

ÍNDICE

1.	INTRODUCCION	1
2.	TRABAJOS PREVIOS.....	2
2.1.	INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.....	2
2.2.	CAMPAÑA DE AFOROS Y ANÁLISIS.....	3
2.2.1.	Análisis.....	3
2.2.2.	Aforos.....	3
2.3.	CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE	3
3.	METODOLOGIA.....	4
3.1.	ANÁLISIS DE LA COHERENCIA DE LOS DATOS DE PARTIDA.....	4
3.2.	HABITANTES EN EL AÑO DE DISEÑO = 25 AÑOS EN EL FUTURO	6
3.2.1.	Modelo geométrico.....	7
3.2.2.	Modelo del Ministerio de Medio Ambiente.....	7
3.2.3.	Modelo de la curva logística.....	8
3.2.4.	Consideraciones.....	8
3.3.	HABITANTES EQUIVALENTES EN EL AÑO DE DISEÑO = 25 AÑOS EN EL FUTURO	8
3.4.	CAUDAL MEDIO A DEPURAR EN LA E.D.A.R.	9
3.5.	CAUDAL PUNTA A DEPURAR EN LA E.D.A.R. (TRATAMIENTO BIOLÓGICO).....	10
3.5.1.	Formula de Harman.....	10
3.5.2.	Formula de Baabit.....	10
3.5.3.	Formula de Fair.....	10
3.6.	CAUDAL MÁXIMO A PROCESAR EN LA E.D.A.R. (PRETRATAMIENTO Y DECANTACIÓN PRIMARIA)	11
3.7.	ANALÍTICA DEL AGUA BRUTA EN EL AÑO DE DISEÑO.....	11
3.8.	AJUSTES POR DISTRIBUCIÓN ENTRE UNIDADES	12
3.9.	ANALÍTICA DEL AGUA DEPURADA EN EL AÑO DE DISEÑO.....	12
4.	CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA.....	12

CAPÍTULO I. DATOS BÁSICOS

1. INTRODUCCION

¿Qué datos son necesarios para proceder a diseñar una E.D.A.R.? Parece una pregunta sencilla pero con mucha frecuencia se olvida que una E.D.A.R. se diseña desde dos puntos de vista: el de los procesos y el hidráulico.

Mientras que el primero de ellos es obvio para todo diseñador, el segundo no lo es tanto, dándose la paradoja que numerosas E.D.A.R. diseñadas adecuadamente para depurar las aguas residuales mediante los correspondientes procesos, no alcanzan los rendimientos de depuración debido a que hidráulicamente no se han diseñado correctamente.

Así pues, lo primero que debemos de determinar son cuales son los datos básicos para el diseño de una E.D.A.R. que, como mínimo, deben de ser:

- Habitantes en el año de diseño
- Habitantes-equivalentes en el año de diseño
- Caudal medio a depurar en la E.D.A.R.
- Caudal punta a depurar en la E.D.A.R. (Tratamiento biológico)
- Caudal máximo a procesar en la E.D.A.R. (Pretratamiento y decantación primaria)
- Analítica del agua bruta en el año de diseño:
 - DQO
 - DBO5
 - SS
 - NTK
 - NH4
 - P
 - Temperatura
- Condiciones de la autorización de vertidos:
 - DQO
 - DBO5
 - SS
 - N
 - P

Establecer los datos básicos para el diseño de una E.D.A.R. es una de las actuaciones mas importantes que se den de llevar a cabo y debe de ser objeto de un estudio técnico en profundidad.

Evidentemente, cuando se hacen extrapolaciones hacia el futuro, como en el caso de diseño de una E.D.A.R. con un escenario a veinticinco años, se corren riesgos importantes que deben de estar acotados.

El crecimiento de una población esta sometida a numerosos condicionantes, que van desde la disponibilidad de recursos hasta decisiones urbanísticas o de desarrollos industriales, que hacen que la proyección a futuro una ciencia incierta. Sin olvidar los cambios legislativos que obligan a mejorar los procesos de depuración en función de nuevas exigencias medioambientales.

Para minimizar los efectos distorsionadores de las previsiones, es necesario apoyarse en dos pilares básicos que deben ser fundamentales para garantizar el disponer de unos datos básicos lo más fiables posible sin que comprometan el buen funcionamiento de la E.D.A.R. a medio y largo plazo:

- 1) Dedicar tiempo, mas que a la realización del propio proyecto, y esfuerzo para determinar los valores actuales de las cargas contaminantes, los posibles crecimientos urbanos e industriales y a las proyecciones a futuro.
- 2) Prever en el diseño e implantación posibles ampliaciones futuras, tanto en cuanto a capacidad hidráulica como en cuanto a capacidad de los procesos.

En resumen, los datos básicos son necesarios para establecer las solicitudes (hidráulicas y de carga de contaminación) a las que se verán sometidas las obras e instalaciones del proyecto, así como determinar las condiciones que han de tener las aguas residuales, una vez depuradas, en función del estado del cauce receptor.

2. TRABAJOS PREVIOS

Se entiende como trabajos previos aquellos necesarios para determinar los datos básicos y que, como mínimo, serán los siguientes:

- Investigación documental.
- Campaña de aforos.
- Caracterización del efluente.

2.1. INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Recopilación de la información existente sobre la situación actual de los vertidos y su problemática.

Se realizará un seguimiento de la documentación disponible en los siguientes estamentos:

- Estadísticas nacionales sobre población
- Confederaciones Hidrográficas
- Comunidad Autónoma
- Ayuntamiento

Con carácter meramente enunciativo dicha documentación e información se referirá, como mínimo, a los siguientes aspectos:

- Planeamiento urbanístico vigente con todas sus normas derivadas, así como estado actual, en su caso, de las propuestas de revisión del mismo.
- Desarrollos industriales
- Cartografía de la zona a escala conveniente, según la información disponible.
- Información sobre las aguas existentes en la zona, sus cualidades, caudales, usos actuales, previsión de obras de la Confederación Hidrográfica, etc.

- Información sobre las infraestructuras de la zona, tanto existentes como en proyecto, así como de los asentamientos industriales y urbanos, que pudieran influir en el presente proyecto.
- Legislación aplicable a la redacción del Proyecto.
- Inventario de puntos de vertido.
- Datos demográficos actuales y pasados.
- Datos hidrológicos existentes.
- Información ambiental de la zona donde se realizarán las obras y su zona de influencia.
- Planes hidrológicos de cuenca.
- Legislación medioambiental sobre el cauce receptor

2.2. CAMPAÑA DE AFOROS Y ANÁLISIS

Una vez recopilada la información de toda índole disponible y con el fin de llegar a un planteamiento de alternativas tanto técnicas y de proceso como de emplazamiento, se deberá realizar una campaña de aforos y análisis para caracterizar los vertidos, lo que nos valdrá como dato de partida para el desarrollo del proyecto.

Esta campaña de aforos y análisis, servirá para completar, confirmar y corregir los datos recopilados y consistirá en:

2.2.1. Análisis

Durante diez días, uno de ellos necesariamente en domingo, se tomarán muestras integradas del caudal circulante, efectuadas en circunstancias representativas del vertido. De ellas se realizarán, con carácter general, las siguientes determinaciones: DBO₅, DQO, SS totales, NH₃, NKT y P_{total}, de ser necesario se realizarán, además, la siguiente analítica: pH, SS disueltos y volátiles, PO₄, aceites y grasas, detergentes y metales pesados.

Independientemente de esto, en caso de existir alguna industria que por la cantidad y composición de sus vertidos pudiera imposibilitar la elección de un sistema de depuración biológico, se realizarán análisis de sus vertidos, con la determinación de parámetros que eventualmente fuesen necesarios.

2.2.2. Aforos

A efecto de cuantificar los caudales de vertido se realizarán los aforos necesarios mediante la utilización de canal Parshall, u otro sistema de medición apropiado.

2.3. CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE

El efluente de una E.D.A.R. puede verterse a un cauce receptor o aprovecharse para otros reusos, en cualquiera de ambos casos será necesario realizar una caracterización del efluente.

Cuando se haga un vertido al cauce receptor se deberán de establecer cuales son las cargas contaminantes (caudales y analítica del agua depurada) que pueden verterse sin

perjudicarlo medioambientalmente y teniendo en cuenta su capacidad de autodepuración.

Cuando se pretenda un reutilización del agua depurada, se establecerán las exigencias de calidad que deben de tener las aguas depuradas para cada uno de los reúsos específicos a los que se quiera dedicar y que, generalmente, están regulados por la legislación vigente.

3. METODOLOGIA

El objetivo final es obtener unos datos básicos, con la suficiente garantía y fiabilidad, para afrontar un diseño de los procesos e instalaciones que conforman la E.D.A.R. que aseguren obtener un agua depurada con las calidades previstas a medio y largo plazo.

Se insiste en que el diseño del conjunto de la E.D.A.R. debe de prever la posibilidad de ampliar tanto la capacidad de las instalaciones como la mejora de los procesos para que, en aquellos casos de desarrollos no previstos o cambios legislativos futuros, se puedan acometer atendiendo a los siguientes criterios:

- 1) Máximo aprovechamiento de las instalaciones diseñadas
- 2) Ejecución de ampliaciones sin necesidad de parar ningún proceso de la E.D.A.R.
- 3) Máxima eficiencia energética

3.1. ANÁLISIS DE LA COHERENCIA DE LOS DATOS DE PARTIDA

Antes de hincar cualquier proyección hacia el futuro, es necesario verificar la **coherencia** de los datos de partida.

Si los datos de partida no son coherentes, cualquier extrapolación a futura de los mismos supondrá un riesgo elevado que pondrá en peligro el correcto funcionamiento de la E.D.A.R. o un despilfarro económico innecesario.

Inicialmente se parte de la información disponible obtenida a través de los datos del último censo de población y de los datos históricos disponibles, contrastados con las informaciones obtenidas en las reuniones mantenidas con los responsables políticos y técnicos de los ayuntamientos afectados que incluirán:

- 1) Desarrollos urbanísticos aprobados
- 2) Posibles desarrollos urbanísticos a medio y largo plazo
- 3) Desarrollos industriales aprobados
- 4) Posibles desarrollos industriales a medio y largo plazo
- 5) Variaciones estacionales de la población
- 6) Consumos de agua potable por meses o trimestres de los últimos años
- 7) Campaña analítica y de aforos

Se insiste sobre la necesidad de que todos los datos disponibles confirmen que los supuestos de los que partimos son fiables y contrastados por varias fuentes. Para ello se realizarán las siguientes comprobaciones:

- 1) Coherencia entre los datos aportados por los ayuntamientos y otros organismos (comunidades o estatales)

- 2) Revisar si las dotaciones obtenidas (dividiendo los consumos de agua mensuales por los habitantes) dan valores aceptables en función del tamaño del núcleo urbano.
- 3) Revisar los habitantes equivalentes definidos por la campaña de aforos y análisis realizada.
- 4) Revisar que los caudales de aguas residuales son compatibles con los caudales de agua de consumo

Si existen discrepancias en cuanto a los datos aportados por diferentes fuentes (ayuntamiento y otros organismos) se deberá de justificar que datos se adoptan y en base a que criterios.

Si la dotación por habitante actual adoptada es elevada (superior a los 350 l/hab/d) deberá de analizarse en profundidad si existen causas reales que justifiquen ese aparente despilfarro o, por el contrario, el número de habitantes reales es superior a lo recogido en el censo o, la presencia de la industria, justifica tales dotaciones.

En cualquier caso, si las dotaciones obtenidas son superiores a los 350 l/hab/d sin que haya una causa que lo justifique se deberá de hacer un replanteamiento de la situación con el objetivo de que el núcleo urbano apueste por un desarrollo sostenible basado en:

- 1) Gestión de los recursos disponibles desde la oferta y no desde la demanda
- 2) Uso razonable de los recursos disponibles evitando despilfarros
- 3) Preservación de los recursos disponibles para las generaciones futuras.

Si los habitantes equivalentes ($e-h = 60 \text{ gr/hab/d}$) obtenidos por la campaña de aforos y análisis (multiplicando el caudal medio diario, en metros cúbicos por hora, por la DBO5, en ppm) y dividiendo el resultado por 60.000) es menor que los habitantes reales se debe de cuestionar la campaña de aforo y análisis revisando si se han tenido en cuenta todos los puntos de vertido o los análisis efectuados son coherentes.

Cuando los habitantes equivalentes sean superiores a los reales, deberá de cerciorarse que la presencia industrial justifica la diferencia existente con los habitantes reales.

Los caudales de aguas residuales obtenidos en la campaña de aforo deben de contrastarse con los caudales de agua servidas. Si son menores (70-90 %) y los habitantes equivalentes y reales están acordes, la situación es coherente. En todos los demás casos habrá que analizar la situación.

Cuando el caudal de aguas negras es mayor que el caudal suministrado y los habitantes-equivalentes son mayores que los reales, se debe de verificar:

- 1) Si hay infiltraciones de aguas, posiblemente del nivel freático, a la red de saneamiento, en cuyo caso debe de proponer una revisión de la misma seguida de las reparaciones pertinentes.
- 2) La metodología de la campaña de aforos y, si es necesario, repetición de la misma.

Cuando el caudal de aguas negras es menor del setenta por cien del caudal de suministro, es probable que existan diferencias sustanciales entre los habitantes equivalentes y los habitantes reales, que pondrán de manifiesto los posibles problemas:

- 1) Verificar si se han tenido en aforado todos los posibles puntos de vertido
- 2) Revisar la campaña de aforos y, si es necesario, repetición de la misma

- 3) Analizar el estado real de la red de saneamiento proponiendo su revisión y, si es necesario, realizar las reparaciones pertinentes.

Ni que decir tiene que, si el núcleo urbano tiene una marcada estacionalidad (veraneo, campañas agrícolas, producciones industriales, etc.), es indispensable disponer de los datos de cada una de las estacionalidades que se produzcan, siendo obligatorio llevar a cabo tantas campañas analíticas y de aforos como sean necesarias.

Como se ha visto por la exposición realizada, debe de existir una correlación adecuada entre habitantes reales, habitantes equivalentes, industria, caudales de suministro, caudales de aguas residuales y cargas contaminantes que debe de estar perfectamente contrastada y justificada, de tal forma la misma se sustente en supuestos lo mas racionales posibles.

En resumen, con la información disponible y una vez procesada, se obtendrán unos datos de partidas lo más coherentes posibles acompañados de las justificaciones que han llevado a adoptar estos valores:

- 1) Habitantes actuales
- 2) Habitantes equivalentes actuales
- 3) Dotación actual
- 4) Caudal medio de aguas residuales
- 5) Caudal punta de aguas residuales
- 6) Datos analíticos del agua residual:
 - a. DQO
 - b. DBO5
 - c. SS
 - d. NTK
 - e. NH4
 - f. P

3.2. HABITANTES EN EL AÑO DE DISEÑO = 25 AÑOS EN EL FUTURO

Partiremos de los datos de partida obtenidos y teniendo en cuenta los históricos de población del núcleo urbano se podrán realizar unas extrapolaciones futuras basadas en cuantos modelos se quieran.

A título meramente informativo se recogen a continuación lo más utilizados.

Modelo Aritmético

Considera un incremento constante de la población, según la fórmula:

$$\frac{dP}{dt} = K_a$$

Dónde: P = población
t = tiempo
K_a = razón aritmética

Así si P₁ es la población en el tiempo t₁ y P₂ la población en el tiempo t₂ (se suele considerar el dato de población del último censo disponible), entonces el valor de la población P en un tiempo futuro t viene dado por la expresión:

$$P = P_2 + \frac{P_2 - P_1}{t - t_1} (t - t_2)$$

3.2.1. Modelo geométrico

En este caso se aplican para iguales períodos de tiempo los mismos porcentajes de incremento de población, es decir:

$$\frac{dP}{dt} = K_g P$$

Donde los parámetros tienen el mismo significado que en el modelo anterior; de igual manera podemos deducir el valor de la población P en un tiempo futuro t a partir de la expresión:

$$P = P_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{t-t_2}{t_2-t_1} \right)}$$

Tanto el modelo geométrico como el aritmético necesitan para su aplicación que el valor de la razón K_a o K_g sea constante y no fluctúe dependiendo de las poblaciones P_1 y P_2 consideradas.

3.2.2. Modelo del Ministerio de Medio Ambiente

Se basa en calcular las tasas de crecimiento anual acumulativo entre las poblaciones de los años correspondientes a los diez y veinte años anteriores al último censo disponible, P_a ; las fórmulas matemáticas que reflejan este concepto son:

$$P_a = P_{a-10} (1 + \beta)^{10}$$

$$P_a = P_{a-20} (1 + \gamma)^{20}$$

Una vez deducidos los valores de β y γ , se adopta un valor de la tasa de crecimiento $\alpha = \frac{2\beta + \gamma}{3}$, de manera que la población futura P se establece como:

$$P = P_a (1 + \alpha)^t$$

Donde t es el tiempo de estudio considerado.

3.2.3. Modelo de la curva logística

Se basa en el establecimiento de una población de saturación en función del crecimiento registrado entre dos periodos de equidistantes.

$$Pe = \frac{S}{1+m \cdot e^{bt}}$$

Dónde:

Pe = Población en el tiempo t

S = Población de Saturación

m = constante = (S-Po)/Po

b = constante = $1/n \cdot \ln(Po \cdot (S-P1) / (P1 \cdot (S-Po)))$

Los valores alcanzados por estas cuatro vías deberán ser contrastados con el de la población de saturación con el fin de rechazarlos por ser discordantes con éste, o bien aceptarlos si lo corroboran.

3.2.4. Consideraciones

Ninguno de los modelos tienen en cuenta los desarrollos, tanto urbanos como industriales, que se hayan aprobado o que, en el futuro, se puedan adoptar, por lo que los resultados de los diferentes modelos deberán de ser matizados por la información disponible.

Tampoco recogen la influencia que otros núcleos urbanos próximos pueden representar como consecuencia de desplazamientos urbanos (ciudades dormitorio), temas de ocio, ni mucho menos la mejoras en las comunicaciones (autopistas, tren de alta velocidad, etc.)

La proyección al futuro basada en los modelos deberá de estar matizada por otra serie de consideraciones de ahí la importancia que se le ha dado a la investigación documental previa que, si está bien realizada, minimizará los riesgos inherentes a toda proyección a 25 años vista.

En numerosas ocasiones puede darse una estacionalidad en determinadas épocas del año, por lo que será necesario definirse los habitantes reales para cada una de ellas, con objeto de poder disponer de la máxima información disponible.

3.3. HABITANTES EQUIVALENTES EN EL AÑO DE DISEÑO = 25 AÑOS EN EL FUTURO

Los habitantes equivalentes en el año de diseño deben de ser, como mínimo, los habitantes reales ya que aquellos incluyen a estos últimos y los de la industria.

Para definir los habitantes equivalentes en el año de diseño se deben de realizar los correspondientes análisis del desarrollo industrial de la zona en base a la información disponible y, mediante las justificaciones pertinentes, determinar el crecimiento o decrecimiento mas esperado posible.

3.4. CAUDAL MEDIO A DEPURAR EN LA E.D.A.R.

Para el cálculo del caudal medio de las aguas residuales se debe de partir de dos datos:

- 1) Dotación futura de aguas potables en l/hab/d
- 2) Porcentaje de aguas residuales en función de las aguas potables.

La decisión sobre la dotación futura de agua potable no debe de dejarse en manos de un mero cálculo matemático o de estadística de poblaciones similares. Cada día es más urgente el adoptar criterios de desarrollo sostenible que hagan que los crecimientos urbanos se conciban en base no solo a la disposición de los recursos sino una gestión eficaz y sostenible, medioambientalmente hablando, de los mismos.

Por ello considerar dotaciones futuras superiores a los 350 l/hab/d deberán de estar soportadas por razones sólidas y pasar por el tamiz de un Estudio de Impacto Ambiental que evalúe los efectos que tales consumos supondrían para el futuro entorno medioambiental.

El porcentaje de aguas potables que son recogidos y transportados por la red de saneamiento debe de estar comprendido entre el 70 y el 90 %, debiéndose de justificarse la adopción de otros valores, teniendo difícil explicación imputar al mal estado de la red de colectores la adopción de otros valores tanto por exceso como por defecto, máxime cuando lo correcto es adoptar las medidas pertinentes para mantener en buen estado la misma:

- Asumir valores bajos de agua residual puede suponer que, cuando se repare la red de colectores, se produzca una mayor caudal de agua residual que provocará que determinados procesos no tenga suficiente capacidad hidráulica para procesar toda el agua o que la depuración alcance los rendimientos previstos.
- Por el contrario, asumir valores altos de agua residual puede llevar a sobredimensionamientos hidráulicos en determinados procesos de la E.D.A.R. con el consiguiente sobre coste económico tanto en la construcción como en la operación.

Con objeto de buscar un equilibrio ajustado entre los costes de implantación y el nivel de riesgos asumidos en la estimación de caudales, se recomienda adoptar como caudal medio de aguas residuales el noventa por cien del caudal de agua suministrado.

Si se encuentran fuertes discrepancias entre los caudales de suministro y los de las aguas residuales se debe de plantear dos actuaciones paralelas:

- Por una parte instar al Ayuntamiento o entidad responsable para que proceda a revisar y reparar, si procede, la red de saneamiento para evitar dichas discrepancias
- Ppor otra parte, adaptar un valor conservador en las dotaciones de aguas residuales generadas, pudiéndose llegar a valores ligeramente por encima de las dotaciones de agua potable, para evitar que el funcionamiento hidráulico de los procesos de sedimentación de la E.D.A.R. se vean comprometidos, a corto plazo, y por consiguiente no se logren los rendimientos de depuración previstos por arrastres de sólidos.

Esta decisión de compromiso deberá de consensuarse entre todas las partes que intervengan en la construcción y operación de la E.D.A.R.

3.5. CAUDAL PUNTA A DEPURAR EN LA E.D.A.R. (TRATAMIENTO BIOLÓGICO)

Se entiende por caudal punta el caudal máximo de las aguas residuales generado en tiempo seco y depende de numerosos factores que van desde el tamaño del núcleo urbano hasta la longitud de la red de saneamiento, pasando por el nivel de desarrollo del mismo.

En general se pueden adoptar cualquier formula de la bibliografía disponible siempre y cuando se sometan luego a un razonamiento técnico apropiado al núcleo estudiado, pudiéndose corregir a la baja o al alza.

3.5.1. Formula de Harman

$$Q_{\text{punta}} = C1 * Q_{\text{medio}}$$

$$C1 = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

Dónde:

Q_{punta} = Caudal punta en m³/h

$C1$ = Coeficiente

Q_{medio} = Caudal medio de aguas residuales en m³/h

P = Población en miles de habitantes

3.5.2. Formula de Baabit

$$Q_{\text{punta}} = C2 * Q_{\text{medio}}$$

$$C2 = \frac{5}{P^{0,167}}$$

Dónde:

Q_{punta} = Caudal punta en m³/h

$C2$ = Coeficiente

Q_{medio} = Caudal medio de aguas residuales en m³/h

P = Población en miles de habitantes

3.5.3. Formula de Fair

$$Q_{\text{punta}} = C3 * Q_{\text{medio}}$$

$$C3 = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Dónde:

Q_{punta} = Caudal punta en m³/h

C_3 = Coeficiente

Q_{medio} = Caudal medio de aguas residuales en m³/h

P = Población en miles de habitantes

Salvo que se disponga de información en contra, el caudal punta, para poblaciones de menos de 100.000 habitantes, debe de adoptar valores comprendidos entre 2,2 y 2,4 veces el caudal medio horario con el objetivo de estar del lado de la seguridad a la hora de diseñar hidráulicamente determinados procesos de separación de sólidos en la E.D.A.R.

Para más de 500.000 habitantes se aconseja adoptar coeficientes con valores entre 1,5 y 1,6.

3.6. CAUDAL MÁXIMO A PROCESAR EN LA E.D.A.R. (PRETRATAMIENTO Y DECANTACIÓN PRIMARIA)

El caudal máximo a procesar en una E.D.A.R. depende, en numerosas ocasiones, de decisiones legislativas que tienen en cuenta las características de las cuencas en donde se realiza el vertido.

Como norma general, los valores adoptados se sitúan entre tres y cinco veces el caudal medio.

No obstante, la red de saneamiento debe de disponer de las medidas adecuadas para que las aguas pluviales procedentes de una lluvia de 10 l/sg y duración 20 minutos no se viertan a cauce público y sean sometidas, al menos, a un tratamiento primario. De esta forma se garantiza siempre la retención y el tratamiento de las primeras aguas pluviales de cualquier fenómeno metereológico que, como se sabe, son las más contaminantes al arrastrar todos los residuos sedimentados y almacenados en la red de colectores.

3.7. ANALÍTICA DEL AGUA BRUTA EN EL AÑO DE DISEÑO

Con los datos de la campaña analítica realizada y una vez establecida la coherencia de los mismos, se deberá de proceder a extrapolar los habitantes equivalentes del año de diseño que son los que establecerán los valores de los principales contaminantes para el diseño de las instalaciones.

Por norma general, los valores más comunes son:

- DBO₅ : 60 gr/h-e/d
- SS: 60 gr/e-h/d
- NTK: 12 gr/h-e/d
- P: 2 gr/h-e/d

Que deberán ser corregidos en función de los datos aportados por la campaña analítica realizada al permitir establecer unas relaciones entre los diferentes parámetros del agua residual (SS, N y P) respecto a la DBO₅ propias de la población estudiada, aconsejándose su aplicación para la situación futura salvo justificación en contra.

3.8. AJUSTES POR DISTRIBUCIÓN ENTRE UNIDADES

Cuando la E.D.A.R. se diseña para dos temporadas distintas (alta y baja) o se decide, por razones presupuestarias, su construcción en dos fases diferentes (fase primera para dentro de quince años y fase segunda para dentro de veinticinco años) es necesario realizar un ajuste en función del número de unidades que conforman la línea de agua, para que se ajusten adecuadamente a cada temporada o fase.

3.9. ANALÍTICA DEL AGUA DEPURADA EN EL AÑO DE DISEÑO

Evidentemente el establecimiento de los valores de los parámetros del agua depurada, en el futuro, se deben de realizar en función de una serie de hipótesis de trabajo que tengan en cuenta el escenario más probable.

Adoptar criterios poco restrictivos puede suponer remodelaciones a corto plazo con los consiguientes problemas de operación mientras se ejecutan. Si se opta por criterios muy restrictivos se pueden tener instalaciones sin utilizar durante años o tener unos costes de operación por encima de lo razonable.

En el caso de que parte del agua depurada se pretenda reutilizar, se deberán de establecer dos niveles de calidad, uno para su vertido al cauce y otra para las aguas a reutilizar. En el primer caso, la catalogación del cauce receptor será quien establezca los valores de los diferentes parámetros del agua depurada, mientras que, en el segundo caso, será el uso al que se va a destinar quien fijará los mismos.

4. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

El objeto de establecer lo Datos Básicos es el de disponer de un marco adecuado para poder diseñar las instalaciones mediante la determinación de, como mínimo, los siguientes datos:

CONDICIONES TÉCNICAS	
DATOS DE CÁLCULO EN EL AÑO DE DISEÑO	
POBLACIÓN TEMPORADA BAJA	Hab
POBLACIÓN TEMPORADA ALTA	Hab
DOTACIÓN TEMPORADA BAJA	l/hab y día
DOTACIÓN TEMPORADA ALTA	l/hab y día
CAUDAL MEDIO	m ³ /h
CAUDAL PUNTA	m ³ /h
CAUDAL MÁXIMO	m ³ /h
CAUDAL MÍNIMO	m ³ /h

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA BRUTA	
POBLACIÓN EQUIVALENTE	h –e
DBO₅	mg/l
DQO	mg/l
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l
NITRÓGENO TOTAL	mg/l
FÓSFORO TOTAL	mg/l

CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS PARA EL AGUA DEPURADA	
DBO₅	mg/l
DQO	mg/l
S.S.	mg/l
NITRÓGENO TOTAL	mg/l
FÓSFORO TOTAL	mg/l

Se insiste sobre la necesidad de dedicar tiempo y dinero al establecimiento de los datos básicos para evitar situaciones, a corto plazo, que dejen obsoletas los procesos ejecutados.

Además, estos datos son solo un punto de partida, debiéndose, a lo largo del diseño de cada proceso, establecer cuales son las condiciones reales a las que va a estar sometido. Sirva a modo de ejemplo de lo expuesto en este párrafo lo siguiente:

- 1) Para el diseño de los decantadores se utiliza, con frecuencia, consideraciones hidráulicas por lo que sería necesario tener en cuenta los reboses internos de los diferentes procesos que suponen sobrecargas entre el 10 y el 20 % en valores medios.
- 2) En el diseño de los tratamientos biológicos con reducción de nutrientes, los reboses de la Línea de Fangos pueden llegar a suponer sobrecargas del orden del 15 al 30 %.

Se considera aconsejable realizar un balance de masas del conjunto de la depuradora que tenga en cuenta los caudales de los reboses y sus cargas contaminantes, con el objeto de establecer los caudales reales de diseño de cada proceso así como las cargas contaminantes. Obsérvese en el ejemplo que se acompaña al final del capítulo las variaciones que introducen los reboses.

Otro aspecto a tener en cuenta es el de prever las posibles ampliaciones futuras que puedan darse por diversos condicionantes (crecimientos imprevistos, cambios legislativos, etc.) que deben de estar previstas en el diseño original y permitir que se realicen con el menor número de interferencias a la normal operación de la E.D.A.R.

EJEMPLO DE DETERMINACION DE DATOS BASICOS

INFORMACION OBTENIDA

Datos de población

Fuente: Censo	Año	Habitantes
	1.977	5.672
	1.987	5.955
	1.997	11.410
	2.007	11.585

Fuente: Ayuntamiento [Duplica la población en Junio, Julio y Agosto](#)

Fuente: Ayuntamiento [Tiene aprobado un Plan Urbanístico con](#)

5.000 nuevas viviendas

Datos de Industria

Fuente: Censo

[Escasa presencia industrial](#)

Agua facturada

Fuente: Compañía suministradora	Año	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre	4º trimestre
	2.004	265.420	278.691	489.629	273.117 m3
	2.005	267.850	281.243	494.112	275.618 m3
	2.006	271.025	284.576	499.969	278.885 m3
	2.007	264.210	277.421	487.397	271.872 m3

Agua residual

Fuente: Campaña analítica

Día	05/02/2007	06/02/2007	07/02/2007	08/02/2007	09/02/2007	10/02/2007	11/02/2007
Q medio	3.225	3.306	3.950	3.435	3.525	3.350	3.210 m3/d
Q máximo	689	710	1.022	850	750	675	692 m3/h
DBO5	225	235	185	245	255	197	198 ppm=gr/m3
SS	225	210	196	218	275	198	210 ppm=gr/m3
NTK	38	36	30	39	45	39	37 ppm=gr/m3
P	8	7	6	7	9	6	7 ppm=gr/m3

Día	13/08/2007	14/08/2007	15/08/2007	16/08/2007	17/08/2007	18/08/2007	19/08/2007
Q medio	5.644	5.750	5.625	4.950	6.169	5.618	5.225 m3/d
Q máximo	1.319	1.350	1.345	1.228	1.350	1.345	1.325 m3/h
DBO5	245	255	265	235	245	223	210 ppm=gr/m3
SS	265	275	286	262	255	245	232 ppm=gr/m3
NTK	45	48	46	42	49	42	39 ppm=gr/m3
P	10	9	9	12	10	12	8 ppm=gr/m3

Otros Datos

Fuente: Ayuntamiento

[Núcleo urbano sometido a escasa influencia de otros núcleos urbanos](#)

PASO 1 COHERENCIA DE DATOS DE PARTIDA

Habitantes equivalentes

$$e-h = \frac{Q_{\text{diario}} \text{ (m3/d)} * DBO5 \text{ (gr/m3)}}{60 \text{ (gr/hab/d)} * 1000 \text{ (g/kg)}}$$

Día	05/02/2007	06/02/2007	07/02/2007	08/02/2007	09/02/2007	10/02/2007	11/02/2007
e-h	12.094	12.947	12.179	14.026	14.981	10.999	10.593
reales	11.585	11.585	11.585	11.585	11.585	11.585	11.585

Atención Atención

[Las discrepancias no son muy significativas](#)

Día	13/08/2007	14/08/2007	15/08/2007	16/08/2007	17/08/2007	18/08/2007	19/08/2007
e-h	23.045	24.438	24.844	19.388	25.189	20.880	18.288
reales	23.170	23.170	23.170	23.170	23.170	23.170	23.170

Atención

Atención

Atención

Atención

[Las discrepancias no son muy significativas](#)

Se adoptara como habitantes equivalentes actuales en función de la temporada:

	Habitantes reales	Industria	e-h
Temporada baja:	11.585	1.000	12.585
Temporada alta:	23.170	1.000	24.170

Dotación

Fuente: Compañía suministradora	Año	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre	4º trimestre
	2.004	255	267	235	262 l/hab/d
	2.005	257	270	237	264 l/hab/d
	2.006	260	273	240	267 l/hab/d
	2.007	253	266	234	261 l/hab/d
	Media	256	269	236	264

No existen discrepancias significativas

Se adoptara como dotación actual en función de la temporada:

	l/hab/d
Temporada baja:	275
Temporada alta:	250

Caudal de aguas residuales

Día	05/02/2007	06/02/2007	07/02/2007	08/02/2007	09/02/2007	10/02/2007	11/02/2007
Suministro	3.186	3.186	3.186	3.186	3.186	3.186	3.186 m3/d
Medido	3.225	3.306	3.950	3.435	3.525	3.350	3.210 m3/d
	Atención	Atención	Atención	Atención	Atención	Atención	Atención

Existen discrepancias ya que el agua residual es superior al agua de suministro lo que puede representar que haya filtraciones en la red de alcantarillado

Día	05/02/2007	06/02/2007	07/02/2007	08/02/2007	09/02/2007	10/02/2007	11/02/2007
Suministro	5.793	5.793	5.793	5.793	5.793	5.793	5.793 m3/d
Medido	5.644	5.750	5.625	4.950	6.169	5.618	5.225 m3/d
	Atención	Atención	Atención	Atención	Atención	Atención	Atención

Existen discrepancias ya que el agua residual es superior al agua de suministro lo que puede representar que haya filtraciones en la red de alcantarillado

Se recomienda revisar la red de colectores

PASO 2 CALCULO DE LA POBLACION FUTURA

Modelo aritmético

$$P_2 - P_1 = K_a(t_2 - t_1)$$

t1=	1.977	P1=	5.672		
t2=	1.987	P2=	5.955	Ka=	28
t3=	1.997	P3=	11.410	Ka=	546
t4=	2.007	P4=	11.585	Ka=	18

$$P_t = P_1 + K_a(t - t_1)$$

Ka=	28	546	18	Adoptado
2.008	6.549	17.411	11.603	500
2.011	6.634	19.047	11.655	500
2.014	6.719	20.684	11.708	500
2.017	6.804	22.320	11.760	500
2.020	6.889	23.957	11.813	500
2.023	6.974	25.593	11.865	500
2.026	7.059	27.230	11.918	500
2.029	7.144	28.866	11.970	500
2.032	7.229	30.503	12.023	500
2.035	7.313	32.139	12.075	500
2.038	7.398	33.776	12.128	500
2.041	7.483	35.412	12.180	500
2.044	7.568	37.049	12.233	500

Se adapta como valor Ka = 500
Debido a que el crecimiento de la última década se ha mantenido, pero esta prevista la construcción de 5.000 esta prevista la construcción que supone unos 15.000 habitantes reales mas

Modelo Geométrico

$$dP/dt = K * P$$

t1=	1.977	P1=	5.672		
t2=	1.987	P2=	5.955	K=	0,005
t3=	1.997	P3=	11.410	K=	0,092
t4=	2.007	P4=	11.585	K=	0,002

K=	Pt= P1+Ka (t-t1)				Adoptado
	0,005	0,092	0,002	Se adapta como valos K =	0,035
2.008	11.643	12.646	11.603	Debido a que el crecimiento de la	11.990
2.011	11.817	16.122	11.656	última decada se ha mantenido, pero	13.249
2.014	11.994	20.552	11.710	esta prevista la construcción de	14.641
2.017	12.173	26.200	11.764	5.000 esta prevista la construcci	16.178
2.020	12.356	33.400	11.818	que supone unos 15.000	17.877
2.023	12.541	42.578	11.872	habitantes reales mas	19.754
2.026	12.728	54.280	11.927		21.828
2.029	12.919	69.196	11.982		24.120
2.032	13.112	88.212	12.037		26.652
2.035	13.309	112.454	12.092		29.451
2.038	13.508	143.357	12.148		32.543
2.041	13.710	182.753	12.204		35.960

Modelo MOPU

$$Pa = Pa - 10 (1 - BETA)^{10}$$

$$Pa = Pa - 20 (1 - GAMMA)^{20}$$

t1=	1.977	P1=	5.672		
t2=	1.987	P2=	5.955	Pa-20 =	5.955
t3=	1.997	P3=	11.410	Pa-10 =	11.410
t4=	2.007	P4=	11.585	Pa=	11.585
				Ta=	2.007

$$BETA = 0,0015233$$

$$GAMMA = 0,0688123 \quad ALFA = (2 * BETA + GAMMA) / 3 = 0,0239529$$

$$P = Pa * (1 + ALFA)^t$$

2.008	11.862
2.011	12.736
2.014	13.673
2.017	14.679
2.020	15.759
2.023	16.919
2.026	18.164
2.029	19.501
2.032	20.936
2.035	22.477
2.038	24.131

Método de la curva logista

$$Pe = S / (1 + m * e^{bt})$$

t1=	1.977	P1=	5.672		
t2=	1.987	P2=	5.955	Pa-20 =	5.955
t3=	1.997	P3=	11.410	Pa-10 =	11.410
t4=	2.007	P4=	11.585	Pa=	11.585
				n =	10
				Ta=	2.007

$$S = 2 * Pa * Pa - 10 * Pa - 20 - Pa - 10^2 * (Pa + Pa - 20) / (Pa * Pa - 20 - PA - 10^2) = 11.588$$

$$m = S - Pa - 20 / Pa - 20 = 6,56$$

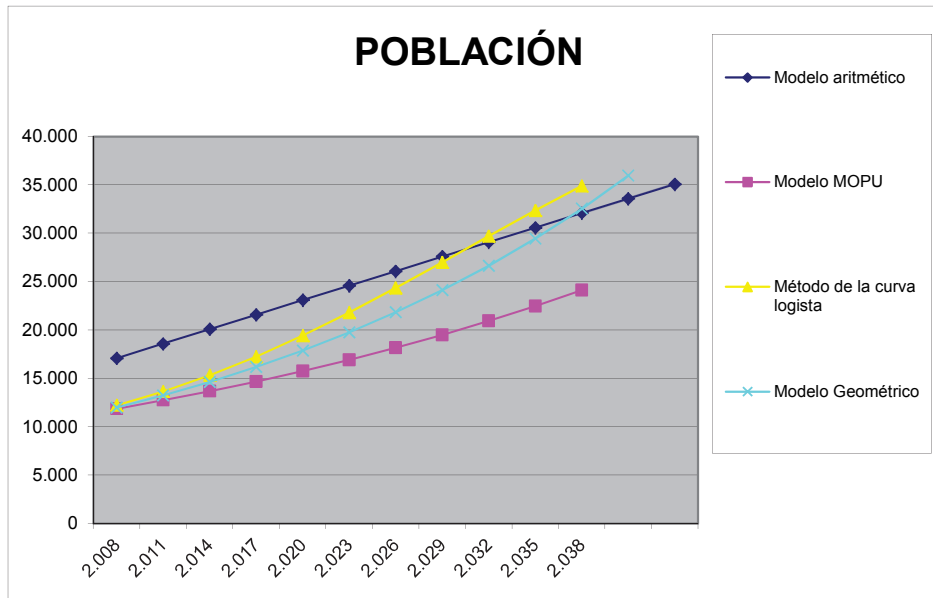
$$b = 1/n * \ln((Pa - 20)(s - Pa - 10) / (Pa - 10)(S - Pa - 20)) = -0,0800745$$

	Pe = S/(1+m*e^bt)		Se corrige la S=	Corregida
2.008	6.381		45.000	12.223
2.011	7.813			13.655
2.014	9.487			15.329
2.017	11.410			17.252
2.020	13.574		5.000 esta prevista la construcción de	19.416
2.023	15.953		que supone unos 15.000	21.795
2.026	18.503		habitantes reales mas	24.345
2.029	21.165			27.007
2.032	23.864			29.706
2.035	26.524			32.366
2.038	29.073			34.915

Conclusión población futura

AÑO:	2.032	Modelo aritmético	29.085	Habitantes
		Modelo Geométrico	26.652	Habitantes
		Modelo MOPU	20.936	Habitantes
		Método de la curva logista	29.706	Habitantes
		T. Alta	T. Baja	
Población adoptada	45.000		30.000	Habitantes
Población de saturación	45.000		45.000	Habitantes

Suponemos que, en verano la población no podrá superar el valor de saturación adoptado.



PASO 3 CALCULO DE LOS CAUDALES FUTUROS

La dotación actual adoptada para cada temporada ha sido:

	l/hab/d
Temporada baja:	275
Temporada alta:	250

Se adoptara como dotación futura en función de la temporada:

	l/hab/d
Temporada baja:	300
Temporada alta:	275

Se entiende que incrementar la dotación por encima de los 300 l/hab/d no se corresponde con el deseo del municipio de realizar un crecimiento sostenible

Caudal medio

A tenor de los datos disponibles, consideramos adecuados adoptar el siguiente valor como coeficiente de aguas residuales 0,90

- Por consumo de agua potable
- Por medición en red de colectores
- Por bibliografía de poblaciones similares

Recomendando se revise, a corto plazo, la red de saneamiento o las fuentes en las que se origina el exceso de caudal registrado

Según los datos el caudal de diseño para el año : 2032 con una población de: 45.000 habitantes será de:

T. Alta	45.000 *	275 *	0,90 =	11.138 m3/d
T. Baja	30.000 *	300 *	0,90 =	8.100 m3/d

Caudal punta	T. Alta	T. Baja
Formula de Harman = $(1 + 14/(4+P^{1/2}))=$	2,31	2,48
Formula de Babbitt = $5/P^{0,167}=$	2,65	2,83
Formula de Fair = $(18+P^{0,5})/(4+P^{0,5})=$	2,31	2,48
Media =	2,42	2,60
Coefficiente punta adoptado =	2,50	2,75

Caudal máximo	T. Alta	T. Baja
Caudal máximo campaña analítica:	1.350	1.022 m3/h
Caudal máximo por colectores:	2.200	2.200 m3/h
Coeficiente	4,74	6,52
Coefficiente máximo adoptado =	4,74	5,00
Valores adoptados por exigencias legales del Plan Hidrológico		

Conclusión caudales	T. Alta	T. Baja
Caudal medio =	11.138	8.100 m3/d
	464	338 m3/h
Caudal punta =	1.160	928 m3/h
Caudal máximo =	2.200	1.688 m3/h

PASO 4 CALCULO DE LA CARGA CONTAMINANTE

Cálculo de habitantes equivalentes (e-h)	T. Alta	T. Baja
Habitantes equivalentes actuales =	24.170	12.585
Habitantes Urbanos=	23.170	11.585
Habitantes Industria=	1.000	1.000
	T. Alta	T. Baja
Habitantes Urbanos futuros =	45.000	30.000
Habitantes Industria futuros=	1.500	1.500
Total =	46.500	31.500

No se prevé un incremento sustancial de la industria por lo que se han elevado ligeramente los habitantes debido a la industria

Cálculo de la carga contaminante

$$e-h * 60 \text{ (gr/hab/d)}$$

$$DBO5 = \frac{\text{-----}}{Qm \text{ (m3/d)}}$$

DBO5 media =	46.500	T. Alta	T. Baja
		251	233 ppm

Día	05/02/2007	06/02/2007	07/02/2007	08/02/2007	09/02/2007	10/02/2007	11/02/2007	
DBO5	225	235	185	245	255	197	198	ppm=gr/m3
SS	225	210	196	218	275	198	210	ppm=gr/m3
NTK	38	36	30	39	45	39	37	ppm=gr/m3
P	8	7	6	7	9	6	7	ppm=gr/m3

Día	13/08/2007	14/08/2007	15/08/2007	16/08/2007	17/08/2007	18/08/2007	19/08/2007	
DBO5	245	255	265	235	245	223	210	ppm=gr/m3
SS	265	275	286	262	255	245	232	ppm=gr/m3
NTK	45	48	46	42	49	42	39	ppm=gr/m3
P	10	9	9	12	10	12	8	ppm=gr/m3

La contaminación promedio es:	T. Alta	T. Baja
DBO5=	240	220 ppm
SS=	260	219 ppm
NTK=	44	38 ppm
P=	10	7 ppm

Ajuste por unidades

Es necesario realizar un ajuste atendiendo al número de unidades que van a conformar la línea de agua

Resumen de la información disponible:	T. Alta	T. Baja
Habitantes equivalentes =	46.500	31.500 e-h

Caudal=

11.138

8.100 m³/d

parece aconsejable disponer que la línea de agua este formada por 3 unidades para que funcionen en:
T. Alta 3 unidades
T. Baja 2 unidades

con las siguientes carga orgánicas e hidráulicas:

T. Alta	15.500 e-h	3.713 m3/d
T. Baja	15.750 e-h	4.050 m3/d

adoptandose los máximos valores:

Carga por unidad:		15.750 e-h
Caudal por unidad:		4.050 m3/d

A tenor de los datos disponibles los valores adoptados para el diseño son:

	T. Alta	T. Baja
habitantes equivalentes=	47.250	31.500 e-h
Caudal medio=	12.150	8.100 m3/d
	506,25	337,5 m3/h
Caudal punta=	1.266	928 m3/h
Caudal máximo=	2.200	1.688 m3/h
DQO =	467	467 ppm
DBO5 =	233	233 ppm
SS=	230	230 ppm
NTK=	42	42 ppm
P=	8	8 ppm

PASO 5 CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL CAUCE

Capacidad de autodepuración del cauce

De acuerdo con la catalogación del cauce de vertido que hace el Plan hidrológico, la máxima carga contaminante que admite el cauce es:

	T. Alta	T. Baja
DBO5 =	210	250 kg/d
SS=	275	300 kg/d
NTK=	150	175 kg/d
P=	20	25 kg/d

Que se traducen en los siguientes parámetros de vertido

	T. Alta	T. Baja (*)
DQO =	100	125 ppm
DBO5 =	19	31 ppm
SS=	25	37 ppm
NTK=	13	22 ppm
P=	2	3 ppm

(*) En atención a la carga contaminante que pueden suponer los vertidos de las aguas pluviales que superen el caudal máximo, es aconsejable que las exigencias en los parámetros de la T. Baja sea menores que lo recogido en esta tabla