

Anejo 7. CÁLCULOS FUNCIONALES

Contenido

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1.- OBJETIVOS.....	1
1.2.- CONSIDERACIONES SOBRE EL PROCESO.....	2
1.3.- LÍNEA DE TRATAMIENTO.	3
2.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE PROCESO.....	4
2.1.- ALTERNATIVA 1 TRATAMIENTO DOBLE ETAPA.....	4
2.2.- ALTERNATIVA 2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO CONVENCIONAL	5
2.3.- VALORACIÓN COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS.....	6
3.- FUNCIONAMIENTO ESPERABLE	9
3.1.- ALTERNATIVA 3	9
4.- CÁLCULOS	12

1.- INTRODUCCIÓN

El objeto de este anejo es definir las características geométricas y funcionales de los diferentes depósitos y establecer los datos básicos de los equipos que conforman las instalaciones de los diferentes procesos.

1.1.- OBJETIVOS

Se perseguirán los siguientes objetivos:

- Definir la solución más idónea, en cuanto a la línea de proceso adoptada, con un dimensionamiento generoso de los diferentes parámetros de funcionamiento.
- Las instalaciones incluidas en el presente Proyecto están constituidas por equipos convencionales, cuya solvencia ha sido sobradamente comprobada en plantas similares a las que en este Proyecto se presentan.
- Ofrecer una implantación de la obra que conjugue armoniosamente el aspecto estético con el aspecto funcional.
- Ajustar las unidades de la Planta al espacio que ofrece la parcela.
- Mantener un equilibrio racional entre costes de primera inversión y los costes de operación y mantenimiento.
- Establecer una calidad de equipamiento y obra civil acorde con el nivel de prestaciones de este tipo de instalaciones.
- Optimizar la flexibilidad de la E.D.A.R. mediante la estandarización de los equipos de las diferentes instalaciones que realicen trabajos similares.
- Los elementos fundamentales se colocarán con una unidad de repuesto activo.
- Reducir el impacto ambiental originado por la construcción de la instalación industrial, integrándola dentro del entorno adoptando no sólo medidas correctoras, sino, incluso, medidas que mejoren la calidad ambiental original.
- Los equipos no experimentarán vibraciones ni emitirán ruidos por encima de los niveles máximos admitidos, disponiendo de los aislamientos acústicos necesarios.
- Se instalará un equipo de desodorización para eliminar olores del aire procedente de la línea de fangos. El sistema empleado será de Biofiltros Percoladores.
- El sistema biológico utilizado es de tipo concéntrico, ampliamente holgado con un tiempo de retención elevado (superior a 18 horas), con una concentración de sólidos en las balsas (MLSS) de unos 4.000 mg/l, y una carga másica baja (inferior a 0,07 Kg DBO5/Kg MLSS d).

Además, está dotado de zonas óxicas y anóxicas para poder eliminar nitrógeno (nitrificar y desnitrificar). Con objeto de poder precipitar fósforo se ha previsto una adición de reactivo químico (Cloruro Férrico) para así poder eliminar más cantidad de la que se retire con los fangos vía biológica.

1.2.- CONSIDERACIONES SOBRE EL PROCESO.

Los canales de oxidación se pueden considerar procesos de fangos activados trabajando en el rango de la aireación prolongada.

Su configuración más típica es la adoptada en el presente proyecto, es decir, carrusel o velódromo, independiente de los decantadores, que es la siguiente fase del proceso. Aunque también se suelen hacer en forma de canal en forma circular, concéntrico al decantador secundario.

Habitualmente tratan agua bruta, siendo muy poco usuales los casos en los que se utiliza una decantación primaria previa.

El fango en exceso producido está lo suficientemente mineralizado, por lo que no requiere una digestión o estabilización posterior del mismo.

Otra ventaja es su estabilidad frente a fluctuaciones importantes de carga y caudal, además de presentar la posibilidad de nitrificar y desnitrificar en el mismo reactor, debido a la alternancia de zonas con alto contenido en oxígeno con zonas anóxicas.

Todas las instalaciones de la EDAR se completan con las redes de agua potable e industrial, vaciados, red de aire y desodorización.

Parámetros de diseño habitualmente empleados:

Las plantas con canales de oxidación muestran los siguientes parámetros de diseño:

- Carga másica: 0,05 – 0,15 kg DBO5 / kg MLSS/día
- Carga volumétrica: 0,15 – 0,30 kg DBO5 / m³/día
- Oxígeno aplicado: 2,0 – 2,5 kg O₂ / kg DBO5 eliminado.
- MLSS: 2.000 – 6.000 mg/l

Peculiaridades típicas del proceso

Grado de mezcla alcanzado

La configuración hidráulica de los canales hace que el grado de mezcla alcanzado, similar al conocido por mezcla completa, no se alcance por una agitación súbita, sino por una constante dilución a medida que se van completando las 60-100 vueltas al circuito que daría una teórica partícula antes de rebasar su tiempo medio de estancia. Debido a este gran número de vueltas se consiguen ciertos parecidos al flujo pistón. Las consecuencias a destacar son las siguientes:

- los canales son muy estables frente a variaciones bruscas de carga y de caudal, como el proceso de mezcla completa;
- se consiguen muy buenos rendimientos, como el flujo pistón;
- y, lo que es más ventajoso, se consigue un gradiente de oxígeno disuelto a lo largo del canal que configura zonas ricas en oxígeno seguidas de zonas de anoxia, lo que le permite nitrificar y desnitrificar en el mismo canal o reactor.

Esta particularidad se ha demostrado en los últimos años como un arma fundamental contra ciertos problemas típicos de operación de las plantas de fangos activados convencionales, puesto que los cambios bruscos de concentración de oxígeno inhiben el crecimiento de las bacterias filamentosas causantes del bulking del fango.

Consumo de oxígeno

Aparentemente, el consumo de oxígeno en este tipo de plantas es elevado, si bien hay que tener en cuenta que éste se consume básicamente en los siguientes procesos:

- Eliminación de DBO.
- Oxidación del nitrógeno amoniacal.
- Respiración endógena del fango.

En un proceso de fangos activos el mayor consumo de oxígeno se utiliza en eliminar DBO, mientras que en los otros dos procesos el consumo de oxígeno es de poca entidad.

En este proceso, al trabajar con edades de fango elevadas, la respiración endógena adquiere mayor relevancia, pero conlleva una producción de fango en exceso menor y muy mineralizado, lo que evita, en la mayoría de los casos, una estabilización posterior del mismo.

En cuanto al consumo de oxígeno debido a la eliminación de amoníaco también es menor que un proceso convencional diseñado para nitrificación porque, de los 4,57 kg de O₂ necesarios estequiométricamente para eliminar 1 kg de nitrógeno amoniacal, un 5% aproximadamente de este último se consume en la propia síntesis celular y hasta un 62,5% del oxígeno empleado se recupera en condiciones de anoxia por medio de ciertas bacterias heterótrofas que reducen el NO₃- a N₂ gas. Por todo ello, si, para una calidad de efluente dada, se compara este proceso con otro convencional, el ahorro energético se puede cifrar entorno al 20%.

Cantidad y características del fango producido

La gran mineralización que se consigue en un canal de oxidación reduce la producción de fangos hasta valores que oscilan desde 0,60 hasta 1,00 kg de Fango / kg DBO₅ eliminada, y sin que sea necesaria una digestión posterior con el consiguiente ahorro, tanto de inversión como de mantenimiento. Por otro lado, la propia secuencia de zonas ricas en oxígeno con zonas de anoxia, así como la gran dilución que experimenta el sustrato presente en el agua bruta al entrar en el reactor, hace muy difícil la proliferación de bacterias de tipo filamentosas, causantes de los problemas típicos de hinchamiento del fango tan corrientes en las plantas diseñadas con proceso de fangos activados convencionales.

Costes

Al desnitrificar en el mismo reactor que se produce la nitrificación se consigue ahorrar 5 de cada 8 moléculas de oxígeno requerido en la oxidación del amoníaco, lo que se traduce en otro considerable ahorro energético. La mineralización del fango producido, así como su pequeña cuantía permite:

- Eliminar la digestión, con lo que se elimina un coste de inversión elevado.
- Eliminar el consumo de energía que una estabilización de fango siempre ocasiona, especialmente si ésta se realiza de manera aerobia.
- Un ahorro en los reactivos químicos necesarios para deshidratación, al ser estos proporcionales al volumen de fangos producidos.

1.3.- LÍNEA DE TRATAMIENTO.

La línea de tratamiento propuesta para la EDAR es la siguiente:

Línea de Agua

- Pozo de gruesos. By-pass general de la planta. Aliviadero de emergencia.

- Tanque de tormentas.
- Desbaste de sólidos gruesos.
- Bombeo de agua bruta.
- Medición de caudal de agua bruta.
- Desbaste de sólidos medios. Tamizado.
- Desarenado-desengrasado.
- Tanque de excesos. Bombeo de vaciado del tanque.
- Medición de caudal a tratamiento secundario.
- Balsa anaerobia.
- Arqueta de reparto a biológico.
- Tratamiento biológico de aireación prolongada en baja carga (oxidación prolongada) con nitrificación – desnitrificación (eliminación de nitrógeno y fósforo por vía biológica).
- Tratamiento complementario de desfosfatación por vía química.
- Decantación secundaria.
- Bombeo de flotantes a cabecera.
- Fuente de presentación y depósito de agua tratada.
- Medida de caudal de agua tratada.

Línea de Fangos:

- Bombeo de recirculación de fangos.
- Bombeo de purga de fangos.
- Espesamiento de fangos por gravedad.
- Acondicionamiento químico del fango.
- Deshidratación de fangos espesados mediante centrífuga.
- Almacenamiento y evacuación de fangos deshidratados.

Líneas auxiliares:

- Red de aire.
- Redes de agua potable, de agua industrial y de riego.
- Red de vaciados, lixiviados, drenajes y saneamiento. Bombeo de retornos a cabecera.
- Redes de reactivos químicos.
- Red de desodorización.

Se considera esta solución como la más adecuada para definir una obra acorde con todos los criterios de buena práctica.

2.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE PROCESO

2.1.- ALTERNATIVA 1 TRATAMIENTO DOBLE ETAPA

En primer lugar, la alternativa 1 es una EDAR con tratamiento biológico en doble etapa.

Se trata del prediseño planteado en el Anteproyecto Constructivo previo, de la Licitación para la CONTRATACIÓN DE LA REDACCIÓN DE PROYECTO Y OBRA DE CONSTRUCCIÓN DE NUEVA LÍNEA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA EDARU DE TARANCÓN (CUENCA), ACLM/00/PO/001/18.

Como características más destacables, se plantea un tratamiento biológico en doble etapa, con un tratamiento primario y un secundario. Se contempla digestión aerobia de fangos.

La línea de tratamiento propuesta para la EDAR es la siguiente:

Línea de Agua

- Pozo de gruesos. By-pass general de la planta. Aliviadero de emergencia.
- Desbaste de sólidos gruesos.
- Bombeo de agua bruta.
- Medición de caudal de agua bruta.
- Desbaste de sólidos medios. Tamizado.
- Desarenado-desengrasado.
- Medición de caudal a tratamiento biológico.
- Reactor biológico primera etapa (alta carga).
- Decantador primario.
- Arqueta de reparto a secundario.
- Tratamiento biológico de aireación prolongada en baja carga (oxidación prolongada) con nitrificación – desnitrificación (eliminación de nitrógeno y fósforo por vía biológica).
- Tratamiento complementario de desfosfatación por vía química.
- Decantación secundaria.
- Bombeo de flotantes a cabecera.
- Fuente de presentación y depósito de agua tratada.
- Medida de caudal de agua tratada.

Línea de Fangos:

- Bombeo de recirculación de fangos.
- Bombeo de purga de fangos.
- Digestor aerobio de fangos.
- Espesamiento de fangos por gravedad.
- Acondicionamiento químico del fango.
- Deshidratación de fangos espesados mediante centrífuga.
- Almacenamiento y evacuación de fangos deshidratados.

Líneas auxiliares:

- Red de aire.
- Redes de agua potable, de agua industrial y de riego.
- Red de vaciados, lixiviados, drenajes y saneamiento. Bombeo de retornos a cabecera.
- Redes de reactivos químicos.
- Red de desodorización.

2.2.- ALTERNATIVA 2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO CONVENCIONAL

En segundo lugar, se plantea la posibilidad de diseñar un tratamiento biológico convencional, con un reactor biológico de baja carga, sin tratamiento primario previo, y sin digestión de fangos.

La línea de tratamiento propuesta para la EDAR es la siguiente:

Línea de Agua

- Pozo de gruesos. By-pass general de la planta. Aliviadero de emergencia.
- Tanque de tormentas.
- Desbaste de sólidos gruesos.
- Bombeo de agua bruta.
- Medición de caudal de agua bruta.
- Desbaste de sólidos medios. Tamizado.

- Desarenado-desengrasado.
- Tanque de excesos. Bombeo de vaciado del tanque.
- Medición de caudal a tratamiento secundario.
- Balsa anaerobia.
- Arqueta de reparto a biológico.
- Tratamiento biológico de aireación prolongada en baja carga (oxidación prolongada) con nitrificación – desnitrificación (eliminación de nitrógeno y fósforo por vía biológica).
- Tratamiento complementario de desfosfatación por vía química.
- Decantación secundaria.
- Bombeo de flotantes a cabecera.
- Fuente de presentación y depósito de agua tratada.
- Medida de caudal de agua tratada.

Línea de Fangos:

- Bombeo de recirculación de fangos.
- Bombeo de purga de fangos.
- Espesamiento de fangos por gravedad.
- Acondicionamiento químico del fango.
- Deshidratación de fangos espesados mediante centrífuga.
- Almacenamiento y evacuación de fangos deshidratados.

Líneas auxiliares:

- Red de aire.
- Redes de agua potable, de agua industrial y de riego.
- Red de vaciados, lixiviados, drenajes y saneamiento. Bombeo de retornos a cabecera.
- Redes de reactivos químicos.
- Red de desodorización.

2.3.- VALORACIÓN COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS

La alternativa 1, doble etapa, se considera una solución adecuada para tratar aguas residuales con una alta carga de contaminación, debido a una fuerte actividad industrial en el municipio, y en depuradoras con una capacidad superior a los 50.000 hab-eq. Tarancón podría ser un buen candidato, pues el agua bruta presenta una DBO5 del orden de 600 mg/l.

La primera etapa consigue una alta reducción de la materia orgánica y una notable reducción de los sólidos en suspensión, con un reactor de tamaño relativamente pequeño, y con unos costes energéticos limitados.

Por el contrario, el rendimiento en la reducción en nutrientes (nitrógeno, fósforo) es mucho menor.

La segunda etapa, tiene que tratar un agua residual con una carga contaminante ya limitada, reducida en la primera etapa, de modo que ya no requiere de un gran reactor biológico. La decantación secundaria, ya no estaría limitada por la carga de sólidos, sino por la carga hidráulica.

El principal inconveniente, respecto a un tratamiento biológico convencional, es que los fangos del tratamiento primario están sin digerir ni estabilizar. Se requiere una digestión de fangos. Para plantas de mayor tamaño, superior a los 120.000 hab-eq, es habitual contar con una digestión anaerobia de fangos. Aunque se complica el número de elementos y equipos, y aumentan los costes de construcción y mantenimiento, se compensan con los costes de explotación, por el ahorro energético debido a la cogeneración de energía eléctrica, al obtener biogás.

Pero para una EDAR del tamaño de Tarancón, la digestión anaerobia no resulta tan adecuada, pudiendo plantearse la digestión aerobia de fangos. Consiste en un reactor adicional, con una concentración de sólidos en el reactor muy elevada, y oxigenación forzada mediante equipos de aireación, para que el fango se estabilice por vía biológica. El tamaño del digestor será relativamente grande, para que la edad del fango sea la adecuada, hasta conseguir un fango estabilizado.

Con esta solución, la suma de los volúmenes del reactor primario, del reactor secundario, y del digestor aerobio (reactor de estabilización), es menor que el volumen de un reactor biológico convencional (simple etapa). Esto implica que los costes de construcción serán menores.

En cuanto a los costes de mantenimiento y explotación, la necesidad de disponer de aireación forzada en el reactor primario, en el reactor secundario y también en el reactor de estabilización, implica una necesidad de energía eléctrica mucho mayor que en la aireación de un tratamiento biológico convencional (el planteado en la alternativa 2). Es mayor porque en la doble etapa hay un menor aporte de oxígeno por nitrificación-desnitrificación, al ser la reducción de nitrógeno menor.

Comparadamente, vemos que los costes de construcción son algo menores, en un tratamiento doble etapa respecto al tratamiento simple etapa. En cuanto a los costes de explotación y mantenimiento, aumenta el número de equipos, y los costes energéticos de aireación aumentan, por un menor aporte de oxígeno en la reducción de nitrógeno.

Esto nos lleva a valorar otro aspecto fundamental, que es la principal desventaja del tratamiento doble etapa (alternativa 1) respecto al tratamiento simple etapa (alternativa 2). En un tratamiento doble etapa, la eliminación de nutrientes en el reactor primario es despreciable, puesto que el tiempo de retención celular no es suficiente para conseguir la nitrificación. Sólo hay algo de eliminación por la asimilación de nitrógeno en la materia orgánica que sale en la purga de fangos. Puesto que el reactor secundario también se reduce, ajustándolo a la carga contaminante que recibe, no se alcanza la edad del fango necesaria para nitrificación-desnitrificación total. Se da también el fenómeno de limitación de la desnitrificación, por falta de sustrato orgánico para el desarrollo de las bacterias desnitrificantes. En el primer reactor se elimina una gran proporción de la materia orgánica (entre el 50% y el 75%), pero la eliminación del nitrógeno es menor (del 45%). En el segundo reactor no entra tanta materia orgánica, pero el nitrógeno sigue alto. La relación N_{tot} / DBO_5 no es la adecuada. En el agua bruta tenemos una relación $N / DBO_5 = 100 / 600 = 0,16 < 0,20$. Tras el tratamiento primario, la relación aumenta: $N / DBO_5 = 58 / 240 = 0,25 > 0,20$. Se supera el valor límite recomendado de 0,20.

Por tanto, podemos concluir que el tratamiento en doble etapa es adecuado para tratar cargas contaminantes de materia orgánica altas, pero es menos eficaz si queremos también eliminación de nutrientes por vía biológica, o si la carga contaminante de nitrógeno en el agua bruta también es elevada.

En el caso de Tarancón, la autorización de vertido actual vigente de la EDAR-A Tajo tiene en su condicionado los valores límite de emisión de DBO_5 , DQO y SS, pero también de N_{tot} y P_{tot} .

Hemos hablado de que el agua residual bruta tiene unos valores altos de carga contaminante orgánica (DBO_5 del orden de 600 mg/l). Pero también presenta valores elevados en nitrógeno (N del orden de 100 mg/l). En realidad, el valor medio de DBO_5 es del orden de 360 mg/l, y de nitrógeno está en 65 mg/l. Estos valores de contaminación justifican que un tratamiento biológico convencional, en simple etapa, es más adecuado que un tratamiento en doble etapa. Los valores elevados de contaminación sólo se registran en determinadas ocasiones, menos del 10%, y se corresponden con el percentil 90.

La alternativa 2, reactor biológico en simple etapa, sin tratamiento primario, tiene la ventaja de que no requiere de estabilización del fango. Las altas edades del fango consideradas en el reactor de baja carga, oxidación total, consiguen un fango estabilizado, que puede pasarse directamente a espesamiento y deshidratación, sin necesidad de un digestor.

Y también presenta como ventaja que el fango, al ir circulando por el carrusel, va a ser sometido a numerosos ciclos de nitrificación-desnitrificación, hasta la eliminación completa del nitrógeno por vía biológica.

	Alt 1 Doble Etapa	Alt 2 Simple Etapa
Capacidad de depuración		
Caudal diario (m ³ /d)	6.750	6.750
Concentración DBO5 (mg/l)	600	600
Concentración NTK (mg/l)	100	100
Rendimiento esperado		
Salida DBO5 (mg/l) < 25	14,47	15,63
Salida N (mg/l) < 15	14,87	11,30
Volumen tratamiento biológico		
Reactor primario	1.024	
Decantador primario	911	
Reactor secundario	7.884	15.588
Decantador secundario	2.908	2.908
Digestor	3.072	
Volumen total (m ³)	15.799	18.496
Potencia eq trat biológico		
Aireación primario	110,00	
Dec primaria + Recirc + Purga	14,45	
Aireación secundaria	120,00	240,00
Dec secundaria + Recirc + Purga	15,40	15,40
Aireación digestor	165,00	
Potencia total en servicio (kW)	424,85	255,40

Parámetros significativos para comparar ambas alternativas

Por otra parte, en el espacio liberado al no necesitar la primera etapa, ni la digestión de fangos, se puede disponer la implantación de un reactor anóxico-anaerobio, que aumentará significativamente la eliminación de fósforo por vía biológica. Esto puede reducir notablemente el consumo de reactivos químicos, y la generación de fango. Ayudará a cumplir con el requisito de la eliminación de nutrientes. Reduce los gastos de explotación y mantenimiento.

De nuevo, incluso aunque se instalase una balsa anaerobia previa al biológico secundario, suponiendo que hubiera espacio para ello en la alternativa 1, la eliminación de fósforo por vía biológica está limitada por la materia orgánica rápidamente biodegradable que entra al reactor anaerobio. En la alternativa de doble etapa, hay mucha menos materia orgánica disponible que en la alternativa de simple etapa, puesto que una gran parte de ella se elimina en el tratamiento primario. Es una situación análoga a la del nitrógeno: al haber un tratamiento primario previo, que elimina mucha materia orgánica, que es el sustrato para el crecimiento biológico de las bacterias, conlleva que la eliminación de nutrientes en el secundario está limitada.

Por último, como mejora adicional, la alternativa 2 prevé un tanque de homogeneización, y de regulación de excesos. Hemos visto que en ocasiones se registran en Tarancón vertidos puntuales de agua residual de naturaleza no doméstica. Un reactor en doble etapa permite que el reactor primario haga de depósito tampón, pudiendo suavizar y regular las variaciones bruscas en carga contaminante, hasta cierto punto. Pero un vertido tóxico puede dañar seriamente al cultivo biológico en suspensión en el reactor. En el espacio liberado por no ser necesaria la primera etapa, dispondremos un depósito que puede utilizarse para almacenar temporalmente vertidos puntuales, hasta que puedan ser asimilados paulatinamente por el tratamiento biológico. En ese depósito puede realizarse el acondicionamiento del vertido, corrigiendo su pH, o recurriendo a aditivos químicos específicos que limiten su toxicidad, y faciliten su degradación biológica y su sedimentación en el decantador.

Como comentarios adicionales, se incorpora también un tanque de tormentas. En el diseño previo, de 2018, no se preveía. Permitirá evitar vertidos en ocasión de chubascos, al tratarse de una red unitaria, que podrían afectar significativamente a la calidad ambiental del cauce receptor de los desbordamientos.

Se ha valorado su ubicación en un emplazamiento exterior a la EDAR, a 1 km, junto a la arqueta aliviadero en Camino Depuradora, en las parcelas 16212A50300003 y 16212A50300001. Finalmente se ha optado por intentar ubicarlo dentro de la propia EDAR, por facilitar su explotación y mantenimiento. Aunque el espacio en el interior de la parcela de la actual EDAR está muy limitado.

En planos de este anejo se muestran dos subalternativas de la opción 2, con cambios en la implantación del tanque de tormentas, de la obra de llegada y pretratamiento, y de la balsa anaerobia.

Como conclusión, se considera que esta solución alternativa 2 es la más adecuada para definir una obra acorde con todos los criterios de buena práctica.

3.- FUNCIONAMIENTO ESPERABLE

3.1.- ALTERNATIVA 3

Una vez se ha preseleccionado la tipología de tratamiento, escogiendo un tratamiento biológico convencional, con reactor biológico de aireación prolongada en baja carga, en 1 etapa, con fase de tratamiento anaerobio previo para eliminación biológica de nutrientes, y decantación secundaria en decantadores cilíndricos, procedemos a formalizar una nueva alternativa 3, ajustando la capacidad de la EDAR en función de los horizontes de planificación:

- Medio plazo. Población 20.400 habitantes. 2 líneas en paralelo, con capacidad para 25.500 habitantes-equivalentes.
- Largo plazo. Población 27.000 habitantes. 4 líneas en paralelo, con capacidad para 67.500 habitantes-equivalentes.

Esto nos permitirá reducir el volumen total de inversión, en este momento, posponiendo para el medio plazo la ampliación de la EDAR-U. En ese momento se valorará si es adecuado aprovechar las infraestructuras existentes de la antigua EDAR-U, reacondicionándolas, reformándolas y reparando lo que sea necesario; o bien si se aprovecha el espacio en la parcela para sustituir esas infraestructuras y equipos por unos nuevos.

La EDAR-U Tarancón-A Tajo, se diseña para el caudal esperable para el año horizonte del medio plazo, lo cual implica el desarrollo urbanístico, sociodemográfico y económico de la población.

Por otra parte, se considera la carga contaminante correspondiente a la época más desfavorable del año (sin considerar vertidos puntuales de agua residual no doméstica).

Sin embargo, el funcionamiento real, de dichas instalaciones, en el año 0 o de puesta en servicio, cuando reciba una carga contaminante más cercana al valor promedio anual, será diferente. Con esas premisas, la EDAR se encuentra más lejos de su máxima capacidad de tratamiento. De hecho, muchos equipos requerirán una nivel de utilización menor.

Hay que destacar que lo que caracteriza Tarancón es la enorme variabilidad en la carga contaminante, tal y como vemos en los registros de los últimos años. Así, la EDAR diseñada tendrá un funcionamiento holgado durante una buena fracción del año. Pero habrá épocas en las que se encontrará más cerca de su máxima capacidad.

	Diseño	Diseño	Real
Población	Medio plazo	Medio plazo	Medio plazo
Carga contaminante	Máxima carga	Alta carga	Carga media
Caudal			
Población servida (hab)	20.400	20.400	18.200
Dotación (m ³ /hab/d)	0,150	0,150	0,165
Caudal medio (m ³ /d)	3.060	3.060	3.060
Carga agua bruta			
Pob-eq (hab-eq)	38.250	25.500	18.360
S.S. entrada (mg/l)	675	470	300
DBO ₅ entrada (mg/l)	750	500	360
DQO entrada (mg/l)	1500	1000	720
NTK de entrada (mg/l)	98,0	94,5	81,0
Fósforo de entrada (mg/l)	18,2	15,0	10,8
Tratamiento biológico			
MLSS (kg/m ³)	4,2	4,2	3,8
Carga másica (kg/d/kg)	0,093	0,062	0,049
Edad fango (d) (cinético)	14,8	20,7	28,9
Necesidades aire (h/d)	20,0	13,0	10,2
Resultados esperados salida			
DBO ₅ salida (mg/l)	23,5	15,8	11,8
N salida (mg/l)	19,7	14,8	14,0
Fangos			
Producción media fangos (kg/d)	2066	1334	959
Necesidades deshidrat (h/sem)	38	24	18

Parámetros más significativos, entre la situación media del año 0, y la situación de diseño del año horizonte

Diseñamos la EDAR para el medio plazo (20.400 habitantes), utilizando una dotación por habitante de 150 l/hab/día (que es coherente con los registros disponibles), con la carga del percentil 95% de la media móvil a 7 días de los últimos 6 años ($DBO_5 = 500 \text{ mg/l}$ y $N = 94,5 \text{ mg/l}$). Es una carga alta, correspondiente a un municipio con una fuerte actividad industrial.

En esas condiciones, la edad del fango estará por encima de 20 días, y se obtendrá una DBO_5 a la salida inferior a 20 mg/l, y un nitrógeno a la salida inferior a 15 mg/l. Se cumplen los parámetros de vertido establecidos.

Con los equipos de aireación dispuestos, estarán funcionando unas 13 horas diarias, lo que implica un tiempo de anoxia de 0,45.

Sin embargo, si puntualmente se recibe un vertido, o una variación en la carga, con una $DBO_5 = 750 \text{ mg/l}$, y $N = 98 \text{ mg/l}$, la EDAR seguirá cumpliendo los valores límite en el efluente, ajustando su operación. Puede subirse la concentración de fango en el reactor, hasta $4,5 \text{ kg/m}^3$. Será necesario mantener más tiempo los equipos de aireación, hasta un máximo de 20 horas diarias. Se espera obtener un efluente con una $DBO_5 = 24 \text{ mg/l} < 25 \text{ mg/l}$, y $N = 19 \text{ mg/l}$. Si bien es cierto que el valor de nitrógeno excede el umbral de 15 mg/l, no supera el límite excepcional de 20 mg/l, que puede admitirse siempre que el valor medio anual sea inferior a 15 mg/l.

Esto justifica la elección de los equipos de aireación, que tienen margen para asumir puntas de contaminación. También se justifica el tamaño de los decantadores, que van holgados para la carga superficial media de sólidos, pero de este modo pueden admitir incrementos de concentración de licor mezcla en el reactor, sin afectar a la decantabilidad.

La producción de fangos implicará tener los equipos de deshidratación funcionando unas 24 horas semanales, que excepcionalmente pueden subir hasta las 38 h/sem.

En el año de puesta en servicio, con una población de 18.200 habitantes, y una carga media anual de 360 mg/l de DBO_5 y 81 mg/l de N, la EDAR funcionará holgadamente.

Se podrá bajar la concentración de fango en el reactor, MLSS, hasta los 3800 mg/l, para que la edad del fango no aumente descontroladamente. En estas condiciones la edad del fango será de unos 30 días y el reactor estará funcionando con una carga másica de $C_m = 0,050 \text{ kg}DBO_5/\text{kgMLSS/d}$.

Los equipos de aireación sólo tendrán que funcionar unas 10 horas diarias (media), parámetro a considerar para estimar el consumo de energía eléctrica.

De este modo, en el efluente es esperable una $DBO_5 = 11 \text{ mg/l}$ y $N = 14 \text{ mg/l}$, cumpliéndose holgadamente los valores límite establecidos.

La producción de fango media será reducida, de modo que la operación de las deshidratadoras será de unas 18 horas a la semana, aspecto a tener en cuenta en el consumo de la energía de la planta. Y en los costes de gestión de residuos correspondientes al fango deshidratado. Los silos tienen capacidad para unos 10 días de producción media de fango.

4.- CÁLCULOS

A continuación se incluyen los listados de cálculos desglosados, de cada una de las alternativas e hipótesis de funcionamiento:

- Alternativa 1. Tratamiento Biológico Doble Etapa. Caudal de diseño año horizonte, carga contaminante alta.
- Alternativa 2. Tratamiento Biológico Simple Etapa. Caudal de diseño año horizonte, carga contaminante alta.

- Alternativa 3. Tratamiento Biológico Convencional, reducido. Caudal de diseño medio plazo, carga contaminante alta.
- Alternativa 3. Tratamiento Biológico Convencional, reducido. Caudal de diseño medio plazo, carga contaminante alta con alta relación de nitrógeno / DBO5.
- Alternativa 3. Tratamiento Biológico Convencional, reducido. Caudal de diseño corto plazo, carga contaminante media.