

INGENIERÍA SANITARIA

SECCIÓN A

CAPÍTULO 1.– CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES.

CAPÍTULO 2.– CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.

CAPÍTULO 3.– PROYECTO Y EJECUCIÓN DE CONDUCCIONES.

CAPÍTULO 4.–DEPÓSITOS DE REGULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.

CAPÍTULO 5.– REDES DE DISTRIBUCIÓN.

CAPÍTULO 6.– CÁLCULO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.

CAPÍTULO 7.– EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE UN SERVICIO DE AGUAS.

SECCIÓN B

CAPÍTULO 8.– AGUA Y CONTAMINACIÓN.

CAPÍTULO 9.– REDES DE ALCANTARILLADO.

CAPÍTULO 10.– CAUDALES DE APORTACIÓN A UNA RED.

CAPÍTULO 11.– DISEÑO DE ALCANTARILLAS Y COLECTORES.

CAPÍTULO 12.– MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLAS Y COLECTORES.

CAPÍTULO 13.– IMPULSIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

CAPÍTULO 14.– NUEVOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO.

CAPÍTULO 15.– GESTIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO.

CAPÍTULO 16.– LOS VERTIDOS EN RÍOS Y LAGOS.

CAPÍTULO 17.– LOS VERTIDOS AL MAR.

SECCIÓN C

CAPÍTULO 18.– POLÍTICA Y NORMATIVA SOBRE LA DEPURACIÓN DE AGUAS.

CAPÍTULO 19.– AUTODEPURACIÓN DE LOS RÍOS.

CAPÍTULO 20.– INTRODUCCIÓN A LA DEPURACIÓN DE LAS AGUAS.

CAPÍTULO 21.– IMPULSIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

CAPÍTULO 22.- PRETRATAMIENTOS DE UNA DEPURADORA.

CAPÍTULO 23.- DEPURACIÓN FÍSICA – DECANTACIÓN.

CAPÍTULO 24.-MECANISMO DE LA DEPURACIÓN BIOLÓGICA.

CAPÍTULO 25.-LECHOS BACTERIANOS.

CAPÍTULO 26.-FANGOS ACTIVOS.

CAPÍTULO 27.-TRATAMIENTO, USO Y ELIMINACIÓN DE FANGOS.

BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA:

- Aurelio Hernandez: Abastecimiento y distribución del agua; Saneamiento y alcantarillado; Depuración de aguas residuales.
- Pürschel: La captación y el almacenamiento del agua potable; Las redes urbanas de saneamiento; El tratamiento de las aguas residuales domésticas.

SECCIÓN A

CAPÍTULO 1: Captación de aguas y abastecimiento.

- **Introducción:**

Las partes de las que consta un abastecimiento de agua son:

- **Captación de agua.**
- **Tubería de impulsión.**
- **Depósito de agua.**
- **Red de distribución.**

Captación de agua: Punto/s de origen que sirven para satisfacer una demanda de agua adecuada. Puede ser subterránea o superficial. Hemos de conocer que necesidades de agua vamos a tener, hemos de conocer una serie de condicionantes tales como la cantidad de agua, su localización, su calidad...

Demanda: Necesidades hídricas que pueden tener una zona agrícola, industrial, núcleo urbano ecológico o los tres. Necesidad de un sector determinado.

Se ha de mantener caudales ecológicos para que no se muera la flora y la fauna.

Captaciones:

- Superficiales: lluvia, río, embalse, lago.
- Subterráneas: pozo, manantial.

Satisfacción de la demanda:

Si el caudal es bajo se habla de l/min.

Está establecido en el Ministerio de Obras Públicas los siguientes consumos (datos 1993):

Población (habitantes)	Consumo previsto (l/habitantes*día)
" 1000	150
1000 – 6000	175
6000 – 12000	200
12000 – 50000	250
50000 – 250000	300
> 250000	400

"Determinación de la variación de la población a lo largo del tiempo:

– A la hora de diseñar un abastecimiento tendremos que fijar un año horizonte y determinar que número de habitantes habrá en ese año. Existen varios criterios.

1/ Modelo del MOPU:

La demanda varía en función del tiempo cada vez mas, en el proyecto, tenemos que prever la demanda para 10 – 20 años, es decir, hemos de conocer la evolución de la población y de la futura demanda. Para ello:

El aumento de población viene dado por la siguiente fórmula:

2/ Modelo aritmético:

Consideramos un aumento constante de la población a lo largo del tiempo.

" " !

3/ Modelo geométrico:

Por tanto :

El modelo aritmético junto con el modelo geométrico pueden ser utilizados para periodos cortos de tiempo.

El modelo aritmético y el modelo geométrico podrán combinarse para dar el siguiente modelo:

4/ Modelo de saturación (Función exponencial).

5/ Modelo comparativo.

Se trata de ver como es la evolución de una ciudad afín y llevarla a la ciudad que estamos estudiando.

Demanda en el futuro o aumento de demanda (D):

Demanda agrícola:

La demanda para un jardín será de 1 .– 1.2 l/s*Ha

Demanda industrial:

Las fábricas que más agua consumen serán: fábricas de cartón, de productos químicos orgánicos e inorgánicos, aserradoras, textiles, curtidos de pieles...

- Se debe tener en cuenta el uso de 47m³/Ha. si consideramos la superficie de la industria.
- Si consideramos los empleados que tiene la fábrica, el gasto será de 30 – 40l/día*hab.
- Para el uso urbano, consideraremos el uso doméstico, la demanda industrial y la demanda agrícola.

Demanda real :

Una captación de agua ha de darnos una garantía : Tiene que asegurarnos la cantidad y la calidad del agua demandada.

Para ello hay que prever:

- _ Pluviometría de la zona.
- _ Cercanía de lagos.
- _ Cercanía de ríos y su caudal.
- _ Cercanía de embalses.

Las tomas de agua se deben solicitar a la Confederación Hidrográfica correspondiente.

Las aguas subterráneas son reguladores perfectos de las demandas; siempre tienen que funcionar como reservas de las demandas en horas punta.

La calidad del agua subterránea es bastante pura, por lo que, no necesita bastante tratamiento, se contamina en superficie.

Las captaciones se hacen a través de los manantiales.

Azud: Presa menor a 8m de altura.

Pozo: Todo punto de agua del cual se pueden introducir una bomba y extraer agua.

Pozo Raney: Pozos de gran diámetro que tienen captaciones horizontales radiales, con drenes horizontales a distintas alturas. La cámara central funciona como cámara de extracción.

El volumen de agua caída en España es de 340000 Hm³ aunque tiene fluctuaciones. La precipitación media por año es la anterior.

La aportación media de los ríos es de 117400 hm³/año y el caudal regulado es del 49%

(45627 Hm³/año) y el caudal subterráneo explotado es de 180 Hm³/año. La evaporación es de 1 m/año.

Respecto ala calidad del agua los parámetros que hemos de tener en cuenta son los siguientes:

- La dureza (calcio): Será como máximo 30 grados franceses, aunque podemos llegar hasta los 90 grados franceses.
- Residuo seco (relacionado con la dureza): Será como máximo de 1200 ppm/litro.

- Contenidos de nitritos y nitratos: El contenido máximo de nitratos será de 30 ppm. El aumento de nitratos vendrá dado por la descomposición de materia orgánica o por uso incontrolado de pesticidas.
- Bacilo coli : No debe existir en un agua para consumo.
- DBO: Si tiene valores altos existirá contaminación.
- pH: Son más tolerables los pH alcalinos (" 9), que los alcalinos (" 5).

Conceptos generales de Hidráulica básica.

- **Teorema de Bernouilli generalizado:**

Caso A: Depósito con apertura en el fondo.

Caso B: Depósito con tubería.

H = Pérdidas de carga en la conducción.

I. Captaciones de agua superficial.

1.- Captación de agua de lluvia:

– Aljibe: Captación de agua de lluvia. Debe de tener una cierta capacidad para poder así recoger el agua de lluvia. Los cálculos para la capacidad serán en función de la escorrentía que nos llegue al aljibe. Estos depósitos se harán en lugares de bastante permeabilidad.

La superficie que tendremos que considerar será:

V = Volumen necesario para satisfacer una demanda: Dotación * N° de habitantes.

h = Pluviometría en mm.

= Coeficiente de escorrentía.

P = Pluviometría.

P' = Escorrentía superficial – (EVT + Infiltración).

En la parte central tiene un cajón que sirve de cámara de bombeo. El volumen del aljibe ha de ser 4 veces el volumen de agua que se espera recoger.

(Dibujo en fotocopias)

Tipos de aljibes:

- Tipo veneciano: Por la parte superior no drena nada de agua, sino que se hace verticalmente (tras pasar por una pare de arena y otra de gravas y por las mequinas, es decir, las aberturas del depósito). De esta manera también hacemos una depuración. Se hará un tratamiento con cloro (500ppm = 0.5 g/l).
- Tipo americano: La infiltración se hace por la parte superior. El agua atraviesa unas capas de arena bien granuladas y pasa a la cámara de bombeo a través de las mequinas. El problema que supone, es que se pueden obstruir los filtros, por esto, se inyectará aire en contracorriente.

2.- Captación de agua de un río:

Será necesario hacer un estudio hidrológico del río, para saber las alturas máximas y mínimas alcanzadas por el río; así como los caudales del río en las distintas épocas del año.

Las tomas podrán ser de dos tipos:

- Con la bomba sumergida directamente en el río. Toma directa.
- Con la bomba alejada y superficial.

1. Toma directa: Las bombas deberán llevar una alcachofa que es una especie de filtro metálico.

Se proyecta la entrada por encima del nivel máximo; se coloca una rejilla de desbaste y un filtro más fino, aunque también puede llevar arena. (Dibujo en fotocopias)

Otra manera de hacer una toma de un río directamente es construir un pozo de unos

50 – 60cm. de diámetro a unos pocos metros del río, este pozo se hará con una tubería de puentecillo, y se hará un buen empaque con material silíceo.

2. Toma indirecta: La alcachofa está alejada y así se evitan sólidos en suspensión. La rejilla tipo Jhonson tiene forma de triángulo y es de acero inoxidable , y sirve para evitar incrustaciones, ya que disminuye la velocidad de entrada. Habrá que tener en cuenta las pérdidas de carga en las rejillas. Las alcachofas serán en forma de T.

En la toma de agua en canales. hay una filtración lateral basándose en conductos para que el agua se filtre por un tamiz y después se coloca una bomba.

3.- Captación de agua en un embalse:

3.1 Centrales Hidroeléctricas:

- No se suelen utilizar, ya que los canales requeridos para mover turbinas es mucho mayor que el necesario para abastecimiento.
- La toma de agua en las centrales hidroeléctricas se hace en las turbinas. La toma de agua se hace a través de un tubo elíptico de 60–70 cm de diámetro.

3.2 Embalse independiente:

- Se construirá una torre aislada o asociada al paramento aguas arriba de la presa (se pueden construir varias torres adosadas, en función del agua que necesitemos); con distintas compuertas situadas a distintas alturas (automáticas) colocadas paralelamente en función de la altura del agua, aunque si construimos varias torres, hemos de disponer las rejillas de estas en el mismo nivel Estas rejillas se abrirán automáticamente para presiones menores de 2 atmósferas y se cerrarán para presiones mayores de 2 atmósferas.
- Nunca se coge el agua superficial, sino que la primera toma comienza a 50–60 cm por debajo del nivel normal, que en épocas de calor la temperatura del agua oscilará entre 15–16°C, con lo cual habría que tomar agua a partir de 70–75 cm por debajo del nivel normal. lo normal es tomar el agua desde la mitad de la profundidad hacia arriba.
- Lo normal es hacer la toma a 2 m. de profundidad, ya que la Tª en la superficie varía y en el fondo se pueden dar problemas de contaminación en superficie y suelo; por lo que la calidad óptima del agua se dará en profundidades medias del embalse.
- Se van abriendo compuertas en función de la demanda de agua, si el embalse baja de nivel usamos la

compuerta inferior, si queremos mucho caudal, abrimos mas de una compuerta.

En presas de escalera. presas de materiales sueltos. en un lateral se crea una torre que tiene una o varias alcachofas móviles de toma de agua. (Dibujo en fotocopias)

En presa con talud aguas arriba del embalse, se crea una base con un dispositivo automático unido a un cable con una alcachofa en la punta para coger agua. En función de la cota del agua, la alcachofa sube o baja. (Dibujo en fotocopias).

Un aspecto importante es asegurar una garantía alta a la hora de hacer la regulación de la presa.

– Es importante tener en cuenta la garantía del agua y la regulación del embalse.

4.- captación de agua en lagos:

A partir de un tubo que va hasta la zona más profunda del lago, con una serie de alcachofas a lo largo de la tubería, con filtros y se chupa de una zona a otra, en función de la lámina de agua.

Gestión integrada de aguas superficiales y subterráneas.

Hay que conocer todas las reservas de agua, tanto de aguas superficiales como de aguas subterráneas, y sumarlas.

El estudio de los recursos totales de una cuenca tendremos que hacerlo teniendo en cuenta el agua superficial y el agua subterránea. Hay que estudiar conjuntamente las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

Ejemplo:

En España la precipitación media es de 340000 m3., la aportación de los ríos es de

117000 Hm3, el volumen almacenado es de 49000 Hm3, las aportaciones de aguas subterráneas (volúmenes que aportan los acuíferos a los ríos, manantiales y fuentes) son de 19000 Hm3. Según estos datos hay una parte de la precipitación que se acumula en los acuíferos.

Hay que llegar a un equilibrio entre la explotación de aguas subterráneas y aguas superficiales. A este equilibrio lo llamamos optimización del sistema.

Política del agua. (Fotocopia).

Los planes hidrológicos deberán llevar a cabo:

- Hay que conocer las cantidades de agua superficial y agua subterránea. Para ello hay que hacer:
 - Un estudio de todos los acuíferos existentes.
 - Conocimiento de todos los parámetros de los acuíferos.
- Hay que hacer un inventario de los recursos.
- Hay que evitar la contaminación de nuestras aguas.
- La desalinización del agua del mar debe ser mejor estudiada.

Soluciones para satisfacer demandas futuras de agua:

- Tratamiento del agua residual.
- Recarga de acuíferos (por pozos radiales, con canales porosos de gran longitud).
- Hacer redes de distribución, de abastecimiento con doble tubería, una para riego de jardines e incendios, y otra tubería para el abastecimiento humano
- Desalinización del agua del mar.
- Trasvases de agua.

Contaminación en embalses y lagos.

En los embalses se nos acumularán los desechos que lleva el río. Si aguas arriba ha habido una depuración con fangos activos el contenido en nitrógeno y fósforo será muy grande., para eliminar estos dos elementos será necesario hacer un tratamiento terciario.

En los embalses se producirá la eutrofización que es debida a que el agua tiene un alto contenido en nutrientes (fósforo y nitrógeno).

Características de un agua eutrófica.

- Gran turbidez.
 - Desarrollo de algas.
 - Eliminación de bacterias.
 - El cieno de las algas que se forman, precipitará en el fondo, las microalgas formadas serán de color rojo.
- Agua oligotrófica: Agua con bajo contenido en nutrientes.
- Agua eutrófica: Agua con un alto contenido en nutrientes.

El límite entre un agua y otra es:

$N < 300 \text{ mg/l}$ $N > 300 \text{ mg/l}$

$P < 10 \text{ mg/l}$ $P > 10 \text{ mg/l}$

Otra forma de contaminación se produce por el paso de un proceso aerobio (con presencia de oxígeno) a un proceso anaerobio (sin presencia de oxígeno), produciéndose una putrefacción y por tanto se produce una formación de gases como el propio nitrógeno o gas sulfhídrico.

Para evitar la contaminación en lagos y embalses se hará lo siguiente:

- Airear el agua.
- Hacer tratamiento terciario para eliminar el fósforo y el nitrógeno del agua de los ríos.
- Evitar fangos y cienos.

Cuando ubicamos un embalse se afecta a la temperatura de la zona, Se producirá una regulación térmica, se producirán nieblas y se afectará a la flora y la fauna del lugar.

Las ventajas que presenta un embalse son muchas:

- Se evitarán contaminaciones producidas aguas arriba.
- Se satisfarán necesidades humanas (abastecimiento, riego...).
- Los embalses también servirán para uso recreativo, teniendo en cuenta que se necesitarán 48 Hm³ si

la suma en CV de potencia de las motoras, barcas..., es de 1900. No existirá riesgo para los bañistas a no ser que el agua tenga un contenido mayor de 1000 coliformes.

La normativa que fija todo lo que a la calidad del agua de los lagos y embalses se refiere es:

74/440/CEE; 76/160/CEE; 78/659/CEE; 76/464/CEE.

La relación entre DBO5, nitrógeno y fósforo, es:

El pH deberá ser próximo a 7.

La DBO5 deberá estar dentro de valores normales.

Deberemos fijarnos en la fauna acuática:

Si hay truchas, no existe contaminación; si hay barbos, existe contaminación media.

II Captación de aguas subterráneas:

Acuífero: Formación geológica de naturaleza permeable que permite almacenamiento y circulación de agua.

Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran situadas en los poros del suelo.

Zona de aireación: Es la zona que se encuentra por encima del nivel freático. Zona en la que puede haber poquísimas cantidades de agua por efecto de la capilaridad.

Zona de saturación: Es la zona que se encuentra por debajo del nivel piezométrico. Zona en la que los poros de las rocas están llenos de agua.

Tipos de acuíferos:

- Acuífero libre: El coeficiente de almacenamiento coincidirá con la porosidad eficaz ($S = m = V_h / V_T$) y estará del orden de 0,01 – 0,04.
- Acuífero semiconfinado: La porosidad eficaz estará del orden de 10^{-5} – 10^{-6} .
- Acuífero confinado: La presión atmosférica no actúa sobre el nivel piezométrico. Se encuentra situado entre dos capas de material impermeable. La porosidad eficaz estará en el orden de 10^{-3} – 10^{-4} .

Gradiente hidráulico: Energía que tenemos para que el agua fluya por el acuífero.

Transmisividad: Cantidad de agua que puede pasar por un m², teniendo en cuenta un gradiente hidráulico de una unidad.

Coefficiente de almacenamiento (S): Caudal extraíble para una sección unidad cuando descendemos la presión una unidad. Se define con los ensayos de bombeo.

Manantial: Desagüe natural de agua y es debido al corte de un acuífero. Para captar agua de un manantial, hemos de poner un tubo poroso de 50 – 60 mm. de granulometría. Es una recogida lateral. Para aforarlo, basta con medir el caudal con un cubo y un cronómetro unas tres o cuatro veces.

Otro sistema de captación de agua en un manantial es mediante mampostería con perforaciones; relleno de grava el lugar donde se queda retenido el agua y se introduce una bomba de superficie. El caudal de la arqueta lo medimos con un dispositivo previamente cubicado.

Criterios a seguir para hacer una toma de agua subterránea:

- Para la administración: Sondeos con fines hidrogeológicos.
- Para particulares: Directamente hacemos el sondeo. Conocimiento perfecto el acuífero.
- Inventario de puntos de agua locales (manantiales y pozos) a escala 1/50000 en una superficie de 1km².
- Plano de sopiezas. A mayor cercanía entre curvas mayor flujo.
- Líneas de flujo (" a las isopiezas).
- Fotografías aéreas (ver zonas oscuras y superponer las isopiezas y líneas de flujo, y encontrar el punto mas adecuado).
- Apoyo en la geología del terreno.
- Nivel de base regional: Nivel de agua de los ríos de la zona. Constituye la línea de la superficie piezométrica. Depende de la permeabilidad y transmisividad. A menor transmisividad menor caudal de explotación.
- Plano de isotacas: Líneas de igual espesor, así vemos el mayor espesor del acuífero para su mayor explotación. Los acuíferos cuaternarios son bastante buenos para su explotación. 1m

4m

- Espesor del acuífero (a mayor espesor, mayor caudal de explotación).
- Debemos realizar un sondeo de reconocimiento, son aquellos que tienen un diámetro pequeño, donde no se puede introducir una bomba, nos va permitir conocer los niveles piezométricos, características puntuales de transmisividad y de coeficiente de almacenamiento, serie estratigráfica...
- Tipos de perforación:

Percusión----- Terrenos rocosos.

Rotación----- Inversa o directa.

Circulación inversa----- El más utilizado.

Sistema Inca-----Para pequeñas profundidades.

Las perforaciones pueden ser a rotación o inca y con diámetros pequeños o grandes. Un sondeo con fines hidrogeológicos necesita máquinas simples (determinación de K, T...)

El sistema de inca es un tubo que se golpea y penetra unos 10 – 11 m. de profundidad. Lo normal es hacer el sondeo con un sistema de rotación a circulación directa, el varillaje penetra, gira y se refrigera con agua. Se utilizan lodos para sondeos de gran diámetro para evitar el derrumbamiento de las paredes del pozo. En este tipo de sondeo no sacamos testigos, sino que sacamos detritus mezclado con lodo o agua.

Para aislar los acuíferos podemos colocar tapones.

Sarta: Trépano + barrón + cuchara + cable.

En circulación inversa los diámetros son grandes (> 300mm), y sobre todo si hay niveles detríticos (arenas y gravas). El fluido de referencia a través de una balsa: se introduce el lodo por la boca (taladro) del pozo y se saca con una bomba.

La rejilla va exactamente enfrente del acuífero, y posteriormente metemos el empaque.

Empaque: Grava que se coloca entre el anular y el tubo del pozo de una granulometría adecuada para una mejora entrada de agua en el sondeo.

La columna estratigráfica la hacemos para colocar las rejillas.

- Mirar lo que sale en la curva de los lodos cada cierta altura.
- Rayos gamma.

Valoración de la permeabilidad en los sondeos.

En los sondeos de reconocimiento Para conocer la transmisividad utilizamos la fórmula de Jacob:

Los primeros minutos a la hora de medir caudales son muy importantes.

En diámetros grandes empleamos válvulas (tubo que entra por los aparatos de la máquina y saca volúmenes de agua cada cierto tiempo).

Fórmula de Bayler:

Medimos el nivel estático y después de ciertos minutos lo volvemos a medir

Para localizar los niveles de los acuíferos, realizamos una perforación pequeña al lado de donde vamos a realizar el sondeo, de tal forma que vamos sacando el testigo y vamos a ir conociendo los distintos niveles.

Los inconvenientes que tiene el sistema de perforación mas utilizado, la circulación inversa, es que obtusa los pozos, es decir, que al acabar la obra apenas me queda agua en el pozo.

En una perforación a nivel fijo, el caudal diario explotado, va a depender de la trasmisividad(T) y la depresión():

Colapso: Nivel límite inferior del pozo, el cual la bomba comienza a bombear aire. Para que la bomba no se quede por encima del nivel freático y no se produzca el colapso, hemos de colocar la bomba a unos 30 cm. por encima del fondo del pozo.

Ensayo de bombeo: Nos da el caudal que vamos a explotar. El depósito estará en función de la aportación y la demanda.

Tipos:

- A caudal variable: Una vez hecho el valvuleo, conozco mas o menos el caudal que vamos a sacar, y ya podemos saber el tipo de bomba necesitamos.

Vamos variando los caudales y tomando nota de los descensos producidos.

Q1 ----- s1

Q2 ----- s2

A partir del caudal crítico los descensos son enormes.

Eficiencia Relación entre el caudal real que saco y el caudal teórico previsto. $E_f < 1$. Para determinar la

eficiencia en un pozo hacemos los ensayos escalonados.

- A caudal constante: Ensayos escalonados.

Para medir caudales utilizo el tubo de Pitot o unos barriles.

Para caudales muy fuertes se hacen canales con vertederos para aforar.

Captaciones por galerías.

La tubería puede ser de puentecillo, galvanizada. Se hace un cuerpo central donde se sitúa una bomba y ahí se recoge todo el agua. Se toma una muestra inalterada para determinar la permeabilidad.

En este fundamento están basados los pozos radiales.

Pozo radial: Es un gran cajón principal de gran diámetro " 10 – 12 m. Está revestido todo él de hormigón, tiene una profundidad de unos 10 – 12 m. Está proyectado generalmente en acarreo (conglomerados). Tiene ese gran diámetro para poder introducir en él gatos hidráulicos que permitan hacer galerías alrededor del pozo.

Meten un tubo de inca (tubo con la chapa troquelada, ranurada de fábrica). Estos drenes terminan en punta. Van muy bien en grava, y el troquel va en función de la granulometría.

Se hacen captaciones de Q " 300 – 400 l/s.

Existen dos sistemas de perforaciones:

- Raney.
- Fehlman.

Indicado en cuaternario, donde habrá acarreo con niveles reducidos y gran carga hidráulica.

Contaminación en aguas subterráneas.

Tipos de contaminación en aguas subterráneas:

Contaminación bacteriológica: Bacilo coli, nitratos, nitritos, DBO5. La contaminación bacteriológica es muy escasa, y si existe es porque existen puntos de agua contaminados agua arriba (pozos negros: bacilo coli > 5000, nitratos y NO2).

Contaminación inorgánica: Fallos por parte de la construcción del pozo (CaO, grado de dureza muy alto).

Contaminación exterior: Causa de vertidos de industrias (Cu, Zn, Ni, iones pesados...)

Intrusión marina: Es muy importante dibujar un plano de isocloruros. Hay similitud entre las líneas de isocloruros y líneas de isopiezas debido a la demanda del agua salada.

Explotación de acuíferos:

El comportamiento de extracción de agua es lo mismo que puedo inyectar. Si hacemos un canal, lo revestimos, y la solera la dejamos al descubierto, perforamos un pozo, inyectamos agua, el cono que se produce es un cono de ascenso, contrario al cono de descenso.

Una vez que tengamos hecho el pozo habrá que llevar el agua a un depósito regulador, para ello empleamos una tubería:

- Si la captación está por encima del depósito, emplearemos una tubería por gravedad, el agua cae por gravedad, conducción rodada.
- Si la captación está por debajo del depósito, emplearemos tubería impulsada.
- Tuberías forzadas: Se utilizan cuando existen presiones.
- Sistemas mixtos.

III. Proyecto y ejecución de conducciones.

Para las conducciones desde la captación o desde el depósito a la red, hay que tener en cuenta:

- La topografía del terreno, para ello necesitamos un plano a escala 1:7000.
 - La tubería a utilizar, siempre hemos de tener en cuenta que el objetivo de una conducción es el mínimo coste.
- Si la tubería es rodada, va a ser paralela a la pendiente del terreno, pero hay veces que la geología del terreno no acompaña, pueden aparecer varios macizos rocosos.
- Si la tubería es forzada, la velocidad del flujo ha de estar entre 0.7m/s y 3m/s, ha de tener un diámetro constante, ha de realizarse un perfil topográfico del terreno, y además la línea de carga no debe cortar al perfil.
 - Las tuberías se pueden instalar interiormente; en el suelo en climas fríos, pero se deben enterrar a una profundidad mínima de 1m., en climas extremos de frío la profundidad mínima será de 1,5m.; o, también se pueden colocar exteriormente.
 - El perfil topográfico ha de tener las siguientes características:
- _ Cota del plano de comparación.
 - _ Cota roja (cota de la obra).
 - _ Ordenadas en rasante y desmonte.
 - _ Situación de elementos especiales (Registro, ventosas, desagües, etc...).
 - _ Desagües de presión. (para eliminar la presión de las tuberías).
 - _ Los desagües van siempre en la parte inferior de la tubería, siempre irán con arquetas de llaves de cierre.
 - _ Las ventosas irán siempre en la parte superior de la tubería, son sistemas para eliminar el aire que contiene el agua. (estos pueden ocasionar golpes de ariete o subidas grandes de presión). Estas pueden funcionar: manualmente, para las distribuciones de agua en núcleos urbanos muy pequeños; o; automáticamente, para núcleos de población grandes en los que, cuando se alcanza una presión determinada la ventosa se abre automáticamente y se pierde el aire.

El aspecto económico es importante, siempre hemos de realizar los costes de inversión a prever los materiales de duración 20 años (luego cambiarlos) y los costes residuales.

1. Tuberías:

- No se deben poner todas en un gran espesor, ya que el propio peso de las tuberías podría ocasionar problemas.
- Debemos instalarlas de abajo a arriba, si el terreno es arcilloso o rocoso, se puede echar un colchón de arena de un grosor de 30 cm. Aprox. Para acolchar la tubería.
- Conviene echar la primera tongada a mano para tapar la zanja.
- Las uniones previas entre los tramos de las diferentes tuberías, van a depender del tipo de tubería.

_ **Tuberías de acero:** Depende de los extremos de la tubería:

_ Si es abocardada, daremos un cordón de soldadura que habrá que comprobar con un ensayo de gammagrafía (para comprobar el estado de la soldadura).

_ En otro tipo, la soldadura se dará tope con tope.

_ **Tuberías de fundición:** Dos tipos de tuberías dependiendo de la junta:

a:/ Tubería de juntas rígidas: No tiene ninguna articulación, se une mediante plomo fundido o plomo frío en calentamiento.

b:/ Tubería de juntas flexibles: La más utilizada es la junta **Gibault**, mediante una brida, una junta de goma, las tuberías se unen, de manera que en la parte central queda una junta de goma que permite la flexión de la tubería.

_ **Tuberías Galvanizadas:** Tienen roca con esparto o teflón, se arroscan.

- Existen unas condiciones de calidad para evitar el aplastamiento de las tuberías, realizadas en fábrica, estas nos indican la presión a la que estalla la tubería

_ Tuberías de PVC. Coeficiente: 3.

_ Tuberías restantes. Coeficiente: .

Cuando existen curvas a lo largo de la conducción, se van a producir unos empujes en las tuberías, para los anclajes, hay que echar hormigón en masa en los distintos anclajes para evitar los diversos empujes y golpes de ariete producidos por la sobrepresión.

_ **Tubería de Impulsión.** Es la encargada de impulsar el agua de toma para llevarlo al depósito regulador.

Aparte de las anteriores alturas, hay que tener en cuenta las alturas producidas por las pérdidas de carga (H_p), esta sumada a la altura geométrica nos dará la altura manométrica, que es la válida para los cálculos en la distribución de aguas.

Teniendo en cuenta las pérdidas de carga uniforme, ninguna bomba es capaz de aspirar el agua mas de 8 – 8,5 m. ; en una tubería recta (esta altura será la altura de aspiración); ya que a medida que sube la altura del agua, la presión disminuye, por tanto no nos ayuda. También se van a producir pérdidas de carga en la aspiración en función de la temperatura del agua Existe una tabla en la que vienen tabuladas las pérdidas de carga en función de la altitud y de la temperatura del agua.; por ejemplo Suponemos que una bomba que en Barcelona tiene una altura de aspiración máxima de 7,5 m.; en Ávila, al estar a una altitud de 1200 m., y una T_a del agua de 15 °C, esa bomba tendrá una altura de aspiración máxima de : 7,5 m. – 1,44 m. (por altitud) – 0,173 m.(por T_a) = 5.887 m.

Fijamos siempre en función de lo que podamos comercializar.

El depósito bajo, suele construirse, porque este lleva unos circuitos eléctricos que hacen que la bomba aspire agua según la necesidad, se suelen construir cuando el agua sacada proviene de un manantial o cualquier acuífero con un caudal reducido, para no desperdiciar agua.

Si la bomba es sumergida, lo anterior no ocurrirá, habría que sumergir la bomba en función de la altura manométrica.

Hidráulica de conducciones.

Se van a utilizar las ecuaciones más comunes de la hidráulica.

- Un piezómetro mide la presión debida a la altura.
- La línea de energía total vendrá definida por la suma de la presión debida a la altura, la presión debida a la velocidad y la cota del lugar. **Teorema de Bernoulli.**

Como los líquidos en la realidad son compresibles y viscosos, habrá que considerar la fricción del agua con las paredes de las conducciones, y las variaciones de flujos en ensanchamientos, estrechamientos, codos...

Hay que considerar las pérdidas de energía (H).

Cálculo de las pérdidas de carga.

Por Chezy:

v = velocidad (m/s).

R = Radio hidráulico (m).

En tuberías circulares: $R = D / 4$.

J = Pérdida de carga unitaria (m/m) = H/L .

c = Coeficiente ($m^{1/2} \cdot s^{-1}$)

Cálculo de c :

a/ Por Kutter:

b/ Por Bazin:

Esta fórmula funciona muy bien para secciones que no estén llenas.

Cálculo del coeficiente de fricción (λ), (f).

Según Darcy (nos darán valores más elevados):

Fórmula de Manning:

Fórmulas de Prandtl – Kartman, Nikuradse y Colebrook (fotocopias)

En estas fórmulas ya se tiene en cuenta además de la rugosidad de las paredes de las tuberías, la viscosidad y la capa límite.

Para resolver problemas mediante este método, lo hacemos tanteando:

= Viscosidad absoluta o dinámica ($\text{Kg} \cdot \text{s} / \text{m}^2$; $\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2 = \text{Kg} / \text{m} \cdot \text{s}$; $\text{gr} / \text{cm} \cdot \text{s}$ (poise)).

= Viscosidad cinemática. (m^2 / s ; cm^2 / s (stokes)).

La viscosidad cinemática en el agua está en función de la temperatura:

R = N° de Reynolds. (A medida que crece, va desapareciendo la capa límite). Es adimensional.

El n° de Reynolds nos determinará el tipo de régimen de un fluido. Según el tipo de fluido utilizaremos unas fórmulas u otras.

– $\text{Re} > 2320$! Régimen turbulento (influye la rugosidad).

– $\text{Re} < 2320$! Régimen laminar (no influye la rugosidad).

En el régimen laminar los filetes líquidos permanecen prácticamente horizontales al eje de la conducción.

En conducciones de agua, el régimen suele ser turbulento.

Las conducciones las clasificaremos atendiendo a su rugosidad en los siguientes tipos:

- Tuberías hidráulicamente lisas: depende del n° de Reynolds.
- Tuberías hidráulicamente rugosas: depende de la rugosidad absoluta K.
- Tuberías hidráulicamente intermedias: depende de K y de Re.

Régimen laminar: (No influye la rugosidad; $\text{Re} < 2320$).

Régimen turbulento: ($\text{Re} > 2320$)

– Influye la rugosidad, por tanto distinguiremos entre:

- Tuberías hidráulicamente lisas (es independiente del rozamiento con las paredes. dependerá del n° de Reynolds).
- Tuberías hidráulicamente rugosas (dependerá de la rugosidad de las paredes de la conducción, ha desaparecido la capa límite):
- Tuberías hidráulicamente intermedias (es función de K y de Re).

Mediante la fórmula de Prandlt – Colebrook:

También podemos calcularlo con el ábaco de Moody (fotocopias).

Régimen libre:

Para régimen libre se utiliza la ecuación de Prandlt – Colebrook, así como la de Nikuradse sustituyendo los valores anteriores.

Puntos singulares. Pérdidas de carga.

- Podemos calcular las pérdidas de carga, calculando la longitud equivalente de conducción:
 - Podemos calcular las pérdidas de carga mediante tablas: Gráfica para el cálculo de longitud equivalente.
- Con el diámetro interior, y con la singularidad que sea, podemos conocer la longitud equivalente.
- Podemos hacer un cálculo más preciso (fotocopias):
 - **Codos de gran desarrollo:**
 - **Estrechamiento.** (Aumento de la velocidad).
 - **Ensanchamiento.** (Disminución de la velocidad).
 - **Vertederos.** (fotocopias).
- **Tipo rectangular:**
- Se emplean para aforos en canales de pequeñas dimensiones.
- **Sin contracción lateral.**

Vertedero de pared delgada. Ecuación general.

Cálculo de $\therefore$

Bazin:

Rehbock:

b) Con contracción lateral:

Francis:

Gourmey:

- **Vertederos triangulares.**
- **Vertederos trapezoidales.**

Cipolletti:

Para canales se suele utilizar la fórmula de **Manning** empleando un coeficiente de Manning 0,014 " n " 0,030.

La geometría de un canal óptimo es aquella que cumple:

a) Canal rectangular: $b = 2h = 2y$.

b) Canal trapezoidal:

2. Bombas. Potencia.

En U.T.M.

$$1 \text{ CV} = 75 \text{ Kp} \cdot \text{m} / \text{s}$$

$$1 \text{ CV} = 75 \text{ Kp} \cdot \text{m} / \text{s} \cdot 9,8 \text{ Julio} / \text{s} (\text{wattio (w)}) = 735 \text{ w} = 0,735 \text{ Kw}$$

También hemos de tener en cuenta el rendimiento de la bomba (b) y el del motor (m) que nos acompaña, el rendimiento total () será el producto de ambos

Por lo tanto la potencia quedará:

Pero la bomba necesita para arrancar una mayor tensión, entonces para incrementar la tensión se le aumenta un 20%, que hace que se multiplique a la anterior fórmula por un coeficiente 1,20:

_ La altura manométrica será desde el nivel del agua del pozo, o, el nivel del agua del lugar desde donde bombeemos hasta el final de la conducción (longitud) más las pérdidas de carga producidas durante el tramo.

Existe una fórmula práctica para saber la potencia de la bomba, solo utilizable para tanteos de aproximación en el campo:

Una casa de bombas nos ha de proporcionar características de las bombas, tales como rendimiento, caudales y altura manométrica; el rendimiento es importante, ya que la casa nos proporciona el rendimiento ideal de la bomba, pero a veces una bomba más barata consume mas energía eléctrica que una más cara, y a la larga esa bomba es más cara que una de mayor coste económico.

_ Para saber el coste económico, basta con aplicar la siguiente fórmula:

Para el cálculo de la bomba, también influye el diámetro de la tubería de impulsión:

_ A mayor diámetro, menores pérdidas de carga, menores velocidades, y menor potencia consumida.

_ A menor diámetro, mayores pérdidas de carga, mayores velocidades, y mayor potencia consumida.

La velocidad hay que intentar que sea baja, pero no mucho, ya que pueden aparecer sedimentos en las tuberías, el límite por el que deben oscilar los valores de la velocidad en las tuberías será de 0,5 m/s – 1,5 m/s, siempre iremos al diámetro más económico posible dentro de los diámetros comerciales.

Existe una fórmula para el tanteo del diámetro de la tubería, es la **fórmula de Bress**:

3. Depósitos.

El depósito, es el elemento regulador entre el agua de la captación y la demanda de agua requerida. Es el elemento estructural capaz de retener agua.

Funciones:

1. – Almacenamiento de volumen.
2. – Regulación de caudal.

3. – Regulación de presión.
4. – Asegurar la demanda para el abastecimiento urbano.
5. – Mantener la calidad del agua.

Clasificación:

- Para regular un volumen de agua (aportaciones y consumos).
- Para regular una presión determinada.
- Enterrado.
- Semienterrado.
- Superficial.
- Rectangular. – Hexagonal.
- Circular. – Esférico.
- Poligonal. – Cilíndrico.
- Hormigón armado. – Acero.
- Hormigón pretensado. – Plástico,
- Fábrica de ladrillo. – etc...
- Cabecera.
- Cola.

Parámetros que definen la construcción de un depósito de agua:

- Nº de habitantes a abastecer.
- Nº de industrias existentes en la población.
- Características del agua.
- Tipo de clima.
- Tipo de terreno.

Características a tener en cuenta para la construcción del depósito (capacidad).

- Capacidad máxima de un depósito: Volumen total de agua a servir durante un día, teniendo en cuenta las demandas punta requeridas.
- Capacidad media normal de un depósito: Valor medio entre el volumen total consumido dividido por 24 horas.
 - La capacidad del depósito es un parámetro importante, por tanto hay que tener en cuenta el abastecimiento para 50 años en horas punta, el agua acumulada de reserva para posibles incendios y posibles emergencias.

– También hay que tener en cuenta el n° de habitantes al que hay que abastecer, así como la cantidad de agua afluyente y la cantidad de agua efluente.

- Hay que realizar y estudiar los valores medios diarios y acumulados.

Para núcleos urbanos pequeños, la capacidad del depósito se podría calcular mediante la siguiente fórmula:

Los valores 0,5 y 0,75 se obtienen mediante fórmulas estadísticas sobre la población.

Ejemplo:

– Una población de 20.000 hab. Cuyo consumo medio durante los próximos 50 años es de 150 l / día * hab. construye un depósito, si la constante punta en la capacidad del depósito es 1,5, y la reserva de incendios junto con la reserva de averías equivale a 180 m³ durante dos horas. ¿Cuál es la capacidad del depósito?.

DATOS:

$$P = 20.000 \text{ hab.}$$

$$D50 = 150 \text{ l/día*hab.}$$

$$K = 1,5.$$

$$R_i + R_{av} = 180 \text{ m}^3.$$

$$Q50 = P * D50 = 20.000 \text{ hab.} * 150 \text{ l / día+hab.} = 3 * 10^6 \text{ l/día} = 3000 \text{ m}^3/\text{día}.$$

$$C = 0,75 * Q50 + R_i + R_{av} = 0,75 * 3000 \text{ m}^3/\text{día} + 180 \text{ m}^3 = \mathbf{2400 \text{ m}^3}.$$

Otra forma:

$$Q' = K * Q * P = 1,5 * 150 \text{ l/día*hab} * 20.000 \text{ hab.} = 4,5 * 10^6 \text{ l/día} = 4500 \text{ m}^3/\text{día}.$$

$$C = 0,5 * Q' + R_i + R_{av} = 0,5 * 4500 \text{ m}^3/\text{día.} + 180 \text{ m}^3/\text{día} = \mathbf{2400 \text{ m}^3}.$$

En este caso coinciden las dos capacidades.

El caudal de incendios para núcleos de más de 20.000hab. de población que nos da el Ministerio de Fomento, será:

P = Miles de habitantes.

Para una población inferior a 50.000 hab. Ri. Oscilará entre 150 – 200m³ (180 m³).

- Habrá que disponer de hidrantes que son tuberías para incendios con un diámetro mínimo de 100 mm. y que es independiente a la red de abastecimiento, viniendo directamente desde el depósito.

<u>Población</u>	<u>Caudal para incendios</u>	Lo normal es dar un caudal de 25 l/s durante 2h
Población > 200.000 hab.	100 l/s	
Población rural.	16 l/s	(180 m ³)

- Funcionando dos hidrantes separados entre si una distancia máxima de 200 m., cada uno de ellos tendrá que aportar un caudal de 16 l/s durante 2 h; y tendrán una presión cada uno de ellos de 10 m.c.a.
- Las averías que van a tener los depósitos, van a depender de los servicios que tenga la ciudad, por tanto va a ser peor una avería en núcleo urbano pequeño que en un núcleo urbano de gran población, ya que el primero tendrá unos servicios de reparación menores y , por tanto, la reparación se realizará en un mayor tiempo.
- El caudal necesario para averías que hay que reservar será el 25% del consumo máximo diario, si ajustado con la anterior fórmula, el valor que nos sale es inferior a 150m³, tomaremos valores de 150 – 200m³.
- El caudal demandado variará, y por tanto, habrá que hacer distinciones entre caudales punta diarios y caudales punta semanales.

Aspectos constructivos de los depósitos de agua.

Colocación del depósito: El depósito ha de colocarse en el baricentro del lugar, ya que es el mejor sitio para repartir agua a todo el lugar, o, en su defecto, ha de colocarse en el punto mas alto cercano al lugar de abastecimiento.

Depósitos enterrados.

Ventajas:

- La temperatura del agua permanece constante.
- Debe de tener una aireación en la parte superior del depósito, para que el agua se ventile.

Normalmente, se realiza una aireación por tubos, estos pueden estar al nivel del terreno.

Inconvenientes:

- Introducción de sustancias extrañas como hojas, pájaros, sustancias de carácter orgánico que repercute en la calidad del agua.
- El calor externo, en épocas de verano con temperaturas elevadas, en épocas de invierno con temperaturas ínfimas. La temperatura es un factor muy importante para determinar el espesor de los muros del depósito.
- La salida del agua, ya que el diámetro de la conducción de entrada es menor que el diámetro de la conducción de salida a causa de la demanda de agua en horas punta, en los depósitos enterrados la conducción sale por debajo del depósito. En la entrada de agua, el agua caída va amortiguado por una serie de salidas a diferente altura.
- Dificil acceso para la limpieza y realización de análisis químicos de agua.
- En los depósitos circulares es los que mejor se van a repartir las presiones, pero no funcionan bien debido a los problemas creados en los encofrados.
- Un depósito funciona como una ménsula, en el caso más desfavorable, en la que se aplica el empuje hidrostático del agua, la acción del viento...
- Todos los depósitos, aunque sean de mampostería, han de llevar un revestimiento de cemento.
- Ubicar el depósito en el punto más alto de la zona a abastecer, para ello previamente hay que realizar un estudio geológico del terreno.
- Terreno arcilloso: Preparación de un informe geotécnico (cargas/m² y kg/m²).
- Terreno rocoso: Limitación de las dimensiones (excavación en roca es muy costoso).
- La solera del depósito puede ir: El forjado apoyado por zapatas y un mínimo de 500 kg/m².

- Hay que hacer una capa de hormigón de acolchamiento o limpieza, luego hay que echar una solera de hormigón encima, y luego comenzar a hacer las armaduras de las paredes verticales correspondientes.
- Hay que tener en cuenta el nivel freático, ya que puede existir una supresión (sifonamiento) hacia arriba. Es muy indicado utilizar un hormigón normal vibrado con un contenido de cemento en la dosificación de 300 kg/m³. Siempre hay que utilizar un impermeabilizante en el hormigón para la estructura.
- Para rematar la parte superior de un depósito enterrado, se puede realizar de varias formas:

Horizontal con un acceso cerrado a agentes externos.

- Forma abovedada para que exista un drenaje de todo el agua superficial, es la forma más adecuada, además presenta la ventaja de poder dilatarse.
- La profundidad que debemos dar a un depósito enterrado o semienterrado no debe ser de más de 7m., ya que a mayor altura mayor va a ser la presión, por ello se recomienda una altura de 3–5m en los depósitos grandes, y de 1,5–2m en los depósitos pequeños (500m³).
- Cuando la población a abastecer es muy grande, se construyen dos depósitos, uno principal y otro para regular la presión y ayudar en las horas punta.
- La toma de agua para un posterior análisis se realiza a una cierta altura desde el fondo para que no influya la presión. Todo depósito debe llevar un guardaniveles automático; en depósitos grandes para evitar la dilatación entre juntas se ponen dos depósitos con los muros juntos entre sí.
- A los depósitos enterrados se les echa una capa de tierra encima llamada montera.
- Los depósitos enterrados se construyen para dar una mayor presión al agua, y , cuando la bomba no suministra toda la demanda, lo que se hace es llenar el depósito durante la noche y así se satisface toda la demanda con el depósito más el caudal que suministra la bomba.
- Los depósitos enterrados son casi siempre rectangulares o cuadrados, ya que hacer encofrados circulares es muy complicado, aunque los depósitos circulares son mejores, ya que en ellos se reparten mejor las presiones.
- Cuantas menos soldaduras existan en los depósitos, mejor. El acero es un material poco recomendable para depósitos exteriores.
- El caudal que ha de guardarse para posibles incendios es de 25 l/s que se han de suministrar durante 2 horas ($V = 25 \text{ l/s} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{l} \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot 2 \text{ h} = 180 \text{ m}^3$). Para el día más caluroso del año, representamos la curva de demanda, representamos gráficamente la gráfica del consumo acumulado, la máxima diferencia entre la curva de demanda y el consumo diario es el máximo caudal fluctuante, este caudal junto con la reserva de averías e incendios será la capacidad del depósito.
- La experiencia demuestra que el 18% del consumo diario en el día más caluroso del año, es la capacidad del depósito, y que, el 25% del consumo diario es la reserva de averías pero habrá que tener en cuenta el aumento de la población.

Higiene y mantenimiento de un depósito:

- Los depósitos han de someterse a una higiene, se trata de una cloración pulverizada en toda la superficie, mediante una dosis de 30 g/m³ de cloro (30 ppm). Una vez que el depósito ha de pintarse con pinturas que no provengan de alquitranes para que no reaccionen con el agua.
- El mantenimiento frecuente de un depósito es importante, para ello se harán distintas cámaras para la limpieza del depósito, para que en este no se formen sedimentos que den lugar a bacterias.
- En los depósitos rectangulares, un ensayo importante es de impermeabilización, para ver si son estancos, se llena el depósito y a las 24 horas se mide el nivel para ver si existen pérdidas; si la capacidad del depósito está comprendida entre 2000–5000m³ se deja 48 h.
- El depósito se puede impermeabilizar con PVC o en medidas pequeñas con bentonita.
- El fondo del depósito debe tener una pendiente entre el 1–2%, ya que las aguas tienen sólidos disueltos por lo que a la hora de la limpieza esto queda en el suelo del depósito, para su mejor

limpieza, se hace en una esquina un rectángulo mas bajo que la solera con el fin de echar el fango, ya que tiene un desagüe que permite la evacuación de este.

- Los planos de los depósitos deberán ir a una escala adecuada y deberán hacerse tanto planos de planta como cortes transversales. También deberán hacerse planos de detalle de la cámara de llaves y de los accesorios que hay en ella.
- Hay que cuidar la estética del depósito.

Accesorios de los depósitos.

- Tomas: Alcachofas, llevarán un filtro para evitar posibles entradas de materiales extraños.
- Válvulas de entrada.
- Contador: Será mejor colocarlo a la salida del depósito, así nos servirá para un mejor control del volumen.
- Desarenero: Desagüe unido mediante un tubo de gran diámetro, se abrirá cuando el depósito tenga los niveles de agua bajos. De esta manera limpiaremos el depósito de las arenas acumuladas en él y que han sido transportadas por el agua. Este desagüe también nos servirá para vaciar el depósito en circunstancias extraordinarias.
- Juntas: Las juntas nos servirán para que no existan pérdidas de agua, suelen ser de neopreno y se colocan durante el hormigonado.

IV. Torres de agua. Depósitos de regulación y distribución.

Torres de agua:

- La función de las torres de agua es la de equilibrar la presión y los caudales en un tiempo determinado.
- Habrá que cuidar su estética.
- Podrán tener una capacidad de 30 – 40 m³., y deberán estar situadas en el baricentro del núcleo urbano, ya que aquí se mantienen mejor las presiones.
- Deberán ir cubiertos, y esta cubierta deberá tener una cierta pendiente para evitar posibles filtraciones del agua de lluvia. También en la parte superior deberá llevar una barandilla. Habrá una escalera exterior por la que se pueda subir a la cubierta. En la cubierta se hará un acceso al interior del depósito.

Depósitos de regulación y de distribución.

- Se sitúa para la regulación de la presión cuando el desnivel entre el nivel del depósito y la red es muy grande para evitar que el agua adquiera una presión muy alta.

Estos depósitos han de tener capacidades muy pequeñas, pero nunca inferiores a 2m³, han de tener un caudal de suministro de 1,5 l/s, la capacidad de este depósito se puede estimar:

La capacidad de este depósito suele ser de unos 9m³(15 l/s*60s/min.*10min.*10–3m³/l).

- La conducción final nunca ha de sobrepasar 6 atm. de presión (60m.), por eso es bueno poner por cada 60m. De conducción un depósito de rotura de carga.
- Debo considerar el nivel de la lámina de agua en el depósito para dimensionar los diámetros de las tuberías de gravedad.

- Debo considerar el nivel de la solera del depósito para dimensionar el suministro de agua.
- No debo sobrepasar los 80 m.c.a. de desnivel entre dos puntos.
- En un abastecimiento debo de garantizar una presión mínima de 10 m.c.a., por estas razones en edificios de gran altura será necesario hacer un depósito propio (depósito hidrodinámico) desde el que se elevará el agua con una bomba.
- La presión que he de dar a un edificio de gran altura es la correspondiente de la suma de 60 m. por encima de la altura del edificio que está situado a su lado.

V. Redes de Distribución.

1.Objetivo.

El objetivo de una red de distribución de agua es dar un servicio continuado a la población, tanto en volumen como en calidad. Para conseguir este objetivo será necesario que no existan fugas en la conducción y que las tuberías tengan un coeficiente de rugosidad adecuado.

2. Tipos de sistemas.

- Por la forma de funcionamiento:

1.a. – **Red ramificada.**

1.b. – **Red reticular o mallada. Red circular o anular.**

- Por la diferencia de presión:

2.a. – **Red en pisos.**

- Por la forma de distribución:

3.a. – **Red simple.**

3.b. – **Red doble**

1.a. Sistema ramificado.

Consiste en una arteria principal con ramificaciones provenientes de distintos destinos, como fábricas, viviendas, etc...

No se utiliza ya, salvo en núcleos rurales o núcleos con poblaciones muy diseminadas.

A medida que voy ramificando, el diámetro va disminuyendo,; el problema que presenta es la rotura, si se rompe una rama principal o sección, se desproveen de agua a las demás ramas.

El agua sólo va en un sentido.

Sistema reticular o de mallas.

Son diferentes mallas conectadas entre sí, las presiones están mejor distribuidas, la circulación de agua se presenta de forma diferente. Cuando existe alguna avería, basta con desconectar la malla afectada.

El problema existente es que desconocemos el sentido que lleva el agua, ya que este se mueve por diferencia de presiones, y esto hace que los cálculos sean más complicados.

Sistema circular o arterial.

Es una variante de la red mallada. Tenemos una arteria principal, y forma de mallas que salen desde el centro.

Sistemas mixtos.

Son sistemas que llevan una parte mallada y otra parte ramificada. Se da en raros casos por causas como la topografía del terreno, aumento de la población ...

2.a Sistemas de redes en pisos.

Se dan por la disposición topográfica del terreno, en poblaciones que no podemos disponer presiones elevadas, por lo que he de hacer un sistema de redes en pisos o escalonadas. También he tener en cuenta la presión que he de suministrar a los edificios.

Aparte de esto se suele dar en poblaciones que han ido creciendo en un sentido y ha habido una gran variación de presión.

3.b Sistemas dobles.

Tenemos dos redes, una para el agua de distribución, y otra con aguas tratadas previamente (aguas blancas) que se utiliza para usos de consumo no domésticos (jardines, etc...) de aguas potables.

El mejor tipo de sistema de distribución dependerá de la distribución de la población.

3. Estudio de una red.

No existe un sistema generalizado, sino que depende de tres factores:

- Núcleo urbano: Geometría, ubicación, topografía, forma...
- Conducción: Volúmenes de agua, presiones de servicio a atender, velocidades...
- Red: Tipo de red a ubicar con todos las ventajas e inconvenientes.

4.Criterios a establecer los diferentes sistemas.

1. Colocación del depósito: Hay que coger zonas en función al consumo, a mayor consumo, su centro de gravedad tendrá siempre dirigida una arteria principal.

2. Colocación de las tuberías: Debemos tener en cuenta:

- a) La temperatura exterior.
- b) El tráfico que van a soportar las tuberías.

Lo normal es que las tuberías vayan sumergidas 1–1,5m.

También se puede hacer una distribución por galerías. Consiste en una galería abovedada de hormigón o

ladrillo con un sistema eléctrico, en esta galería van todas las instalaciones (agua, luz, teléfono, gas, etc...); tendría una boca de entrada con una llave de registro con una clave para que entre solamente el personal utilitario; además ha de haber un libro de registro de personal, este sistema tiene la ventaja de que no existe sobrepresión del tráfico.

5.Demanda.

Demanda punta:

Demanda punta diaria:

Dos criterios:

1) Multiplicar el caudal medio diario por el producto de los coeficientes que me dan. Para hallar la sección de la tubería he de multiplicar el caudal por el coeficiente 2,4. Hay que multiplicarlo por todos los coeficientes (dependiendo del día, estación del año, etc...).

2) Me ajusto a la normativa del Ministerio de Fomento.

También puedo utilizar la tabla de Aurelio Hernandez, que nos un coeficiente punta (K).

Agua para incendios:

<u>Población (habitantes)</u>	<u>Diámetro mínimo (mm) exigido</u>
< 25000	80
25000 – 10000	100
100000 – 250000	150

- Habrá que instalar hidrantes (ptos de toma de agua); existen dos formas de colocarlos:
 - Enterrados: Con una boca de igual tamaño al diámetro de la tubería.
 - Elevados: Se una boca con dos tomas:
 - Tubería " = 80 mm.: 1 toma de " = 70 mm, y dos tomas de " = 45 mm.
 - Tubería " = 100 mm.: 1 toma de " = 80 mm, y dos tomas de " = 70 mm.
 - La presión mínima requerida del hidrante es de 2 Kp/cm², aunque es recomendable una presión de 3 Kp/cm².
 - La distancia entre hidrantes será de 100m.
 - Estas ramas serán independientes a la red, es decir, que, a partir de la rama secundaria se hace la toma directa al hidrante.
 - El caudal mínimo aportado será:
 - Tubería de " = 80 mm. ; Qmin = 13,5 l/s.
 - Tubería de " = 100 mm. ; Qmin = 16 l/s.

Presión de servicio:

La presión requerida dentro un edificio será:

<u>Edificio</u>	<u>Presión</u>
1 planta.	8 m.
1 planta y 1 piso.	11 m.
1 planta y 2 pisos.	14 m.
1 planta y 3 pisos.	17 m.
1 planta y 4 pisos.	20 m.

La presión que he de dar a un edificio es de 6 m. por encima del edificio colindante, pero siempre sin pasarse de 60 m.c.a. (60 atm.).

Calculo de la velocidad y del diámetro:

Monguié:

Tablas (fotocopias).

- La longitud de los tramos ha de estar entre 700 m. – 1000 m.; nunca por encima de 1000 m. de longitud.
- La tubería ha de estar enterrada como mínimo desde la arista superior a la superficie del suelo una distancia de 1 m.
- Dentro de una distribución ramificada, podrá haber una red lineal (red terciaria) si la forma del núcleo urbano lo requiere. Este sistema de distribución se llama red mixta.

6. Accesorios de una red.

- **Válvulas:** Funcionan a una presión aproximada de 6 – 8 Kp/cm², y tienen un límite de 10Kp /cm². Casi todas son de fundición, pero se emplean también otros materiales como el PVC o le fibrocemento

Las válvulas más importantes son:

- Válvulas de compuerta : estas pueden ser de dos tipos, o bien de cuña, o bien de no cuña. La válvula de compuerta puede ser manejada manualmente o puede ser manejada de modo eléctrico. Cierra una compuerta.
- Válvulas mariposa: Gira el eje. Aguanta presiones de 10 Kp/cm²; para presiones altas son las más adecuadas.
- Válvulas de retención o clapetas: Funcionan por el efecto de baiben del agua.
- Válvulas de reducción de presión: Baja las presiones del agua, si por ejemplo, tenemos una red de distribución con una diferencia de presión sea 80 m.c.a., se pondrán válvulas de reducción de presión (v.r.p.).
- Válvulas de membrana o diafragma: Inyectando aire se hincharán las dos membranas de las que consta, evitando el paso del agua.

La presión no queda disipada por los cambios de velocidad, sino que cambia por cambios de presión, esta queda disipada en un muelle que lleva la válvula; esta presión compensa a los muelles.

- **Sistema automático de cierres:** Es un sistema alemán, se llama Vatomat. Cuando hay una avería, este sistema se cierra automáticamente impidiendo la salida del agua. Este sistema es recomendable para puntos de posible rotura, por ejemplo en la tubería de impulsión, que es donde se producen las averías más importantes.
- **Prensa – estopas. Compensadores de dilatación:** Tiene como símbolo en los planos . Se dispondrán junto a válvulas, o en ciertas longitudes, cuando creamos que se van a producir grandes dilataciones.
- **Hidrantes:** Pueden ser de 80, 100, 150 mm. (ya visto en caudal para incendios).
- **Arquetas:** Las dimensiones dependerán de las dimensiones de la tubería, así como de las dimensiones de otros accesorios que vayamos a disponer, tales como válvulas, clapetas... Será de mampostería de ladrillo y la solera será de hormigón. La arqueta estará tapada con una tapa de acero o fundición de un espesor mínimo de 10 mm.
- **Desagües o desareneros:** Se colocarán en los puntos bajos de una red, y, nos servirán para limpiar las conducciones. Lo normal es que vayan conectados a la red de saneamiento. En una red ramificada en los puntos finales (testeros), se acumularán residuos y restos de cloro, por lo que habrá que colocar un desagüe o hacer una fuente.
- **Dispositivos de emergencia:** se colocarán cuando algún accesorio se ha estropeado y no es posible cambiarlo en un período corto de tiempo.
- **Suplemento de reserva:** Me une un tramo con otro.
- **Ventosas:** En una red es necesario colocar válvulas que nos permitan cortar cuando hay una avería. Colocaremos ventosas, en las zonas superiores, las ventosas tienen una doble función, eliminar el aire en las conducciones e/o introducir aire cuando queramos hacer un vaciado de las tuberías.

7. Acometidas domiciliarias.

a) **Vivienda unifamiliar.** En la calle tiene que haber una llave de agua para que cierre el agua si queremos. En la casa ha de haber un contador de agua, y después de este, otra llave de agua para que si se avería el contador, no haya pérdidas de agua, además hay que poner una válvula de retorno, para que no haya un retorno de agua desde el domicilio a la red de distribución.

En una edificación hemos de tener una presión de 5 – 10m. por encima de la altura del edificio.

Los caudales que se consideran que gastan los distintos materiales sanitarios son:

* Lavabo: 0,1 l/s.	* Ducha: 0,2 l/s.
* Bidé: 0,1 l/s.	* Fregadero: 0,2 l/s.
* W.C.: 0,1 l/s.	* Lavadero: 0,2 l/s.
* Bañera: 0,3 l/s.	

Existe un coeficiente de simultaneidad, ya que no usamos todos los materiales sanitarios a la vez, por tanto las viviendas se clasifican en tipos de viviendas:

* VIVIENDA A: 5 sanitarios. Caudal de instalación: 0,8 l/s. Qmax. a utilizar: 0,4 l/s.

* VIVIENDA B: 6 sanitarios. Caudal de instalación: 1,0 l/s. Qmax. a utilizar: 0,45 l/s.

* VIVIENDA C: 10 sanitarios. Caudal de instalación: 1,55 l/s. Qmax. a utilizar: 0,50 l/s.

* VIVIENDA D: 14 sanitarios. Caudal de instalación: 2,15 l/s. Qmax. a utilizar: 0,60 l/s.

Coeficiente de simultaneidad: n: n° de sanitarios.

8. Datos que necesito para el proyecto de sistemas de distribuciones.

1.- Buena cartografía del terreno. Planos 1:10000–1:5000. Planos más detallados

1:1000–1:2000.

2.- Ubicación del depósito.

3.- Puntos de uso del agua. Bocas de riego, bocas extintoras, etc...(El gasto máximo utilizado para la extinción de un incendio es de 15 l/s durante 2 horas, es decir, 108m³.).

4.- Volumen de agua consumido en cada punto.

5.- Diámetro mínimo de cada conducción y su presión requerida. (*Importante*)

Antiguamente se utilizaba un diámetro mínimo de 60 mm., ahora el **diámetro mínimo** está fijado en **80mm**. La razón es que en toda España hay problemas de incrustaciones ya que el agua es muy dura, además existe un aumento demográfico, para ello es mejor tener una reserva de agua.

Diámetros mínimos requeridos.

- Población superior a 25.000 hab. Diámetro mínimo: 100mm.
- Población superior a 100.000 hab. Diámetro mínimo: 150mm.

Respecto a las presiones:

- Población inferior a 1.000 hab. Presión mínima: 15m.
- Población 1.000 – 6.000 hab. Presión mínima: 22m.
- Población 6.000 – 12.000 hab. Presión mínima: 28m.
- Población 12.000 – 50.000 hab. Presión mínima: 35m.
- Población superior a 50.000 hab. Presión mínima: 48m.
- El tope de presión será de 60m.

9. Galerías de servicios.

Se trata de galerías colocadas a una cierta profundidad del suelo. Por estas galerías irán las redes de abastecimiento de agua, de telefonía y redes eléctricas, pero no irán ni la red de saneamiento, ni la red de gas.

VI. Cálculo de las redes de distribución.

- **Distribución en una red ramificada.**
- Tengo un ramal principal, tengo que saber el caudal en el punto, en el cual está la ramificación, por lo que voy a utilizar caudales unitarios (caudal por metro lineal), pero previamente tendré que conocer los caudales punta:

De lo que se trata es de hallar los diferentes caudales, diámetros y presiones resultantes en el itinerario:

Tramos	Longitud L (m)	Consumo unitario Cu (l/s/m)	Consumo en el tramo qL (l/s)	Caudal en el tramo Q (l/s)	Caudal medio del tramo Qm (l/s)	Caudal para incendio Qi (l/s)	Caudal final Q (l/s) Q' = Q+0,55.qL-Q1

					Pérdida de carga unitaria	J (m/ml)	Pérdida de carga real	H (m)	Desnivel disponible	H (m)	Nivel piezométrico (m)	P / + Z
			Díámetro D (mm)	Velocidad v (m/s)	Coefficiente de fricción		Unitaria J (m/ml)	Real en el tramo			Disp.	I al princ. f (m) (

Se trata de hallar el caudal en cada tramo, al principio y al final a partir del caudal consumido a lo largo de cada tramo, siempre desde el tramo final hasta el tramo inicial de la red, donde estará el caudal acumulado que hemos de suministrar en dicha red.

Una vez conocidos los caudales, como conozco por la cartografía las cotas de los diversos puntos, conozco los desniveles, y, por tanto calculo la pérdida de carga unitaria (J), luego por las diferentes fórmulas (Manning, Chezy, Darcy, etc...) calculo la velocidad y los diámetros.

- **Distribución en una red de mallas.**

Podemos hacerlo suponiendo una misma presión en toda la red, y haciendo el cálculo como una red ramificada. Variaremos los diámetros, si las presiones difieren en más de un 10%.

Método de Hardy- Cross.

- Hay que tener en cuenta los siguientes principios:
- La suma algebraica de los caudales entrantes y salientes en un nudo cualquiera es cero. (Principio de Continuidad).
- La suma algebraica de las pérdidas de carga producidas a lo largo de un circuito cerrado es nula, ya que en caso contrario, en un mismo punto se tendrían dos energías diferentes

Deducción de la expresión de Q .

- Q: Diferencia de caudales con un caudal previo fijado.
- Caudal correcto: $Q + Q$. – Pérdida de carga: $H + H$
- Se cumplirá: $(H + H) = 0$; $H = -H$.
- Esta última ecuación permite, en sucesivas aproximaciones, la corrección Q a introducir en cada retícula parcial, utilizando diversas fórmulas obtenemos:

Manning: General:

a: Valor que depende de la longitud, sección y clase de material de la tubería.

m: Valor que depende del tipo de régimen que se trate: Laminar, turbulento liso, turbulento rugoso, en el caso de Manning, $m = 2$.

Q ha de sumarse algebraicamente a los caudales presupuestos, y que, una vez modificados, serán objeto del mismo tratamiento, y así sucesivamente, hasta alcanzar el grado de aproximación deseado.

Si los valores hubieran sido los correctos, el numerador ($a_n \cdot Q_{nm}$)

Que expresa las pérdidas de carga del circuito sería cero, y el caudal correctivo $Q = 0$.

– Antes de utilizar este método, hay que tener en cuenta la **fórmula de Chezy**:

$$4Q = 16Q^2 \cdot 16Q^2 \cdot D \cdot h \cdot 64 \cdot Q^2 \cdot L$$

$$v^2 = c^2 R J \quad ; \quad v = \frac{4Q}{D^2} \quad ; \quad v^2 = \frac{16Q^2}{D^4} \quad ; \quad \frac{16Q^2}{D^4} = c^2 \frac{16Q^2}{D^4} \quad ; \quad h = \frac{D^5 c^2}{64}$$

$$D^2 \cdot D^4 \cdot D^4 \cdot L \cdot D^5 c^2$$

$$64$$

Sí $C = \frac{D^2}{64} = \text{cte}$; y si $a = C \cdot L = \text{cte}$; entonces $h = C \cdot L \cdot Q^2$; y por tanto

$$D^5 c^2$$

C está tabulada, viene en tablas, para tuberías de fundición en uso ($m = 0,25$)

D (mm)	C
100	433
125	124
150	44,7
200	9,1
250	2,66
300	0,976
400	0,203
500	0,0604
600	0,0226

El caudal (Q) que entra por una rama es igual al que sale, y las pérdidas de carga serán iguales en un punto del circuito.

$$h_1 - h_2 = 0$$

$$h_1 = a_1 \cdot Q_1^2$$

$$h_2 = a_2 \cdot Q_2^2$$

$$h_1 - h_2 = a_1 \cdot Q_1^2 - a_2 \cdot Q_2^2$$

Ponemos un Q para que se pueda cumplir la condición $a_1 \cdot Q^2 - a_2 \cdot Q^2 = 0$

$$h_1 - h_2 = a_1 \cdot (Q_1 + Q)^2 - a_2 \cdot (Q_2 + Q)^2$$

$$a_1 \cdot (Q_1^2 + 2Q_1 \cdot Q + Q^2) - a_2 \cdot (Q_2^2 + 2Q_2 \cdot Q + Q^2)$$

$$a_1 \cdot (Q_1^2 + 2Q_1 \cdot Q) - a_2 \cdot (Q_2^2 + 2Q_2 \cdot Q) = 0$$

$$a_1 \cdot Q_1^2 - a_2 \cdot Q_2^2$$

$$Q = \frac{a_2 \cdot Q_2^2 - a_1 \cdot Q_1^2}{2(a_1 \cdot Q_1 + a_2 \cdot Q_2)} !$$

$$2 \cdot (a_1 \cdot Q_1 + a_2 \cdot Q_2)$$

Tenemos que tener en cuenta los criterios de signos de las mallas en el numerador. En el denominador no tendremos en cuenta los signos, se pondrán positivos.

Habrá que hacer varios pasos (dos o tres) para ajustar bien los valores.

Ejemplo:

1er Itinerario.

Malla1: Malla 2:

"(an.Qn2)	2." an.Qn	"(an.Qn2)	2." an.Qn
2*100 ² = 20000	2*2*100 = 400	6*35 ² = 7350	2*6*35 = 420
1*50 ² = 2500	1*2*50 = 100	-2*60 ² = -7200	2*2*60 = 240
-3*40 ² = -4800	3*2*40 = 240	-1*50 ² = -2500	2*1*50 = 100
Suma: 17.700	Suma: 740	Suma: -2350	Suma: 760

$$17.700 - 2350$$

$$Q = \frac{740 - 760}{24} = -23,92 \text{ l/sg} \quad Q = \frac{740 + 760}{24} = 3,1 \text{ l/sg}$$

$$740 - 760$$

- Los tramos coincidentes en dos mallas estarán afectados por las correcciones que hay que hacer en cada malla.

2º Itinerario.

Malla1: Malla 2:

"(an.Qn2)	2." an.Qn	"(an.Qn2)	2." an.Qn
2*(100 - 24) ² = 11452	2*2*(100 - 24) = 304	6*38 ² = 8864	2*6*38 = 456
1*(23) ² = 529	2*1*23 = 46	-1*23 ² = -529	2*1*23 = 46
-3*(64) ² = -12288	2*3*64 = 384	-2*57 ² = -6498	2*2*57 = 228
Suma: -207	Suma: 734	Suma: 1637	Suma: 730

$$-207 - 1637$$

$$Q = - \text{-----} " 1 \text{ l/sg } Q = - \text{-----} = -2,25 \text{ l/sg } " -2 \text{ l/s}$$

734 730

3er Itinerario.

Malla1: Malla 2:

<u>"(an.Qn2)</u>	<u>2." an.Qn </u>	<u>"(an.Qn2)</u>	<u>2." an.Qn </u>
$2*(77)^2 = 11858$	$2*2*77 = 308$	$6*362 = 7776$	$2*6*36 = 432$
$-3*(63)^2 = -11907$	$2*3*63 = 378$	$-1*262 = -676$	$2*1*26 = 52$
$1*(26)^2 = 676$	$2*1*26 = 52$	$-2*592 = -6962$	$2*2*59 = 236$
Suma: 627	Suma: 738	Suma: -138	Suma: 720

-627 -138

$$Q = - \text{-----} " -1 \text{ l/sg } Q = - \text{-----} = 0,19 \text{ l/s}$$

738 720

VII. Explotación y Mantenimiento de un servicio de aguas.

1.comprobación de la resistencia de las tuberías:

Distinguimos entre dos tipos de tuberías:

- Tuberías flexibles: De plástico, PVC...
- Tuberías rígidas: Fundición, fibrocemento...

• Cargas exteriores.

También podemos calcular C, mediante ábacos.

Cada tubería aguantará una carga determinada, por ello, habrá que tener en cuenta la carga exterior.

Las cargas puntuales las minoraremos, de esta manera sobredimensionaremos la estructura.

• Tensiones exteriores.

a) Para cargas puntuales:

b) Para cargas uniformemente distribuidas:

c) para cargas debidas a variaciones de temperaturas:

• Tensiones internas.

• Golpe de ariete.

Se produce cuando hay un cierre rápido. Se origina una onda que tiene una gran celeridad produciendo sobrepresiones muy grandes. Se pueden amortiguar haciendo una chimenea de equilibrio.

2.Mantenimiento:

- Mantener los niveles de caudales constantes.
- Mantener la calidad del agua mediante análisis químicos.
- Tubería de impulsión: Ver los mecanismos a la salida de la tubería de impulsión, así como realizar revisiones periódicas en válvulas, etc...
- Limpieza del depósito. Correcta ventilación de estos.
- Tuberías de suministro a la red de distribución, así como la red de distribución.

Todo lo anterior requiere una serie de:

A) Trabajos preventivos:

- Limpieza de tuberías mediante una disolución clorada (ácido clorhídrico diluido en agua 15%, durante 5 horas), esto se aplica a tuberías con un diámetro superior a 400 mm. Existen rascadores de turbina para la limpieza de tuberías en tramos de 10–15 m. con un movimiento excéntrico, tiene una limpieza total pero también mayor coste.
- Las tuberías se mantendrán pintadas con imprimación (1 mano) y pintura (2 manos); si la tubería está algo corroída, se cepillará. Si está bastante corroída se limpiará con chorros de arena, y se dará con imprimación (2 capas) y pintura (2 manos).

B) Trabajos de reparación:

- Se debe disponer una buena cartografía, escala 1:2000, con detalles como redes de distribución, y puntos de toma numeradas para su mejor comprensión, de forma que, por el número sepamos cual es el lugar donde se ubica la tubería. Las válvulas deben llevar un número para una posible reparación sabiendo el número de la válvula que hemos de reparar.

C) Personal:

Existen tres tipos de personal:

a) Brigadas de urgencia.

b) Brigadas de trabajo.

c) Brigadas de investigación.

- Brigada de urgencia: Cuando hay un aviso de avería, esta brigada es la que se encarga de dar el detalle (valorar momentáneamente los daños) de la avería, llaman a la central para que avisen a la brigada de trabajo.
- Brigada de trabajo: Es la encargada de la reparación de la avería, llevan materiales de reparación y herramientas.
- Brigada de investigación: Es la encargada de detectar una avería difícil de detectar averías que no han detectado las demás brigadas

D) Protección de la red.

Los problemas que afectan a las tuberías de acero (las más vulnerables) y de fundición son:

- Ataques internos.
- Ataques externos.

- Ataques internos:

a.1) Ataque químico interno: Depende de las características de la fundición y del pH del agua. El problema que suele acarrear es la corrosión de las tuberías (se forma hidróxido férrico a partir de hidróxido ferroso por diversas reacciones, y este ocasiona un potencial destruyendo la tubería). También la corrosión se puede ocasionar mediante cultivos de bacterias de tipo ferruginoso (Conotrix, Lectotrix, Legionella, etc...).

a.2) Ataque por la velocidad del agua: A mayor velocidad del agua, mayor será la corrosión en las tuberías.

a.3) Ataque por contenido de CO₂ del agua: Las aguas superficiales tienen un contenido mayor de CO₂. Según las características del agua vamos a tener un contenido u otro de CO₂, por ejemplo, aguas muy duras van a tener un contenido bajo de CO₂

Las soluciones son:

- Revestir las tuberías.
- Bajar el pH del agua.
- Crear pilas galvánicas catódicas (esta hace de ánodo y evita la corrosión).
- Usar materiales más sacrificables que el hierro (más electronegativos), como el zinc o el aluminio.

Para evitar todo esto hemos de comprobar el índice de Langelier (I.L.):

Expresa **el contenido de CO₂ del agua.**

El CO₂ se combina con la cal libre existente en el agua, formando carbonatos, por lo que atacará mucho a las tuberías de hormigón.

La dureza del agua se medirá en:

– Grados franceses: 1°F = 1 cg CaCO₃/l = 0,56°A.

– Grados alemanes: 1°A = 1cg CaO/l.

El bicarbonato cálcico (Ca(HCO₃)₂) es mucho más soluble que el carbonato cálcico (CaCO₃), y no ataca a las tuberías; por esta razón, las aguas que tengan alto contenido en CO₂, las haremos pasar por lechos de CaCO₃, para que se forme bicarbonato cálcico.

- Determino el pH.
- Determino la temperatura del agua, en función de esta nos da un índice I(t). Tabulado.
- Determino el valor de la dureza del agua lo multiplico por 0,7; este producto nos da un índice I.TH en grados franceses (dureza permanente, no se elimina). Tabulado.
- Determino el contenido de CaCO₃ del agua en partes por millón (ppm) y este valor es el índice I.TAC.

Mediante el I.L., vamos a determinar el contenido de CO del agua, y sabremos si es corrosivo o no.

I.L > 0; Agua incrustante.

I.L < 0; Agua corrosiva.

A medida que baja la dureza del agua, el agua aumenta su corrosividad.

Existen otros tipos de índices, como por ejemplo el índice Ryznal. Este índice es menos fiable, ya que no tiene en cuenta la T^a del agua. Lo calcularemos de la siguiente forma:

El contenido de CO_2 , afecta de diferente forma a los distintos tipos de tuberías:

– Tubería de acero. Cuando el H_2O entra en contacto con el acero se forma un pH pasivo ($pH > 10$), y por tanto se produce corrosión. A mayor contenido en O_2 del agua, mayor tendencia tiene el pH a bajar y viceversa. Esto se soluciona revistiendo la tubería con un material bituminoso (betún o alquitrán).

– Tubería de fundición: Presenta problemas, cuando existe oxígeno disuelto en el agua, se formará óxido ferroso, que luego formará óxido férrico, que hará de aislante, por eso, la velocidad del agua no deberá ser muy elevada para que no se quite la película de óxido férrico precipitado. Para ello las tuberías se revestirán con un material bituminoso.

– Tubería de hormigón: El hormigón siempre tiene cal libre, y esta, puede reaccionar con aguas sulfatadas produciéndose el desgaste de las tuberías y la formación de la sal de Candlot. Su interior se revestirá con fluorsilicatos, silicatos o siliconas.

– Tuberías de fibrocemento: No presentan problemas, ya que no es afectada por el pH del agua.

– Tuberías de plástico y PVC: No presentan ningún problema.

Los materiales que más se afectan por el I.L son las tuberías de acero y fundición.

Las soluciones para este problema es preparar un lecho de $CaCO_3$ o de HCO_3^- por el que pase el agua, así aumentamos la dureza del agua.

En tuberías de hormigón, este problema no es tan importante, se recomienda utilizar tuberías de fibrocemento con junta Gibault, o de PVC.

En tuberías de cemento hay que analizar el contenido de azufre en el agua para evitar reacciones del agua con el cemento, por eso hay que utilizar cementos sulforesistentes (SR) ó cementos de altos hornos o de escoria.

– Las aguas incrustantes reducen la sección de la conducción y aumentan las pérdidas de carga, ya que aumentan el coeficiente de rugosidad total de la tubería.

– La corrosión ataca directamente al material del que está construido la conducción en zonas puntuales, de tal forma que disminuyen los espesores de las tuberías, por lo que se forman distintas tensiones, que pueden provocar la rotura de la tubería. También nos cambiará el coeficiente de rugosidad.

– Si no tomamos ninguna medida de corrección para el índice de Langelier, lo que hemos de hacer es aumentar el espesor de la conducción para un tiempo de 10 años, por ejemplo:

– Tub. de fundición y/o acero: aumento del 10%.

– Tub. de fibrocemento: aumento del 5%.

– Tub. de plástico y/o PVC: aumento del 1%.

Si utilizamos rascadores, perderemos un 2,5% del espesor inicial de la tubería en 5 años.

– La duración estimada de las tuberías ,es de 20 años si estas no han tenido controles de mantenimiento, y de

más de 20 años si estas han tenido controles de mantenimiento.

Ataques externos.

Son debidos a la heterogeneidad de los materiales de los que está construida la tubería, pH del agua; los materiales externos forman una pila (los valores extremos de pH producen mayor corrosión).

En ambientes húmedos se crea mayor corrosión, en ambientes secos no existe corrosión.

La solución sería la utilización de pinturas plásticas impermeabilizantes que aislen a las tuberías del exterior, teniendo en cuenta que los puntos más afectados por la corrosión van a ser los puntos de unión (bridas, soldaduras, etc...). Otra solución es utilizar materiales de revestimiento.

Rendimiento de un abastecimiento de aguas:

Se trata de ordenar los volúmenes de agua servidos y los volúmenes de agua facturados.

El rendimiento óptimo está en el orden del 0,85 – 0,95. Cuando esto no ocurra, haremos un estudio del abastecimiento y solucionaremos los problemas, siempre y cuando, exista suficiente presupuesto económico.

• Explotación y gestión del agua:

Lo objetivos de una buena explotación y gestión del agua es planificar, ordenar y hacer que funcione correctamente el abastecimiento de agua. Para llevar a cabo estos objetivos deberemos

Se puede realizar de diversas formas:

- Gestión directa.
- Gestión indirecta.
- Gestión intermedia.
- **Gestión directa.**

El propio concejal del ayuntamiento contrata a varias personas (funcionarios) para reparar, mantener y controlar la gestión. Tres formas:

a.1) Gestión propia del ayuntamiento: El ayuntamiento es el encargado de la gestión.

a.2) Gestión por una fundación pública propia: Municipios muy pequeños; el ayuntamiento crea una fundación, el personal que la integra es personal que la integra es funcionaria del ayuntamiento; este pide la excedencia del ayuntamiento para incorporarse a la fundación. Comunicación directa con el ayuntamiento.

a.3) Gestión privada: El ayuntamiento crea una sociedad privada, es una sociedad dentro del ayuntamiento pero con responsabilidad independiente del ayuntamiento.

• Gestión indirecta.

Existen tres formas diferentes:

b.1) Arrendamiento: El ayuntamiento arrenda a una empresa la gestión.

b.2) Concesión: El ayuntamiento hace una distribución del agua, la empresa corre con los gastos y al cabo de 20 años pasa a formar parte del ayuntamiento. Durante los primeros 20 años los beneficios son todos para la

empresa.

b.3) Creación de Mancomunidades o consorcios: Una captación de aguas puede distribuir agua a varios municipios, se construye un depósito único para ambos, la gestión se realiza por medio de todos los municipios creando una mancomunidad de vecinos, que es independiente del ayuntamiento.

- **Gestión intermedia.**

El ayuntamiento aporta un capital (50%) y el resto lo aporta una empresa. La gestión de dicha empresa la realiza personal excedente del ayuntamiento.

- Una buena gestión municipal incluye una buena **medición** y una buena **facturación** en los consumos de agua .

Medición del agua.

Tiene que controlar por una parte el caudal suministrado y por otra parte el caudal consumido.

El primero es más fácil de calcular, el segundo presenta mayores complicaciones.

Para medir el caudal de suministro, hay que colocar un medidor o contador a la salida de la captación y otro a la salida del depósito; después medimos el valor del caudal consumido.

Medición del usuario. Tipos de contadores:

- Contadores volumétricos: Suelen ser o de pistón o de disco, un disco interno que da vueltas, cada vuelta determina el volumen interior. Útil para tuberías con un diámetro 15 – 40 mm.
- Contadores de turbina o de hélice llamados wolman: Se trata de una turbina colocada en posición vertical que se mueve por causa del agua, este entra por la parte de debajo de la turbina y sale por la parte de arriba, los contadores de turbina o hélice están indicados para tuberías con un diámetro 15 – 150 mm. y los contadores wolman están indicados para tuberías con un diámetro 50 – 300 mm. y grandes volúmenes de agua.

No existe un contador ideal, por ejemplo los contadores volumétricos cometen errores para volúmenes grandes de agua, y los contadores de turbina o de hélice a caudales pequeños también cometen errores.

La CEE ha diseñado un contador llamado multicalibre, el cual, nos mide los volúmenes y la velocidad dependiendo de los caudales que entran en la conducción.

Las características que se le exigen a un contador son:

- 1) Sencillez 6) Fácil montaje.
- 2) Durabilidad. 7) Sensibilidad. (A mayor sensibilidad, mayor exactitud).
- 3) Resistencia mecánica. – Para caudales altos, error máximo del 2%.
- 4) Resistencia a la corrosión. – Para caudales bajos, error máximo del 5%.
- 8) Mínima pérdida de carga.

– Hay que contrastar los caudales suministrados con los caudales consumidos para ver si existen pérdidas de agua por causas como diversas trampas que cometen los usuarios (no ponen contadores de agua o manipularlos).

– Hay que saber las lecturas de los contadores, estos han de estar ubicados en un buen lugar de la casa, pero como es muy molesto recorrer todos los contadores en periodos cortos de tiempo, se suelen hacer lecturas cada tres o seis meses. Siempre hay que comprobar las diferencias entre las distintas lecturas, es decir, que la diferencia entre la lectura anterior y la lectura actual no de lugar a errores. Luego se suman los valores y se comprueba que no hay pérdidas. Para una buena facturación se necesita una medición perfecta.

Facturación del agua. Tipos de tarifas.

Para el cálculo del coste de la conducción de agua, hay que tener en cuenta todos los costes que hayamos ocasionado con la obra en sí, tal y como tuberías de impulsión y de suministro, personal empleado, distribución, depósito, mantenimiento, etc...

Después, calculamos a partir de los anteriores datos el precio del m³ de agua teniendo en cuenta la amortización y el cambio de la instalación.

Mediante el reglamento de suministro, se regula la normativa legal de cobros a usuarios de los suministros de agua.

Las tarifas pueden ser:

- Tarifa de tipo monomial: Se paga por el agua consumido, no existen otras tasas.
- Tarifa de tipo binomial: El usuario paga una cuota fija, y otra que viene en función al volumen consumido (es muy utilizado).
- Tarifa por bloques: Se ponen intervalos de volumen consumido, a cada intervalo le corresponde una cuota (se utiliza en Ávila).

Ejemplo. Volumen consumido (m³) Coste (pts)

0 – 5 x

5 – 15 y z > y > x

15 – 70 z

- Tarifa forfait: El usuario paga una cuota fija independientemente del volumen de agua que consuma, se emplea en un sistema de tarifa discriminatoria.
- Tarifa discriminatoria: Se ponen distintas cuotas a los usuarios tienen un tipo de cuota, es decir, dependiendo del tipo de uso destinado para el agua (agrícola, industrial, doméstico, etc...) el precio del m³ tendrá una cuota u otra.

Esta tarifa se utiliza para el tratamiento de aguas residuales, ya que es más económico.

Desarrollo de un proyecto de distribución de aguas.

Este proyecto es aplicable para un proyecto de saneamiento y depuración de aguas, haciendo las oportunas correcciones.

- **Memoria.**

- **Introducción:** Contenido literario donde se explican las causas que dan lugar al proyecto. ¿Se trata de un proyecto nuevo o se trata de una mejora de uno ya existente?.
- **Demografía:** Habrá que establecer la población actual , así como la evolución de la población en los anteriores 50 años, para calcular la población para el año que hallamos fijado como año horizonte.
- **Demanda de agua:** (urbana o doméstica para núcleos pequeños, demanda doméstica e industrial para núcleos mayores). Habrá que fijar la demanda de agua para aproximadamente los próximos 30 años (año horizonte) en función de la población calculada. Una vez calculada la demanda de agua, hemos de fijar los caudales que nos requiera la ley, y vamos a comprobar que estos caudales van a ser suficientes para el abastecimiento de la población en el período que hemos fijado (30 años), si no fuera así, habríamos de plantear otras alternativas para la solución a dichos problemas, tales como toma directa de aguas superficiales, o toma de aguas subterráneas.
- **Cálculos hidráulicos:** En la memoria solamente hemos de poner los resultados finales, presentando las ampliaciones en los anejos, tales como cálculos de la captación, bomba, tubería de impulsión, depósito, conducciones, singularidades etc...
- **Características del depósito:** Hemos de poner si el depósito es enterrado, semienterrado o elevado; material del que está construido, forma y dimensiones, etc...

En la memoria siempre hay que realizar alguna alusión a los anejos, donde pondremos los estudios y cálculos realizados.

Al final de la memoria, hemos de expresar un tema de conclusión. Una memoria normal ocuparía 30 –35 páginas.

• **Planos.**

- Tienen que recoger de entrada todos los detalles de la obra, no existe limitación de planos, cuanto más detallado mejor.
- Ha de haber un plano general de la captación y conducción hasta el depósito.
- Ha de haber un plano general de la planta con curvas de nivel a escala 1:2000 para que se pueda realizar cómodamente el trabajo; para la presentación del proyecto puede valer un plano a escala 1:5000.

En estos planos han de existir:

- Planos con perfiles longitudinales, trazas, profundidad de la tubería, he de poner en el plano los mecanismos utilizados (ventosas, válvulas, codos, etc...).
- He de poner tanto en perfil como en planta, los puntos acotados y el dibujo de la línea piezométrica, esto es una justificación del movimiento de tierras que hemos de realizar. Hay que buscar varias soluciones alternativas (2 ó 3) en el proyecto y coger la más válida, (soluciones en función de la geología del terreno o del terreno a atravesar).

• **Pliego de condiciones técnicas.**

- Establece los temas y labores a realizar por la empresa contratista, como seguridad (importante), relaciones laborales, personal empleado, etc...
- Control de calidad de los materiales empleados, requisitos, ensayos y condiciones que se han de exigir al contratista.

Este pliego se archivará en un ordenador para ser utilizado en posteriores proyectos, se archivará junto con otros modelos de pliegos (pliegos de carreteras, puentes, etc...).

• **Presupuesto.**

Hay que justificar todos los gastos de la obra., como precio de excavación, personal empleado, materiales utilizados, maquinaria, etc...

Siempre hay que dar un presupuesto más bajo, ya que si damos un presupuesto por encima, al trabajar por libre, como tenemos que presentar el proyecto al Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, este dará el presupuesto a Hacienda, y si nos pasamos de presupuesto nos hará pagar una mayor tasa.

- **Anejos.**

Es la justificación del proyecto, aquí pondremos todos los cálculos realizados, todo lo que se nos ocurra que pueda justificar el proyecto.

SECCIÓN B

CAPÍTULO 8: Agua y contaminación.

El hombre ha utilizado siempre el agua como sistema de transporte, incluso de sus propios deshechos, de ahí nacen las aguas residuales.

Contaminación: Ley 29 / 1985 (agosto), sustituye a la ley de 1886.

Acción y efecto de introducir materias o formas de energía o introducir condiciones en el agua de modo directo o indirecto que impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

Los límites de contaminación han crecido masivamente, ya que ha aumentado la demanda pero no los recursos hídricos.

Saneamiento: Sistema que recoge las aguas residuales producidas por el uso del hombre, uso doméstico, agrícola e industrial.

El marco legal obliga a todos los municipios a tener red de saneamiento.

Normativa:

- Todas las poblaciones menores de 10000 habitantes equivalentes (habitantes + habitantes equivalentes por distintas contaminaciones no domésticas como industrial o agrícola), si están situadas en un sitio sensible, tendrán que tener acabada y puesta en funcionamiento la red de saneamiento y tratamiento de aguas residuales antes del 31 de Diciembre de 1998.
- Todas las poblaciones con una población entre 2000 – 15000 habitantes equivalentes, tendrán que tener acabada y puesta en funcionamiento la red de saneamiento y tratamiento de aguas residuales antes del 31 de Diciembre de 2005.
- Todas las poblaciones con una población mayor de 15000 habitantes equivalentes, tendrán que tener acabada y puesta en funcionamiento la red de saneamiento y tratamiento de aguas residuales antes del 31 de Diciembre de 2000.

El agua residual puede ser de dos tipos:

- **Aguas blancas o de lluvia.**
- **Aguas negras:** Son las aguas propias de los vertidos de usos domésticos generalmente, aunque también lleva residuos industriales y agrícolas.

- El agua residual doméstica contiene restos de jabones, urea, nitratos, fosfatos, potasio..., existe materia inorgánica y materia orgánica, así como numerosos tipos de bacterias, tales como: bacilocolix, vidreo cólera, salmonella, straptococus... En

20 gr / hab.día de aguas fecales, un 25% del contenido son bacterias.

- El agua residual industrial está contaminada según el tipo de industria, además de llevar aguas residuales domésticas llevan otro tipo de materia referente a su industria, las más contaminantes son las fábricas de papel y las fábricas de tipo alimenticio. Estas fábricas suelen llevar un alto contenido en elementos pesados tales como el plomo cobre...
- El agua residual agrícola se contamina por el contacto del agua con fertilizantes y pesticidas que lleva la superficie del terreno como sulfatos fosfatos..., no está tan contaminada como las aguas residuales domésticas o de uso industrial.

Las tres aguas forman el contenido de la red de saneamiento.

Agua negra.

Agua que circula continuamente (frente a las aguas blancas que no son continuas, sino que vienen en función de la lluvia), por ello vienen los problemas del diseño y geometría de conducciones para el saneamiento.

Un agua negra trae consigo diferentes tipos de materia.

- Materia líquida: Todo producto líquido contaminante que lleve el agua residual.
- Materia sólida: Sólidos totales (ST). Pueden ser:
- Sólidos en suspensión (Ss):
- Sólidos disueltos (Sd).
- Materia viva: Parásitos , virus, bacterias, estas pueden ser de dos tipos:
- Bacterias aerobias: Descomponen el oxígeno.
- Bacterias anaerobias: Descomponen materia orgánica Proceso de putrefacción.

Para conocer el grado de sedimentación de un sólido se utiliza el cono de Imhoff.

- El oxígeno es un factor fundamental en el agua residual, si tenemos oxígeno disuelto suficiente, van a funcionar las bacterias aerobias, y no se van a producir fermentaciones. Cuando el contenido de oxígeno en el agua es insuficiente, se van a producir fermentaciones que van a dar lugar a proceso de putrefacción a causa de la actuación de bacterias anaerobias.

DBO: Demanda bioquímica del agua: Cantidad de O₂ expresada en mg/l que demanda una muestra de cualquier agua elemental. Se suele coger la DBO₅, ya que según la curva de O₂ en mg/l según la T^a es mayor para el periodo de 5 días (DBO₅).

La contaminación varía en función de la temperatura del agua y según la época del año, además a mayor caudal en movimiento, menor DBO₅ y viceversa; por ejemplo un torrente de agua con gran velocidad, no estará contaminado, sin embargo, un gran río con poca velocidad, estará contaminado.

DQO: Demanda química del agua. Tiene valor como parámetro para compararlo con la DBO y ver si el agua es biodegradable.

- Un agua es poco biodegradable si:
- Un agua es biodegradable normal si:

- Un agua es muy biodegradable si:

DO: Déficit de oxígeno. Diferencia del oxígeno que tiene el agua y el oxígeno que podría tener para una temperatura dada. Es el que podemos añadir para la depuración aerobia. A mayor temperatura del agua, mayor oxígeno disuelto, mayor capacidad de absorción.

CAPÍTULO 9: Redes de saneamiento:

– Tipos:

En la red de saneamiento existen dos sistemas para la evacuación de las aguas residuales:

- **Sistema unitario.**
- **Sistema individual.**
- **Sistema colectivo.**
- **Sistema separativo.**
- **Sistema unitario:**

Es aquel sistema que recoge las aguas blancas y las aguas negras en una misma conducción. Dos tipos:

1.1 Sistema individual:

Es aquel sistema que recoge el agua residual proveniente de una vivienda unifamiliar, y la lleva a un emisario o fosa. Se dispondrá cuando existan como máximo 20 viviendas.

- **Sistema colectivo:**

Es aquel sistema que recoge el agua residual proveniente de varias viviendas, y la lleva a un emisario o fosa. Se dispondrá cuando existan más de 20 viviendas.

- **Sistema separativo:**

Es aquel sistema que recoge las aguas blancas y las aguas negras en distintas conducciones.

Las aguas blancas se pueden tratar de diferente forma que las aguas negras, y después poder ser utilizadas después en distintos usos como riego de jardines y de calles...

La conducción para la recogida de aguas blancas tendrá un mayor diámetro que la conducción para la recogida de aguas negras, ya que mientras que las aguas negras son continuas y mueven poco volumen, las aguas blancas aunque son intermitentes, mueven grandes volúmenes de agua.

El tratamiento de las aguas blancas en un sistema separativo se lleva a cabo mediante una zanja con una tubería de hormigón poroso, con un relleno de zahorra y materiales porosos, de tal forma que son zanjas filtrantes que recoge el agua por permeabilidad. Se utiliza en zonas con tendencia a encharcamientos (fotocopias).

Elección del sistema de saneamiento adecuado.

- Se dispondrá un sistema u otro dependiendo de varias condiciones, pero los costes se duplican en el sistema separativo.
- En los sitios donde se prevean unos caudales mayores de 80 l/s. Sería recomendable un sistema separativo; pero en otros lugares, la elección de un sistema u otro dependerá del presupuesto

económico del núcleo urbano y de otras condiciones como la topografía...

- Puede existir un **sistema mixto** en una misma ciudad, es decir, un sistema unitario y un sistema colectivo puestos conjuntamente, en este caso, la estructura del sistema de saneamiento será un sistema separativo, y en algunas calles cortas (> 80 m.) dispondremos un sistema unitario.
- El sistema separativo no es muy recomendable, ya que se producen muchos gastos económicos.

Tratamiento de las aguas negras:

- Estos sistemas normalmente conducen el agua por gravedad, aunque podemos realizar una instalación por presión bombeando el agua mediante una bomba dilaceradora (bomba que además de impulsar las aguas residuales, tritura los sólidos).
- El problema que se presenta es que los sistemas de saneamiento funcionan a régimen libre, ya que la conducción casi nunca va a sección llena y se presentan problemas de velocidades, la velocidad máxima en saneamiento será de 3 m/s y la velocidad extrema será la de 5 m/s. Esto presenta otro problema, la pendiente. Muchas veces, sobre todo en zonas llanas, que no existen pendientes en el terreno, y no vamos a conseguir la pendiente adecuada para el diámetro que hemos de usar para una cierta velocidad; en esos casos:

Para longitudes cortas: Lo que hacemos es que como conocemos la pendiente ideal, forzamos la pendiente a la ideal, y por tanto como la altura al desagüe es menor, esta por altura piezométrica se eleva y va al desagüe (fotocopias), o, si lo hacemos por presión, tendremos que crear una pendiente, la que nos obligue el diámetro, y en el lugar donde nos llegue construimos un punto de elevación, desde el cual bombeamos el agua mediante una bomba dilaceradora u otros sistemas de impulsión de aguas residuales.

Para longitudes grandes: Realizamos un recorrido en zig – zag.

- El diámetro mínimo a emplear para una red de saneamiento es de 200 mm., aunque en las acometidas familiares, viviendas unifamiliares, suele ser menor (150 mm.) pero no es recomendable por los problemas creados por la velocidad.
- Las pendientes vienen determinadas por la topografía del terreno, siempre tendremos que crear otro tipo de obras hidráulicas como vertederos, golases... que frenen las velocidades de las aguas residuales.

Características de la red de saneamiento:

• Tuberías.

- Han de tener resistencia a las cargas interiores y exteriores.
- Han de tener resistencia a la abrasión debida al gran contenido en arenas que arrastran las aguas residuales.
- Han de mantener el coeficiente de rugosidad total.
- Han de tener resistencia a distintas reacciones químicas (corrosión ...); se puede formar ácido sulfhídrico por fermentación anaerobia, ya que como la tubería va en régimen libre, el ácido sulfhídrico al contacto con el aire existente, van a formar ácido sulfúrico, que se va a precipitar en la parte superior de la tubería, rompiendo la tubería por la parte superior, las tuberías de saneamiento se suelen romper por la parte superior.
- La red de saneamiento irá enterrada a una profundidad que no afecte a la congelación y nunca menor de 1,20 m. de profundidad; además irá a una distancia mínima de 1 m. en profundidad de la red de distribución.

Lo normal es que vaya enterrada a una profundidad de 2,40 – 2,50 – 3 m.

- Los materiales empleados para la construcción de las tuberías son:

- **Tuberías de fundición:** son caras, se utilizan en lugares donde se prevean grandes cargas de tráfico (carreteras, vías de ferrocarril...).
- **Tuberías de palastro:** Es un material parecido al hierro, pero se oxida más, es conveniente revestirlo de estaño, o material bituminoso, no es recomendable, ya que se oxida muy rápidamente por aguas negras.
- **Tuberías de Grés:** Es recomendable, ya que no es atacable por aguas negras.
- **Tuberías de hormigón:** Puede ser hormigón armado u hormigón centrifugado, para diámetros muy grandes utilizaremos hormigón armado e impermeable. En todos los casos utilizaremos hormigón de cemento sulforesistente.
- **Tuberías de fibrocemento:** Muy recomendable, no es atacable por aguas negras.
 - **Tuberías de plástico o PVC:** Son muy recomendables, no son atacadas por aguas negras.
 - **Todas las tuberías han de estar respecto a los niveles, niveladas tanto en planta como en alzado, es decir, que al empalmar distintas secciones, el nivel energético del agua ha de ser el mismo.**
- **Bajantes o conexiones.**
 - **Las aguas residuales van a parar por un conducto:**

Sistemas unitarios:

- **Las bajantes de agua de lluvia son exteriores (canalones) y van a una arqueta.**
- **Las bajantes de aguas negras son interiores y van a una arqueta.**

Sistemas separativos:

- **Las bajantes de agua de lluvia son exteriores y van a dar a la red de aguas blancas.**
- **Las bajantes de aguas negras son interiores y van a dar a la red de aguas negras.**
 - **Las bajantes tienen un sistema de aireación llamado Sünzt que airea la red.**
 - **Hay que colocar sifones siempre que se pueda, para evitar malos olores.**
 - **Hay que construir una arqueta común, donde previamente habremos colocado un sifón para evitar malos olores, donde irán a parar las aguas residuales.**
- **Sumideros.**
 - **Se sitúan en puntos de encuentro, cambios de rasante... lo ideal es colocarlos en la alineación de la fachada de la que queramos recoger las aguas. Hay que distinguir entre:**
- **Sumidero:** Recoge una parte del agua que desliza por un lado de la calle (rejilla al lado de una calle).
- **Absorvedero:** Sumidero de mayores dimensiones que recoge las aguas de varias calles.
 - **Las dimensiones son variadas, 70*40, 80*40; va a depender de la capacidad de la captación. La pendiente máxima será 1 – 2% desde el eje de la calzada hasta el bordillo.**

- **Pozos de registro.**

- Se instala una arqueta de registro de ladrillo con un muro de medio pie o de un pie, a la salida de cada edificio donde las tuberías se unen.
- Cuando la red es importante se hace un pozo de registro.
- Se suelen poner a una distancia de 100 m. ; en zonas poco

pobladas cada 120 m.; en zonas muy pobladas cada 80 m.; está

recomendado ponerlos cada 50 m. en redes no visitables.

- Se colocarán en todo cambio de sección.
- Las dimensiones óptimas serán 0,70 – 0,80 m. de diámetro. Ha de ser abocinado hacia arriba, de forma que la parte superior tenga un diámetro que oscile entre

0,6 – 0,7 m.

- Se situarán en recogida de varios colectores, en los cambios de dirección, en los cambios de sección de tubería...
- Como las velocidades alcanzadas en las redes visitables las aguas negras son muy grandes, para frenar dichas velocidades lo que hacemos es utilizar rápidos en colectores: Soleras con cascadas o rápidos con golas; que funcionan alternativamente frenando la velocidad del agua negra.
- La conexión en gola o rápidos con golas está recomendada para grandes diámetros o en redes visitables de altura

1,40 – 1,50 m. de sección ovooidal. Se conectan dos semicírculos invertidos con una línea de 45° de pendiente, de tal forma que conseguimos que no haya un vertido directo sobre el colector principal (fotocopias).

- **Cámaras de descarga o de limpia.**

- Especies de vertederos para contener todos los residuos sólidos que pueda llevar el agua residual. Tienen doble función, porque puede estar situada al final de la conducción o junto al emisario. Sus funciones son las de retener los sedimentos, y, evitar el vertido directo.

- **Sifones.**

- Se utilizan cuando hemos de atravesar lugares como aparcamientos subterráneos, vías de ferrocarril..., en los que al realizar la obra, tengamos que cambiar la horizontalidad de la red de saneamiento. Para ello como tiene que entrar en carga, se construyen dos pozos de registro, uno a cada extremo del sifón, con una válvula de retorno en cada pozo. El sifón puede ser normal o invertido. En los sifones se ponen dos tuberías paralelas, para estar del lado de la seguridad, en caso de rotura de alguna de ellas, el servicio no quedaría interferido.

- **Emisario.**

- Es el colector de mayor dimensión, el lugar donde desembocan otros colectores de menor importancia, es decir es el colector final de todas las aguas residuales, el que va a llevar las aguas negras a depurar. Va a constar de aliviaderos y de depósitos de retención.

- **Aliviadero.**

- Se colocan por ejemplo en la parte final de los emisarios, separan los sedimentos y material sólido de

las conducciones, dejando pasar el agua negra, y evitando vertidos directos al cauce.

- Se va a calcular mediante fórmulas normales de cálculo (Bazin...).
- Puede ir en un absorvedero.
- Como los diámetros en el sistema separativo son distintos para aguas negras que para aguas blancas, para que estos sean tangenciales siempre que se pueda, se hará el aliviadero con forma de arco, con un desarrollo de 5 veces el diámetro de la sección media de la conducción.

Pendientes recomendadas:

No debemos forzar las pendientes en la red de saneamiento para recoger las aguas negras de un punto de inferior cota, lo que debemos hacer es construir una arqueta de retención, y bombear el agua hacia la red general de saneamiento; Las pendientes recomendadas para secciones circulares son:

<u>Diámetro conducción (mm)</u>	<u>Pendiente mínima (m/Km)</u>	<u>Diámetro conducción (mm)</u>	<u>Pendiente mínima (m/Km)</u>
200	4,00	600	0,80
250	2,70	700	0,67
300	2,20	800	0,55
400	1,41	900	0,50
500	1,10		

En la red de saneamiento existen clapetas de goma que producen una retención de productos sólidos. Los vertederos no solo se colocan al final de los emisarios, sino que se pueden poner al principio, y su capacidad va a depender de los caudales.

CAPÍTULO 10: Caudales de aportación a una red.

- El caudal que entra en una red de saneamiento será el conjunto de las aguas negras y aguas de lluvia; pero no todo el agua que entra va a parar a la red de saneamiento, ya que existen aportaciones humanas, evaporación, infiltración, escorrentía...
- Un tema muy importante es la previsión de las aguas de lluvia, sobre todo en el sistema unitario.
- Tendremos que estimar la población del núcleo a establecer la red de saneamiento, con los mismos modelos que hemos adoptado en la red de abastecimiento (modelo del MOPU, aritmético, geométrico...).
- Los criterios a seguir son los mismos que los aplicados a la red de suministro (demanda de agua,...).

Agua de lluvia:

El caudal más importante en una red de saneamiento es el caudal estimado de lluvia, hay que tener en cuenta dos parámetros:

– Estadística.

– Datos de pluviometría aportados por el Instituto Nacional de Meteorología.

- Depende también del coeficiente de escorrentía:

– En zonas rurales son más sencillos de calcular, y más pequeños que en zonas urbanas, ya que en un núcleo urbano, tengo que conocer los distintos coeficientes de escorrentía para los diversos materiales (teja, zona ajardinada, cemento...), con lo cual tendré que hacer una media ponderada de todos ellos. Además he de tener en cuenta las aportaciones laterales.

- Lo ideal sería disponer de una red topográfica planimétrica, para conocer el lugar donde existen vaguadas, que son las que me van a dar lugar a las líneas de la red de saneamiento; esto sería lo ideal, que la red de recogida de aguas residuales coincidiera con las líneas de máxima pendiente (vaguadas), de tal forma que la red de saneamiento circulara por gravedad.
- También he de tener en cuenta el urbanismo, no puedo pasar la red por debajo de los edificios.
- Los caudales punta en las redes de saneamiento están muy disipados, existe una mayor constancia, pero se realizará con los coeficientes adoptados para la red de abastecimiento

Población (hab.)

Coeficiente

< 15000

Max 2,4

> 100000

1,8 – 2,4

> 800000

1,4 – 1,8

- Los caudales normales a emplear son del orden de 30 – 95 l/día.hab. para estimar caudales equivalentes de industria en poblaciones menores de 15000 habitantes.
- En polígonos industriales importantes, tendremos que tener en cuenta cada una de las industrias ubicadas en él:
 - Papel: Q " 88,5 m3/día.m2 de planta.
 - Láctea: Q " 29,2 m3/día.m2 de planta.
 - Alimentación y pintura: Q " 11,5 m3/día.m2 de planta.
- Lo normal es diseñar la red de saneamiento para un caudal de 150 l/día.hab. para una población de menos de 15000 habitantes. (En Alemania para una población < 12000 hab.).

En núcleos grandes de población un criterio a emplear para el cálculo de secciones, es hacer una reducción del 25% a la dotación, es decir que multiplicaríamos por un coeficiente 0,75 a la dotación en l/día.hab.

Coeficiente de retraso (K).

- Se da sobre todo cuando la conducción tiene una gran longitud, si se recoge una cantidad de agua al principio, puede ser que cuando deje de llover y se deje de recoger agua, esté llegando el agua al final, el agua se evapora, se transpira,..

Caudal aportado en una cuenca.

Burkly:

De forma más simple:

Aurelio Hernandez:

Caudal de aguas de drenaje.

- Tendremos que recoger una muestra in situ para conocer la permeabilidad del terreno (K), y luego aplicar la Fórmula de Darcy (Hidrogeología), y así construir la red de drenaje.

CAPÍTULO 10: Diseño de alcantarillas y colectores.

- El gran problema para el diseño es la velocidad; en los sistemas unitarios que normalmente son de sección circular de un diámetro de 200–600 mm, a partir de 600 mm. se plantean secciones ovoidales o rectangulares.
- En las secciones circulares con aguas negras las velocidades disminuyen mucho

(0,3 m/s), ya que van en régimen libre; con lo cual se van a ir depositando sedimentos.

- disminuimos la sección, construyendo una sección ovoidal, de forma que, las velocidades aumentan si el calado es pequeño y disminuyen si el calado es grande.
- Imhoff recomienda pendientes de pendiente del diámetro a secciones pequeñas; nos da los rangos máximos y mínimos de la pendiente a emplear. (Fotocopias figura 4.1).
- Una red de saneamiento será más costosa de hacer cuando la ciudad ya esté construida y se quiera hacer una ampliación. Habrá que hacer la divisoria de aguas para poder observar donde se recogerá el agua (minicuecas). Cuando se junten dos minicuecas deberá haber una continuidad. Para hacer esto se necesitarán planos topográficos limpios.
- La forma de las tuberías será circular de diámetros 200 mm – 600 mm., pero será mejor utilizar tuberías de forma ovoide para evitar sedimentos en diámetros mayores de 600 mm., ya que en la cuna se aumenta la velocidad, al aumentar, el caudal disminuirá la velocidad. También podemos hacer los colectores con una sección rectangular con bóveda
- Estos ovoides podrán ser visitables, no visitables y semivisitables. Para que sean visitables se construirá una ménsula.
- Se suelen hacer los colectores de hormigón, fibrocemento u hormigón armado.
- También existen colectores de tipo cero; tipo uno, tipo dos (fotocopias).
- Para diseñar los colectores utilizaremos el 80% de la dotación. Tenemos una pendiente fija, fijamos una velocidad máxima (nunca inferior a 0,6 m/s) y un caudal, utilizando los ábacos generales calculamos el tipo de colector, para cada tipo de colector utilizamos un ábaco determinado en el que calculamos la altura de la lámina de agua para diferentes caudales. La pendiente es un factor muy importante en estas construcciones, si existe una pendiente muy pronunciada será recomendable hacer un pozo negro.
- Se suele tender a colocar tuberías circulares hasta diámetros de 600 mm., para secciones mayores se colocarán secciones ovoides. Las tuberías de saneamiento irán 1 m. por debajo de las conducciones de abastecimiento por los que se agravan los problemas de entibación.
- Para hacer las comprobaciones hidráulicas podemos utilizar las mismas fórmulas que en abastecimiento, lo único que cambia son los valores de rugosidad; por ejemplo en Kutter utilizamos $m = 0,35$, y si están revestidas $m = 0,40$.

La fórmula de **Prandlt–Colebrook para tuberías circulares a sección llena es:**

Prandtl–Colebrook para tuberías no circulares a sección llena:

En una red de saneamiento el factor que debemos tener más en cuenta, es la pendiente

Los pozos de registro pueden conectarse a un colector para que este sea visitable.

Accesorios de la red de saneamiento

Aliviaderos: Irán situados al final de los colectores o en la unión entre colectores. Servirán para eliminar material detrítico y retener los caudales. Existen varios tipos de aliviaderos y cada tipo se calculará de una manera.

Sifones: Es un sifón que sirve para regular caudales.

Enlace en gola: Dos semicírculos de 45° alineados con una pendiente de 45°. Lo ideal sería hacer la conexión con una parábola pero es difícil hacerlo debido al encofrado. Este enlace está permitido para un desnivel aproximado de 8 m.

Sumidero:

- De ventana: Están pegados al bordillo de la acera y pueden ser:

a) Sin depresión b) Con depresión (se recogen caudales mayores)

- De rejilla: Se calcula su longitud.

CAPÍTULO 12: Materiales y construcción de alcantarillas y colectores.

Características de las tuberías:

- **Tubería de fundición:** No se suelen utilizar, ya que son muy costosas. Se suelen utilizar en zonas donde la conducción va a quedar suspendida, es decir, va a estar sometida a grandes cargas.
- **Tubería de gres:** Son tuberías caras: casi tanto como las de fundición. El problema que presentan es que no es capaz de desarrollar una capa biológica. Deben estar construidas para aguantar los agentes químicos. Estas tuberías pueden ser prefabricadas, de hormigón centrifugado y, en condiciones hay que hacerlas in situ.
- **Tubería de fibrocemento:** Indicadas para conducciones circulares. Necesitan juntas especiales.
- **Tubería de PVC:** Son las que se emplean generalmente para acometidas domiciliarias.

Juntas:

- Las tuberías de saneamiento deben ir completamente impermeabilizadas. El problema de las fugas se producirá cuando la sección vaya llena.
- Las tuberías serán machilebradas y en la unión de las tuberías se colocará una goma, antes lo que se ponía era una cuerda breaada. Los cierres de goma nos permiten una cierta holgura que nos permitirá ir colocando una conducción con un gran diámetro y así evitar un codo.
- Cuando tenemos grandes diámetros en conducciones de hormigón podemos hacer la unión con mortero.
- Existen juntas especiales como por ejemplo:
- **Junta RK:** Son muy utilizadas ya que existen para todos los diámetros. Trabajan a tracción y compresión perfectamente. Son flexibles hasta 6°.

- **Junta SK:** Muy parecida a la RK. Es más rígida que la RK, pero permite un poco de flexión debido a la propia tubería de PVC.
- **Junta Gibault:** No se puede utilizar.
- **Juntas para PVC:** (fotocopias).

El polietileno y el betún servirán para conseguir una buena impermeabilidad de las juntas entre los ovoides y las tuberías, el problema que tiene esta mezcla es que es muy nociva.

Características para la construcción de la red de saneamiento:

- Cuando se esté construyendo una red de saneamiento en un lugar previamente construido habrá que tener en cuenta la entibación (derrumbe de las tierras laterales en una excavación). Para solucionar este problema existen diversos métodos:
- **Entibación con blindaje KP:** Al ir excavando, se van poniendo placas en las paredes, para ir evitando el derrumbe, ayudando a la estabilidad de las placas y las barras de hierro.
- **Entibación en zanja:** Se utilizan maderas colocadas verticalmente (cuanta más cohesión más separación) y horizontalmente.
- **Sistema hınca:** Utilizado en grandes núcleos urbanos, se van introduciendo las conducciones lateralmente a una gran profundidad a partir de un pozo. Sistema muy caro.
- **Colectores superficiales.**
- **Encofrados deslizantes:** Se abarata el coste. Se utiliza en redes grandes. Se trata de construir un encofrado externo y otro interno, que cuando el hormigón se haya secado, y vaya cogiendo resistencia, los encofrados irán deslizándose mediante gatos. Para impermeabilizar el hormigón se utilizan impermeabilizantes.
- Cuando la red tenga dimensiones enormes, se construirán túneles con técnicos especializados en mecánica de suelos utilizando máquinas adecuadas.
- Si el nivel freático está por encima de la red, habrá que observar las variaciones anuales del nivel piezométrico, ya que en verano seguramente bajarán, y en invierno subirán. Cuando las variaciones sean considerables, habrá que **anclar** las tuberías para que así no haya desplazamiento hacia arriba, produciéndose en consecuencia un aplastamiento, por eso será necesario someter a las tuberías a un ensayo de aplastamiento. Una solución para que no se produzcan subpresiones y erosiones en la solera de la zanja por esta causa, es echar una solera de un espesor de 30 cm. de hormigón H-150.

CAPÍTULO 13: Impulsión de aguas residuales.

La impulsión de aguas residuales se emplea cuando no podemos realizar un vertido directo a cauces o la depuradora, porque la pendiente no sea suficiente.

Bombeo de aguas negras:

Existen varios tipos de bombas:

- **Bombas dilaceladoras:** Son de acero inoxidable. Las aspas que lleva son cuchillas que triturarán los materiales sólidos a la vez que los bombea.
- **Bomba de hélice:** Tienen muy poca altura de aspiración pero impulsan mucho caudal; se utilizan en piscinas. Permiten sólidos en solución. Se suelen llamar bombas impulsoras. Tienen menor rendimiento que las bombas dilaceladoras.
- **Bomba centrífuga:** Su oxidación ha de ser muy reducida.

El tiempo máximo de bombeo será de 20 horas y se intentará que funcionen en horas en la que la electricidad sea menos costosa. En una cámara de bombeo siempre instalaremos dos bombas, para que en caso de falle una no se interrumpa el bombeo.

- **Tornillo de Arquímedes. Bomba de tornillo:** Tiene forma helicoidal (forma de sacacorchos). No presentan problemas cuando hay sólidos en suspensión. Se utilizarán para salvar desniveles máximos de 10 metros. Si la altura a salvar es mayor se colocarán los tornillos en forma de escalón. Se suelen colocar dos tornillos.
- **Bomba de tipo axial.**
- **Bomba volumétrica.**
- No debemos forzar las conducciones para que el agua vaya por gravedad. Las bombas deben protegerse contra la corrosión. Debemos protegerlas con un material sacrificable dependiendo del agua y los materiales en suspensión que transporte dicho agua, y que vaya a estar en contacto con la bomba (un material más electronegativo que se vaya desgastando); también podemos recubrir la bomba con un material anódico o catódico según las características del agua.

Potencia de la bomba:

- Cuando calcule la potencia necesaria de la bomba he de tener en cuenta la densidad del agua (más o menos 1,1).
- En el depósito de retención se instalarán salvaniveles. También se instalarán salvaniveles en el lugar donde se realiza el vertido.
- Por lo general el cálculo de la potencia de una bomba para impulsión de aguas residuales se hará igual que el cálculo de la potencia de una bomba para aguas potables, pero el coeficiente a multiplicar en vez de 1,20; será de 1,25 o 1,30.
- Los rendimientos de estas bombas suelen ser menores de 0,6 – 0,65 motor–bomba.
- Una bomba que dure menos de 12 años es una mala bomba, a medida que dure más, mejor será la bomba.

CAPÍTULO 15: Gestión y explotación del alcantarillado.

- Todo lo que se refiere a abastecimiento es aplicable a saneamiento.
- El servicio de aguas potables, en la facturación incluye una tasa de aguas residuales.
- Una gestión (directa o indirecta) ha de tener un grupo para el mantenimiento de la red de saneamiento diferente al de abastecimiento.
- Los problemas que surgen son las obstrucciones de las tuberías, para ello se utilizan diversos métodos:
- Grupo de alta presión de agua: Inyecta caudales desde un motor con distinto diámetro. La tubería del camión es flexible y puedo aplicarle distintas toberas adecuadas a los diámetros de la tubería. La tubería del camión la introducimos en la tubería en una arqueta de registro y pongo la presión. Este sistema además de desatascar tuberías impulsa y aspira aguas residuales.
- Sistema rudimentario: Tapar una parte del saneamiento y meterlo en carga, después por la presión se desatasca.
- Cepillos y rascadores: para tuberías de pequeños diámetros.
- Sistema de TV: En conducciones de pequeño diámetro, para la comprobación de la avería.
- En general dan más problemas las conducciones no visitables que las conducciones visitables.
- Las raíces de los árboles podrán introducirse en las tuberías, para que esto no suceda, utilizaremos cortaraíces.

- Cuando queremos arreglar un tramo, o limpiarlo, para vaciar la tubería, hacemos una obturación con neumáticos.

CAPÍTULO 16: Vertidos en ríos y lagos.

Existen dos tipos de vertidos al cauce de un río:

- **Vertido directo.** No existe depuración o tratamiento alguno antes del vertido al cauce. Hago aguas arriba un análisis del agua, después hago otro análisis aguas abajo, si la concentración (C2) es permitida; el vertido es permitido.

No podemos realizar un vertido al río como nosotros queramos.

- **Vertido indirecto:** Se produce un tratamiento anterior al vertido al cauce, ya que las concentraciones son mayores de las permitidas.

La política ha de ser la reutilización del agua, mediante depuradoras, para consumos industriales, o riego de jardines; y no realizar vertidos a los cauces, aunque en la actualidad lo que se hace es estipular un canon por vertido, dependiendo de la cantidad del vertido y de la importancia del vertido.

CAPÍTULO 18: Vertidos en el mar.

Cuando hacemos un vertido al mar se puede producir una contaminación en la franja litoral.

Los vertidos en el mar se realizan a través de un emisario (que puede estar sumergido en el mar), que es el colector final, cuando realizamos un vertido al mar se produce **una dilución** ; que es la disolución del vertido de aguas residuales en el agua del mar; existen tres tipos de dilución:

- **Dilución primaria:** Purificación que va a sufrir el agua residual al entrar en contacto con el agua del mar.

Factores que influyen en la dilución primaria:

- **Profundidad de la emisión,** por diferencia de densidades y temperatura, el sólido tiende a ascender, aunque algunos se hundirán; ya que la densidad del agua residual tiene menor densidad que el agua del mar. Se van a formar termoclimas, es decir, cuando pasa un tiempo, la dilución del vertido con el agua, se van asemejando las densidades, cuando esto ocurre, si existe una subida de presión en el emisario, se va a formar una termoclima; con una mayor profundidad de vertido existirá una mayor presión y por tanto una mayor tendencia a la formación de termoclimas, por lo que no es aconsejable instalar un emisario a mucha profundidad.
- **Morfología de la boca del conductor:** La posición más adecuada para colocar la boca del emisario, será la horizontal, y su mejor forma será la circular.
- **Corrientes:** Hemos de tener en cuenta estas, para que los vertidos vayan mar adentro, y no hacia la costa.
- **Dilución secundaria:** Viene provocada por el movimiento superficial del mar (mareas, oleaje, corrientes...) y la acción del viento que actúa sobre la superficie libre del mar.

Factores que influyen en la dilución secundaria:

a) **Dirección del viento:** La velocidad del viento es menor aguas adentro del mar que en la costa (un 70%). Por efecto del viento, la velocidad del contaminante será 1,5 – 3% de la velocidad del viento. El viento sólo hace efecto en la superficie con una profundidad de

25 – 30 cm.

b) Morfología de la costa.

c) Morfología del suelo del mar.

- Amplitud de las mareas y de las corrientes.
- Dilución terciaria: Es causada por la acción de los rayos ultravioletas del sol, que van a actuar sobre la superficie del agua del mar, eliminando las bacterias contenidas.

Factores que influyen en la dilución terciaria:

Para llegar a una dilución terciaria, hemos de conseguir que la mayor superficie de vertido esté arriba, hay que tener en cuenta la intensidad de la luz ; además hay que tener en cuenta dos parámetros muy importantes:

- T90: Tiempo necesario que tiene que transcurrir desde que el agua residual llega a la superficie hasta que se elimina el 90 % de los residuos (debe ser aproximadamente de unas 4 o 5 horas para que se eliminen las bacterias; sobre todo el bacilocoli).
- Tos: Tiempo en la oscuridad que se tarda en eliminar los residuos por medio de las bacterias y de las sales del agua del mar.

En general la duración total de la dilución terciaria es de unas 24 – 30 horas. Todo agua vertido al mar, ha de ser tratado previamente, por lo menos con un tratamiento primario.

Construcción de un emisario.

Existen varias fórmulas para el dimensionamiento de los emisarios que vienen recogidas en la instrucción.

Materiales:

- Fundición: Como tienen bastante peso, funcionan bastante bien a las densidades, aunque se acelera la oxidación (aunque estén revestidas), además vienen en tramos de pequeñas longitudes y tienen un difícil anclaje, con lo que las hace no recomendables.
- Fibrocemento: Tienen un gran peso específico y un buen comportamiento, pero en las juntas se pueden producir acumulaciones de moluscos... que pueden producir la rotura de la tubería, además las afecta mucho la abrasión.
- PVC, PVE: Son muy aconsejables, ya que son muy baratas, tienen fácil instalación, se pueden soldar térmicamente, el problema que presentan es que tienen poco peso, y a veces poco resistente.

El tipo de tubería va a venir determinado por la colocación del emisario:

- En zanjas: Se construirán por succión. No es conveniente hacerlas ya que las corrientes pueden enterrar y/o desenterrar las tuberías.
- Anclaje: Hay varios métodos.
- Por Pilotes: Dispositivo muy duro que se hinca, se amarra a él el emisario, y después se introduce totalmente el pilote con la tubería, Pueden ser de hormigón pretensado, la tubería se protege con trépanos. Riesgo por tormentas.
- Por muertos: Se trata de emplear sacos de cemento SR (sulforesistentes) en seco, y al echarlos encima

de la tubería, este se hidrata formando un peso sobre la tubería. No suelen dar resultado, ya que de cada tres muertos, uno no apoya; y además; las corrientes pueden influir.

- **De tipo cruci-block:** Se trata de un dispositivo de hormigón armado con un peso de 400 kg, el propio peso del anclaje hace que la conducción no se mueva; es como una especie de cofre en el que se introduce la tubería.

Los emisarios se pueden colocar de tres formas diferentes en el mar:

- **Tubo – tubo:** Una barcaza con tuberías de longitud determinada. En función de la profundidad habrá más o menos nº de submarinistas. Resulta muy costoso.
- **Tramos flotantes:** Es bueno para diámetros reducidos (200 – 400 mm.); en la orilla de la playa se coge una tubería de PVC, de una longitud comprendida entre 100 – 150 m. y se transporta aguas adentro, donde se suelta y se ancla.
- **Montaje continuo:** El barco va soltando la conducción que va enrollada, no existen empalmes. Es la más utilizada. Se pondrán convenientemente tuberías de PVC, ya que crean en su interior menos moluscos.

Vertidos.

- **Por gravedad:** Si tenemos una altura suficiente entre la costa y el mar, se produce este tipo de vertido. Hemos de tener en cuenta la subida y la bajada de la marea, a mayor subida de la marea, mayor presión.
- **Por bombeo:** Cuando no tenemos suficiente altura entre la costa y el mar, pueden presentarse problemas como la intrusión del agua del mar en las conducciones. Por ello utilizamos el bombeo del agua. Cuando hemos de bombear, hay que construir un depósito terminal de todos los residuos en la costa, con una trituradora y una depuradora. La capacidad de este depósito será el resultado de multiplicar un tiempo (6 – 15 minutos) y el caudal de deshecho en m³/minuto. Es aconsejable poner dos bombas para que no estén trabajando en tiempo continuo, y para que en caso de avería no se produzca una paralización del bombeo.

Es aconsejable hacer un tratamiento primario antes de realizar un vertido al mar. En el agua no tratada el T90 puede tardar 2 horas, y en aguas depuradas puede tardar hasta 4 – 5 horas (es algo paradójico, pero real).

Boquillas.

- **Boquilla Lend:** Es la mejor, es circular, y el difusor es horizontal, es regulable en función del deshecho, tiene una válvula de retorno para que no se introduzca el agua del mar en la conducción.
- **Bocas de difusión:** Es mejor colocarlas horizontalmente para que el penacho formado sea lo mayor posible.

Si la boquilla es metálica, y el vertido no va a sección llena, puede ocurrir que entre el agua del mar, y en el interior de la tubería se formen moluscos y lapas que después van a romper la tubería.

SECCIÓN C

CAPÍTULO 18: Política y Normativa sobre la Depuración de Aguas.

- La C.E.E. ha marcado un reglamento en el que se dice:

Se responsabiliza a los ayuntamientos a controlar los vertidos de las aguas residuales industriales.

- Es conveniente hacer un saneamiento independiente para las aguas residuales industriales en zonas de una gran densidad de industrias.
- Se recomienda un sistema separativo en zonas agrícolas considerables, así como plantas pilotos.
- La base fundamental de una depuración es que los productos orgánicos se conviertan en productos inorgánicos.
- Si la DBO es pequeña no hace falta hacer una depuración, se hace una depuración natural debida a la presencia de oxígeno en el agua y bacterias.

CAPÍTULO 19: Autodepuración de los ríos.

Todo vertido va a un cauce, por tanto hay que tener en cuenta el proceso de autodepuración del cauce.

Existen dos tipos de procesos.

- **De naturaleza química:** Funciona químicamente en el vertido, constituye la reacción química del agua residual con el agua del cauce. Es poco importante, tiene una evaluación del 10 – 15% del vertido.
- **De naturaleza biológica:** Transforma la materia orgánica en materia inorgánica mediante bacterias. Es muy importante. Un agua residual está contenido en un 90% por materia orgánica (deshechos humanos, animales, vegetales) y un 10% por materia inorgánica, que se caracteriza por tener apenas carbono.

En el proceso natural de un río hemos de intentar, que el proceso se produzca mediante bacterias, sin adiciones químicas, ya que este proceso no es costoso, y además, las bacterias varían la velocidad de funcionamiento, aumentan los grumos, y por tanto no es necesario un control tan exhaustivo como en un procedimiento químico.

Bacterias: Microorganismos unicelulares de tamaño 0,5 – 10 micras, viven en colonias o grupos, se adaptan bien a la temperatura. Cuando hay un proceso de congelación mueren. Son muy sensibles a los ácidos y a los productos alcalinos, por tanto para la existencia de bacterias hemos de conservar un pH de 6,5 – 8.

Existen dos tipos de bacterias:

Bacterias aerobias: Transforman la materia orgánica en materia inorgánica utilizando para ello el oxígeno disuelto que tiene el agua del cauce.

Bacterias anaerobias: Transforman la materia orgánica en materia inorgánica utilizando las moléculas de O₂ de otros componentes de su alrededor (sulfatos, componentes orgánicos como grasas, ácidos,...).

- **Proceso aerobio:** Las bacterias aerobias obtienen el O₂ del agua para oxidar los productos orgánicos vertidos en el cauce del río; la materia orgánica se va a transformar en materia inorgánica, la cual va a precipitar en el fondo del cauce. El problema existente es que el contenido de O₂ que lleva el río no es ilimitado, sino que hay un valor límite de contenido en O₂ para cada temperatura del agua; por tanto la autodepuración es limitada, ya que depende del contenido en O₂.
- **Proceso anaerobio:** Cuando se llega al límite de contenido en O₂ en un río, comienza un proceso anaerobio, en el cual se comienza a consumir O₂ de las moléculas existentes en su entorno (coge el O₂ de los sulfatos, convirtiéndolo en ácido sulfhídrico); existe un proceso de putrefacción, esto lleva a un olor desagradable; por tanto nunca hemos de permitir una autodepuración anaeróbica.

Hemos de hacer un tratamiento al agua residual antes de su vertido al cauce de un río, de tal forma que al realizar el vertido, esta agua se autodepure con el oxígeno existente en la superficie libre del cauce del río, es decir, mediante un proceso aeróbico. Por tanto hemos de hablar de nuevos parámetros:

DO: Cantidad de O₂ (mg/l) que consume el agua residual en un tiempo determinado Debe distinguirse:

DQO: Demanda química de oxígeno. Cantidad consumida por diversos compuestos sin intervención de microorganismos. Se produce en el momento del vertido de agua residual. Cantidad de O₂ en mg/l que se demanda en una reacción estequiométrica normal.

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno. Cantidad de O₂ en mg/l necesario para que las bacterias aerobias descompongan, por oxidación, las sustancias orgánicas del agua.

DBO5: Expresa la cantidad de oxígeno que se demanda al cabo de 5 días.

Los valores estadísticos sancionados para una temperatura de 20°C son:

1er día: Se consume un 30% del vertido.

2º día: Se consume un 24% de lo que queda.

3er día: Se consume un 19% de lo que queda.

4ª día: Se consume un 15% de lo que queda.

5º día: Se consume un 12% de lo que queda.

Es conveniente el tratamiento de las aguas residuales industriales cuando el cociente entre la DBO5 y la DQO sea igual o superior a 25, signo de una contaminación industrial muy importante.

- La DBO5 para un agua residual doméstica sin depurar, para un agua con una temperatura de 20°C es de 54 g/día.hab.; es decir, que el agua residual diaria de cada habitante necesita para su descomposición a lo largo de 5 días, un total de 54 g. de oxígeno.

– La DBO5 para un agua residual doméstica depurada con un tratamiento primario será de 35 g/día.hab.

– La DBO5 para un agua residual doméstica depurada con un tratamiento secundario será de 0 g/día.hab.

Cuando en un cauce existe DBO, en este existe materia orgánica en suspensión.

Un agua residual depurada física y biológicamente, debe carecer prácticamente de materia orgánica.

Absorción de oxígeno en el agua.

El contenido de O₂ que lleva el agua depende de varios factores.

- Superficie del cauce (a mayor superficie, mayor absorción).
- Volumen transportado por el cauce (a mayor volumen mayor absorción).
- Velocidad de la lámina (a mayor velocidad, mayor absorción).

En todo proceso de depuración, no tenemos en cuenta la emisión de O₂ de las plantas (cuando un vertido se precipita al fondo y se produce una putrefacción, se puede depurar al cabo del tiempo, por eso es bueno, por ejemplo la utilización de fangos activos, después se pueden utilizar como abonos).

Siempre hemos de tomar las peores condiciones del cauce para el cálculo de vertidos (la época de estiaje suele ser la peor época).

El agua toma oxígeno del aire para realizar el proceso de descomposición.

El contenido de oxígeno en el agua para un punto determinado en el cauce del río depende de la capacidad de absorción de la superficie en este punto y del contenido de oxígeno del agua que afluye. Además hay que tener en cuenta los 3 – 5 mg/l de oxígeno para la vida de los peces.

No obstante el agua no tiene una capacidad ilimitada de absorber oxígeno, lo absorbe hasta un límite que denominamos grado de saturación que depende de la temperatura a la que se encuentre el agua, el grado de absorción es inverso a la temperatura

Déficit de oxígeno: Diferencia existente entre la cantidad de oxígeno existente en el agua y el grado de saturación de un cauce para una temperatura determinada en un cauce. A mayor déficit de oxígeno mayor velocidad de absorción de oxígeno.

Saturación de oxígeno: Contenido máximo de oxígeno que tiene un agua para una temperatura determinada.

Para que un agua sea autodepurable, su temperatura adecuada es de 12–13 °C – 38°C, valores extremos minorizan la velocidad; además el pH del agua ha de ser próximo a 7 (6,5 – 8).

Además tiene que existir las siguientes relaciones:

Los inhibidores del proceso de autodepuración son los siguientes: Al, NH₄, As, B, Cd, Ca, Cr, Cu, CN, Fe, Pb, Mn, Mg, Hg, Ni, ac. grasos...

CAPÍTULO 20: Introducción a la depuración de las aguas.

Existen tres tipos de depuración de agua:

- **Depuración primaria:** Procesos puramente físicos. Los medios empleados son mecánicos.

Se trata de una separación de elementos sólidos que contiene el agua. Los parámetros de diseño se refieren a un tiempo de retención y a una velocidad del líquido en depósito lo más constante posible, debiéndose impedir las variaciones de caudal, puede diseñarse con dos objetivos: uno, con base al máximo rendimiento, y otro consistente en un rendimiento suficiente para el correcto funcionamiento de la depuración secundaria. Una vez adoptada una de las alternativas, el tratamiento secundario, biológico está influido en su tratamiento.

Una vez realizada esta fase, la depuración biológica puede ser de dos formas: Natural o artificial.

La depuración biológica natural del agua residual, tiene después de un tratamiento primario. Consiste, en crear un substrato biológico constituido por bacterias y microorganismos superiores que se desarrollan en la naturaleza en presencia de este tipo de agua, separa por absorción las impurezas para descomponerlas en su metabolismo. Para que las bacterias actúen es necesario que exista un suministro suficiente de oxígeno.

- **Depuración secundaria:** Procesos químicos y biológicos. Es más importante el proceso biológico. Los resultados son similares, pero no el funcionamiento:

En el tratamiento químico, hay que introducir cantidades importantes de reactivos, se necesita personal preparado y continuamente tienen que estar modificando las dosificaciones para un correcto rendimiento.

En el proceso biológico, la formación de flóculos se debe a la acción de los enzimas y al metabolismo de microorganismos, que están en el agua residual.

El sistema biológico tiene la suficiente inercia para aceptar las modificaciones de carga y problemas que puedan surgir, el personal no tiene que preocuparse del mecanismo funcional, sino que han de mantener las condiciones vitales de los microorganismos.

Después de la depuración primaria, puede efectuarse, si las condiciones del cauce lo exigen, una depuración biológica artificial, por medio de lechos bacterianos o fangos activos. Los procesos son los mismos de la depuración biológica natural, pero el espacio requerido es mucho menor. La superficie en contacto con el aire, necesaria para la vida de las bacterias aerobias, puede disponerse en el proceso artificial, en un espacio relativamente pequeño.

Los lechos bacterianos: Creamos unas fosas de sedimentación que es donde se va a desarrollar una fauna, no solo bacterias, sino otros, como gusanos, insectos... que van encargarse de la depuración.

Los fangos activos: conseguimos un movimiento de los flóculos y los mantenemos en la superficie por procedimientos mecánicos. Los microorganismos son de tipo bacteriano.

Para la elección de uno u otro, habrá que tener en cuenta.

- **Lecho bacteriano:** Cuando la relación entre DBO5 y DQO esté comprendida entre 0,2–0,4.

- **Fangos activos:** Cuando la relación entre DBO5 y DQO esté comprendida entre 0,5 – 0,65.

Los fangos activos acusan mucho más las temperaturas externas, pueden degradarse; si hay una acumulación de agua residual importante los fangos activos actúan mucho mejor que los lechos bacterianos (permite mejor el desarrollo de las bacterias en un tiempo más corto).

- **Depuración terciaria:** Se emplean aditivos químicos o un aumento de la dilución. Se debe emplear cuando el agua residual tenga un alto contenido en aguas residuales industriales. Es muy costosa.

Se emplea para obtener una eliminación más completa de los contaminantes orgánicos y especialmente nutrientes como el nitrógeno y el fósforo que producen eutrofización.

Especialmente indicado cuando los nutrientes en exceso pueden dar lugar a eutrofización, como en embalses o lagos con posibilidades de alto desarrollo de algas, que estén dedicados a abastecimiento de agua.

Su no utilización, es consecuencia de la repercusión económica en todo el proceso, incrementándose en un 7 –8% . El nivel de depuración no justifica el aumento del coste, a menos que sea absolutamente

necesario su instalación por los motivos referidos.

Nivel de depuración.

La cantidad de aguas residuales vertidas, el grado de contaminación del cauce y las características del sistema de afluentes y ríos, son factores fundamentales que determinan la calidad de una autodepuración y evidentemente el uso en cuanto a resultados obtenidos.

Los ríos que transcurren aguas debajo de núcleos urbanos e industriales, tienen un grado de contaminación superior al aceptable, y esto se agrava cada vez más con el continuo crecimiento de la población y la continua industrialización de los núcleos.

Por tanto hay que realizar un estudio en el que pongamos límites para los distintos vertidos en los distintos tramos del cauce para un año horizonte.

Las normas americanas dividen los métodos de depuración en 4 grupos, según el empleo a que se destine el agua fluvial.

Grado de pureza del agua	Uso al que se destina el agua fluvial	Valores límites de las calidades del agua fluvial en caudal de estiaje	Depuración necesaria para el agua residual	Medidas auxiliares locales en caso de riesgo
A	Abastecimiento de agua	Índice de coli 0,1 – 0,01 cm ³ ClNa menor de 250 mg/l	Tratamiento biológico y adición de Cl, eliminando sustancias que produzcan sabor	Cloro y carbón activo en las instalaciones depuradoras
B	Baños públicos	Índice de coli 0,1 cm ³	Tratamiento biológico y adición de cloro	Cloro para eliminación de gérmenes
C	Cría de peces	DBO5 menor de 5 mg/l. Contenido de oxígeno no inferior a 3–4 mg/l.	Depuración biológica en caso necesario	Aireación o adición de agua depurada
D	Aplicaciones técnicas poco exigentes y riego agrícola	Carencia de olor desagradable	Depósito de decantación	Cloro o cloruro férrico para reacciones con el ácido sulfhídrico

La necesidad de la depuración viene justificada por dos principios establecidos en la Carta Europea del Agua (6.V.68):

Los recursos de agua son limitados. Es necesario conservarlos, controlarlos y, si es posible, incrementarlos.

Cuando las aguas usadas son devueltas a los cauces públicos no deben impedir su uso posterior público o privado.

El vertido de aguas residuales a un cauce exige, al menos, un tratamiento primario o depuración física,

consiguiendo una reducción de la DBO5 y en sólidos en suspensión (S.S) en un 50–55%. Si el cauce exige bajar más la contaminación será necesario recurrir a un tratamiento secundario o biológico. Como contrapartida se obtendrá una agua depurada que pueda retornar al cauce, no afectando al medioambiente, volver a darle nuevos usos, y por otra parte se obtendrán lodos de posible utilización como abonos y producción de gas, en resumen una recuperación energética.

CAPÍTULO 22: Pretratamientos de una depuradora.

En el diseño de instalaciones depuradoras para agua residual doméstica puede incluirse el agua residual de industrias, contando con el contenido de materia orgánica y por tanto su demanda de oxígeno, surge el concepto de equivalente–habitante. Tomando el valor medio necesario de DBO5 que se necesita para eliminar la contaminación por habitante que resulta ser de 54 g/día.hab., obtenemos un equivalente ficticio de habitantes que nos sirve de referencia para conocer la demanda necesaria de oxígeno.

Parámetros que fijan una depuradora.

- Caudal afluente a la depuradora que proviene de la red de saneamiento.
- O2 disuelto que contiene el agua residual.
- DBO5.
- DQO.
- Cantidad de sólidos en suspensión.
- Cantidad de sólidos disueltos.
- Contenido de nitrógeno, ácido nitroso, ácido nítrico.
- Contenido en fósforo.
- Contenido en grasas.
- Productos tóxicos de tipo industrial (materiales pesados como plomo, cobre,...).

Emplazamiento de una depuradora.

En función de la temperatura, dirección del viento, grado de humedad, se ubicará la depuradora, ya que la depuradora emite olores y un cierto grado de putrefacción. Lo idóneo es alejarla lo mas posible de la población.

Pretatamiento en una depuradora:

Consta de las siguientes partes:

- Aliviadero – vertedero.
- Desbaste con rejilla.
- Tamizado.
- Triturado.
- Desarenado.
- Desengrasado.
- Aliviadero – vertedero: Su función es la de regular la cantidad de carga hidráulica que llega a la EDAR, es decir, se trata de mantener el mismo nivel de desagüe de los colectores de la red de saneamiento con la depuradora. El aliviadero lo que hace es una función de frenado y regulación de caudales de avenida.
- Desbaste con rejilla: Consiste en eliminar los sólidos de tamaño considerable que están en suspensión. Se

hace con unas rejillas. Las rejillas (horizontales, verticales, inclinadas) tienen redondos de acero y tienen la separación entre barras en función de los sólidos. Las rejillas se clasifican en:

- **Finas:** La separación entre barras es de 1,5 cm.
- **Medianas:** La separación entre barras es de 1,5 – 5 cm.
- **Gruesas:** La separación entre barras es de 5 – 16 cm.

El problema de la rejilla es la limpieza frecuente, en función de los sólidos que han de depurar pueden ser manuales (poco caudal) o de tipo automático; existen dos tipos de rejilla automáticamente.

- Funcionan periódicamente: Se limpian mediante cepillos.
- En función de la variación del nivel del agua. De lo que entra y lo que sale, siempre hay más nivel en la parte posterior de la rejilla con guardaniveles. Su limpieza consiste en un peine automático de púas verticales o con arandelas, que sube y baja limpiando las rejillas; tienen mayor rentabilidad.

Las rejillas se colocan a la entrada de los depósitos.

Estos residuos sólidos hay que prensarlos posteriormente, para eliminar la humedad de los sólidos y posterior putrefacción, además de para disminuir su volumen; después hay que incinerarlos, enterrarlos o transportarlos a los vertederos de basuras.

Para el cálculo de rejillas se puede utilizar esta fórmula sacada de estudios estadísticos:

La pérdida de carga en las rejillas será:

K varía según el tipo de rejilla utilizada, separación entre barrotes....

3) Tamizado: Se utiliza para eliminar sólidos mucho más finos que no han sido eliminados por las rejillas, valores de 0,2 – 1,5 mm., los sólidos pueden ser materia no orgánica. Funcionan mediante cintas transportadoras. Los hay planos, esféricos giratorios (a la vez que eliminan los residuos, los secan), curvos,...

- Triturado: Se trata de triturar los sólidos que hemos recogido en los pasos anteriores.
- Desarenado: Es fundamental que se eliminen todas aquellas partículas que pueden sedimentar. Estas partículas no tienen porque ser de materia silíceas. Al llover, en caudales de cierta importancia arrastran arenas por la erosión y se contaminan, la arena que llega a la planta depende de los pozos de la red de saneamiento. El desarenado consiste en eliminar las arenas que lleva el agua en cantidad, mediante unas plataformas por las que el agua va pasando a una velocidad de 0,25 – 0,35 m/s (la velocidad óptima es de 0,30 m/s), de forma que la arena se va depositando en el canal del desarenero. Según Blodgood la velocidad de sedimentación será.

La longitud del desarenero será:

Esta longitud conviene aumentarla un 10%. Normalmente la arena a evacuar se recoge por el fondo, y se suelen hacer dos canales por si se produce colmatación.

Los valores de arenas dependerán del grado de urbanización (más o menos 8 l/hab.año).

5 l/hab.año en zonas muy urbanizadas.

12 l/hab.año en zonas medianamente urbanizadas.

Los desareneros suelen ser de flujo horizontal, aunque pueden ser también de flujo vertical y de flujo inducido con aire comprimido.

- **Desengrasado:** La eliminación de grasas es importante, porque después el agua pasa a un decantador primario, donde la densidad es mucho menor, y la grasa flota sobre el agua. El agua residual contiene grasas procedentes del consumo humano que producen problemas a la hora de la depuración en los tamizados, en los lechos bacterianos, impiden la disolución de la materia orgánica. Para eliminarlas utilizamos su poder de flotación sobre el agua. Se puede hacer el desarenado y el desengrasado, o conjuntamente los dos.

Una vez realizado este proceso se pasa a una decantación primaria

CAPÍTULO 23: Depuración física – Decantación primaria.

Es un proceso obligado cuando tengamos que realizar una depuración secundaria mediante lechos bacterianos (cuando la realicemos mediante fangos activos podrá eliminarse).

Las balsas de decantación pueden ser circulares o cilíndricas con volumen igual al caudal aportado a la planta durante 2 horas. Se produce una decantación física y otra química por productos como floculantes, coagulantes y coadyubantes.

Para su diseño siempre consideraremos los datos de la época de estiaje. La eliminación de los sólidos se hace por unas tolbas situadas en el fondo de la balsa, en esta balsa se inyectará aire, de este modo se produce la sedimentación y se evita la fermentación anaerobia; su funcionamiento es básicamente como el de los desareneros, pero estos son mucho mayores.

Hay partículas en suspensión de forma coloidal, que tienen carga eléctrica y el agua tiene otra carga distinta, se produce un potencial: **el potencial Z**, que es la diferencia de potencial que existe entre la partícula y el líquido.

Las partículas coloidales se han de neutralizar eléctricamente, para que caigan al fondo; para ello se utilizan:

Coagulantes: Eliminan la carga eléctrica de las partículas. Algunos de estos y las dosis a emplear son:

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; 15 – 200 g/m³. FeSO_4 ; 5 – 85 g/m³.

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; 10 – 150 g/m³. Cl_3Fe ; 5 – 160 g/m³.

CuSO_4 ; 5 – 20 g/m³. Cl_3Al ; 10 – 180 g/m³.

Floculantes: Se unen las partículas formando grumos, flóculos que si precipitan.

Coadyubantes: Coagulante con mayor efecto para eliminar el potencial Z.

El hexametáfosfato de sodio hace que las partículas floculen rápidamente.

Par ver si un agua es decantable se emplea el **embudo de Imhoff**.

Después se realiza el proceso biológico, y después se pasa a una decantación secundaria.

CAPÍTULOS 24 y 25: Mecanismo de la Depuración biológica. Lechos Bacterianos

Después de que el agua residual pase por el proceso de decantación física, este ha de pasar por el proceso de depuración secundaria, esto se realiza mediante una depuración biológica artificial, que puede ser mediante dos métodos, lechos bacterianos o fangos activos. Estos sistemas lo que van a hacer, es oxidar la materia orgánica, y van a dar lugar a una serie de lodos que luego habremos de eliminar.

Los lechos bacterianos se basa en una balsa cilíndrica en la que se depositan materiales de 2,5 – 3 mm de diámetro en las paredes, suele ser material silíceo o volcánico (la piedra pómez es ideal), que tengan una superficie específica lo mayor posible (a mayor rugosidad mayor capacidad de adherencia de los flóculos), de forma que se forme una película rugosa; este material además ha de ser poroso. Se va virviendo agua residual en la balsa y se inyecta aire a favor o en contra de corriente, y los flóculos existentes se quedan pegados en la pared. Estos flóculos son eliminados por microorganismos que están dispuestos alrededor de la película porosa, y que eliminan los flóculos de forma aerobia, pero hay que tener en cuenta que si la película de flóculos se hace demasiado gruesa (superior a 3 – 4 mm.), el oxígeno puede no actuar, empezando a producirse una depuración anaerobia, emitiendo gases que pueden romper la película, y arrastrar el árido al fondo, haciendo que precipite y sedimente.

El depósito suele ser cilíndrico, con un espesor de 1,5 – 4 m.; aunque lo normal es que la altura sea de 2 – 2,5 m.

El diámetro del árido irá creciendo desde arriba hacia abajo, para que no se produzca un arrastre de áridos más finos.

La aireación en los lechos bacterianos suele ser de dos formas:

1) Aireación natural: Se inyecta un caudal de 0,3m³/minuto por m² de balsa, este se introduce por la parte inferior, el aire sube por convección si la diferencia de temperatura

entre la parte superior y la parte inferior de la balsa es superior a 6 °C, si la diferencia de temperatura es menor de 6 °C, el proceso se paraliza.

2) Aireación forzada: Se inyecta el caudal de aire mediante bombas, de forma que el aire sube.

Una vez realizado este proceso, el agua pasa a una decantación secundaria, y los lodos pasarán a un digestor de lodos para su posterior eliminación.

CAPÍTULO 26: Fangos Activos.

Se trata de una serie de balsas decantadoras, en la que se producen una serie de movimientos agitadores en el agua residual para conseguir que en todo el agua se produzcan una combinación rápida de la materia suspendida con los microorganismos existentes, formando flóculos que se precipitarán al fondo de la balsa.

Es debido a que el agua residual tiene la propiedad de producir coagulación de las sustancias que por si solas no pueden precipitar, haciendo una inyección de aire, estas sustancias se van a combinar con el agua residual.

Existe un proceso de fangos activos, en el que se inyecta oxígeno puro, es adecuado para una alta carga contaminante, que tiene un alto rendimiento, optimizando el volumen de las balsas de retención, pero tienen el inconveniente del coste económico, además producen una mayor cantidad de nitrógeno y fósforo de lo normal al permanecer el agua residual menos tiempo en las balsas de decantación.

Diferencias entre los procesos de lechos bacterianos y fangos activos:

La elección de los fangos activos o de los lechos bacterianos dependerá de varias cosas:

- En los fangos activos, las bacterias se encuentran continuamente en movimiento, de forma que necesitamos la aireación o la agitación mecánica para conservar los flóculos en suspensión; mientras que en los lechos bacterianos, estas quedan fijas a los áridos.
- La fauna en los fangos activos está constituida por microorganismos, mientras que en los lechos bacterianos existen otras formas de vida superiores como gusanos e insectos.
- En los fangos activos, se controla la masa microbiana purgando el exceso, en los lechos bacterianos el exceso de película biológica queda eliminada por la acción de las propias bacterias pero de forma anaerobia.
- En los fangos activos, la comunidad microbiana en los flóculos es homogénea. En los lechos bacterianos las distintas comunidades se asientan a distintas alturas del lecho, correspondiendo a cada colonia una acción específica y ordenada dentro del proceso, consiguiéndose así, una nitrificación mayor. Por esta forma, cuando existan vertidos de mataderos o derivados de leche, el sistema de fangos activos va a tener problemas, mientras que el sistema de lechos bacterianos va a dar mejores resultados.
- Los fangos activos son más sensibles a las oscilaciones de caudal y carga contaminante, así como la existencia de tóxicos o iones metálicos pesados. En los lechos bacterianos, si la película biológica queda destruida por exceso de carga, el tiempo de recuperación es del orden de quince días, frente a solamente horas en el proceso de fangos activos.
- Las bajas temperaturas afectan más a los fangos activos que a los lechos bacterianos.
- En los fangos activos es posible controlar sus condiciones de trabajo, mientras que los lechos no ventilados, cuando la diferencia entre temperatura ambiente y el interior es menor de 3 °C, se produce inversión térmica, que origina una parada en el suministro de aire, y por tanto, la paralización del proceso.
- El sistema de lechos bacterianos es el obligado en el caso de vertidos industriales con alta carga contaminante.

Para: , funcionamiento de los lechos bacterianos.

Para: , funcionamiento de los fangos activos.

CAPÍTULO 27: Tratamiento, uso y eliminación de fangos.

Los lodos son ocasionados en el proceso de depuración biológica, bien sea por fangos activos o por lechos bacterianos, más los deshechos producidos en la decantación física, Los lodos son un material no deseable, no crea más que problemas (volumen, espacio) y hay que reutilizarlos o desecharlos.

Al desecharlos o reutilizarlos, lo podemos hacer como abono para agricultura, o hacer un vertido al mar, o incinerarlos.

En la agricultura, normalmente los lodos contienen un alto contenido en metales (Cr, Zn,) que inhiben, y que hacen que las plantas cojan toxicidad. Los metales se pueden eliminar con componentes químicos (Ca, Cd, tolueno), oxidándolos, pero puede llegar a ser muy costoso.

Los lodos resultan ser muy beneficioso si no tienen un alto contenido en metales.

Ventajas e inconvenientes de los lodos:

Ventajas:

- Suelos más friables (más porosos).

- Suelos más húmedos.
- Aumento de la actividad biológica.
- Disminución de los fertilizantes a emplear.

Inconvenientes.

- Los lodos pueden llevar semillas no deseables que crean otro tipo de plantas.
- Los lodos contienen microorganismos patógenos, tales como bacterias, virus, protozoos, tremátodos, céstodos, nemátodos, y estos no mueren de inmediato, por lo que van a ir a parar a los suelos, por lo que hay que poner una limitación en el uso de los lodos como abono en la agricultura. Si el lodo se echa directamente sobre el suelo, los microorganismos tardan más en morir.

Los lodos utilizables para la agricultura son:

- Fangos de decantación primaria: De naturaleza limosa, color marrón – gris, dan mal olor.
- Fangos de precipitación química: Lodos de color negro, no producen casi olor, y dependiendo de la química utilizada hasta pueden producir un olor agradable.
- Fangos de decantación secundaria: Color marrón oscuro, no producen olor si están bien aireados, pero si lo hacen si están mal aireados.
- Fangos digeridos: Color marrón oscuro, emiten gas (CH_4), y si están bien digeridos no producen olor.

Digestión o estabilización de un lodo:

Se trata de la eliminación de la parte fermentable de un lodo.

Puede ser de dos tipos:

- **Digestión aerobia.**
- **Digestión anaerobia.**

Pero antes de someter a los lodos al proceso de digestión, hemos de someterlos aun proceso de **espesamiento o aireación de los lodos**. El espesamiento de un lodo es la concentración del lodo, el lodo reduce su volumen debido a que la mayoría del agua contenida en el lodo se seca.

Los diámetros de las conducciones de los lodos hasta los espesadores nunca han de ser menores de 200 mm., aunque se suele multiplicar por 1,1 – 1,2 siempre en el caso de haber utilizado fangos activos y lechos bacterianos, cuando tenemos velocidades entre

1,8 – 2,4 m/s. Si se emplean sólidos en suspensión provenientes del decantador primario multiplicaremos por un coeficiente de 2 – 4, normalmente 3.

Existen dos tipos de espesamiento:

- espesamiento por gravedad: Es como una nueva decantación del producto, pero esta es un procedimiento puramente mecánico; los espesadores son cilindros que terminan en cono en la parte inferior, existen unas paletas que obligan a bajar a la parte inferior del espesador a los lodos, y el agua se va a quedar en la parte superior, y va a ir al decantador secundario.
- Espesamiento por flotación: Se utiliza la capacidad de los sólidos en suspensión para flotar en el agua (los lodos tienen menor densidad), los materiales más densos precipitarán en el fondo, por inyección de aire se obliga a que todos los sólidos permanezcan flotando en la parte superior, el agua va a la parte inferior, y después al decantador.

Digestión aerobia:

Se encargan los organismos aerobios que necesitan O₂ para cumplir sus funciones, Los lodos sometidos a una aireación prolongada, disminuyen de forma continua por la acción de los microorganismos existentes en el proceso biológico a la vez que se produce una mineralización de la materia orgánica, los microorganismos metabolizan a espensas de la materia orgánica CO₂, H₂O, y productos inorgánicos tales como NH₃. En este proceso se elimina toda posibilidad de fermentación. El proceso depende de la aireación y de la concentración de los fangos. Una vez que los fangos están desestabilizados, estos contienen celulosa. El proceso se da por terminado cuando tomando una mezcla de 2 mg del producto considerado como digerido, si al someterla a un proceso de secado, la pérdida de peso de dicha muestra es inferior al 10% del peso inicial.

La cantidad de aire que se ha tenido que inyectar en los espesadores para la realización de este proceso es de 30 l/m³. El espesador llevará inyectores de aire incluidos, estos funcionarán o bien mediante turbinas, o bien mediante difusores.

Digestión anaerobia:

Es la verdadera digestión de lodos, con este proceso se obtiene un producto final aséptico.

Las bacterias son anaerobias, descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, este lo obtienen de la materia orgánica. Los materiales de descomposición pasan por varios procesos: Licuefacción, gasificación y mineralización. El producto final de este proceso es CO₂, H₂O, y una emisión de gas metano (CH₄). El metano formado habrá que conducirlo a unos depósitos para su posterior utilización, bien para el mantenimiento de los lodos, elevando la temperatura del agua, o mantenimiento de la depuradora. En una planta normal por fangos activos, se puede llegar a obtener una cantidad de 24 l/día.hab. de CH₄.

En este proceso influye:

- La temperatura: Dependerá del tipo de bacteria, pero la temperatura oscilará entre 13 y 38°C. Temperaturas inferiores a 12°C paralizarán la digestión.
- El pH (el más importante): Si el pH desciende por debajo de 6,2; se paralizará la digestión, y por tanto la formación de CH₄. El pH ideal oscila entre los valores de 6,5–7,8, aunque el ideal sería 7. Cuando el pH alcanzado es 7, y se mantiene constante, el proceso se da por terminado.

La elección de un sistema u otro va a venir en función de la población:

Poblaciones < 15000 habitantes; digestión aerobia (tarda más tiempo).

Poblaciones > 15000 habitantes; digestión anaerobia.

Desinfección de los lodos:

Este proceso se puede realizar después de la digestión; aunque se puede hacer evitando el proceso de digestión.

La desinfección de los lodos se puede hacer mediante:

- CaOH: Hasta que el lodo suba su pH a 12.
- Radiación: Con un tratamiento de 1800 Krad (1 rad = 10⁻² J/Kg).
- Tratamiento térmico: Incineración o pasteurización de los lodos.

Cuando los lodos no se tratan, se puede realizar un vertido directo al mar, el lodo se bombea hasta el mar, que nos indica su limitación en el tiempo (no podemos verter continuamente); para ello se requiere:

- Un estudio biológico sobre impactos.
- Condiciones del lugar, si es utilizada para la pesca, navegación...
- Plano de oleaje para que los vertidos no lleguen a la orilla.

Otra manera de eliminar los lodos es realizar fosas en lugares donde el lodo no ocasione problemas de impacto y verter los lodos en dichas fosas.

Secado de los lodos:

El lodo normalmente se distribuye en eras y de paso, se somete a un secado. En superficies grandes se crea una plataforma permeable de grava silícea de un diámetro aproximado a 4 – 5 cm; y debajo otra plataforma troncocónica de hormigón. El agua se recoge en la plataforma inferior, y el agua se conduce al decantador secundario. Con este método se puede llegar a un nivel máximo de secado del 45%. El problema de las eras es que al colocar el lodo, la capa no debe superar los 20 – 30 cm. Para recoger el lodo existen un tipo específico de máquinas, de tipo cangilón, o se puede recoger también manualmente.

Otra forma de colocar los lodos, es verterlos en lagunas con cierta humedad, en estas lagunas se permiten la crecida de vegetales; por tanto hay pérdida de humedad por abrasión, infiltración y evapotranspiración.

El secado de un lodo depende de:

- Del tipo de lodo.
- Espesor de la capa de lodo.
- Condiciones climatológicas.
- Duración del proceso.

Los procesos mecánicos para el secado de un lodo son:

- Filtración por vacío: En un tambor a 500 mm. de Hg de presión se vierte el lodo automáticamente y periféricamente entre dos capas, y por tanto, se absorbe el agua que se llevará al decantador secundario. El rendimiento de este proceso es de 17 Kg/m².hora.
- Centrifugado: Varias formas:

b.1) Cilíndricos: Menor importancia del secado. Menor turbidez.

b.2) Mixto: Cilindro – cono: Se obtiene un secado muy importante pero el agua tienen gran contenido en turbidez.

- Filtración por bandas: Se trata de una cinta transportadora que recoge por la parte inferior, y por la parte superior tiene unos cilindros que comprimen la materia, de forma que el agua queda expulsada del lodo.
- Filtración por prensa: El lodo entra por un tubo central y se va distribuyendo en unos discos laterales en los que se va comprimiendo el lodo, el agua pasa a unos tubos laterales que van al decantador secundario.
- Proceso térmico: Dos procesos:

d.1) Proceso directo: El lodo se pone directamente en contorno con una temperatura que seca la humedad.

d.2) Proceso indirecto: Mediante una serie de cintas transportadoras con inyección de aire en contra corriente se va eliminando el agua de los lodos. Este aire se calienta con el metano obtenido de la digestión anaerobia.

Incineración de lodos:

Utilizando el metano obtenido en la digestión anaerobia, previamente el lodo se ha condicionado de forma que la incineración sea lo más rentable. Para lodos digeridos el consumo de metano asciende a 2500 Kcal/Kg; y para los lodos sin digerir el consumo de metano asciende a 3000 – 3500 Kcal/Kg.

Se puede llegar a temperaturas de 550°C, a la que se obtiene el metano.

Para que el lodo se combustione es recomendable mezclar basuras con el lodo; las basuras se separan (botes, latas, etc.). El producto lodo – basura se combustiona normalmente.

22

22

$$D = P * C$$

D = demanda. (l/s ó l/día)

P = población. (hab.)

C = consumo. (l/hab*día)

vh

$$L = \frac{v_h \cdot h}{v_s} \text{ , h}$$

vs

vh = Velocidad horizontal del fluido.

h = Desnivel existente en el desarenero.

vs = Velocidad de sedimentación.

L = Longitud del desarenero.

$$v_s = \frac{1}{180} (230 - \frac{1}{D})$$

D = Diámetro medio de las partículas.

γ_s = Peso específico de las partículas.

vs = Velocidad de sedimentación.

v2

$$H = K \cdot \frac{v_s^2}{2g}$$

2g

F B + S

$$W = \frac{F}{V \cdot D} \cdot \frac{1}{C} + C$$

V.D S

B = ancho de las barras (m).

S = Separación entre las barras (m).

C = Coeficiente de seguridad.

0,10 para rejillas finas.

0,20 para rejillas medianas.

0,30 para rejillas gruesas.

W = Ancho del canal (m).

F = Caudal máximo que pasa por la rejilla (m³/s).

V = Velocidad máxima que puede alcanzar el agua en la rejilla (m/s).

D = Nivel de aguas en la rejilla cuando tenemos F.

Emisario

Termoclima

Penacho

Mar

$$(Q1 + q) \cdot C2 = Q1 \cdot C1 + q \cdot c$$

$$Q1 \cdot C1 + q \cdot c$$

$$C2 = \frac{Q1 \cdot C1 + q \cdot c}{Q1 + q}$$

$$Q1 + q$$

$$Q2 \cdot C2 = Q1 \cdot C1 + q \cdot c$$

$$Q2 = Q1 + q$$

Q2 = Caudal del río aguas abajo del vertido.

Q1 = Caudal del río aguas arriba del vertido.

q = Caudal vertido al río.

C2 = Concentración del río aguas abajo del vertido.

C1 = concentración del río aguas arriba del vertido.

c = Concentración del vertido.

2% = pdte

2% = pdte

2% = pdte

0,63. K

$v = -2 \log \frac{R''(8gJR)}{14,84.R} + \frac{0,567}{K} \quad (8QJR)$

$R''(8gJR) 14,84.R$

0,567. K

$v = -8,86''(J.D) . \log \frac{D''(J.D)}{D} + 0,269 \frac{D''(J.D)}{D}$

$D''(J.D) D$

$I(\text{otro tiempo}) = .I(\text{para un período de retorno de 15 días})$

= coeficiente.

T = Período de retorno.

n = Frecuencia con que se da la precipitación.

24

= -----

$n0,35.(T+9)$

$Q = .S.I$

$Q' = K.Q$

$Q' = \text{Caudal máximo efectivo.}$

$Q = \text{Caudal máximo teórico.}$

K = Coeficiente de retraso.

S = Superficie.

I = Intensidad de lluvia.

= Coeficiente de escorrentía.

$I(t)$ = Intensidad de lluvia para un tiempo dado.

I = Intensidad de lluvia recogida en el interior de la conducción.

t = Tiempo que tarda en llegar el agua en la conducción hasta el punto final.

$I(t)$

$K = \text{-----} \cdot 1,2$

$I \cdot t$

1

$K = \text{-----}$

$S^{1/n}$

K = Coeficiente de retraso.

S = Superficie (Has).

n = Cantidad de agua de lluvia recogida.

$K = 0,5 \cdot n \cdot 4'' (J/A)$

$Q = 0,0022 \cdot A \cdot P \cdot C \cdot 4'' (J/A)$

Q = Caudal recogido (l/s).

n = Cantidad de agua de lluvia (l).

J = Pendiente de la conducción (m/m).

A = Superficie del lugar (m²).

P = Precipitación (mm/h).

C = Coeficiente de impermeabilidad.

K = Coeficiente de retraso.

$Q = I \cdot S$

$Q = K \cdot I \cdot S$

Redes largas.

Redes cortas.

K: Coeficiente de retraso.

= Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de lluvia.

S = Superficie.

Q = Caudal recogido.

Sifón normal

Sifón invertido

Rápido con golas

Entrada

Salida

Sumidero.

Absorvedero.

Red de saneamiento.

Dist. min: 1 m.

Red de abastecimiento.

1.- Por su función:

2.- Por su construcción:

3. -Por su geometría:

4.- Por el material de

Construcción

5.- Por su relación con

la red.

$D = 1,5"Q$

D = Diámetro interior de la tubería (m)

Q = Caudal (m³/s)

$C = w * t * P$

w = potencia consumida por la bomba en Kw

t = tiempo en horas.

P = precio del Kw / hora.

$Q(l/s) \cdot H_m(m)$

$W(Kw) = \text{-----}$

50

$0,735 \cdot Q \cdot H_m$

$W = \text{-----} \cdot 1,20 \text{ en Kw}$

75*

$Q \cdot H_m$

$W = 0.0118 \cdot \text{-----} \text{ en Kw}$

$Q \cdot H_m$

$W = \text{-----} \text{ en CV}$

75*

$Q \cdot H_m$

$W = 0,735 \cdot \text{-----} \text{ en Kw}$

75*

= b * m

$Q \cdot H_m$

$W = \text{-----} \text{ en CV}$

75

T P * Hm

$W = \text{-----} = \text{-----} = Q \cdot H_m(K_p \cdot m)$

t t

P = Peso.

t = Tiempo.

T = Trabajo.

H_m = Altura manométrica.

Q = Caudal = P / t

$K_p \cdot m$ = Kilopondímetro

Presión Hidráulica

Depósito

bajo

Depósito alto

Nivel freático

Bomba sumergida

Agua efluente: Agua que entra en el depósito.

Agua afluente: Agua que sale del depósito.

Captación

H. manométrica

Presión hidráulica

Altura sobre el

Nivel del mar

(m)

0

100

200

300

400

500

600

700

800

900

1000

1100

1200

1300

1400

1500

1600

1700

1800

1900

2000

2200

2400

2600

2800

3000

3500

4000

Altura de pérdida para la aspiración

(m)

0

0,125

0,250

0,375

0,500

0,625

0,750

0,870

0,990

1,110

1,220

1,330

1,440

1,550

1,660

1,770

1,880

1,990

2,090

2,190

2,290

2,490

2,680

2,870

3,050

3,230

3,650

4,060

Temperatura del agua en °C

10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
72
74
76
78
80
82
84
86
88
90
92
94
96

98

100

Altura de pérdida para la aspiración

(m)

0,125

0,173

0,236

0,320

0,430

0,570

0,745

0,970

1,250

1,600

2,040

2,550

3,160

3,450

3,770

4,100

4,450

4,800

5,220

5,650

6,120

6,620

7,150

7,710

8,310

8,950

9,600

10,330

$$H_m = H_a + H_r + H_p = H_n + H_p$$

Depósitos

$$H_n = H_r + H_a$$

H_n

H_r

H_a

Bomba

H_n : Altura geométrica o de impulsión.

H_a : Altura de aspiración.

H_r : Altura de impulsión.

Tubería abocardada Otro tipo de Tubería

soldadura

$$Q(m^3/s) = T(m^2/s) * (m)$$

Nivel del pozo

Nivel fijo

Colapso

$$T = 30m^2/día.$$

$$Q = 30m^2/día * 1m = 30m^3/día.$$

$$Q' = 30m^2/día * 4m = 120m^3/día.$$

Líneas de flujo

isopiezas

$$Dr = Pr * Cr$$

$$Cr = Dr / Pr$$

Dr = Demanda real.

Cr = Consumo real.

Pr = Población real.

$$= ETP - Pr$$

= Demanda agrícola.

ETP = Evapotranspiración.

Pr = Precipitación.

$$D = Do * (1 +) t$$

Do = Demanda actual.

$$= 0.02.$$

$$= 0.012.$$

$$Pf = Pa-10 * (1 +) 10$$

$$Pf = Pa-20 * (1 +) 20$$

$$= 3 + / 3$$

dP

$$----- = K (cte)$$

dt

= Tasa de crecimiento en 10 años próximos.

= Tasa de crecimiento de 20 años próximos.

= Tasa de crecimiento.

Pa-10 = Población diez años atrás.

Pa-20 = Población veinte años atrás.

Pf = Población futura.

t = Tiempo futuro para el cual calculamos la demanda.

$$P \text{ futura} = P \text{ actual} * (1 +) t$$

$$t_2 = P_2$$

$$dP = K$$

$$t_1 = P_1$$

$$t_2$$

$$dt$$

$$t_1$$

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

$$P_2 - P_1$$

$$K = \text{-----}$$

$$t_2 - t_1$$

$$dP$$

$$\text{-----} = K.P$$

$$dt$$

$$dP$$

$$\text{-----} = K \text{ (cte)}$$

$$P.dt$$

Desarrollando, queda:

$$\ln P_2 - \ln P_1$$

$$K = \text{-----}$$

$$t_2 - t_1$$

$$P = P_2 + K (t_2 - t)$$

$$P_2$$

$$P = P_2 . \text{-----}$$

P1

t – t2

t2 –t1

dP

$$\text{-----} = K(S - P)$$

dt

S = Población de saturación.

$$S - P2 - K.(t2 - t1)$$

$$\text{-----} = e$$

S – P1

Las incógnitas son la población de saturación y la constante K. Esta constante , la podemos obtener utilizando el modelo geométrico.

P1 v12 P2 v22

$$Z1 + \text{-----} + \text{-----} = Z2 + \text{-----} + \text{-----} + H$$

2g 2g

- Línea piezométrica: $P / \rho g$.
- Energía de velocidad: $v^2 / 2g$
- Cota: Z.
- H: Pérdidas de carga.

h

Z1

Z2

B

A

PA vA2 PB vB2

$$Z1 + \text{-----} + \text{-----} = Z2 + \text{-----} + \text{-----}$$

2g 2g

vB2

$$Z_1 = Z_2 + \text{-----}$$

$$2g$$

$$A$$

$$B$$

$$v_B^2$$

$$Z_1 = \text{-----} + H$$

$$2g$$

$$Q = S \cdot V$$

$$Z_1$$

$$h$$

Línea de energía

Línea piezométrica

$$P$$

$$v^2$$

$$2g$$

$$P_1 v_1^2 P_2 v_2^2$$

$$Z_1 + \text{-----} + \text{-----} = Z_2 + \text{-----} + \text{-----} + H$$

$$2g \quad 2g$$

$$= 0,007. \text{ (La Mancha).}$$

$$= 0,010 \text{ (Ávila).}$$

$$= 0,012 - 0,014 \text{ (Zona centro).}$$

$$= 0,013 - 0,016 \text{ (Galicia).}$$

$$= 0,018 - 0,020 \text{ (Pirineos).}$$

$$P'(\text{mm})$$

$$= \text{-----}$$

P (mm)

$P' = .P1,5$ (mm)

S*h = V

Agua oligotrófica

Agua eutrófica

DBO5

----- = 20

N

DBO5

----- = 100

P

$h2 - h1$

$I = J =$ -----

L

$Q = KSI$

$T = kb$

$Q = V / t$

0,183Q(m3/día)

$T =$ -----

(m)

Saco agua

Inyectoro agua

Q

$T = 1,44$ -----

$$= S_2 - S_1$$

Se representan en papel milimetrado hasta que se agota

El nivel. Hay que fijar un caudal crítico

Caudal crítico

Q (l/s)

s (m)

Tubo piezométrico

Diafragma. Para cada diafragma hay una curva tarada para cada altura del tubo piezométrico

h_2

$P = h$

Presión debida a la altura.

$$Q = S_1.V_1 = S_2.V_2 = S_n.V_n$$

Teorema de continuidad.

v_2

$$P' = \text{-----}$$

$2g$

Presión debida a la velocidad

$$P_1 + \frac{v_1^2}{2g} = P_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + H$$

$$\frac{v^2}{2g}$$

$$v = c \sqrt{RJ}$$

Sección mojada

$$R = \text{-----}$$

Perímetro mojado

$$\frac{v^2}{4g}$$

$$J = \frac{h_r}{L} = \frac{c_2 R}{4 v^2 L}$$

$$c_2 R$$

$$4 v^2 L$$

$$h_r = \frac{c_2 R}{4 v^2 L}$$

$$c_2 R$$

$$100'' R \quad 100'' D$$

$$c = \frac{m + \sqrt{R^2 + 2m^2}}{2m} = \frac{100'' R + 100'' D}{2m}$$

$$m + \sqrt{R^2 + 2m^2}$$

Para aguas claras:

$m = 0,16$. Tuberías de fibrocemento (uralita).

$m = 0,20$. Tubería de fundición nueva.

$m = 0,25$. Tubería de fundición en uso y tubería de hormigón centrifugado.

Para aguas negras:

$m = 0,35$. En general.

$$87'' R$$

$$c = \frac{87'' R + 87'' D}{2m}$$

$$+ \sqrt{R^2 + 2m^2}$$

$= 0,06$. Tubería de fibrocemento.

$= 0,12$. Tubería de fundición nueva.

$= 0,14$. Tubería de fundición en uso.

$$8g$$

$$= \frac{8g}{4 v^2 L}$$

$$c_2$$

$$v^2 \quad 4 v^2 \quad 8g \quad v^2$$

$$J = \frac{h_r}{L} = \frac{c_2 R}{4 v^2 L} = \frac{c_2 R}{4 v^2 L} \cdot \frac{1}{L}$$

$$c_2 R \quad c_2 D \quad c_2 2gD$$

$$v^2$$

$$J = \frac{4fLQ^2}{\pi D^5} \cdot \frac{1}{2g}$$

$$2gD$$

$$L \frac{v^2}{2gD}$$

$$h_r = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$D \frac{2g}{v^2}$$

$$64.61.Q^2$$

$$J = \frac{4fLQ^2}{\pi D^5}$$

$$.D^5$$

b1 = Estás tabulado. (tabla nº 3.)

$$5 \cdot 64Q^2$$

$$D = \sqrt[5]{\frac{4fLQ^2}{\pi J}}$$

$$.c2.J$$

Hasta que D tanteado y D sean parecidos, se cogerá el diámetro comercial. Después de fijar el diámetro hay que recalcular el caudal y las pérdidas de carga.

Tanteamos con D.

$$100"D$$

$$c = \frac{100}{D}$$

$$2m + \frac{h_r}{2}$$

$$R^{4/3}$$

$$v^2 = \frac{8gJ}{fL} \cdot \frac{D^5}{Q^2}$$

$$n^2$$

$$1$$

$$v = \frac{4.75}{n} \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$n$$

$$v = K \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$K = 1 / n$$

- Aguas claras:
- Tuberías de fundición nueva: $n = 0,0012$.
- Tuberías de fund. en uso: $n = 0,0013 - 0,0014$.

Aguas negras: $n = 0,0017$.

.

= -----

g

= .

dy

= . -----

dv

= Esfuerzo cortante.

= Peso específico.

= Densidad.

1

= -----

+ t + t²

0,0178.10⁻⁴

(m²/s) = -----

1 + 0,0337t + 0,000221t²

v.D

Re = ----

vk.D

2320 = -----

Vk (m/s) = velocidad crítica; es la que nos va a determinar el tipo de régimen.

v^2

$$J = \frac{1}{2} \frac{v^2}{gD} ;$$

$2gD$

$L v^2$

$$h_r = \frac{1}{2} \frac{v^2}{gD} ;$$

$D 2g$

64

$$= \frac{1}{64}$$

Re

$1 \text{ Re}''$

$$= 2 \log \frac{1}{\text{Re}''}$$

" 2,51

1 Re

$$= 1,8 \log \frac{1}{\text{Re}}$$

" 7

(Cuando $5.103 < \text{Re} < 107$)

1 3,71.D

$$= 2 \log \frac{1}{\text{Re}} + \frac{K}{D}$$

1 2,51

$$= -2 \log \frac{1}{\text{Re}}$$

" Re''

$D = \text{Diámetro (m)}.$

$K = \text{Rugosidad absoluta o eficaz de las paredes (m)}.$

$K / D = \text{Rugosidad relativa (adimensional)}.$

$1 \text{ Re}'' \text{ 3,71.D}$

$$= 2 \log \frac{1}{\text{Re}''} + \frac{K}{D}$$

" 2,51 K

1 Re 3,71

$$\text{-----} = 1,8.\log \text{-----} + 2.\log \text{-----}$$

" 7 K / D

1 Re 0,9 3,71

$$\text{-----} = 2.\log \text{-----} + 2.\log \text{-----}$$

" 7 K / D

1 Re 0,9 3,71

$$\text{-----} = 2.\log \text{-----} + \text{-----}$$

" 7 K / D

D

$$R = \text{---} ;$$

4

$$D = 4.R ;$$

K K

$$\text{-----} = \text{-----} ;$$

D 4.D

$$v.D \ v.4.R \ 4.v.R$$

$$Re = \text{-----} = \text{-----} = \text{-----}$$

1 4.v.R." 3,71.4.R

$$\text{-----} = 2.\log \text{-----} + \text{-----}$$

" 2,51. K

R = Radio hidráulico.

1 R.v." R

$$\text{-----} = 2.\log 1,59 .\text{-----} + 14,84 .\text{-----}$$

" K

v^2

$h_r = \dots$

$2g$

$L v^2$

$h_r = \dots \dots$

$D 2g$

$v^2 L v^2$

$\dots = \dots \dots$

$2g D 2g$

L

$= \dots ;$

D

.D

$L = \dots$

= Coeficiente de rugosidad de la tubería.

= Tabulado para cada punto singular.

v^2

$h_r = \dots$

$2g$

Cada singularidad tendrá una diferente.

$7/2 v^2$

$h_r = 0,131 + 1,847 \dots \dots$

$90 2g$

= Ángulo del codo.

= Radio de la tubería.

= Desarrollo del codo.

$$v_2^2 - v_1^2$$

$$h_r = 1,1 \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

$$2g$$

$$v_1$$

$$v_2$$

$$S_b v_b^2$$

$$h_r = 2 \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} - 1 \cdot \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

$$S_a 2g$$

$$a$$

$$b$$

$$v_a$$

$$v_b$$

- Sin contracción lateral.
- Con contracción lateral.

$$Q = \frac{2}{3} b \sqrt{2g} h^{3/2}$$

Q = caudal de desagüe (m³/s).

b = Ancho del vertedero (m).

h = Altura mínima de la lámina de agua (m).

$$2 \cdot 0,045 h^2$$

$$= \frac{0,0675}{3} h^3 + \frac{1}{3} h^3 + \frac{0,55}{3} h^3$$

$$3 h^3 + 90$$

He de medir la lámina de agua entre 5h – 10h.

Para 0,20 " P " 2 m.

b

5h! Distancia a la que he de medir h.

P

h

2 1 h

$$= \text{-----} 0,605 + \text{-----} + 0,08 \text{-----}$$

3 1050h – 3 P

Válida para 0,25 " h " 0,80 m.

Válida para P " h + 0,10.

Captaciones por galerías.

b

$$Q = 1,38.(b - 0,2).h^{2/3}$$

$$Q = 1,69.b^{1,02}.h^{1,47}$$

h

L

$$Q = 1,32.(tg \alpha / 2).h^{2,47}$$

Si:

$$= 90^\circ ; Q = 1,32.h^{2,47}.$$

$$= 60^\circ ; Q = 0,76.h^{2,47}.$$

$$= 45^\circ ; Q = 0,55.h^{2,47}.$$

b

$$Q = 1,859.b.h^{3/2}$$

1

4

Pendiente:

y

1

$$Q = \frac{1.49}{n} R^{2/3} I^{1/2} S$$

n

R = Radio hidráulico (m).

I = Pendiente de la solera del canal (m/m).

S = Sección mojada del canal (m²).

2y

$$b = \frac{Q}{V \cdot \sin \theta}$$

sen

b

y

Q = Caudal en l / s. ; Hm = Altura manométrica en m. ; η = Rendimiento total en tanto por uno.

Dist. min: 1,20 m.

Suelo.

Desagüe

Suelo

h

Pendiente dada por el diámetro

h'

h' > h, por tanto el agua va subiendo por presión hasta llegar al desagüe.

Desagüe

Pendiente requerida

Suelo

DBO5

----- > 0,5 o 0,65.

DQO

DBO5

0,25 < ----- < 0,2

DQO

DBO5

----- < 0,2

DQO

- Sólidos sedimentables (ss).
- Sólidos no sedimentables (sc).

Qs

= -----

Qf

$Q_s > Q_f$

IR = 2.pHI - pH

IR > 6,5, agua corrosiva.

IR < 6,5, agua incrustable.

I.L = pH + I(t) + I.TAC + I.TH - 12,1

p.d

e = -----

2

e = espesor. e " 2 mm.

d = diámetro exterior.

P = Presión.

= (Kp / cm²).

= ". . T

N

$$y = \frac{N}{n \cdot H^2 \cdot \tan^2 \alpha}$$

n.H2.tg2

n.N

$$y = \frac{N}{n \cdot H^2 \cdot \tan^2 \alpha} \cdot \cos \alpha$$

2 r2

n = 3 = arcillas; $\alpha = 39,15^\circ$

n = 6 = arenas; $\alpha = 30^\circ$

N = carga puntual.

r = radio de la tubería.

H = altura del relleno de la zanja (m).

α = Anchura de la zanja (m).

n = Coeficiente de rozamiento del relleno de la zanja.

α = Coeficiente de rozamiento de las paredes de la zanja.

K = Factor Mankin.

α "

$$1 - e^{-2K \cdot (H/\alpha)}$$

$$C = \frac{W}{2 \cdot \alpha}$$

$$2 \cdot \alpha$$

$$+ 1 -$$

$$K = \frac{W}{2 \cdot \alpha + 1 + \alpha}$$

$$2 \cdot \alpha + 1 + \alpha$$

Fórmula de Mankin:

$$W = C \cdot \alpha$$

W = Carga exterior (Kg/m lineal).

C = Coeficiente.

= Peso específico (Kp/m3).

= Anchura de la zanja (m).

a=3

40

30

a=2

50

1

60

a=1

2

100

a=2

a=6 35

"(an.Qn2)

Q = - - - - -

2."|an.Qn|

0

0

2

Q2

1

Q1

Q

C.L = a = cte

$$a_n \cdot Q_n^2$$

$$Q = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{a_n \cdot Q_n^2}}$$

$$2 \cdot |a_n \cdot Q_n|$$

$$a_n \cdot Q_n^m \quad Q = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{a_n \cdot Q_n^m}}$$

$$m \cdot |a_n \cdot Q_n|$$

$$D = 0,835 \cdot Q^{2/5}$$

$$Q_p \text{ (l/s.m)}$$

$$Q_{unit} \text{ (l/s.m)} = \frac{Q_p}{L}$$

$$\text{Longitud de la conducción (m)}$$

$$C$$

$$A$$

$$B$$

$$N^{\circ} \text{ de hab.} \cdot \text{Dotación (l/día/hab.)}$$

$$Q_p \text{ (l/s)} = \frac{N^{\circ} \text{ de hab.} \cdot \text{Dotación (l/día/hab.)}}{3600} \cdot 2,4$$

$$3600 \cdot 10$$

$$\text{Caudal máximo (Qmax.)} = \text{Caudal disponible (Qdisp.)} \cdot K$$

$$1$$

$$K = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{a_n \cdot Q_n^2}}$$

$$n(n-1)$$

$$\text{Calle}$$

$$\text{Casa}$$

$$\text{Contador}$$

$$\text{Tubería}$$

$$\text{Llave anterior}$$

$$\text{Llave posterior}$$

$$\text{Muro de la vivienda}$$

1 m.

$$v = 1,5 \cdot (D + 0,05)$$

$$D_p = q \cdot K$$

Cogiendo un valor de seguridad 2,4

$$1,5 \cdot 1,5 \cdot V' \cdot 2,25 \cdot V'$$

$$D_p = \frac{24 \cdot 3600}{24 \cdot 3600} = \frac{24 \cdot 3600}{24 \cdot 3600}$$

$$2,4 \cdot V' \cdot V'$$

$$2,4 \cdot V' \cdot V'$$

$$D_p = \frac{24 \cdot 3600}{24 \cdot 3600} = \frac{24 \cdot 3600}{24 \cdot 3600}$$

$$24 \cdot 3600 \cdot 36000$$

$$1,5 \cdot V'$$

$$D_p = \frac{24 \cdot 3600}{24 \cdot 3600} = \frac{24 \cdot 3600}{24 \cdot 3600}$$

$$86400$$

D_p = Demanda punta diaria.

V'

$$V = \frac{24 \cdot 3600}{24 \cdot 3600} = \frac{24 \cdot 3600}{24 \cdot 3600}$$

$$365$$

$$V \cdot V'$$

$$q = \frac{24 \cdot 3600}{24 \cdot 3600} = \frac{24 \cdot 3600}{24 \cdot 3600}$$

$$24 \cdot 86400$$

V' = Volumen anual total consumido.

V = Volumen medio diario consumido.

q = Caudal medio diario consumido.

Red reticular o anular.

Red mallada o reticular.

Red ramificada.

Depósito final

Tubería de gravedad

D.r.c.

Presión estática máxima

H

Depósito origen

$$C = Q * t$$

C = Capacidad.

t = tiempo estimado (10 minutos).

Q = Caudal suministrado.

$$Ri(l/min) = 3860 * " P * (1 - 0,01*" P)$$

$$Q50 = P * D50$$

$$Q' = K * Q * P$$

$$C = 0,75 * Q50 + Ri + Rav$$

$$C = 0,50 * Q' + Ri + Rav$$

C : Capacidad del depósito.(m³)

K : Valor punta de la capacidad
del depósito.

Q50 : Dotación prevista para los
próximos 50 años.(l/día*hab)

Q' : Caudal consumido en hora
punta (m³/día)

Ri : Reserva de incendios.(m³)

Rav: Reserva de averías.(m³)

Capacidad del depósito.

DBO5 100

----- = ----- = **4**

N 25

DBO5 100

----- = ----- = **100**

P 1

DBO

O₂ (aire)

CH₄

H₂S

árido

Película biológica

Capa aerobia

Capa anaerobia

DBO₅

0,2 " ----- " 0,4

DQO

DBO₅

0,5 " ----- " 0,65

DQO