



TRABAJO FINAL DE GRADO



PROGRAMA DE ACTUACIÓN INTEGRADA DEL SECTOR URBANIZABLE TERCIARIO SUZ-5 EN ALBALAT DELS SORELLS (VALENCIA). ALTERNATIVA TÉCNICA

ANTEPROYECTO DE URBANIZACIÓN

ANEJO DE RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE E HIDRANTES DE INCENDIO

Autor: ANTONIO JESÚS PIERA MORA

Tutor: JOSÉ LUIS MIRALLES GARCÍA

173 – GRADO DE INGENIERÍA CIVIL

CURSO 2017/18 (SEPTIEMBRE 2018)

Índice

- 2.5) Red de abastecimiento de agua potable e hidrantes de incendio.
 - 2.5.1) Objeto y características.
 - 2.5.2) Normativa de aplicación.
 - 2.5.3) Abastecimiento de agua potable.
 - 2.5.3.1) Caudal necesario por hidrantes.
 - 2.5.3.2) Cálculo de la red de agua potable.

2.5. RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE E HIDRANTES DE INCENDIO

2.5.1.OBJETO Y CARACTERÍSTICAS

La red de abastecimiento de agua potable tiene como objeto exclusivo el suministro de agua potable para su uso en el interior de las parcelas edificables, no incluyendo en esta red los caudales de suministro para otros usos como el riego de zonas verdes y franjas viarias ajardinadas, riego de parcelas rústicas colindantes al sector y baldeos para la limpieza viaria y del alcantarillado, aunque sí que se incluyen en dichos usos, por motivos de disponibilidad y comodidad, los hidrantes para la extinción de incendios.

Esta nueva red quedará dispuesta en forma de malla, según la distribución viaria establecida en la ordenación, a lo largo y ancho de toda la superficie del sector, y discurrirá únicamente bajo las aceras contiguas a las parcelas edificables (a una distancia de 0,825 m hasta la línea de cada parcela, y a una profundidad, medida entre la superficie viaria y el eje de las tuberías, de 0,7 m), a fin de minimizar el recorrido entre las acometidas desde estas tuberías y los puntos de consumo. En los viales transversales, debido a que a ambos lados de los mismos se tienen parcelas destinadas a la edificación, la nueva red se desdoblará, ubicando así un ramal bajo cada una de las aceras de dichos viales que servirá de toma para el abastecimiento de los edificios correspondientes a la parcela más cercana a él, colocando dichas tomas en función de la configuración edificatoria establecida en el interior de esas parcelas.

La red estará formada principalmente por las correspondientes tuberías de distribución de agua potable. Estas conducciones serán de fundición dúctil, dado que, al encontrarse enterradas bajo las aceras, las buenas cualidades mecánicas y la resistencia a la corrosión de dicho material (con un revestimiento adecuado, que en este caso será mortero de cemento, el cual tendrá una rugosidad absoluta de 0,10 mm) hacen que sea el que mejor se adapta a las mismas. Así mismo, dichas conducciones se encontrarán unidas convenientemente mediante las correspondientes juntas, que en este caso serán de enchufe y campana con anillo de elastómero, bien sean juntas automáticas flexibles o juntas exprés, pues son las más adecuadas para los conductos enterrados.

Además de las tuberías de distribución de agua potable, la red consta de una serie de elementos característicos como son los siguientes:

- Válvulas: se tendrán de dos tipos. Por un lado, válvulas de asiento para la regulación de caudales en la red al ser éstos de magnitud relativamente pequeña durante la mayor parte del tiempo, cuyo accionamiento se

realizará de manera manual o motorizada según el tamaño y la función de las mismas. Por otro lado, válvulas de compuerta para el aislamiento de ciertos tramos de red a la hora de llevar a cabo las correspondientes labores de mantenimiento o reparación, cuyo accionamiento se efectuará mediante volante o eje telescópico (en función de su profundidad), y las cuales quedarán dispuestas justamente aguas abajo de cada bifurcación y a una distancia máxima de 200 m entre dos consecutivas. Todas ellas se ubicarán alojadas dentro de las pertinentes arquetas para una adecuada accesibilidad a las mismas.

- Tomas particulares (acometidas): las acometidas a las parcelas se realizarán por medio de tomas en carga, y la disposición de las mismas vendrá dada, como ya se ha dicho, en función de la ubicación relativa de los distintos edificios en el interior de esas parcelas, de tal manera que se minimice la distancia a recorrer y, por tanto, las pérdidas de presión.
- Hidrantes de incendio: quedarán empotrados en el pavimento de las aceras, dentro de sus correspondientes arquetas, con la idea de que no supongan en ningún caso un obstáculo para el paso de los peatones, y dispondrán de una válvula o mecanismo de cierre, y de un sistema de acople rápido para la manguera. Dichos hidrantes estarán hechos de fundición de hierro, y serán de tipo 80 mm, con dos bocas de salida de 45 mm y otra de 70 mm, teniendo todos ellos una presión mínima de 10 mca. Se ubicará un hidrante en cada uno de los seis cruces de la red viaria del sector, siendo en todo caso la distancia desde cualquiera de ellos hasta el más cercano inferior a 200 m, medidos a través del recorrido más corto posible desde la superficie viaria.
- Ventosas: se ubicarán en los puntos altos de la red con el objetivo de provocar la expulsión del aire que se genere en el interior de las tuberías debido a la presión.
- Desagües: se emplazarán en los puntos bajos de la red con la idea de poder evacuar las aguas sobrantes y purgar las sustancias que hayan podido sedimentar en su interior. Así pues, estos desagües se conectarán en la medida de lo posible con la red de aguas residuales.

La red de agua potable deberá cumplir, así mismo y en la medida de lo posible, una serie de requisitos de uso para su correcto funcionamiento, los cuales vienen definidos por una serie de parámetros que son los que se expresan y desarrollan a continuación:

- Presión: a lo largo de todos los tramos de la nueva red de agua potable, se precisará que la presión de red en todos sus puntos se sitúe en un

determinado rango de valores definidos en función de las características del entorno. Así, la presión mínima quedará establecida para el nudo más desfavorable de la red, el cual coincidirá con el punto más alejado con respecto al denominado punto de inyección o de entrada del flujo a la red mallada, y cuyo valor a pie de calle se encontrará alrededor de unos 15 m por encima de la máxima altura a abastecer con la idea de que no sea necesaria la instalación de bombas y al mismo tiempo se eviten averías. Por otro lado y en relación con la presión máxima, cabe decir que será necesario establecer un límite con la idea de evitar el encarecimiento de la red, y también la aparición de ruidos y vibraciones que sean igualmente causa potencial de averías, siendo adecuado que dicho límite quede estipulado en unos 60 mca (aunque, por lo general, no es recomendable pasar de 40 mca). Para el cumplimiento de esta presión máxima, habrá que comprobar el valor de las sobrepresiones que se producen en la red debidas al denominado golpe de ariete, es decir, por cierre de válvulas, quedando así establecidas dichas sobrepresiones por unidad de longitud y en función tanto del diámetro y del material de las tuberías como del tipo de válvulas a emplear, y cuyos valores serán los expresados en la tabla posterior. Igualmente, se intentará que las pérdidas de presión en la red no sean excesivamente importantes para que el suministro a las distintas parcelas tenga una calidad similar, limitando para ello dichas pérdidas de carga por unidad de longitud a un valor máximo aceptable para las redes de distribución de unos 5 mca / km.

Material de la tubería	Diámetro normalizado (mm)										
Fundición, fibrocemento, hormigón	60	70	80	100	125	150	175	200	250	300	350
PE	63	75	90	110	125	160	200	225	280	315	480
PVC					40	180		250		355	
Tipo de llaves	Sobrepresión $\Delta P_{u,ap,i}$ (mca / km de tubería)										
Compuerta	8,5	7,0	6,5	6,0	6,0	5,0	5,0	5,0	4,0	3,5	3,5
Mariposa									6,5	6,5	5,5

- **Caudal:** se realizará el cálculo de los distintos caudales para el supuesto de caudales punta o máximo flujo en el conjunto de la red, intentando en lo posible que la proporción entre el caudal que llegue a cada una de las parcelas edificables y el caudal total sea la misma que la proporción de las distintas áreas parcelarias individuales con respecto a la superficie conjunta de las mismas. Igualmente, se tratará de que los caudales que abastezcan a una misma parcela a través de diferentes ramales sean inversamente proporcionales a la longitud máxima de tubería que el flujo vaya a recorrer desde el punto de inyección de la red.

- Diámetro: se establecerá, de igual modo, un diámetro mínimo para redes de distribución que vendrá dado en función de la población equivalente del sector, según los valores especificados en la NTE-IFA, y que habitualmente será de 60 mm. No obstante, será necesario comprobar los valores de velocidades del flujo, de tal manera que los mismos determinarán unos valores de diámetro tanto mínimo como máximo que serán inversamente proporcionales a dichas velocidades.
- Velocidad: en lo que se refiere a las velocidades, los valores quedarán establecidos dentro de un rango comprendido entre un mínimo de 0,3 m / s (indicado por la AEAS) y un máximo recomendado que vendrá dado según la expresión de Mognie, la cual viene expresada posteriormente y en donde dicha velocidad depende del correspondiente diámetro de la tubería.

2.5.2.NORMATIVA DE APLICACIÓN

En cuanto a la normativa de aplicación sobre riego e hidrantes de incendio, es la que se enumera seguidamente:

- Orden 28/7/74 por la que se aprueba el “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para las tuberías de abastecimiento de agua”.
- Memoria Justificativa y Normas Urbanísticas del PGOU de Albalat dels Sorells.
- Normas de la Compañía Suministradora y Ordenanzas Municipales.

2.5.3.ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

2.5.3.1. CAUDAL NECESARIO POR HIDRANTES

Según lo establecido por normativa, la red de abastecimiento de los hidrantes de incendio debe garantizar al menos el funcionamiento, de manera simultánea, de dos de los mismos ubicados consecutivamente, por lo que el caudal mínimo necesario de suministro en caso de incendio deberá ser el doble del caudal requerido por cada uno de dichos hidrantes. Este último vendrá dado en función de la población equivalente del sector, por lo que, al ser esta población de 168 habitantes equivalentes, se tendrá un caudal necesario por hidrante de 8,33 l / s. Así pues, el caudal total de suministro a garantizar para la extinción de incendios será de **16,67 l / s**.

2.5.3.2. CÁLCULO DE LA RED DE AGUA POTABLE

La red de agua potable se dimensionará en base a los requisitos expuestos previamente, y se empleará para ello el criterio de diseño conocido como “Método de las distancias mínimas”. Este método, de aplicación en el diseño de redes malladas en obras de nueva urbanización, permite una aproximación al óptimo económico, considerando un único punto de inyección de agua en la red, y está basado en las dos hipótesis siguientes:

- El agua alcanza cualquier nudo de la red siguiendo el trayecto más corto posible, hasta dicho nudo, desde el nudo e inyección.
- La presión en cualquier nudo de la red depende exclusivamente de la distancia más corta, hasta el mismo, desde el nudo de inyección, lo que equivale a unas pérdidas de carga unitarias constantes en todos los tramos de la red.

La primera hipótesis conduce a un resultado como el obtenido para redes ramificadas, estableciendo los cortes en los nudos equidistantes respecto del punto de inyección por los dos caminos posibles de cada malla, de tal manera que se minimizan tanto las pérdidas de carga como las posibles fugas. Así mismo, la segunda hipótesis permite la fijación de la pérdida de carga unitaria entre el nudo de inyección del flujo y cada uno de los nudos a los que abastece el mismo, pudiendo fijar de este modo la presión necesaria en el nudo de inyección por medio de la consecución de una presión mínima en el nudo más desfavorable, a fin de garantizar que en todos los puntos se tenga una presión de servicio adecuada.

Así pues, de la aplicación de todo lo anterior a la nueva red de agua potable del sector SUZ-5, y teniendo en cuenta que los cálculos han de realizarse para la suma del caudal punta de suministro habitual y del caudal de incendios, se obtienen los siguientes resultados para los distintos parámetros que la conforman:

- Diámetros: el dimensionamiento se llevará a cabo para un diámetro mínimo, con la idea de minimizar los costes de la red. En concreto, y dado que para una población de unos 168 habitantes equivalentes la NTE-IFA indica que se precisa de un diámetro mínimo de tubería de 60 mm, se obtiene que el diámetro mínimo necesario será de 200 mm para las tuberías AP0 (tramo de distribución entre la acometida a la red municipal actual, bajo el cruce entre la travesía de la CV-3017 y la C/ Valencia, y el nudo de inyección, que será el punto 1), AP1 y AP9 (ver plano 3.6 adjunto al presente Anteproyecto de Urbanización, denominado “Planta de la red de abastecimiento de

agua potable e hidrantes de incendio”), y de 175 mm para el resto, a fin de garantizar el paso del caudal de incendios en caso de que sea necesario. Al ser estos diámetros lo suficientemente grandes y los caudales de paso habituales relativamente pequeños, serán necesarias unas mayores labores de mantenimiento en el conjunto de la red con el objetivo de evitar deposiciones que provoquen una obstrucción del flujo y sean una causa potencial de averías.

- Caudales: el cálculo de la red se realizará tanto para caudales punta de suministro habitual como para situaciones excepcionales de suma de caudales punta de suministro habitual y de incendios, tratando de que el reparto de caudales se lleve a cabo de la manera más homogénea posible entre las parcelas edificables siguiendo los criterios que aparecen en 2.5.1. En consonancia con ello, se aplicarán las siguientes expresiones, donde la primera de ellas proporciona el caudal correspondiente a los tramos 10.1 y 10.2, en tanto que mediante la segunda se obtiene el caudal de los tramos 5.1, 5.2, 11.1, 11.2, 12.1, 12.2, 13.1 y 13.2, todos ellos en función del caudal punta total de suministro del tramo inicial, $Q_{p,ap,0}$:

$$Q_{p,ap,i} = 0,5 \cdot \frac{A'_{ap,1} (m^2s)}{\sum_{j=1}^3 A'_{ap,j} (m^2s)} \cdot Q_{p,ap,0}$$

$$Q_{p,ap,i} = 0,5 \cdot \frac{A'_{ap,j} (m^2s)}{\sum_{j=1}^3 A'_{ap,j} (m^2s)} \cdot \left(1 - \frac{L'_{ap,k} (m)}{\sum_{k=1}^5 L'_{ap,k} (m)} \right) \cdot Q_{p,ap,0}$$

En estas ecuaciones, las $A'_{ap,j}$ representan las superficies de cada una de las tres parcelas edificables ($A'_{ap,j}$ sería, en concreto, el área de la parcela P1), mientras que $L'_{ap,k}$ son las distancias entre el nudo de inyección y los nudos más distantes respecto del mismo en cada malla de la red. Los resultados de ambas, así como los de los caudales punta de cada tramo, se muestran en las tablas que aparecen al final de este Anejo, en donde los caudales del resto de tramos corresponden a la suma de los caudales de todos los tramos aguas abajo de los mismos.

- Velocidades: el valor mínimo de la velocidad en todos los tramos quedará establecido, como se ha dicho antes, en 0,3 m / s, mientras que el valor máximo recomendado de cada tramo vendrá dado, en función del diámetro, por la ecuación de Mougny:

$$v_{p,ap,i,max} = 1,5 \cdot \sqrt{D_{ap,i} (m) + 0,05}$$

En lo que respecta al cálculo de la velocidad de cada tramo en función del caudal punta, se realizará por medio de la habitual ecuación de continuidad:

$$v_{p,ap,i} = \frac{4 \cdot Q_{p,ap,i} (m^3 / s)}{\pi \cdot (D_{ap,i} (m))^2}$$

Los resultados de ambas velocidades, para cada uno de los tramos de la red aguas abajo del punto de inyección, son los que aparecen en las tablas del final del Anejo, mientras que las velocidades del flujo correspondientes al tramo de distribución inicial aparecen calculadas previamente a las mismas. Se puede observar, como se ha dicho previamente, que dichas velocidades ni siquiera alcanzan la velocidad mínima de 0,3 m / s en circunstancias habituales, lo que requerirá unas mayores labores de mantenimiento en la red a fin de evitar la sedimentación y la posible obstrucción del flujo en el interior de los conductos.

- Presiones: para el cálculo de las presiones en los diferentes puntos de la red, son de aplicación una serie de ecuaciones esenciales. La presión en el nudo final de un determinado tramo de tubería viene dado en función de la presión en el nudo inicial del mismo, según la expresión:

$$H_{ap,f,i} = H_{ap,i,i} - \Delta H_{ap,i}$$

En dicha ecuación, $\Delta h_{ap,i}$ representa las pérdidas de carga que se producen en el tramo de tubería en cuestión, que se obtienen mediante la siguiente expresión:

$$\Delta H_{ap,i} = \Delta H_{u,ap,i} \cdot L_{ap,i}$$

En esta otra ecuación, $L_{ap,i}$ son las longitudes de los distintos tramos de las conducciones, mientras que $\Delta H_{u,ap,i}$ representa las pérdidas de carga por unidad de longitud, calculadas a partir de esta otra expresión:

$$\Delta H_{u,ap,i} = F_{ap,i} (mca^{-1}) \cdot \frac{8 \cdot (Q_{p,ap,i} (m^3 / s))^2}{\pi^2 \cdot g (m / s^2) \cdot (D_{ap,i} (m))^4}$$

En esta última ecuación, $Q_{p,ap,i}$ son los caudales punta de cada tramo de tubería, $D_{ap,i}$ son los diámetros de dichos tramos, g es el término de aceleración de la gravedad (de valor $9,81 \text{ m / s}^2$), y $F_{ap,i}$ es el factor de pérdidas por unidad de longitud, calculado a su vez por medio de esta nueva expresión:

$$F_{ap,i} = \frac{f_{ap,i}}{D_{ap,i} \text{ (m)}} + \frac{K_{ap,i}}{L_{ap,i} \text{ (m)}}$$

Aquí, $K_{ap,i}$ es el coeficiente de pérdidas localizadas en cada tramo de conducción (constituido fundamentalmente por las pérdidas en válvulas), mientras que $f_{ap,i}$ es el coeficiente de pérdidas continuas (también denominado coeficiente de fricción) en dichos tramos, el cual se obtiene, para régimen de flujo turbulento, mediante la denominada ecuación de Colebrook-White, que es la que se expone a continuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f_{ap,i}}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\epsilon_{ap,i} \text{ (mm)}}{3,7 \cdot D_{ap,i} \text{ (mm)}} + \frac{2,51}{Re_{ap,i} \cdot \sqrt{f_{ap,i}}} \right)$$

En este caso, $\epsilon_{ap,i}$ es el valor de la rugosidad absoluta en cada uno de los tramos de la red (que ha quedado establecido en $0,10 \text{ mm}$ para todos ellos), en tanto que $Re_{ap,i}$ es lo que se conoce como número de Reynolds, el cual viene dado mediante la expresión:

$$Re_{ap,i} = \frac{4 \cdot Q_{p,ap,i} \text{ (m}^3 \text{ / s)}}{\pi \cdot D_{ap,i} \text{ (m)} \cdot v_{ap,i} \text{ (m}^2 \text{ / s)}}$$

Aquí, $v_{ap,i}$ es la viscosidad cinemática del agua (cuyo valor va a quedar, de manera general, establecido en $10^{-6} \text{ m}^2 \text{ / s}$). Valores de $Re_{ap,i}$ superiores a 4000 corroboran la hipótesis de flujo turbulento, con lo que el valor del coeficiente de fricción $f_{ap,i}$ se obtendría mediante la ecuación anterior, mientras que para valores inferiores a 4000 se tendría flujo laminar, con lo que dicho coeficiente de fricción $f_{ap,i}$ se obtendría mediante esta otra ecuación, denominada ecuación de Hagen-Poiseuille:

$$f_{ap,i} = \frac{64}{Re_{ap,i}}$$

Con todas estas expresiones, se procede al cálculo de las presiones en la red partiendo de las hipótesis básicas del “Método de las distancias mínimas”, expuestas previamente. Como bien se ha dicho en 2.5.1, es necesario fijar la presión mínima en el punto más desfavorable y las pérdidas de carga unitarias máximas hasta ese nudo para obtener la presión mínima en el punto de inyección (punto 1). El punto de presión mínima será el más alejado de dicho punto 1, concretamente el nudo 14 (ubicado al NE del sector), y, dado que la altura máxima edificatoria ha quedado establecida, según lo expuesto previamente en la Memoria Justificativa del Plan Parcial, en unos 17 m (correspondientes a 5 m de altura de PB y 4 m de altura de las tres plantas superiores), la presión mínima a garantizar en dicho nudo para flujo normal será de unos 15 m superior a dicha altura, es decir, 32,00 mca. Por tanto, si las pérdidas de carga máximas por unidad de longitud se limitan a unos 5 mca / km, la presión mínima en el nudo 1 que asegurará un adecuado servicio en todos los puntos de la red vendrá a ser de unos 33,91 mca en circunstancias habituales. En caso de que se precise hacer uso del caudal de incendios, el mismo necesitará una presión mínima adicional en el punto de suministro de 10 mca, por lo que en ese caso las presiones mínimas anteriores serán de 42,00 mca y 43,91 mca, respectivamente. En las tablas que aparecen posteriormente, se indican los valores mínimos de presión necesarios en cada uno de los nudos importantes de la red, indicando también los valores de los coeficientes de pérdidas en cada caso.

Finalmente, en lo referente a las sobrepresiones por golpe de ariete debidas al cierre de las válvulas de compuerta, cabe decir que se medirán desde un punto de origen (que en este caso será el nudo de inyección, donde presumiblemente se ubicará la primera válvula) y hasta cada uno de los nudos singulares de aguas abajo, y se calcularán a partir de una ecuación análoga a la de las pérdidas de carga en función de la longitud de tubería, en donde las pérdidas de carga unitarias se establecerán en función del diámetro, y cuyos valores quedan especificados en la tabla expuesta anteriormente:

$$\Delta P_{ap,i} = \Delta P_{u,ap,i} \cdot L_{ap,i}$$

De igual modo, los resultados aparecen en las tablas finales, siendo la sobrepresión unitaria de 5,0 mca / km en todos los tramos de red, y obteniendo así una sobrepresión máxima en el nudo 14 y de valor 1,91 mca en el tramo considerado. Entre la conexión con la red

general municipal y dicho nudo de inyección, se tendrá una sobrepresión de 6,06 mca.

Por otra parte, el caudal punta total de suministro de agua potable en situación habitual, $Q_{p,ap,0}$, se va a establecer en función de la consecución de unas pérdidas de carga unitarias en el tramo inicial de 5 mca / km y de la suposición de un diámetro mínimo necesario, para ese caso, de 60 mm. Así, despreciando las pérdidas de carga localizadas en dicho tramo inicial, se obtiene en primer lugar el valor del producto del caudal punta $Q_{p,ap,0}$ por la raíz cuadrada del coeficiente de fricción $f_{ap,0}$, de aplicación posterior en la ecuación de Colebrook-White:

$$Q_{p,ap,0} \cdot \sqrt{f_{ap,0}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot g(m/s^2) \cdot (D_{ap,0}(m))^5 \cdot \Delta H_{u,ap,0}(mca/m)}{8}} = \sqrt{\frac{\pi^2}{8}} \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,06^5 \cdot 0,005} = 2,1692 \cdot 10^{-4} m^3 / s$$

Aplicando este valor a la ecuación de Colebrook-White para un diámetro de tubería $D_{ap,0}$ de 60 mm, se obtiene un valor del coeficiente de fricción $f_{ap,0}$ de:

$$f_{ap,0} = \left(-2 \cdot \log \left(\frac{\epsilon_{ap,0}(mm)}{3,7 \cdot D_{ap,0}(mm)} + \frac{2,51 \cdot \pi \cdot D_{ap,0}(m) \cdot v_{ap,0}(m^2/s)}{4 \cdot Q_{p,ap,0}(m^3/s) \cdot \sqrt{f_{ap,0}}} \right) \right)^{-2} =$$

$$= \left(-2 \cdot \log \left(\frac{0,10}{3,7 \cdot 60} + \frac{2,51 \cdot \pi \cdot 0,06 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 2,1692 \cdot 10^{-4}} \right) \right)^{-2} = 0,0277$$

De aquí se obtiene que el factor de pérdidas por unidad de longitud, $F_{ap,0}$, será de:

$$F_{ap,0} = \frac{f_{ap,0}}{D_{ap,0}(m)} = \frac{0,0277}{0,06} = 0,4624 mca^{-1}$$

Por tanto, el valor del caudal punta del tramo inicial, $Q_{p,ap,0}$, será de:

$$Q_{p,ap,0} = \frac{2,1692 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{0,0277}} = 1,30 \cdot 10^{-3} m^3 / s = \mathbf{1,30 l / s}$$

Dado que el caudal medio diario, $Q_{med,ap,0}$, del tramo inicial ha quedado establecido en 25239,00 l / día, o lo que es lo mismo, 0,29 l / s (ver Anejo 2.3), el valor del coeficiente de punta de suministro, $K_{p,ap}$, resulta ser en este caso:

$$K_{p,ap} = \frac{Q_{p,ap,0} (l/s)}{Q_{med,ap,0} (l/s)} = \frac{1,30}{0,29} = 4,46$$

Igualmente, se comprueba que el flujo se encuentra, en ese tramo, en régimen turbulento mediante la obtención del número de Reynolds $Re_{ap,0}$:

$$Re_{ap,0} = \frac{4 \cdot Q_{p,ap,0} (m^3/s)}{\pi \cdot D_{ap,0} (m) \cdot v_{ap,0} (m^2/s)} = \frac{4 \cdot 1,30 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,06 \cdot 10^{-6}} = 27636,44 \geq 4000$$

Por último, se calcula la velocidad del flujo en hora punta en el citado tramo, y se comprueba que no supera el valor de la velocidad máxima recomendada para el mismo según la ecuación de Mougny:

$$v_{p,ap,0} = \frac{4 \cdot Q_{p,ap,0} (m^3/s)}{\pi \cdot (D_{ap,0} (m))^2} = \frac{4 \cdot 1,30 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,06^2} = \mathbf{0,46 \text{ m/s}}$$

$$v_{p,ap,0,max} = 1,5 \cdot \sqrt{D_{ap,0} (m) + 0,05} = 1,5 \cdot \sqrt{0,06 + 0,05} = \mathbf{0,50 \text{ m/s}}$$

Teniendo en cuenta que el tramo 0 posee realmente un diámetro de 200 mm, los valores anteriores se transforman en los siguientes: $f_{ap,0} = 0,0188$; $F_{ap,0} = 0,0939 \text{ m}^{-1}$; $v_{ap,0} = 0,041 \text{ m/s}$; $v_{ap,0,max} = 0,75 \text{ m/s}$. Así pues, a partir de los cálculos realizados para este tramo inicial (tramo 0), y aplicando las ecuaciones anteriores a los distintos tramos, se obtienen, para el resto de tramos de la nueva red y en caso de flujo normal, los resultados que aparecen en las tablas que se muestran a continuación:

Tubería	Nudo inicial	Nudo final	Malla	$L_{ap,i} (m)$	$L'_{ap,i} (m)$	$A'_{ap,i} (m^2s)$
AP1	1	2		67,0748		
AP2	2	3		14,3838		
AP3	3	4		74,2727		
AP4	4	5		14,3838		
AP5.1	5	14	5	212,36605	382,48115	10290,7830
AP5.2	6	14	5	76,90545	382,48115	10290,7830
AP6	7	6		14,3651		
AP7	8	7		74,1860		
AP8	9	8		14,3585		
AP9	1	9		202,6661		
AP10.1	2	10	1	138,17565	205,25045	9437,5942
AP10.2	9	10	1	2,58435	205,25045	9437,5942
AP11.1	3	11	2	138,4093	219,8679	10202,2737
AP11.2	8	11	2	2,8433	219,8679	10202,2737
AP12.1	4	12	3	139,2895	295,0208	10202,2737
AP12.2	7	12	3	3,8102	295,0208	10202,2737
AP13.1	5	13	4	139,4436	309,5587	10290,7830
AP13.2	6	13	4	3,9830	309,5587	10290,7830

Tubería	D _{ap,i} (mm)	Q _{p,ap,i} / Q _{p,ap} (%)	Q _{p,ap,i} (l / s)	v _{p,ap,i} (m / s)	v _{p,ap,i,max} (m / s)
AP1	200,00	50,00	0,65	0,021	0,75
AP2	175,00	34,23	0,45	0,019	0,75
AP3	175,00	24,47	0,32	0,013	0,75
AP4	175,00	17,19	0,22	0,009	0,75
AP5.1	175,00	7,69	0,10	0,004	0,75
AP5.2	175,00	7,69	0,10	0,004	0,75
AP6	175,00	17,19	0,22	0,009	0,75
AP7	175,00	24,47	0,32	0,013	0,75
AP8	175,00	34,23	0,45	0,019	0,75
AP9	200,00	50,00	0,65	0,021	0,75
AP10.1	175,00	15,77	0,21	0,009	0,75
AP10.2	175,00	15,77	0,21	0,009	0,75
AP11.1	175,00	9,77	0,13	0,005	0,75
AP11.2	175,00	9,77	0,13	0,005	0,75
AP12.1	175,00	7,28	0,09	0,004	0,75
AP12.2	175,00	7,28	0,09	0,004	0,75
AP13.1	175,00	9,50	0,12	0,005	0,75
AP13.2	175,00	9,50	0,12	0,005	0,75

Tubería	ΔH _{u,ap,i} (mca / km)	F _{ap,i} (mca ⁻¹)	f _{ap,i}	K _{ap,i}	ΔH _{ap,i} (mca)
AP1	5,00	0,36	0,0312	13,98	0,34
AP2	5,00	0,18	0,0197	0,91	0,07
AP3	5,00	0,22	0,0276	4,89	0,37
AP4	5,00	0,29	0,0393	0,98	0,07
AP5.1	5,00	0,57	0,0878	15,08	1,06
AP5.2	5,00	0,57	0,0878	5,46	0,38
AP6	5,00	0,29	0,0393	0,98	0,07
AP7	5,00	0,22	0,0296	4,89	0,37
AP8	5,00	0,18	0,0197	0,90	0,07
AP9	5,00	0,36	0,0312	42,23	1,01
AP10.1	5,00	0,31	0,0428	9,46	0,69
AP10.2	5,00	0,31	0,0428	0,18	0,01
AP11.1	5,00	0,47	0,0692	9,74	0,69
AP11.2	5,00	0,47	0,0692	0,20	0,01
AP12.1	5,00	0,60	0,0928	9,91	0,70
AP12.2	5,00	0,60	0,0928	0,27	0,02
AP13.1	5,00	0,48	0,0711	9,82	0,70
AP13.2	5,00	0,48	0,0711	0,28	0,02

Tubería	H _{ap,i} (mca)	H _{ap,f,i} (mca)	ΔP _{u,ap,i} (mca / km)	ΔP _{ap,i} (mca)	P _{ap,i} (mca)	P _{ap,f,i} (mca)
AP1	33,91	33,58	5,00	0,34	0,00	0,34
AP2	33,58	33,51	5,00	0,07	0,34	0,41
AP3	33,51	33,13	5,00	0,37	0,41	0,78
AP4	33,13	33,06	5,00	0,07	0,78	0,85
AP5.1	33,06	32,00	5,00	1,06	0,85	1,91
AP5.2	32,38	32,00	5,00	0,38	1,53	1,91
AP6	32,46	32,38	5,00	0,07	1,46	1,53
AP7	32,83	32,46	5,00	0,37	1,09	1,46
AP8	32,90	32,83	5,00	0,07	1,01	1,09
AP9	33,91	32,90	5,00	1,01	0,00	1,01
AP10.1	33,58	32,89	5,00	0,69	0,34	1,03
AP10.2	32,90	32,89	5,00	0,01	1,01	1,03
AP11.1	33,51	32,81	5,00	0,69	0,41	1,10
AP11.2	32,83	32,81	5,00	0,01	1,09	1,10
AP12.1	33,13	32,44	5,00	0,70	0,78	1,48

Tubería	H _{ap,i} (mca)	H _{ap,f} (mca)	ΔP _{u,ap,i} (mca / km)	ΔP _{ap,i} (mca)	P _{ap,i} (mca)	P _{ap,f} (mca)
AP12.2	32,46	32,44	5,00	0,02	1,46	1,48
AP13.1	33,06	32,36	5,00	0,70	0,85	1,55
AP13.2	32,38	32,36	5,00	0,02	1,53	1,55

Por lo que respecta a la situación de caudal punta adicional de incendios, la suma de caudales punta resultaría ser de $16,67 + 1,30 = \mathbf{17,97 \text{ l / s}}$, lo que hace que la velocidad de la tubería AP0 sea en este caso de $0,57 \text{ m / s}$. El resto de resultados de los distintos tramos de tubería quedan en este caso como sigue:

Tubería	D _{ap,i} (mm)	Q _{p,ap,i} / Q _{p,ap} (%)	Q _{p,ap,i} (l / s)	v _{p,ap,i} (m / s)	v _{p,ap,i,max} (m / s)
AP1	200,00	50,00	17,32	0,55	0,75
AP2	175,00	34,23	17,11	0,71	0,75
AP3	175,00	24,47	16,99	0,71	0,75
AP4	175,00	17,19	16,89	0,70	0,75
AP5.1	175,00	7,69	16,77	0,70	0,75
AP5.2	175,00	7,69	16,77	0,70	0,75
AP6	175,00	17,19	16,89	0,70	0,75
AP7	175,00	24,47	16,99	0,71	0,75
AP8	175,00	34,23	17,11	0,71	0,75
AP9	200,00	50,00	17,32	0,55	0,75
AP10.1	175,00	15,77	16,87	0,70	0,75
AP10.2	175,00	15,77	16,87	0,70	0,75
AP11.1	175,00	9,77	16,79	0,70	0,75
AP11.2	175,00	9,77	16,79	0,70	0,75
AP12.1	175,00	7,28	16,76	0,70	0,75
AP12.2	175,00	7,28	16,76	0,70	0,75
AP13.1	175,00	9,50	16,79	0,70	0,75
AP13.2	175,00	9,50	16,79	0,70	0,75

Tubería	ΔH _{u,ap,i} (mca / km)	F _{ap,i} (mca ⁻¹)	f _{ap,i}	K _{ap,i}	ΔH _{ap,i} (mca)
AP1	5,00	0,32	0,0229	13,98	0,34
AP2	5,00	0,19	0,0229	0,91	0,07
AP3	5,00	0,20	0,0229	4,89	0,37
AP4	5,00	0,20	0,0229	0,98	0,07
AP5.1	5,00	0,20	0,0229	15,08	1,06
AP5.2	5,00	0,20	0,0229	5,46	0,38
AP6	5,00	0,20	0,0229	0,98	0,07
AP7	5,00	0,20	0,0229	4,89	0,37
AP8	5,00	0,19	0,0229	0,90	0,07
AP9	5,00	0,32	0,0229	42,23	1,01
AP10.1	5,00	0,20	0,0229	9,46	0,69
AP10.2	5,00	0,20	0,0229	0,18	0,01
AP11.1	5,00	0,20	0,0229	9,74	0,69
AP11.2	5,00	0,20	0,0229	0,20	0,01
AP12.1	5,00	0,20	0,0229	9,91	0,70
AP12.2	5,00	0,20	0,0229	0,27	0,02
AP13.1	5,00	0,20	0,0229	9,82	0,70
AP13.2	5,00	0,20	0,0229	0,28	0,02

Tubería	H_{ap,i} (mca)	H_{ap,f} (mca)	ΔP_{u,ap,i} (mca / km)	ΔP_{ap,i} (mca)	P_{ap,i} (mca)	P_{ap,f} (mca)
AP1	43,91	43,58	5,00	0,34	0,00	0,34
AP2	43,58	43,51	5,00	0,07	0,34	0,41
AP3	43,51	43,13	5,00	0,37	0,41	0,78
AP4	43,13	43,06	5,00	0,07	0,78	0,85
AP5.1	43,06	42,00	5,00	1,06	0,85	1,91
AP5.2	42,38	42,00	5,00	0,38	1,53	1,91
AP6	42,46	42,38	5,00	0,07	1,46	1,53
AP7	42,83	42,46	5,00	0,37	1,09	1,46
AP8	42,90	42,83	5,00	0,07	1,01	1,09
AP9	43,91	42,90	5,00	1,01	0,00	1,01
AP10.1	43,58	42,89	5,00	0,69	0,34	1,03
AP10.2	42,90	42,89	5,00	0,01	1,01	1,03
AP11.1	43,51	42,81	5,00	0,69	0,41	1,10
AP11.2	42,83	42,81	5,00	0,01	1,09	1,10
AP12.1	43,13	42,44	5,00	0,70	0,78	1,48
AP12.2	42,46	42,44	5,00	0,02	1,46	1,48
AP13.1	43,06	42,36	5,00	0,70	0,85	1,55
AP13.2	42,38	42,36	5,00	0,02	1,53	1,55