

**POLITECHNIKA
BIAŁOSTOCKA**



**BIAŁYSTOK
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY**

WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I
NAUK O ŚRODOWISKU

FACULTY
OF CIVIL
ENGINEERING
AND
ENVIRONMENTAL
SCIENCES

Katedra Wodociągów i Kanalizacji

Department
of Water
Supply and
Sewage
Systems

PROYECTO FINAL

Title:

***Diseño y simulación de un sistema de abastecimiento de agua para una pequeña
comunidad utilizando el software Epanet***

Programa de estudios: Erasmus +

Presentado a : Dariusz Andraka, PhD
(Profesor a cargo):

Presentado por :
(Nombre del estudiante):Alberto Ballesta Cano.....

Fecha de entrega:

Tabla de contenido

Introducción

1. Características generales del sistema de suministro de agua.

1.1. Elementos del sistema de abastecimiento de agua.

1.2. Norma europea EN 805

2. Materiales y métodos

2.1. Descripción del área de estudio.

2.2. Software de Epanet

2.3. Características técnicas de la red de distribución.

2.4. Variaciones en la demanda de agua (patrón de tiempo)

2.5. Agua para protección contra incendios.

3. Diseñar cálculos y resultados de simulaciones

3.1. Diámetros de tuberías

3.2. Simulaciones de estado estacionario: día promedio (Q_d) y día máximo (Q_{dmax})

3.3 Simulaciones dinámicas: día máximo (Q_{dmax})

3.4. Eventos de fuego

3.5. Consecuencias de fallas en la red de distribución

Resumen y conclusiones

Bibliografía

1. Introducción

El agua fue un factor importante en la ubicación de las primeras comunidades colonizadas, y la evolución de los sistemas públicos de suministro de agua está directamente relacionada con el crecimiento de las ciudades. En el desarrollo de los recursos hídricos más allá de su condición natural en ríos, lagos y manantiales, la excavación de pozos poco profundos fue probablemente la primera innovación. A medida que aumentó la necesidad de agua y se desarrollaron herramientas, los pozos se hicieron más profundos.

La necesidad de canalizar los suministros de agua desde fuentes distantes fue el resultado del crecimiento de las comunidades urbanas. Entre los sistemas de transporte de agua antiguos más notables se encuentran los acueductos construidos entre 312 a. C. y 455 a. C. en todo el Imperio Romano. Algunas de estas impresionantes obras aún existen. Los escritos de Sextus Julius Frontinus (quien fue nombrado superintendente de acueductos romanos en el año 97 dC proporcionan información sobre el diseño y la construcción de los 11 acueductos principales que abastecieron a la propia Roma. un acueducto romano típico incluía una serie de canales subterráneos y subterráneos. El más largo fue el Aqua Marcia, construido en 144 a. C. Su origen estaba a unos 37 km (23 millas) de Roma. El acueducto en sí tenía 92 km (57 millas) de largo, sin embargo, debido a que tenía que serpentear a lo largo de los contornos de la tierra para mantener un flujo constante de agua. Durante unos 80 km (50 millas) el acueducto estuvo bajo tierra en una zanja cubierta, y solo durante los últimos 11 km (7 millas) fue transportado por encima del suelo en una arcada. De hecho, la mayor parte de la longitud combinada de los acueductos que abastecen a Roma (unos 420 km [260 millas]) se construyó como trincheras o túneles cubiertos. Al cruzar un valle, los acueductos estaban soportados por arcadas que comprenden uno o más niveles de gran masiva Muelles ite y arcos impresionantes.

Los acueductos terminaron en Roma en depósitos de distribución, desde los cuales el agua se transportaba a baños públicos o fuentes. Unos pocos ciudadanos muy ricos o privilegiados tenían agua entubada directamente a sus hogares, pero la mayoría de la gente transportaba agua en contenedores desde una fuente pública. El agua corría constantemente, el exceso se usaba para limpiar las calles y descargar las alcantarillas.

Los antiguos acueductos y tuberías no eran capaces de soportar mucha presión. Los canales fueron construidos de piedra cortada, ladrillo, escombros u hormigón en bruto. Las tuberías generalmente estaban hechas de piedra perforada o de troncos de madera huecos, aunque también se usaron tuberías de arcilla y plomo. Durante La Edad Media no hubo un progreso notable en los métodos o materiales utilizados para transportar y distribuir el agua.

Las tuberías de hierro fundido con juntas capaces de soportar altas presiones no se utilizaron mucho hasta principios del siglo XIX. La máquina de vapor se aplicó por

primera vez a las operaciones de bombeo de agua aproximadamente en ese momento, lo que hizo posible que todas las comunidades, excepto las más pequeñas, tuvieran agua potable suministrada directamente a hogares individuales. Materiales para tuberías de suministro de agua en el siglo XX.

Además de la cantidad de suministro, la calidad del agua también es preocupante. Incluso los antiguos apreciaban la importancia de la pureza del agua. Pero no fue hasta mediados del siglo XIX que se demostró un vínculo directo entre el agua contaminada y la enfermedad (cólera).

1.1.-Elementos del sistema de abastecimiento de agua.

Un sistema de suministro de agua generalmente incluye:

1. Una cuenca de drenaje: una cuenca de drenaje es cualquier área de tierra donde la precipitación se acumula y drena en una salida común, como un río, bahía u otro cuerpo de agua. La cuenca de drenaje incluye toda el agua superficial de la escorrentía de la lluvia, el deshielo y las corrientes cercanas que corren cuesta abajo hacia la salida compartida, así como el agua subterránea debajo de la superficie de la tierra. Las cuencas de drenaje se conectan a otras cuencas de drenaje a elevaciones más bajas en un patrón jerárquico, con cuencas de drenaje secundario más pequeñas, que a su vez drenan en otra salida común.

La cuenca de drenaje actúa como un embudo al recoger toda el agua dentro del área cubierta por la cuenca y canalizarla a un solo punto. Cada cuenca de drenaje está separada topográficamente de las cuencas adyacentes por un perímetro, la división de drenaje, formando una sucesión de características geográficas más altas (como una cresta, colina o montaña) formando una barrera.

2. Un punto de recolección de agua cruda donde el agua se acumula, como un lago, un río o agua subterránea de un acuífero subterráneo. El agua cruda puede transferirse utilizando acueductos descubiertos a nivel del suelo, túneles

cubiertos o tuberías de agua subterráneas a las instalaciones de purificación de agua.

3. Un sistema de tratamiento de agua cruda es un sistema compuesto por varias tecnologías individuales que cubren sus necesidades específicas de tratamiento de agua cruda.

El tratamiento del agua cruda rara vez es un proceso estático, y un sistema de tratamiento de agua cruda diseñado para adaptarse a las fluctuaciones en las necesidades de tratamiento contribuirá en gran medida a evitar reemplazos / actualizaciones costosas en el futuro. Un sistema de tratamiento de agua cruda eficiente y bien diseñado debería ser capaz de manejar:

- variaciones estacionales en turbidez y flujo
- variaciones en las necesidades de química del agua y ajustes de volúmenes químicos requeridos
- cambios en los requisitos de calidad del agua (como la calidad del agua de alimentación requerida para una nueva caldera)

Los componentes exactos de un sistema de tratamiento de agua cruda dependen de la calidad del agua extraída en relación con la calidad del agua necesaria, pero en general, un sistema básico de tratamiento de agua cruda generalmente incluye algún tipo de:

- alimentación química para ayudar a facilitar la floculación o coagulación de cualquier sólido suspendido
- clarificador para asentar los sólidos más grandes
- filtración para eliminar las partículas más pequeñas

- panel de control (dependiendo del nivel de operación automatizada necesario)
4. Instalaciones de purificación de agua. El agua tratada se transfiere mediante tuberías de agua.

La purificación del agua es el proceso de eliminar del agua sustancias químicas no deseadas, contaminantes biológicos, sólidos en suspensión y gases. El objetivo es producir agua apta para fines específicos. La mayor parte del agua se purifica y desinfecta para consumo humano (agua potable), pero la purificación del agua también se puede llevar a cabo para una variedad de otros propósitos, incluidas aplicaciones médicas, farmacológicas, químicas e industriales. Los métodos utilizados incluyen procesos físicos tales como filtración, sedimentación y destilación; procesos biológicos tales como filtro de arena lento o carbono biológicamente activo; procesos químicos tales como floculación y cloración; y el uso de radiación electromagnética como la luz ultravioleta. La purificación del agua puede reducir la concentración de partículas, incluidas partículas suspendidas, parásitos, bacterias, algas, virus y hongos, así como reducir la concentración de un rango de materia disuelta y particulada.

5. Instalaciones de almacenamiento de agua como depósitos, tanques de agua o torres de agua.

Los sistemas de agua pequeños pueden almacenar el agua en cisternas o recipientes a presión. Los edificios altos también pueden necesitar almacenar agua localmente en recipientes a presión para que el agua llegue a los pisos superiores. El almacenamiento es un componente esencial de los sistemas de agua. Las instalaciones de almacenamiento de agua proporcionan reservas de agua para protección contra incendios, igualación de flujo y emergencias. El almacenamiento adecuado permite la operación eficiente del sistema de agua junto con las reservas de emergencia. Los tanques de almacenamiento a menudo se encuentran en lugares

remotos y no reciben el mantenimiento de rutina que requieren. El mantenimiento inadecuado puede conducir a la degradación de la calidad del agua en el sistema, mayores costos de mantenimiento y una vida útil más corta de la estructura.

6. Puede que sea necesario colocar componentes adicionales de presurización de agua, como estaciones de bombeo, en la salida de depósitos o cisternas subterráneas o elevadas.

También llamadas instalaciones de bombeo en situaciones como paredes perforadas y agua potable, son instalaciones que incluyen bombas y equipos para bombear fluidos de un lugar a otro. Se utilizan para una variedad de sistemas de infraestructura, como el suministro de agua a los canales, el drenaje de tierras bajas y la eliminación de aguas residuales a los sitios de procesamiento. Una estación de bombeo es, por definición, una parte integral de una instalación.

7. Una red de tuberías para la distribución de agua a los consumidores.

Las tuberías de un sistema de distribución se pueden dividir en tres categorías funcionales: tuberías principales que transportan agua a granel desde la fuente, generalmente hasta un depósito de servicio; tuberías principales de alimentación, o tuberías principales que transportan cantidades relativamente grandes de agua desde el depósito de servicio a las áreas de demanda; y redes de distribución que suministran agua a las conexiones de los consumidores. Las redes de distribución están diseñadas para satisfacer la variación horaria de la demanda de los consumidores. Las tuberías del sistema de distribución normalmente comprenden el mayor activo de capital que posee una empresa. El cambio de ruta de los flujos de tuberías puede ofrecer otras alternativas. Las nuevas tuberías principales pueden aportar beneficios para reducir las fugas, mejorar las presiones y reducir las explosiones. Los estudios económicos también pueden conducir a otras soluciones,

como la actualización o automatización de la planta de bombeo, o la adopción de una nueva zonificación de los suministros. Este último puede promover mejores regímenes de presión, ayudar a las medidas de detección de fugas y reducir los problemas de deterioro de la calidad del agua a través de la red de distribución. Hay pocas ocasiones en que se requiere el diseño de un sistema de distribución completamente nuevo, por lo tanto, la mayoría de los estudios y diseños hidráulicos implican analizar el rendimiento de un sistema existente y, cuando sea necesario, mejorar su rendimiento para satisfacer las demandas de los nuevos desarrollos y un mayor consumo de los consumidores existentes. . Debido a la naturaleza compleja de los sistemas existentes y la necesidad de cumplir con criterios de rendimiento más exigentes para los niveles de servicio y la calidad del agua, el análisis de redes de distribución se ha vuelto cada vez más complejo y requiere el uso de computadoras y técnicas de análisis de redes hidráulicas.

8. Las conexiones a las alcantarillas generalmente se encuentran aguas abajo de los consumidores de agua, pero el sistema de alcantarillado se considera un sistema separado, en lugar de parte del sistema de suministro de agua.

1.2-Norma europea EN 805

Alcance:

El estándar europeo establece:

- requisitos generales para los sistemas de suministro de agua fuera de los edificios, que incluyen: conexiones de red y servicio, almacenamiento en red y otras tuberías con agua cruda (excluyendo estaciones de tratamiento de agua y tomas de agua).

- requisitos generales para los componentes del sistema. - requisitos generales para las normas relacionadas con el equipo (esas normas pueden tener requisitos más estrictos).

- requisitos para la construcción, examen y aceptación.

Es aplicable a:

- diseño y construcción de nuevos sistemas de suministro de agua.

- desarrollo significativo del sistema existente, que puede considerarse como un subsistema separado.

- modificación significativa y / o renovación de los sistemas de suministro de agua existentes.

Aplicación de normas y reglamentos:

Las normas nacionales, así como las normas europeas (cuando estén disponibles) aceptadas como normas nacionales, deben aplicarse a todos los problemas (incluida la salud y la seguridad) de manera equitativa con las reglamentaciones locales disponibles "en el sitio".

Sobre los requisitos del sistema de suministro de agua, es importante prestar atención sobre la calidad del agua, el período de diseño y la demanda de agua.

Calidad del agua: es importante cumplir con los requisitos establecidos en las reglamentaciones locales (nacionales), así como en las directivas de la UE y la EFTA.

Los materiales de (WSS) que están en contacto con el agua potable deben diseñarse con materiales que cumplan requisitos específicos. El sistema de suministro de agua debe diseñarse de manera que se minimice el estancamiento del agua. Deben considerarse las siguientes situaciones que provocan estancamientos:

- No hay flujo en la sección.

- Conexión de hidrante
- Falta de válvula de cierre en la rama diseñada para el desarrollo futuro.
- Secciones con baja velocidad de flujo permanente
- Diámetros de tuberías de gran tamaño, debido a requisitos de protección contra incendios u otras necesidades.

Período de diseño: los sistemas deben estar diseñados para el período de al menos 50 años de la operación. Algunos equipos como bombas, medidores, etc. pueden requerir un reemplazo o modificación más temprana.

Demanda de agua: tenemos que estimar la demanda de agua actual y futura; además, los requisitos de agua para la protección contra incendios deben determinarse de acuerdo con las regulaciones locales. Se debe prestar especial atención a la seguridad del sistema de suministro de agua relacionado con ataques terroristas, vandalismo o cualquier otra actividad ilegal. En general, el sistema debe ser seguro, pero se debe tener especial cuidado con la red de transmisión por encima del suelo. Para los lugares donde el riesgo es significativo, se deben considerar medidas de seguridad especiales.

2. Materiales y métodos

2.1.-Descripción del área de estudio.

El proyecto está ubicado en la región de Wasilkow (8 kilómetros al norte de Bialystok) y el objetivo principal es establecer un sistema de suministro de agua utilizando el software Epanet para suministrar un área residencial y también simular posibles errores durante el suministro, como incendios o pérdidas de presión. En las

tuberías. El nombre de la ciudad proviene del nombre del Príncipe Halych Wasylko Romanowicz (nacido en 1203 - fallecido en 1269), quien según algunas fuentes en la segunda mitad del siglo XIII, fundó una fortaleza fortificada en el río Supraśl, que dio origen a La ciudad de Wasilków. Fuentes históricas dicen que en



el siglo XIII, el Príncipe Wasylko, junto con su hermano Daniel, gobernó el Principado de Halych-Volyn, que pertenecía al área de Wasilków. La ciudad es una de las ciudades más antiguas de Podlasie y una ciudad con una rica historia que se remonta a la historia de Jagiellons. También es un lugar extremadamente encantador y conveniente para vivir, lo que se refleja en el creciente número de habitantes de año en año. La sede de los órganos de la comuna es la ciudad de Wasilków ubicada en la aglomeración Białystok y la ciudad de Wasilków ubicada en el valle del río Supraśl. La ciudad tiene una población de alrededor de 11,000 habitantes y cubre un área de 28.15 km².

Esta ciudad tiene una ubicación conveniente que permite un acceso rápido a la capital de Podlasie y la encantadora zona boscosa atrajo a cientos de nuevos residentes. La comuna de Wasilków es atractiva para las familias que deciden vivir allí debido a los bajos costos y precios de los apartamentos e inmuebles. Cada año, se construyen

nuevas vías de acceso en áreas rurales y urbanizaciones, y las calles existentes se modernizan.



2.2.-Software de Epanet

Utilizamos Epanet 2.0 para este proyecto en el que simulamos varias situaciones que podrían suceder en la vida real.

Este software es para simular y no diseñar un sistema de suministro de agua. En estas simulaciones podemos verificar los resultados que obtendríamos en caso de extinción de incendios, podemos controlar la velocidad del flujo en las tuberías, también para verificar la presión es el correcto, etc.

Epanet fue concebido como una herramienta para el análisis de la evolución de la calidad del agua, mientras se ejecuta a través de las redes de distribución. Pero desde un punto de vista físico, la calidad es consecuencia de los procesos de transporte, mezcla y reacción de los contaminantes disueltos en ella. Esto significa que antes de resolver el problema de calidad, el problema hidráulico debe resolverse para conocer los caudales a través de las tuberías y la evolución de los volúmenes almacenados en los tanques. Pero dado que estos a su vez dependen de las demandas de la red, las características físicas del sistema y su modo de regulación, resolver el problema hidráulico termina siendo más complejo que resolver el problema de la calidad.

Epanet distingue entre aquellas fuentes de suministro cuyo volumen se considera mucho mayor que el que contribuyó a la red durante un día y cuyas características principales son mantener constante el nivel del agua, y los tanques de almacenamiento, cuyo volumen varía con los flujos y proyecciones entrantes, y que en la práctica puede corresponder a tanques de cabecera o de regulación, torres de agua, depósitos e incluso calderas hidroneumáticas. Los primeros se denominan genéricamente depósitos y los segundos depósitos. Una característica hidráulica común de estos elementos es que el nivel del agua es un hecho o evoluciona de acuerdo con las leyes de continuidad, mientras que el flujo entrante o saliente se considera desconocido y el programa lo determinará durante el proceso de la red en equilibrio.

Las demandas en un nodo pueden ser múltiples, que se declaran por separado y se superponen en el proceso de cálculo. Así, por ejemplo, las demandas de origen doméstico pueden diferenciarse de las de origen industrial, pero también pueden

superponerse a la demanda habitual de un nudo, la demanda extraordinaria debido a un incendio o el uso particular de un hidrante de agua. La demanda real generalmente se especifica como el producto de un valor base (por ejemplo, la demanda promedio) mediante una serie de factores que son responsables de modularla a lo largo de la simulación (generalmente 24 horas), aunque también es posible establecer la base del valor como 1 y adoptar directamente los valores de demanda por hora. Las curvas de modulación se declaran por separado y pueden ser compartidas por muchos nodos. Pero además de estas demandas "preestablecidas", Epanet incorpora un nuevo elemento de consumo llamado Emisor, cuyo flujo depende de la presión a través de un coeficiente multiplicador y un exponente. Su objetivo es representar el modo real de operación de un hidrante sin regulación previa, un rociador de una red contra incendios, la respuesta a una fuga o el valor de una demanda dependiente de la presión (por ejemplo, en casos de insuficiencia). El flujo de los emisores se superpone, en su caso, a las demandas "preestablecidas" en el nodo.

Como elementos de transporte a través de la red, Epanet considera solo las tuberías, que disipan energía a la velocidad de flujo dependiendo de su valor, y también su diámetro, longitud y material (rugosidad), de acuerdo con las fórmulas para la pérdida de carga.

En la sección de regulación, Epanet básicamente contempla dos tipos de componentes: las válvulas como elementos pasivos que disipan energía, y las bombas como elementos activos que proporcionan energía. Cuando se habla de válvulas en Epanet, se hace referencia a las válvulas de regulación de flujo o presión. Las válvulas de cierre manuales sin nada generalmente no se incorporan en los modelos, y sus pérdidas se pueden integrar en el coeficiente de pérdidas menores de la tubería.

Por otro lado, las válvulas de retención o de retención no se modelan como elementos separados, sino que se incorporan como una 'propiedad' más que las tuberías. Por lo tanto, una tubería puede considerarse abierta, cerrada o provista de una válvula de retención. En el primer caso, el paso del agua es libre en ambas direcciones, en el segundo en ninguno (simulando la acción de las válvulas de cierre) y en el tercero es libre solo en la dirección permitida (las pérdidas introducidas por la válvula de retención cuando están abiertos se pueden incorporar al coeficiente de pérdidas menores de la tubería).

Las válvulas reguladoras están provistas de un obturador interno que puede permanecer en cualquier posición intermedia, bajo acción manual o con un control remoto. Estas válvulas se conocen en Epanet como Regulación y su comportamiento se caracteriza por el coeficiente de pérdida adimensional k , o por el coeficiente C_v proporcionado por los fabricantes, que depende de la posición del obturador. Sin embargo, existen válvulas automáticas en el mercado que permiten mantener la presión aguas abajo de la válvula (Reductor), la presión aguas arriba (Soporte) o la velocidad de flujo (Limitador de flujo), siempre que ocurran ciertas condiciones hidráulicas. Epanet también contempla todos estos tipos de válvulas, pudiendo preestablecer el valor del punto de ajuste en función del tiempo. Existe un quinto tipo de válvula, llamada Load Breaking, que mantiene la diferencia de presión entre el nodo aguas arriba y el nodo aguas abajo en un valor predeterminado; Aunque dicha válvula no es comercial, puede ser muy útil para algunas simulaciones o en procesos de calibración. Finalmente, en la versión 2.0 Epanet ofrece un tipo adicional de válvula, el llamado Propósito General, cuya ley de comportamiento puede ser definida por el usuario (permite modelar pequeños usos con turbinas como parte del sistema, el descenso dinámico en los pozos, Válvulas reductoras de presión sensibles al caudal, etc.

Finalmente, Epanet permite incorporar bombas al modelo. Existen muchos tipos de bombas en el mercado: centrífugas, mixtas, de eje vertical u horizontal, sumergibles, de pozo profundo, sobre elevadores, grupos de presión, etc., dependiendo de la aplicación requerida. Todos ellos pueden simularse en Epanet. En su versión anterior, Epanet forzó a declarar las curvas de las bombas por tres puntos, y como máximo cuatro para indicar la tendencia de la curva después del tercer punto. En la versión 2.0, las curvas pueden ser de cualquier tipo y declaradas por tantos puntos como se desee. Sin embargo, se recomienda que esto siempre disminuya para evitar problemas de inestabilidad y convergencia. Además, una bomba puede aspirar desde una cisterna o desde la red misma, conectando una parte de ella con otra. Sin embargo, se debe tener cuidado con la declaración correcta de las curvas características de las bombas, para asegurar que el punto de trabajo esté en todo momento dentro del área definida. De lo contrario, Epanet emitirá mensajes de exceso de flujo o cerrará su salida debido a una presión insuficiente. Lo que Epanet no tiene en cuenta es la posible cavitación de la bomba, cuyo análisis es responsabilidad del usuario en función de los valores de NPSH. Con respecto a las bombas Epanet, ofrece dos opciones adicionales. El primero es la consideración de una velocidad de giro variable, un recurso tan utilizado hoy en día. Esto se declara como un valor relativo a su velocidad nominal (para la cual se declaró la curva característica), y el programa se encarga del resto. Nuevamente, tenga en cuenta que el rendimiento de una bomba varía con el cuadrado de su velocidad de rotación, y poco después de que nos movemos por debajo del valor nominal (los fabricantes nunca recomiendan exceder la velocidad nominal), fácilmente tendremos problemas de insuficiencia de presión o de flujo.

Una desventaja de Epanet es que el valor de la velocidad de giro (y su posible evolución a lo largo del tiempo) debe ser proporcionado por el usuario, que generalmente no corresponde a la realidad, ya que los reguladores electrónicos son responsables de establecer el valor de esto dependiendo del preajuste punto de ajuste (presión de salida constante, por ejemplo). Los intentos de Rossman de mejorar esta opción se truncaron. Sin embargo, para lo que es muy útil poder preajustar la velocidad de rotación, es imponer el estado de arranque o parada de una bomba, introduciendo una sucesión de ceros (parada) y unos (marcha) como una curva de modulación de velocidad. La otra opción adicional que ofrece Epanet en relación con las bombas es el cálculo del consumo de energía y su costo operativo. Para esto, se debe introducir la curva de rendimiento de cada bomba además del caudal (esto se corregirá automáticamente en caso de variar la velocidad de rotación), así como el costo de los kWh, ya sea como un valor promedio o dependiendo del horario del período a través de una nueva curva de modulación. Los resultados con respecto al consumo de energía y sus costos se reflejan en el Informe de Energía.

Una vez que se hayan declarado todos los elementos que componen el sistema y su modo de comportamiento, podremos equilibrar el sistema, por medio del cual, en función de las demandas y los niveles en los depósitos, se determinan o salen los flujos entrantes. de estos, la circulación fluye a través de cada tubería y las presiones o alturas resultantes en cada uno de los nodos. Es lo que se conoce como cálculo del Régimen Permanente. Sin embargo, para resolver un modelo de calidad, es necesario obtener la evolución de todas estas variables a lo largo del tiempo. En general, cualquier modelo que evoluciona con el tiempo es un modelo dinámico, y los modelos dinámicos se caracterizan matemáticamente por ecuaciones diferenciales (o derivadas parciales). Pero para simular la evolución de presiones y flujos en una red no es necesario recurrir a tales ecuaciones. Afortunadamente, los términos

diferenciales representan pequeñas correcciones que pueden ignorarse y, por lo tanto, las simulaciones de períodos extendidos no son más que una sucesión en el tiempo de estados permanentes. Los términos diferenciales solo se aplican para actualizar los niveles de agua en los tanques de un momento a otro, que Epanet realiza explícitamente, es decir, admitiendo que los flujos entrantes o salientes son constantes durante un intervalo de cálculo. Esto a veces causa fluctuaciones aparentes en los niveles, que se resuelven reduciendo el intervalo de cálculo. A cambio, los cálculos con este método son más rápidos.

2.3.-Características técnicas de la red de distribución.

Una red de distribución es un grupo interconectado de instalaciones de almacenamiento y sistemas de transporte que reciben inventarios de bienes y luego los entregan a los clientes. Es un punto intermedio para llevar los productos del fabricante al cliente final, ya sea directamente o a través de una red minorista. Una red de distribución rápida y confiable es esencial en la sociedad actual de gratificación instantánea de los consumidores.

La planificación y el diseño de un sistema de distribución típico incluye los siguientes elementos:

- Demanda estimada, incluida la demanda de incendios.
- Presiones de servicio. Diseño de red de tuberías.
- Diseño de tanque de almacenamiento.
- Selección de bomba.
- Análisis de red.
- Protección sanitaria

Demanda estimada, incluida la demanda de incendios.

El modelado de los sistemas de distribución de agua es fundamental para el diseño, análisis y operación de cualquier red de agua. Como con todos los modelos hidráulicos, la demanda de agua es uno de los componentes de entrada más importantes del modelo. Sin embargo, la estimación de los parámetros de demanda suele ser complicada debido al comportamiento estocástico de los consumos de agua. Se han propuesto varios métodos para estimar las demandas de agua. La mayoría de ellos se han desarrollado sobre la base de marcos dados en los que se supone que el

número de parámetros desconocidos es igual o menor que el número de mediciones. Los resultados, por lo tanto, se basan en esta suposición, que puede conducir a errores de aproximación significativos en los sistemas reales de distribución de agua.

Presiones de servicio.

El control de la presión en tiempo real se adopta comúnmente en la gestión de la red de distribución de agua para reducir las fugas. Se presenta una descripción numérica del comportamiento dinámico de la red de distribución de agua (WDN), que permite simulaciones de diferentes estudios de caso. Luego se identifica un modelo lineal local a partir de experimentos simulados para sintetizar diferentes algoritmos de control que trabajan con un paso de tiempo de control de 1 s. Como referencia, se utiliza un algoritmo de control de última generación que funciona con un paso de tiempo de control de algunos minutos. Los resultados prueban que todos los nuevos controladores reducen el error de control, lo que sugiere que los gastos generales de costos y comunicación introducidos por la reducción del paso del tiempo de control están bien motivados por beneficios razonables en términos de regulación de la presión.

Diseño de red de tuberías.

El diseño de la red de tuberías en un sistema de distribución es un proceso iterativo basado en la presión deseada en el sistema bajo diferentes condiciones de demanda. Los diámetros de tubería de prueba se seleccionan para la red de tuberías, y se realiza un análisis hidráulico para el rango de condiciones. De los numerosos problemas que deben abordarse en el diseño de la red, se presentará lo siguiente en esta sección:

1. Selección del material de la tubería: las normas y especificaciones para tuberías están disponibles en el American National Standards Institute (ANSI) y la American Water Works Association. Estos deben obtenerse para las especificaciones de diseño reales.

2. Diámetro y espaciado de la tubería: GLUMRB (2003) especifica que el tamaño mínimo de la tubería de agua principal que proporciona protección contra incendios y sirve a las bocas de incendios debe ser de 150 mm de diámetro. Se requerirán tuberías principales de mayor tamaño para permitir la extracción del flujo de fuego mientras se mantienen las presiones mínimas. En Michigan, el tamaño mínimo para la protección contra incendios es de 200 mm. El diámetro de la tubería donde no se debe proporcionar protección contra incendios debe ser de un mínimo de 75 mm de diámetro.

3. Ecuaciones de diseño: el objetivo del análisis hidráulico del conjunto de prueba de diámetros de tubería es garantizar que se logre la presión y el caudal deseados en ubicaciones específicas del sistema. El análisis hidráulico se basa en una versión extendida de la ecuación de Bernoulli.

4. Evaluación de red simple

5. Selección y separación de válvulas: las válvulas son un componente importante de cualquier sistema de distribución de agua. Se usan comúnmente para aislar una sección de tubería para mantenimiento o reparaciones, controlar el caudal, liberar aire y evitar el flujo de retorno. Se consideran dos elementos en la selección de válvulas para un diseño de sistema de distribución. El primero es la pérdida de carga cuando el agua pasa a través de la válvula. El segundo es el método para controlar el flujo. Las características de pérdida de carga están intrínsecamente relacionadas con el método de control.

6. Separación de hidrantes: GLUMRB (2003) recomienda que los hidrantes se coloquen en cada intersección de calles y en puntos intermedios recomendados por la Oficina Estatal de Servicios de Seguros. Esta ubicación oscila entre 70 y 300 m. Los departamentos de bomberos normalmente requieren una distancia lineal máxima entre hidrantes de 90 m en áreas congestionadas y 180 m en

distritos residenciales ligeros AWWA (1998). La distancia real entre los hidrantes depende de la cantidad de manguera que normalmente lleva el departamento de bomberos local.

7. Cálculo de pérdida menor: las pérdidas de carga que ocurren debido a dobleces, codos, articulaciones, válvulas, etc., a menudo se denominan pérdidas menores. En algunos casos, esto es un nombre inapropiado porque pueden ser mayores que las pérdidas debidas a la fricción de la tubería.

Diseño de tanque de almacenamiento.

Son adecuados para poblaciones muy pequeñas (<600 personas) cuando no se proporciona almacenamiento para protección contra incendios. Cuando se requiere protección contra incendios, se usa una bomba contra incendios separada. Los tanques hidroneumáticos no pueden suministrar el volumen de agua requerido para combatir incendios. También se pueden usar en una estación de refuerzo que proporciona un aumento de presión en el sistema. Si el tanque está construido de manera que el fondo esté a nivel del suelo o cerca de él, se lo conoce como tanque a nivel del suelo o simplemente como tanque de almacenamiento en el suelo. Si el tanque de almacenamiento en el suelo es significativamente más alto que ancho, generalmente se conoce como una tubería vertical.

La ubicación del tanque de almacenamiento con respecto a la ubicación de la planta de tratamiento de agua y el centro de demanda es una consideración importante en el diseño del tanque de almacenamiento. Tres ubicaciones genéricas son:

1. En la fuente (pozo o planta de tratamiento de agua).
2. Entre la fuente y el centro de demanda.

3. En el lado aguas abajo del centro de demanda.

Selección de bomba

Las bombas utilizadas para suministrar el sistema de distribución se denominan bombas de alto servicio. Las bombas de alto servicio se seleccionan con el objetivo de proporcionar una presión lo suficientemente alta como para hacer que el agua fluya a una velocidad alta a través de conexiones de servicio en varias elevaciones en todo el sistema de distribución. El lugar donde se ubican las bombas de alto servicio se llama estación de bombeo. La ubicación y configuración de la estación de bombeo gobierna el tipo de construcción de la bomba. Si la estructura de admisión está ubicada debajo de la estación de bombeo, por ejemplo, en un pozo claro debajo de la planta, la opción común es una bomba de turbina vertical.

Análisis de red

En todos los sistemas, excepto en los más pequeños, la red de tuberías incluye bucles. Es decir, el sistema de tuberías forma una cuadrícula conectada en múltiples puntos. El número de callejones sin salida se minimiza para proporcionar una mayor confiabilidad del servicio y reducir la pérdida de carga. La fiabilidad del servicio aumenta con los bucles porque la interrupción del servicio por una interrupción en la tubería principal puede ser fácilmente eludida por el agua que toma una ruta alternativa a los usuarios aguas abajo. El problema clásico del flujo de la red de tuberías pregunta qué flujos y presiones hay en una red de tuberías sujetas a un conjunto conocido de entradas y salidas. Se necesitan dos conjuntos de ecuaciones para resolver este problema. El primer conjunto requiere que se satisfaga la conservación del flujo en cada unión de tubería. El segundo especifica una relación

no lineal entre flujo y pérdida de carga en cada tubería. La ecuación de Hazen-Williams es un ejemplo de esta relación. Cuando la red contiene bucles, como es el caso en la mayoría de los casos, estas ecuaciones forman un conjunto acoplado de ecuaciones no lineales. Estos solo pueden resolverse mediante el uso de métodos iterativos. Para todos los casos, excepto los más simples, se utiliza una computadora para la solución (Rossman, 2000). Como mínimo, la selección preliminar de cada uno de los elementos del diseño discutidos hasta este punto en el capítulo debe resolverse antes de que se pueda usar el programa de computadora. Una vez que se configura el modelo, los parámetros seleccionados se pueden ajustar para mejorar la solución del modelo.

Protección sanitaria

Se requieren una serie de características en el diseño e instalación del sistema de almacenamiento y distribución para proteger el agua de la contaminación.

- Protección sanitaria del almacenamiento: GLUMRB (2003) especifica lo siguiente en tanques de almacenamiento:

1. El fondo de los depósitos y tuberías verticales a nivel del suelo debe colocarse en la superficie normal del suelo, y debe estar por encima de la inundación de 100 años o la inundación más alta registrada.

2. Si la elevación inferior de un depósito de almacenamiento debe estar por debajo de la superficie normal del suelo, debe colocarse por encima de la capa freática. Al menos el 50 por ciento de la profundidad del agua debe estar por encima del nivel. Las alcantarillas, los desagües, el agua estancada y las fuentes similares de posible contaminación deben mantenerse al menos a 15 m del depósito. Las alcantarillas de gravedad construidas con tubería de calidad

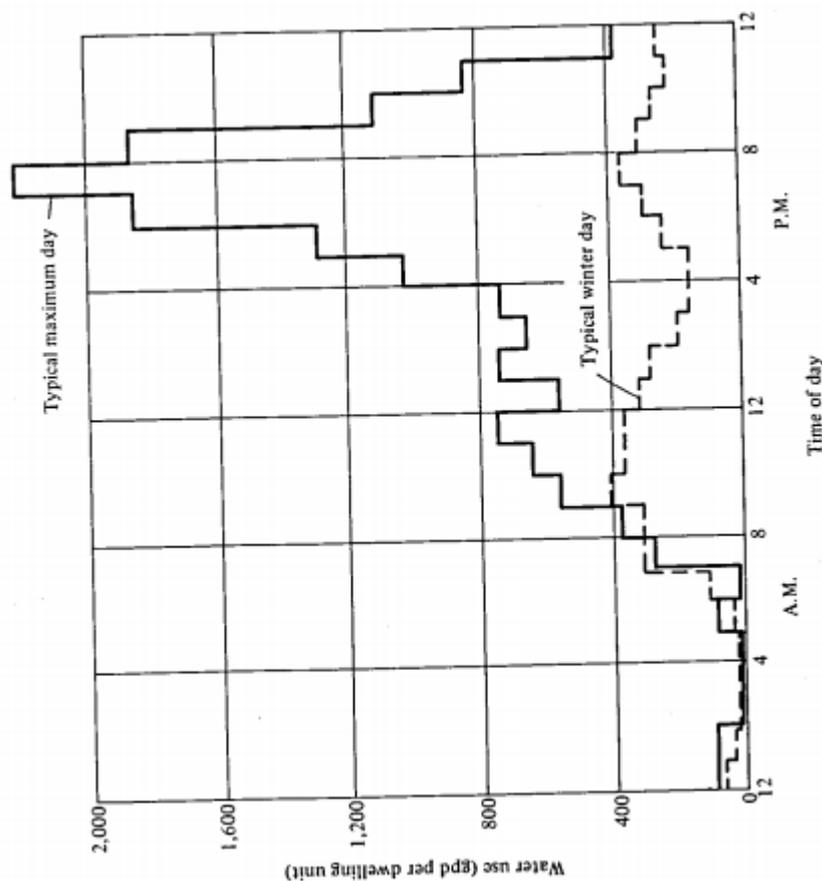
principal de agua, probadas a presión en el lugar sin fugas, se pueden usar a distancias mayores de 6 m, pero menores de 15 m.

3. La parte superior de una estructura de almacenamiento parcialmente enterrada no debe estar a menos de 0,60 m sobre la superficie del suelo normal.

- Protección sanitaria de las tuberías de agua: GLUMRB (2003) especifica que las tuberías de agua deben colocarse al menos 3 m horizontalmente de cualquier alcantarillado por gravedad, tanque séptico o sistema de tratamiento del subsuelo existente o propuesto. Las tuberías de agua que cruzan las alcantarillas se colocarán para proporcionar una distancia vertical mínima de 0,45 m entre el exterior de la tubería principal de agua y el exterior de la alcantarilla. Es preferible que la tubería de agua esté ubicada sobre la alcantarilla. En los cruces, se ubicará una tubería de agua de longitud completa para que ambas juntas estén lo más lejos posible de la alcantarilla.

2.4.-Variaciones en la demanda de agua (patrón de tiempo)

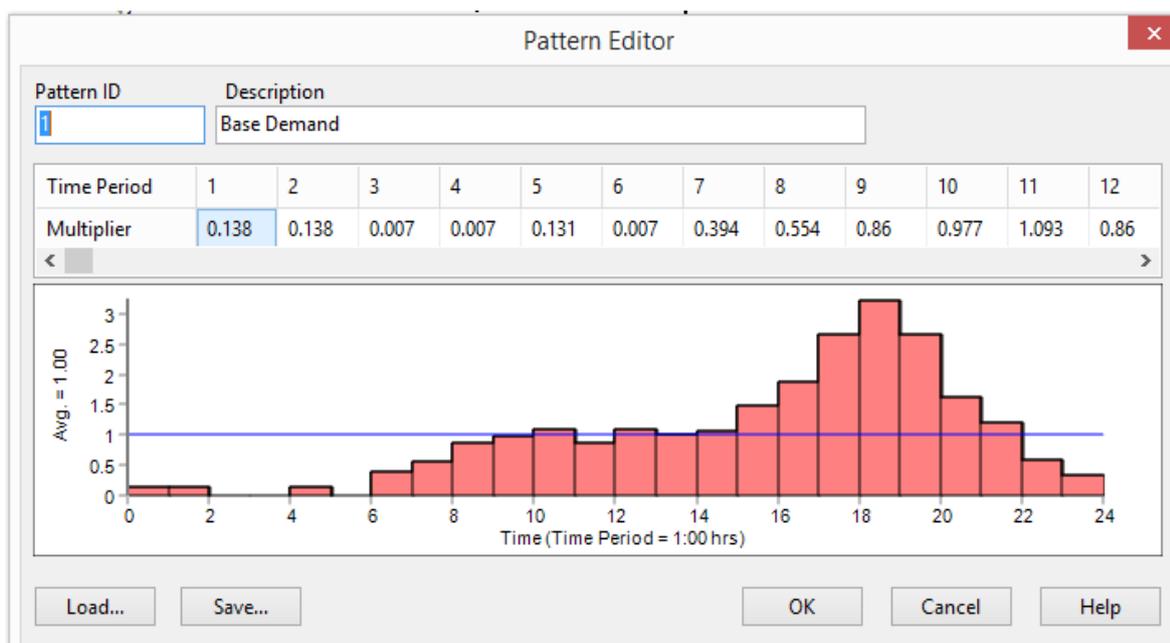
El punto de partida del cálculo de la demanda de agua es una partición del área en superficies parciales y la determinación de la demanda de agua para cada superficie. La demanda sectorial generalmente se divide en dos partes iguales y se transfieren a los nodos en los extremos del enlace. Para los cálculos se adopta la demanda individual de los clientes que se produce durante el consumo máximo de agua por hora en la ciudad.

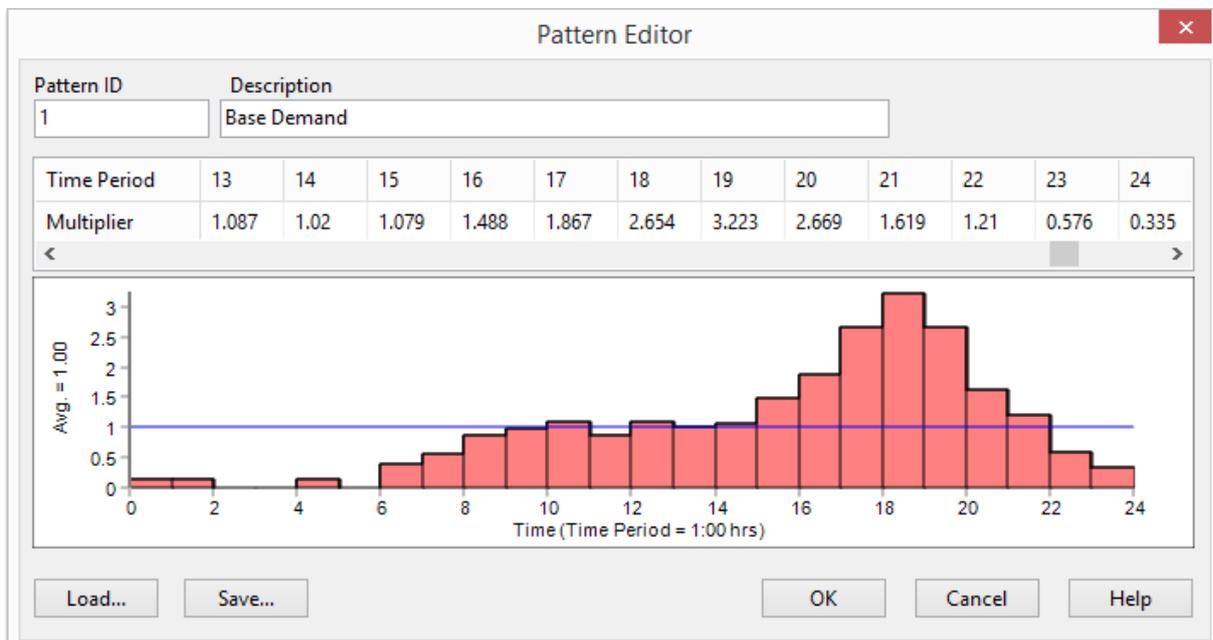


Se mide en galones por día (gpd) y lo usamos para mostrar un grupo de veces que se enumeran de acuerdo con una determinada regla. Los patrones de tiempo pueden ocurrir cuando se suman o restan diferentes incrementos de tiempo. Estos incrementos pueden ser en horas, minutos o una combinación de ambos. En Epanet, trabajamos para estimar la demanda de agua por hora con un gráfico donde colocamos el uso de agua por día (gpd) en el eje ordenado y la hora del día (horas) en el eje de abscisas. obtenemos un gráfico con los valores y podemos observar los picos y valles de la demanda de agua y analizar el promedio total. El multiplicador para un tiempo dado se obtiene dividiendo el valor de esa hora por el promedio total.

Pattern	Hours	Value	Multiplier
<u>Value=(gpd)</u>	1	95	0,1385597083
	2	95	0,1385597083
	3	5	0,0072926162
	4	5	0,0072926162
	5	90	0,1312670921
	6	5	0,0072926162
	7	270	0,3938012762
	8	380	0,5542388332
	9	590	0,8605287147
	10	670	0,9772105743
	11	750	1,0938924339
	12	590	0,8605287147
	13	745	1,0865998177
	14	700	1,0209662716
	15	740	1,0793072015
	16	1020	1,4876937101
	17	1280	1,8669097539
	18	1820	2,6545123063
	19	2210	3,2233363719
	20	1830	2,6690975387
	21	1110	1,6189608022
	22	830	1,2105742935
	23	395	0,5761166819
	24	230	0,3354603464
	$\Sigma =$	16455	
	Average	685,625	

Con estos resultados, establecemos un patrón de tiempo en Epanet 2.0:



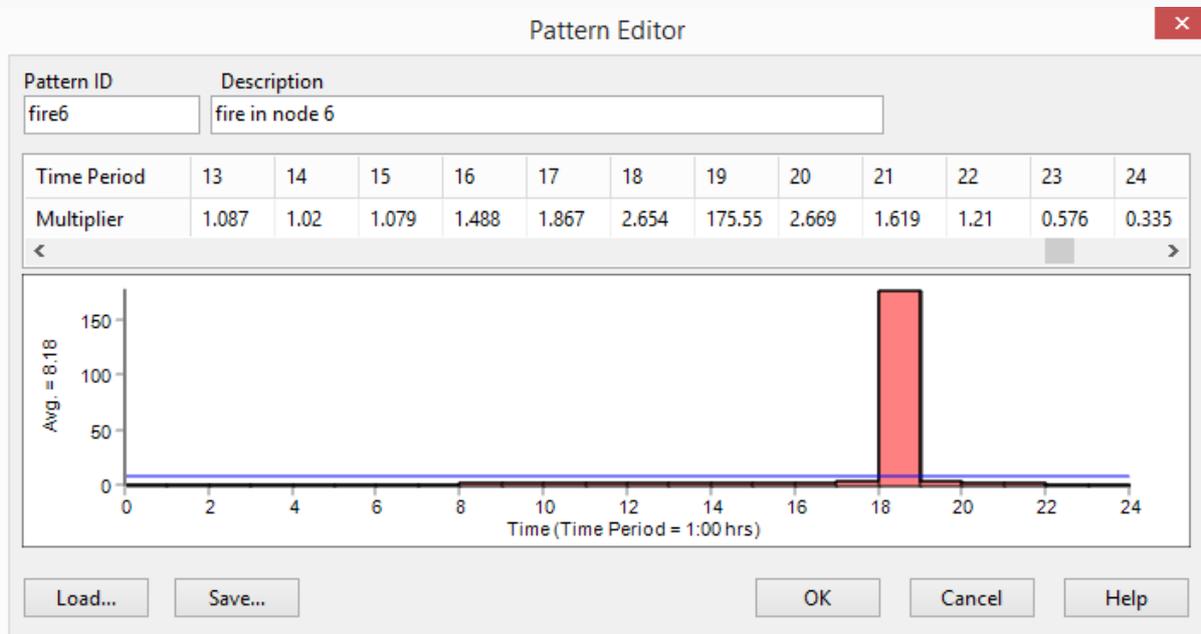
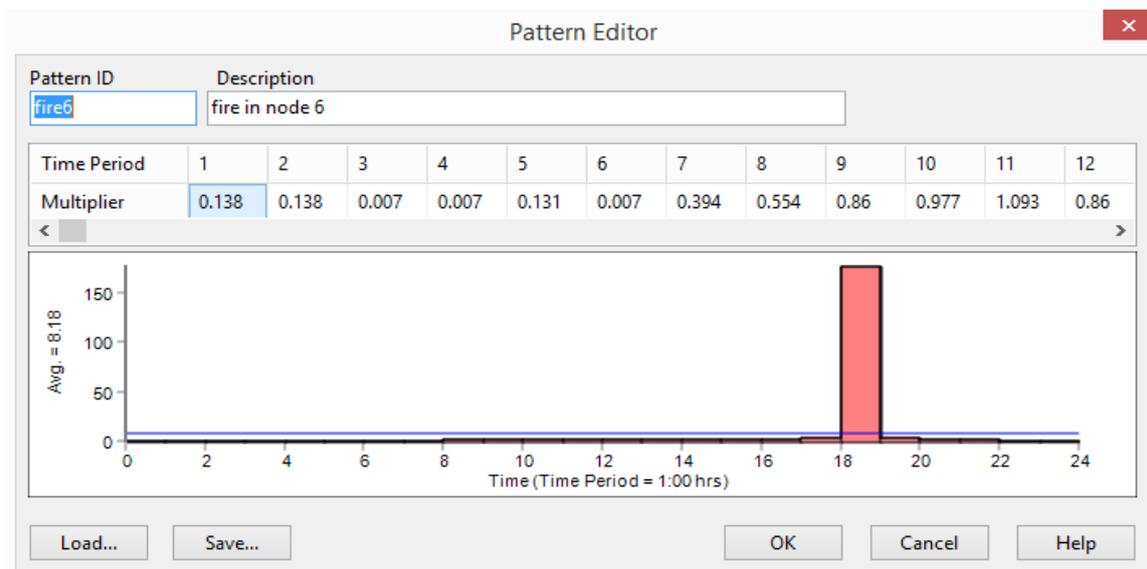


Podemos ver en esta tabla los valores máximos y mínimos de la demanda diaria, así como el promedio de los valores obtenidos.

Estos datos se han obtenido en intervalos de una hora y con un multiplicador que se obtiene dividiendo el valor de la hora seleccionada por el promedio total.

Epanet 2.0 puede simular la demanda de agua en el patrón de tiempo, cuando ocurre un caso de incendio.

Por ejemplo, simulamos un incendio en el nodo 6:



Se puede ver cómo el promedio total aumenta considerablemente y casi toda la demanda de agua se concentra en la hora máxima debido al incendio.

2.5.-Agua para protección contra incendios.

La normativa polaca en caso de demanda de incendios depende del tipo de edificio:

- Unidades de asentamiento con una población de más de 100 personas, que no constituyen edificios coloniales (dispersos), así como edificios públicos y viviendas colectivas, así como edificios de producción y almacenamiento ubicados dentro de sus fronteras.

- Edificios de servicios públicos y viviendas colectivas, así como edificios de producción y almacenamiento ubicados fuera de las unidades de asentamiento enumeradas en el punto 1, con un volumen bruto superior a 2.500 m³ o un área superior a 500 m², con la excepción de las estaciones de combustible líquido con tanques con un total capacidad de hasta 200 m³ y gasolineras líquidas.
- Objetos de construcción que no sean edificios, destinados a fines de servicios públicos o para viviendas colectivas, en los que hay una zona de incendio con un área superior a 1000 m² o destinados a la presencia simultánea de más de 50 personas.
- Cultivo de edificios con zona de incendio superior a 1.000 m².

Para otros edificios, el agua con fines de extinción de incendios para extinción de incendios externos se proporciona como parte de la cantidad de agua prevista para las unidades de asentamiento, sin embargo, no menos de 10 dm³ / s.

En el caso de una unidad de asentamiento con una población de hasta 2.000, la cantidad de agua requerida para fines de extinción de incendios para la extinción de incendios externos para otros edificios debe ser al menos 5 dm³ / s.

La cantidad de agua requerida para la extinción de incendios para la extinción de incendios externos para edificios públicos y viviendas colectivas, así como otras estructuras de edificios para tales fines, utilizada para la extinción de incendios externos, es:

1. Para un edificio con un volumen bruto de hasta 5,000 m³ y un área interna de hasta 1,000 m² - 10 dm³ / s de al menos un hidrante con un diámetro de 80 mm o 100 m³ de suministro de agua en la lucha contra incendios depósito de agua.

2. Para edificios que no figuran en el punto 1 - 20 dm³ / s en total, con al menos dos hidrantes con un diámetro de 80 mm o 200 m³ de suministro de agua en el depósito de agua contra incendios.

3. Para los objetos enumerados en § 3 párrafo 1 punto 3 - 10 dm³ / s de al menos un hidrante con un diámetro de 80 mm o 100 m³ de suministro de agua en el tanque de agua contra incendios.

Además, el sistema de suministro de agua, que se utiliza no solo con fines de lucha contra incendios, debe tener una capacidad que garantice la cantidad total de agua necesaria para las necesidades de:

- Lucha contra incendios
- Actividades vivas y económicas, limitadas al 15%
- Industria, limitada a la operación necesaria de dispositivos tecnológicos.

Sobre los requisitos de seguridad contra incendios para las redes de suministro de agua, podemos encontrar que:

1. Una red de suministro de agua que constituya una fuente de agua para fines de lucha contra incendios, en lo sucesivo denominada "red de suministro de agua contra incendios, debe suministrarse desde la estación de bombeo contra incendios, el tanque de la torre, los pozos u otros dispositivos que garanticen capacidad y presión requeridas en hidrantes externos, incluso aquellos ubicados desfavorablemente, durante al menos 2 horas.

2. La red de suministro de agua contra incendios debe proporcionar una capacidad no inferior a 5 dm³ / s y presión en el hidrante externo no inferior a 0.1 MPa (megapascal) durante al menos 2 horas.
3. La red de suministro de agua contra incendios debe hacerse como una red en bucle. Está permitido construir una red ramificada de suministro de agua contra incendios fuera de las áreas urbanas y donde la cantidad total de agua requerida no exceda los 20 dm³ / s.
4. La red de suministro de agua contra incendios para la cual la cantidad total requerida de agua excede los 20 dm³ / s debe diseñarse y construirse de manera que sea posible extraer agua de dos hidrantes exteriores al mismo tiempo.

En Epanet, en caso de que necesitemos agua para protección contra incendios, toda la demanda de agua se obtendrá por un solo cruce. Pero el elemento clave es la presión del agua en las tuberías, los hidrantes deben establecer más de 50-75 metros. Es obligatorio poder obtener la demanda de agua necesaria para extinguir el incendio lo antes posible.

Numero	Número de habitantes de la unidad de asentamiento.	Capacidad del sistema de suministro de agua (dm³/s)	Suministro de agua equivalente en el tanque de almacenamiento (m³)
1	hasta 2000	5	50
2	2001-5000	10	100
3	5001-10000	15	150
4	10001-25000	20	200
5	25001-100000	40	400
6	más de 100000	60	600

3.-Cálculos de diseño y resultados de simulaciones.

3.1.-Diámetros de tuberías

El diámetro mínimo para las tuberías es de 100 metros, pero puede variar según las condiciones y necesidades de nuestro sistema.

Una tubería de suministro de agua debe dimensionarse según la demanda esperada y no la demanda teórica total de todos los accesorios al mismo tiempo. Debido al uso intermitente de los accesorios, puede ser difícil predecir una demanda realista, pero los valores a continuación son relevantes para las líneas de suministro de agua en aplicaciones como hogares, oficinas, hogares de ancianos, etc.

Los diámetros nominales (DN) de las tuberías de agua hechas de tuberías de acero, sobre las cuales se planea instalar hidrantes externos, deben ser al menos:

- DN 100: en la red en bucle.
- DN 125: en la red ramificada.
- En sucursales de la red en bucle, según cálculos hidráulicos.
- DN 80: al expandir o modernizar un suministro de agua existente con una capacidad de $5 \text{ dm}^3 / \text{s}$ en una unidad de asentamiento con una población que no exceda los 2,000.

Los hidrantes sobre el suelo con un diámetro nominal de DN 80 se utilizarán en la red de suministro de agua contra incendios.

Está permitido instalar hidrantes subterráneos con un diámetro nominal de DN 80 en los casos en que la instalación de hidrantes sobre el suelo es particularmente difícil o desaconsejable, por ejemplo debido a dificultades de tráfico.

En el edificio de producción y almacén en el que la cantidad de agua requerida para combatir incendios excede los $30 \text{ dm}^3 / \text{s}$, ... y en la red de alimentación, se deben instalar hidrantes sobre el suelo con un diámetro nominal de DN 100.

Por otro lado, los hidrantes externos se colocan a lo largo de carreteras y calles y en sus intersecciones, manteniendo las distancias:

1. Entre hidrantes - hasta 150 m
2. Desde el borde exterior de la carretera o calzada, hasta 15 m
3. El hidrante más cercano de un edificio protegido: hasta 75 m.
4. Hidrantes distintos de los mencionados en el punto 3 necesarios para proteger el edificio: hasta 150 m
5. Desde la pared del edificio protegido - al menos 5 m

Además, podemos hablar sobre la capacidad nominal del hidrante externo, a una presión nominal de 0.2 MPa medida en la válvula del hidrante durante la toma de agua, dependiendo de su diámetro nominal (DN), no debe ser menor que:

- Para hidrante sobre el suelo DN 80 - $10 \text{ dm}^3 / \text{s}$
- Para hidrantes sobre el suelo DN 100 - $15 \text{ dm}^3 / \text{s}$
- Para subterráneo DN 80 - $10 \text{ dm}^3 / \text{s}$

3.2.-Simulaciones de estado estable--día promedio (Q_d) y día máximo (Q_{dmax})

Una simulación de estado estable se usa para investigar el comportamiento de estado estable de un sistema, donde la simulación continúa hasta que el sistema alcanza un estado estable. De lo contrario, los resultados de la simulación pueden ser significativamente diferentes de los verdaderos resultados.

El objetivo principal de un modelo de simulación de estado estacionario es actuar como un sustituto de la instalación industrial real. Puede ser demasiado costoso o perjudicial para experimentar en los procesos reales; o tal vez los procesos reales aún

no existen y aún se están diseñando.

La diferencia más significativa entre el estado estacionario y la simulación dinámica es que el estado estacionario supone que las variables son constantes con respecto al tiempo. Esto significa que en estado estacionario no hay acumulación en el sistema, por lo que la entrada total de masa y energía coincide con su salida.

1. Demanda diaria promedio:

$$Q_d = q * p \text{ (m}^3 \text{ / d)}$$

$$q = 150 \text{ L / p} * d = 0,15 \text{ m}^3 \text{ / p} * d$$

p = población

2. Demanda diaria máxima:

$$N_d = 1,5 \text{ (factor pico diario)}$$

$$Q_{dmax} = Q_d * N_d$$

3. Demanda máxima por hora:

$$N_h = 1,5-3 \text{ (factor pico por hora)}$$

$$Q_{hmax} = (Q_{dmax} * N_h) / 24$$

$$Q_{hmax} = (Q_d * N_d * N_h) / 24$$

$$N_d * N_h = \text{factor pico total}$$

3.3.-Simulaciones dinámicas-día máximo (Q_{dmax})

La construcción de un modelo de Epanet de simulación dinámica requiere seguir básicamente los siguientes pasos: definir el esqueleto de la red sobre la base de tuberías reales; agregando control y dispositivos de regulación tales como depósitos, válvulas, bombas, etc. definiendo patrones para demandas, niveles, etc. introduciendo las reglas de control y finalmente arreglando la inicial condiciones para comenzar la simulación. Además, otros parámetros como el tiempo total período de simulación, el intervalo hidráulico, el número máximo de iteraciones por paso, etc., podría agregarse dependiendo de las características del modelo.

El máximo diario también conocido como pico lo tenemos en las horas en que hay un mayor uso de agua y en este caso elimina una mayor cantidad de agua para cubrir las necesidades humanas y de riego que se pueden solicitar.

Este pico generalmente se encuentra a media tarde, ya que es cuando generalmente hay más actividad doméstica.

Con las simulaciones dinámicas es posible ver cómo varía el flujo a lo largo del día, y también, por lo tanto, ver cómo el flujo máximo que ocurre en un momento determinado fluctúa de acuerdo con las necesidades que se requieren en el hogar.

La diferencia más significativa entre el estado estacionario y la simulación dinámica

es que el estado estacionario supone que las variables son constantes con respecto al tiempo. Esto significa que en estado estacionario no hay acumulación en el sistema, por lo que la entrada total de masa y energía coincide con su salida. Por el contrario, los modelos dinámicos tienen en cuenta la tasa de acumulación de masa y energía dentro del sistema, lo que permite determinar cuánto tiempo tomaría alcanzar una condición estable a partir de un estado inicial específico.

La simulación dinámica proporciona un mayor nivel de análisis de procesos. Esto le permite al ingeniero de procesos responder preguntas difíciles que pueden ser complejas, si no imposibles, con la simulación tradicional de estado estable. Es la herramienta adecuada para procesos que involucran condiciones transitorias, comportamiento en tiempo real y procesos por lotes y semi-lotes.

3.4.-Eventos de fuego

Proporcionar capacidad de flujo de fuego puede tener un impacto significativo en el diseño y operación del sistema. Típicamente, esta decisión resulta en un aumento de los diámetros de tubería, mayores niveles de confiabilidad y redundancia, y un mayor almacenamiento en el sistema de distribución en comparación con un sistema que no era diseñado para proporcionar flujo de fuego. Sin embargo, también puede tener algunas implicaciones negativas para la calidad del agua.

Una consecuencia de cumplir con los requisitos de flujo de incendio es que los componentes del sistema pueden estar sobredimensionados para demandas normales. Este "sobredimensionamiento" para satisfacer demandas de eventos de incendio relativamente raros puede resultar en un mayor tiempo de residencia (edad del agua), aumentando así la posibilidad de pérdida residual de desinfectante, problemas de sabor y olor, aumento de la formación de desinfección por productos ... Las tuberías de mayor diámetro también dan como resultado velocidades más bajas en el sistema que a su vez pueden conducir a la deposición de sedimentos que pueden tener impactos en la calidad del agua.

Este es el caso más peligroso en nuestra simulación porque necesitamos una mayor demanda de agua en los hidrantes.

La demanda de agua durante un incendio es: (obtendremos el ejemplo en el nodo 6):

1. Demanda de fuego:

$$Q_f = 10 \text{ L/s} = 10 * 3,6 * 24 = 864 \text{ m}^3 / \text{d}$$

2. Demanda base para un nodo: (en este caso, nodo 6)

$$3,3 \text{ m}^3 / \text{d}$$

3. Multiplicador de demanda

$$Q_{dmax} = 1,5$$

4. Demanda de fuego para Q_{dmax} (relevante para la demanda base):

$$864 / 1,5 = 576 \text{ m}^3 / \text{d}$$

5. Demanda total de incendios:

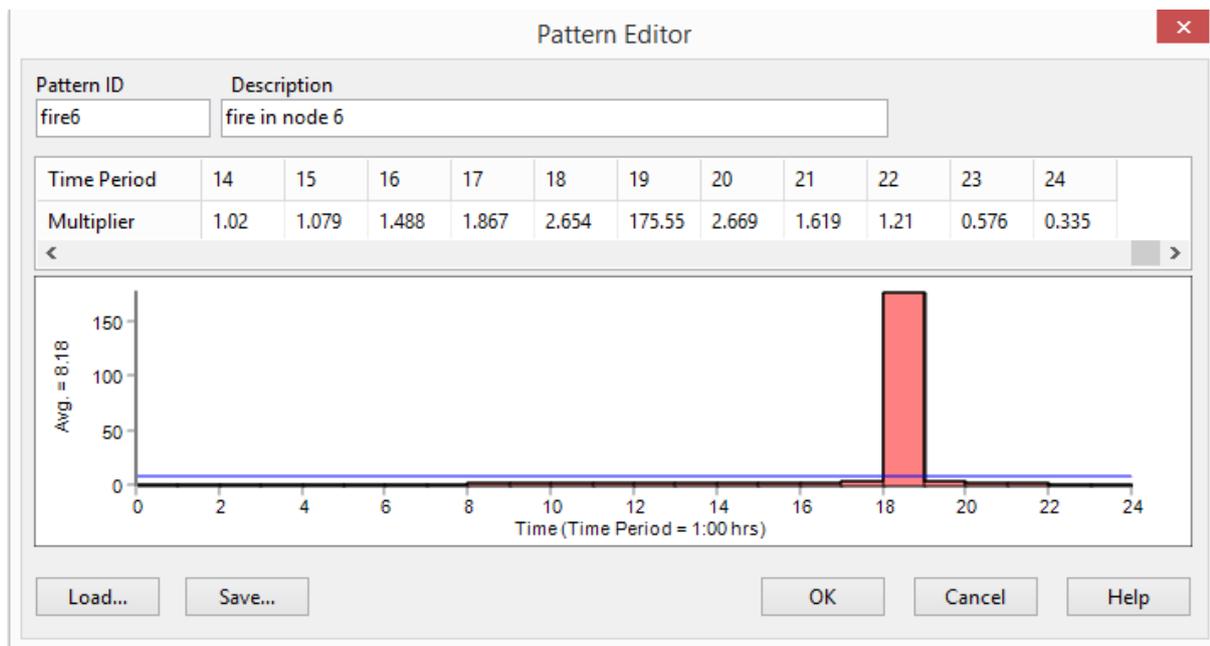
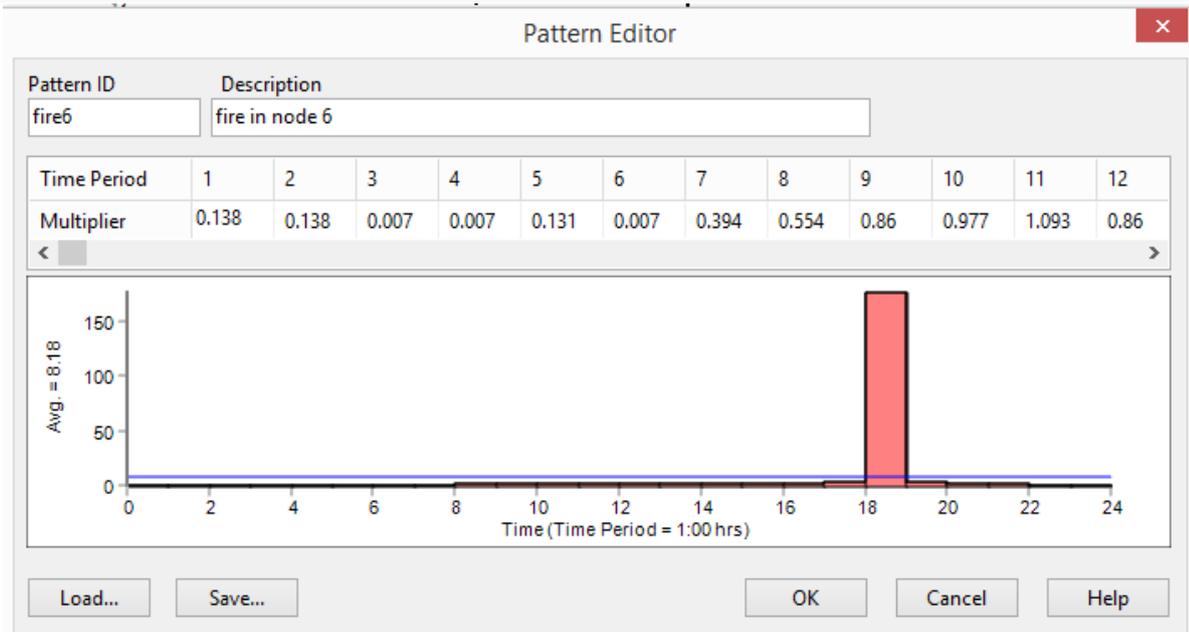
$$576 + 3,3 = 579,3 \text{ m}^3 / \text{d}$$

6. Proporciones para el patrón de tiempo:

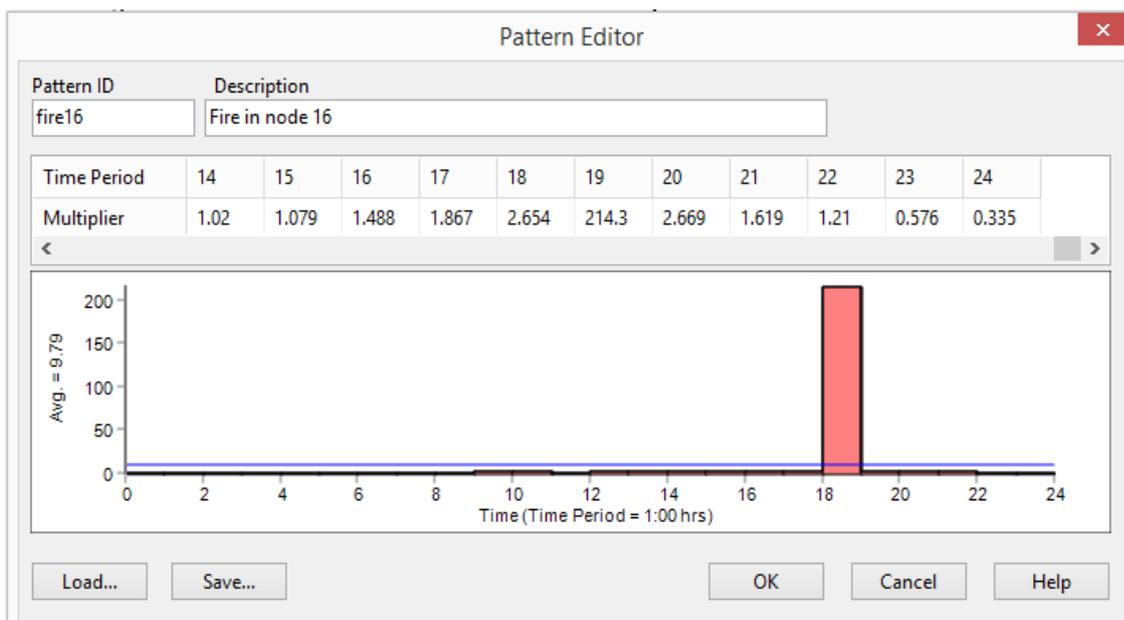
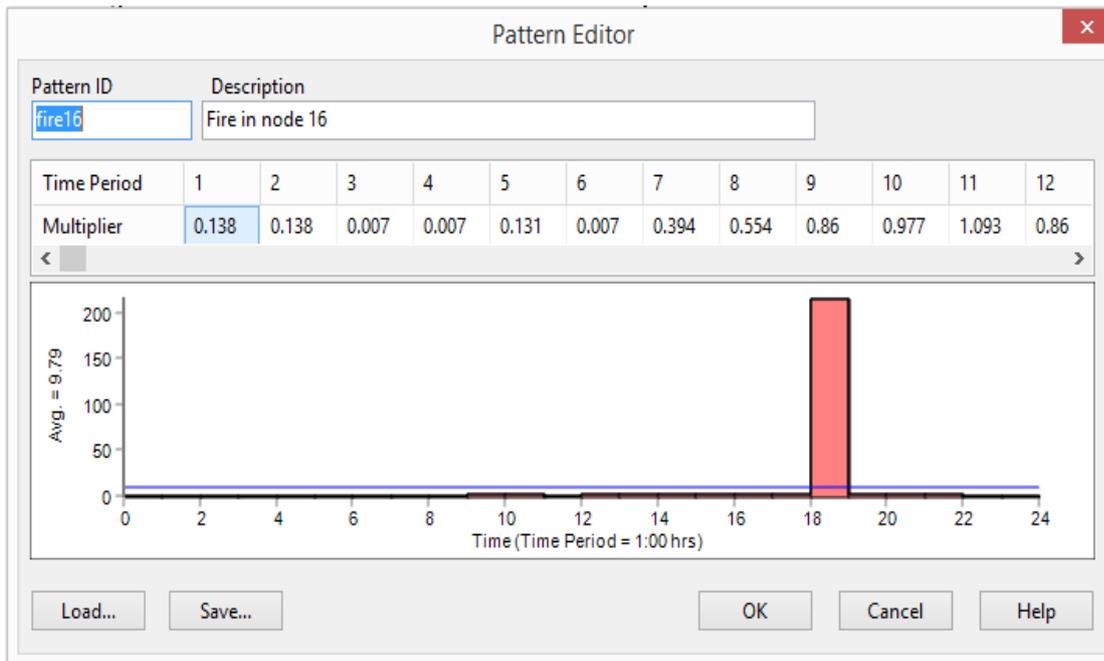
$$3,3 \text{ m}^3 / \text{d} \text{ ----- } 1$$

$$579,3 \text{ m}^3 / \text{d} \text{ ----- } x$$

$$x = 579,3 / 3,3 = \mathbf{175,55}$$



Obtenemos otro ejemplo para el nodo 16:



3.5.-Consecuencias de los fallos en la red de distribución.

Una de las principales fallas es que el sistema no funciona. Una de las causas puede ser que en algún momento en un momento determinado encontremos una presión que resulta ser negativa.

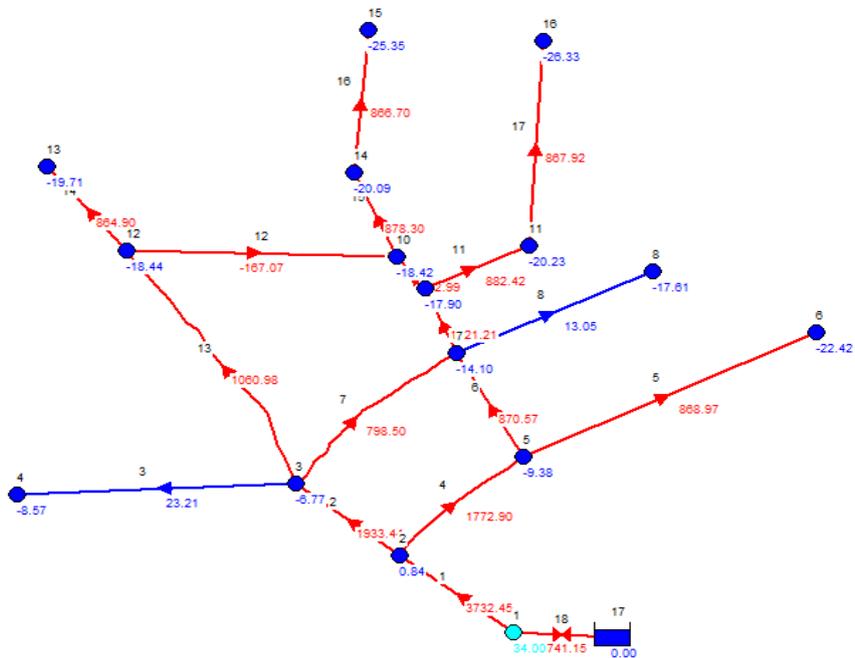
Esto ocurre cuando tenemos muchas pérdidas por fricción total en comparación con la energía total disponible para mover el flujo de un punto a otro. La solución para

este problema podría ser, por ejemplo, aumentar el diámetro de las tuberías debido a que es inversamente proporcional a las pérdidas. Y otra forma de resolverlo sería aumentar la energía total en el depósito, y lo hacemos aumentando el cabeza total (energía potencial).

```
*****  
*                               E P A N E T                               *  
*                               Hydraulic and Water Quality              *  
*                               Analysis for Pipe Networks                *  
*                               Version 2.00.12                          *  
*****
```

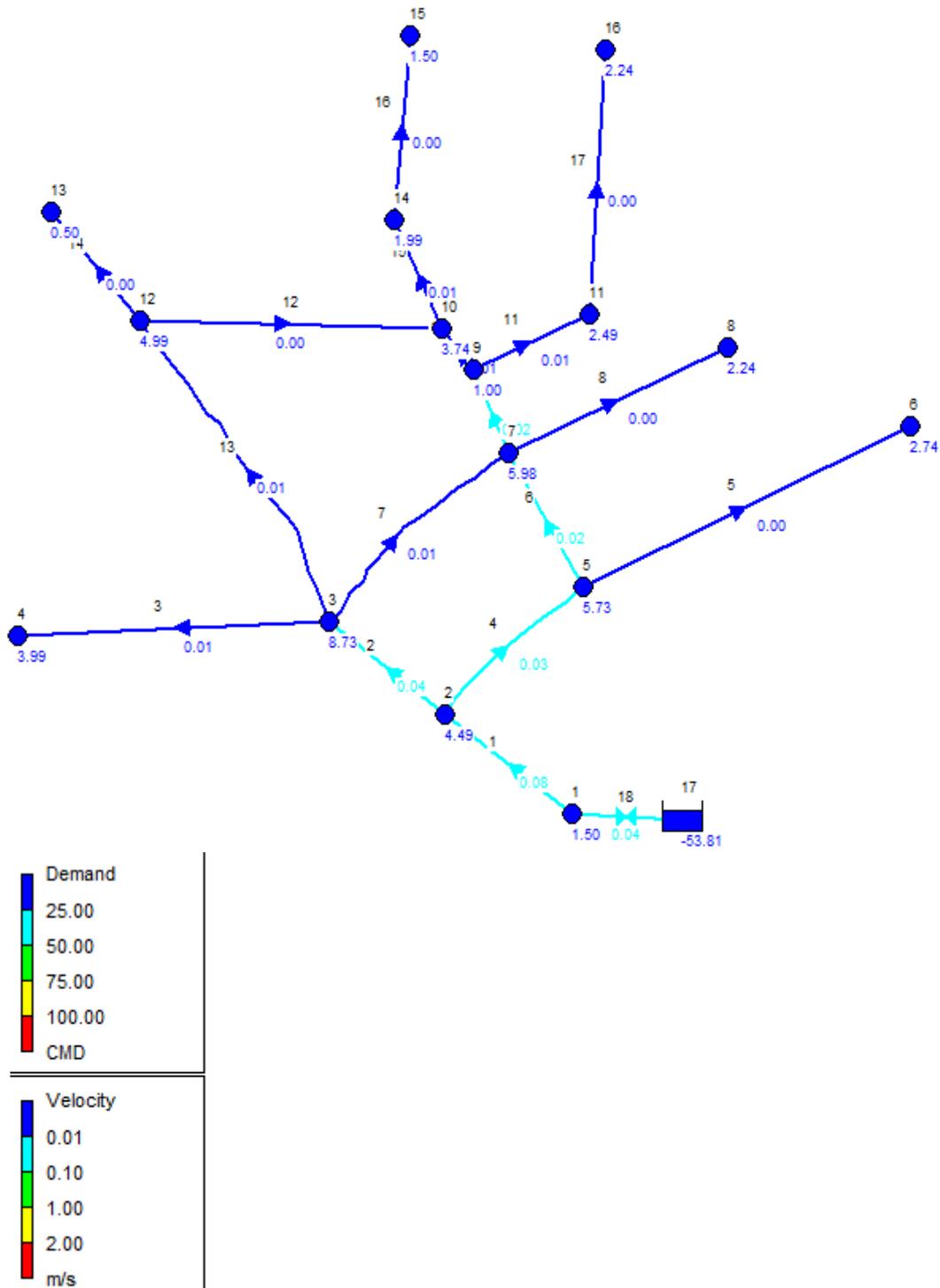
Analysis begun Thu Jun 18 00:25:37 2020

WARNING: Negative pressures at 18:00:00 hrs.



Otra consecuencia que puede ser grave al modelar nuestro sistema es que el agua no pasa con suficiente velocidad a través de las tuberías y nos obliga a reducir su tamaño, lo que aumenta la presión interna y, por lo tanto, la velocidad del flujo.

Modificar la pendiente de las tuberías en nuestro sistema es otra forma de aumentar la velocidad de flujo en las tuberías y así evitar que el problema pueda tener efectos graves que dañen nuestro diseño.



Resumen y conclusiones

El proyecto tenía como objetivo proporcionar una red a una comunidad. Se ha realizado con la ayuda de epanet y autocad. Durante el desarrollo del proyecto, se supusieron posibles casos de incendios o problemas que podrían surgir durante el suministro para proporcionarles una solución.

En nuestro caso, los flujos circulantes a través de las tuberías eran muy pequeños, por lo que obtuvimos presiones muy bajas e incluso a veces negativas.

Además, velocidades de circulación muy bajas a través de las tuberías.

Como resultado final, hemos obtenido valores que cumplen con los estándares polacos que se llevarán a cabo.

Bibliografía

Cabrera E. y otros (2005). Análisis, diseño, operación y gestión de redes de agua con EPANET. Editorial Instituto tecnológico del agua.

Walski, T.M. y otros (2003) Modelado y gestión avanzados de distribución de agua.

Haestad Press, Estados Unidos. Métodos haestad

Norma europea EN 805: 2000: suministro de agua. Requisitos para sistemas y componentes fuera de edificios

