipo	Canal
Longitud recta	20,00 m
Longitud total	36,00 m
Ancho de canal	8,00 m
Altura de lámina de agua	4,50 m
Altura de resguardo	0,70 m
Altura total	5,20 m
Volumen unitario	2.344,32 m <sup>3</sup>
Volumen total	4.688,64 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención a Qmedio (SIN RECIRCULACION)	46,89 h
Tiempo de retención a Qpunta (SIN RECIRCULACION)	19,54 h

<b>CARGA MASICA (kg DBO5/Kg MLSS)</b>	<b>0,074 kg/d/kg</b>
<b>CONCENTRACION DEL LICOR MEZCLA</b>	<b>3,00 kg/m<sup>3</sup></b>

### FANGOS EN EXCESO

Según HUISKEN	(1,2 x Cm <sub>0,23</sub> + 0,5 x (B - 0,6)) x DBO5 eliminada
Peso diario de fangos en exceso Fe =	
DBO5eliminada =	900,00 kg/dia
Cm <sub>0,23</sub> =	0,55
1,2 x Cm <sub>0,23</sub> =	0,66
B =	0,88
B - 0,6 =	0,28
Peso teórico diario de fangos en exceso =	717,72 Kg/dia
Conversión de DBO5 en fangos en exceso =	0,80
Por seguridad adoptamos	0,85
Peso de fangos en exceso adoptado	765,00 kg/dia
Concentración media prevista de los fangos extraídos	7,50 kg/m <sup>3</sup>
Volumen de fangos a eliminar	102,00 m <sup>3</sup> /d
Edad del fango real	18,39 días

### 3.1 NITRIFICACIÓN - DESNITRIFICACIÓN

La máxima concentración de nitrógeno como nitrato que podría desnitrificarse en la zona anóxica prevista, viene dada por la expresión

$$D_c = S_{bi} * (f_{bs} * (1 - P * Y) / 2,86 + Y * E * K_2 * F_x / (1 + b_{HT} * E))$$

Siendo:





## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



S <sub>bi</sub> =Concentr. DQO biodegradable en afluente	765,00 mg/l
f <sub>bs</sub> =Relación DQO rap-biod y DQO biodegrad.	0,24
0,33 para agua decantada 0,24 no decant.	1,50 mg DQO/mg VS
P =Relación DQO/VSS de la masa de fangos	0,45 mg VSS/mg DQO
Y =Coef. crecimiento bacterias heterótrofas	18,00 días
E =Edad del fango biológico	0,08 N-NO <sub>3</sub> H/mgVA
K <sub>2</sub> =Coeficiente de desnitrificación =	0,25
0,1*1,08T-20	0,20 l/día
F <sub>x</sub> =Fracción de los MLSS en zona anóxica	13,00 °C
b <sub>h</sub> T =Coef. decrecimiento bacterias heterótrofas	
0,24*1,029T-20	
T =Temp. (°C) del proceso de nitrificación	
D <sub>c</sub> (1)	48,82 mg/l
	117,16 kg/día
La concentración de nitrógeno amoniacal que no se nitrifica viene dada por la expresión	
$N_a = (K_{nt} * (b_{nT} + 1/E)) / (un_{mT} * (1-f_x) - (b_{nT} + 1/E))$	
Siendo	
K <sub>nt</sub> =Coeficiente de saturación para la nitrificación	
1,123T-20	0,44 mg N-NH <sub>3</sub> /l
b <sub>n</sub> T =Coeficiente decrecimiento de las bacterias nitrificantes para respiración endógena	
0,04*1,029T-20	0,03 l/día
E <sub>f</sub> =Edad del fango	18,00 días
un <sub>m</sub> T =factor crecimiento bacterias nitrificantes	
u <sub>20</sub> * 1,123T-20	0,20 l/día
Tomando u <sub>20</sub> =	0,45 l/día
f <sub>x</sub> =fracción de los MLSS en zona anóxica	0,25
T °C del proceso de nitrificación	13,00
Na (mg N-NH <sub>3</sub> /l)	0,64 mg/l
	1,53 kg/día
Por otra parte, el Nitrógeno en el agua residual puede fraccionarse de la siguiente manera :	
Concentración total de NTK de entrada	65,00 mg/l
(a) N orgánico insoluble (decantable) = 10%	6,50 mg/l
(b) N orgánico soluble no biodegradable = 2%	1,30 mg/l
(c) N orgánico soluble biodegradable = 2%	1,30 mg/l
N <sub>3</sub> = Cantidad asimilada por los fangos biológicos y eliminada con los fangos en exceso. Depende de la edad del fango y oscila entre 8,6 y 2,9 g/100 gDBO <sub>5</sub> eliminada. Adoptamos :	
	E <sub>f</sub> N <sub>e</sub>
	6,00 5,80
	10,00 5,10
	15,00 4,60
	20,00 4,30
N eliminado ( g N <sub>3</sub> / 100 g DBO <sub>5</sub> )	4,40 gN <sub>3</sub> /100 g DBO <sub>5</sub>



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



En nuestro caso N3 eliminado (d)	39,60 kg/día 16,50 mg/l
Nitrógeno eliminado por Kg de sólidos en el efluente	0,05 kg/ Nelim/kg Fe
Concentración de los sólidos en el efluente (e)	35,00 mg/l 1,75 mg/l
Nitrógeno eliminado con los sólidos en el efluente	4,20 kg/día
N-NTK en el efluente = Na + b +c +e =	4,99 mg/l = 11,97 kg/día
N-NTK que puede oxidarse N-NTKox = NTK - a -b - c -d - Na	38,76 mg/l 93,03 kg/día
N-NTKox que es necesario desnitrificar para obtener en el efluente N Total <	15,00 mg/l
N-NO3+N-NO2 influente	0,00 mg/l
N-NTKox desnitrificado = N-NTKox-(N Total efluente-NTK efluente) + N- NO3+N-NO2	28,75 mg/l 69,00 kg/día

**Dado que las necesidades de desnitrificación son menores que las disponibilidades se considera que la zona anóxica y la edad del fango adoptadas son correctas y adecuadas para la obtención de un efluente que cumple los requerimientos del Pliego de Bases.**

**La desnitrificación obtenida será completa**

### 3.2 RECIRCULACIÓN INTERNA

La necesidad de recirculación para desnitrificación es  
 $R \text{ Total} = (N\text{-NTKox} / N\text{-NTK efl}) - 1$  158,42 %

La recirculación se produce por los recirculadores de corriente

#### RECIRCULADORES DE CORRIENTE

Ancho de canal	8,00 m
Altura de agua	4,50 m
Volumen del tanque	2.344,32 m3
Concentración	3,00 kg/m3
Sección del canal	36,00 m2
Velocidad de flujo	0,30 m/seg
Potencia necesaria por tanque	5,86 CV
Nº de recirculadores por tanque	2,00 uds
Nº de recirculadores instalados	4,00 uds



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Potencia unitaria necesaria	2,16 kW
Potencia unitaria adoptada	2,50 kW
Potencia instalada por tanque	5,00 kW
Potencia total instalada	10,00 kW
Potencia de mezcla obtenida	2,13 W/m3

### 3.3 RECIRCULACIÓN EXTERNA DE FANGOS

#### RECIRCULACION EXTERNA DE FANGOS

Caudal medio horario	100,00 m3/h
Caudal horario punta	240,00 m3/h
Recirculación de fangos	
$Q_r = Q_m \cdot C / (C_r - C)$	66,67 m3/h
% R = $Q_r / Q_m \cdot 100$	67%
% ADOPTADO	150%
Concentración del licor mezcla	3,00 kg/m3
Concentración del fango recirculado	7,50 kg/m3
Caudales de recirculación teóricos	150,00 m3/h
Nº de bombas de recirculación en servicio	2,00 uds
Nº de bombas de recirculación de reserva	1,00 uds
Nº de bombas de recirculación instaladas	3,00 uds
Caudales unitarios necesarios	75,00 m3/h
Caudales unitarios adoptados	75,00 m3/h
Caudal máximo en servicio	150,00 m3/h
Caudal máximo en reserva	75,00 m3/h
Caudal total disponible	225,00 m3/h
% de recirculación en servicio sobre $Q_{medio}$	150%
% de recirculación en reserva sobre $Q_{medio}$	75%
Tipo de bomba	Centrífuga sumergida
Caudal unitario	75,00 m3/h
Altura manométrica	6,00 mca

### 3.4 AIREACIÓN

Independientemente de la nitrificación, el peso de Oxígeno necesario para la reducción de la DBO5 es la suma de dos componentes:

O<sub>2</sub> para la síntesis de las células bacterianas (O')

O<sub>2</sub> para la respiración celular (endogénesis) (O'')



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



### Oxígeno de síntesis

$$O_2 \text{ síntesis} = a * P\text{-}DBO_5 * R/100$$

siendo :

$a$  = Coeficiente de necesidad de oxígeno para la síntesis de la materia orgánica disuelta, Kg de  $O_2$  por Kg de DBO que depende de la edad del fango y de la carga másica.

$P\text{-}DBO_5$  = Peso de  $DBO_5$  que entra en el reactor

$R$  = Rendimiento en eliminación de DBO previsto

$C_m$	$a$
$\leq 0,05$	0,66
0,10	0,65
0,15	0,63
0,20	0,59
0,25	0,57
0,30	0,56
0,40	0,53
$\geq 0,5$	0,50

$$P\text{-}DBO_5 = 960,00 \text{ kg/día}$$

$$R/100 = 0,98$$

$$O_2 \text{ síntesis} = a * P\text{-}DBO_5 * R/100$$

$$620,20 \text{ kg/día}$$

### Oxígeno para la respiración endógena

$$O_2 \text{ para la respiración de la masa celular} = K_{re} * V * M$$

Siendo

$K_{re}$  = Coeficiente de respiración endógena; Kg de  $O_2$  por Kg de MLSS y dependiente de  $C_m$

$V$  = Volumen del reactor

$M$  = Concentración de la masa celular en el reactor

$C_m$	$K_{re}$
0,05	0,041
0,10	0,067
0,15	0,080
0,20	0,092
0,25	0,100
0,30	0,109
0,40	0,118
0,50	0,123
0,60	0,128
0,70	0,131
0,80	0,133
1,00	0,136

$$V = 4.688,64 \text{ m}^3$$

$$M = 3,00 \text{ kg/m}^3$$

$$O_2 \text{ para la respiración de la masa celular} = 773,63 \text{ kg/día}$$

$$\text{Necesidad MEDIA total de } O_2 = 1.393,83 \text{ kg/día}$$

$$O_2/\text{Kg } DBO_5 \text{ eliminada} = 1,55$$

$$O_2/\text{Kg } DBO_5 \text{ entrada} = 1,45$$



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



### OXIGENO PARA NITRIFICACION-DESNITRIFICACION

El Oxígeno necesario para la nitrificación y la desnitrificación es la diferencia entre dos componentes.

Componente 1º. Oxígeno necesario para la oxidación total del amoníaco y del nitrógeno orgánico. ON1

Componente 2º. Oxígeno recuperado por la desnitrificación de nitritos y nitratos a nitrógeno elemental. (gas). ON2

#### Nitrificación

$$ON1 = b * NTKox$$

$$\begin{aligned} b &= 4,57 \text{ kg O}_2 / \text{kg N-NTKox} \\ NTKox &= 93,03 \text{ kg/día} \\ ON1 &= 425,15 \text{ kg O}_2/\text{día} \end{aligned}$$

#### Desnitrificación

$$ON2 = d * N-NO_3 \text{ red.}$$

$$\begin{aligned} d &= 2,80 \text{ kg O}_2 / \text{kg N-NO}_3 \text{ red} \\ N-NO_3 \text{ red} &= 69,00 \text{ kg/día} \\ ON2 &= 193,20 \text{ kg O}_2/\text{día} \end{aligned}$$

### BALANCE DE LAS NECESIDADES MEDIAS TEORICAS DIARIAS DE OXIGENO

Síntesis	620,20	kg O <sub>2</sub> /día
Respiración endógena	773,63	kg O <sub>2</sub> /día
Nitrificación	425,15	kg O <sub>2</sub> /día
Desnitrificación	-193,20	kg O <sub>2</sub> /día
TOTAL	1.625,78	kg O <sub>2</sub> /día
	1,69	

### BALANCE DE LAS NECESIDADES MEDIAS TEORICAS HORARIAS DE OXIGENO

Síntesis	25,84	kg O <sub>2</sub> /h
Respiración endógena	32,23	kg O <sub>2</sub> /h
Nitrificación	17,71	kg O <sub>2</sub> /h
Desnitrificación	-8,05	kg O <sub>2</sub> /h
TOTAL	67,74	kg O <sub>2</sub> /h

Cálculo de necesidades de O<sub>2</sub> por puntas

$$\begin{aligned} \text{Punta de Caudal} &= 2,40 \quad 1,08 \\ \text{Punta de DBO}_5 \text{ teórica} &= 1,50 \quad 0,83 \\ \text{Punta de DBO}_5 \text{ efectiva} &= 0,45 P_q + 0,55 P_c = 1,91 \quad 1,91 \end{aligned}$$

### BALANCE DE LAS NECESIDADES PUNTAS TEORICAS DIARIAS DE OXIGENO

Síntesis	1.181,49	kg O <sub>2</sub> /día
Respiración endógena	773,63	kg O <sub>2</sub> /día
Nitrificación	809,91	kg O <sub>2</sub> /día



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



	Desnitrificación	-368,05	kg O2/dia
	TOTAL	2.396,98	kg O2/dia
		2,50	
<b>BALANCE DE LAS NECESIDADES PUNTAS TEORICAS HORARIAS DE OXIGENO</b>			
	Sintesis	49,23	kg O2/h
	Respiración endógena	32,23	kg O2/h
	Nitrificación	33,75	kg O2/h
	Desnitrificación	-15,34	kg O2/h
	TOTAL	99,87	kg O2/h

### CAPACIDAD DE OXIGENACION

El aporte específico de los sistemas de aireación se establece en condiciones standard de laboratorio, por lo que es necesario calcular la capacidad real de oxigenación requerida, **OC**

$$OC = OR \cdot Cs_{10} (Cs - Cl)^{-1} \cdot (D_{10}/DT)^{1/2} \cdot (Po/Ph)^{a-1}$$

(Po/Ph)\* a-1

siendo :

Cs <sub>10</sub> = Concentración de la saturación de oxígeno de agua pura a 10 °C =	11,33	mg/l
Cs = Concentración de la saturación de oxígeno en el reactor a la temperatura del licor mezcla; en nuestro caso T=	18,00	°C
Cs = b * Cst		
	b =	0,95
	Cst =	8,95
	Cs =	8,50
Cl = Concentración de O <sub>2</sub> a mantener en el licor mezcla =	2,00	mg/l
	(Cs - Cl) <sup>-1</sup> =	0,15
D <sub>10</sub> y DT = Coeficientes de difusión de O <sub>2</sub> a 10°C y T de cálculo.		
	(D <sub>10</sub> /DT) <sup>1/2</sup> =	0,80
Po = Presión atmosférica al nivel del mar =	760,00	mm Hg
Ph = Presión atmosférica a la altura de la EDAR. 1 mm Hg menos por cada 11 m. de altura sobre el nivel del mar		
Altura de la EDAR	708,90	m
	Ph =	695,55 mm Hg
	Po/Ph =	1,09
a = Coeficiente de intercambio entre MLSS y agua pura =		
para difusores; a =	0,75	
1/a =	1,33	
OC = OR *	2,03	
OR / OC =	0,49	
Aplicando este cociente a las necesidades de O <sub>2</sub>	3,44	
Necesidad media teórica diaria	3.301,59	kg O2/dia
Necesidad media teórica horaria	137,57	kg O2/h
	5,07	
Necesidad punta teórica diaria	4.867,72	kg O2/dia



# ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Necesidad punta teórica horaria 202,82 kg O<sub>2</sub>/h

## SISTEMA DE AIREACION

### CALCULO DE LOS DIFUSORES

Difusores de burbuja fina de membrana

El aire atmosférico contiene un 20,9% de Oxígeno en volumen (23,9% en peso. Su densidad es de 1,248 Kg/M<sup>3</sup> a 10°C y a presión atmosférica.

Peso de O<sub>2</sub> / M<sup>3</sup> de aire = 0,30 kg O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> aire

El rendimiento de los difusores de membrana de burbuja elegidos depende de la profundidad de sumergencia y del caudal de aire suministrado por difusor.

	Q unitario	Rto en %/m. De profundidad
Nm <sup>3</sup> /h	2,00	5,90
Nm <sup>3</sup> /h	3,00	5,50
Nm <sup>3</sup> /h	4,00	5,10
Nm <sup>3</sup> /h	5,00	4,70
Caudal unitario adoptado =	4,00	Nm <sup>3</sup> /h
Altura de agua del reactor =	4,50	m
Altura de agua sobre el difusor =	4,25	m
Rendimiento estimado =	21,68	%
<b>Rendimiento adoptado =</b>	<b>24%</b>	

## NECESIDADES DE AIRE

Media horaria = 1.910,64 Nm<sup>3</sup>/h  
Punta horaria = 2.816,97 Nm<sup>3</sup>/h

## SOPLANTES

**Nº de soplantes en servicio = 2,00 Uds**  
**Nº de soplantes de reserva = 1,00 Uds**  
**Nº de soplantes instaladas = 3,00 Uds**

Caudal unitario necesario = 1.408,48 Nm<sup>3</sup>/h  
Caudal unitario adoptado = 1.500,00 Nm<sup>3</sup>/h  
Caudal total en servicio = 3.000,00 Nm<sup>3</sup>/h  
Caudal en reserva = 1.500,00 Nm<sup>3</sup>/h  
Caudal total disponible = 4.500,00 Nm<sup>3</sup>/h

## DIFUSORES

Caudal unitario estimado = 4,00 Nm<sup>3</sup>/h  
Nº de difusores necesarios = 750,00 Uds  
**Nº de difusores instalados = 800,00 Uds**  
Nº de difusores por reactor = 400,00 Uds  
Caudal real unitario a Qpunta = 3,75 Nm<sup>3</sup>/h  
Caudal real unitario a Qmedio = 2,39 Nm<sup>3</sup>/h



## 4 ELIMINACIÓN DEL FÓSFORO

### 4.1 ELIMINACIÓN BIOLÓGICA

Dada la necesidad de eliminación de Fósforo, se prevé una cámara anaerobia previa al tratamiento biológico para permitir el desarrollo de la cepa bacteriana acinetobacter y posibilitar la eliminación biológica del Fósforo. Los fangos se recircularán directamente a la cámara de predesnitrificación. El agua pretratada entrará al selector, pudiendo, en caso necesario entrar a la predesnitrificación.

Todos los investigadores independientes recalcan el carácter relativamente aleatorio del proceso, por lo que la eliminación biológica del Fósforo debe considerarse como un medio de economizar reactivos de precipitación química, existiendo la posibilidad de recurrir, más o menos ocasionalmente, a una precipitación química complementaria. Se prevén por tanto los equipos de dosificación y almacenamiento de Cloruro Férrico como sistema complementario y alternativo de emergencia.

#### DATOS DE PARTIDA CAUDALES

Caudal diario	<b>2.400,00</b> m <sup>3</sup> /d
Caudal promedio	100,00 m <sup>3</sup> /h
Caudal punta	240,00 m <sup>3</sup> /h

#### DBO5

Carga diaria de entrada	960,00 kg/dia
Concentración de entrada	<b>400,00</b> mg/l
Carga diaria máxima de salida	60,00 kg/dia
Concentración máxima de salida	<b>25,00</b> mg/l
Carga diaria eliminada	900,00 kg/dia

#### P

Carga diaria de entrada	31,20 kg/dia
Concentración de entrada estimada	<b>13,00</b> mg/l
Carga diaria máxima de salida	4,80 kg/dia
Concentración máxima de salida	<b>2,00</b> mg/l
Carga diaria eliminada	26,40 kg/dia
Rendimiento mínimo exigido	0,85
Rendimiento mínimo porcentual exigido	0,85

#### Reduccion del fósforo por asimilación de los fangos activos

Concentración DBO5 de entrada al biologico	400,00 mg/l
Fbs = 0,33 para agua decantada / 0,24 para agua no decantada	0,24
DBO5 rápidamente biodegradable (DBO5r)	96,00 mg/l
Recirculación	1,20

DBO5 rápidamente biodegradable a deducir de la que entra en el reactor anaerobio por posible presencia, aún en muy bajas concentraciones, de oxígenos y de nitratos:

6,00 mg/l





## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



DBO5 rápidamente biodegradable en el reactor anaerobio ( $DBO5_{ran} = (DBO5_r - 8) / (1+R)$ ):

40,91 mg/l

El factor de propensión  $P_f$  de Marais, viene dado por la expresión:  $P_f = (DBO5_{ran} - 13) \times f_{xa}$ , siendo  $f_{xa}$  la fracción de fangos activados en fase anaerobia con relación a la masa total de fangos. Los valores recomendados por Marais son los siguientes:

	$f_{xa}$ : 0,20
DBO5 (disuelta) < 135 mg/litro	a 0,25
	$f_{xa}$ : 0,15
135 mg/litro < DBO5 d < 230 mg/litro	a 0,20
	$f_{xa}$ : 0,10
DBO5 d > 230 mg/litro	a 0,15

La recirculación de fangos se realizará a cabecera de la cámara de desfosfatación, y el caudal de agua pretratada entrará en el selector.

En nuestro caso, podemos suponer  $DBO5\ d = 2/3$  de la DBO5 de entrada:

266,67 mg/l

El sistema Bio-P comprende cierto número de tanques anaerobios con el fin de asegurar una eliminación eficiente del Fósforo por vía biológica, así como una buena sedimentación de los fangos. En el sistema Bio-P, las aguas residuales se mezclan con los fangos de retorno desde el decantador secundario.

En la sección Bio-P se proporcionan condiciones favorables para los microorganismos que acumulan Fósforo en sus células que otros microorganismos en condiciones aerobias. Esto significa que una gran parte del contenido de Fósforo en las aguas residuales se puede incorporar a los fangos, reduciendo así la cantidad de productos químicos utilizada en la precipitación.

En el selector, las aguas residuales pretratadas se mezclan con el efluente de la sección Bio-P. Esto da como resultado una alta carga de fangos, que promueve el desarrollo de los microorganismos con una buena capacidad de sedimentación de los fangos. Al mismo tiempo, la absorción / degradación del sustrato se efectúa en condiciones aerobias, lo cual limita el desarrollo de microorganismos filamentosos y reduce con eficacia el riesgo de grandes volúmenes de fango.

### CAMARA ANAEROBIA

Nº de líneas adoptadas	1,00 ud
Altura útil	4,00 m
Altura de resguardo	0,50 m
Altura total	4,50 m

### COMPARTIMENTACION

#### PREDESNITRIFICACION

Tiempo de retención de cálculo a caudal medio	15,00 min
---	-----------



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Volumen de cálculo	25,00	m3
Dimensiones		
	Largo	3,00 m
	Ancho	3,00 m
Superficie adoptada	9,00	m2
Volumen adoptado	36,00	m3
Tiempo de retención real a caudal medio	21,60	min

Para determinar la potencia necesaria para mantener en suspensión los sólidos del licor mixto, utilizaremos la siguiente expresión:  $P = 8,125 \ln M - 48,75 =$

Siendo M =	7.000,00	mg/l
P =	23,19	W/m3
Pt =	834,70	W
Nº de agitadores instalados	1,00	ud
Potencia unitaria	1.500,00	W
Potencia total	1.500,00	W

### Sistema biológico de eliminación de P

Tiempo de retención de cálculo a caudal medio	60,00	min
Volumen de cálculo	100,00	m3
Dimensiones		
	Largo	8,00 m
	Ancho	3,00 m
Superficie adoptada	24,00	m2
Volumen adoptado	96,00	m3
Tiempo de retención real a caudal medio	57,60	min

Para determinar la potencia necesaria para mantener en suspensión los sólidos del licor mixto, utilizaremos la siguiente expresión:  $P = 8,125 \ln M - 48,75 =$

Siendo M =	2.000,00	mg/l
P =	13,01	W/m3
Pt =	1.248,70	W
Nº de agitadores instalados	2,00	ud
Potencia unitaria necesaria	624,35	W
Potencia unitaria adoptada	1.000,00	W
Potencia total adoptada	2.000,00	W

### SELECTOR

Tiempo de retención de cálculo a caudal medio	30,00	min
Volumen de cálculo	50,00	m3
Dimensiones		
	Largo	6,00 m
	Ancho	3,00 m
Superficie adoptada	18,00	m2
Volumen adoptado	72,00	m3



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Tiempo de retención real a caudal medio 43,20 min

### Potencia para agitación

Para determinar la potencia necesaria para mantener en suspensión los sólidos del licor mixto, utilizaremos la siguiente expresión:  $P = 8,125 \ln M - 48,75 =$

Siendo M =	2.000,00 mg/l
P =	13,01 W/m <sup>3</sup>
Pt =	936,53 W
Nº de agitadores instalados	1,00 ud
Potencia unitaria	1.500,00 W
Potencia total	1.500,00 W

### Volumen total de la cámara anaerobica

**204,00 m<sup>3</sup>**

Tiempo total de retención a caudal medio

2,04 h

### Cálculo del P eliminado

Volumen Oxico + Anóxico del reactor biológico	4.618,60 m <sup>3</sup>
Volumen total de la cámara anaerobica	204,00 m <sup>3</sup>
Volumen total del reactor (Anaerobico+Anoxico+Oxico)	4.822,60 m <sup>3</sup>
fxa adoptado	12%
Pf = (DBO5ran - 13) * fax	3,35 mg/l
Edad del fango adoptada en el reactor	18,00 dias
PD = Fósforo eliminado biológicamente (gr de P/100 gr de DBO5 eliminada)	gr P/100
PD = (0,35 - 0,29 x e <sup>(-0,40 Pf)</sup> ) x 71 / (1 + 0,16 Ef)	6,40 grDBO5e
DBO5 eliminada	900,00 mg/l
P máximo que podría eliminarse biologicamente (masa activa)	57,64 mg/l
P contenido en la materia orgánica inerte	gr P/100
P MOI = (0,034 / (0,16 + 1/Ef)) + 0,225	0,38 grDBO5e
P máximo que podría eliminarse biologicamente (masa inerte)	3,44 mg/l
P entrada	13,00 mg/l
P salida	2,00 mg/l
Fangos biológicos en exceso	765,00 kg/dia
Kg de P que salen con los fangos en exceso	53,55 kg/dia
	kg P /kg
P eliminado con los fangos en exceso	0,07 Fe
P en el efluente debido a los SS	2,53 mg/l
P decantable en decantación secundaria	1,50 mg/l
P en el efluente	1,03 mg/l
Rendimiento de eliminación biológica del P	92,1%



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



### 4.2 ELIMINACIÓN QUÍMICA

Al objeto de garantizar una concentración máxima de 2 mg/l de P en el efluente, se proyecta una instalación de almacenamiento y dosificación de cloruro férrico para su utilización en caso de emergencia.

#### Cargas de P en el agua bruta

Concentración de P en agua bruta	13,00 mg/l
Carga de P en agua bruta	31,20 kg/día

#### Cargas de P en el efluente tratado

(p) Concentración de P en el efluente tratado	2,00 mg/l
Cargas de P en el efluente tratado	4,80 kg/día

#### Reducción del fósforo por asimilación de los fangos activos

(a) P sedimentable	1,30 mg/l
DBO5 eliminada	900,00 kg/día
Fangos biológicos en exceso	765,00 kg/día
% de MV de los Fangos en exceso	65%
MV de los Fangos en exceso	497,25 kg/día
P eliminado con los fangos biológicos en exceso.	1,20 gr P/100 grDBO5e
P eliminado con los Fe	10,80 kg/día
(b) P eliminado con los Fe	4,50 mg/l
% respecto a la MV de los fangos biológicos	1,41%
(c) P eliminado con los SS del efluente	0,60 mg/l
Cantidad de fósforo a eliminar por vía química	
P -p-(a)-(b)+(c)	5,80 mg/l
Cantidad de P eliminada	13,92 kg/día

#### Precipitación química

Producto a emplear	Cloruro férrico
<b>Datos del producto</b>	
Forma de suministro	líquido
Tipo de reactivo	cloruro férrico
Riqueza	0,42
Densidad	1,40
Tipo de suministro	camión cisterna

#### Dosificación

Dosificación media (mol Fe/mol P a eliminar)	1,50 mol/mol
Relación molar en peso Fe/P	1,81 kg/kg
Kg Fe / Kg P eliminado	2,71 kg/kg
Peso molecular del $\text{Cl}_3\text{Fe}$	162,50 gr/mol
Relación molar en peso Fe/ $\text{Cl}_3$	0,53



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



FeCl <sub>3</sub> /Kg P	5,15 kg/kg
Dosificación media de Cl <sub>3</sub> Fe puro	71,73 kg/día
=	2,99 kg/h
Dosificación media de CL <sub>3</sub> Fe comercial	170,79 kg/día
=	7,12 kg/h

### Consumos horarios de producto comercial

Caudal de dosificación medio	5,08 l/h
Producto comercial consumido	121,99 l/día
Autonomía requerida a dosis máxima	18,00 días
Almacenamiento requerido	2.195,91 l

### Almacenamiento

Forma de suministro	camión cisterna
Estado de suministro	líquido
Sistema de trasvase	Bombeo
Nº de bombas a instalar	1,00 Ud
Nº de bombas en servicio	1,00 Ud
Caudal unitario	10.000,00 l/h
Altura manométrica	10,00 m.c.a.
Potencia unitaria	1,00 kW
Sistema de almacenamiento	depósito cilíndrico vertical
Nº de depósitos a instalar	1,00 Ud
Nº de depósitos en servicio	1,00 Ud
Material	PRFV
Dimensiones	
Diámetro	1,20 m
Altura	3,00 m
Capacidad unitaria	3,39 m <sup>3</sup>
Capacidad total	3,39 m <sup>3</sup>
Tiempo real de almacenamiento	27,80 días
Control de nivel	medidor de nivel con interruptor de mínima con alarma

### Dosificación

Tipo de dosificación	volumétrica
Control	proporcional al caudal
Dosificador	bomba de membrana
Nº de unidades a instalar	2,00 Ud
Nº de unidades en servicio	1,00 Ud
Caudal medio unitario necesario	5,08 l/h
Caudal máximo unitario adoptado	10,00 l/h
Altura manométrica	30,00 mca
Potencia unitaria	25,00 W
Diámetro conducción	25,00 mm

### PRODUCCION DE FANGOS DEBIDO A LA PRECIPITACION DEL P

Peso de fósforo a eliminar medio:	13,92 kg/d
Moles del fósforo eliminados: <u>X x 1000 gr/d</u>	449,03 moles/d



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



31 gr/mol	
Moles PO <sub>4</sub> Fe formados:	449,03 moles/d
Peso de PO <sub>4</sub> Fe formado (151 gr/mol):	67,80 kg/d
Moles Fe (OH) <sub>3</sub> formados*:	449,03 moles/d
Peso de Fe (OH) <sub>3</sub> formado (107 gr/mol):	48,05 kg/d
Total fangos formados (PO <sub>4</sub> Fe+ Fe (OH) <sub>3</sub> ):	115,85 kg/día
Concentración:	8,00 kg/m <sup>3</sup>
Volumen diario:	14,48 m <sup>3</sup> /d

### 5 DECANTACIÓN SECUNDARIA

Nº de líneas	2,00 ud
Caudal medio horario	100,00 m <sup>3</sup> /h
Caudal punta horario	240,00 m <sup>3</sup> /h
Caudal medio por decantador	50,00 m <sup>3</sup> /h
Caudal punta por decantador	120,00 m <sup>3</sup> /h

#### CALCULO SEGÚN LA NORMA ALEMANA ATV-A131

##### DIAMETRO

qSV =	carga volumétrica de fangos	425,00 l/m <sup>2</sup> /h
SVI =	índice volumétrico de fangos	150,00 l/mg
M =	concentración en el reactor	3,00 mg/l
CSV = M x SVI	volumen comparativo de fangos	450,00 l/m <sup>3</sup>
qA = qSV / CSV =	carga hidráulica	0,94 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
RV =	relación de recirculación	1,00
DSRS =	concentración de fangos recirculados	7,50 g/l
DSTF =	concentración de fangos en el fondo decantador	8,33 g/l
tE = (DSTF x SVI / 1000) <sup>3</sup> =	tiempo de estancia	1,95 h
C = 300 tE + 500 =	Concentración Empírica	1.085,94 l/m <sup>3</sup>
S = Qp / qA	Superficie unitaria mínima necesaria	127,06 m <sup>2</sup>
Di =	Diámetro estricto unitario	12,72 m
Nº de decantadores		2,00 ud
Diámetro adoptado		14,00 m
Superficie unitaria real adoptada		153,86 m <sup>2</sup>
Carga hidráulica real a caudal medio		0,32 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Carga hidráulica real a caudal punta		0,78 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



### ALTURA

El calado del decantador a 1/3 del centro es la suma de las siguientes alturas

$h_1 =$  valor constante 0,50 m

$h_2 =$  altura de la zona de separación de sólidos

$h_2 = 0,5qA(1+RV)/(1-CSV/1000)$  1,42 m

$h_3 =$  altura de seguridad por lluvias

$h_3 = 0,45qSV(1+RV)/500$  0,77 m

$h_4 =$  altura de la zona de  
espesamiento

$H_4 = qSV \times t_e \times (1+RV) / C$  1,53 m

Con estos valores obtenemos  $HT =$  4,21

Teniendo en cuenta que existe un aliviadero de pluviales no consideramos  $h_3$

$HT =$  3,45 m

En vertical de vertedero con pendiente en el fondo de un 10%

$H_{vert}$  3,21

**Unidades instaladas** 2,00 Ud

**Diámetro adoptado** 14,00 m

**Altura bajo vertedero adoptada** 3,50 m

Tipo de decantador Rasquetas

Superficie unitaria 153,86 m<sup>2</sup>

Volumen unitario por decantador 574,41 m<sup>3</sup>

Longitud vertedero 43,98 m

Velocidad ascensional real a caudal medio 0,32 m/h

Velocidad ascensional real a caudal máximo 0,78 m/h

Tiempo de retención a caudal medio 11,49 h

Tiempo de retención a caudal medio necesario > 3,5 h

Carga sólidos por unidad de superficie a caudal medio 0,97 kg/m<sup>2</sup>/h

Carga s. por unid. de superficie nec. a caudal medio exigida < 2 kg/m<sup>2</sup>/h

Carga sólidos por unidad de superficie a caudal punta 2,34 kg/m<sup>2</sup>/h

Carga sólidos por unidad de superficie a caudal punta exigida < 4 kg/m<sup>2</sup>/h

Carga sobre vertedero a caudal medio < 5 1,14 m<sup>3</sup>/ml h

Carga sobre vertedero a caudal punta < 10 2,73 m<sup>3</sup>/ml h

### BOMBEO DE ESPUMAS Y FLOTANTES

Sistema de barrido Barredor superficial adosado al  
puente del dec.

Sistema de recogida Tolva



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Sistema de evacuación	A concentrador de grasas	
Tipo de bomba	Centrifuga sumergible	
Nº de bombas en servicio		1,00 ud
Nº de bombas de reserva		1,00 ud
Nº de bombas instaladas		2,00 uds
Caudal unitario		10,00 m3/h
Altura manometrica		8,00 m.c.a.
Destino de las espumas y flotantes	Concentrador de grasas	

## 6 TRATAMIENTO DE FANGOS

### 6.1 BALANCE DE FANGOS

#### FANGOS EN EXCESO DERIVADOS DE LA DBO

Peso de DBO5 que entran al biológico	960,00	kg/dia
Peso de DBO5 que sale del biológico	60,00	kg/dia
Peso de DBO5 eliminada	900,00	kg/dia
Fangos biológicos en exceso	765,00	kg/dia
Concentración del fango purgado del decantador 2º	7,50	kg/m3
Volumen de fangos biológicos purgados	102,00	m3/dia

#### FANGOS DERIVADOS DE LA ELIMINACION DEL P

Total fangos formados ( $\text{PO}_4 \text{ Fe} + \text{Fe} (\text{OH})_3$ ):	115,85	kg/dia
Concentración del fango purgado	7,50	kg/m3
Volumen de fangos debidos a la eliminación del P	115,85	m3/dia

#### BOMBEO DE FANGOS

Volumen de fangos a purgar	217,85	m3/dia
Lugar de envio	Espesamiento por gravedad	
Forma de envio	Bombeo	
Tipo de bomba	Centrifuga sumergible	
Tiempo de purga	12,00	h/d
Nº de bombas en servicio	1,00	ud
Nº de bombas de reserva	1,00	ud
Nº de bombas instaladas	2,00	ud
Caudal de purga teórico	18,15	m3/h
Caudal mínimo de la bomba	18,15	m3/h
Caudal de la bomba adoptado	10,00	m3/h
Altura manométrica	6,00	mca





## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Sistema de control

Temporizado-  
programado

### 6.2 ESPESAMIENTO DE FANGOS

Tipo de espesador	Por gravedad	
Fangos a espesar	880,85	kg/día
Concentración promedia	7,50	kg/m <sup>3</sup>
Volumen de fangos a espesar	117,45	m <sup>3</sup> /día
Caudal de espesamiento horario	10,00	m <sup>3</sup> /h
PARAMETROS DE CALCULO		
Carga de sólidos <	30,00	kg/m <sup>2</sup> /día
Carga hidráulica <	0,45	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Tiempo de retención de fangos >	24,00	h
Concentración fango espesado <	30,00	gr/l
<b>Número de espesadores</b>	<b>1,00</b>	<b>ud</b>
Tipo = rasquetas con picket-fence vertical central		
Accionamiento = central		
Superficie mínima necesaria	29,36	m <sup>2</sup>
Por carga hidráulica	22,22	m <sup>2</sup>
Por carga de sólidos	29,36	m <sup>2</sup>
Diámetro mínimo necesario	6,12	m
<b>Diámetro adoptado</b>	<b>7,00</b>	<b>m</b>
Superficie real unitaria	38,47	m <sup>2</sup>
Superficie real	38,47	m <sup>2</sup>
Carga de sólidos máxima real	22,90	kg/m <sup>2</sup> /día
Carga hidráulica real	0,26	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Pendiente del fondo	13,00	%
Volumen a tratar	117,45	m <sup>3</sup> /día
Concentración de fangos espesados	30,00	kg/m <sup>3</sup>
Concentración promedia	15,00	kg/m <sup>3</sup>
Volumen total necesario	93,96	m <sup>3</sup>
Volumen unitario necesario	93,96	m <sup>3</sup>
Altura útil mínima	2,44	m
<b>Altura útil adoptada</b>	<b>3,50</b>	<b>m</b>
Altura de resguardo	0,50	m
<b>Altura total</b>	<b>4,00</b>	<b>m</b>
Capacidad real unitaria	140,46	m <sup>3</sup>
Capacidad real total	140,46	m <sup>3</sup>

Anejo N°6 Dimensionamiento funcional



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Tiempo de retención hidráulico	1,20	días
Tiempo de retención de sólidos	2,39	días
Volumen de fangos espesados	29,36	m3/día
Concentración del fango espesado	30,00	kg/m3
<b>PRODUCCION DE SOBRENADANTES</b>		
Volumen de sobrenadante de los espesadores	88,09	m3/m2/h
Destino de los sobrenadantes	Red de sobrenadantes	

### 6.3 ACONDICIONAMIENTO DE FANGOS

#### FLOCULACION PREVIA

Peso de fangos por día útil	1.233,19	kg/d
Reactivo :	Polielectrolito	
Dosis media	5,00	kg/tn
Dosis máxima	6,00	kg/tn
Consumo medio diario	6,17	kg/día
Consumo máximo diario	7,40	kg/día
Horas de funcionamiento	8,00	h/día
Consumo medio horario	0,77	kg/h
Consumo máximo horario	0,92	kg/h
Concentración de la solución madre	0,50	%
Consumo de solución madre medio diario	1.233,19	l/día
Consumo de solución madre máximo diario	1.479,83	l/día
Consumo de solución madre medio horario	154,15	l/h
Consumo de solución madre máximo horario	184,98	l/h
Dilución en la línea de dosificación	0,10	%

#### EQUIPO DE DOSIFICACION

Unidad compacta de preparación y dosificación	1,00	ud
Numero de unidades compactas	1,00	uds
Capacidad de la unidad compacta	1.700,00	l

#### Dosificación

Tipo de bomba	Tornillo helicoidal	
Nº de bombas dosificadoras en servicio	1,00	uds
Nº de bombas dosificadoras de reserva	1,00	uds
Nº de bombas dosificadoras instaladas	2,00	uds
Caudal nominal unitario mínimo	184,98	l/h
Caudal nominal unitario adoptado	DE 50 A 500	l/h
Altura manométrica	10	m.c.a.
Regulación	Mediante variador de velocidad	

### 6.4 DESHIDRATACIÓN DE FANGOS



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Peso de fangos a deshidratar	880,85	kg/día
Concentración de entrada	30,00	kg/m3
Volumen de fangos deshidratar	29,36	m3/día
Días semanales de secado	5,00	días/semana
Horas diarias de secado	8,00	h/día
Carga diaria	1.233,19	kg/día
Carga horaria	154,15	kg/h
Volumen horario	5,14	m3/h

### BOMBEO

Tipo	Tornillo helicoidal	
Nº de bombas en servicio	1,00	Ud
nº de bombas de reserva	1,00	Ud
Nº de bombas instaladas	2,00	Ud
Caudal máximo a bombear por bomba	5,14	m3/h
Rango de caudal unitario	DE 3 A 8	m3/h
Altura manométrica	10,00	mca
Regulación	Mediante variador electrónico	

### SECADO

Tipo de secado	Centrifuga	
Nº de centrifugas en servicio	1,00	Ud
Nº de centrifugas de reserva	0,00	Ud
Nº de centrifugas a instalar	1,00	Ud
Caudal unitario necesario de centrifuga	5,14	m3/h
Caudal unitario de centrifuga adoptado	<b>6,00</b>	m3/h
Concentración de fango seco	22,00	%

## 6.5 ALMACENAMIENTO DE FANGOS SECOS

Peso de fangos a secar por día útil	1.233,19	kg/d
Volumen de fangos a secar por día útil	41,11	m3/día
Sequedad obtenida	22	%
Volumen de fangos secos por día útil	5,61	m3/día
Densidad de la torta	1,10	T/m3
Peso de fangos secos por día útil	6,17	T/d

Transporte de fangos secos

Bomba de Tornillo helicoidal



## ANTEPROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOS YÉBENES (TOLEDO)



Tipo	Tornillo helicoidal	
Nº de bombas en servicio	1,00	Ud
nº de bombas de reserva	0,00	Ud
Nº de bombas instaladas	1,00	Ud
Caudal máximo a bombear por bomba	0,70	m3/h
Rango de caudal unitario	1,00	m3/h
Altura manométrica	50,00	mca
Regulación	Mediante variador electrónico	
Destino del fango seco	Tolva	
Capacidad de almacenamiento	4,00	días
Volumen necesario de almacenamiento	22,42	m3
Nº de silos	1,00	Ud
Capacidad de cada silo necesario	22,42	m3
Volumen adoptado	30,00	m3
Tiempo real de almacenamiento	5,35	días
Sobrenadantes del secado	35,50	m3/día
Destino	Vaciados y sobrenadantes	