



Región de Murcia

Consejería de Agricultura y Agua

Dirección General del Agua

*Proyecto de Adecuación de Estación
Depuradora de Aguas Residuales en Bullas,
Murcia.*

AYSING
Ingeniería, Arquitectura
Y Urbanismo

ANEJO Nº 2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS.
LÍNEA PIEZOMETRICA.



ANEJO Nº 2.

CÁLCULOS HIDRÁULICOS. LÍNEA PIEZOMETRICA.

1.- Metodología.

En el presente anejo se detallan los cálculos hidráulicos que han determinado la disposición y de los diferentes elementos y obras que componen las instalaciones propuestas.

El estudio hidráulico para obtener la línea piezométrica se ha realizado partiendo de los elementos de depuración existentes y las tuberías de comunicación entre ellos.

El proceso que se ha llevado a cabo ha sido calcular por separado las pérdidas de carga en los elementos hidráulicos más importantes siguiendo la línea de agua, para obtener la línea piezométrica.

La pérdida de carga en las conducciones de comunicación entre los distintos compartimentos de la EDAR más la pérdida de carga de todos los elementos singulares del proceso nos da las diferencias de altura de lamina de agua, desde la entrada hasta la salida de la Planta.

Se ha dividido el proceso en dos:

1. Línea Piezométrica del Tratamiento Biológico.
2. Línea Piezométrica del Tratamiento Terciario.



2.- Perdidas de Carga.

Conexiones entre elementos: Tuberías de PEHD (10 atms.). Formula de Prandt-Coolebrok.

Para obtener la pérdida de carga de las conducciones se ha adoptado la formula de Prandtl-Coolebrok.

$$v = -2 \sqrt{2gDI} \log \left(\frac{K}{3,71D} + \frac{2,51v}{D \sqrt{2gDI}} \right)$$

Siendo:

I = pérdida de carga en m/m.

D = diámetro interior de la tubería en m.

v = velocidad media en m/s.

g = aceleración de la gravedad en m/s²

K = rugosidad absoluta equivalente en m.: (0,01 para PEHD)

v = viscosidad cinemática del fluido en m²/s.

Las singularidades de las conducciones como codos, válvulas y embocaduras y desembocadura producen una perdida de carga localizada, que se obtiene mediante la fórmula:

$$\Delta h = K (V^2/2g)$$

Siendo:

h = Pérdida de carga localizada del elemento singular.

V = Velocidad en la sección de referencia.

K = Coeficiente de pérdida de carga localizada. Dependiendo de la singularidad considerada toma los siguientes valores:



Desembocaduras $K = 1$

Embocaduras $K = 0,5$

Codos a 90° $K = 1$

Codos a 45° $K = 0'5$

Válvulas $K = 0,8$

Perdida de carga en los distintos compartimentos del proceso.

Se obtienen por aplicación de formulas clásicas de la hidráulica:

La pérdida de carga en rejas se obtiene de aplicación de la formula:

$$\Delta h = f \times (a/s)^{4/3} \times (V^2/2g) \text{ sen } \alpha$$

Siendo:

Δh = Pérdida de carga (m)

f = Factor de forma. Para barras redondas $f = 1,79$

a = Anchura de barrotes (m)

s = Separación entre barras (m)

V = Velocidad de paso (m/s)

α = Ángulo de la reja con respecto a la horizontal.

La pérdida de carga en los vertederos se calcula por la fórmula:

$$\Delta h = \left(\frac{Q^2}{(\mu x L)^2 \times 2g} \right)^{1/3}$$



Siendo:

$Q =$ Caudal (m^3/s)

$L =$ Longitud del vertedero (m.)

$\mu =$ Coeficiente del vertedero.: 0,55 (vertedero perpendicular al flujo).

$g =$ Aceleración de la gravedad (m/s^2)

$\Delta h =$ Pérdida de carga localizada (m)

La pérdida de carga en los rototamices del pretratamiento ha sido facilitada por la empresa fabricante del equipo.

2.1.- Tratamiento Biológico. Perdida de carga de conducciones.

2.1.1.- Aliviadero de Seguridad.

Diámetro: 630 mm. P.N 10 atms.

$Q:$ 900 m^3/h .

Longitud: 66 m.

$i =$ 1‰ m/m.

$\Delta H =$ 6,6 cm.

2.1.2.- Comunicación de Pretratamiento a Cámaras Anaerobias.

Diámetro: 500 mm. P.N 10 atms.

$Q:$ 650 m^3/h .

Longitud: 91 m.

$i =$ 2‰ m/m.

$\Delta H =$ 18,2 cm.



2.1.3.- By-pass Cámaras Anaerobia y Anoxica.

Diámetro: 630 mm. P.N 10 atms.

Q: $(650 + 337,5) = 987,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Longitud: 41 m.

$i = 1\text{‰ m/m}$.

$\Delta H = 4,1 \text{ cm}$.

2.1.4.- Comunicación de Cámara Anoxica a Reactor Biológico.

Diámetro: 800 mm. P.N 10 atms.

Q: $270 + 810 + 337,5 = 1.417 \text{ m}^3/\text{h}$.

Longitud: 7 m.

$i = 2\text{‰ m/m}$.

$\Delta H = 1,4 \text{ cm}$.

2.1.5.- Comunicación Reactor biológico con Arqueta de Reparto a Decantadores.

Diámetro: 500 mm. P.N 10 atms.

Q: $650 \text{ m}^3/\text{h}$.

Longitud: 105 m.

$i = 2\text{‰ m/m}$.

$\Delta H = 20 \text{ cm}$.

2.1.6.- Comunicación Arqueta de Reparto a Arqueta de Reparto existente de los Decantadores.

Diámetro: 500 mm. P.N 10 atms.

Q: $2/3 \times 650 = 433,33 \text{ m}^3/\text{h}$.



Longitud: 12 m.

$i = 1\text{‰}$ m/m.

$\Delta H = 1,2$ cm.

2.1.7.- Comunicación Arqueta de Reparto a Decantador Nuevo.

Diámetro: 315 mm. P.N 10 atms.

Q: 216,67 m³/h.

Longitud: 14 m.

$i = 3\text{‰}$ m/m.

$\Delta H = 4,2$ cm.

2.1.8.- Comunicación de Arqueta de Reunión de Decantadores existentes con Nueva Arqueta de Reunión.

Diámetro: 500 mm.

Q: 650 m³/h.

Longitud: 13 m.

$i = 2\text{‰}$ m/m.

$\Delta H = 2,6$ cm.

2.1.9.- Comunicación Arqueta de Reunión con Depósito de Laminación Terciario.

Diámetro: 500 mm.

Q: 650 m³/h.

Longitud: 89 m.

$i = 2\text{‰}$ m/m.

$\Delta H = 18$ cm.



2.2.- Tratamiento Terciario. Perdida de carga de conducciones.

2.2.1.- Conexión Decantador Lamelar a Filtros de Arena.

Diámetro: 315 mm.

Q: 208 m³/h.

Longitud: 3 m.

i = 2‰ m/m.

$\Delta H = 0,6$ cm.

2.2.2.- Conexión Filtros de Arena a Laberinto de Cloración.

Diámetro: 315 mm.

Q: 208 m³/h.

Longitud: 7 m.

i = 2‰ m/m.

$\Delta H = 1,4$ cm.

2.2.3.- Conexión U.V. con Depósito de Agua Filtrada.

Diámetro: 315 mm.

Q: 208 m³/h.

Longitud: 15 m.

i = 2‰ m/m.

$\Delta H = 3$ cm.



2.2.4.- Desagüe agua filtrada a conducción de distribución de lagunas facultativas.

Diámetro: 315 mm.

Q: 208 m³/h.

Longitud: 101 m.

i = 2‰ m/m.

$\Delta H = 20$ cm.



3.- Línea Piezométrica del Tratamiento Biológico.

Pretratamiento (Piezometrica).

Llegada de impulsión: cota de lamina de agua 624,20 metros.

Pérdida de carga en Vertedero arqueta de llegada a canales de desbaste.

Longitud: 3,10 metros

Cota de labio: 624,00 metros.

Caudal máximo: 900 m³/h. = 3,240 m³/seg.

La Perdida de carga será: $\Delta H = \frac{Q^2}{(\mu L)^2 \times 2g} =$

Q = Caudal (m³/seg.)

L = Longitud vertedero en metros.

μ = coeficiente de vertedero: 0'55

g = aceleración de la gravedad (m²/seg.)

ΔH = perdida de carga en el vertedero.

$$\Delta H = \frac{3,24^2}{(0,55 \times 3,10)^2 \times 2 \times 9,8} = \frac{10,50}{2,91 \times 19,6} = 0,18 \text{ metros.}$$

Se adoptan 20 cm.

Cota altimétrica: 624,00 m.

Pérdida de carga en embocadura canales de desbaste.

Pérdida de carga $\Delta H = K \times (V^2/2g)$

Siendo K = 0,5 ; V = 0,45 m/seg.

$$\Delta H = 0,5 \times \frac{0,50^2}{2 \times 9,8} = 6 \times 10^{-3} \text{ m.}$$



Se adoptan 5 cm.

Cota: 623,95 m.

Pérdida de carga en reja de desbaste de finos.

$$\text{Pérdida de carga será} = \Delta H = K \frac{V^2}{2g}$$

$$V = 0'50$$

$$K = 2'00$$

$$\Delta H = (0'50^2 / 2 \times 9,8) \times 2,00 = 0,02 \text{ m.}$$

Se adoptan 10 cm.

Cota: 623,85 m.

Pérdida de carga en tamiz de 3 mm. de paso.

Pérdida de carga según fabricante.

$$\Delta H = 0'41 \text{ m.}$$

Se adoptan 0,50 cm.

Cota final = 623,35 m.

Perdida de carga en embocadura en muro de separación.

Perdida de carga.

$$\Delta H = K \times (V^2/2g) \text{ siendo: } K = 0,50$$

$$V = 0,50 \text{ m/seg.}$$

$$\Delta H = 0,50 \times \frac{0,25}{2 \times 9,8} = 0,01 \text{ m.}$$

Se adoptan 5 cm.

Cota 623,30 m.



Pérdida de carga en embocadura de salida de desbaste a desarenador.

Caudal máximo: 450 m³/h.

Ancho de embocadura: 0'70 m.

V = 0,40 m/seg.

$$\Delta H = K \times (V^2 / 2g)$$

$$\Delta H = 0,5 \times \frac{0,4^2}{2g} = 0,5 \times \frac{0,16}{2 \times 9,8} = 0,01 \text{ m.}$$

Se adoptan 5 cm.

Cota de lamina de agua = 623,25 m.

Pérdida de carga en vertedero de desarenador.

Cota de labio de vertedero: 623,10 m.

Caudal máximo: 450 m³/h.

Ancho de vertedero: 1'50 m.

V = 0,40 m/seg.

$$\Delta H = \left(\frac{Q^2}{(\mu L)^2 \times 2g} \right)^{1/3}$$

Siendo:

μ = coeficiente de vertedero: 0'55

L = Longitud vertedero en metros: 1'50

Q = Caudal (m³/seg.)

g = aceleración de la gravedad (m/seg.²)

ΔH = pérdida de carga en el vertedero.

$$\Delta H = \frac{0,125^2}{(0,55 \times 1,50)^2 \times 2 \times 9,8} = \frac{0,0156}{0,68 \times 2 \times 9,8} = \frac{0,0156}{13,32} = 0,012 \text{ m.}$$

ΔH = 0,01 m.

Se adoptan: 20 cm.

Cota de lamina de agua: 623,05 m.



Comunicación de desarenador a cámaras anaerobias. Perdida de carga de tubería (Prandtl- coolebrok).

Caudal máximo: 650 m³/h.

Diámetro: 500 mm. (PEHD)

Longitud: 91 m.

Perdida de carga por ml. i = 2‰.

Perdida de carga unitaria: ΔH = 18,20 cm.

Pérdida de carga en codos y embocadura.

ΔH₂ = 0,06 cm.

Se adapta ΔH = 1,00 m.

Cota de lamina de agua en entrada de cámaras anaerobias: 622,10 m.

Perdida de carga de Vertedero de salida de Cámara Anoxica.

Caudal máximo: 1.417'50 m³/h = 3,94 m³/seg.

Longitud de labio: 3,50 metros.

Cota de labio de vertedero: 621,65 m.

v = 0,6 m/seg.

$$\Delta H = \frac{Q^2}{(\mu L)^2 \times 2g} = \frac{3,94^2}{(0,55 \times 3,50)^2 \times 2 \times 9,8} = \frac{15,52}{72,63} =$$

ΔH = 0,21 m.

Se adoptan: 50 cm.

Cota de lamina de agua a la salida: 621,60 m.



Perdida de carga de Comunicación de Cámara Anoxica con Reactor Biológico:

Pérdida de Carga en tubería (Prandt-Coolebrook).

Caudal máximo: 1.417'50 m³/h.

Diámetro: 800 mm. (PEHD)

Longitud: 8 m.

Perdida de carga en ‰ i = 3‰.

$\Delta H = 2,40$ cm.

Perdida de carga en curvas y embocaduras: $\Delta H = 5,00$ cm.

Se adoptan 40 cm.

Cota de lamina de agua en Reactor Biológico: 621,00 m.

Perdida de carga de Vertedero de Salida de Reactor Biológico.

Caudal máximo: 650 m³/h. = 2,34 m³/seg.

Vertedero longitud: 10 metros (5 + 5)

Cota de labio de vertedero: 620,95

v = 0,4 m/seg.

$$\Delta H = \frac{2,34^2}{(0,55 \times 10)^2 \times 2 \times 9,8} = \frac{5,47}{30,25 \times 2 \times 9,8} = 0'01$$

Se adopta: $\Delta H = 0,10$ m.

Cota de lamina de agua: 620,90 m.



Perdida de carga de Conducción de Comunicación de Reactor Biológico con Arqueta de Reparto a Decantadores.

Caudal máximo: 650 m³/h.

Diámetro: 500 mm. (PEHD)

Longitud: 105 m.

Perdida de carga por ml. (Prandtl- coolebrok): 2‰.

$\Delta H = 21$ cm.

Pérdida de carga en codos y embocadura.

$\Delta H = 9$ cm.

$\Delta H_{\text{total}} = 30$ cm.

Se adopta $\Delta H = 1,45$ m.

Cota de lamina de agua en arqueta de reparto: 619,45 m.

Perdida de carga de Conducción de Comunicación de Arqueta de Reparto nueva a Arqueta de Reparto a Decantadores existentes.

Caudal máximo: $0,66 \times 650 = 430$ m³/h.

Diámetro: 500 mm. (PEHD)

Longitud: 10 m.

Perdida de carga por ml. (Prandtl- coolebrok): 1‰.

$\Delta H = 0,01$ m.

Se adopta 52 cm.

Cota de lamina de agua en decantador: 618,93 m.



Perdida de carga de Comunicación de Arqueta de salida de Decantadores existentes con nueva Arqueta de reunión.

Caudal máximo: 430 m³/h.

Diámetro: 500 mm. (PEHD)

Longitud: 13 m.

Perdida de carga por ml. (Prandtl- Coolebrok): 1‰.

$\Delta H = 0,01$ cm.

Pérdida de carga en codos y embocaduras.

$\Delta H = 3,5$ cm.

Se adopta $\Delta H = 0,05$ m.

Cota de lamina de agua en arqueta de reunión: 618,87 m.

Perdida de carga de Conducción de unión de Arqueta de reunión con depósito de laminación de Tratamiento Terciario.

Caudal máximo: 650 m³/h.

Diámetro: 500 mm. (PEHD)

Longitud: 89 m.

Perdida de carga por ml. (Prandtl- Coolebrok): $i = 2$ ‰.

$\Delta H = 0,18$ m.

Pérdida de carga en codos y embocaduras.

$\Delta H_2 = 0,10$ m.

Se adopta $\Delta H = 0,30$ m.

Cota de lamina de agua en depósito de laminación de
Tratamiento Terciario = 618,57 m.



4.- Línea Piezométrica del Tratamiento Terciario.

Perdida de carga de depósito de coagulación – Floculación a Decantador Lamelar.

Cota de lamina de agua a cámara de coagulación: 625,20 metros.

Paso de comunicación sumergido a cámara de floculación:

Caudal: 208 m³/h.

Diámetro: 0,40 m.

Pérdida de carga $\Delta H = 0,5 (V^2/2g)$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{57,77}{12,56 \times 10} = 0,46 \text{ m/seg.}$$

$$\Delta H = 0,50 = \frac{0,46^2}{2 \times 9,8} = 0,50 \text{ cm.}$$

Se adoptan: 9 cm.

Cota de lamina de agua en cámara de floculación: 625,11 m.

Perdida de carga de Vertedero de cámara de Floculación a Decantador Lamelar:

Longitud L = 4,00 metros.

$$\text{Perdida de carga } \Delta H = \left(\frac{Q^2}{(\mu L)^2 \times 2 \times g} \right)^{1/3}$$

$$\Delta H = \left(\frac{0,0577^2}{(0,55 \times 4)^2 \times 2 \times 9,8} \right)^{1/3}$$

$$\Delta H = \left(\frac{0,003329}{4,84 \times 2 \times 9,8} \right)^{1/3} = \frac{(0,003329)^{1/3}}{94,80}$$

$$\Delta H = (3,51 \times 10^{-5})^{1/3} = 3,27 \times 10^{-2} = 0,033 \text{ m.}$$

Se adopta una pérdida de carga de: $\Delta H = 8 \text{ cm.}$

Cota de laminación decantador lamelar: 625,03 m.



Perdida de carga de Vertedero de salida decantador lamelar:

Longitud: 4,00 metros

ΔH = igual a la entrada

Se adopta $\Delta H = 8$ cm.

Cota de laminación de salida decantador lamelar: 624,94 m.

Pérdida de Carga en filtros de arena.

Según fabricante: $\Delta H = 1,50$ m.

Cota de salida de filtros de arena: 623,44 m.

El desnivel del terreno obliga a perder 1,24 metros adicionales por lo que la cota de lamina de agua en la entrada del laberinto de cloración será la 622,20 m.

Perdida de carga en laberinto de cloración.

La perdida de carga en el vertedero del laberinto será:

$$\Delta H = \left(\frac{Q^2}{(0,55L)^2 \times 2 \times g} \right)^{1/3}$$

Siendo $L = 5,00$ metros

$$Q = 0,0577 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$\Delta H = \left(\frac{0,003329}{7,63 \times 2 \times 9,8} \right)^{1/3} = \frac{(0,003329)^{1/3}}{149,55}$$

$$\Delta H = 0,00002226^{1/3} = (0,02226 \times 10^{-3})^{1/3} = 0,28 \times 10^{-1}$$
$$\Delta H = 0,03 \text{ m.}$$

Se adopta una pérdida de carga de 10 cm.

La cota de lamina de agua en el laberinto será la: 622,10 m.



Perdida de carga en el vertedero de salida del laberinto.

En las mismas condiciones del vertedero de entrada será de 3 cm.

La cota de lamina de agua a la salida del laberinto de cloración será la: 622,05 m.

Perdida de carga de Conducción de unión de laberinto de cloración a depósito de agua tratada final.

Caudal: 0,0577 m³/seg.

Diámetro: 315 mm. (PEHD)

La pérdida de carga por ml. será: 2‰ Fórmula de Prandtl-Coolebrock

La longitud de conducción: L = 2,5 m.

$\Delta H = 0,005$ m.

Perdida de carga en boncadura de salida del laberinto de cloración:

$$\Delta H = K (V^2 / 2 \times g) =$$

$$K = 0,5$$

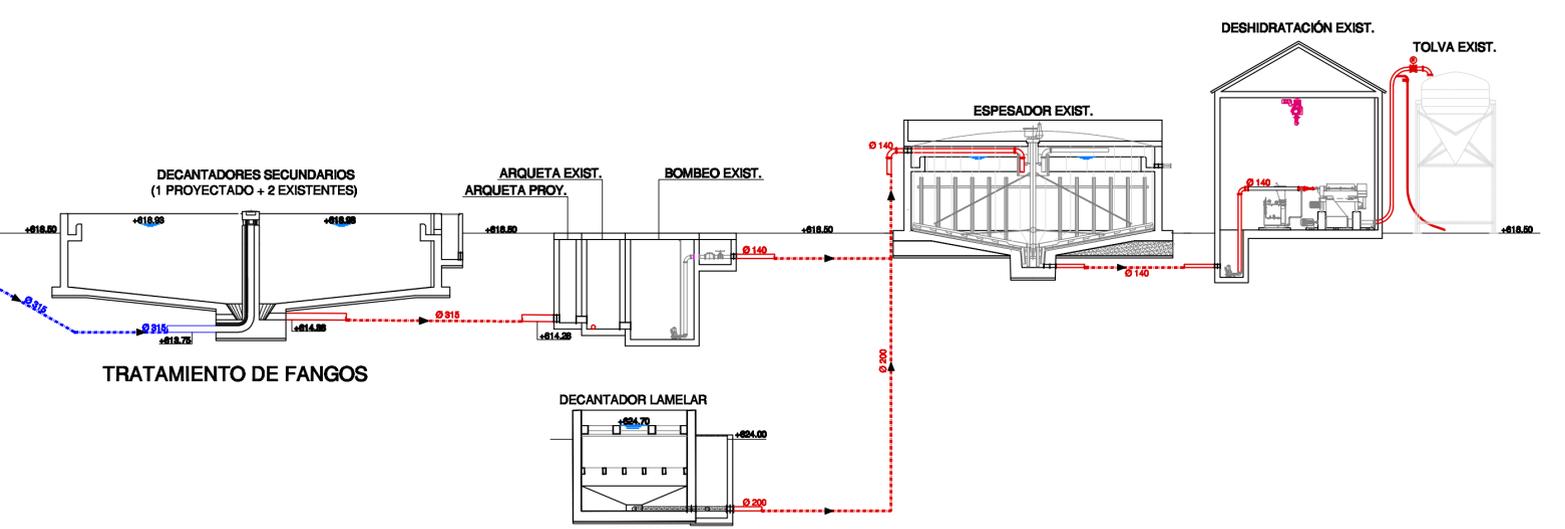
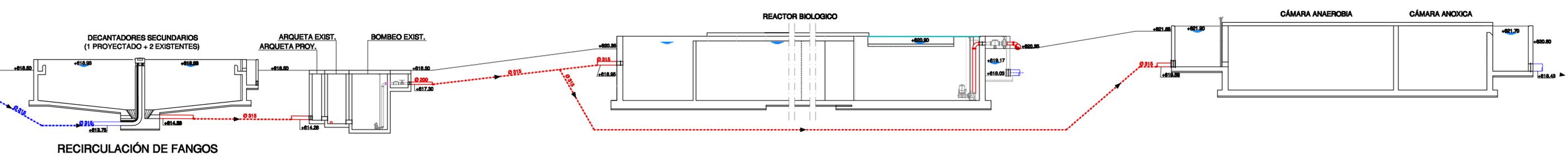
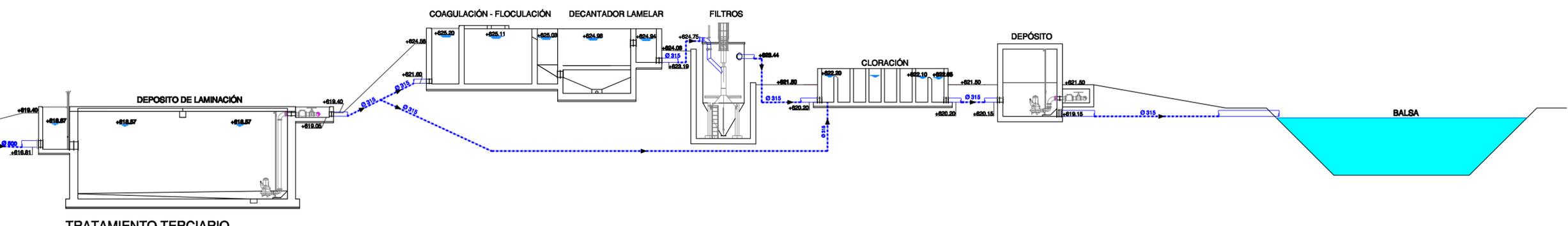
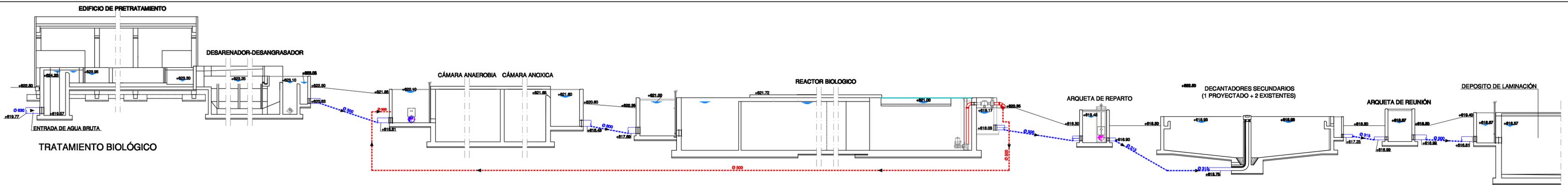
$$V = 0,8 \text{ m/seg.}$$

$$G = 9,8 \text{ m/seg.}^2$$

$$\Delta H = 0,50 \frac{0,82}{2,98} = 0,02 \text{ m.}$$

La pérdida de carga total será: 5 cm.

y la cota de lamina de agua en el depósito de salida de agua tratada la: 622,00 m.



LÍNEAS PIEZOMÉTRICAS