

CALCULOS HIDRAULICOS

LINEA PIEZOMETRICA

Datos de partida.-

Caudal mínimo actual: 88'34 m³/h=0'024 m³/s

Caudal medio actual:148 m³/h=0'0411 m³/s

Caudal punta actual: 285'8 m³/h=0'0793 m³/s

Caudal medio futuro: 168'5 m³/h=0'0468 m³/s

Caudal punta futuro: 323'1 m³/h=0'0897 m³/s

Nota: La planta se diseña para admitir un caudal igual al caudal punta futuro Q_{pf}=0'0897 m³/s por las líneas de tratamiento de la misma.

El caudal máximo en época de lluvia no se considera para el dimensionamiento de la planta, ya que se ha previsto en la conexión del colector actual un aliviadero de crecidas que evacua del sistema las aguas procedentes de crecidas.

Los cálculos hidráulicos de la línea piezométrica se realizarán en el caso más desfavorable, es decir, a caudal punta futuro.

Para hallar las pérdidas de carga, se utilizarán fundamentalmente, las fórmulas de Manning para pérdida continua en canales; para los vertederos las de vertedero en pared gruesa ($Q = Bh(2gh)^{1/2}$), considerando además su correspondiente resguardo; para las pérdidas locales se consideran, y se detallaran cuando corresponda, los coeficientes y fórmulas empleados .

Para hallar la pérdida continua en conducciones se recurrirá a la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h = f.L.V^2/(2.g.D)$$

Empleando la fórmula de Colebrook para calcular f.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.\log\left[\frac{\epsilon}{37.D} + \frac{2.51}{R_E.\sqrt{f}}\right]$$

Tomando:

k= 0'0075 cm = 0'000075 m. (rugosidad para una tubería nueva de acero y aproximadamente igual a la de PVC.).

*= 1'31.10⁻⁶ m²/s. (Viscosidad cinemática adoptada para el agua residual a 5 oC).

$$R_E = V.D/ = (Q/S).D/$$

La cota de agua en la arqueta de salida de la cámara de cloración es de 634m

DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERIAS DE LA EDAR.-

Dadas las limitaciones de la velocidad del agua residual en las conducciones, se dimensionan éstas en base a las velocidades límite para caudal máximo (futuro) y caudal mínimo (actual). Se obtiene para nuestras condiciones un diámetro de 300 mm.

$$Q_p = 0'0897 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_{\min} = 0'024 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Por lo que:

$$S = 0'024/0'6 = 4'1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 ; \delta = 228 \text{ mm}.$$

Para una sección de $\delta 300 \text{ mm}$. se obtiene con el caudal punta una velocidad máxima de:

$$V_{\max} = Q_p/S = 0'0897/(\delta \delta 0'302/4) = 1'27 \text{ m/seg. Admisible}$$

Se colocará, por tanto, un diámetro $\delta 300 \text{ mm}$.

Por lo tanto el diámetro de conducción elegido para la planta depuradora será de 300 mm.

Arqueta de salida.-

Cota de agua en la arqueta de salida: 634 m

Pérdida en el vertedero de salida de la cámara de cloración a la arqueta de salida:

Caudal de cálculo: 0'0897 m³/s

Sistema de vertido: vertedero de pared gruesa.

Anchura del vertedero: 1'5 metros.

$$Q^2 = n^2 B^2 h^{2.2} g h \text{ siendo:}$$

$$Q = 0'0897 \text{ m}^3/\text{s}$$

$n = 0'45$, coeficiente de vertedero.

$B = 1'5$ metros, ancho del vertedero.

Despejando obtenemos que $h = 0'096$ metros

Guarda en el vertedero: 0'10 metros.

Cota de agua en la cámara de cloración a la salida: $634 + 0.096 + 0.1 = 634.196 \text{ m}$

Cámara de cloración.-

Caudal de cálculo: 0'0897 m³/s

sección de paso: $1'3 \times 1'4 = 1'82 \text{ m}^2$

Velocidad = $Q/S = 0'0897/1'82 = 0'049 \text{ m/s}$

Por lo que consideramos las pérdidas de carga dentro de la cámara de cloración nulas, y por tanto la cota de agua a la entrada de la cámara de cloración es:

$634'196 + 0 = 634'196 \text{ m}$

Pérdidas en la conducción del decantador secundario a la cámara de cloración.-

Caudal de cálculo: $0'0897 \text{ m}^3/\text{s}$

Diámetro de la tubería: 300 mm

Longitud de la tubería: 25 m

Sección = $0'32 \times 3'14/4 = 0'071 \text{ m}^2$

Velocidad = $Q/S = 0'0897/0'071 = 1'27 \text{ m/s}$

Pérdida por embocadura:

$h = K_v^2/2g = 0'5 \times 1'27^2/2 \times 9'8 = 0'041 \text{ metros}$

Pérdida continua: $0'0052 \text{ m/ml}$ de tubería

Pérdida total continua = $25 \times 0'0052 = 0'13 \text{ m}$

Pérdida por desembocadura:

$h = K_v^2/2g = 1 \times 1'27^2/2 \times 9'8 = 0'082 \text{ metros}$

Pérdidas totales en la conducción:

$0.041 + 0.13 + 0.082 = 0.253 \text{ m}$

Cota de agua a la salida de la decantación secundaria:

$634.196 + 0.253 = 634.449 \text{ m}$

Nota: Se considera la solera del canal circular de recogida de agua en el decantador secundario a la cota: 634.449 m

Pérdidas en el sistema de recogida de agua en el decantador secundario.-

Caudal de cálculo: $0.087 \text{ m}^3/\text{s}$

Número de decantadores: uno

Al ser un canal circular con aportación uniforme de caudal, en condiciones críticas de descarga, se considera un caudal igual a la mitad, ya que recoge el agua en los dos lados.

Caudal: $0.0897/2 = 0.045 \text{ m/s}$.

Aplicando la fórmula de la altura crítica H_c :

$Q = g \cdot B \cdot H_c$ siendo:

$Q = 0.045 \text{ m/s}$

$B = 0.4 \text{ m}$ de ancho del canal.

Despejando tenemos $H_c = 0.108 \text{ m}$

Sección mojada = $0.108 \times 0.4 = 0.0435 \text{ m}$

Velocidad $Q/S = 0.045/0.0435 = 1.028 \text{ m/s}$

Vel. crítica $V_c = (g \cdot H_c) = 1.03 \text{ m/s}$

$V < V_c$ Régimen laminar.

Cota de agua en el canal perimetral del canal de recogida:

$634'449 + 0'14 = 634'589 \text{ m}$

Altura de lámina sobre el labio del vertedero:

Se utilizan vertederos triangulares espaciados de manera que existan cinco unidades por metro lineal de canal perimetral.

Longitud del vertedero. $L = 3'14 \times d = 3'14(17 - 0'3 \times 2) = 51'52 \text{ m}$.

Número de vertederos = $5 \times 51'52 = 257'6 = 257$

Caudal por vertedero, $q = Q/n^\circ \text{ de vertederos} = 0.0897/257 = 3'49 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Según la fórmula de Thompson tenemos:

$q = 1'42 \times h^{5/2}$ donde, despejando h tenemos

$h = 0'036 \text{ m}$.

Guarda $0'05 \text{ m}$.

Cota de agua en el decantador secundario:

$634'589 + 0'036 + 0'05 = 634'675 \text{ m}$.

Pérdidas de carga en la llegada al decantador secundario.-

La entrada en el decantador secundario se realiza por medio de una conducción de 300 mm de diámetro, que parte de la arqueta de salida de la cámara de bombeo de recirculación en los lechos bacterianos y conduce el agua al centro del decantador.

Caudal de cálculo: 0'0897 m³/s

Pérdida continua:

Diámetro conducción: 300 mm

Sección = $3'14 \times 0'32^2 / 4 = 0'071 \text{ m}^2$

Velocidad = $Q/S = 0'0897 / 0'071 = 1'27 \text{ m/s}$

Longitud: 15 m

Pérdida continua: 0'0052 m/ml

Pérdida continua total: $15 \times 0'0052 = 0'078 \text{ m}$

Pérdida en codo de 90°:

$h = K_v \frac{v^2}{2g} = 0'75 \times \frac{1'27^2}{2 \times 9'8} = 0'062 \text{ metros}$

Pérdida por embocadura:

$h = K_v \frac{v^2}{2g} = 0'42 \times \frac{1'27^2}{2 \times 9'8} = 0'034 \text{ m}$

Pérdidas totales:

Pérdida continua: 0'078 m

En codo de 90°: 0'062 m

Por embocadura: 0'034 m

Total: 0.174 m

Cota de agua en la arqueta de entrada al decantador:

$634.675 + 0'174 = 634.849 \text{ m}$

Guarda en el vertedero de salida de la arqueta de bombeo de recirculación: 0'1m

Cota en el labio de vertido de la arqueta de recirculación:

$634.849 + 0.10 = 634.949 \text{ m.}$

Arqueta de bombeo de recirculación. –

Pérdida en el vertedero de salida de la arqueta de bombeo de recirculación a la arqueta de salida:

Caudal de cálculo: 0'0897 m³/s

Sistema de vertedero: de pared gruesa.

Anchura del vertedero: 1'20 metros

Caudal en vertederos rectangulares de pared gruesa:

$Q=n.B.h.(2gh)^{1/2}$ siendo:

$Q=0'0897 \text{ m}^3/\text{s}$

$n=0'45$ coeficiente de caudal en vertedero

$B=1'2$ metros, ancho del vertedero.

Despejando h y sustituyendo los valores obtenemos que:

$h=0'112$ metros.

Cota de agua en la arqueta de bombeo de recirculación:

$634.949+0.112=635.061 \text{ m}$

Pérdidas en la salida de los lechos bacterianos.-

La salida de los lechos bacterianos a la arqueta de recirculación se realiza por medio de tubería en la cual se intercala una válvula de compuerta que permite la inundación de los mismos:

Caudal máximo: $323'1 \text{ m}^3/\text{h}$

Caudal recirculado: 150% del caudal medio

Caudal recirculado: $168'5 \times 1'5 = 252'75 \text{ m}^3/\text{h}$

Caudal total máximo: $323'1 + 252'75 = 575'85 \text{ m}^3/\text{h}$

Nº de lechos bacterianos: dos

No NO NO NO NO NO NO

Caudal unitario por cada línea: $575'85/2 = 287'9 \text{ m}^3/\text{h}$

Caudal de cálculo: $287'9 \text{ m}^3/\text{h} = 0'080 \text{ m}^3/\text{s}$

Diámetro tubería de salida: 300 mm

Longitud: 15 metros

Sección: $3'14 \times 0'32^2/4 = 0'071 \text{ m}^2$

Velocidad: $Q/S = 0'080/0'071 = 1'12 \text{ m/s}$

Pérdida por embocadura:

$h=Kv^2/2g=0'5 \times 1'12^2/2 \times 9'8 = 0'032$ metros

Pérdida continua: $0'008099 \text{ m/ml}$

Pérdida continua total: $15 \times 0'008099 = 0'121 \text{ m}$

Pérdida en válvula de aislamiento:

$h = K v^2 / 2g = 0'12 \times 1'122^2 / 2 \times 9'8 = 0'0077 \text{ metros}$

siendo $K = 0'12$ para válvulas de compuerta totalmente abierta.

Pérdida por desembocadura:

$h = K v^2 / 2g = 1 \times 1'122^2 / 2 \times 9'8 = 0'064 \text{ metros}$

Pérdidas en la salida:

$0'032 + 0'121 + 0'0077 + 0'064 = 0'225 \text{ m}$

Cota en la arqueta central de los lechos bacterianos:

$635'061 + 0'225 = 635'286 \text{ m.}$

Lecho bacteriano. -

Las pérdidas en el lecho bacteriano, vienen definidas por las alturas geométricas necesarias, para el correcto funcionamiento del mismo:

Pérdidas:

Altura sistema de recogida y falso fondo: $0'45 \text{ m}$

Altura del lecho: $3'00 \text{ m}$

Guarda de vertido sobre el lecho: $0'20 \text{ m}$

Carga disponible, mínimo: $0'60 \text{ m}$

Total lecho bacteriano: $4'25 \text{ m}$

Cota de agua en las arquetas de entrada a los lechos bacterianos:

$635.286 + 4.25 = 639.536 \text{ m}$

Reparto a lechos bacterianos. -

Caudal de cálculo: $0'0897 \text{ m}^3/\text{s}$

Nº de vertederos: dos

Caudal por vertedero: en el caso más desfavorable se considera un 70% del caudal máximo por un vertedero, regulado por tajadera o vertedero diferencial.

Caudal de cálculo= $0.7 \times 0.0897 = 0.0628 \text{ m}^3/\text{s}$

Tipo de vertedero: rectangular en pared delgada.

Caudal en vertedero:

$$Q = n \cdot B \cdot h \cdot (2gh)^{1/2}$$

siendo:

$$Q = 0.0628 \text{ m}^3/\text{s}$$

n = coeficiente de caudal = 0.40

h = altura de la lámina de agua.

B = longitud del vertedero = 1 metro

Despejando h y sustituyendo tenemos que $h = 0.108 \text{ m}$

Guarda en el vertedero: 0.15 metros

Cota de agua en la cámara de reparto:

$$639.536 + 0.15 + 0.108 = 639.794 \text{ m}$$

Pérdida de carga entre el decantador primario y la arqueta de reparto a los lechos bacterianos.-

Caudal de cálculo: $0.0897 \text{ m}^3/\text{s}$

Nº de decantadores: uno

El paso del decantador a la cámara de reparto se realiza por medio de un orificio sumergido de 0.6×0.4 metros de sección:

Caudal en orificios:

$$Q = K \cdot S \cdot (2gh)^{1/2}$$

en la que:

K = coeficiente orificio embebido = 0.62

S = superficie del orificio = $0.60 \times 0.40 = 0.24 \text{ m}^2$

h = diferencia lámina de agua en metros

$$Q = 0.0897 \text{ m}^3/\text{s}$$

Despejando h y sustituyendo tenemos: $h = 0.019$ metros

Cota de agua en la salida del decantador primario:

$$639.794+0.019=639.813 \text{ m}$$

Pérdidas en el sistema de recogida de agua en el decantador primario.-

Caudal de cálculo: 0'0897 m³/s

Al ser un canal circular con aportación uniforme de caudal en condiciones críticas de descarga, se considera un caudal igual a la mitad, ya que recoge el agua en los dos lados:

$$\text{Caudal por lado: } 0'0897/2=0'045 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aplicando la fórmula de la altura crítica:

$$Q^2=g.B^2.H_c^3$$

Siendo:

$$Q=0'045 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B= 0'30 \text{ m, ancho del canal.}$$

$$\text{Despejando tenemos que } H_c=0'132 \text{ metros}$$

Cota de agua en el canal periférico de recogida de agua:

$$639.813+0'132=639.945 \text{ m}$$

$$\text{Sección mojada}=0'3 \times 0'132=0'0396$$

$$\text{Velocidad}=0'045/0'0396=1'14 \text{ m/s}$$

$$\text{Guarda}=0'155 \text{ m}$$

Cota del labio en el vertedero del decantador primario:

$$639.945+0'155=640.1 \text{ m}$$

Altura de la lámina sobre el labio del vertedero: se utilizan vertederos triangulares espaciados con 6 unidades de vertido por metro lineal de canal perimetral:

$$\text{Diámetro del decantador: } 13 \text{ metros}$$

$$\text{Longitud del canal}=3'14(13-2 \times 0'3)=38'95 \text{ metros}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de vertederos}=6 \times 38'95=233$$

$$\text{Caudal total}=0'0897 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal por vertedero:

$$q=Q/n^\circ \text{ de vertederos}=0'0897/233=3'85.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal por vertedero triangular con ángulo de 90°:

$$q=1.42.h^{5/2}$$

Despejando h y sustituyendo el valor de q tenemos que:

$$h=0.037 \text{ metros}$$

Guarda a la salida: 0.05 metros

Cota de agua en los decantadores primarios:

$$640.1+0.037+0.05=640.187 \text{ m}$$

Pérdidas entre la arqueta de entrada y el decantador primario.-

Caudal de cálculo: 0.0897 m³/s

Nº de decantadores: uno.

Conducto de entrada: la entrada al decantador primario se realiza por medio de una tubería al centro del decantador, en el cual descarga a través de 4 orificios de sección rectangular:

Diámetro tubería: 300 mm

$$\text{Sección}=3.14 \times 0.32^2/4=0.071 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad}=0.0897/0.071=1.27 \text{ m/seg}$$

Pérdida de carga por el paso de orificios de 0.15x0.30 metros en la entrada al decantador:

$$\text{Area abierta}=4 \times 0.15 \times 0.30=0.18$$

$$V=Q/S=0.0897/0.18=0.498 \text{ m/s}$$

Pérdida en el paso por los orificios:

$$Ah=kv^2/2g=1.5 \times 0.498^2/2 \times 9.8=0.019 \text{ metros}$$

Pérdida de carga en la tubería de 300 mm de alimentación a los decantadores primarios:

$$\text{Velocidad en la tubería}=1.27 \text{ m/s}$$

Pérdida por embocadura:

$$Ah=0.42 \times 1.27^2/2 \times 9.8=0.034 \text{ m}$$

Pérdida continua: 0.0055

Longitud de la tubería=15 m

$$\text{Pérdida total}=0.0055 \times 15=0.0825 \text{ m}$$

Pérdida por dos codos de 90°:

$$Ah=2 \times 0.75 \times 1.272 / 2 \times 9.8 = 0.123 \text{ m}$$

Pérdidas totales:

En los orificios de salida: 0.0190 m

En la tubería: 0.0825 m

Por embocadura: 0.034 m

Por dos codos de 90°: 0.123 m

Total: 0.258 m

Cota de agua en la arqueta de entrada al decantador primario:

$$640.187 + 0.258 = 640.445 \text{ m}$$

Pérdidas en el desarenador.-

El nivel de agua en el desarenador se regula por medio de un vertedero de pared gruesa en la salida del mismo.

Pérdidas a la salida del desarenador:

Caudal máximo: 0.0897 m³/s

Tipo de vertedero: pared gruesa

Caudal en vertedero:

$$Q = u \cdot B \cdot h \cdot (2gh)^{1/2}$$

siendo:

$u=0.45$, coeficiente en vertedero de pared gruesa

$B=1.20$ metros, ancho del vertedero

sustituyendo y despejando h tenemos: $h=0.112$ metros

Guarda en el vertedero: 0.10 metros

Cota de agua en el desarenador:

$$640.445 + 0.10 + 0.112 = 640.657 \text{ m}$$

Pérdidas de carga en el canal de desbaste.-

Con el fin de evitar remansos en el canal de desbaste, cuando se deje de impulsar agua bruta, situamos la

solera del canal de desbaste en el punto de descarga a la cota del vertedero de salida del desarenador.

Cota de agua en la solera del canal de desbaste:

$$640.445+0.10=640.545 \text{ m}$$

Calado en el canal de desbaste a caudal máximo, habíamos obtenido ya en el dimensionamiento, $C=0.45$:

Cota de agua en el canal de desbaste, en el punto de carga:

$$640.545+0.45=640.995 \text{ m}$$

Pérdidas en el canal:

Longitud del canal=5 m

Pendiente=0.0016 m/ml

$$\text{Pérdidas}=0.0016 \times 5=0.008$$

Con lo que tendríamos la siguiente cota:

$$640.995+0.008=641.003 \text{ m}$$

A la que sumando las correspondientes a las rejillas.

Pérdida de carga en la rejilla de finos.-

Para el cálculo de la pérdida de carga en la rejilla, consideramos el caso más desfavorable, es decir, a caudal máximo futuro.

$$\text{Caudal máximo}=0.0897 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Calado}=0.24 \text{ metros}$$

$$\text{Sección mojada}=0.5 \times 0.24=0.12 \text{ m}^2$$

Velocidad de aproximación a la rejilla:

$$V=Q/S=0.0897/0.12=0.75 \text{ m/s}$$

Pérdida de carga:

$$h_L=B \cdot (w/b)^{4/3} \cdot h_v \cdot \text{sen}$$

donde:

B =factor de forma=1.67 (barrote plano arista redondeada).

w =anchura de la barra=0.006 m

b =separación entre barras=0.01508

$$h_v = \text{altura cinética} = v^2/2g = 0.752^2/2 \times 9.8 = 0.028 \text{ metros}$$

$$= \text{ángulo de la reja} = 45^\circ$$

$$h_L = 1.67(0.006/0.01508)^{4/3} \cdot 0.028 \cdot \sin 45^\circ = 0.0097 \text{ metros}$$

Cota de agua a la entrada de la reja:

$$641.003 + 0.0097 = 641.013 \text{ metros}$$

Pérdida de carga en la reja de gruesos.-

Para el cálculo de la pérdida de carga en la reja, consideramos el caso más desfavorable, es decir, a caudal máximo futuro.

$$\text{Caudal máximo} = 0.0897 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Calado} = 0.24 \text{ metros}$$

$$\text{Sección mojada} = 0.5 \times 0.24 = 0.12 \text{ m}^2$$

Velocidad de aproximación a la reja:

$$V = Q/S = 0.0897/0.12 = 0.75 \text{ m/s}$$

Pérdida de carga:

$$h_L = B \cdot (w/b)^{4/3} \cdot h_v \cdot \sin$$

donde:

$$B = \text{factor de forma} = 2.40 \text{ (perfil rectangular).}$$

$$w = \text{anchura de la barra} = 0.008 \text{ m}$$

$$b = \text{separación entre barras} = 0.05 \text{ metros}$$

$$h_v = \text{altura cinética} = v^2/2g = 0.752^2/2 \times 9.8 = 0.028 \text{ metros}$$

$$= \text{ángulo de la reja} = 45^\circ$$

$$h_L = 2.40 \cdot (0.008/0.05)^{4/3} \cdot 0.028 \cdot \sin 45^\circ = 0.004 \text{ metros}$$

Cota de agua a la entrada de la reja de gruesos:

$$641.013 + 0.004 = 641.017 \text{ m}$$

Pérdidas en el proceso completo.-

1.- Reja de gruesos: 0.004 m.

2.- Reja de finos: 0.0097 m.

3.- Pérdidas en canal de desbaste: 0.558 m.

4.- Desarenador:

Vertedero: 0.112 m.

Guarda: 0.1 m.

Total: $0.1 + 0.112 = 0.212$ m.

5.- Entre arqueta de salida de desarenador y arqueta de entrada al decantador primario:

Orificio de salida: 0.019 m

Tubería: 0.0825 m

Embocadura: 0.034 m

2 codos de 90°: 0.123 m

Total: 0.258 m

6.- Pérdida en el sistema de recogida de agua del decantador primario y en el decantador primario:
0.329 m

7.- Pérdida entre el decantador primario y la arqueta de reparto a los lechos bacterianos: 0.329 m

8.- Pérdida en la arqueta de reparto a los lechos bacterianos: 0.258 m

9.- Pérdida en los lechos bacterianos: 4.25 m

10.- Pérdida en la salida del lecho bacteriano:

Embocadura: 0.032 m

Continua: 0.121 m

Válvula: 0.077 m

Desembocadura: 0.064 m

Total: 0.225 m

11.- Pérdida en la arqueta de bombeo de recirculación: 0.112 m

12.- En la llegada al decantador secundario:

Continua: 0.078 m

Codo de 90: 0.062 m

Guarda: 0.10 m

Embocadura: 0.034 m

Total: 0.274 m

13.– Pérdida en el sistema de recogida de agua en el decantador secundario: 0.334 m

14.– Del decantador secundario a cámara de cloración:

Embocadura: 0.041 m

Continua: 0.13 m

Desembocadura: 0.082 m

Total: 0.253 m

15.– En la cámara de cloración: Se considera nula la pérdida.

16.– Pérdida en la arqueta de salida: 0.196 m

PROYECTO FIN DE CARRERA

E.D.A.R TIJOLA CALCULOS HIDRAULICOS

9