

ÍNDICE CÁLCULOS

ÍNDICE CÁLCULOS.....	153
Capítulo 14: Caudales.....	155
14.1. Caudal medio (Q_m).....	155
14.2. Caudal diario (Q_d).....	156
14.3. Caudal punta (Q_p).....	156
14.4. Coeficiente punta.....	156
14.5. Caudal punta lluvioso.....	156
Capítulo 15: Cargas contaminantes	157
15.1. DQO.....	157
15.2. DBO_5	158
15.3. NKT.....	158
15.4. P_{total}	159
15.5. SS.....	159
Capítulo 16: Bombeo principal.....	161
16.1. Cañería de impulsión.....	161
16.1.1. Pérdidas de carga.....	162
16.2. Elección de la bomba.....	164
16.2.1. Potencia de la bomba.....	164
Capítulo 17: Alividero y by-pass general	165
Capítulo 18: Desbaste	166
18.1. Reja de barras.....	166
Capítulo 19: Eliminación de arenas.....	169
Capítulo 20: Decantación primaria	171
Capítulo 21: Tratamiento biológico	174
21.1. DBO_5 de los SS del efluente.....	175
21.2. DBO_5 que escapa al tratamiento.....	175
21.3. Eficiencia.....	175

21.4.	Volumen del reactor.....	176
21.5.	Fango a purgar diariamente	177
21.6.	Fango a purgar en el reactor.....	178
21.7.	T_r hidráulica del reactor	178
21.8.	Relación F/M.....	178
21.9.	Carga volumétrica.....	179
21.10.	Relación de recirculación	179
21.11.	Demanda de oxígeno.....	179
21.12.	Caudal de aire necesario.....	179
21.13.	R_r para la concentración de SSLM	180
Capítulo 22:	Tratamiento y vertido de fangos.....	182
22.1.	Sedimentación primaria	183
22.2.	Fracción volátil del fango primario	183
22.3.	Proceso secundario	184
22.4.	Tanque de decantación secundaria.....	185
22.5.	Digestión del fango	186
Capítulo 23:	Habitantes equivalentes.....	189

CAPÍTULO 14:

CAUDALES

14.1. Caudal medio (Q_m)

Para poder calcular el caudal medio se tendrá en cuenta el número de habitantes y la dotación correspondiente, que es el número de litros de agua que consume un habitante por día.

El caudal medio se calcula de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{p \times d}{24.000}$$

- p: población (82.428 hab).
- d: dotación (300 l/hab/día).

$$Q_m = \frac{p \times d}{24.000} = \frac{82.428 \text{ hab} \times 300 \frac{\text{l}}{\text{hab} \times \text{día}}}{24.000} = 1.030,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

14.2. Caudal diario (Q_d)

A partir del caudal medio se puede calcular el caudal diario, que es el volumen de agua a tratar en un día.

$$Q_d = Q_m \times \frac{24h}{1día} = 1.030,35 \frac{m^3}{h} \times \frac{24h}{1día} = 24.728,4 m^3/día$$

14.3. Caudal punta (Q_p)

Es necesario estimar el caudal punta para poder sobredimensionar la planta depuradora en caso de producirse picos en la entrada del caudal, de este modo se asegura el correcto funcionamiento de dicha planta. Las previsiones se harán de tal manera que no se produzca bypass de las aguas residuales en la red de alcantarillado ni en el interior de la planta de tratamiento, por este motivo se proyectan pozos aliviaderos.

$$Q_p = Q_m \times \left(1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \right) = 1.030,35 \frac{m^3}{h} \times \left(1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{1.030,35 \frac{m^3}{h}}} \right) = 1.625,77 m^3/h$$

14.4. Coeficiente punta

$$\text{Coef. Punta} = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{1.625,77 m^3/h}{1.030,35 m^3/h} = 1,58$$

14.5. Caudal punta lluvioso

$$Q_{ll} = Q_m \times 3 = 1.030,35 m^3/h \times 3 = 3.091,05 m^3/h$$

CAPÍTULO 15:

CARGAS

CONTAMINANTES

Para el cálculo de las cargas contaminantes a tratar en la EDAR se utilizarán los parámetros de la siguiente tabla, donde se especifica la carga contaminante que genera cada habitante al día.

Tabla x. Cargas contaminantes por persona y día.

Parámetro	Carga (g/hab/día)
DQO	140
DBO ₅	70
NKT	10
P _{Total}	2,5
SS	80

15.1. DQO

La demanda química de oxígeno se calcula de la siguiente manera:

$$DQO = \frac{C \times \text{hab}}{Q_d} = \frac{140 \frac{\text{g}}{\text{hab} \times \text{día}} \times 82.428 \text{ hab}}{24.728,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 466,67 \text{ g/m}^3$$

A continuación se calcula el valor máximo de este parámetro:

$$\text{Valor. máximo. DQO} = DQO \times \text{Coef. Punta} = 466,67 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 1,58 = 737,34 \text{ g/m}^3$$

Por último se calcula la carga diaria expresada en Kg/día:

$$\text{Carga. Diaria. DQO} = DQO \times Q_d = 466,67 \frac{g}{m^3} \times \frac{0,001 kg}{1g} \times 24.728,4 \frac{m^3}{1día} = 11.540 \text{ Kg/día}$$

15.2. DBO₅

La DBO₅ de oxígeno se calcula de la siguiente manera:

$$DBO_5 = \frac{C \times hab}{Q_d} = \frac{70 \frac{g}{hab \times día} \times 82.428 hab}{24.728,4 \frac{m^3}{día}} = 233,33 \text{ g/m}^3$$

A continuación se calcula el valor máximo de este parámetro:

$$\text{Valor. máximo. DBO}_5 = DBO_5 \times \text{Coef. Punta} = 233,33 \frac{g}{m^3} \times 1,58 = 368,66 \text{ g/m}^3$$

Por último se calcula la carga diaria expresada en Kg/día

$$\text{Carga. Diaria. DBO}_5 = DBO_5 \times Q_d = 233,33 \frac{g}{m^3} \times \frac{0,001Kg}{1g} \times 24.728,4 \frac{m^3}{día} = 5.769,88 \text{ kg/día}$$

15.3. NKT

El nitrógeno total mediante Kjehdahl se calcula de la siguiente manera:

$$NKT = \frac{C \times hab}{Q_d} = \frac{10 \frac{g}{hab \times día} \times 82.428 hab}{24.728,4 \frac{m^3}{día}} = 33,33 \text{ g/m}^3$$

A continuación se calcula el valor máximo de este parámetro:

$$\text{Valor. máximo. NKT} = NKT \times \text{Coef. Punta} = 33,33 \frac{g}{m^3} \times 1,58 = 52,66 \text{ g/m}^3$$

Por último se calcula la carga diaria expresada en Kg/día

$$\text{Carga. Diaria. NKT} = \text{NKT} \times Q_d = 33,33 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{0,001 \text{ kg}}{1 \text{ g}} \times 24.728,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 824,18 \text{ Kg/día}$$

15.4. P_{total}

La cantidad de fósforo total se calcula de la siguiente manera:

$$P_{\text{Total}} = \frac{C \times \text{hab}}{Q_d} = \frac{2,5 \frac{\text{g}}{\text{hab} \times \text{día}} \times 82.428 \text{ hab}}{24.728,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 8,33 \text{ g/m}^3$$

A continuación se calcula el valor máximo de este parámetro.

$$\text{Valor. máximo. } P_{\text{Total}} = P_{\text{Total}} \times \text{Coef. Punta} = 8,33 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 1,58 = 13,16 \text{ g/m}^3$$

Por último se calcula la carga diaria expresada en Kg/día.

$$\text{Carga. Diaria. } P_{\text{Total}} = P_{\text{Total}} \times Q_d = 8,33 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{0,001 \text{ Kg}}{1 \text{ g}} \times 24.728,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 205,99 \text{ kg/día}$$

15.5. SS

La cantidad de sólidos en suspensión se calcula de la siguiente manera:

$$\text{SS} = \frac{C \times \text{hab}}{Q_d} = \frac{80 \frac{\text{g}}{\text{hab} \times \text{día}} \times 82.428 \text{ hab}}{24.728,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 266,67 \text{ g/m}^3$$

A continuación se calcula el valor máximo de este parámetro

$$\text{Valor. máximo. SS} = \text{SS} \times \text{Coef. Punta} = 266,67 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 1,58 = 421,33 \text{ g/m}^3$$

Por último se calcula la carga diaria expresada en Kg/día

$$\text{Carga. Diaria. SS} = \text{SS} \times Q_d = 266,67 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{0,001 \text{ kg}}{1 \text{ g}} \times 24.728,4 \frac{\text{m}^3}{1 \text{ día}} = 6.594,32 \text{ Kg/día}$$

CAPÍTULO 16:

BOMBEO PRINCIPAL

A continuación se proyecta el sistema de bombeo del colector principal, que agrupa el agua de toda la población. Para los cálculos se tendrá en cuenta el caudal punta lluvioso, que es el caudal máximo admisible por la EDAR: 3.091,05 m³/h.

16.1. Cañería de impulsión

Se calcula el diámetro de la cañería de impulsión mediante el cálculo del diámetro óptimo económico. Se recomienda una velocidad del fluido que esté entre 0,6 m/s y 2 m/s. En este caso se utilizará una velocidad intermedia a esta recomendación, 1,3 m/s.

Para calcular el diámetro mínimo se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times u}}$$

- D: diámetro mínimo.
- Q: caudal admisible (m³/s).
- U: velocidad del fluido (m/s).

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,86 \frac{m^3}{s}}{\pi \times 1,3 \frac{m}{s}}} = 0,92m$$

Se utilizará una cañería de de polietileno PN6 con unas dimensiones de diámetro interior 920,0 mm y de diámetro exterior 950,0 mm.

16.1.1.

Pérdidas de carga

La pérdida de carga se calculará con la siguiente ecuación:

$$h_f = f \frac{L \times u^2}{2 \times g \times D}$$

- f: coeficiente de fricción.
- L: longitud equivalente de la tubería.
- U: velocidad del fluido.
- D: diámetro de la tubería.
- g: gravedad.

A continuación se calculan los parámetros necesarios para resolver esta ecuación.

Cálculo del número de Reynolds:

$$Re = \frac{4 \times Q \times \rho}{\mu \times \pi \times D}$$

- Q: caudal del fluido.
- ρ : densidad del fluido 998,20 kg/m³. (a 20 °C)
- μ : viscosidad del fluido 1,007·10⁻³ Kg/m·s (a 20 °C).
- D: diámetro de la tubería.

$$Re = \frac{4 \times 0,86 \frac{m^3}{s} \times 998,200 \frac{Kg}{m^3}}{1,007 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{m \times s} \times \pi \times 0,92 m} = 1,18 \times 10^6$$

Cálculo de la rugosidad relativa:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{1 mm}{920 mm} = 0,00108$$

A partir de los cálculos anteriores y utilizando el diagrama de Moody se obtiene $f = 0,0205$

Cálculo de la longitud equivalente:

Utilizando el monograma de Crane Co. De Vilbrandt: Chem. Eng. Plant. Desing se calcula la longitud equivalente de un codo medio de 90 °C de diámetro 0,92m, que es de 25 m.

En el bombeo principal habrá 400 metros de tubería y 3 codos.

$$L(\text{total}) = L(\text{cañería}) + L(\text{accesorios}) = 400 \text{ m} + 25 \text{ m} \times 3 = 475 \text{ m}.$$

Cálculo de la pérdida de carga en la cañería de impulsión:

Volviendo a la ecuación anterior y sustituyendo los parámetros obtenidos:

$$h_f = f \frac{L \times u^2}{2 \times g \times D} = 0,0205 \frac{475 \text{ m} \times 1,3^2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,92 \text{ m}} = 0,912 \text{ m}$$

Cálculo de la altura total:

El pozo de bombeo está situado 3 metros por debajo del colector principal y según el suministrador la pérdida de carga de las cañerías que suben del pozo hasta el colector es de 3,2 m.

La pérdida de carga total es:

$$P_{\text{total}} = 3,2 \text{ m} + 0,912 \text{ m} = 4,112 \text{ m}$$

La altura total es:

$$H(\text{total}) = H(\text{geométrica}) + \text{Pérdida de carga} = 3 \text{ m} + 4,112 \text{ m} = 7,112 \text{ m}$$

16.2. Elección de la bomba

Se utilizará el modelo de bomba sumergible para aguas residuales FLYGT N 3202 con tecnología "N" antiatacos.

El caudal admisible por la EDAR es 3.091,05 m³/h. Por lo que serán necesarias 3 unidades más una unidad de reserva, con una capacidad unitaria de 1.440 m³/h.

16.2.1. Potencia de la bomba

Para calcular la potencia de la bomba se utiliza la ecuación de Degremont:

$$P = \frac{Q \times H_{total}}{\mu \times 366}$$

- P: potencia a suministrar por la bomba en kW.
- Q: caudal que suministra la bomba m³/h.
- H_{total}: altura total.
- μ: rendimiento de la bomba.

$$P = 3 \frac{1.440 \frac{m^3}{h} \times 7,112 m}{0,754 \times 366} = 37,11 kW$$

CAPÍTULO 17:

ALIVIDERO Y BY-PASS

GENERAL

A la entrada de la planta se instala un aliviadero de seguridad para admitir un caudal máximo de 3.091,05 m³/h, con un tiempo de retención de 30 min.

$$\text{Volumen. Aliviadero} = 3.091,05 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 30 \text{ min} \times \frac{1\text{h}}{60\text{min}} = 1.545,525 \text{ m}^3$$

Cuando este volumen se supere, se abrirá la compuerta manual del by-pass general.

CAPÍTULO 18:

DESBASTE

18.1. Reja de barras

La siguiente tabla muestra los requisitos de la reja de barras.

característica	Limpieza manual	Limpieza mecánica
tamaño de la barra		
Anchura	5 – 15 mm	5 – 15 mm
Profundidad	25 – 37,5 mm	25 – 37,5 mm
Separación entre barras	25 – 20 mm	15 – 75 mm
Velocidad de aproximación	≈ 0,45 m/s	≥ 0,4 m/s
Velocidad de paso entre rejas	≈ 0,85 m/s	≤ 0,9 m/s
Pérdida de carga admisible	150 mm	150 mm

Cálculo de la velocidad de aproximación del agua a la reja:

Para este parámetro se recomienda una velocidad igual o superior a 0,4 m/s para evitar la sedimentación de residuos y arenas.

Utilizando la siguiente fórmula:

$$v = \left(\frac{Q \times S^{3/2}}{4 \times \pi \times n^3} \right)^{1/4}$$

- Q: caudal punta (m³/s).
- S: pendiente del canal (m).
- n: coeficiente de rugosidad.

El canal se proyectará con una pendiente de 0,00075 m. y un material con un coeficiente de rugosidad de 0,015.

$$v = \left(\frac{0,452 \frac{m^3}{s} \times 0,00075^{3/2} m}{4 \times \pi \times 0,015^3} \right)^{1/4} = 0,684 \text{ m/s}$$

La velocidad obtenida cumple con la recomendación.

Cálculo de la velocidad de paso entre la reja:

Esta velocidad debe ser mayor que la de aproximación a la reja. Esto se consigue aumentando la pendiente del canal en el tramo donde se proyecta la reja. Se recomienda una velocidad igual o inferior a 0,9 m/s para evitar el arrastre de basura.

El tramo de canal se proyectará con una pendiente de 0,00085 m. y un material con un coeficiente de rugosidad de 0,015.

$$v = \left(\frac{0,452 \frac{m^3}{s} \times 0,00085^{3/2} m}{4 \times \pi \times 0,015^3} \right)^{1/4} = 0,71 \text{ m/s}$$

La velocidad obtenida cumple con la recomendación.

Cálculo de la pérdida de carga:

Para la reja, la pérdida de carga se produce al circular el agua a través de ella. Depende de la velocidad de aproximación del agua y de la velocidad de circulación a través de la reja. El valor máximo admisible es de 150 mm.

La pérdida de carga se puede estimar con la siguiente ecuación:

$$h_f = \frac{1}{0,7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2 \times g} \right)$$

- h_f : pérdida de carga (m.)
- V : velocidad de circulación a través de la reja (m/s).
- v : velocidad de aproximación a la reja (m/s)
- g : gravedad (m^2/s)

$$h_f = \frac{1}{0,7} \left(\frac{0,71^2 \text{ m/s} - 0,68^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \right) = 0,00304 \text{ m} = 3,036 \text{ mm}$$

El valor obtenido cumple con la recomendación.

Cálculo del radio hidráulico:

Es la relación entre el área mojada y el perímetro mojado del canal. Para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula, usando el valor para la inclinación del canal del tramo anterior a las rejillas, es decir, 0,00075 m.

$$R_h = \left(\frac{v \times n}{S^{1/2}} \right)^{3/2}$$

- v: velocidad de aproximación a la rejilla. (m/s)
- n: coeficiente de rugosidad del canal.
- S: pendiente del canal. (m)

$$R_h = \left(\frac{0,68 \text{ m/s} \times 0,015}{0,00075^{1/2} \text{ m}} \right)^{3/2} = 0,23 \text{ m}$$

Cálculo de las dimensiones de canal:

Para un canal rectangular se utiliza la siguiente fórmula donde la anchura es X y el calado es X/2:

$$R_h = \left(\frac{x \frac{x}{2}}{\frac{x}{2} + x + \frac{x}{2}} \right) = \frac{x}{4}$$

Sabiendo el radio hidráulico se obtiene:

$$\text{Anchura} = x = 4R_h = 4 \times 0,23 \text{ m} = 0,92 \text{ m}$$

$$\text{Calado} = \frac{x}{2} = \frac{0,92 \text{ m}}{2} = 0,46 \text{ m}$$

Se proyectará un canal de 1 m. de anchura por 0,5 m. de calado, para tener unas medidas normalizadas y una rejilla con 16 barras de 10 mm de ancho separadas entre sí 50 mm.

CAPÍTULO 19:

ELIMINACIÓN DE

ARENAS

Se proyecta un desarenador aireado para el tratamiento de aguas residuales mixtas. Para determinar el volumen del desarenador hay que tener en cuenta que es preciso vaciar periódicamente el tanque por lo que se incluirá un tanque de reserva.

Los datos que se supondrán para proyectar el proceso de eliminación de arenas están extraídos del libro Metcalf & Eddy, Ingeniería de aguas residuales, Editorial McGraw-Hill.

Elemento	Valor	
	Intervalo	Típico
Tiempo de retención	2 – 5 min	3 min
Profundidad	2 – 5 m	
Longitud	7,5 – 20 m	
Anchura	2,5 – 7 m	
Relación anchura-profundidad	1:1 a 5:1	1,5 : 1
Relación longitud-anchura	3:1 a 5:1	4 : 1
Suministro de aire	0,18 – 0,45 m ³ O ₂ /min·m	
Cantidad de arena	4 – 195 cm ³ /m ³	15 cm ³ /m ³

Cálculo del volumen del desarenador

Se proyectarán 3 tanques y el tiempo de retención será de 4 minutos. Se realizarán los cálculos utilizando el caudal punta.

$$\text{Volumen. Desarenador} = \frac{1}{2} \times Q \times t_r$$

$$\text{Volumen. Desarenador} = \frac{1}{2} \times 0,45 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 4 \text{ min} \times \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) = 54 \text{ m}^3$$

Cálculo de las dimensiones de desarenador

Se utiliza una relación anchura profundidad de **1,2:1** y se supone una profundidad de 3 metros.

$$\text{Anchura} = 1,2 \times 3 = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Longitud} = \frac{\text{volumen}}{\text{anchura} \times \text{profundidad}} = \frac{54 \text{ m}^3}{3,6 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 5 \text{ m}$$

Cálculo del suministro de aire necesario

Se supone adecuado un suministro de aire de 0,45 m³/min.m.

$$\text{Suministro. necesario} = \text{longitud} \times \text{suministro} = 5 \text{ m} \times 0,45 \frac{\text{m}^3}{\text{min} \times \text{m}} = 2,25 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Cálculo del volumen de arena a tratar

Se estima una cantidad media de arena a extraer y tratar de aproximadamente 50 cm³/m³.

$$\text{Volumen. arena} = Q \times \text{Cantidad. media}$$

$$\text{Volumen. arena} = 0,45 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 50 \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3} \times \frac{86.400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000.000 \text{ cm}^3} = 1,95 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

CAPÍTULO 20:

DECANTACIÓN

PRIMARIA

Para proyectar el tanque de decantación primaria se tendrá en cuenta el caudal punta. Se utilizarán 3 tanques dispuestos en paralelo. La tabla siguiente muestra algunas recomendaciones para el diseño del tanque:

Tanque rectangular	Valor	
	Intervalo	Intervalo
Profundidad	3 – 4,5 m	3,6 m
Longitud	15 – 90 m	25 – 45 m
Anchura	3 – 25 m	5 – 10 m
Velocidad de los rascadores	0,02 – 0,05 r/min	0,03 r/min

Cálculo del volumen del decantador primario

Los tanques se utilizaran como tratamiento previo a las unidades de tratamiento biológico y se proyectarán para un tiempo de retención de una hora.

$$\text{Volumen. tanque} = \frac{1}{3} \times Q \times t_r$$

$$\text{Volumen. tanque} = \frac{1}{3} \times 0,45 \frac{m^3}{s} \times 1 h \times \frac{3600 s}{1 h} = 540 m^3$$

Cálculo de las dimensiones del tanque

Para determinar las dimensiones del tanque de decantación primaria se utiliza una relación diámetro profundidad de 12:1 y se supone una profundidad de 4 metros.

$$\text{Diámetro} = 12 \times 4 m = 48 m$$

Cálculo de las dimensiones de la campana central

El tanque consta de dos brazos provistos de rascadores que giran a una velocidad de 0,04 r/min, en la zona central, el agua residual pasa por una campana diseñada para distribuir el flujo uniformemente en todas las direcciones, esta campana central tiene un diámetro que representa el 20% del diámetro total del tanque, con una profundidad de 2,5 m.

$$\text{Diámetro. campana} = 48 \text{ m} \times \frac{20}{100} = 9,6 \text{ m}$$

Cálculo del volumen de fango producido

Para estimar el volumen de fango producido por cada 405 m³ de agua residual se tiene en cuenta la carga contaminante de sólidos en suspensión (SS), el tiempo de retención del tanque y el rendimiento de eliminación de sólidos suspendidos, que se supone del 60%.

$$\text{Sólidos. secos} = (\text{SS}) \times \text{Volumen. tanque} \times \text{rendimiento}$$

$$\text{Sólidos. secos} = 266,67 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times 540 \text{ m}^3 \times \frac{60}{100} = 86,40 \text{ kg}$$

Para determinar el volumen de fango se utilizan los datos de la siguiente tabla del libro Metcal & Eddy, Ingeniería de aguas residuales, Editorial McGraw-Hill.

Tipo de fango	Peso específico	Concentración de sólidos secos (%)	
		Intervalo	Típico
Únicamente fangos primarios	1,03	4 - 12	6
AR de concentración media	1,05	4 - 12	6,5
AR procedente de redes de alcantarillado unitarias	1,03	2 - 6	3
Primarios y fangos activados en exceso	1,03	4 - 10	5
Primarios y humus de filtros perforadores	1,03	4 - 12	6

Se utiliza como valor del peso específico 1,03 porque se tiene en cuenta el exceso de fango activado que se pueda añadir al agua a tratar para su sedimentación y espesado junto con el fango primario.

Se deberán tomar las medidas oportunas para poder tratar fangos ligeros y floculentos con contenidos de humedad del 98 al 95,5 %, por tanto contendrá un 2% de sólidos secos.

$$\text{Volumen. fango} = \frac{\text{peso. sólidos. secos}}{\text{peso. específico} \times \text{sólidos}(\%)}$$

$$\text{Volumen. fango} = \frac{86,40 \text{ kg}}{1,03 \times \frac{2}{100} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{\text{m}^3}} = 4,19 \text{ m}^3$$

CAPÍTULO 21:

TRATAMIENTO

BIOLÓGICO

Se proyecta un sistema de fangos activados de mezcla completa y las instalaciones de decantación secundaria para el tratamiento de un caudal de $0,45 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua residual decantada con $233,3 \text{ mg/l}$ de DBO_5 a una temperatura de 20°C . El efluente debe contener menos de 25 mg/l de DBO_5 .

1. Los sólidos suspendidos volátiles del afluente al reactor son despreciables.
2. La relación entre sólidos suspendidos volátiles del líquido mezcla (SSVLM) y los sólidos suspendidos del líquido mezcla (SSLM) es de $0,8$.
3. La concentración del fango de retorno es de 10.000 mg/l de sólidos suspendidos (SS).
4. La concentración de los sólidos suspendidos volátiles del líquido mezcla (SSVLM) es de 3.500 mg/l .

$$3.500 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 0,8 \times \text{SSLM}$$

$$\text{SSLM} = 4.375 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

5. El tiempo medio de retención celular (t_c) es de 10 días.
6. El efluente contendrá 22 mg/l de sólidos biológicos, de los que el 65% son biodegradables.
7. $\text{DBO}_5 = f \cdot \text{DBO}_L$ (siendo $f = 0,68$).
8. El agua residual contiene nitrógeno y fósforo y otros nutrientes a nivel de trazas en cantidades suficientes para el crecimiento biológico.
9. El caudal punta sostenido de un día es $1,58$ veces el caudal medio.

Partiendo de la premisa:

$\text{DBO}_5 \text{ del efluente} = \text{DBO}_5 \text{ SS del efluente} + \text{DBO}_5 \text{ soluble del afluente que escapa al tratamiento.}$

Se determina la DBO_5 de los sólidos suspendidos (SS) del efluente:

21.1. DBO₅ de los SS del efluente

Primero se calcula la fracción biodegradable de los sólidos biológicos del efluente.

$$\text{Fracción. biodegradable. SB. efluente} = 22 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \frac{65}{100} = 14,3 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

En la respiración endógena, si todas las células se oxidan por completo, la DBO última de las células equivale a 1,42 veces el valor de la concentración de células. Por tanto se tiene la DBO_L de los sólidos biodegradables del efluente.

$$\text{DBO}_L \text{.SB. efluente} = 14,3 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 1,42 \frac{\text{mgO}_2 \text{ consumido}}{\text{mg. célula. oxidada}} = 20,3 \frac{\text{mgO}_2 \text{ consumido}}{\text{l}}$$

Partiendo de la igualdad DBO₅ = 0,68 · DBO_L

$$\text{DBO}_5 \text{.SS. efluente} = 0,68 \times 20 \frac{\text{mgO}_2 \text{ consumido}}{\text{l}} = 13,8 \frac{\text{mgO}_2 \text{ consumido}}{\text{l}}$$

Se obtiene como resultado de la DBO₅ de los sólidos suspendidos (SS) del efluente 13,8 mgO₂consumido / l.

21.2. DBO₅ que escapa al tratamiento

El efluente debe contener menos de 25 mg/l de DBO₅.

$$25 \frac{\text{mgO}_2 \text{ consumido}}{\text{l}} = 13,8 \frac{\text{mgO}_2 \text{ consumido}}{\text{l}} + S$$

$$S = (25 - 13,8) \frac{\text{mgO}_2 \text{ consumido}}{\text{l}} = 11,2 \frac{\text{mgO}_2 \text{ consumido}}{\text{l}}$$

Se obtiene como resultado de la DBO₅ soluble) del efluente 11,2 mgO₂consumido / l.

21.3. Eficiencia

La eficiencia basada en la DBO₅ soluble es.

$$E_s = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 = \frac{233,3 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 11,2 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{233,3 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} \times 100 = 95,2 \%$$

La eficiencia conjunta es:

$$E_s = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 = \frac{233,3 \frac{mg}{l} - 25 \frac{mg}{l}}{233,3 \frac{mg}{l}} \times 100 = 89,3 \%$$

21.4. Volumen del reactor

Para este cálculo se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Q : (Q_d x coeficiente punta) = 39.070,87 m³/día
- T_c : 10 días (valor típico)
- S_0 : 233,3 mg/l
- S : 11,2 mg/l
- Y : 0,6 mg SSV/mg DBO₅ (valor típico).
- K_d : 0,006 días⁻¹ (valor típico)
- X (SSVLM): 3.500 mg/l.

Se utilizarán los datos de la siguiente tabla del libro Metcal & Eddy, Ingeniería de aguas residuales, Ed. McGraw-Hill.

Coficiente	Unidades	Intervalo	Típico
K	d-1	2 – 10	5
K_S	mg/l DBO5	25 – 100	60
	mg/l DQO	15 – 70	40
Y	mg SSV / mg DBO ₅	0,4 – 0,8	0,6
K_d	d - 1	0,025 – 0,075	0,06

La siguiente tabla representa los parámetros de diseño del proceso de fangos activados de mezcla completa.

	t_r (días)	F/M	Carga volumétrica	SSLM (mg/l)	V/Q (h)	Q_r/Q
Flujo pistón	5 – 15	0,2 – 0,6	0,8 – 1,92	2.500 - 4000	3 – 5	0,25 - 1

$$X = \frac{t_c \cdot Y \cdot S_0 - S}{t_c [1 + k_d \cdot t_c]}$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$t_c = \frac{V_r}{Q}$$

Aislando V_r :

$$V_r = \frac{t_c \cdot Q \cdot Y \cdot S_0 - S}{X[1 + k_d \cdot t_c]}$$

$$V_r = \frac{10 \text{ días} \times 39.070,87 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 0,6 \times \left[233,3 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 11,2 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right]}{3500 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \left[1 + 0,06 \frac{1}{\text{día}} \times 10 \text{ día} \right]} = 9.297,47 \text{ m}^3$$

21.5. Fango a purgar diariamente

A continuación se realiza el cálculo del fango a purgar diariamente:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d \cdot t_r}$$

$$Y_{obs} = \frac{0,6}{1 + 0,06 \frac{1}{\text{día}} \cdot 10 \text{ día}} = 0,375$$

Cálculo de la masa de fango activado volátil purgado.

$$P_x = Y_{obs} \cdot Q \cdot S_0 - S$$

$$P_x = 0,375 \cdot 39.070,87 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot \left[233,3 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} - 11,2 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right] \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 3.254,95 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Cálculo de la masa total de fango en base a los sólidos totales en suspensión.

$$P_{x(ss)} = \frac{P_x}{0,8}$$

$$P_{x(ss)} = \frac{3.254,95 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{0,8} = 4.068,69 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Aplicando la siguiente fórmula.

Masa a purgar = incremento SSLM – SS perdidos en el efluente

$$\text{Masa. Purgar} = 4.068,69 \frac{\text{kg}}{\text{día}} - \left[0,45 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \left(\frac{86.400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \right) \times 22 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right] = 3.213,33 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

21.6. Fango a purgar en el reactor

Para realizar este cálculo se supone que los sólidos volátiles (SSV) del efluente corresponden al 80% de los sólidos suspendidos (SS).

$$t_c = \frac{V_r \cdot X}{[Q_w \cdot X] + [Q_e \cdot X_e]}$$

- $Q_e = Q = 39.070,87 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$

$$10 \text{ días} = \frac{9.297,47 \text{ m}^3 \cdot 3500 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{\left[Q_w \cdot 3500 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right] + \left[39.070,87 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot 22 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 0,80 \right]}$$

Aislado se obtiene:

$$Q_w = 733,28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

21.7. T_r hidráulica del reactor

El tiempo de retención hidráulica del reactor se determina con la siguiente ecuación:

$$t_r = \frac{V_r}{Q} = \frac{9.297,47 \text{ m}^3}{39.070,87 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}}} = 5,68 \text{ h}$$

21.8. Relación F/M

La relación F/M se calcula con la siguiente ecuación:

$$F/M = \frac{S_0}{t_r \cdot X} = \frac{233,3 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{0,238 \text{ h} \cdot 3500 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}} = 0,28 \text{ día}^{-1}$$

21.9. Carga volumétrica

$$Carga.volumétrica = \frac{S_0 \cdot Q}{V_r} = \frac{233,3 \frac{g}{m^3} \times 39.070,87 \frac{m^3}{día}}{9.297,47 m^3} = 980,4 \frac{g}{m^3 \cdot día}$$

21.10. Relación de recirculación

Mediante un balance de masa en el reactor se puede estimar la relación de recirculación. Para que el resultado sea preciso es necesario tener en cuenta la tasa neta de crecimiento celular en el interior del reactor.

- Concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSV) en el aireador = 3500 mg/l
- Relación entre SSV y SS = 0,80.
- Concentración de SSV en la línea de retorno = 8.000 mg/l.

$$3.500(Q + Q_r) = 8.000 \cdot Q_r \rightarrow \frac{Q_r}{Q} = \alpha = 0,78$$

21.11. Demanda de oxígeno

Para este cálculo se utiliza como base la demanda carbonosa última (DBO_L).

$$DBO_5 = f \cdot DBO_L$$

- Siendo f = 0,68.

$$Masa.DBO_L.utilizada = \frac{Q(S_0 - S)}{f} = \frac{39.070,87 \frac{m^3}{día} \left[(233,3 - 11,2) \frac{g}{m^3} \times \frac{1 Kg}{1.000 g} \right]}{0,68} = 12.761,24 \frac{kg}{día}$$

$$\frac{KgO_2}{día} = Masa.DBO_L.utilizada - [1,42 \cdot P_x]$$

$$\frac{KgO_2}{día} = 12.761,24 \frac{kg}{día} - \left[1,42 \cdot 3.254,95 \frac{kg}{día} \right] = 8.139,21 \frac{KgO_2}{día}$$

21.12. Caudal de aire necesario

- Se supone una eficiencia en la transferencia de los equipos de aireación del 8%.
- Se adopta un factor de seguridad para el dimensionado de las soplantes igual a 2.
- Se supone que el aire contiene un 23,2 de O₂.

Cálculo de la cantidad teórica de aire necesario.

$$Cantidad.teórica = 8.139,21 \frac{KgO_2}{día} \times \frac{100 kgAire}{23,2KgO_2} \times \frac{1 m^3}{1,210kgAire} = 28.994,05 \frac{m^3 Aire}{día}$$

Cálculo de la cantidad real de aire necesario

$$Cantidad.real = \frac{28.994,05 \frac{m^3 Aire}{día}}{0,08} = 326.425 \frac{m^3 Aire}{día} \times \frac{1 día}{1.440 min} = 226,68 \frac{m^3 Aire}{min}$$

Cálculo de la demanda de aire proyectada para la EDAR

En este cálculo se tendrá en cuenta el factor de seguridad igual a 2.

$$Cantidad.Aire.Proyectada = 2 \times 226,68 \frac{m^3 Aire}{min} = 453,36 \frac{m^3 Aire}{min}$$

21.13. R_r para la concentración de SSLM

Se calcula la relación de recirculación necesaria para mantener la concentración de sólidos suspendidos del líquido mezcla (SSLM) en 4.375 mg/l.

$$Q \cdot X_0 + Q_r \cdot X_u = Q + Q_r \cdot 4.375 \frac{mg}{l}$$

- Q: caudal punta del afluente.
- Q_r : caudal de recirculación.
- X_0 : sólidos suspendidos del afluente.
- X_u : sólidos suspendidos del caudal inferior.

Suponiendo que $X_0=0$ y que $Q_r=\alpha \cdot Q$:

$$[\alpha \cdot Q \cdot X_u] - \alpha \cdot \left(4.375 \frac{mg}{l}\right) Q = \left(4.375 \frac{mg}{l}\right) Q$$

$$\alpha = \frac{4.375 \frac{mg}{l}}{X_u - 4.375 \frac{mg}{l}}$$

- α : relación de reflujos (Q_r/Q)

La siguiente tabla representa las diferentes relaciones de recirculación en función de de las diferentes concentraciones del fango del fondo (X_u)

X_u (mg/l)	8.000	9.000	10.000	11.000	12.000
$X_u - 4.375$(mg/l)	3.625	4.625	5.625	6.625	7.625
α	1,21	0.95	0,77	0,66	0,57

CAPÍTULO 22: TRATAMIENTO Y VERTIDO DE FANGOS

Se realiza un balance de sólidos del proceso:

- **Caudales de agua residual:**
 - Caudal medio diario (Q_d): 24.728,4 m³/día.
 - Caudal punta diario (Q_p): 39.070,872 m³/día
- **Características del afluente:**
 - DBO₅: 233,3 mg/l.
 - Sólidos suspendidos 266,67 mg/l
- **Características de los sólidos:**
 - Concentración de los fangos primarios: 6%.
 - Concentración del fango activado en exceso: 4%.
 - Sólidos totales en el fango digerido: 5%.
 - Peso específico de los sólidos procedentes del tanque de sedimentación primaria y espesador: 1,00
- **Características del efluente:**
 - DBO₅: 25 mg/l.
 - Sólidos suspendidos: 35 mg/l.

Cálculo de los valores máxicos diarios:

$$DBO_5 = 24.728,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 233,3 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} = 5.769,14 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$SS = 24.728,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 266,6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} = 6.592,59 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

22.1. Sedimentación primaria

Parámetros de funcionamiento:

- DBO₅ eliminada: 33%.
- Sólidos suspendidos eliminados: 70%.

Cálculos.

$$DBO_5. eliminada = 0,33 \times 5.769,14 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 1.903,82 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$DBO_5. al. secundario = (5.769,14 - 1.903,82) \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 3.865,32 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$SS. eliminados = 0,70 \times 6.592,59 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 4.614,81 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$SS. al. secundario = (6.592,59 - 4.614,81) \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 1.977,78 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

22.2. Fracción volátil del fango primario

Parámetros de funcionamiento:

- Fracción volátil de sólidos suspendidos del afluente antes del desarenado: 67%.
- Fracción volátil de los sólidos suspendidos afluentes que entran al proceso secundario: 85%.

Cálculos:

$$SS. volátiles. afluente = 0,67 \times 6.592,59 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 4.417,04 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$SS. volátiles. al. secundario = 0,85 \times 1.977,78 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 1.681,11 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$SS. fango. primario = (4.417,04 - 1.977,78) \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 2.439,26 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$\text{Fracción. volátil} = \frac{2.439,26 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{4.417,04 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}} \times 100 = 55,22\%$$

22.3. Proceso secundario

Parámetros de funcionamiento:

- Sólidos suspendidos en el líquido mezcla (SSLM): 4.375 mg/l.
- Fracción volátil de sólidos suspendidos del líquido mezcla: 0,80.
- Y_{obs} : 0,375.

$$DBO_5 = 24.728,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 25 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 618,21 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$SS = 24.728,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 35 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 865,49 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Se estima la masa de sólidos volátiles producidos en el proceso de fangos activados que deben ser purgados. (Nota: DBO_5 al secundario = $233,3 \text{ mg/l} \times 0,67 = 156,31 \text{ mg/l}$).

$$P_{x(SSV)} = Y_{obs} \cdot Q \cdot \frac{S_0 - S}{1000 \frac{\text{g}}{\text{Kg}}} = 0,375 \cdot 24.728,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot \frac{(156,31 - 11,2) \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{1000 \frac{\text{g}}{\text{Kg}}} = 1.345,63 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Se estima la masa total de sólidos suspendidos que debe purgarse, suponiendo que la fracción volátil representa el 80% de los sólidos totales.

$$SS = \frac{1.345,63 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{0,80} = 1.682,03 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Se estiman las cantidades de fangos purgados enviados al espesador. La purga se realiza desde la recirculación al reactor biológico.

$$SS = 1.682,03 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} - 865,49 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 816,54 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$Caudal = 816,54 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \cdot \frac{1.000 \frac{\text{g}}{\text{kg}}}{4.375 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}} = 186,64 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

22.4. Tanque de decantación secundaria

Para la decantación secundaria se utilizarán tres decantadores circulares dispuestos en paralelo.

Cálculo del volumen del decantador primario

Los tanques se utilizarán como tratamiento posterior al tratamiento biológico y se proyectarán para un tiempo de retención de una hora.

$$Volumen. tanque = \frac{1}{3} \times Q \times t_r$$

$$Volumen. tanque = \frac{1}{3} \times 0,45 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1 \text{ h} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 540 \text{ m}^3$$

Cálculo de las dimensiones del tanque

Para determinar las dimensiones del tanque se utiliza una relación diámetro profundidad de 12:1 y se supone una profundidad de 4 metros.

$$Diámetro = 12 \times 4 \text{ m} = 48 \text{ m}$$

Cálculo de las dimensiones de la campana central

El tanque consta de dos brazos provistos de rascadores que giran a una velocidad de 0,04 r/min, en la zona central, el agua residual pasa por una campana diseñada para distribuir el flujo uniformemente en todas las direcciones, esta campana central tiene un diámetro que representa el 20% del diámetro total del tanque, con una profundidad de 2,5 m.

$$Diámetro. campana = 48 \text{ m} \times \frac{20}{100} = 9,6 \text{ m}$$

Espesadores: parámetros de funcionamiento:

- Concentración del fango espesado: 4%.
- Recuperación de sólidos supuesta: 90%.
- Peso específico supuesto del fango de alimentación y espesado: 1,0.

Se determina el caudal de fango espesado.

$$\text{Caudal} = \frac{816,54 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \times 0,9}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,04} = 18,37 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Cálculo del caudal recirculado a cabeza de planta.

$$\text{Caudal. recirculado} = 186,64 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} - 18,37 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 168,27 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Cálculo de los sólidos suspendidos en la alimentación del digestor.

$$\text{Sólidos. suspendidos} = 816,54 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \times 0,9 = 734,89 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Cálculo de los sólidos suspendidos recirculados a cabeza de planta.

$$\text{SS} = 816,54 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} - 734,89 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 81,65 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Cálculo de la DBO₅ recirculada:

$$\text{SS. caudal. recirculación} = \frac{81,65 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}}}{168,27 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 485,23 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{DBO}_5 \cdot \text{sólidos. suspendidos} = 485,23 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot 0,65 \cdot 1,42 \cdot 0,68 = 304,6 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

- DBO₅ que escapa al tratamiento: 11,2 mg/l.

$$\text{Concentración. DBO}_5 \cdot \text{total} = 304,6 \frac{\text{mg}}{\text{l}} + 11,2 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 315,8 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$\text{DBO}_5 = 315,8 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \right) \times 168,27 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 53,23 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

22.5. Digestión del fango

Parámetros de funcionamiento:

- Tiempo retención (t_r): 23 días.

- Destrucción de sólidos volátiles durante la digestión: 50%.
- Producción de gas 1,12 m³/kg de sólidos volátiles destruidos.
- DBO₅ en el sobrenadante del digestor: 5.000 mg/l (0,5%).
- Sólidos totales en el fango digerido: 5%.

Cálculo de los sólidos totales alimentados al digestor y el caudal correspondiente.

$$\text{Sólidos. totales} = (4.417,04 + 734,89) \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 5.151,93 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$\text{Caudal. total} = \frac{4.417,04 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{0,06 \frac{1.000 \text{ kg}}{\text{m}^3}} + \frac{734,89 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{0,04 \frac{1.000 \text{ kg}}{\text{m}^3}} = 91,99 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Cálculo de los sólidos volátiles totales alimentados al digestor.

$$\text{S. volátiles. totales} = \left[0,69 \times 4.417,04 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right] + \left[0,8 \times 734,89 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right] = 3.635,67 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$\% \text{. sólidos. volátiles. mezcla. fangos} = \frac{3.635,67 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{5.151,93 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}} \times 100 = 70,57 \%$$

Cálculo de los sólidos volátiles destruidos.

$$\text{Sólidos. volátiles. destruidos} = 0,5 \times 3.635,67 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 1.817,835 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Cálculo del caudal másico al digestor (fango primario al 6% de sólidos)

$$\text{Caudal. másico} = \frac{4.417,04 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{0,06} = 73.617,33 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Cálculo de la purga de fango activado espesado al 4% de sólidos.

$$\text{Caudal. másico} = \frac{734,89 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{0,04} = 18.372,25 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$\text{Caudal. másico. total} = 73.617,33 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} + 18.372,25 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 91.989,58 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Cálculo de las cantidades de gas y fangos después de la digestión. Se supone que la masa total de sólidos fijos no varía durante la digestión y que se destruyen el 50% de los sólidos volátiles.

$$\text{Sólidos. fijos} = \text{sólidos. totales} - \text{sólidos. volátiles} = (5.151,93 - 3.635,67) \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 1.516,26 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$\text{Sólidos.totales.fango.digerido} = 1.516,26 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} + 0,5 \cdot 3.635,67 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 3.334,10 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Cálculo de la producción de gas, suponiendo que la densidad del gas de digestión es igual a 0,86 veces la del aire (1,202 kg/m³).

$$\text{Gas} = 1,12 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \cdot 0,5 \cdot 3.635,67 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \cdot 0,86 \cdot 1,202 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2.104,63 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

CAPÍTULO 23:

HABITANTES

EQUIVALENTES

La EDAR está diseñada para tratar las aguas de una población de 82.428 habitantes. A continuación se calcula la cantidad de habitantes equivalentes a los que da servicio.

Las unidades empleadas para determinar la carga contaminante son los habitantes equivalentes (HE), el concepto HE está recogido en la Directiva Europea 91/271 de 21 de mayo de 1991 sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas. En ella se define habitante equivalente como la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO₅) de 60 gramos de oxígeno por persona y día.

$$H.E = \frac{Q \left(\frac{m^3}{día} \right) \cdot DBO_5 \left(\frac{l}{m^3} \right) \cdot \left(1 \frac{g}{l} \right)}{60 \left(\frac{g}{hab \cdot día} \right)}$$

$$H.E = \frac{26.728,4 \left(\frac{m^3}{día} \right) \cdot 233,3 \left(\frac{l}{m^3} \right) \cdot \left(1 \frac{g}{l} \right)}{60 \left(\frac{g}{hab \cdot día} \right)} = 103.929 \text{ Habitantes equivalentes}$$