

## MEMORIA DE CÁLCULO

### DISEÑO DEL PROCESO

#### BASES DE DISEÑO

- CAUDAL DE DISEÑO: Q  
Q = 12 m<sup>3</sup> / día  
Población: 80 personas  
Dotación: 150 Litros/hab.día  
Factor de contribución al desagüe: 80%
- CARGA ORGÁNICA: DBO  
Afluente : 333 mg/L de DBO5  
Efluente : 15 mg/L de DBO5

#### OPERACIONES Y PROCESOS

##### 1. DESBASTE

###### CÁMARA DE REJAS

- Tipo: Rejas de barras
- Limpieza: Manual
- Características:
  - ✓ Tamaño de las barras
    - Anchura: 1.0 cm
    - Profundidad: 2.5 cm
  - ✓ Separación: 2.5 cm
    - Inclinación respecto a la vertical: 30°
  - ✓ Velocidad de Aproximación: 0.45 m/s
  - ✓ Pérdida de carga admisible: 15 cm.
- Cálculo de la pérdida de carga cuando la rejilla está limpia: h  
 $h = B (W/b)hv. \text{sen } \theta$

Donde:

h = Pérdida de carga en metros (m)

B = Factor de forma de la barra

W = Anchura máxima transversal de las barras en la dirección de la corriente, en metros (m)

b = Separación mínima entre barras, en metros (m)

hv = Altura cinética del flujo que se aproxima a la reja, en metros (m)

$\theta$  = Angulo de la reja con respecto a la horizontal.

Obtención de datos:

B = 2.42 (de las tablas correspondientes)

W = 1.0 cm. = 0.01 m

b = 2.5 cm. = 0.025 m

$\theta$  = 60°

Determinando el valor de (hv):

Para un caudal  $Q = 12 \text{ m}^3/\text{día}$  y una velocidad de aproximación de  $v = 0.45 \text{ m/s}$ ; se tiene:

$$h_{Hv} = 0.0198 \text{ m}$$
$$h_v = 1.98 \text{ cm}$$

En consecuencia:

$$h_o = 2.42 (0.01/0.025) 0.0198 \times 1$$
$$h_o = 0.012 \text{ m.}$$
$$h_o = 1.92 \text{ cm.}$$

- Pérdida de carga considerando el 50% del área obstruida:  $h_o$

Se tiene que:

$$h_v = 0.0198/f$$

Donde:  $f$  = Factor de carga

$$F = 0.5$$

Luego:

$$h_v = 0.0198/0.5$$
$$h_v = 0.0396 \text{ m}$$

En consecuencia la pérdida de carga será:

$$h_o = 2.42 (0.01/0.025) 0.0396 \times 1$$
$$\underline{h_o = 0.0383 \text{ m}}$$
$$\underline{h_o = 3.83 \text{ cm.}}$$

## 2. TANQUE DE ECUALIZACIÓN

- Caudal de tratamiento :  $Q$   
 $Q = 12 \text{ m}^3/\text{día}$   
 $Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{hora}$
- Capacidad de almacenamiento: 24 horas de retención  
Volumen del tanque:  $V$   
 $V = 24 \times 0.5$   
Volumen útil =  $12 \text{ m}^3$   
Volumen total =  $15 \text{ m}^3$
- Dimensiones:  
Largo: 3.00 m  
Ancho: 2.00 m  
Altura: 2.50 m

## 3. BOMBA DE TRANSFERENCIA

- Cálculo de potencia: HP  
 $HP = Q.H.d / 3960.n$   
 $Q = 2.20 \text{ GPM}$  (galones por minuto)
- Carga dinámica total :  $H$   
 $H = 190$  pies de columna de agua  
Rendimiento:  $n = 60 \% = 0.6$   
 $d = 1$   
 $HP = 0.18$   
Potencia = 0.5 HP

#### 4. MEDIDOR DE CAUDAL VERTEDERO TRIANGULAR

- Calculo de la altura de la descarga: ho  
$$Q = \frac{0.31 ho^{5/2} (2g)^{1/2}}{\tan \emptyset}$$

Donde:

$$Q = 12 \text{ m}^3/\text{Día}$$

$$Q = 1.39 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \text{ (aceleración de la gravedad)}$$

$$\emptyset = 45^\circ$$

ho = carga de la cresta, m

Luego:

$$ho = 0.02524 \text{ m.}$$

$$ho = 2.52 \text{ cm.}$$

#### 5. DISEÑO DEL REACTOR BIOLÓGICO TANQUE DE AIREACIÓN

- Clase de tratamiento biológico: Aerobio
- Tipo de tratamiento aerobio: Lodos activados
- Características operativas:
  - Modelo de flujo: Convencional – mezcla completa
  - Proceso: Aireación prolongada
  - Sistema de aireación: Difusores – microburbuja

#### CONSTANTES CINÉTICAS

Ko = Tasa específica de crecimiento

$$Ko = 12.0 \text{ día}^{-1}$$

Km = Constante de saturación del sustrato

$$Km = 70 \text{ mg DBO}_5/\text{L}$$

Y = Rendimiento

$$Y = 0.67 \text{ mg SSVLM / mg DBO}_5$$

Kd = Constante de declinación

$$Kd = 0.042 \text{ día}^{-1}$$

---

SSVLM = Sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla

#### PARÁMETROS BIOLÓGICOS DE DISEÑO

So = Concentración de DBO<sub>5</sub> en el afluente

$$So = 333 \text{ mg/L}$$

S = Concentración de la DBO<sub>5</sub> soluble en el efluente

θc = Tiempo de residencia celular

$$\theta_c = 30 \text{ días}$$

X = Sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla: SSVLM

$$X = 3000 \text{ mg/L}$$

Xr = Sólidos suspendidos volátiles en el retorno

$$X_r = 6500 \text{ mg/L}$$

V = Volumen del reactor

θ = Tiempo de residencia hidráulica

Qr = Caudal de retorno

R = Relación de recirculación

Qw = Caudal de purga

Px = Producción de lodos

O<sub>2</sub> = Oxígeno necesario

### RANGOS DE PARÁMETROS DE DISEÑO

Carga másica: U

U = Relación alimento / Microorganismo

U = 0.05 – 0.15 Kg DBO<sub>5</sub> / Kg. SSVLM – día

θ<sub>c</sub> = Tiempo de residencia celular

θ<sub>c</sub> = 20 – 30 días

θ = Tiempo de residencia hidráulica

θ = 18 – 36 horas

Concentración en el reactor: SSVLM

SSVLM = 3000 – 6000 mg/L

Carga volumétrica = 0.16 – 0.4 Kg DBO<sub>5</sub> / m<sup>3</sup>

Relación de recirculación: R

R = 0.75 – 1.50

DBO<sub>5</sub> = 0.7

DBO<sub>L</sub>

SSVLM = 0.9

SSLM

DBO<sub>L</sub> = DBO total en el tiempo t = 0

#### 5.1 CÁLCULO DE LA DBO<sub>5</sub> SOLUBLE EN EL EFLUENTE: S

$$S = \frac{Km (1 + Kd \cdot \theta_c)}{\theta_c (Ko - Kd) - 1}$$

$$S = \frac{70 (1 + 0.042 \times 30)}{30 (12.0 - 0.042) - 1}$$

$$S = 0.44 \text{ mg/L}$$

#### 5.2 CALCULO DEL VOLUMEN DEL REACTOR: V

$$V = \frac{\theta_c \cdot Q \cdot Y (So - S)}{X (1 + Kd \times \theta_c)}$$

$$V = \frac{30 \times 12 \times 0.67 (333 - 0.44)}{3000 (1 + 0.042 \times 30)}$$

$$V = 11.83 \text{ m}^3$$

Volumen útil = 11.83 m<sup>3</sup>

Volumen total = 13.2 m<sup>3</sup>

Dimensiones:

Largo = 3.80 m.

Diámetro = 2.10 m.

#### 5.3 CALCULO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA HIDRÁULICO: θ

$$\theta = V/Q$$

$$\theta = 11.83/12$$

$$\theta = 0.98 \text{ días}$$

$$\theta = 23.66 \text{ horas}$$

5.4 CALCULO DE LA RELACIÓN DE RECIRCULACIÓN: R

$$R = \frac{1 - \frac{\theta}{\theta_c}}{\frac{X_r}{X}} - 1$$

$$R = \frac{1 - \frac{23.66}{30 \times 24}}{\frac{6500}{3000}} - 1$$

$$R = 0.83$$

Luego:

$$R = Q_r/Q \rightarrow Q_r = R \times Q$$

$$Q_r = 0.83 \times 12$$

$$Q_r = 9.96 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_r = 0.415 \text{ m}^3/\text{hora}$$

5.5 CALCULO DE LA PRODUCCIÓN DE FANGO: P<sub>x</sub>

$$P_x = Y \cdot \text{obs} \cdot Q (S_o - S) 10^{-3}$$

$$Y \cdot \text{obs} = \frac{0.67}{1 + 0.042 \times 30}$$

$$Y \cdot \text{obs} = 0.296$$

Luego:

$$P_x = 0.296 \times 12 (333 - 0.44) 10^{-3}$$

$$P_x = 1.18 \text{ Kg de SSV / día}$$

La masa total como sólidos suspendidos totales es:

$$P_x = 1.18 / 0.90$$

$$P_x = 1.31 \text{ Kg. de SST / día}$$

$$P_x = 0.055 \text{ Kg. de SST / hora}$$

5.6 CÁLCULO DE LA PURGA DE FANGO: Q<sub>w</sub>

5.2.1. Purga a partir del reactor

$$Q_w = V / \theta_c$$

$$Q_w = 11.83 / 30$$

$$Q_w = 0.39 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_w = 0.0164 \text{ m}^3/\text{hora}$$

5.2.2. Purga a partir de la línea de recirculación

$$Q_w = X \cdot V / X_r \cdot \theta_c$$

$$Q_w = 3000 \times 11.83 / 6500 \times 0.9 \times 30$$

$$Q_w = 0.20 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_w = 0.084 \text{ m}^3/\text{hora}$$

5.7 CALCULO DE LA NECESIDAD DE OXIGENO: O<sub>2</sub>

$$\text{Kg. O}_2/\text{día} = \frac{Q (S_o - S) 10^{-3}}{f} - 1.42 (P_x)$$

$$f = \frac{DBO_5}{DBO_L} = 0.7$$

$$\text{Kg. O}_2/\text{día} = \frac{12 (333 - 0.44) 10^{-3}}{0.7} - 1.42 \times 1.31$$

$$O_2 = 3.84 \text{ Kg / día}$$

**5.8 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AIRE**

Necesidad de oxígeno: 3.84 Kg /día

Peso específico del aire: 0.0012 Kg. / dm<sup>3</sup>Composición del aire: 23.2% de O<sub>2</sub> en peso

Luego:

$$\text{Volumen de aire} = \frac{3.84}{0.0012 \times 0.232 \times 1000}$$

Volumen de aire = 13.79 m<sup>3</sup>/ día

Eficiencia de la transferencia de oxígeno: 10%

Luego:

Necesidad de aire = 13.79 / 0.10

Necesidad de aire = 137.93 m<sup>3</sup> / díaNecesidad de aire = 5.75 m<sup>3</sup> / hora

Necesidad de aire = 2.94 PCM

**6. DISEÑO DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN****PARÁMETROS DE DISEÑO:**

- Caudal de diseño: 12 m<sup>3</sup>/día  
Q = 0.5 m<sup>3</sup>/hora
- Carga de superficie: Vs = 0.442 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup>.hora
- Tiempo de retención: t = 3.60 horas

**6.1 CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR: A**

$$Q = A \cdot V_s$$

$$A = Q / V_s$$

$$A = 0.5 / 0.442$$

$$A = \underline{1.13 \text{ m}^2}$$

**6.2 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR: D**

$$A = 3.1416 \times r^2$$

$$r^2 = A / 3.1416$$

$$r = 0.6 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro: } 1.2 \text{ m}$$

**6.3 CÁLCULO DE LA ALTURA DEL SEDIMENTADOR: H**

$$V_s = H / t$$

Donde:

$$H = \text{Altura}$$

$$T = \text{Tiempo de retención}$$

$$\text{Luego: } H = V_s \cdot t$$

$$H = 0.442 \times 3.6$$

$$H = 1.60 \text{ m}$$

$$\text{Altura total} = 2.0 \text{ m}$$

**6.4 CÁLCULO DE LA CARGA DE SÓLIDOS**

$$\underline{\text{SSVLM}} = 0.9$$

$$\text{SSLM}$$

Donde:  
SSVLM = Sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla  
SSLM = Sólidos suspendidos en el líquido mezcla

Luego:  
SSLM =  $3000 / 0.9$   
SSLM =  $3333.33 \text{ mg/L}$   
Carga de sólidos =  $\text{SSLM} \times V_s / 1000$   
Carga de sólidos =  $3333.33 \times 0.442 / 1000$   
Carga de sólidos =  $1.47 \text{ Kg} / \text{m}^2 \cdot \text{hora}$

## 7. CÁMARA DE CONTACTO DE CLORO

### 7.1 VOLUMEN DEL TANQUE

Para  $Q = 0.5 \text{ m}^3 / \text{hr}$   
Capacidad de almacenamiento: 1 hora  
Capacidad mínima =  $0.5 \text{ m}^3$   
Dimensiones:  
Altura = 0.8m  
Diámetro = 1.80m

### 7.2 DESINFECCIÓN

- Desinfectante: Hipoclorito de calcio (HTH)
- Composición: 70% de cloro activo
- Solución: al 1% en peso
- Dosificación: 10 mg/L
- Tiempo de contacto: 15 – 30 minutos
- Concentración de residual esperada: 0.2 – 0.5 mg/L

### 7.3 CAPACIDAD DEL DOSIFICADOR DE CLORO

Equipo: Bomba dosificadora de diafragma  
 $C = Q \cdot D / 1000$

Donde:  
C = Capacidad en Kg / día  
Q = Caudal máximo,  $\text{m}^3/\text{día}$   
D = Dosis esperada, mg/L

Luego:  
 $C = 12 \times 10 / 1000$   
 $C = 0.12 \text{ Kg/día}$

### 7.4 CONSUMO DE CLORO (HTH)

Consumo =  $0.12 \times 100 / 70$   
Consumo =  $0.17 \text{ Kg/día}$   
Solución al 1%:  
Volumen =  $0.70 \times 0.17 / 0.01$   
Volumen de la solución de HTH al 1%:  
Volumen =  $11.9 \text{ Litros} / \text{día}$

## 8. FILTRACIÓN

### 8.1 CALCULO DEL ÁREA DE FILTRACIÓN

$Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{hora}$   
 $Q = 0.0083 \text{ m}^3/\text{minuto}$

Tasa de filtración:  $0.03 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-minuto}$

Luego:

$$A = Q/T_f$$

$$A = 0.0083/0.03$$

$$A = \underline{0.2827 \text{ m}^2}$$

### 8.2 CALCULO DEL DIÁMETRO DEL FILTRO: D

$$A = 3.1416(r)^2$$

$$r = 0.30\text{m}$$

$$D = \underline{0.60\text{m}}$$

### 8.3 ALTURA DEL LECHO FILTRANTE: H<sub>L</sub>

$$H_L = 0.8 \times D$$

$$H_L = 0.80 \times 0.60$$

$$H_L = \underline{0.48\text{m}}$$

## EFICIENCIA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO

PARÁMETRO	EFICIENCIA
DBO <sub>5</sub> soluble (s)	99.86 %
DBO <sub>5</sub> total	95.50 %
Coliformes termotolerantes	99.90 %
Huevos de helmintos	99.90 %
Sólidos totales en suspensión	98.90 %