



www.krean.com

KREAN, S.COOP.



09 Eranskina. Hornidura-sarea • Anejo 09. Red de abastecimiento

Proiektua • Proyecto

**ARRASATEN, AI-A.E. 15.1 GAUTXORIKO
URBANIZAZIO PROIEKTUA • PROYECTO DE
URBANIZACIÓN DEL AI-A.E. 15.1 GAUTXORI EN
ARRASATE-MONDRAGÓN**

Sustatzailea • Promotor

Mondragon Goi Eskola Politeknikoa

Data • Fecha

2021 Maiatza • Mayo 2021

Eqilea • Autor

Enrique Elkoroberezibar Markiegi

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



aurkibidea • índice

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	CARACTERÍSTICAS DE LA RED	4
2.1.	Trazado en planta	4
2.2.	Secciones de zanjas	4
2.3.	Tipo de tuberías y piezas especiales	4
2.4.	Anclajes	4
2.5.	Arquetas y registros.....	4
3.	CRITERIOS DE DISEÑO	5
3.1.	Presiones máximas, mínimas y de suministro	5
3.2.	Velocidades máximas y mínimas.....	6
3.3.	Caudales de suministro	7
3.4.	Materiales	7
3.5.	Secciones tipo	8
3.6.	Anclajes	8
3.7.	Diámetros mínimos.....	8
3.8.	Valvulería y accesorios	9
4.	CAUDALES DE DISEÑO	12
4.1.	Riego de zonas verdes.....	12
4.2.	Caudal contra incendios.....	12
4.3.	Caudal total	14
5.	BASE TEORICA DEL CALCULO.....	15
5.1.	Cálculo de pérdidas de cargas lineales.....	15
5.2.	Cálculo de pérdidas de carga localizadas.....	18
6.	ESCENARIOS DE CALCULO	21
6.1.	Situación de incendio	21
7.	RESULTADOS DEL CÁLCULO	22
7.1.	Hipótesis 1: Incendio	22

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo consiste en el desarrollo de la red de distribución de agua, red de riego e hidrantes del proyecto de urbanización.

La determinación de los caudales de agua potables a suministrar en los núcleos urbanos es un problema de difícil solución, si se tiene en cuenta, que la demanda en el consumo sufre continuos cambios a lo largo del día, en el transcurso de los meses y los años, y que el consumo (m³/día) demandado en los asentamientos urbanos, es una variable aleatoria de difícil cuantificación, que solo puede ser determinada, a través de procedimientos estadísticos, dentro de unos determinados márgenes probabilísticos.

Resumiendo lo expuesto, se puede asegurar que las variaciones del consumo dependen de

- Los factores sociales: demografía, tipos de actividades registradas, costumbres, características socio – económicas de las áreas a abastecer, etc.
- Los condicionantes ambientales (esencialmente referidos al entorno climatológico, horas de soleamiento, etc.). En las horas diurnas el consumo suele ser superior a la media, alcanzándose los máximos valores hacia el mediodía. En las primeras horas de la madrugada el consumo es mínimo. Los días calurosos el consumo se dispara, los días fríos, el consumo se restringe.
- Las circunstancias tecnológicas en las que se desarrolla el servicio (cantidad y calidad del agua, nivel de confort exigido, tipo de entorno; urbano o agrícola, etc.).
- También se hace necesario tener en cuenta lo indicado al respecto por la NBE – CPI 96 (NBE - CPI 82), con el objeto de establecer, al respecto, criterios definitivos.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA RED

2.1. Trazado en planta

El trazado en planta de la red queda suficientemente definido en el documento de planos.

2.2. Secciones de zanjas

La sección de zanja queda definida por el diámetro de la tubería alojado en ella, siendo su dimensión mínima medida en el fondo, la resultante de 50 cm. y asegurando un recubrimiento sobre la generatriz superior del tubo de 60 cms.

En principio se consideran taludes verticales, debiendo modificarse en obra esta presunción si se observara algún tipo de inestabilidad en la zanja.

La tubería se apoya sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, recubriéndose hasta una altura 15 cm. por encima de la clave del tubo. Los rellenos se realizarán por tongadas según lo especificado en la descripción de los precios de ejecución.

2.3. Tipo de tuberías y piezas especiales

El tipo de tubería elegido ha sido la fundición nodular K-9.

Las piezas especiales de la red, recogidas en los planos de detalle, permitirán las reparaciones y revisiones oportunas y necesarias:

- Las válvulas de corte serán de compuerta, de asiento elástico con husillo fijo, e irán montadas con un carrete de anclaje y un carrete de desmontaje.
- Se instalarán, sobre la red de distribución de agua, hidrantes tipo 100, con una separación entre sí máxima de 200 m.

2.4. Anclajes

La absorción de los esfuerzos debidos al movimiento del agua se efectúa mediante macizo de anclaje en las piezas en "T", codos, válvulas y testers, cuya disposición, materiales y dimensiones se realizarán según planos de proyecto.

2.5. Arquetas y registros

Se han previsto arquetas de registro en todas las válvulas de corte y desagüe.

3. CRITERIOS DE DISEÑO

3.1. Presiones máximas, mínimas y de suministro

Presión interna máxima de diseño de las tuberías

La presión interna de diseño de las tuberías debe calcularse como el mayor valor que resulte entre la presión estática y la máxima sobrepresión ocurrida en el fenómeno de golpe de ariete, multiplicada por un factor de seguridad de 1.3.

$$p_{\max} = \max(p_{\text{estática}} \cdot p_{\text{transiente}})$$

$$p_{\text{diseño}} = 1.3 \cdot p_{\max}$$

La presión nominal de trabajo de las tuberías y de todos sus accesorios debe ser mayor que la presión de diseño.

En todo caso, la presión nominal de trabajo de las tuberías, válvulas y accesorios debe ser indicada por el fabricante considerando los factores de seguridad que éste considere conveniente, cumpliendo siempre con las pruebas, ensayos y normas técnicas correspondientes al material, accesorio y/o válvula.

En todo caso debe verificarse que la presión resultante sea lo suficientemente amplia para alcanzar siempre las zonas más altas del trazado.

Presiones mínimas

Las presiones mínimas debidas al fenómeno del golpe de ariete, que ocurran en cualquier sección en la tubería de aducción, deben ser mayores que la presión subatmosférica admisible.

En las condiciones normales de operación para cualquier tipo de tubería y de material utilizado, la presión absoluta mínima admisible está dada por la presión absoluta de vapor del agua a temperatura ambiente restada de la presión atmosférica local.

En la tabla adjunta se muestran los valores de la presión absoluta de vapor de agua para diferentes temperaturas.

Presión de vapor del agua

Temperatura (°C)	Presión de vapor (kPa)
0	0.61
5	0.87
10	1.23
15	1.70
20	2.34
25	3.17
30	4.24
40	7.38
50	12.33

Para tuberías de pared delgada compuestas de materiales flexibles, tales como metales o plásticos, la presión subatmosférica mínima admisible está definida por la presión de colapso estructural del tubo, siempre y cuando su valor sea superior a la presión mínima admisible establecida en el párrafo anterior para cualquier condición de operación.

Presiones de suministro

La presión máxima de suministro se establece en 60 m.c.a.

La red de distribución de agua potable debe subdividirse en cuantas **zonas de presión** sean necesarias para cumplir con las **condiciones de presión máxima y presión mínima** en todos los puntos de la red. El establecimiento de las zonas de presión se hace con el fin de obtener la máxima uniformidad en el gradiente de presiones entre los tanques o estaciones de bombeo y los puntos de mínima presión.

Además, deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- Las áreas que estén ubicadas en terrenos altos y que requieran mayores presiones para ser abastecidas deben tener, en lo posible, sistemas separados de presión, debiendo mantenerse las presiones por medio de depósitos elevados o, en última instancia, por bombeo.
- La red de distribución debe estar subdividida en las zonas de presión que sean necesarias para atender a condiciones de suministro comprendidas entre 2 y 6 bar.
- Las regiones pertenecientes al área de abastecimiento, que por sus características no tengan consumidores en su interior, no serán consideradas en la estimación de las presiones máximas disponibles, pero deben ser consideradas para el cálculo de las presiones mínimas.

3.2. Velocidades máximas y mínimas

Velocidad mínima en las tuberías de aducción o conducción

Es necesario fijar de antemano los límites máximo y mínimo de velocidad del agua en las tuberías, a fin de evitar tanto los golpes de ariete como los depósitos de materias sólidas, respectivamente.

Generalmente se diseña intentando que la velocidad del fluido esté comprendida entre 1,0 y 1,5 m/s.

Teniendo en cuenta que el agua que fluye a través de la tubería de aducción o conducción puede contener materiales sólidos en suspensión, debe adoptarse una velocidad mínima en las tuberías.

Se recomienda una velocidad mínima de 0.60 m/s, aunque este valor dependerá de las características de autolimpieza, de la calidad del agua y de la magnitud de los fenómenos hidráulicos que ocurran en la tubería.

Velocidad máxima en las tuberías de aducción o conducción

En general no debe limitarse la velocidad máxima en las tuberías de aducción o conducción; el límite a la velocidad estará dado por la presión máxima producida por fenómenos del golpe de ariete y para las tuberías de aducción por la erosionabilidad de la tubería.

Se recomienda una velocidad máxima de 6 m/s.

Para presiones normales, de 2 a 5 atmósferas, podemos hacer uso de la fórmula de Mougny para establecer la velocidad que nos da una velocidad límite admisible, en función del diámetro elegido:

$$V = 1,5\sqrt{D+0,05}$$

3.3. Caudales de suministro

Para el cálculo de la **capacidad de la red de distribución** deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- La red de distribución principal debe considerar las distintas etapas del proyecto, así como los caudales correspondientes estimados para cada una de ellas, según un análisis de costo mínimo.
- Para la definición de los caudales de distribución, debe tenerse en cuenta a aquellos consumidores individuales localizados fuera del área abastecida, a los consumidores preferenciales y a los puntos importantes para la lucha contra incendios.
- Para aquellas áreas cuyo desarrollo futuro no está definido deben poder fijarse consumos globales que serán atendidos a partir de derivaciones previstas en el sistema de distribución.
- Los puntos para la lucha contra incendios (hidrantes) deben ser definidos mediante consulta con el cuerpo de bomberos local.
- La estimación de los caudales de consumo para las diferentes categorías de usuarios procediendo de la siguiente manera:
 - a) En las poblaciones ya dotadas de abastecimiento de agua, con consumo medio, mediante el análisis de los datos de medición.
 - b) En los municipios que no tengan datos de consumo se utilizarán los datos de poblaciones semejantes próximas considerando el grado de semejanza de las condiciones socioeconómicas.
 - c) Los consumidores preferenciales ubicados por fuera del área de abastecimiento, así como los consumidores individuales, serán definidos mediante encuesta, en la que deben constar los elementos que permitan evaluar los consumos iniciales y futuros.

Expuestas las consideraciones, se remite al lector al apartado de justificación de caudales para la comprensión de la justificación de los caudales de suministro necesarios.

3.4. Materiales

Materiales de las tuberías de aducción y conducción

Para la selección de la fundición dúctil como materiales de las tuberías se han tenido en cuenta los siguientes factores:

1. La resistencia contra la corrosión y la agresividad del suelo.
2. Tipo de uniones y necesidad de anclaje.
3. La resistencia a los esfuerzos mecánicos producidos por las cargas, tanto internas como externas.
4. Las características de comportamiento hidráulico del proyecto, incluyendo las presiones de trabajo máximas y mínimas, las sobrepresiones y subpresiones, causadas por golpe de ariete, etc.
5. Las condiciones económicas del proyecto.
6. Las condiciones de transporte e instalación adecuadas para el tipo de terreno que cruce la aducción.
7. La resistencia contra la tuberculización e incrustación en las tuberías.

8. La vida útil tenida en cuenta para el desarrollo del proyecto.
9. La elección del material de las tuberías debe realizarse teniendo en cuenta que las características de éste satisfagan las necesidades del proyecto, considerando no solamente uno o dos de los puntos anteriormente indicados, sino examinándolos en conjunto y con los costos de la inversión inicial y los costos de mantenimiento a largo plazo, así como la seguridad y la vulnerabilidad de la tubería.

3.5. Secciones tipo

Las secciones tipo proyectadas para cada tramo de la conducción, así como los taludes de ejecución vienen determinada por las condiciones geológicas- geotécnicas de los terrenos atravesados en aras de lograr una ejecución que aúne los requisitos de economía seguridad y estabilidad estructural de la conducción. Dichas secciones tipo se pueden consultar en el documento de planos del presente proyecto.

A modo informativo se pueden considerar los siguientes taludes, siempre que no contradigan a los especificados para cada tramo del proyecto.

Naturaleza del terreno o material del canal	Inclinación Horizontal : Vertical	
	Corte	Terraplén
Roca compacta, mampostería ordinaria o concreto	1:4	
Roca fisurada o mampostería con junta seca	1:2	
Arcilla consistente	3:4	1:1
Grava gruesa	3:2	2:1
Tierra ordinaria o arena gruesa	2:1	3:1
Tierra media o arena normal	2.5:1 a 3:1	3:1 a 3.5:1

3.6. Anclajes

Se construirán los anclajes de seguridad necesarios en hormigón en masa de tal forma que se garantice la inmovilidad de la tubería en los siguientes casos:

1. En tuberías expuestas a la intemperie, que requieran estar apoyadas en soportes, o unidas a formaciones naturales de rocas (mediante anclajes metálicos)
2. En los cambios de dirección tanto horizontales como verticales, de tramos enterrados o expuestos, siempre que el cálculo estructural lo justifique.
3. En puntos de disminución de diámetro o dispositivos para el cierre o reducción del flujo de conductos discontinuos.

3.7. Diámetros mínimos

Para la selección del diámetro de la tubería deben analizarse las presiones de trabajo, las velocidades del flujo y las longitudes de la línea de aducción.

La elección del diámetro estará basada en un estudio comparativo técnico económico, mediante las técnicas de optimización que hagan que el costo anual sea mínimo.

Diámetros internos mínimos

Para aquellos casos de los niveles bajo y medio de complejidad en los cuales exista una red matriz y para los niveles medio alto y alto de complejidad, los diámetros mínimos para la red matriz se describen a continuación:

Nivel de complejidad de sistema	Diámetro mínimo
Bajo (rural)	64 mm (2.5 pulgadas)
Bajo (urbano)	100 mm (4 pulgadas)
Medio alto	150 mm (6 pulgadas)
Alto	300 mm (12 pulgadas) o más según diseño

3.8. Valvulería y accesorios

Válvulas de ventosa

En los puntos altos de la línea de aducción o conducción operando a presión se colocarán ventosas con el fin de facilitar la salida del aire que eventualmente se acumula en la conducción durante su funcionamiento o cuando se proceda a su llenado.

Dichos dispositivos permitirán igualmente la entrada automática de aire durante las operaciones de descarga de la tubería o cuando el caudal de agua se disminuya por causa de una rotura, de maniobras o de paradas de flujo en la tubería.

Criterios de emplazamiento: Los criterios utilizados en el emplazamiento de las ventosas han sido:

1. Puntos altos.
2. Cambios bruscos de pendiente: cuando se está llenado la conducción, un aumento brusco de pendiente causa un incremento en la velocidad del agua que puede circular en canal. Este cambio de pendiente puede provocar un "efecto cascada" que bloquee el paso del aire hacia la ventosa anterior (el aire asciende hacia el punto alto que en una zona de pendiente está situado agua arriba).
3. Distancia máxima entre ventosas 700-1000 m. Si el aire tiene que recorrer una larga distancia antes de llegar a la ventosa, puede entrar en presión o bien ser absorbido por el agua. Se deben mantener pendientes mínimas del 2 por mil subiendo y del 4 por mil bajando.
4. Junto a las válvulas de corte: cuando se colocan válvulas de corte en zonas de pendiente puede ser necesario la entrada de aire cuando se cierra la válvula y de esta forma evitar la posible depresión. Este elemento de aireación solo debe introducir aire por lo tanto puede ser suficiente con un elemento anti-vacio aunque puede utilizarse una ventosa (Ampliación con el esquema adjunto).
5. Si la entrada de los ramales comienza descendiendo, o si finalizan ascendiendo es necesario colocar una ventosa para introducir aire con la intención de evitar una posible depresión.

Además, debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Podrá adoptarse un dispositivo único para atender la entrada y la salida de aire, siempre y cuando dicho dispositivo sea capaz de atender ambas funciones.
2. La instalación de ventosas podrá evitarse siempre y cuando haya un tanque instalado en una cota de elevación más baja que las válvulas y que las probables bolsas de aire se encuentren por lo menos 10 metros por debajo del nivel estático. Este tipo de recomendación se utilizará en los niveles **bajo y medio de complejidad**.

3. Dependiendo del costo y en caso de que no se dispongan válvulas purgadoras de aire, para los niveles **bajo y medio de complejidad** puede considerarse la instalación de otras opciones técnicas. Para los niveles **medio alto y alto de complejidad** será obligatorio el uso de ventosas.
4. Las ventosas tendrán los siguientes diámetros mínimos:
 - Para tuberías con diámetro nominal menor o igual a 100 mm (4 pulgadas) el diámetro mínimo será de 50 mm (2 pulgadas)
 - Para tuberías con diámetro nominal mayor que 100 mm (4 pulgadas) el diámetro mínimo de las ventosas será de 75 mm (3 pulgadas).
5. Toda válvula de ventosa debe poder aislarse de la tubería principal por medio de una válvula de corte.
6. Cada ventosa debe estar protegida con una cámara de inspección accesible, con su respectivo drenaje y completamente asegurada.
7. Los dispositivos de entrada de aire deben localizarse de tal modo que no se introduzca agua extraña al sistema; En caso de una aducción de agua cruda o conducción de agua potable, los dispositivos previstos deben instalarse de tal manera que sus aperturas se sitúen por lo menos 1 metro por encima del nivel máximo de agua que pudiera acumularse en el sitio de la ventosa.
8. Deben disponerse puntos intermedios para la entrada de aire en la tubería cuando la línea piezométrica, o la línea de gradiente hidráulico correspondiente a la descarga de un tramo de conducto durante operaciones de mantenimiento y/o reparación, se sitúe por debajo de éste, de forma tal que cause problemas de discontinuidad en la columna líquida o problemas de posible colapso de la tubería por aplastamiento.
9. Como dispositivos automáticos para la entrada o salida de aire pueden utilizarse los siguientes
 - Ventosas simples para la descarga del aire acumulado durante el proceso normal de la aducción.
 - Ventosas de doble efecto para la descarga del aire acumulado durante el llenado y durante la operación normal de la aducción, y para la entrada de aire en las operaciones de descarga de agua.
 - Válvula de retención para la entrada de aire durante las operaciones de descarga de agua.
 - Tubos verticales o chimeneas cuando su extremidad superior pueda situarse por encima de la línea piezométrica o la línea de gradiente hidráulico o máxima, para la entrada de aire.

Válvulas de desagüe o purga

En los puntos bajos de la tubería de aducción deben colocarse válvulas de desagüe o de limpieza.

En estos casos debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. La descarga debe permitir la eliminación de toda el agua contenida en la tubería de aducción.
2. Se recomienda que el diámetro de la tubería de desagüe esté entre 1/3 y 1/4 del diámetro de la tubería principal, con un mínimo de 75 mm (3 pulgadas) para tuberías mayores a 100 mm (4 pulgadas). Para diámetros menores debe adoptarse el mismo diámetro de la tubería principal.
3. Cada válvula debe estar protegida con una cámara de inspección accesible con su respectivo drenaje.

4. Si la velocidad de salida en la válvula de purga es muy alta, debe colocarse una estructura de disipación de energía.
5. El dimensionamiento de la descarga debe hacerse teniendo en cuenta los siguientes puntos
 - a) La obtención de una velocidad mínima que sea compatible con la remoción del material sedimentado en su interior, durante por lo menos el primer minuto de descarga.
 - b) Que el tiempo máximo para la descarga sea impuesto por las condiciones de operación.
 - c) El caudal máximo permitido por el sistema de recepción del agua descargada.
6. Las válvulas de purga serán de compuerta o mariposa y deben cumplir con la Norma, ASTM, DIN, ISO o cualquier norma internacional equivalente.

Bocas de acceso

Se colocarán en tuberías de diámetro superior a 1200 mm, preferiblemente junto a válvulas de maniobra, a válvulas de purga o cruces bajo interferencias en las cuales no sea aconsejable instalar válvulas de purga.

La distancia entre bocas será aproximadamente de 500 m. y se ubicarán en zonas potencialmente sensibles a los efectos de una avería.

Uniones de montaje.

Se prevén juntas de montaje en todos los sitios donde haya necesidad de mantenimiento o reemplazo de algún equipo, como en el caso de las válvulas de corte.

Codos, térs, reducciones y otros accesorios

Para las tuberías con juntas elásticas, estos accesorios deben ser prefabricados por el productor de la tubería, o en su defecto, deben existir en el mercado en otros materiales que permitan su instalación con adaptadores,

En el caso de deflexiones pequeñas o curvas con radio de curvatura grande pueden utilizarse las deflexiones admisibles en las juntas tipo enchufe - campana, hasta conformar la curva deseada.

Juntas de expansión

Deben preverse juntas de expansión en los pasos aéreos ejecutados con tuberías de acero con uniones soldadas en las cuales el dimensionamiento indique su necesidad, con el fin de absorber las dilataciones o contracciones debidas a las variaciones térmicas y de deflexión de las estructuras.

4. CAUDALES DE DISEÑO

Se prevén 2 tipos de consumos de agua en la línea de abastecimiento ampliada:

- Riego de zonas verdes
- Contra incendios

A partir de las superficies que se van a urbanizar en la presente ampliación, se calcula el consumo punta para el análisis del suministro en esa circunstancia y los consumos diarios medios para justificar volúmenes de regulación.

A continuación, se cuantifican los consumos citados con el objeto de analizar el comportamiento de la red planteada y la idoneidad de los diámetros elegidos.

4.1. Riego de zonas verdes

Para el cálculo de las necesidades de agua para riego se establece una dotación de 4 litros por m² y día. La superficie de zonas verdes es de aproximadamente 0,8 Ha. A continuación, se obtienen los caudales necesarios para el riego:

Dotación	Superficie	Caudal medio
4 l/m ² /día	0,15 Ha	0,07 l/s

4.2. Caudal contraincendios

Según la NBE-CPI-96, la red debe cumplir los siguientes criterios:

- Estarán situados en lugares fácilmente accesibles a los equipos del Servicio de Extinción de Incendios, debidamente señalizados conforme a la Norma UNE 23-033-81: «Protección y lucha contra incendios. Señalización», y distribuidos de manera que la distancia entre ellos medida por espacios públicos no sea en ningún caso superior a 200 m.
- El diseño y alimentación de la red que, contenga a los hidrantes serán adecuados para, que, bajo la hipótesis de puesta en servicio de los dos hidrantes más próximos a cualquier posible incendio, el caudal de cada uno de ellos sea, como mínimo, de 500 l/mín (8.33 l/sg)., para hidrantes Tipo 80 mm., y 1.000 l/min (33.2 l/sg) para hidrantes Tipo 100 mm., durante dos horas y con una presión mínima de 10 m.c.a.
- En núcleos urbanos consolidados en los que no se pudiera garantizar el caudal de abastecimiento de agua, puede aceptarse que éste sea de 500 l/min, pero la presión se mantendrá en 10 m.c.a.

Los hidrantes de incendio, serán como mínimo del Tipo 80 mm (una salida de 70 mm., y dos de 45 mm) en núcleos de población con menos de 5.000 habitantes y con menos del 10 % de edificación de más de 3 plantas y del Tipo 100 mm (una salida de 100 mm., y dos de 70 mm), en el resto de los casos.

La afirmación anterior significa que los vehículos contra incendio deben estar provistos de motobombas. Cuando los vehículos no incorporen estos dispositivos, la presión a adoptar sera de 35 m.c.a.

Dotación	Nº hidrantes	Caudal contra incendio
1000 l/min/hidrante	1	16,67 l/s

4.3. Caudal total

A partir de los datos anteriores, se detalla a continuación el caudal instantáneo total que conducirá la red en el momento de máximo consumo:

- Caudal preciso para riego: 0.07 l/s
 - Contra hidrantes en caso de incendio: 16.67 l/s
 - Caudal punta caso incendio: 16.74 l/s
- (0.07+16.67)

5. BASE TEORICA DEL CALCULO

Para el cálculo hidráulico y la determinación de las pérdidas por fricción en tuberías a presión debe utilizarse la ecuación de Darcy-Weisbach junto con la ecuación de Colebrook & White, adecuada para todos los tipos de flujo turbulento.

También puede utilizarse la ecuación de Hazen-Williams, con la debida consideración de los rangos de validez y la exactitud de ella.

Para el caso de flujo a superficie libre a través de tuberías debe utilizarse la ecuación de Manning.

En el cálculo de flujo en tuberías debe considerarse el efecto producido por cada uno de los accesorios colocados en la línea y que produzcan pérdidas de carga adicionales, como válvulas, codos, reducciones, ampliaciones, etc.

Para el cálculo de las pérdidas menores debe utilizarse el coeficiente de pérdidas menores multiplicado por la cabeza de velocidad en el sitio donde se localice el accesorio. También puede utilizarse el método de las longitudes equivalentes de tubería, añadiendo dichas longitudes a la longitud real del tramo.

5.1. Cálculo de pérdidas de cargas lineales

✓ Colebrook & White

El cálculo de la pérdida de carga debido a la fricción en una tubería o conducto cilíndrico largo, con un interior de diámetro continuo, debe hallarse mediante la ecuación de Darcy-Weisbach como se expresa en la siguiente ecuación:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Para la aplicación de la ecuación universal para conductos a presión deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. El coeficiente de fricción de Darcy, f , para tuberías de sección circular se obtiene utilizando las siguientes ecuaciones:

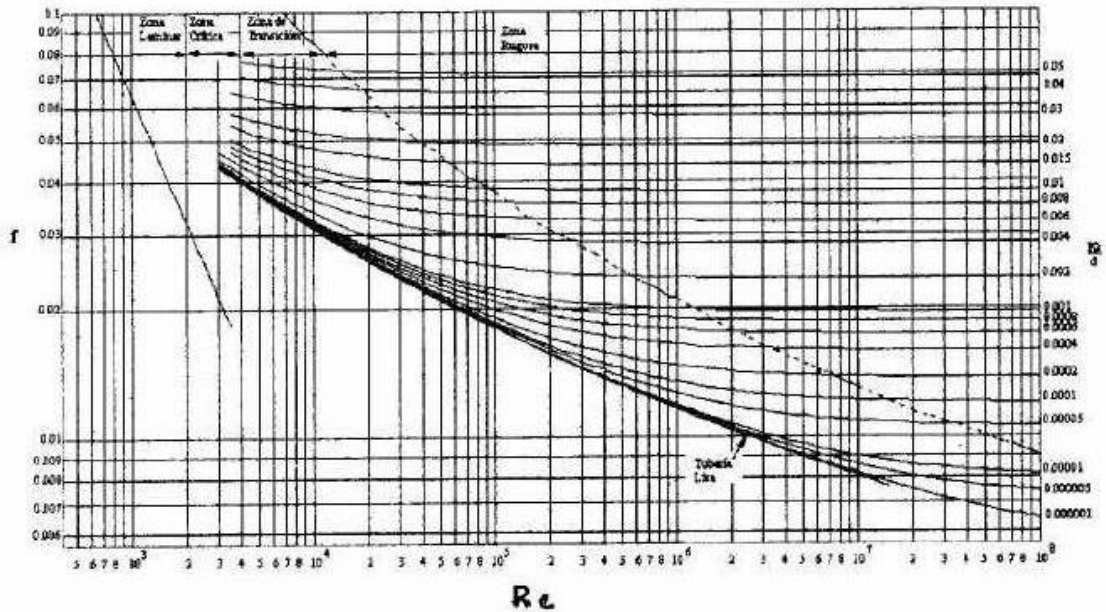
Flujo laminar ($Re < 2000$)

$$f = \frac{64}{Re}$$

Flujo turbulento ($Re > 4000$)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k_s}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Como alternativa, puede utilizarse el diagrama de Moody para evaluar el factor f .



2. El número de Reynolds (Re) está definido por la ecuación

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Deben evitarse diseños con flujos en la zona de transición ($2000 < Re < 4000$)

3. En la siguiente tabla se dan los valores de la densidad y la viscosidad absoluta del agua en función de la temperatura media de ésta.

Densidad y viscosidad del agua según la temperatura

Temperatura (° C)	Densidad, ρ (Kg/m ³)	Viscosidad, μ (x10 ⁻³ Pa*s)
0	999.9	1.792
5	1000.0	1.519
10	999.7	1.308
15	999.1	1.140
20	998.2	1.005
30	995.7	0.801
40	992.2	0.656
50	988.1	0.549

4. La rugosidad absoluta de la tubería se evalúa de acuerdo con la tabla anexa, teniendo en cuenta su relación y dependencia con los siguientes factores: el material del cual están hechos los tubos, el proceso de fabricación de los tubos, y el tiempo de servicio de ésta.

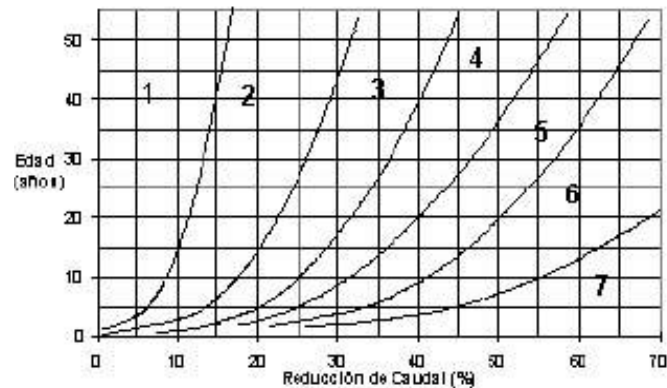
Valores de rugosidad absoluta

Material	Rugosidad absoluta ks (mm)
Acero bridado	0.9-9
Acero comercial	0.45
Acero galvanizado	0.15
Hormigón	0.3-3
CCP	0.12
Hierro forjado	0.06
Hierro fundido	0.15
Hierro dúctil (1)	0.25
Hierro galvanizado	0.15
GRP	0.030
Polietileno	0.007
PVC	0.0015

(1) cuando la tubería de hierro dúctil esté revestida internamente, se debe tomar el valor de rugosidad absoluta del material de revestimiento.

5. La rugosidad absoluta indicada en la tabla anterior para tuberías nuevas no debe ser tomada menor que 1.4 veces el valor encontrado para tuberías de longitudes hasta 1000 metros y menor que 2.0 veces para tuberías con longitudes mayores a 1000 metros.
6. El envejecimiento de tuberías de hormigón reforzado aislado interiormente y de tuberías de materiales plásticos extruidas puede ser considerado despreciable para el proyecto de aducciones o conducciones a presión.
7. Para tuberías metálicas, cuando no sea posible una limpieza periódica y si éstas no estuvieran pintadas internamente con materiales anticorrosivos, el caudal de diseño del proyecto debe ser multiplicado por un coeficiente de seguridad deducido de la gráfica mostrada a continuación.

Reducción del caudal en función de la edad de la tubería



1. Casos extremos de aguas poco agresivas.
2. Agua filtrada no aireada y prácticamente no corrosiva.
3. Agua de pozos o agua dura con pequeña acción corrosiva.
4. Agua de regiones pantanosas con vestigios de hierro y materia orgánica levemente ácida.
5. Agua ácida de rocas graníticas.
6. Agua extremadamente corrosiva, pequeños conductos para agua dulce, levemente ácida.
7. Casos extremos de aguas muy agresivas.

5.2. Cálculo de pérdidas de carga localizadas

Para el cálculo de las pérdidas menores producidas en curvas, tees, válvulas y otros accesorios debe utilizarse la ecuación

$$H = K_m \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Se debe justificar el valor de cada coeficiente de pérdidas menores para cada uno de los accesorios, con base en la bibliografía especializada. A modo de ejemplo, se presenta la tabla siguiente con algunos coeficientes de pérdidas localizadas para accesorios típicos de conducciones a presión.

Coefficientes de pérdidas menores para accesorios comunes

Accesorio	Km
Válvula de globo, completamente abierta	10.0
Válvula de mariposa, completamente abierta	5.0
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.2
Codo de radio corto	0.9

Codo de radio medio	0.8
Codo de gran radio	0.6
Codo de 45°	0.4
Te, en sentido recto	0.3
Te, a través de la salida lateral	1.8
Unión	0.3
Ye de 45°, en sentido recto	0.3
Ye de 45°, salida lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5
Entrada con boca acampanada	0.1
Entrada con tubo entrante	0.9
Salida	1.0

Para el caso específico de las pérdidas menores causadas por las uniones entre los tubos que conforman la aducción deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

1. La pérdida de carga en tuberías a presión, que presenten salientes en las juntas de los tubos a lo largo del perímetro de la sección, es la suma de la pérdida de carga debida a la fricción, calculada como si no existieran las juntas indicadas, más las pérdidas menores debidas a la presencia de las juntas, las cuales se calculan por medio de la ecuación

$$h_s = n_j \cdot K_m \cdot \left[\frac{V^2}{2g} \right]$$

Para $l_j / D < 30$: **$K_m = K_0 \cdot K_1$**

Para $l_j / D > 30$: **$K_m = K_1$**

Valores de K_0

l_j / D	4	8	12	16	20	24	30
K_0	0.30	0.45	0.58	0.68	0.78	0.87	1.00

Valores de K_1

d / D	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	1.00
K1	0.015	0.035	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.26	0.32	0.38

2. Las pérdidas de carga debidas a las uniones de tipo campana y uniones con anillo de caucho o similar pueden considerarse como despreciables, debido a que no presentan salientes hacia el interior de la tubería.

6. ESCENARIOS DE CALCULO

A continuación, se describen los posibles escenarios de cálculo y las combinaciones de caudales de diseño para cada uno de ellos.

En función de la **tipología de la zona** a abastecer:

- Situación de incendio

6.1. Situación de incendio

- **Caudal incendio (Q_{pci})**

$$Q_{pci} = Q_{med} + Q_{medi} + Q_{meds} + Q_{incendio}$$

7. RESULTADOS DEL CÁLCULO

En las siguientes páginas se adjuntan los resultados de los cálculos obtenidos mediante el programa EPANET.

La solución adoptada es la de **completar el anillo** alrededor de la parcela uniendo la red de agua existente ampliando la red siguiendo el trazado del nuevo vial entre la rotonda de Polo Garaia y el puente de Uribarri. La tubería elegida para el nuevo tramo de red de abastecimiento será de **fundición dúctil de 100 mm de diámetro**. Únicamente se ha modelizado la tubería nueva desde un punto cuya presión es conocida hasta el nuevo hidrante.

7.1. Hipótesis 1: Incendio

La hipótesis que se debe tener en cuenta para esta ampliación de la red es la del incendio, ya que únicamente se añade un hidrante, así como la red de riego.

Como se puede observar, se obtienen unas presiones en la red óptimas para el correcto funcionamiento del sistema; encontrándose estas entre 6-7 kg/cm².

