



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

ESTUDIO DE LA MEJORA DEL ABASTECIMIENTO PARA UNA URBANIZACIÓN DE VIVIENDAS

Alumno: Jesús Fernández Cámara

Tutor: Prof. D. Francisco José Pérez Latorre
Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Septiembre, 2019



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares
Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera

Don FRANCISCO JOSÉ PÉREZ LATORRE, tutor del Trabajo Fin de Grado titulado: “Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas”, que presenta JESÚS FERNÁNDEZ CÁMARA, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Linares.

Linares, Septiembre de 2019

El alumno:

Jesús Fernández Cámara

El tutor:

Francisco José Pérez Latorre



ÍNDICE

Índice memoria	1
Agradecimientos	4
Resumen	5
Capítulo 1: Introducción.....	6
1.1. Antecedentes	6
1.2. Objetivos	8
1.3. Software EPANET	8
1.3.1. Características del modelo hidráulico.....	9
1.3.2. Manejo básico de EPANET	10
1.3.3. Pasos de utilización de EPANET.....	23
Capítulo 2: Materiales y métodos.....	25
2.1. Descripción del sistema y características de la red de distribución.....	25
2.2. Modelo hidráulico.....	27
2.2.1. Características de la red modelada en EPANET.....	27
2.2.1.1. Descripción de los consumos. Dotación.....	29
2.2.1.2. Análisis de la demanda en régimen extendido.....	32
2.2.2. Análisis de Calidad del Agua. Tiempo de permanencia.....	35
2.3. Posibles alternativas para la mejora del abastecimiento.....	37
Capítulo 3: Resultados y discusión.....	40
3.1. Escenario 1. Obtención de resultados sin bombeo en E.B. La Rinconada.....	42
3.2. Escenario 2. Obtención de resultados con bombeo en E.B. La Rinconada.....	47
3.3. Escenario 3. Obtención de resultados aumentando la presión en E.B. La Rinconada para conseguir presiones mínimas adecuadas en la urbanización Nueva Jarilla	52
3.4. Alternativa 1. Con estación de bombeo con variador de frecuencia.....	55
3.4.1. Escenario 4. Obtención de resultados con E.B. La Rinconada fuera de servicio y con E.B. Nueva Jarilla en funcionamiento. En escenario consumos facturados, parámetros de diseño en el bombeo en Nueva Jarilla: $Q_{\text{nominal}} =$ $0,91 \text{ l/s}$ y $\Delta P_{\text{nominal}} = 15 \text{ mca}$	55
3.4.2. Escenario 5. Obtención de resultados con E.B. La Rinconada fuera de servicio y con E.B. Nueva Jarilla en funcionamiento. En escenario consumos medidos (con purga), parámetros de diseño en el bombeo en Nueva Jarilla: $Q_{\text{nominal}} = 3,3 \text{ l/s}$ y $\Delta P_{\text{nominal}} = 15 \text{ mca}$	60



3.4.3. Escenario 6. Obtención de resultados con E.B. La Rinconada y E.B. Nueva Jarilla en servicio. En escenario consumos medidos (con purga), parámetros de diseño en el bombeo en Nueva Jarilla: $Q_{\text{nominal}} = 3,3 \text{ l/s}$ y $\Delta P_{\text{nominal}} = 15 \text{ mca}$	69
3.4.4. Escenario 7. Obtención de resultados en tiempo de permanencia del agua en la red de abastecimiento con bombeo en E.B. La Rinconada.....	74
3.5. Alternativa 2. Con depósito y bomba que se encarga del llenado del depósito.....	76
3.5.1. Escenario 8. Obtención de resultados con E.B. La Rinconada y E.B. Nueva Jarilla en servicio con depósito. En escenario consumos medidos (con purga), parámetros de diseño en bombeo en Nueva Jarilla: $Q_{\text{nominal}} = 5,38 \text{ l/s}$ y $\Delta P_{\text{nominal}} = 9,04 \text{ mca}$	76
Capítulo 4: Conclusiones.....	86
4.1. Acciones y estudios de obra a realizar.....	88
Capítulo 5: Anejos.....	91
5.1. Anejo 1. Sistema de bombeo contra red y obra civil de instalación de caseta prefabricada de hormigón.....	91
5.1.1. Sistema de bombeo contra red y curvas de rendimiento del grupo de bombeo con variador de frecuencia utilizado.....	91
5.1.2. Obra civil de instalación de caseta prefabricada de hormigón.....	94
5.2. Anejo 2. Bomba de dosificación de hipoclorito sódico.....	100
5.2.1. Antecedentes.....	100
5.2.2. Selección de bomba dosificadora.....	100
5.3. Anejo 3. Consumo energético medio y coste anual por bombeo.....	103
5.4. Anejo 4. Definiciones, velocidades de circulación, diámetros, materiales a utilizar y requisitos para los componentes de la red.....	106
5.4.1. Definiciones.....	106
5.4.1.1. Red de distribución de agua.....	106
5.4.1.2. Componentes de la red.....	107
5.4.1.3. Presiones hidráulicas relativas a la red.....	108
5.4.1.4. Presiones relativas a los componentes de la red.....	109
5.4.1.5. Diámetros.....	110
5.4.2. Velocidades de circulación.....	110
5.4.3. Diámetros.....	111



5.4.4. Materiales a utilizar.....	111
5.4.5. Requisitos para los componentes de la red.....	112
5.4.5.1. Generalidades.....	112
5.4.5.2. Tuberías.....	112
5.4.5.2.1. Tuberías de polietileno.....	112
5.4.5.2.2. Tuberías de fundición dúctil.....	113
5.4.5.2.3. Tuberías de hormigón armado con camisa de chapa.....	114
5.4.5.2.4. Tuberías de acero.....	115
5.4.5.3. Elementos de maniobra, control y regulación.....	116
5.4.5.3.1. Válvulas de compuerta.....	117
5.4.5.3.2. Válvulas de mariposa.....	119
5.4.5.3.3. Válvulas reguladoras de presión.....	122
Capítulo 6: Planos.....	123
Capítulo 7: Bibliografía.....	145



AGRADECIMIENTOS

Cuando me surgió la idea de enfrentarme a dicho título académico hubo quienes, desde un primer momento, me animaron y apoyaron a esta complicada tarea, estoy hablando en concreto de mi querida madre y mis hermanos.

A mi queridísima madre, Piedad, pilar fundamental en mi vida, darle las gracias por estar apoyándome y animándome en los momentos más difíciles durante este largo camino, por todo el trabajo y esfuerzo que ha realizado durante todos estos años, el cual ha dado su fruto y ha hecho posible que se cumpla este sueño.

A mi queridísimo padre, Francisco, que nos dejó hace ya muchos años. Ojalá la historia hubiese sido diferente y pudiera estar aquí para presenciar este gran momento.

A mis dos grandes hermanos, Francisco y Juan, los cuales durante todos estos años me han facilitado y ayudado con su manera de ser a que sean más llevaderos mis estudios universitarios. Gracias por todo, os quiero.

Por último agradecer el enorme interés mostrado desde el principio por mi tutor de Trabajo Fin de Grado, Don Francisco José Pérez Latorre, el cual me ha ayudado, explicado y ofrecido en todo momento su tiempo para hacer que este trabajo se haya hecho posible.



RESUMEN

La urbanización objeto de este estudio, denominada Nueva Jarilla, se encuentra situada al este del núcleo urbano de San José de la Rinconada a unos 2 km de éste. Se trata de una urbanización abierta formada por aproximadamente 340 viviendas unifamiliares independientes que se distribuyen en una franja de terreno existente entre la carretera Sevilla-Brenes (SE-111) y el canal de la Comunidad de Regantes del Valle inferior.

El abastecimiento de agua potable a la urbanización se realiza mediante una tubería de fundición dúctil de DN 200 mm que tiene su origen en la red de distribución de San José de la Rinconada.

Como consecuencia de encontrarse a una cota más elevada que el núcleo urbano de San José de la Rinconada para dotar de suficiente presión a las parcelas de la urbanización ha sido necesario aumentar la presión en toda la red de abastecimiento de San José lo que está ocasionado un incremento en el número de roturas fortuitas en las redes existentes de más antigüedad derivando en importantes afecciones a los clientes.

Por otra parte, dada la poca demanda de caudal, y por tanto el elevado tiempo de permanencia del agua en las conducciones, existe un déficit de cloro libre en la red de la urbanización Nueva Jarilla.

Para dar solución a lo anterior, durante este estudio se ha simulado diferentes escenarios de la red de los núcleos de población de La Rinconada, San José de la Rinconada y la urbanización Nueva Jarilla con el software EPANET y estudiado alternativas con la inclusión de sistemas de bombeo y/o sistemas de almacenamiento de agua con purga (escenario desfavorable) o sin purga en la red de la urbanización para el diseño de la solución óptima desde el punto de vista económico que garantice el abastecimiento con las condiciones de presión mínimas necesarias a la urbanización objeto del estudio sin afección a la red de San José de la Rinconada.



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La Rinconada es un municipio de la provincia de Sevilla, Andalucía, España. Forma parte de la comarca de La Vega. Se encuentra a 5,7 kilómetros de la capital de provincia, Sevilla. La Rinconada está situada a una latitud norte de 37°29'16'' y una longitud oeste de 5°58'44''. Cuenta con una superficie de 139,48 Km^2 donde el punto más elevado se encuentra a 29,74 metros por encima del nivel del mar. La altura mínima se ha situado a 5 metros por encima del nivel del mar por lo que el desnivel máximo que se puede presentar es de 24,74 metros.

La Rinconada delimita al noreste con Brenes, al norte con Alcalá del Río, al noroeste con Alcalá del Río y La Algaba, al suroeste con La Algaba y al sur y al sureste con Sevilla. Cuenta con una población actual de 38406 hab. (2018), con una densidad de población de 274,87 *hab./km²*.

La Urbanización Nueva Jarilla se encuentra situada al este del barrio de San José de La Rinconada a unos 2 km de éste, por lo tanto su suministro atraviesa esta última población antes de llegar a la urbanización. Se trata de una urbanización abierta formado por aproximadamente 340 viviendas unifamiliares independientes con una población de 324 habitantes que se distribuyen en una franja de terreno existente entre la carretera Sevilla-Brenes (SE-111) y el canal de la Comunidad de Regantes del Valle inferior.

El abastecimiento de agua potable a la urbanización Nueva Jarilla se realiza mediante una tubería de fundición dúctil de DN 200 mm que tiene su origen en la red de distribución del núcleo urbano conformado por el barrio de San José de La Rinconada, cuyo abastecimiento se alimenta a través de una estación de bombeo contra red. Como consecuencia de encontrarse a una cota más elevada, para dotar de suficiente presión a las parcelas de la urbanización de Nueva Jarilla es necesario aumentar la presión en toda la red de abastecimiento de San José hasta valores de consigna de 37 mca, lo que ocasiona un elevado número de roturas fortuitas en las redes existentes de más antigüedad, situación ésta que deriva en importantes afecciones a los clientes.

Por otra parte, dada la poca demanda de caudal, y por tanto el elevado tiempo de permanencia del agua en las conducciones, existe un déficit de cloro libre en la red de la urbanización Nueva Jarilla.

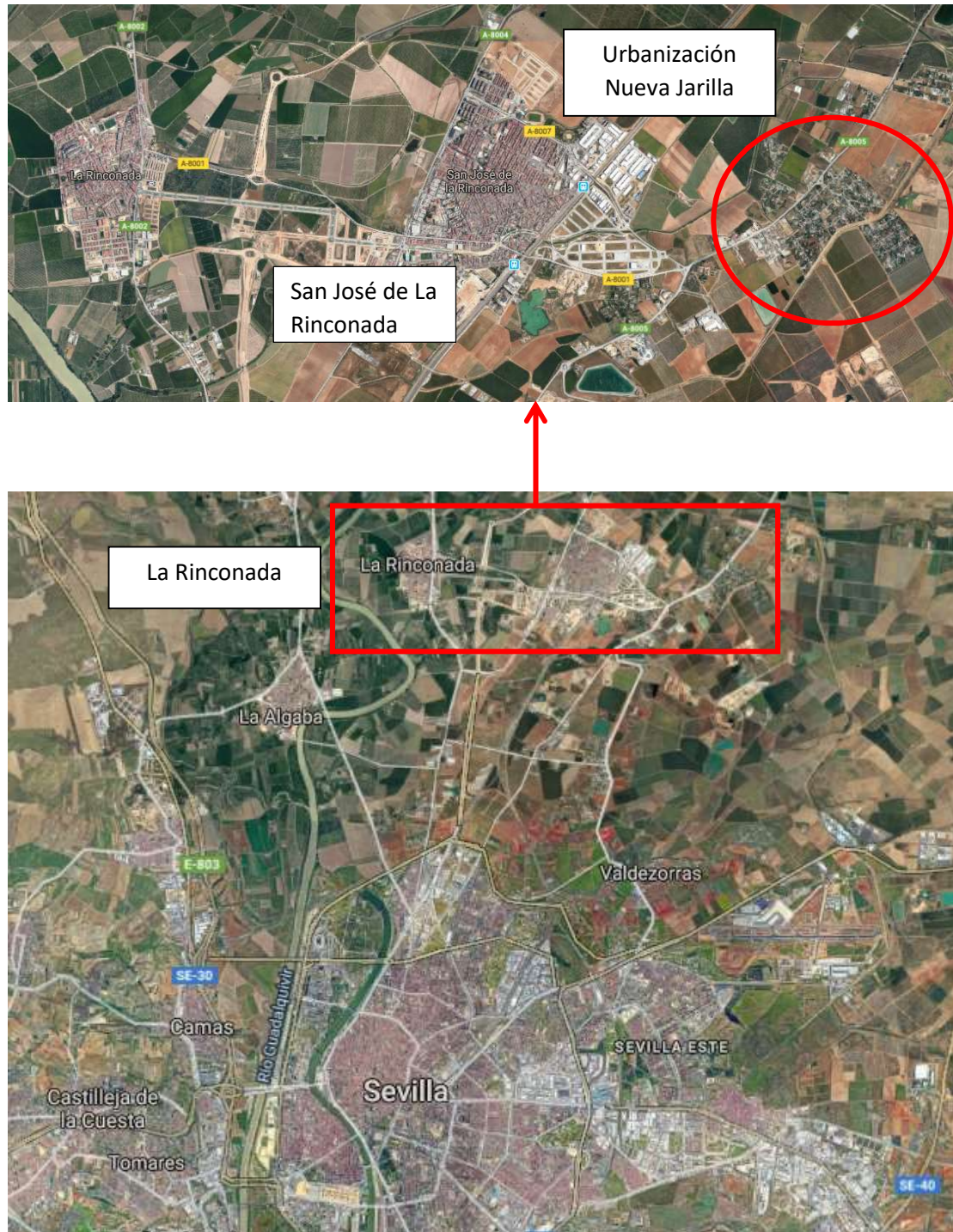


Figura 1.1. Mapa de situación de la urbanización Nueva Jarilla. Fuente: producción propia basada en el uso de Google Maps



1.2. Objetivos

Es objeto del presente estudio encontrar la solución óptima para garantizar el abastecimiento con las condiciones de presión mínimas necesarias al municipio de La Rinconada (Sevilla) específicamente a la urbanización Nueva Jarilla. Para ello se garantizará una presión mínima en el punto más desfavorable de la urbanización de 20 mca sin superar en ningún punto del sistema de estudio presiones superiores a 40 mca.

Para el diseño de la solución óptima desde el punto de vista económico, se simulará la red de abastecimiento y estudio de alternativas con la inclusión de sistemas de bombeo y sistemas de almacenamiento de agua. Se simulará diferentes escenarios con el software EPANET, en un primer caso, dejando fuera de servicio los bombeos, con un solo bombeo (el actual), con bombeos parciales (entrando en funcionamiento un nuevo bombeo y dejando fuera de servicio el bombeo actual), entrando en funcionamiento los dos bombeos (el actual y el nuevo). En un segundo caso, se realizará el último escenario descrito anteriormente pero con la inclusión de un depósito en el que el nuevo bombeo realizará su llenado. La red se simulará también ante un escenario desfavorable de purga de la red de abastecimiento de la urbanización Nueva Jarilla entrando en servicio los dos bombeos.

Por otro lado, se simulará también la calidad del agua, concretamente su tiempo de permanencia con el objetivo de encontrar elevados tiempos que puedan derivar en un déficit de cloro libre en la red y corregirlos mediante la instalación de un sistema de reclusión con hipoclorito sódico.

1.3. Software EPANET

EPANET es en estos momentos uno de los paquetes informáticos más complejos que existen en el campo de la simulación de sistemas hidráulicos, hecho que unido a su distribución libre bajo Windows, hace que sea el software más extendido, ya que permite la simulación de todo tipo de redes de distribución de agua de una forma sencilla y eficaz.

Desarrollado por U.S. Environmental Protection Agency, EPANET es un modelo automatizado de simulación que ayuda a comprender mejor el movimiento y las transformaciones experimentadas por el agua tratada que circula por los sistemas de distribución. Se trata de un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión.



El método que emplea EPANET para resolver simultáneamente las ecuaciones de continuidad en los nudos y las ecuaciones de flujo dinámico en las tuberías, para un instante dado, puede clasificarse como un método híbrido de nudos y mallas. Todini y Pilati (1987) decidieron llamarlo “Método del Gradiente”. Métodos similares fueron propuestos anteriormente por Hamam y Brameller (1971) (el “Método Híbrido”) y por Osiadacz (1987) (el “Método de Newton para Nudos y Mallas”). La única diferencia entre estos procedimientos es la forma en que se actualizan los caudales de línea, después de haber encontrado una nueva solución provisional para las alturas en los nudos. Dado que la aproximación de Todini es la más simple, ésta fue la elegida para desarrollar EPANET.

1.3.1. Características del Modelo Hidráulico

Para la realización del modelo de calidad del agua es necesario disponer de un modelo hidráulico preciso y completo. EPANET es un motor de análisis hidráulico actual que incluye las siguientes características:

- No existe límite en el tamaño de red que se desea analizar.
- Calcula las pérdidas por fricción en las conducciones mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning (en el caso que nos ocupa se ha optado por trabajar por D-W).
- Incluye pérdidas menores de elementos tales como codos, acoplamientos, etc.
- Modela bombas funcionando tanto a velocidad de giro constante como a velocidades de giro variables.
- Calcula la energía consumida y el coste de bombeo de las estaciones.
- Modela diferentes tipos de válvulas, incluyendo válvulas de regulación, válvulas de retención, válvulas de aislamiento, válvulas reductoras de presión, válvulas de caudal, etc.
- Permite el almacenamiento de agua en tanques que presenten cualquier geometría (por ejemplo, que la sección del tanque sea variable con la altura del mismo).
- Considera la posibilidad de establecer diferentes categorías de consumo en los nudos, cada una de ellas con su propia curva de modulación.
- Modeliza consumos dependientes de la presión que salen al exterior del sistema a través de emisores (rociadores, aspersores e hidrantes).



- Puede determinar el funcionamiento del sistema simplemente con el nivel del agua en el tanque y controles de tiempo o utilizar un complicado sistema de regulación temporal.

1.3.2. Manejo básico de EPANET

La interfaz del programa EPANET consta de diversos elementos entre los que destaca la ventana principal, llamada Plano de la Red, donde se representa gráficamente la red con la que se está trabajando. Aparece también situada a la derecha de la pantalla una pequeña ventana llamada Visor, la cual permite controlar parámetros de visualización de datos y resultados (pestaña Plano) y observar y editar todos los datos y parámetros constitutivos de la red (pestaña Datos).

En la parte superior de la pantalla se encuentra el menú de comandos (Archivo, Editar, Ver...) y la barra de herramientas del programa. La barra de herramientas está equipada con diversas opciones típicas de gestión de ficheros, impresión, edición, además de herramientas específicas de cálculo, análisis, visualización y creación de nudos y elementos.

En la siguiente figura 1.2 se pueden apreciar todos los elementos anteriormente comentados:

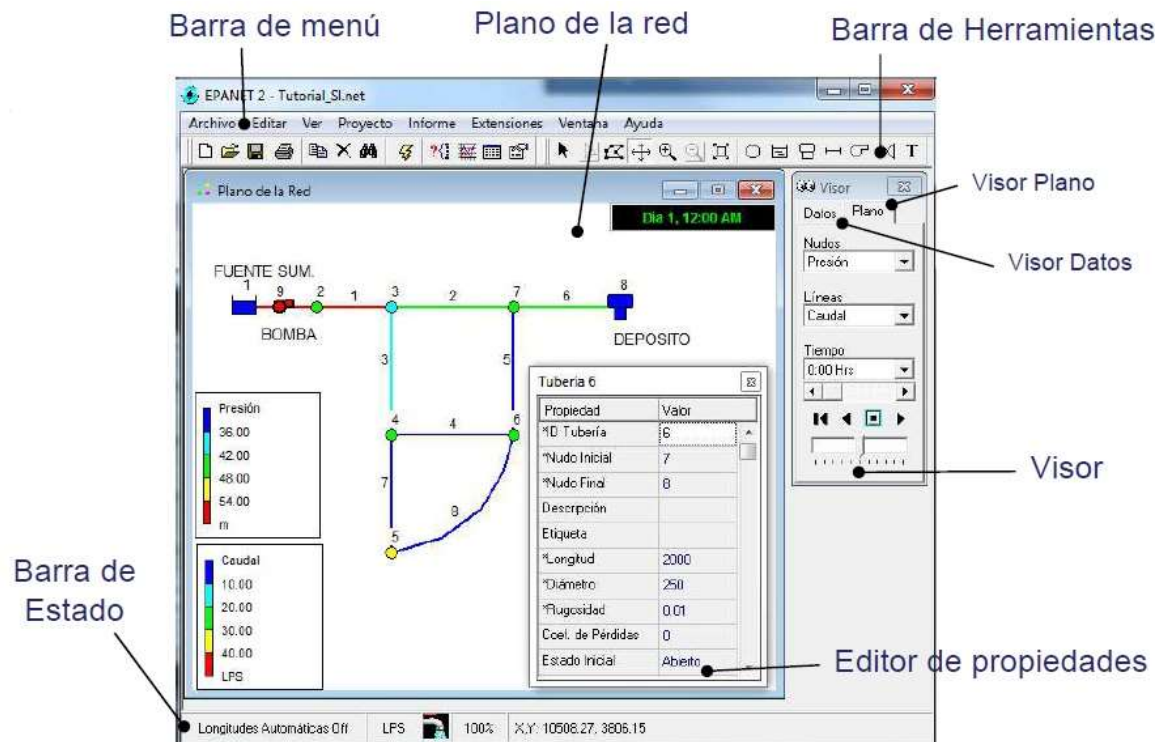
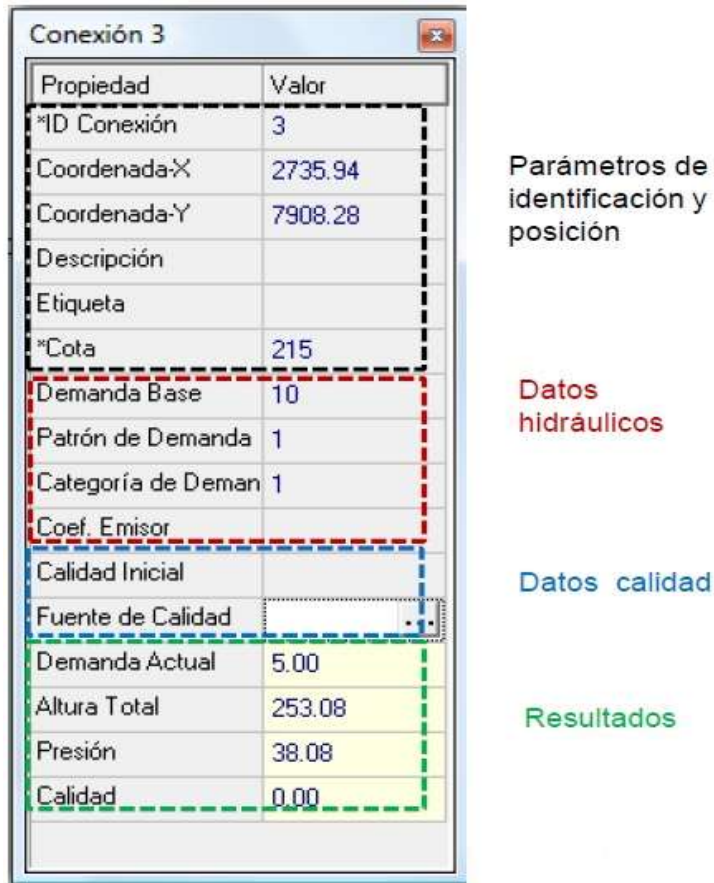


Figura 1.2. Interfaz del programa EPANET. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Para la simulación de las diversas partes de las que se compone una red de abastecimiento, EPANET cuenta con diversos tipos de nudos y elementos, los cuales están representados cada uno de ellos por un botón en la parte derecha de la barra de herramientas. Los tipos de nudo disponibles son Conexión, Embalse y Depósito, mientras que los tipos de elementos son Tubería, Bomba y Válvula.

a) **Conexión:** representa los puntos de consumo de agua y se unen entre sí mediante tuberías u otro tipo de elementos. Requieren datos como:

- **Demanda:** el caudal de agua que demandan de la red. En el caso de que se trate de un valor nulo, el nudo simplemente representa un punto de paso de agua sin consumo.
- **Cota:** es la altura topográfica del punto donde se ubica el nudo.



Propiedad	Valor
*ID Conexión	3
Coordenada-X	2735.94
Coordenada-Y	7908.28
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	215
Demanda Base	10
Patrón de Demanda	1
Categoría de Deman	1
Coef. Emisor	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	
Demanda Actual	5.00
Altura Total	253.08
Presión	38.08
Calidad	0.00

Parámetros de identificación y posición

Datos hidráulicos

Datos calidad

Resultados

Figura 1.3. Editor de propiedades para la Conexión. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Como se ha indicado con anterioridad, los consumos de agua que puede representar este nodo son varios, pudiendo corresponder a los diferentes usos del agua: consumos de viviendas, manzanas, sectores urbanos, industriales o abastecimientos de subredes. Cuando el consumo en estos puntos sea nulo, simplemente estará representando la bifurcación de tuberías o puntos singulares de la red.

Este tipo de nodo también permite asignar demandas dependientes de la presión a través de coeficientes de emisión, pudiendo representar de esta manera, por ejemplo, el uso de hidrantes.



Figura 1.4. Botón Conexión en EPANET. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

- b) **Embalse:** este tipo de nudo representa una fuente de abastecimiento de agua cuyo nivel se mantiene constante en el tiempo. A efectos prácticos, su capacidad es ilimitada, ya que suministra cualquier caudal sin variar su altura piezométrica. En este caso, solo requiere un dato y éste es la altura piezométrica. Si el almacenamiento se encuentra abierto a la atmósfera, coincidirá con la altura de la lámina libre de agua.



Embalse 1

Propiedad	Valor
*ID Embalse	
Coordenada-X	-318.47
Coordenada-Y	7919.32
Descripción	
Etiqueta	
*Altura Total	210
Patrón de Altura	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	
Caudal Neto Entrante	-43.95
Cota	210.00
Presión	0.00
Calidad	1.00

Parámetros de identificación y posición

Datos hidráulicos

Datos calidad

Resultados

Figura 1.5. Editor de propiedades para el Embalse. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

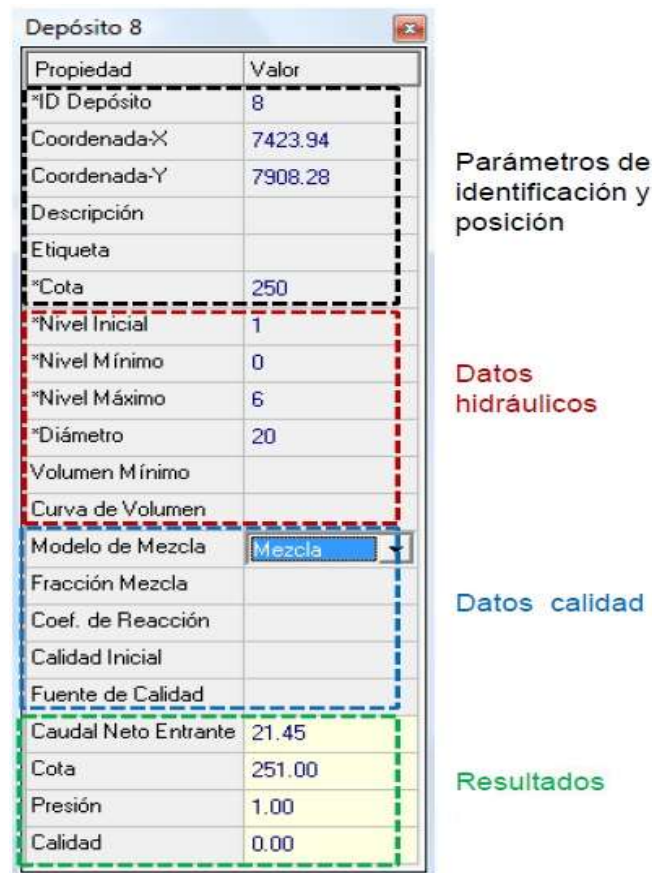
El embalse puede representar también ríos, lagos o grandes depósitos o, como se indica en este trabajo, la conexión directa con la fuente de abastecimiento. En general, puede representar cualquier almacenamiento de agua cuya altura piezométrica se mantenga constante en el análisis que se desee realizar.



Figura 1.6. Botón Embalse en EPANET. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

c) **Depósito:** este tipo de nudo también representa un almacenamiento de agua, pero a diferencia de los embalses, en los depósitos sí que varía la altura piezométrica en función de las detracciones o las aportaciones de agua de la red. Los parámetros que definen un depósito son:

- **Cota de solera del depósito.**
- **Niveles inicial, mínimo y máximo del agua:** estos datos son necesarios para poder realizar el cómputo de la evolución del nivel en el depósito en las simulaciones y para detectar su vaciamiento o desbordamiento.
- **Diámetro:** ya sea el diámetro real en el caso de depósitos cilíndricos o el equivalente en el caso de depósitos de otras geometrías. EPANET también permite definir la curva de cubicación del depósito (relación entre el nivel y el volumen de agua), con lo cual el diámetro puede no resultar siempre necesario.



Propiedad	Valor
*ID Depósito	8
Coordenada-X	7423.94
Coordenada-Y	7908.28
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	250
*Nivel Inicial	1
*Nivel Mínimo	0
*Nivel Máximo	6
*Diámetro	20
Volumen Mínimo	
Curva de Volumen	
Modelo de Mezcla	Mezcla
Fracción Mezcla	
Coef. de Reacción	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	
Caudal Neto Entrante	21.45
Cota	251.00
Presión	1.00
Calidad	0.00

Figura 1.7. Editor de propiedades para el Depósito. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

El depósito puede representar depósitos de cabecera, de cola o de modulación y su nivel formará parte de las incógnitas a calcular por el programa.



Figura 1.8. Botón Depósito en EPANET. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

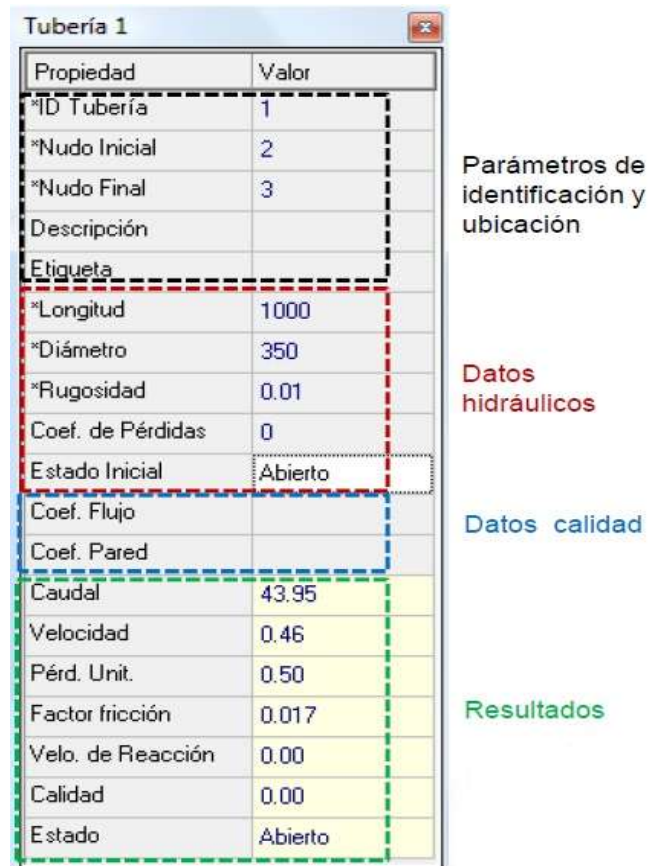
- d) **Tuberías:** se trata de elementos pasivos que se encargan de transportar agua a presión de un nudo a otro. Sus características principales son las siguientes:
- **Nudos inicial y final:** son aquellos que conectan la tubería.
 - **Longitud de la tubería.**
 - **Diámetro:** se supone una sección circular de tubería.
 - **Rugosidad:** es un valor que depende del material y también del estado de la tubería. Es necesario conocer este dato para el cómputo de las pérdidas

de carga. Dependiendo del material de las tuberías, se adoptarán los valores del coeficiente de rugosidad indicados en la tabla 1.1 siguiente:

<i>Material</i>	<i>Texto material</i>	<i>ϵ Darcy-Weisbach (mm)</i>
AH	Acero helicosoldado	0,200
CH	Chapa de acero	0,100
CU	Cobre	0,030
FC	Fibro cemento	0,025
FD	Fundición dúctil	0,100
HACH	Hormigón armado con camisa de chapa	0,100
HF	Hierro fundido	0,500
HG	Hierro galvanizado	0,150
PB	Plomo	0,150
PE	Polietileno	0,005
PVC	Poli Cloruro de Vinilo	0,005

Tabla 1.1. *Coeficiente de Rugosidad en función del tipo de material de la tubería. Fuente: producción propia*

- **Estado Inicial:** la tubería puede estar abierta o cerrada, y también puede contener una válvula de retención.



Propiedad	Valor
*ID Tubería	1
*Nudo Inicial	2
*Nudo Final	3
Descripción	
Etiqueta	
*Longitud	1000
*Diámetro	350
*Rugosidad	0.01
Coef. de Pérdidas	0
Estado Inicial	Abierto
Coef. Flujo	
Coef. Pared	
Caudal	43.95
Velocidad	0.46
Pérd. Unit.	0.50
Factor fricción	0.017
Velo. de Reacción	0.00
Calidad	0.00
Estado	Abierto

Figura 1.9. Editor de propiedades para la Tubería. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

La tubería puede representar todo tipo de conducciones a presión, desde pequeños tubos hasta grandes arterias de un sistema de abastecimiento urbano.



Figura 1.10. Botón Tubería en EPANET. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

- e) **Bomba:** una bomba es un dispositivo que suministra altura piezométrica al fluido. Para su correcta definición se requieren los siguientes datos:
- **Nodos inicial y final que conectan la bomba.**

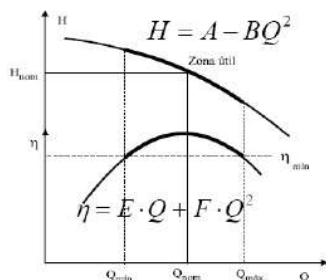
Bombas

Datos Básicos:

- ✓ Nudos inicial y final
- ✓ Curva característica

El resultado principal asociado a una bomba:

- ✓ Incremento de altura



EPANET
 $H = A - BQ^n$

$$Pot, fluido(w) = \gamma \cdot Q \cdot H$$

$$Pot, bomba(w) = \frac{Pot, fluido}{\eta_b} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta_b}$$

$$Pot, motor(w) = \frac{Pot, bomba}{\eta_e} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta_b \cdot \eta_e} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta_{global}}$$

Propiedad	Valor
*ID Bomba	3
*Nudo Aspiración	1
*Nudo Impulsión	2
Descripción	
Etiqueta	
Curva Característica	1
Potencia Nominal	
Velocidad Relativa	
Curva Modulac. Velocidad	
Estado Inicial	Marcha
Curva Rendimiento	
Precio Energía	
Curva Modulac. Precios	
Caudal	43,95
Altura Bomba (-)	-43,58
Calidad	0,50
Estado	Marcha

Parámetros de identificación y ubicación

Datos hidráulicos

Datos Energía

Resultados

Figura 1.11. Editor de propiedades para la bomba. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

- **Curva característica:** la curva característica relaciona el caudal trasgado por la bomba con la altura suministrada por el fluido. Opcionalmente, también se puede establecer un funcionamiento a potencia constante, con lo que la altura de impulsión sería calculada directamente a partir del caudal circulante.

□ Curvas Características (de una bomba)

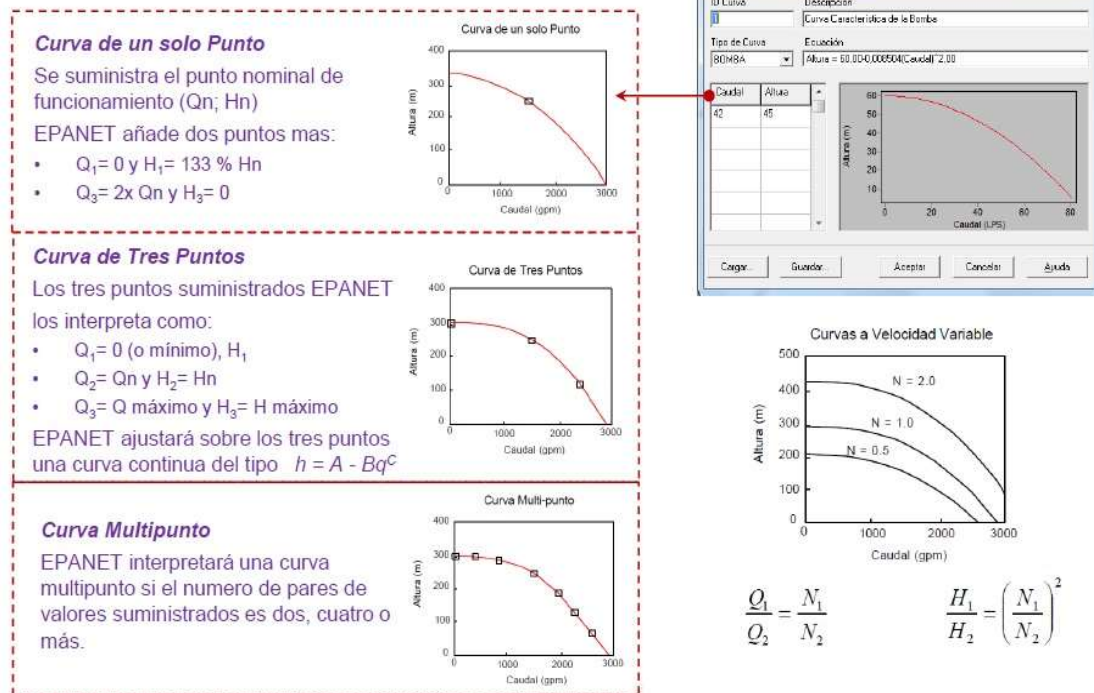


Figura 1.12. Editor de la curva característica de la bomba. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

La bomba puede representar cualquier turbomáquina impulsora, ya sea rotodinámica o de desplazamiento.



Figura 1.13. Botón Bomba en EPANET. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

f) **Válvula:** este tipo de elemento impone una limitación de presión o caudal al fluido y para poder definirla son necesarios los siguientes datos:

- **Nudos inicial y final que conectan a la válvula.**
- **Diámetro:** generalmente coincide con el diámetro de las tuberías contiguas.
- **Consigna:** valor límite que provoca que la válvula actúe.

Válvulas

Datos Básicos:

- ✓ Nudos inicial y final
- ✓ Diámetro
- ✓ Consigna
- ✓ Coef. pérdidas menores ($k(\theta)$)
- ✓ Estado forzado (ninguno, abierta, cerrada)

Los resultados en una tubería contemplan:

- ✓ Caudal de circulación
- ✓ Pérdida de carga



** No representan ningún componente físico*

Figura 1.14. Editor de propiedades para la Válvula. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Aunque no se trata de un dato imprescindible, en el presente estudio se tendrá en cuenta también el **Coefficiente de Pérdidas**, que es un coeficiente adimensional de pérdidas menores que se aplica cuando la válvula está completamente abierta. En la siguiente tabla 1.2 se recogen los valores del Coeficiente de Pérdidas en función del tipo de válvula y de su diámetro:

Tipo	Diámetro (mm)	Coef. Pérdidas menores K_0
COMPUERTA	80	0,071
COMPUERTA	100	0,065
COMPUERTA	125	0,057
COMPUERTA	150	0,052
COMPUERTA	200	0,057
COMPUERTA	250	0,050
COMPUERTA	300	0,045
COMPUERTA	350	0,045
COMPUERTA	400	0,043
MARIPOSA	80	0,43
MARIPOSA	100	0,44
MARIPOSA	125	0,30
MARIPOSA	150	0,25
MARIPOSA	200	0,23
MARIPOSA	250	0,29
MARIPOSA	300	0,29
MARIPOSA	350	0,27
MARIPOSA	400	0,30
MARIPOSA	450	0,31
MARIPOSA	500	0,28
MARIPOSA	600	0,29
MARIPOSA	700	0,32
MARIPOSA	800	0,30
MARIPOSA	900	0,30
MARIPOSA	1000	0,28
MARIPOSA	1100	0,19
MARIPOSA	1200	0,26
MARIPOSA	1300	0,16
MARIPOSA	1400	0,16
MARIPOSA	1500	0,15
MARIPOSA	1600	0,16

Tabla 1.2. Coeficiente de Pérdidas en función del tipo de válvula y de su diámetro.

Fuente: producción propia

EPANET contempla diversos tipos de válvulas: reductora de presión, sostenedora de presión, válvula de rotura de carga, limitadora de caudal, de regulación (compuerta y mariposa) y válvula de propósito general.



Figura 1.15. Botón Válvula en EPANET. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Así pues, los datos que deberá aportar el usuario al programa para poder analizar la red serán los que se detallan a continuación:

- **Características de las conducciones:** longitud, diámetro y rugosidad.
- **Características de los componentes especiales:** niveles de depósitos, curvas características de los equipos de bombeo y/o consigna de las válvulas.
- **Altura piezométrica de referencia:** diferencia de altura entre el nudo y el nudo de referencia.
- **Demanda.**

Y las incógnitas serán las siguientes:

- **Caudales circulantes por las tuberías.**
- **Alturas piezométricas en los nudos.**

En cuanto a las unidades de las magnitudes en EPANET, la versión española con la que se ha trabajado las fija por defecto en el Sistema Internacional, tomando los caudales en litros por segundo, los diámetros en milímetros y la rugosidad también en milímetros (aunque en el caso de este trabajo, al utilizar como ecuación de pérdidas por fricción Darcy-Weisbach el valor de la rugosidad será adimensional).

El código de colores con el que se trabajará en el programa EPANET será el siguiente:

1. **Para las presiones:** las presiones se identificarán en los nudos. El código de colores correspondiente para estos valores es el siguiente:

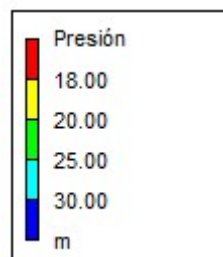


Figura 1.16. Código de colores para los valores de presión en los nudos. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

2. **Para los caudales:** los caudales se identificarán en las líneas o tuberías. El código de colores con el que se trabajará es el siguiente:

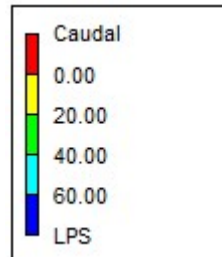


Figura 1.17. Código de colores para los valores de caudal en las líneas. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

3. **Para los tiempos de permanencia:** los tiempos de permanencia se identificarán en los nudos. El código de colores correspondiente para estos valores es el siguiente:



Figura 1.18. Código de colores para los valores del tiempo de permanencia en los nudos. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

1.3.3. Pasos de utilización de EPANET

Los pasos a seguir generalmente a la hora de modelar un sistema de distribución de agua con EPANET son los siguientes:

1. Dibujar un esquema de la red o importar una descripción básica del mismo desde un fichero de texto.
2. Editar las propiedades de los elementos que configuran el sistema en el editor de propiedades.
3. Describir el modo de operación del sistema (arranque o paradas de bombas, abertura o cierre de válvulas, etc.) mediante leyes de control.



4. Seleccionar las opciones de cálculo (ecuaciones de cálculo de pérdidas de energía, sistemas de unidades, etc.).
5. Realizar el análisis hidráulico ejecutando el programa.
6. Obtener los resultados del análisis y observar los resultados en tablas o gráficas.

Para más información acerca de este SOFTWARE, se puede consultar el manual oficial de EPANET en castellano en la siguiente web:

<http://www.instagua.upv.es/Epanet/EpanetCastellano.htm>



CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del sistema y características de la red de distribución

La población de La Rinconada se abastece de forma mixta (gravedad + bombeo) a través de una conducción de fibrocemento de DN 500 mm que deriva de la arteria de distribución denominada “2ª cintura”. El núcleo urbano conformado por el barrio de La Rinconada se abastece por gravedad; en cambio el de San José precisa de una estación de bombeo, denominada E.B. La Rinconada, permitiendo el suministro por gravedad en los períodos nocturnos de menor consumo. La E.B. La Rinconada comparte instalaciones con la E.B. Alcalá del Río, dotada de dos grupos de bombeo, y cuya función es el llenado del depósito que abastece a la población de Alcalá del Río, tomando para ello como aspiración agua de otros depósitos, ubicados también en el mismo emplazamiento que E.B. La Rinconada, denominados Depósitos de Entronque. Esta instalación no interviene en el abastecimiento de La Rinconada ni de San José, objeto de este trabajo, pero aparecerá en algunas de las figuras mostradas a lo largo del mismo.

En la E.B. La Rinconada existen tres grupos de bombeo dotados con variador de frecuencia, con una configuración de funcionamiento tipo “2+1” (dos grupos para cubrir las demandas de caudal y uno de reserva), cada uno capaz de bombear $489,6 \text{ m}^3/\text{h}$ (136 l/s) a 49,8 mca según especificaciones de fábrica.

En la franja horaria 6 AM – 1 AM se pone en funcionamiento la E.B. La Rinconada con presión de impulsión consignada a 35 mca. Entre las 1 AM y las 6 AM, en los que la presión de aspiración de la estación ronda los 25 mca, el abastecimiento se realiza por gravedad, entrando en funcionamiento el bombeo únicamente ante bajadas de presión relevantes.

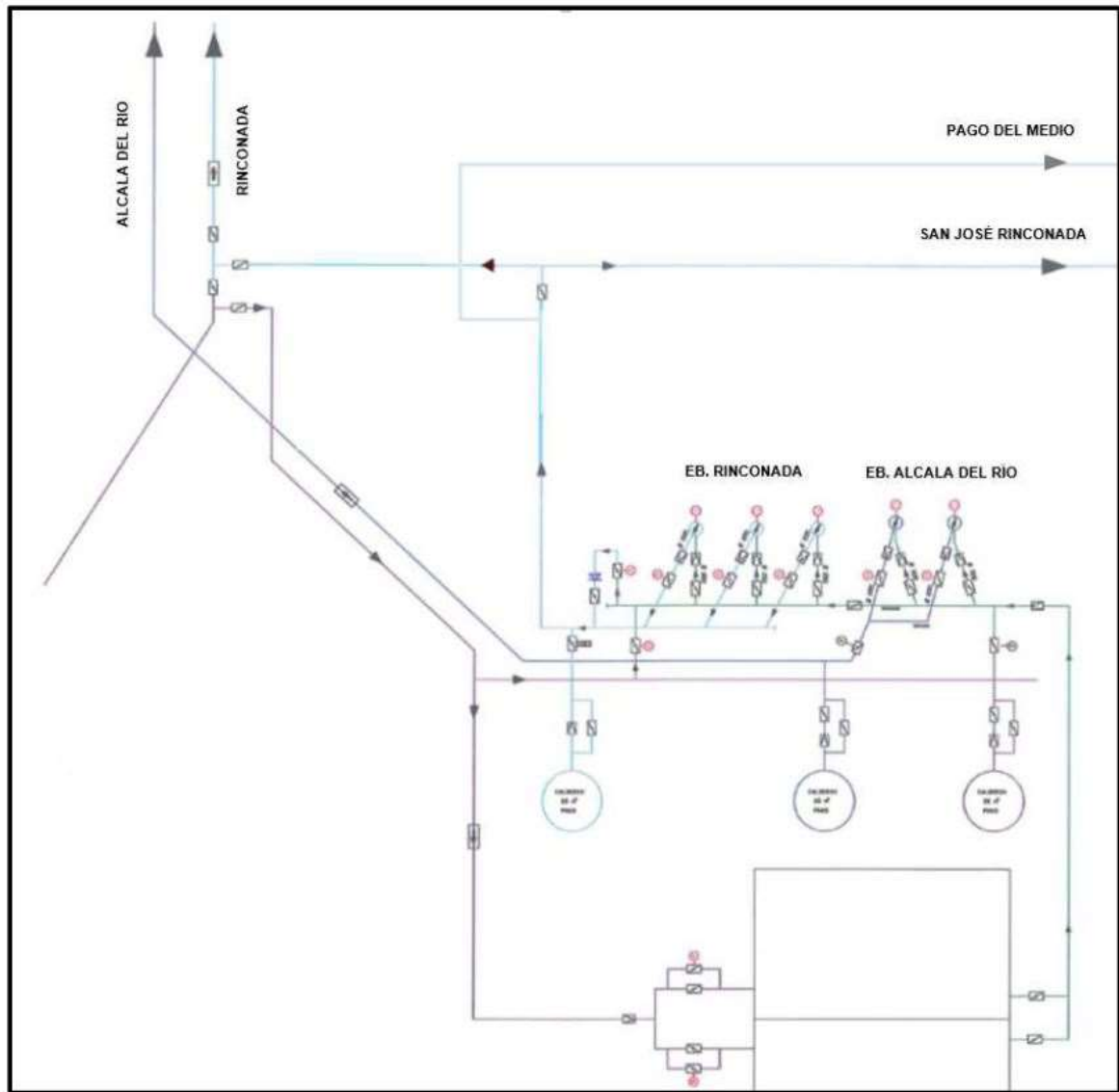


Figura 2.1. Esquema de configuración de la instalación de la E.B. La Rinconada. Fuente: producción propia

El abastecimiento por gravedad a La Rinconada está constituido por una conducción de DN 250 mm fibrocemento que en el interior de la población se malla. El suministro a San José de la Rinconada se efectúa mediante dos conducciones, DN 450 mm fibrocemento y DN 500 mm fundición dúctil respectivamente. Ambas al llegar a la población de San José de la Rinconada se configuran en un cinturón arterial de diámetros variables entre 300 y 200 mm. La red abastecida desde la E.B. La Rinconada o por gravedad se representa en rojo en la figura 2.2.

La urbanización Nueva Jarilla se sitúa al este de San José de la Rinconada, por lo tanto su suministro atraviesa este núcleo. La disponibilidad de un valor de presión estándar en Nueva Jarilla implica aumentar la presión de consigna a la salida de la E.B. La Rinconada hasta 35 mca. La consecuencia directa de esta forma de explotar la red es un aumento de tasa de averías por rotura muy superior al promedio de las redes de abastecimiento de otras poblaciones.

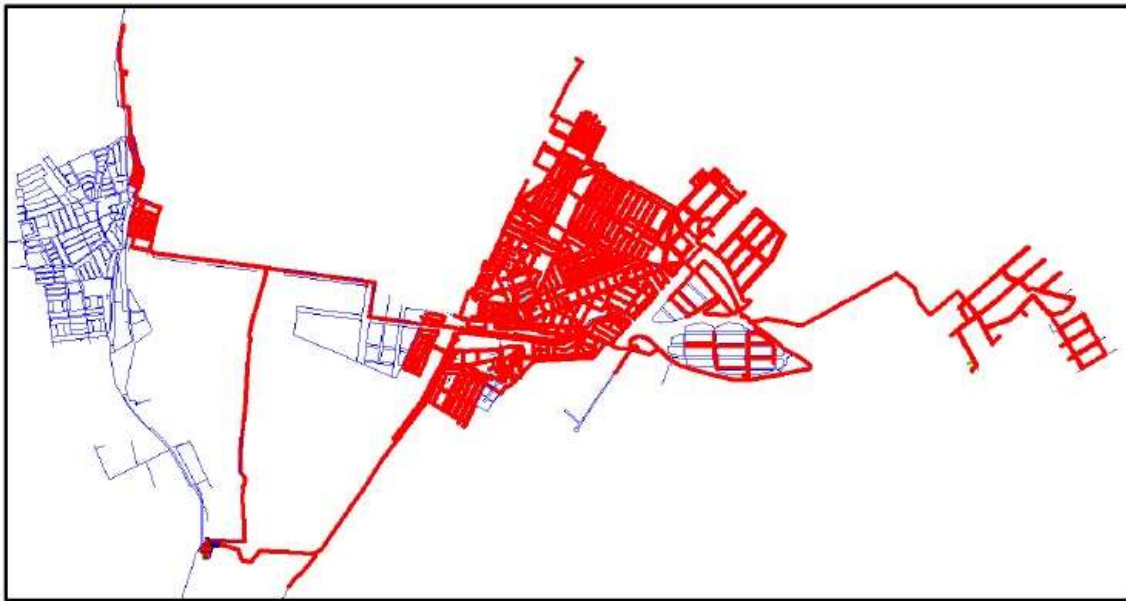


Figura 2.2. Redes en (rojo) abastecidas desde la E.B. La Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

2.2. Modelo hidráulico

2.2.1. Características de la red modelada en EPANET.

Para modelar el comportamiento de la red se parte de la base de datos de la Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA), necesaria para esquematizar la red y aplicar el software EPANET que permitirá simular tanto el comportamiento hidráulico, como de la calidad del agua en la red de distribución a presión de los núcleos de población de La Rinconada, San José de la Rinconada y la urbanización Nueva Jarilla.

EPANET modela un sistema de distribución de agua como un conjunto de líneas conectadas por sus nudos extremos. Las líneas representan tuberías, bombas o válvulas de control. Los nudos representan puntos de conexión entre tuberías o extremos de las mismas, con o sin demandas (nudos de caudal), y también depósitos o embalses.

La red actual de abastecimiento simulada en EPANET consta de 6708 conexiones de los cuales 2299 tienen una demanda base mayor que 0 (conexiones consumidores de agua), 1 embalse, 2 depósitos (depósitos de Entronque), 5444 tuberías con una suma total en longitud de 212,21 km aproximadamente, 2 bombas (E.B. La Rinconada y E.B. Alcalá del Río, esta última, como ya se ha mencionado en el comienzo de este estudio, se dejará fuera de servicio al no afectar al abastecimiento a la urbanización Nueva Jarilla) y 2009 válvulas (2007 válvulas de regulación y 2 válvulas reductoras de presión) con un caudal punta de 114,13 l/s a las 9:00 PM y un caudal mínimo de 24,99 l/s a las 3:00 AM. Los tramos de tuberías siguen el trazado de las calles, provocando así un aumento del número de nudos.

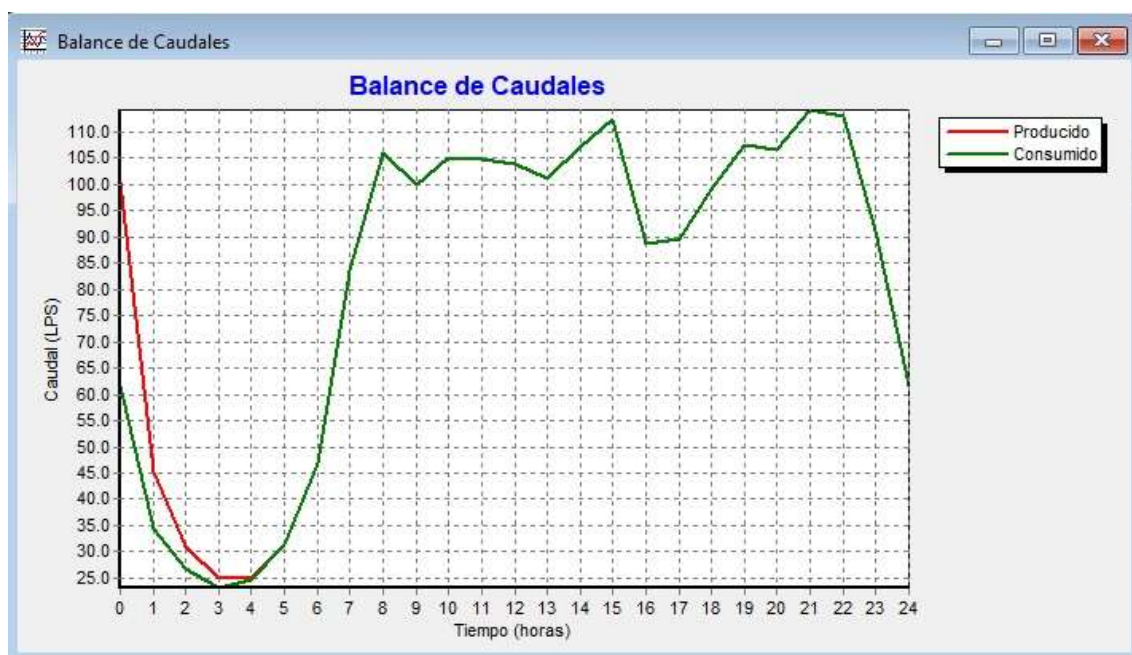


Figura 2.3. Balance de caudales producido y consumido por la red de abastecimiento de los núcleos de población de La Rinconada, San José de la Rinconada y urbanización Nueva Jarilla. La diferencia entre lo producido y el consumido es el agua almacenada en los depósitos de Entronque hasta que queda completamente lleno, momento en el cual, el consumo producido se iguala al consumido. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

2.2.1.1. Descripción de los consumos. Dotación

El consumo a considerar, tanto en las zonas de nueva creación como en las consolidadas urbanísticamente, será el siguiente:

Consumo doméstico genérico por vivienda: 600 l/ viv./ día (200 l/ hab./ día, con 3 hab./ viv.).

Al contar la urbanización Nueva Jarilla con una población aproximada de 324 habitantes, suponiendo que el consumo es prácticamente doméstico y conociendo el consumo por habitante y por día, se calcula el caudal medio necesario. El valor del caudal se obtiene multiplicando el valor de la población por las necesidades hídricas de la misma.

Los resultados se muestran en la tabla 2.1:

Caudal medio	
Urbanización Nueva Jarilla (nº habitantes)	324
Necesidades de agua (l./hab./día)	200
Caudal (l/día)	64800
Caudal total (l/s)	0,75

Tabla 2.1. Cálculos del caudal medio en la urbanización Nueva Jarilla. Fuente: *producción propia*

Este valor de caudal medio representa el valor mínimo necesario para abastecer a todos los habitantes de la urbanización Nueva Jarilla.

Repitiendo el mismo proceso para las poblaciones de La Rinconada y San José de la Rinconada, suponiendo que los consumos son prácticamente domésticos y que cuenta con unas poblaciones aproximadas de 10057 y 26642 habitantes respectivamente, se obtienen los siguientes resultados mostrados en las tablas 2.2 y 2.3 respectivamente:



Caudal medio	
Población La Rinconada(nº habitantes)	10057
Necesidades de agua (l./hab./día)	200
Caudal (l/día)	2011400
Caudal total (l/s)	23,28

Tabla 2.2. Cálculos del caudal medio en La Rinconada. Fuente: producción propia

Caudal medio	
Población San José de la Rinconada (nº habitantes)	26642
Necesidades de agua (l./hab./día)	200
Caudal (l/día)	5328400
Caudal total (l/s)	61,67

Tabla 2.3. Cálculos del caudal medio en San José de la Rinconada. Fuente: producción propia

Como ya se ha dicho anteriormente, estos caudales medios representan los valores mínimos necesarios para abastecer a los núcleos de población de La Rinconada y San José de la Rinconada.

Luego el caudal total medio mínimo necesario para abastecer a los tres núcleos de población será el siguiente:

$$Q_T = Q_{T_{\text{Nueva Jarilla}}} + Q_{T_{\text{La Rinconada}}} + Q_{T_{\text{San José de la Rinconada}}} \quad (1)$$

$$Q_T = 0,75 + 23,28 + 61,67 = 85,7 \text{ l/s}$$



Como 2299 conexiones de la red simulada en EPANET tienen una demanda base superior a 0 l/s, el caudal medio que demandará cada nudo será por tanto el siguiente:

$$\text{Demanda base media por conexión} = \frac{85,7 \text{ l/s}}{2299 \text{ conexiones}} = 0,037 \frac{\text{l}}{\text{s conexión}}$$

Estos caudales medios mínimos se aproximan a los datos obtenidos en el modelo con EPANET, los cuales se muestran en las tablas 2.4 y 2.5 respectivamente para el caudal medio total tanto de toda la red simulada como de la urbanización Nueva Jarilla y que son de 87,47 l/s y 0,94 l/s respectivamente.

Tabla de Evolución - Línea 1	
Tiempo	Caudal
0:00	100,52
1:00	45,31
2:00	31,2
3:00	24,99
4:00	25,01
5:00	31,21
6:00	46,68
7:00	83,6
8:00	105,84
9:00	99,85
10:00	105,04
11:00	104,81
12:00	103,91
13:00	101,06
14:00	107,06
15:00	112,36
16:00	88,74
17:00	89,55
18:00	98,87
19:00	107,33
20:00	106,61
21:00	114,13
22:00	112,85
23:00	90,99
24:00	61,75
Caudal medio total (l/s)	87,47

Tabla 2.4. Caudal medio total de toda la red obtenido a partir de la evolución temporal de 24 horas en la tubería 1 conectada con el embalse simulado con EPANET. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Tabla de Evolución - Línea 14880351	
Tiempo (horas)	Caudal (l/s)
0:00	0,68
1:00	0,34
2:00	0,26
3:00	0,23
4:00	0,24
5:00	0,34
6:00	0,52
7:00	0,96
8:00	1,25
9:00	1,11
10:00	1,15
11:00	1,16
12:00	1,16
13:00	1,11
14:00	1,17
15:00	1,24
16:00	0,93
17:00	0,97
18:00	1,06
19:00	1,19
20:00	1,2
21:00	1,28
22:00	1,27
23:00	1,02
24:00	0,68
Caudal medio total (l/s)	0,94

Tabla 2.5. Caudal medio total demandado por la urbanización Nueva Jarilla obtenido a partir de la evolución temporal de 24 horas en la tubería 14880351 simulado con EPANET.

Fuente: producción propia

2.2.1.2. Análisis de la demanda en régimen extendido

El modelo hidráulico de una red debe incluir un conocimiento lo más exhaustivo posible de los consumos de la red. Se debe ser capaz de determinar o conocer dos valores fundamentales para realizar la carga hidráulica del modelo: la demanda base y la curva de modulación de la demanda asociada al nudo.

Cargar el modelo significa asignar a cada nudo, en cada instante, el consumo registrado de los abonados y el no registrado (fugas, errores de contaje, etc.), denominado estado de carga de la red a la situación de consumos que se produce en un instante determinado.

El valor de la demanda base fija el caudal consumido por un nudo de la red, esto es, el caudal de agua que sale de la red a través de ese nudo. Es posible fijar un valor negativo de caudal en un nudo, esto significaría que el nudo aporta caudal a la red.

Partiendo del modelo de la red de La Rinconada, se simulará un escenario de consumos máximos con la entrada en funcionamiento de sistemas de bombeo y/o sistemas de almacenamiento de agua para garantizar una presión mínima adecuada a la urbanización Nueva Jarilla.

Todas las simulaciones se realizarán lo más cercanas a la realidad mediante el análisis en período extendido, pudiendo asociar a cada consumo un factor multiplicativo que aumente o disminuye la demanda en cada instante de tiempo.

Así pues, para poder llevar a cabo una simulación en período extendido es necesario crear una curva de modulación para definir demandas que varíen periódicamente en los nudos a lo largo del día. En este caso, para definir la curva de modulación se ha decidido definir un intervalo de 1 hora, de modo que la demanda cambie 24 veces por día, y la duración total del estudio equivaldrá a 24 horas.



Propiedad	Hrs:Min
Duración Total	24
Intervalo Cálculo Hidráulico	0:05
Intervalo Cálculo Calidad	0:05
Intervalo Patrones	1:00
Tiempo Inicio Patrón	0:00
Intervalo Informe	1:00
Tiempo Inicio Informe	0:00
Tiempo Inicio Reloj	12 am

Figura 2.4. *Parámetros de tiempo definidos por el usuario. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET*

Para realizar la curva de modulación lo siguiente que hay que definir es un patrón de tiempo. Un patrón de tiempo, tal y como define el Manual de EPANET, es una colección de factores que pueden aplicarse a una cantidad para representar que varía a lo largo del tiempo, ya sea a demandas en los nudos, a alturas de depósitos, programas de bombas o fuentes de calidad de agua. A continuación se establece los patrones de demanda utilizados en este estudio para cada intervalo que afectará a las demandas y cubrirá un período de 24 horas para los núcleos de población de La Rinconada, San José de la Rinconada y urbanización Nueva Jarilla respectivamente. Dichas curvas de modulación se aproximan bastante a los picos de consumo estimados en dichas poblaciones y está influenciada por diferentes factores como el tipo de abonado, el nivel socioeconómico, la existencia de depósitos, la época del año o el día de la semana.

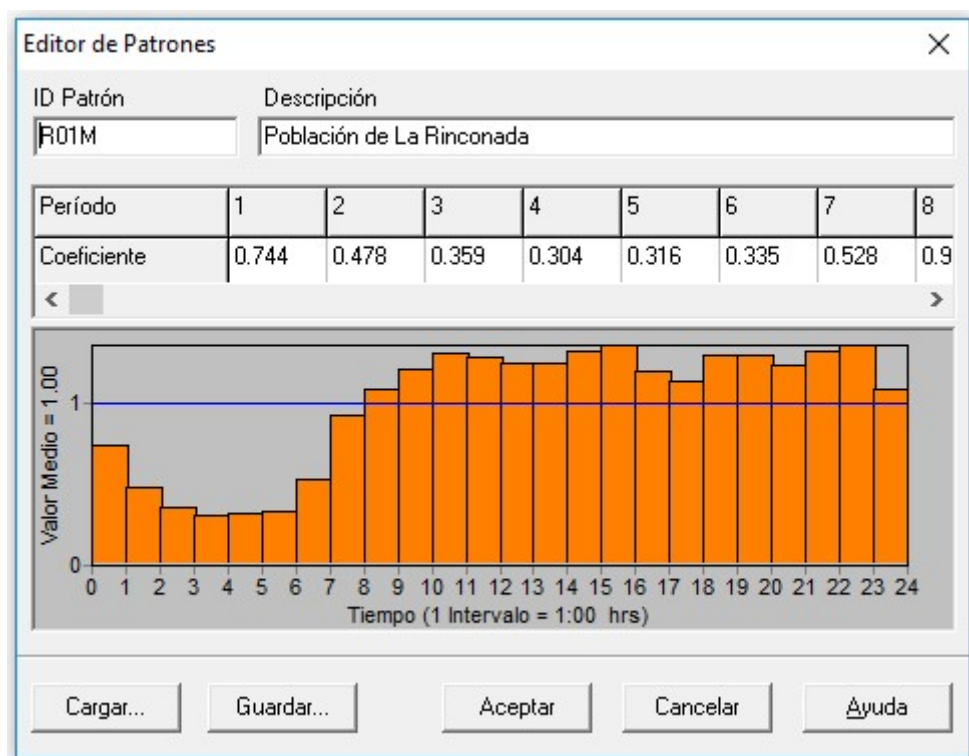


Figura 2.5. Patrón de tiempo definido para la red de abastecimiento del núcleo de población La Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

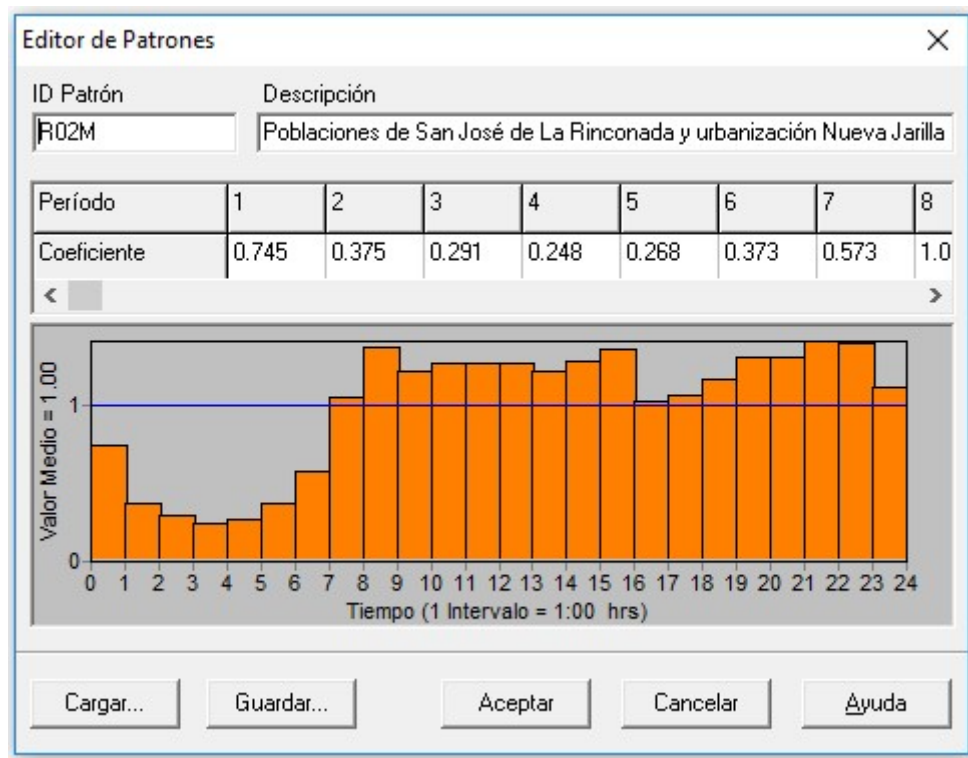


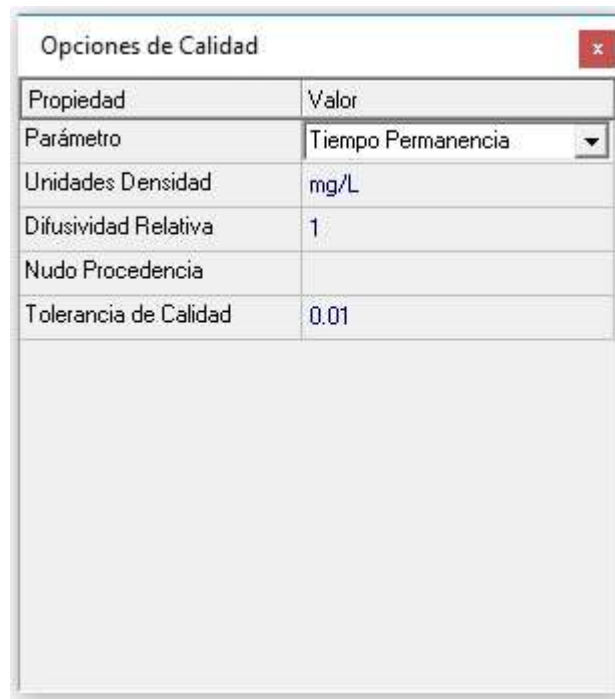
Figura 2.6. Patrón de tiempo definido para la red de abastecimiento del barrio de San José de la Rinconada y de la urbanización Nueva Jarilla. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Como se puede observar, ambos patrones de tiempo son bastantes similares ya que la franja horaria de mayor consumo se corresponde entre las 8:00 horas y las 23:00 horas aproximadamente que es donde se producen al simular la red las menores presiones mientras que las horas de menor consumo pertenecientes entre las 0:00 horas y las 7:00 horas del día se obtendrán las mayores presiones tal y como se verá más adelante en las simulaciones realizadas.

2.2.2. Análisis de Calidad del Agua. Tiempo de permanencia

EPANET también puede modelizar los cambios en la edad del agua a través del sistema de distribución. La edad del agua es el tiempo que una porción de agua se encuentra en la red. El agua nueva que entra a la red a través de depósitos o nudos fuente lo hace con una edad de cero. La edad del agua nos da una medida representativa de la calidad del agua potable. Internamente, EPANET trata la edad como un reactivo constitutivo el cual crece de forma lineal con una velocidad constante igual a 1 (es decir, cada segundo el agua es un segundo más vieja).

Para realizar un análisis de Calidad del Agua realizando un seguimiento del aumento de la edad de la misma a lo largo del sistema y el tiempo (análisis en régimen extendido), se selecciona “Tiempo Permanencia” como “Parámetro” en las “Opciones de Calidad”, para ello, en la página de datos del Buscador, se hace clic sobre el botón “Editar” del Buscador para que aparezca el Editor de Propiedades. Posteriormente, se inicia el análisis y se configura “Tiempo Permanencia” como el parámetro a ver en el plano. Para realizar este análisis, la red se simula utilizando elevados tiempos como por ejemplo, una duración de 240 horas o lo que es lo mismo, 10 días. Con este tipo de análisis se ven las partes de la red donde existen estancamientos de agua lo que conlleva como ya se ha mencionado anteriormente, a un déficit de cloro libre en la red.



Propiedad	Valor
Parámetro	Tiempo Permanencia
Unidades Densidad	mg/L
Difusividad Relativa	1
Nudo Procedencia	
Tolerancia de Calidad	0.01

Figura 2.7. Para realizar un análisis de Calidad del Agua, previamente se debe de seleccionar en Opciones de Calidad el parámetro Tiempo de Permanencia. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET



Figura 2.8. Se seleccionará en el visor en los nudos *Tiempo Permanencia* como el parámetro a ver en el plano. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

2.3. Posibles alternativas para la mejora del abastecimiento

Las alternativas que se proponen con el objetivo de encontrar la solución óptima para la mejora del abastecimiento a la urbanización nueva Jarilla son dos:

1. Mejora del abastecimiento mediante un bombeo con variador de frecuencia que aspire de la red de la conducción principal de fundición dúctil de DN 200 mm que abastece a la urbanización y lo impulse contra la misma conducción de la red incrementando de esta manera la presión en la urbanización y por lo tanto, corrigiendo el déficit de presiones que posee. Además de lo mencionado con anterioridad, en caso de encontrar altos tiempos de permanencia del agua en la red de la urbanización que conlleve a un déficit de cloro, dotar a este punto de una instalación de reclusión con hipoclorito sódico.
2. Mejora del abastecimiento mediante un depósito alimentado mediante un bombeo cuya aspiración al igual que en el caso anterior sería de la misma conducción de fundición dúctil de DN 200 mm y que dicho depósito se encargaría del abastecimiento de la urbanización por gravedad. De ser necesario como en la alternativa 1, también se dotará a este punto de una instalación de reclusión con hipoclorito sódico.



Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas

Se detallará a continuación una tabla resumen de todas las simulaciones que se realizarán con EPANET, comentando los motivos por las cuales se llevarán a cabo:

SIMULACIONES QUE SE REALIZARÁN EN EPANET						
		Con E.B. La Rinconada	Con E.B. Nueva Jarilla	Con depósito de gravedad Nueva Jarilla	Con purga en la red de abastecimiento Nueva Jarilla	Motivo por el cual se realiza la simulación
Escenario 1		No	No	No	No	Se realizará esta simulación con el propósito de ver las presiones registradas en la red de abastecimiento sin ningún tipo de bombeo
Situación actual	Escenario 2	Sí	No	No	No	Con esta simulación se reflejará las presiones alcanzadas en la red Nueva Jarilla y en San José de la Rinconada entrando en servicio el bombeo de La Rinconada
	Escenario 3	Sí	No	No	No	Esta simulación se realizará con el propósito de encontrar elevadas presiones (por encima de 40 mca) en conexiones del barrio de San José de la Rinconada como consecuencia de aumentar la presión en el bombeo La Rinconada con el objetivo de llegar a obtener presiones óptimas mínimas de 20 mca en el punto más desfavorable de la urbanización (problema actual)

Situación actual con alternativa 1	Escenario 4	No	Sí	No	No	Con esta simulación se pretenderá ver el comportamiento de la red Nueva Jarilla en cuanto a presiones entrando por primera vez en servicio el bombeo en Nueva Jarilla con el propósito de corregir el déficit de presiones en la urbanización estudiando el escenario ante una condición desfavorables como será la E.B. La Rinconada fuera de servicio
	Escenario 5	No	Sí	No	Sí	El motivo de esta simulación será parecido al escenario 4 pero con la única diferencia de que en esta ocasión se estudiará dicho escenario con la inclusión de dos condiciones desfavorables. Además de dejar fuera de servicio el bombeo en La Rinconada, se incluirá la existencia de una purga en la red Nueva Jarilla
	Escenario 6	Sí	Sí	No	Sí	En esta simulación se comprobará el comportamiento de toda la red, centrándonos especialmente en las redes más implicadas por el bombeo de La Rinconada como son la red de San José de la Rinconada y la red de Nueva Jarilla entrando en funcionamiento sus respectivos bombes y simulando una purga en la red de la urbanización (condición desfavorable) con el propósito de corregir el déficit de presiones en la misma
	Escenario 7	Sí	No	No	No	El motivo de esta simulación será realizar un análisis de la calidad del agua con el propósito de encontrar elevados tiempo de permanencia de la misma que conlleve a un déficit de cloro en la red de Nueva Jarilla con el fin de implementar un sistema de rectoración con hipoclorito sódico que corrija dicho déficit
Situación actual con alternativa 2	Escenario 8	Sí	Sí	Sí	Sí	Se propondrá como segunda alternativa el depósito por gravedad que será llenado a su vez mediante un bombeo con el objetivo de corregir el déficit de presiones en la red de abastecimiento de la urbanización Nueva Jarilla. Dicha simulación se realizará también al igual que en el escenario 6 con una condición desfavorable como es la existencia de una purga en la red Nueva Jarilla pero con el bombeo La Rinconada en servicio. No se repetirán los escenarios 4, 5 y 7 con esta alternativa ya que se obtendrán resultados similares

Tabla 2.6. Resumen de todas las simulaciones que se realizarán en EPANET. Fuente: producción propia



CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han realizado 7 escenarios o simulaciones que corresponden cada una de ellas con un escenario diferente con el objetivo de ver cómo se comporta la red y estudiar las dos alternativas para encontrar la solución óptima que garantice la mejora del abastecimiento a la urbanización Nueva Jarilla. Aparte, se ha realizado otra simulación que está relacionada con un análisis de la calidad del agua, concretamente con el tiempo de permanencia del agua en la red. Para todo ello se ha utilizado el software EPANET.

Dichas simulaciones se han realizado teniendo en cuenta las principales hipótesis de partida y que a continuación se mencionan:

1. Se considera que tanto la red de abastecimiento como su estado (servicio) son los reflejados en el GIS corporativo de EMASESA a fecha Septiembre de 2015. Se mantienen los criterios de explotación a fecha de estudio.
2. Escenario de consumos máximos (7/2015) utilizados para la realización del estudio de la Urbanización Nueva Jarilla:

2.1. Escenario de prueba: consumos del 21 al 28 septiembre de 2014.

2.2. Escenario extendido: consumos extremos año 2014.

- Consumos máximos (del 9 al 16 de Junio 2014)
- Consumos mínimos (del 23 de Febrero al 2 de Marzo de 2014).

2.3. Facturado registrado:

- CMD MÁXIMO ANUAL= 0,91 l/s.

2.4. Registro caudalímetro (con purgas en la red):

- CMD MÁXIMO ANUAL = 3,3 l/s.
- $Q_{punta} = 3,7 \text{ l/s}$.

3. Cota asignada durante el análisis a la E.B. Nueva Jarilla: 19,7 m.
4. Según el punto 2.1.3 del Documento Básico DB-HS 4, que complementa el Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006), en los puntos de consumo la **presión mínima**, medida en kilopascales (kPa), debe ser:
 - a) 100 kPa (= 10,2 mca) para grifos comunes.
 - b) 150 kPa (= 15,3 mca) para fluxores y calentadores.

La **presión** en cualquier punto de consumo **no debe superar** los 500 kPa ($\cong 51 \text{ bar}$).

En el punto 6.2.3 del mismo Documento Básico se establece que las **válvulas y llaves** de la instalación deben estar preparadas para soportar una presión máxima de 10 bares ($\cong 102$ mca).

5. Se considerarán presiones adecuadas las comprendidas entre 20 y 30 mca considerando altas presiones o sobrepresiones en la red por encima de los 40 mca.
6. La presión mínima resultante de diseño a obtener, en la red de Nueva Jarilla (esquina de la C/ Alcazaba y la C/ La Rabida con cota 29,7 m) será de 20 mca ya que se trata de la zona más desfavorable.

Para simular el abastecimiento por gravedad o bombeo comentado con anterioridad, con el software EPANET y siempre en un análisis en régimen extendido, se ha realizado un control programado mediante el “Editor de Controles Programados” dejando fuera de servicio el bombeo La Rinconada y abriendo la válvula 57 que es la que permite el abastecimiento por gravedad mediante un bypass entre las 1 AM y 6 AM y activando el bombeo La Rinconada y cerrando la válvula 57 entre las 6 AM y 1 AM (abastecimiento por bombeo). Las reglas de los controles programados se detallan a continuación en la figura 3.1:

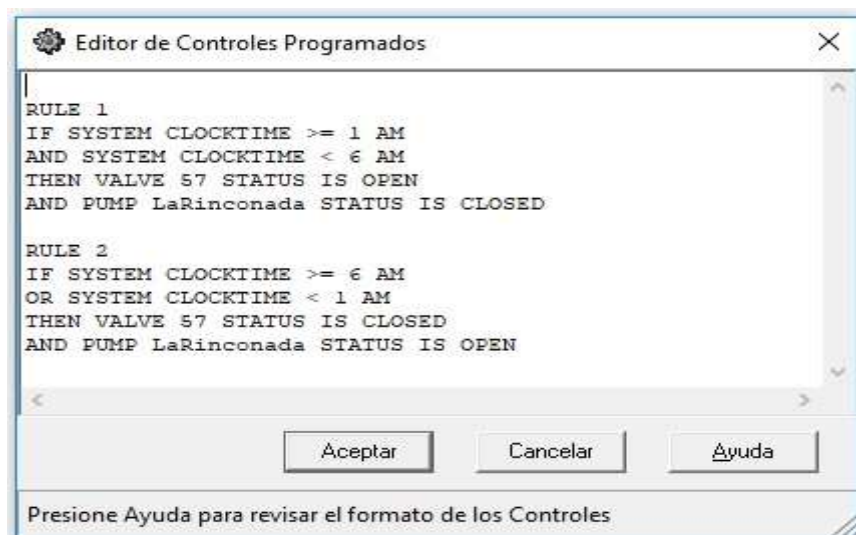


Figura 3.1. Editor de controles programados. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

3.1. Escenario 1. Obtención de resultados sin bombeo en E.B. La Rinconada

- Presiones mínimas

Presiones mínimas en la red de San José de la Rinconada, suministrada desde la arteria La Rinconada DN 500 mm fundición dúctil



Figura 3.2. Presiones mínimas en la red actual simuladas en un escenario de consumos máximos (envolvente de mínimos) sin bombeo en E.B. La Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

1. Escenario 1: sin bombeo en E.B. La Rinconada.

La presión resultante en cada uno de los nudos de la red se verá afectada tanto por la cota de cada uno de los puntos, como por los accesorios de la red y por las pérdidas de carga de los tramos de tuberías que les precedan. En este escenario no entra en servicio ningún bombeo sino que se abastece toda la red por gravedad. Es necesario recordar que la presión piezométrica desde la que se parte que corresponde al nudo 1, que corresponde al embalse, es de 38,064 mca.

Este tipo de escenario no es viable ya que al simular la red de abastecimiento, EPANET nos lanza un mensaje de advertencia comentando que se obtienen presiones negativas en las horas de mayor consumo o lo que es lo mismo, no llega el agua a ciertos nudos, en este caso concretamente, nos informa de que se obtienen presiones negativas a las 17:40 horas y de 21:00 hasta las 22:55 horas. La red se comporta de forma correcta solamente trabajando en las horas de menor consumo.

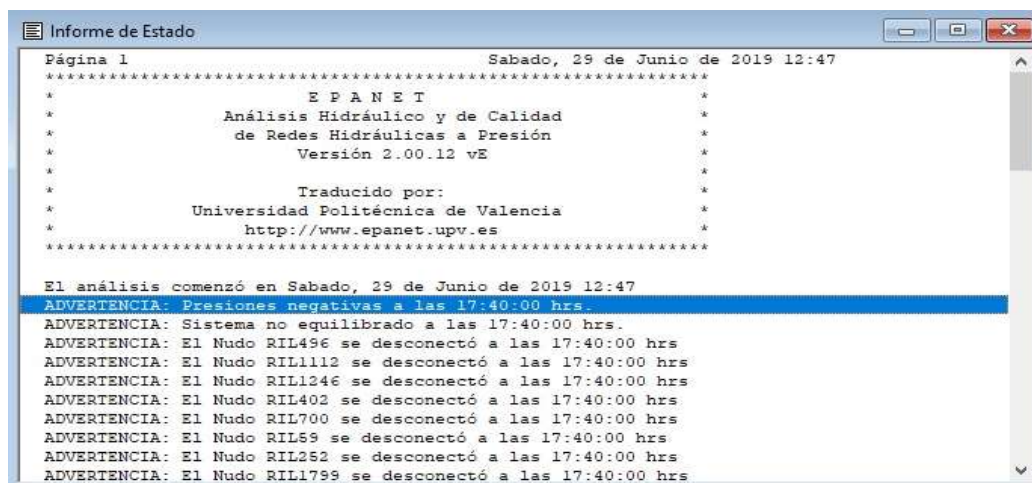


Figura 3.3. Informe de estado con mensajes de advertencia que nos indica la existencia de presiones negativas en la red. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

La presión mínima obtenida en la C/ La Rabida es de -0,14 mca a las 9:00 PM con un caudal máximo que demanda la urbanización de 1,28 l/s. En la simulación realizada en este escenario, se puede comprobar como las presiones mínimas se encuentran por debajo de los 18 mca en La Rinconada, en el barrio de San José de la Rinconada y en la urbanización Nueva Jarilla exceptuando en algunas zonas del este y sur de La Rinconada y zona centro sur del barrio de San José de la Rinconada, donde se encuentran presiones por encima de los 18 mca.

Tabla de Evolución - Línea 14880340	
Tiempo Horas	Caudal LPS
0:00	0.68
1:00	0.34
2:00	0.26
3:00	0.23
4:00	0.24
5:00	0.34
6:00	0.52
7:00	0.96
8:00	1.25
9:00	1.11
10:00	1.15
11:00	1.16
12:00	1.16
13:00	1.11
14:00	1.17
15:00	1.24
16:00	0.93
17:00	0.97
18:00	1.06
19:00	1.19
20:00	1.20
21:00	1.28
22:00	1.27
23:00	1.02
24:00	0.68

Tabla 3.1. Evolución temporal a lo largo de un día del caudal que atraviesa la tubería de fundición dúctil de DN 200 mm que abastece a la urbanización Nueva Jarilla. La demanda máxima y mínima de caudales se produce a las 21:00 horas y a las 3:00 horas respectivamente. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

- Presiones máximas

Presiones máximas en la red de San José de la Rinconada, suministrada desde la arteria La Rinconada DN 500 mm fundición dúctil.

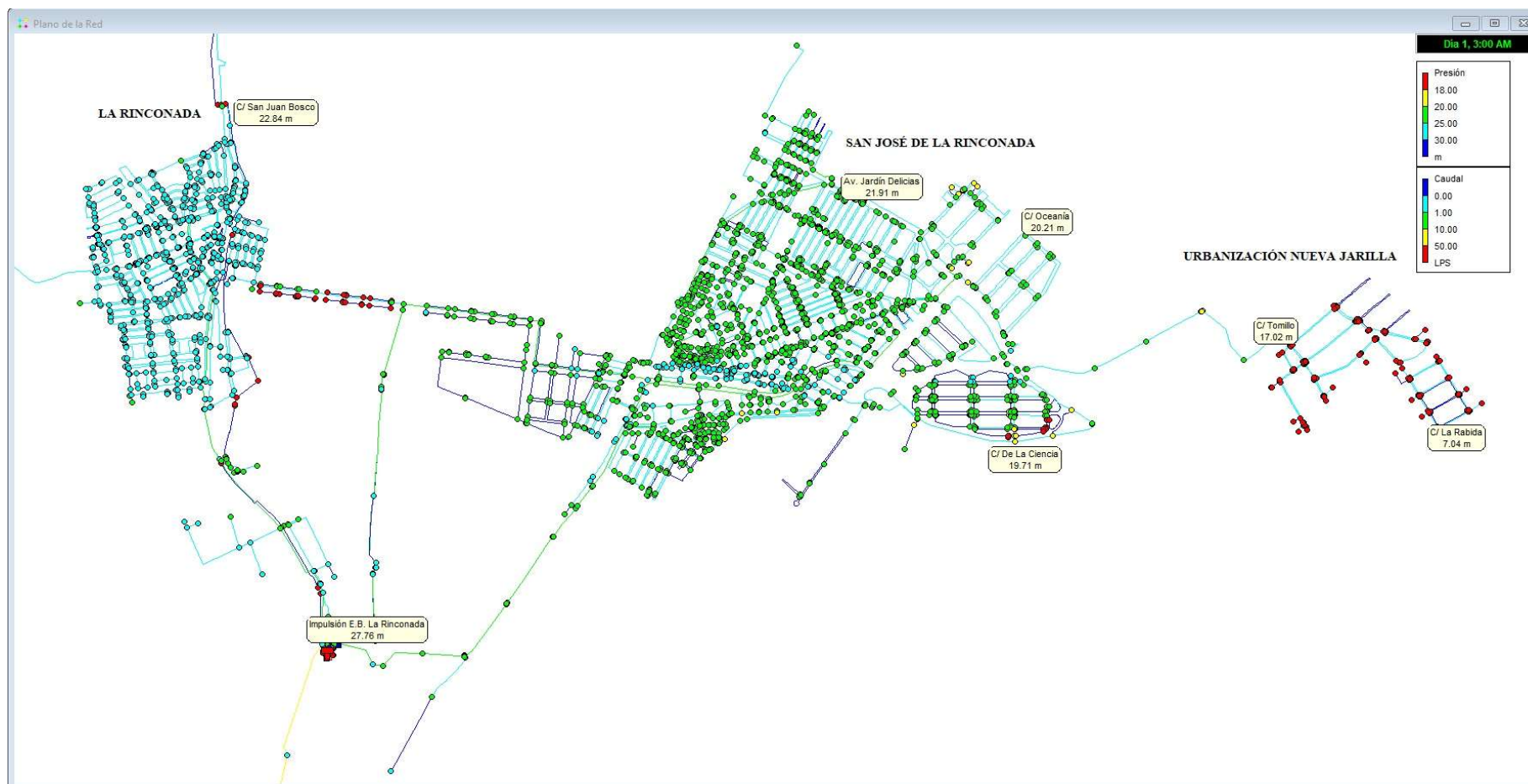


Figura 3.4. Presiones máximas en la red actual simuladas en un escenario de consumos máximos (envolvente de máximos) sin bombeo en E.B. La Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET



En este escenario de presiones máximas, el consumo según la curva de modulación es mínimo y las pérdidas unitarias al mismo tiempo son mínimas. Se puede observar en la figura 3.4, como las presiones en las conexiones se encuentran por debajo de los 18 mca en la urbanización ya que se encuentran representadas de color rojo según la leyenda, mientras que en el barrio de San José de la Rinconada se obtienen presiones adecuadas comprendidas entre los 20 y los 25 mca excepto en algunas zonas del sureste, concretamente en la C/ De la Ciencia, donde la presión cae entorno a los 16 mca, pero no tendrá importancia ya que son conexiones que no son consumidores de agua o lo que es lo mismo, su demanda base es 0 l/s. Por otro lado, en el núcleo de la población de La Rinconada se obtienen mejores presiones que en el barrio de San José de la Rinconada ya que se encuentran mayormente entre los 25 y 30 mca. Se puede observar también como ciertas conexiones de la red de abastecimiento que conecta La Rinconada con San José de la Rinconada se encuentran por debajo de los 18 mca, pero al igual que se ha comentado anteriormente, no se le dará especial importancia ya que son conexiones que no demandan un consumo de agua.

La presión máxima obtenida en la C/ La Rabida es de 7,04 mca a las 3:00 AM con un caudal mínimo que demanda la urbanización de 0,23 l/s tal y como se puede observar en la tabla 3.1 anterior. Mencionar que las presiones en la urbanización van disminuyendo conforme cuanto más se aproxime a la zona más desfavorable de la misma y que se encuentra en la C/ La Rabida.

3.2. Escenario 2. Obtención de resultados con bombeo en E.B. La Rinconada

- Presiones mínimas

Presiones mínimas en la red de San José de la Rinconada, suministrada desde la arteria La Rinconada DN 500 mm fundición dúctil.

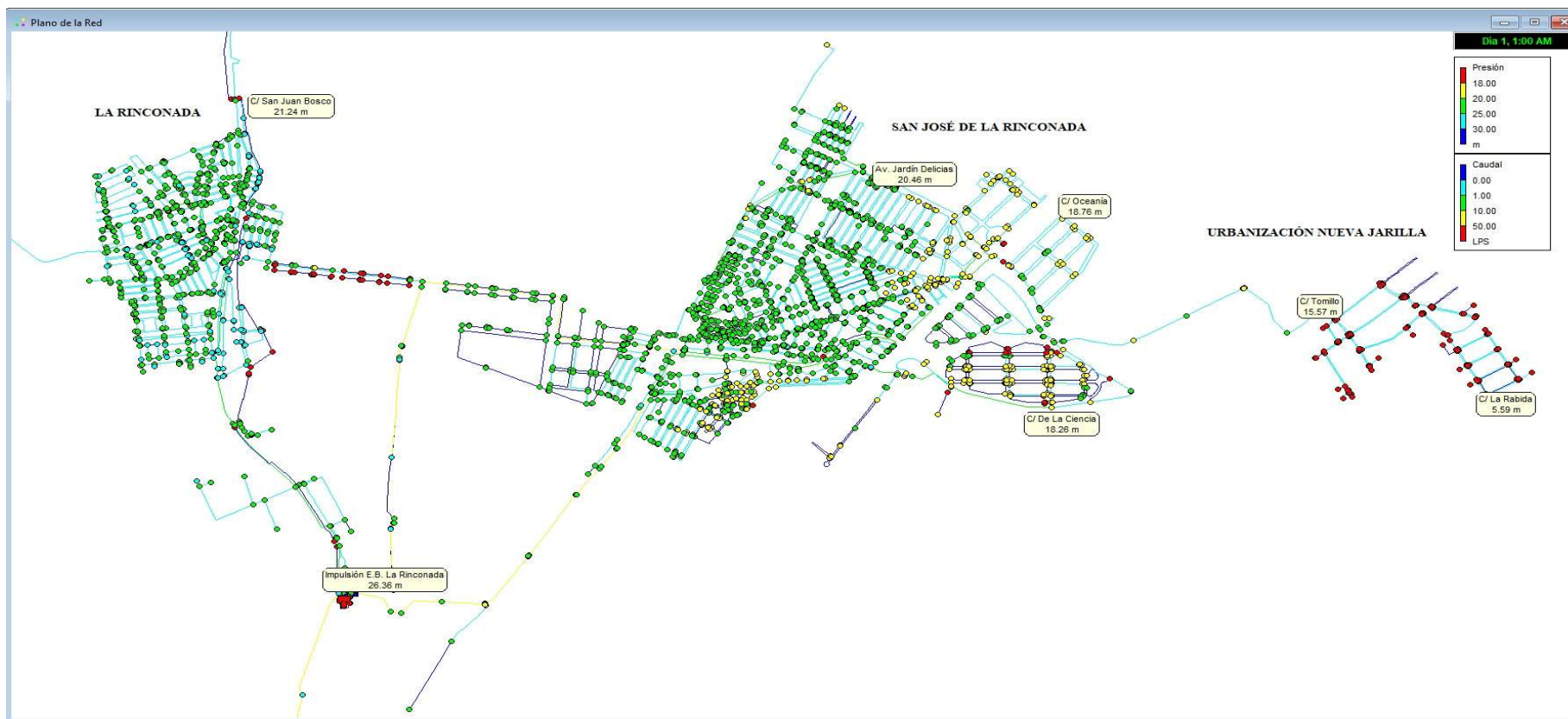


Figura 3.5. Presiones mínimas en la red actual simuladas en un escenario de consumos máximos (envolvente de mínimos) con bombeo en E.B. La Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

2. Escenario 2: con bombeo en E.B. La Rinconada.

En este caso, la simulación se realiza con éxito pero el principal problema que se encuentra es que no se alcanzan valores suficientes de presión en la red de la urbanización Nueva Jarilla, obteniendo unos resultados de presión mínima en la C/ La Rabida de 5,59 mca a las 1:00 AM con un caudal que no es el máximo que demanda la urbanización de 0,34 l/s. En este escenario, el bombeo para entre las 1:00 AM y las 6:00 AM y la red se abastece por gravedad.



Figura 3.6. Caudal impulsado E.B. La Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Como se puede observar en este escenario en la figura 3.5, las presiones en toda la red de la urbanización se encuentran por debajo de los 18 mca obteniendo presiones alrededor de los 6 mca en las zonas más desfavorables, lejos de los 20 mca que se pretenden alcanzar. Por otro lado, en San José de la Rinconada se puede apreciar unas presiones mínimas generalmente aceptables en su mayor parte ya que se encuentran entre 20 y 25 mca exceptuando en algunas zonas del noreste, sureste y suroeste donde se obtienen presiones entre los 18 y 20 mca. En cambio, en la red de La Rinconada se puede observar un rango de presiones adecuadas ya que éstas se encuentran bien entre 20 y 25 mca o entre 25 y 30 mca. Al igual que en el escenario anterior, existen conexiones de color rojo que significa presiones por debajo de los 18 mca en algunos puntos de La Rinconada, San José de la Rinconada y la red que conectan ambos, pero

como ya se comentó con anterioridad, no se le dará especial importancia al no ser nudos consumidores de agua.

La curva característica H (m) frente a Q (l/s) del bombeo La Rinconada introducida en el software EPANET es la siguiente:

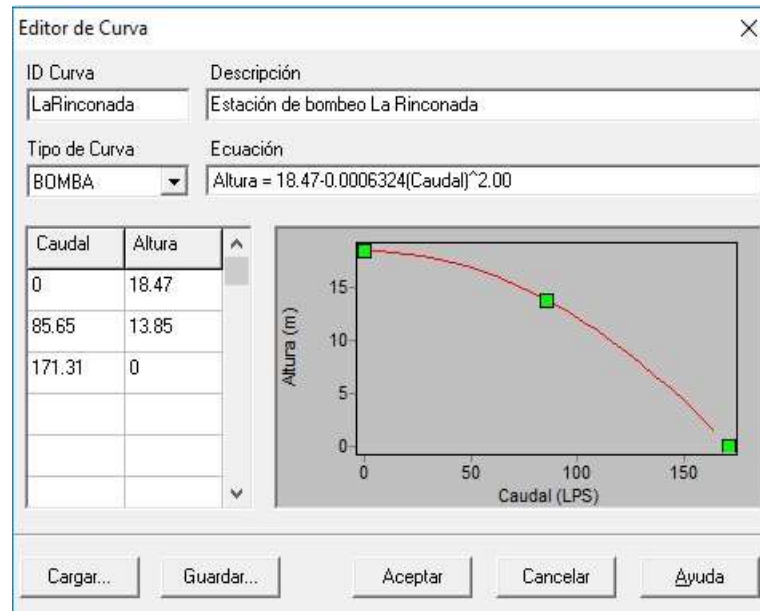


Figura 3.7. Curva característica H (m) frente a Q (l/s) del bombeo La Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

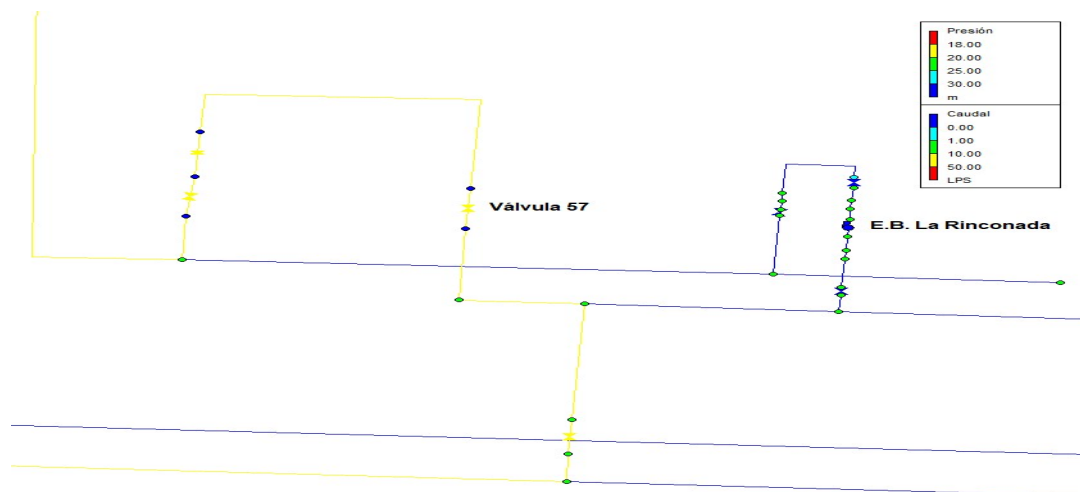


Figura 3.8. El abastecimiento por gravedad se produce a través de un bypass del bombeo de La Rinconada donde se deja fuera de servicio el bombeo y se abre una válvula de regulación. La línea amarilla indica que caudal según la leyenda está circulando por las tuberías. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

- Presiones máximas

Presiones máximas en la red de San José de la Rinconada, suministrada desde la E.B. Rinconada regulando a una presión de consigna 35 mca.

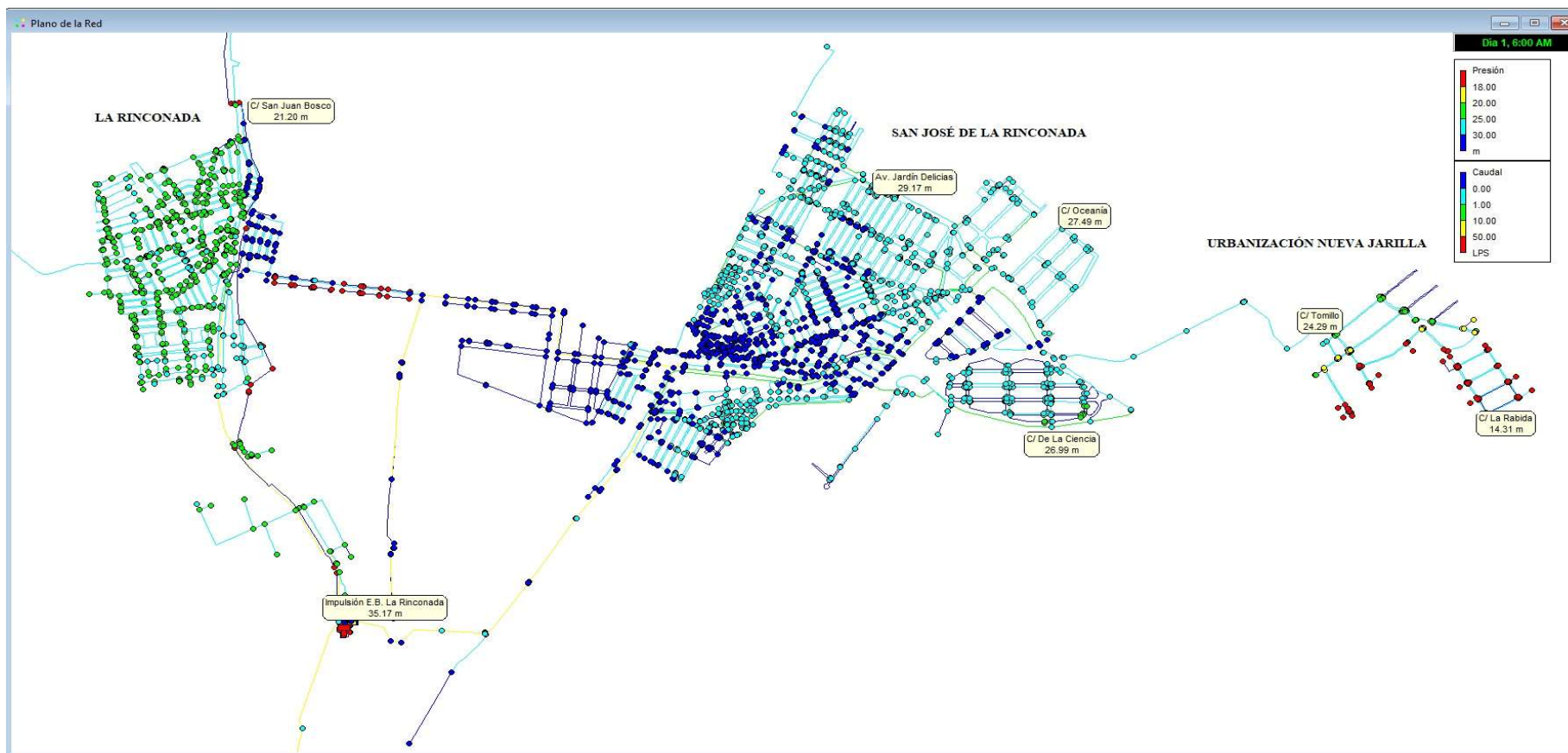


Figura 3.9. Presiones máximas en la red actual simuladas en un escenario de consumos máximos (envolvente de máximos) con bombeo en E.B. La Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

En el escenario de la figura 3.9, el bombeo de La Rinconada se encuentra en servicio lo que ayuda a elevar la presión en la urbanización Nueva Jarilla pero sigue sin ser suficiente en la zona más desfavorable de ésta, ya que todavía se encuentra con conexiones de color rojo, lo que significa que la presión sigue siendo inferior a los 18 mca. En cambio, en la zona más norte de la urbanización se obtiene ya presiones cercanas e incluso que superan a los 20 mca que es la mínima presión que se busca. Por otro lado, se ve como en la zona centro del barrio de San José de la Rinconada y zona este del núcleo de población de La Rinconada, las presiones se encuentran ligeramente superiores a los 30 mca, lo cual significa que gozan de buenas presiones. En cambio, también hay zonas de San José de la Rinconada donde las presiones se encuentran entre los 25 y 30 mca y en la mayor parte de La Rinconada donde las presiones en las conexiones oscilan entre los 20 y 25 mca. Mencionar que la presión máxima obtenida en la C/ La Rabida es de 14,31 mca a las 6:00 AM con un caudal que no es el mínimo que demanda la urbanización de 0,52 l/s.

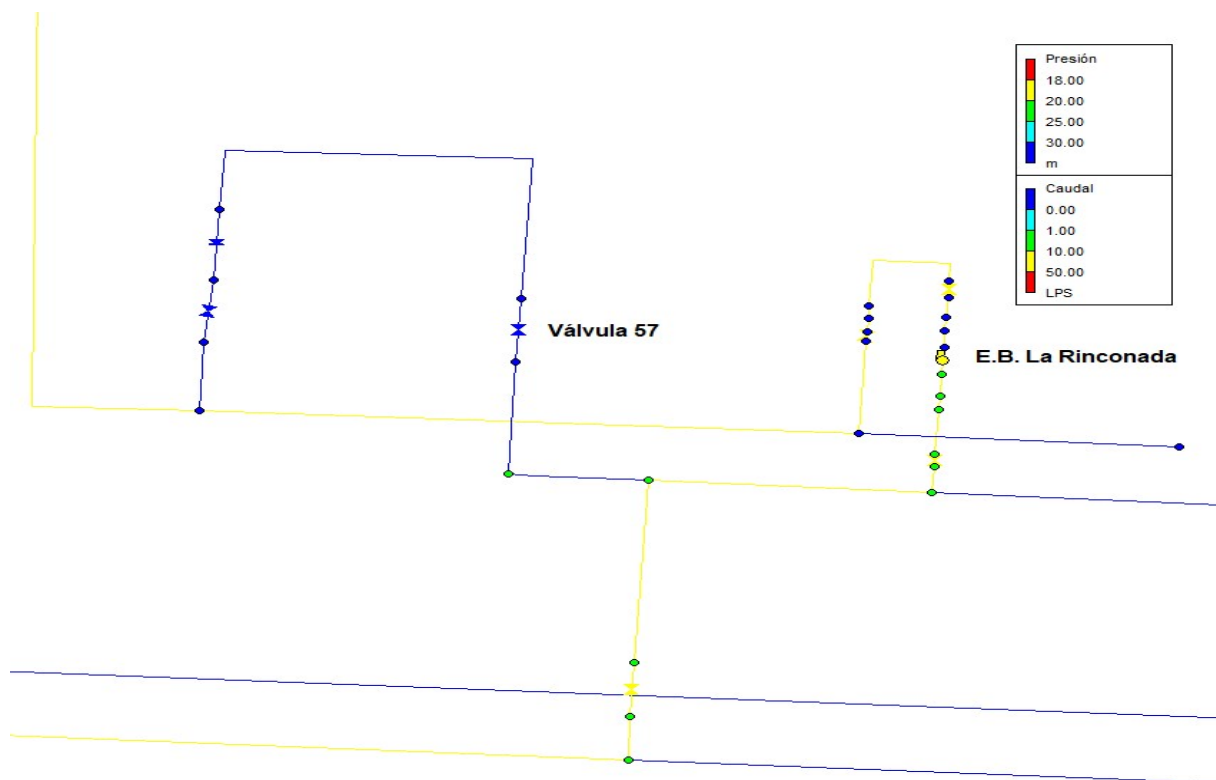


Figura 3.10. El abastecimiento por bombeo se produce a través de un bypass de una válvula de regulación donde entra en servicio el bombeo de La Rinconada y se cierra dicha válvula. La Línea amarilla indica que caudal según la leyenda está circulando por las tuberías y el impulsado por el bombeo La Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

3.3. Escenario 3. Obtención de resultados aumentando la presión en E.B. La Rinconada para conseguir presiones mínimas adecuadas en la urbanización Nueva Jarilla

- Presiones máximas

Presiones máximas en la red de San José de la Rinconada, suministrada desde la E.B. La Rinconada regulando a una presión de consigna 41 mca.

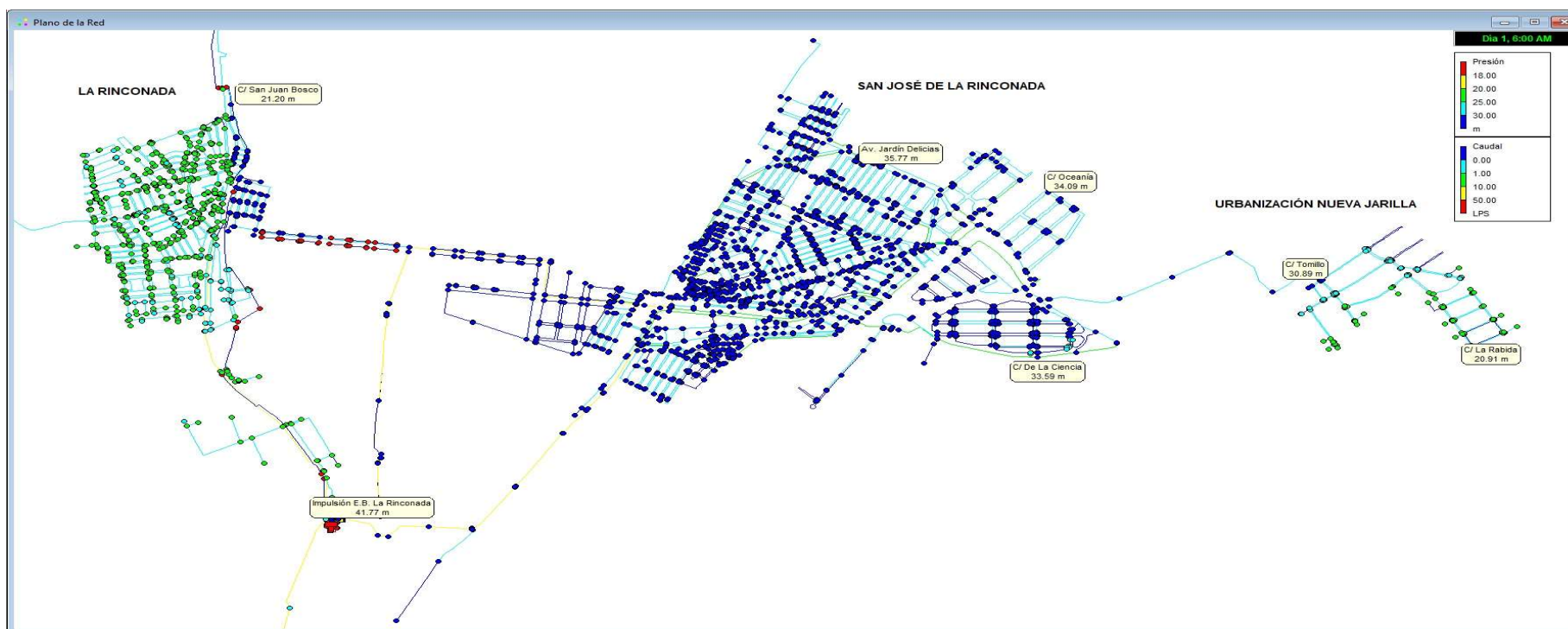


Figura 3.11. Presiones máximas en la red actual simuladas en un escenario de consumos máximos (envolvente de máximos) con bombeo en E.B. La Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET



3. Escenario 3: aumentando la presión en E.B. La Rinconada para conseguir presiones adecuadas en la urbanización Nueva Jarilla.

En este escenario las presiones mínimas coinciden con lo comentado en el escenario 2 de presiones mínimas, concretamente en la figura 3.5, con lo que no se va a entrar en más detalle sobre el mismo y se centrará en el escenario 3 de presiones máximas correspondiente a la figura 3.11.

Como consecuencia de encontrarse a una cota más elevada que el núcleo urbano de San José de la Rinconada para dotar de suficiente presión a las parcelas de la urbanización de Nueva Jarilla se simula en este escenario un aumento de la presión en toda la red de abastecimiento de San José desde la E.B. La Rinconada, lo que puede ocasionar en condiciones reales un incremento en el número de roturas fortuitas en las redes existentes de más antigüedad ocasionando importantes afecciones a los clientes para alcanzar presiones por encima de los 20 mca en la urbanización.

Como se puede observar, es el primer escenario que se analiza donde se encuentra en la urbanización presiones por encima de los 20 mca en las zonas más desfavorables de ésta e incluso por encima de los 25 mca en las zonas menos desfavorables. Pero para ello, se ha tenido que incrementar la presión de bombeo desde la E.B. La Rinconada originando un incremento de presiones, mayormente entre los 35 y 40 mca en San José de la Rinconada y entorno a los 40 mca en la zona este de La Rinconada. Se puede observar también, que en gran parte de La Rinconada se van entremezclando conexiones con presiones entre 20 y 25 mca y conexiones entre los 25 y 30 mca, lo que significa que se encuentra en un rango adecuado de presiones.

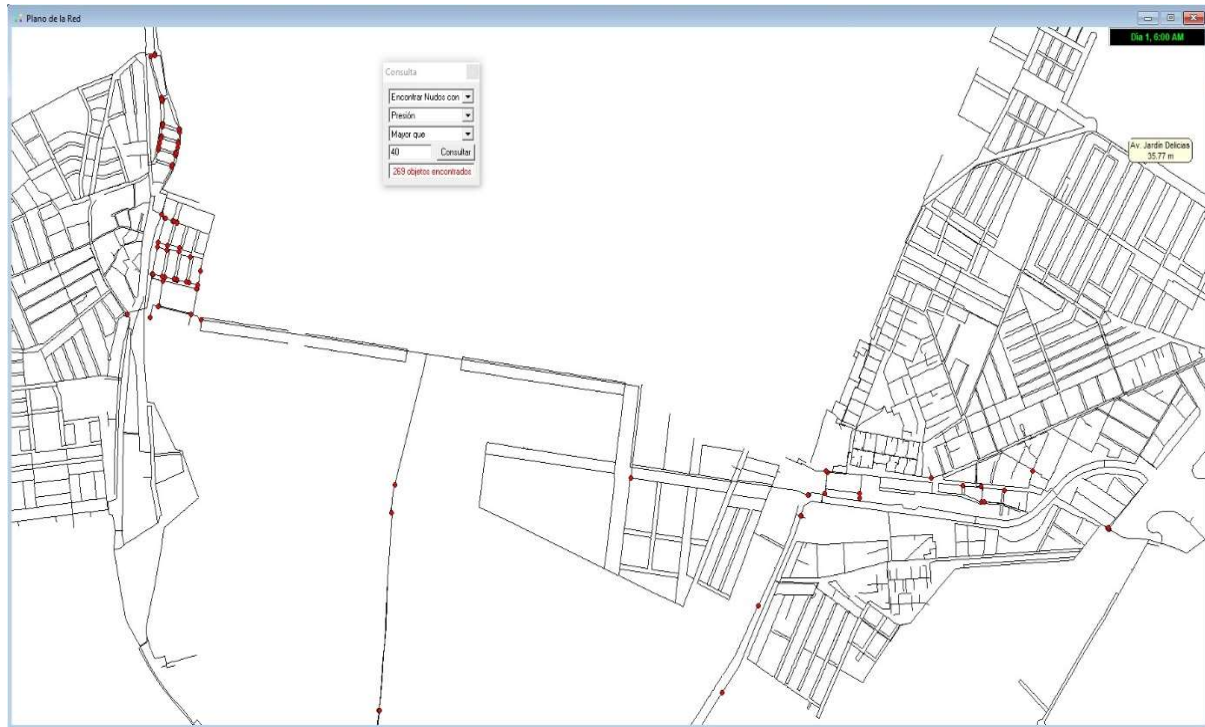


Figura 3.12. Sobrepresiones representadas en color rojo en un escenario de máximas presiones y menor consumo por encima de los 40 mca alcanzados en algunas conexiones de La Rinconada a la izquierda y San José de la Rinconada a la derecha del plano de red respectivamente a las 6:00 A.M.

Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Las presiones mínimas y máximas obtenidas en el escenario 3 se producen a las 1:00 AM y a las 6:00 AM y son de 5,59 mca y 20,97 mca respectivamente en la C/ La Rabida con un caudal que demanda la urbanización de 0,54 l/s a las 1:00 AM y de 0,52 l/s a las 6:00 AM. La curva característica del bombeo La Rinconada es la siguiente:

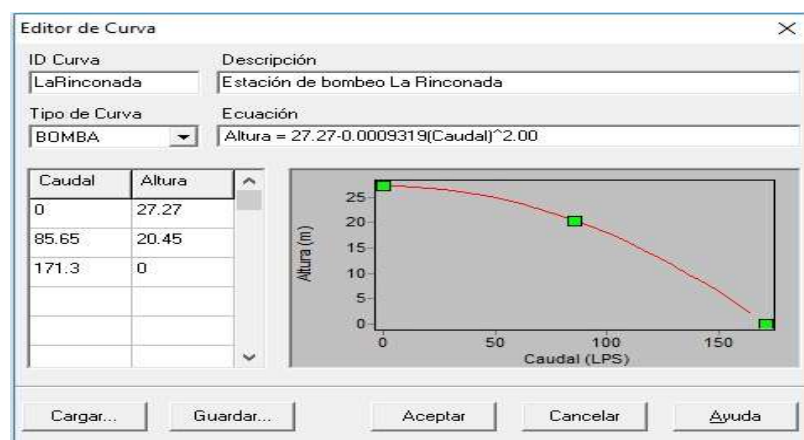


Figura 3.13: Curva característica H (m) frente a Q (l/s) del bombeo La Rinconada.

Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

3.4. Alternativa 1. Con estación de bombeo con variador de frecuencia

3.4.1. Escenario 4. Obtención de resultados con E.B. La Rinconada fuera de servicio y con E.B. Nueva Jarilla en funcionamiento. En escenario consumos facturados, parámetros de diseño en el bombeo en Nueva Jarilla: $Q_{nominal} = 0,91 \text{ l/s}$ y $\Delta P_{nominal} = 15 \text{ mca}$

- Presiones mínimas

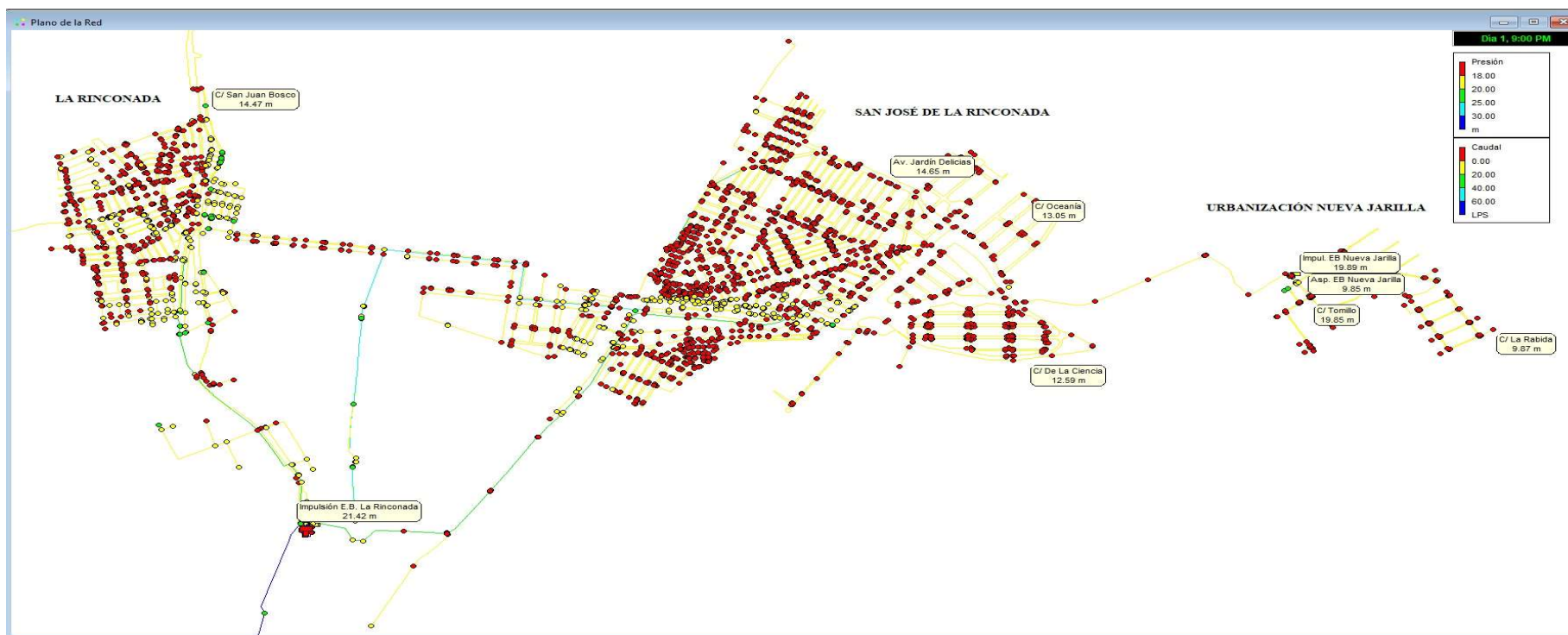


Figura 3.14. Presiones mínimas en la red (envolvente de mínimos). Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

4. Escenario 4: con E.B. La Rinconada fuera de servicio y con E.B. Nueva Jarilla en funcionamiento. En escenario consumos facturados.

Para poder llegar a abastecer con la presión necesaria a todos y cada uno de los puntos del plano correspondientes a la urbanización Nueva Jarilla, se ha visto la necesidad de incluir un sistema de bombeo (E.B. Nueva Jarilla) en este escenario, el cual pudiera superar los marcados desniveles de la zona derecha del plano. Este sistema de bombeo así como su curva característica está explicado en detalle en el Anexo 1 de este estudio. Se trata del primer escenario que se analiza con el nuevo bombeo con la finalidad de mejorar el abastecimiento a la urbanización. Lo que se pretende es ganar unos 15 mca de presión para llegar a unas presiones mínimas de 20 mca, ya que como se ha visto en el escenario 2, la presión mínima alcanzada en la zona más desfavorable de la urbanización que es la C/ La Rabida es de 5,59 mca. Para ello, se ha tomado la aspiración del bombeo a la presión de la red e impulsado nuevamente contra la misma red empleando un bombeo con variador de frecuencia que mantenga la presión ante los cambios de caudal demandados por la urbanización.

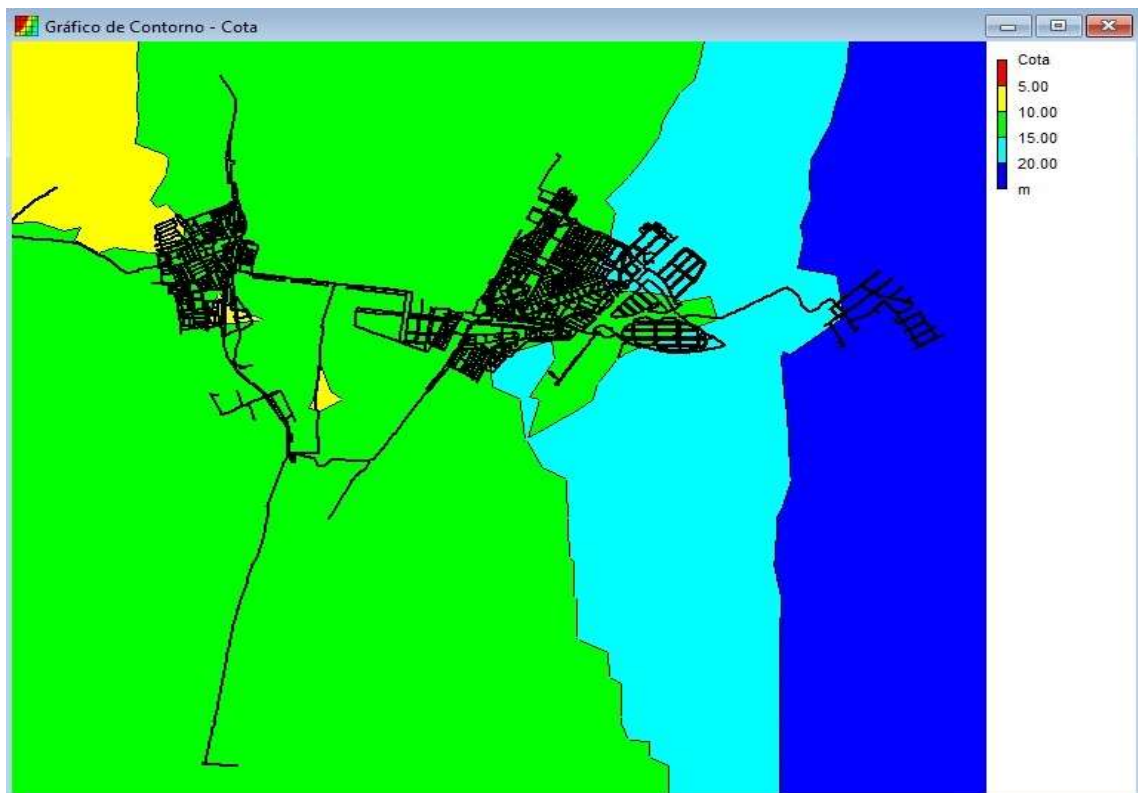


Figura 3.15. Gráfico de contorno (cota). Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

En este escenario de consumos facturados, los parámetros de diseño para el bombeo en Nueva Jarilla son: $Q_{\text{nominal}} = 0,91 \text{ l/s}$ y $\Delta P_{\text{nominal}} = 15 \text{ mca}$.

La presión mínima obtenida se da a las 3:00 AM y es de 9,87 mca en la C/ La Rabida con un caudal máximo que demanda la urbanización de 1,28 l/s. Aquí se ha estudiado un escenario desfavorable, es decir, con la E.B. La Rinconada fuera de servicio y con el bombeo Nueva Jarilla en funcionamiento las 24 horas del día siendo la curva característica de la bomba la siguiente:

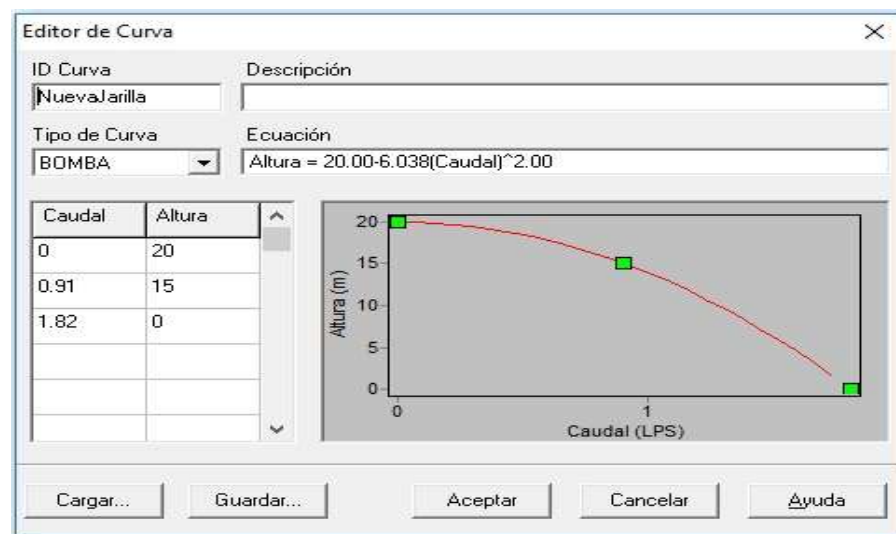


Figura 3.16. Curva característica $H \text{ (m)}$ frente a $Q \text{ (l/s)}$ del bombeo Nueva Jarilla.

Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

En la figura 3.14, se puede apreciar en la simulación como en la mayor parte de la urbanización las presiones se encuentran por debajo de los 18 mca. Asimismo, se encuentran en la mayor parte de San José de la Rinconada y La Rinconada presiones por debajo de los 18 mca exceptuando en algunas zonas del centro sur de San José de la Rinconada y zonas este y sur de La Rinconada donde las presiones se encuentran entre los 18 y 20 mca, incluso hay ciertas conexiones del este de La Rinconada que llegan a superar los 20 mca que como ya se ha mencionado con anterioridad es la presión mínima adecuada.

Como se puede observar, en este escenario la presión mínima alcanzada en la C/ La Rabida todavía sigue siendo inferior a la presión mínima de diseño de 20 mca que se quiere alcanzar en la red de Nueva Jarilla por lo que este escenario tampoco alcanza el objetivo deseado.

- Presiones máximas

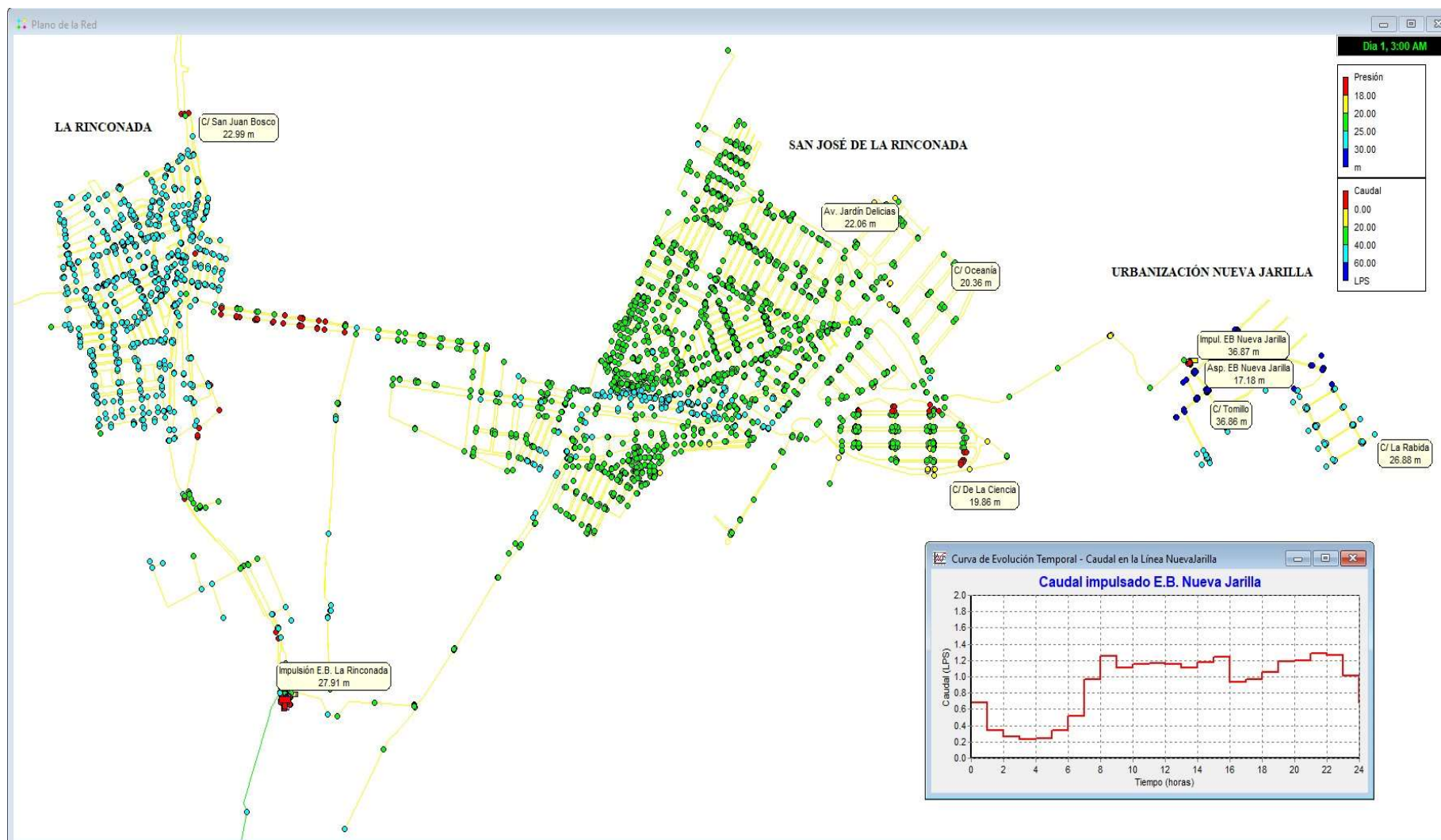


Figura 3.17. Presiones máximas en la red (envolvente de máximos). Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

En el escenario de presiones máximas, con la E.B. La Rinconada fuera de servicio y actuando el bombeo de Nueva Jarilla, se observa como en la simulación se obtienen las presiones mínimas adecuadas en toda la red de abastecimiento, es decir, en las redes de La Rinconada, San José de la Rinconada y la urbanización Nueva Jarilla. En la urbanización Nueva Jarilla predominan mayormente presiones comprendidas entre los 25 y 30 mca e incluso hay zonas del norte de la urbanización que superan los 30 mca. Por otro lado, las presiones que más abundan en la red de San José de la Rinconada se encuentran entre los 20 y 25 mca excepto en algunas zonas del centro sur, donde las presiones se encuentran ligeramente por encima de los 25 mca. Asimismo, se superan también los 25 mca en prácticamente toda la red de La Rinconada, excepto en algunas conexiones del sur, donde las presiones se encuentran entre los 20 y 25 mca. Las conexiones que se encuentran por debajo de los 18 mca son conexiones con demanda base igual a 0 l/s y como ya se ha comentado con anterioridad, no se les dará especial importancia ya que no son conexiones donde se demande un cierto caudal de agua a una presión mínima.

La presión máxima se obtiene a las 3:00 AM y es de 26,88 mca en la C/ La Rabida con un caudal mínimo que demanda la urbanización de 0,23 l/s según la tabla 3.1 representada con anterioridad.



Figura 3.18. E.B. Nueva Jarilla en línea en la tubería de DN 200 de entrada a la urbanización Nueva Jarilla con la que se pretende mejorar las presiones en toda la urbanización y reducir al mismo tiempo las presiones alcanzadas en el barrio de San José de la Rinconada. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

3.4.2. Escenario 5. Obtención de resultados con E.B. La Rinconada fuera de servicio y con E.B. Nueva Jarilla en funcionamiento. En escenario consumos medidos (con purga), parámetros de diseño en el bombeo en Nueva Jarilla:

$$Q_{nominal} = 3,3 \text{ l/s y } \Delta P_{nominal} = 15 \text{ mca}$$

- Presiones mínimas

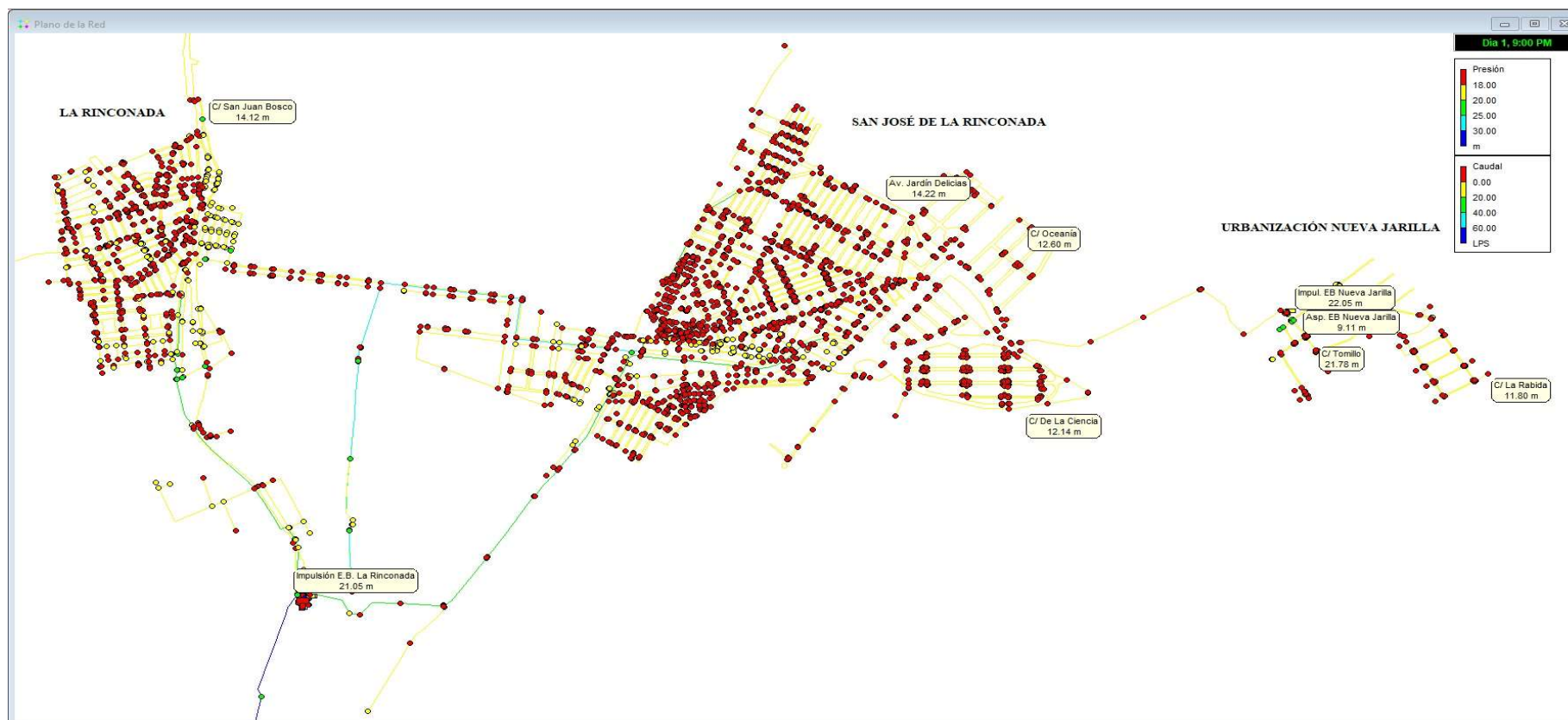
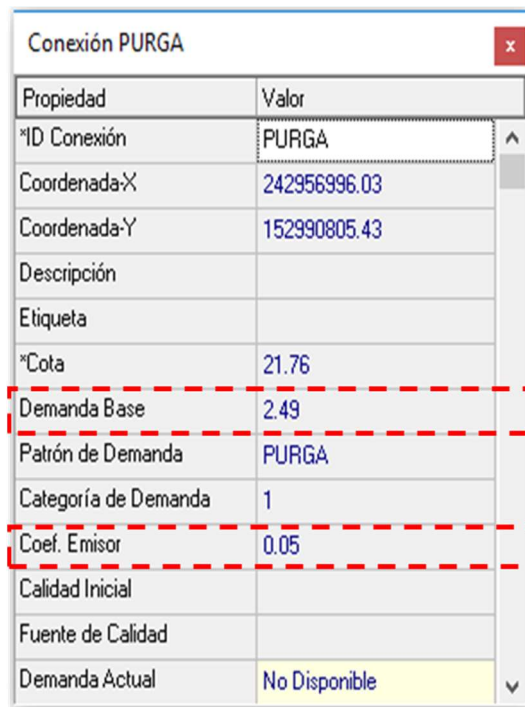


Figura 3.19. Presiones mínimas en la red (envolvente de mínimos). Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

5. Escenario 5: con E.B. La Rinconada fuera de servicio y con E.B. Nueva Jarilla en funcionamiento. En escenario consumos medidos (con purga).

Este escenario que se va a comentar es el más desfavorable de todos los escenarios que se analizan en este estudio. Es similar al escenario 4 pero con la diferencia de que se simula una purga en la red de la urbanización Nueva Jarilla. La purga consiste, como la que se practica en el ámbito doméstico en los circuitos internos de los radiadores de la calefacción, por ejemplo, en dejar escapar agua de la red. Para simular una purga en la red a lo largo del tiempo, se crea un patrón llamado PURGA, se le asigna una demanda base y se establece un coeficiente emisor a la conexión PURGA, que en nuestro caso, el coeficiente emisor tiene un valor de 0,05, además de asignarle a dicha conexión dicho patrón. El resultado se puede apreciar en las siguientes figuras 3.20 y 3.21 respectivamente:



Propiedad	Valor
*ID Conexión	PURGA
Coordenada-X	242956996.03
Coordenada-Y	152990805.43
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	21.76
Demanda Base	2.49
Patrón de Demanda	PURGA
Categoría de Demanda	1
Coef. Emisor	0.05
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	
Demanda Actual	No Disponible

Figura 3.20. Para simular una purga en una conexión es imprescindible asignarle un coeficiente emisor. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

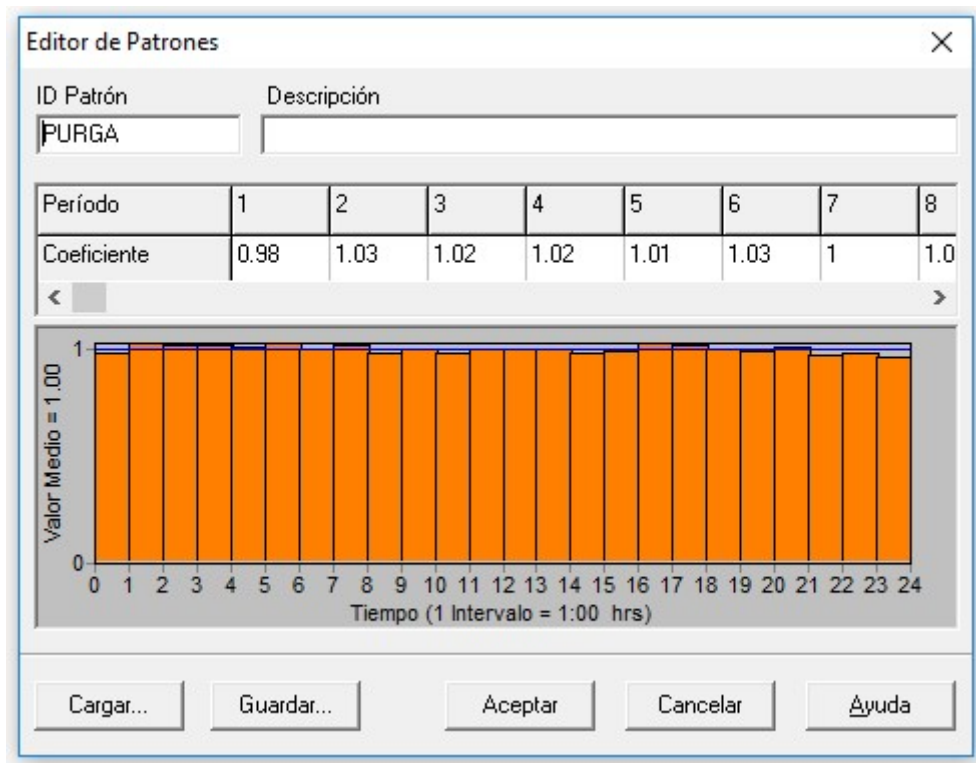


Figura 3.21. Patrón PURGA que se ha utilizado para simular una purga de la red de abastecimiento en la urbanización Nueva Jarilla. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

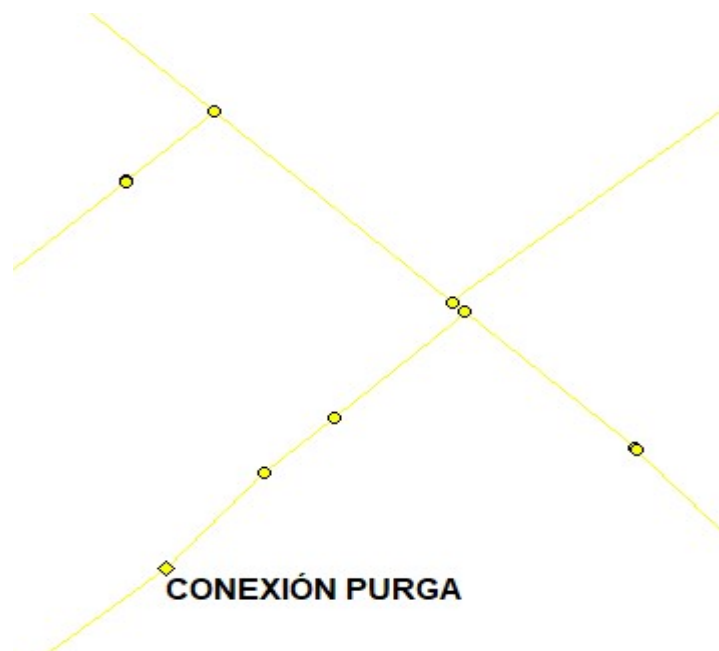


Figura 3.22. Conexión purga de la red que se diferencia del resto de conexiones en su forma, ya que suele ser similar a una especie de rombo mientras que las conexiones normales su forma es circular. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET



Los emisores son mecanismos asociados a las conexiones que modelizan la descarga de caudal a la atmósfera a través de unos orificios. El caudal que atraviesa el emisor varía en función de la presión del nudo:

$$q = C p^\gamma \quad (2)$$

Donde q = caudal, p = presión, C = coeficiente de caudal (descarga), y γ = exponente de la presión.

Los emisores son usados para modelizar el caudal a través de rociadores o sistemas de irrigación en la red. También pueden ser usados para modelizar pérdidas en las conexiones entre tuberías (si el coeficiente de descarga y el exponente de presión de rotura de la conexión o junta pueden estimarse) o para modelizar una boca de extinción de fuegos (asegurar un caudal disponible a una presión mínima). EPANET considera los emisores como una característica de las conexiones y no como un elemento más en la red.

En este escenario de consumos medidos (con purga) los parámetros de diseño en el bombeo en Nueva Jarilla son: $Q_{\text{nominal}} = 3,3 \text{ l/s}$ y $\Delta P_{\text{nominal}} = 15 \text{ mca}$. Como se puede observar, en nuestra curva característica del bombeo Nueva Jarilla se ha mantenido la presión con respecto al escenario anterior pero bombeado más caudal al simular una purga en la red. La curva característica del bombeo Nueva Jarilla en este escenario se representa en la figura 3.23.

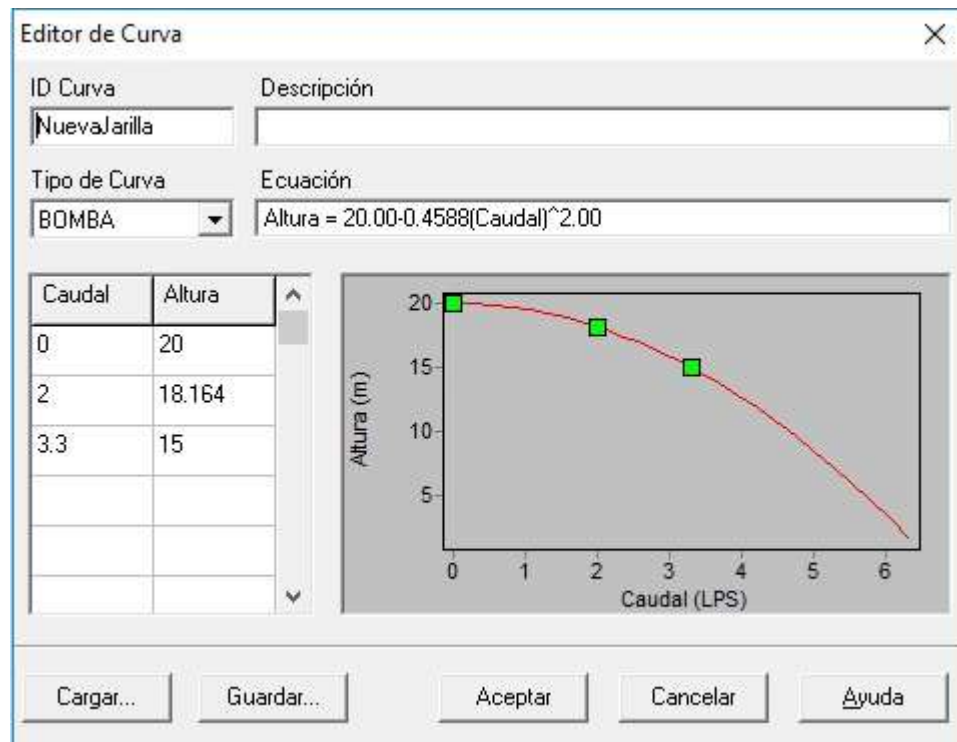


Figura 3.23. Curva característica H (m) frente a Q (l/s) del bombeo Nueva Jarilla.

Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Se puede apreciar en la figura 3.19 como las presiones mínimas en este escenario en la urbanización Nueva Jarilla siguen estando por debajo de los 18 mca aunque dichas presiones mejoran como es lógico cuanto más cerca se encuentran del nuevo bombeo, que incluso se llegan a alcanzar en algunas conexiones de la red presiones comprendidas entre los 18 y 20 mca y en otras conexiones presiones que superan las anteriores, comprendidas entre los 20 y 25 mca. Se aprecia también como las presiones en la mayor parte de la red de San José de la Rinconada se mantienen por debajo de los 18 mca excepto en su zona centro sur donde parece ser que se encuentran conexiones con mejores presiones como ya se ha comentado anteriormente y comprendidas entre los 18 y 20 mca. Por otro lado, las presiones en general en La Rinconada se mantienen también por debajo de los 18 mca pero dichas presiones mejoran como ya se ha comentado en alguna ocasión anterior conforme se avanza al este y al sur de la población donde se encuentran con presiones en la red comprendidas entre los 18 y 20 mca e incluso en algunas conexiones muy concretas se puede apreciar presiones comprendidas entre los 20 y 25 mca.

En este escenario, la presión mínima que se obtiene a las 9:00 PM es de 11,80 mca en la C/ La Rabida con un caudal con purga en la red que demanda la urbanización de 3,92 l/s. Se

sigue manteniendo la E.B. La Rinconada fuera de servicio y el bombeo Nueva Jarilla operativo funcionando las 24 horas del día.

Tabla de Evolución - Línea 14880351	
Tiempo Horas	Caudal LPS
0:00	3.36
1:00	3.17
2:00	3.08
3:00	3.04
4:00	3.03
5:00	3.17
6:00	3.28
7:00	3.74
8:00	3.92
9:00	3.83
10:00	3.83
11:00	3.88
12:00	3.88
13:00	3.84
14:00	3.84
15:00	3.93
16:00	3.74
17:00	3.75
18:00	3.79
19:00	3.89
20:00	3.94
21:00	3.92
22:00	3.93
23:00	3.64
24:00	3.37

Tabla 3.2. Evolución temporal a lo largo de un día del caudal que atraviesa la tubería de fundición dúctil de DN 200 mm que abastece a la urbanización Nueva Jarilla. La demanda máxima y mínima de caudales se produce a las 20:00 horas y a las 4:00 horas respectivamente. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET



Al igual que en el caso anterior, se observa en este escenario que la presión mínima que se alcanza en la C/ La Rabida, aunque es ligeramente superior, todavía queda lejos de la presión mínima de diseño de 20 mca que se quiere obtener en la red Nueva Jarilla por lo que este escenario tampoco consigue nuestro objetivo.

- Presiones máximas

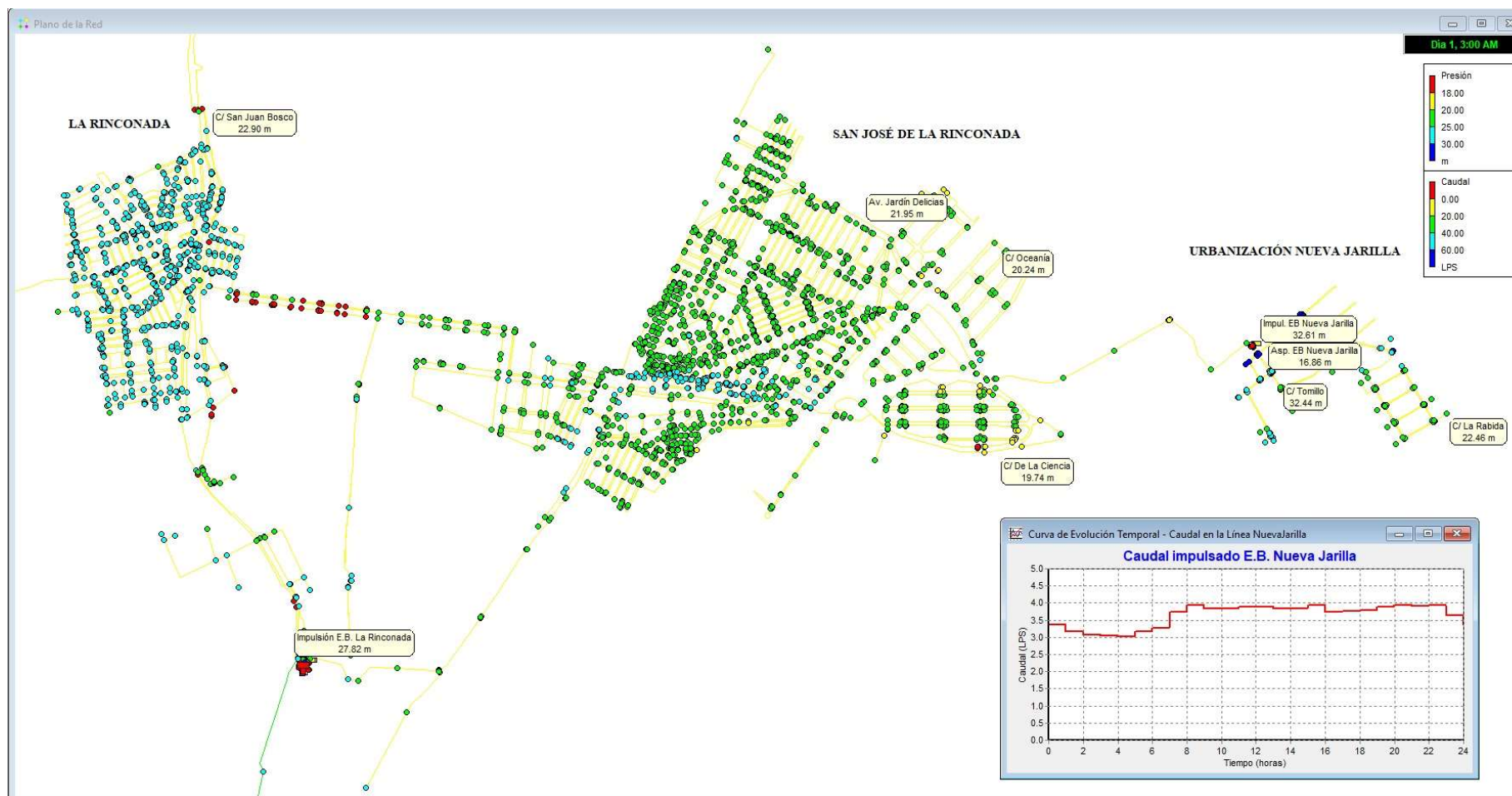


Figura 3.24. Presiones máximas en la red (envolvente de máximos). Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET



En este escenario 5 de presiones máximas se encuentran muy buenas presiones en toda la red de la urbanización Nueva Jarilla, San José de la Rinconada y La Rinconada ya que están comprendidas principalmente entre los 20 y 30 mca. En la urbanización se obtienen en general buenas presiones que llegan a los 30 mca en las zonas más cercanas al bombeo mientras que en las zonas más alejadas y desfavorables de la urbanización, se superan los 20 mca. En San José de la Rinconada, se encuentran principalmente presiones comprendidas entre los 20 y 25 mca excepto en la zona centro sur y en algunas zonas del sureste donde la presión mejora y empeora respectivamente con respecto al rango de presiones mencionado anteriormente, ya que se habla de presiones comprendidas entre los 25 y 30 mca y entre los 18 y 20 mca. Por otro lado, en La Rinconada se obtienen presiones en la red comprendidas entre los 25 y 30 mca excepto en algunas zonas del sur donde se encuentran conexiones que tienen unas presiones comprendidas entre los 20 y 25 mca. En general, se trata de un buen escenario en cuanto a presiones donde éstas se mantienen por encima de los 20 mca.

La presión máxima que se obtiene a las 3:00 AM es de 22,30 mca en la C/ La Rabida con un caudal con purga en la red que demanda la urbanización de 3,04 l/s.

3.4.3. Escenario 6. Obtención de resultados con E.B. La Rinconada y E.B. Nueva Jarilla en servicio. En escenario consumos medidos (con purga), parámetros de diseño en bombeo en Nueva Jarilla: $Q_{nominal} = 3,3 \text{ l/s}$ y $\Delta P_{nominal} = 15 \text{ mca}$

- Presiones mínimas

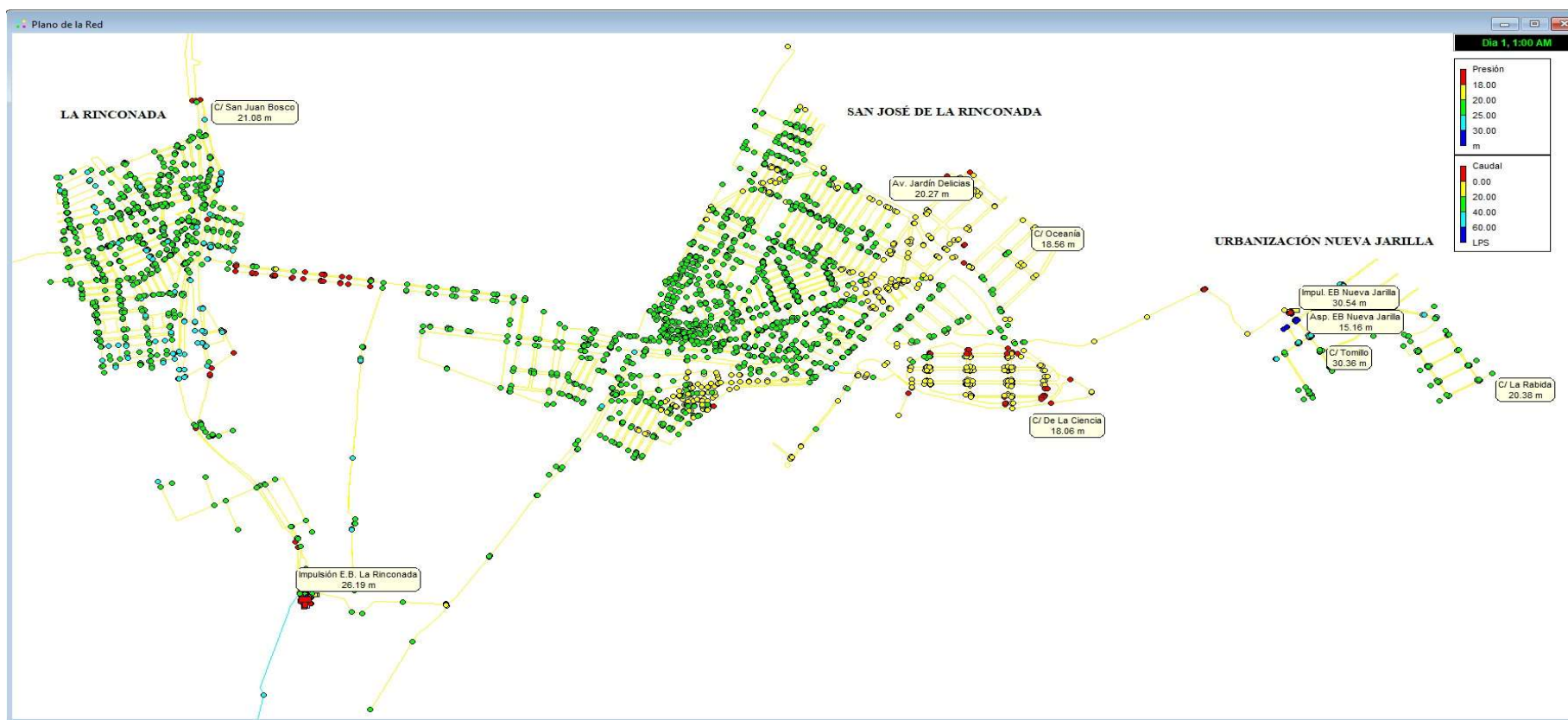


Figura 3.25. Presiones mínimas en la red (envolvente de mínimos). Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

6. Escenario 6: con E.B. La Rinconada y E.B. Nueva Jarilla en servicio. En escenario consumos medidos (con purga).

Este escenario es similar al escenario 5 pero con la diferencia de que aquí entran en servicio los dos bombeos manteniendo la purga realizada en la red Nueva Jarilla. Se trata de un escenario menos desfavorable que el anterior. En este escenario las curvas características del bombeo Nueva Jarilla y de La Rinconada son las mismas que en el escenario 5 siendo la curva característica de esta última la siguiente:

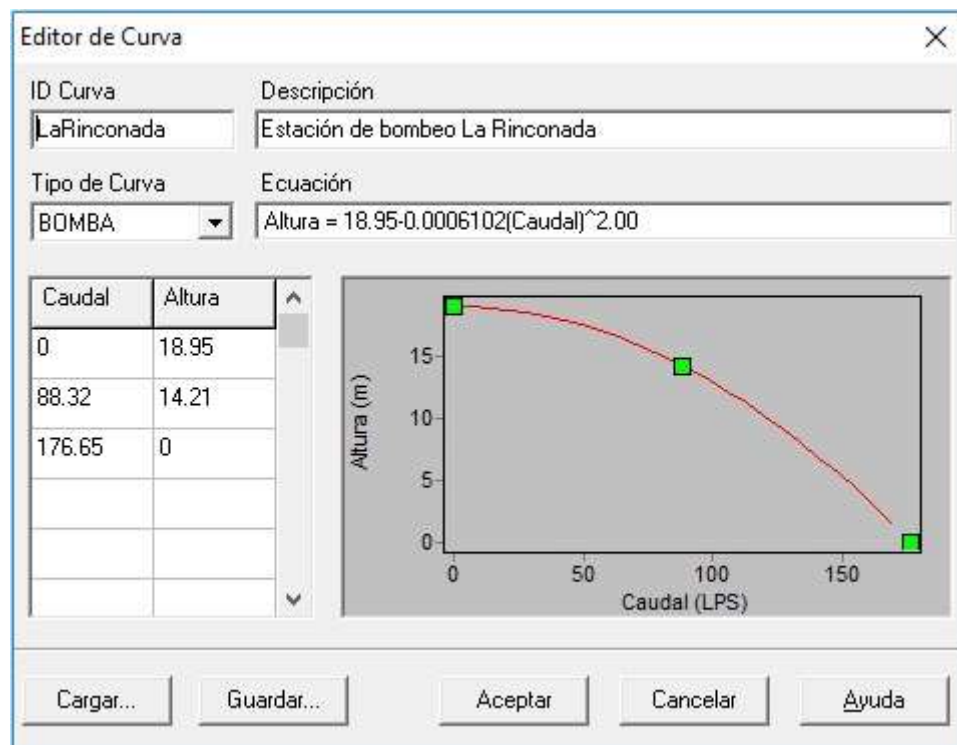


Figura 3.26. Curva característica H (m) frente a Q (l/s) del bombeo La Rinconada.

Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Tal y como se puede observar en la figura 3.25, en este escenario 5 de presiones mínimas, en la red de la urbanización Nueva Jarilla se encuentran presiones comprendidas entre los 20 y 30 mca, siendo más altas en las zonas próximas al nuevo bombeo. Por otro lado, en San José de la Rinconada se aprecian conexiones de la red con presiones que se encuentran entre los 20 y 25 mca en la mayor parte del barrio, excepto en algunas zonas del norte, este y sur en las que las presiones se encuentran entre los 18 y 20 mca. Mencionar que existen conexiones en color rojo que significa que las presiones se encuentran por debajo de los 18 mca



en las zonas noreste y sureste de San José de la Rinconada, además de en la red que conecta ésta última con la red de La Rinconada, pero no se le dará especial importancia ya que se tratan de conexiones donde no existen un consumo de agua o lo que es lo mismo, su demanda base es igual a 0 l/s. Por último, en la figura 3.25 también se puede apreciar que las presiones en las conexiones de la red de La Rinconada se encuentran principalmente entre los 20 y 25 mca superando estas presiones en algunas zonas del norte y sur donde se alcanzan presiones comprendidas entre los 25 y 30 mca.

En este escenario, la presión mínima que se obtiene a las 1:00 AM es 20,38 mca en la C/ La Rabida con la E.B. La Rinconada y con el bombeo Nueva Jarilla en servicio durante 19 y 24 horas del día respectivamente y con un caudal que demanda la urbanización a esa misma hora de 3,17 l/s tal y como se puede observar en la tabla 3.2. Durante 5 horas la E.B. La Rinconada para y la red es abastecida por gravedad. Se observa que este escenario es el ideal y la solución óptima para alcanzar presiones adecuadas en la urbanización Nueva Jarilla sin crear sobrepresiones en el barrio de San José de la Rinconada y además se trata del único escenario que cumple nuestro objetivo de presión mínima de diseño con presiones por encima de los 20 mca en toda la red de la urbanización Nueva Jarilla ya que en la zona más desfavorable que es la C/ La Rabida se encuentra a una presión mínima de 20,38 mca.

- Presiones máximas

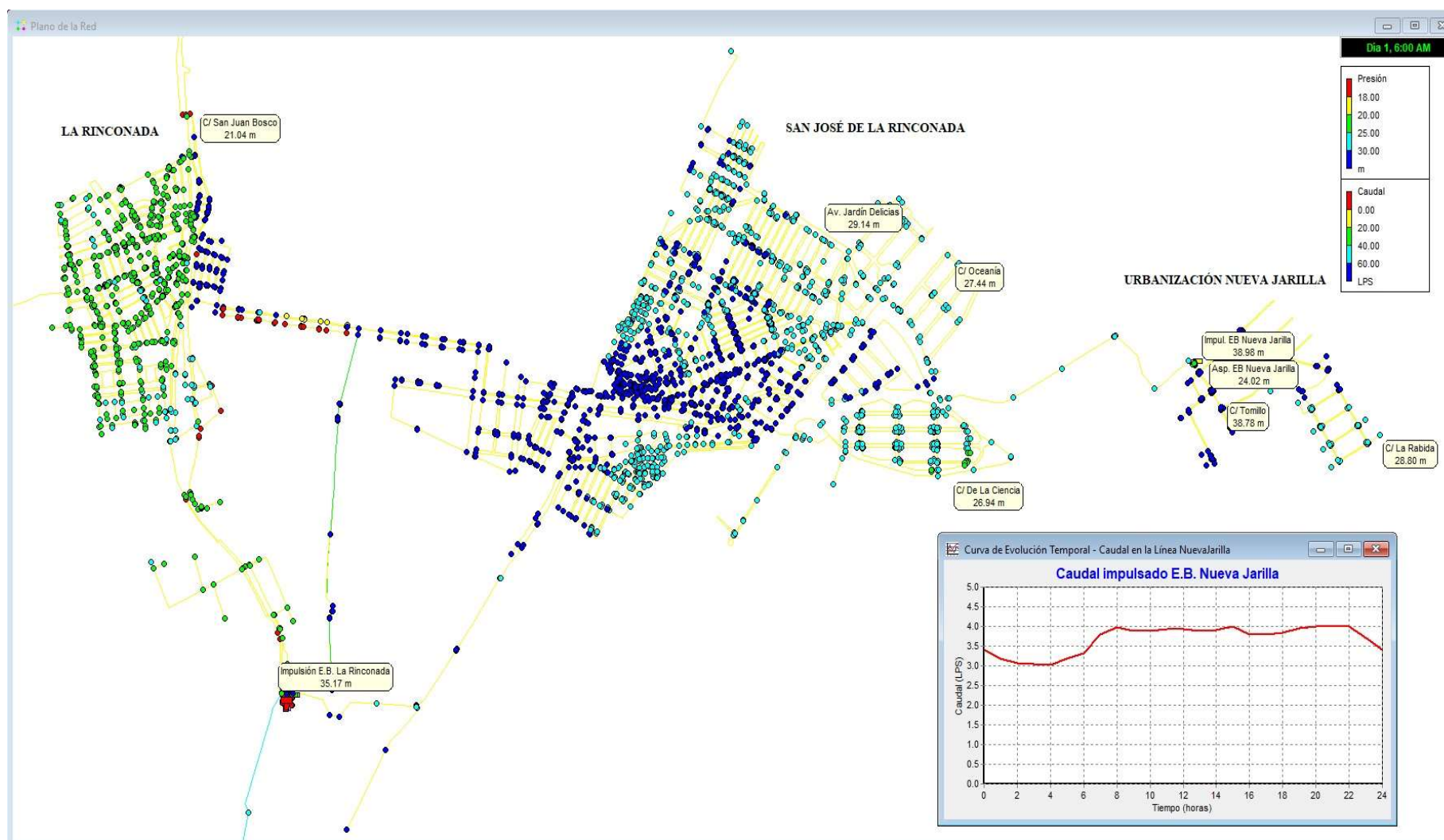


Figura 3.27. Presiones máximas en la red (envolvente de máximos). Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET



En este escenario 6 de presiones máximas se encuentran en general muy buenas presiones en toda la red. En la urbanización Nueva Jarilla se obtienen presiones comprendidas entre los 25 y 30 mca en las zonas más desfavorables y conforme se alejan del bombeo mientras que en las zonas más cercanas al bombeo se encuentran con presiones que incluso superan los 30 mca. Por otro lado, en el barrio de San José de la Rinconada se puede apreciar según la figura 3.27 como en la zona centro sur se encuentran conexiones con presiones que superan ligeramente los 30 mca y en el resto del barrio se encuentran entre los 25 y 30 mca. Por tanto, cabe mencionar en este punto, que ya no se observan presiones cercanas a los 40 mca e incluso por encima de los 40 mca como se obtenían en el escenario 3, ya que en este escenario al existir un nuevo bombeo en la urbanización Nueva Jarilla, ésta ayuda a mejorar las presiones en la misma y por otro lado, el bombeo de La Rinconada trabaja con menores presiones ya que no hace falta llegar con una determinada presión a la urbanización desde este único bombeo tal y como ocurría antes del bombeo de Nueva Jarilla en la que para que el agua llegara con una presión mínima a la urbanización había que incrementar la presión en la E.B. La Rinconada ocasionando sobrepresiones en la red de San José de la Rinconada. Por último lugar, en La Rinconada se aprecia como las presiones en las conexiones están comprendidas principalmente entre los 20 y 25 mca, exceptuando en algunas zonas del norte y sur en que las presiones se encuentran entre los 25 y 30 mca mientras que en zonas del este de La Rinconada las presiones en las conexiones se encuentran entre los 30 y 35 mca.

En este escenario, la presión máxima que se obtiene a las 6:00 AM es 28,8 mca en la C/ La Rabida con la E.B. La Rinconada y con el bombeo Nueva Jarilla en servicio durante 19 y 24 horas del día respectivamente y con un caudal que demanda la urbanización a esa misma hora de 3,28 l/s tal y como se puede observar en la tabla 3.2.

3.4.4. Escenario 7. Obtención de resultados en tiempo de permanencia del agua en la red de abastecimiento con bombeo en E.B. La Rinconada

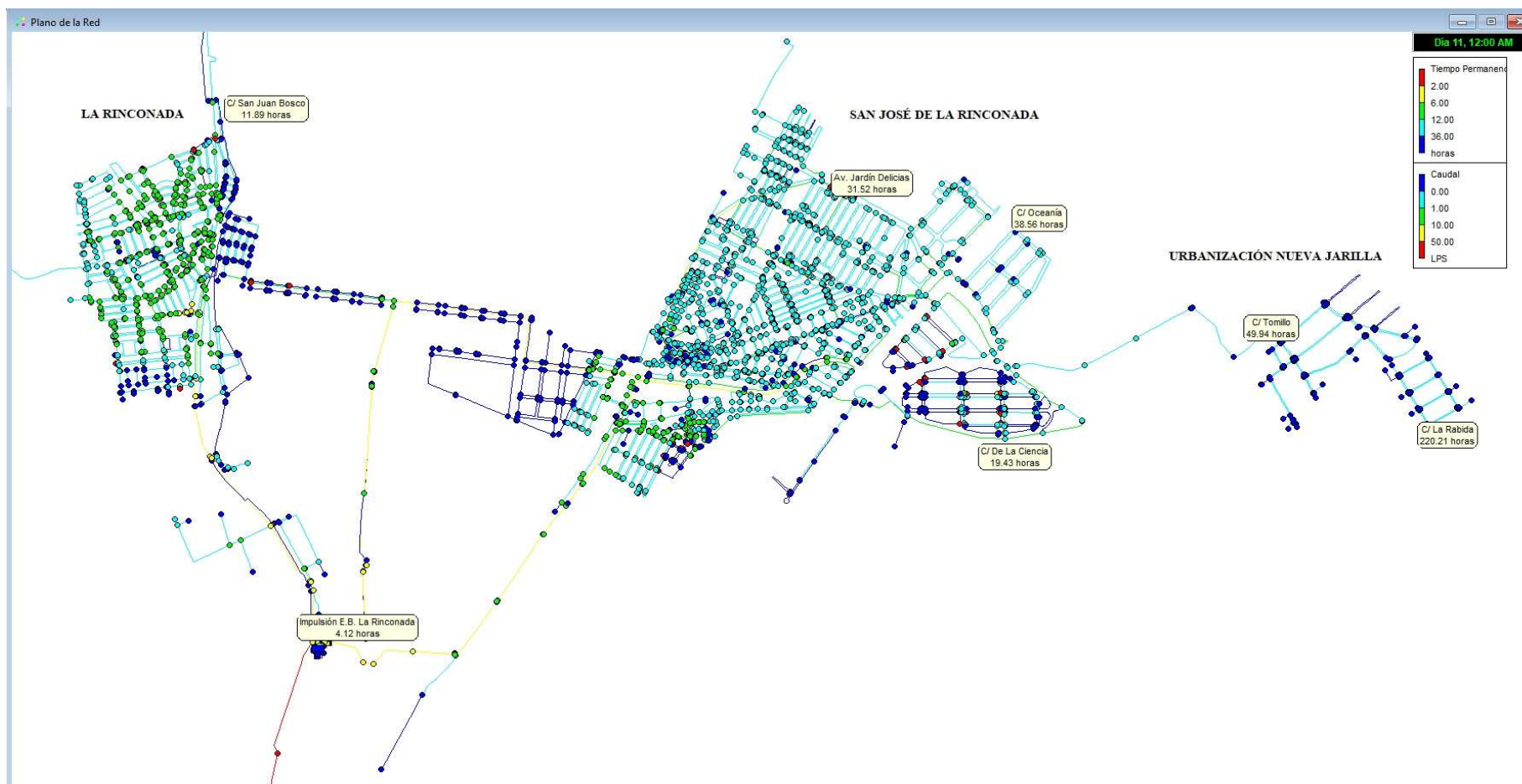


Figura 3.28. Tiempo de permanencia en la red (envolvente de máximos) simulado con una duración en el tiempo de 240 horas que equivalen a un período de 10 días. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET



7. Escenario 7: tiempo de permanencia del agua en la red de abastecimiento con bombeo en E.B. La Rinconada.

En este escenario, se pretende encontrar elevados tiempos de permanencia del agua en la red o estancamiento del agua simulando un análisis de la calidad de la misma durante un elevado período de tiempo de simulación correspondiente a 240 horas que equivalen a 10 días. Los resultados que se pueden observar en la figura 3.28 indican que en la urbanización Nueva Jarilla se obtienen elevados tiempos de permanencia por encima de las 50 horas llegando a superar las 200 horas en la zona más desfavorable como es la C/ La Rabida, lo que indica que dada la poca demanda de caudal en la urbanización, y por tanto el elevado tiempo de permanencia del agua en las conducciones, se puede deducir la posible existencia de un déficit de cloro libre en la red de la urbanización. En cambio, en el barrio de San José de la Rinconada y en La Rinconada, se encuentran conexiones en las que se renueva continuamente el agua sin que exista por tanto en general elevados tiempos de permanencia en las conducciones ya que dichos tiempos se encuentran comprendidos entre 6 y 24 horas, lo cual significa un valor adecuado del tiempo de permanencia del agua al no superar las 36 horas que es el valor límite que se supone para que no exista un déficit de cloro libre en la red.

3.5. Alternativa 2. Con depósito y bomba que se encarga del llenado del depósito

3.5.1. Escenario 8. Obtención de resultados con E.B. La Rinconada y E.B. Nueva Jarilla en servicio con depósito. En escenario consumos medidos (con purga), parámetros de diseño en bombeo en Nueva Jarilla: $Q_{nominal} = 5,38 \text{ l/s}$ y $\Delta P_{nominal} = 9,04 \text{ mca}$

- Presiones mínimas

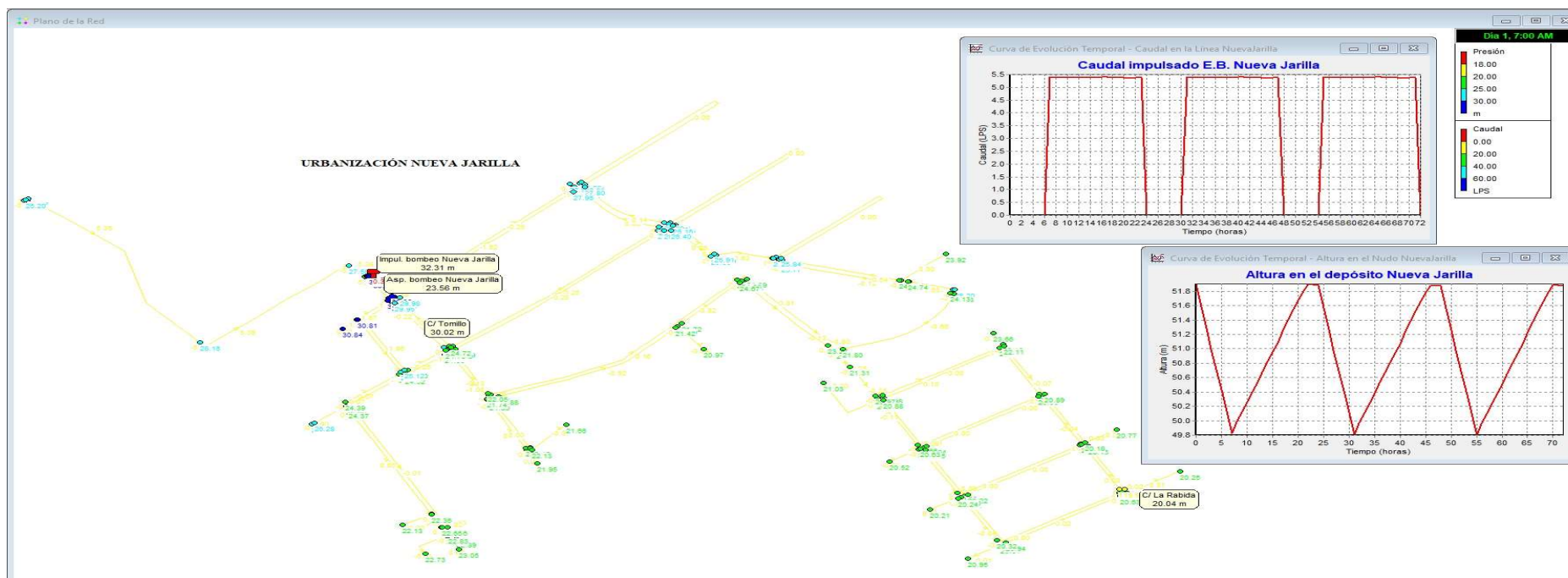


Figura 3.29. Presiones mínimas en la red (envolvente de mínimos). Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Llegados a este escenario 8, no se analizarán los escenarios 4 y 5 con la inclusión de un depósito ya que los resultados obtenidos van a ser muy similares. La única diferencia va a ser que en los escenarios sin purga y con purga dejando fuera de servicio la E.B. La Rinconada y actuando el bombeo de Nueva Jarilla junto con el depósito, las presiones en la urbanización a lo largo del día no van a descender nunca por debajo de los 20 mca en la zona más desfavorable de ésta como es la C/ La Rabida, mientras que en las zonas más cercanas al bombeo se llegarán a obtener presiones entorno a unos 30 mca no sobrepasando los 35 mca. En resumen, las presiones en la urbanización siempre estarán comprendidas entre los 20 y 35 mca dependiendo de si se encuentran en las zonas más alejadas del bombeo y del depósito (menor presión) o en las zonas más próximas al bombeo y depósito (mayor presión). Por lo demás, las presiones en el barrio de San José de la Rinconada y en la población de La Rinconada no variarán apenas con respecto a los escenarios 4 y 5 comentados anteriormente por lo que solamente se centrará en analizar las presiones de la urbanización en el escenario 8 de la figura 3.29 que nos ocupa en el que la E.B. La Rinconada se encuentra en servicio excepto las horas que se abastece la red por gravedad y en un escenario de consumos medidos con purga (escenario desfavorable). Este escenario 8 será muy similar al escenario 6 pero con la única diferencia de que se ha incluido un depósito para abastecer a la red de la urbanización Nueva Jarilla.

Tal y como se puede observar en la figura 3.29, en un escenario de presiones mínimas, las presiones obtenidas en la red de la urbanización se mantienen por encima de los 20 mca que es el objetivo. Cuanto más se acerca a la zona del bombeo y del depósito las presiones se irán incrementado hasta llegar a alcanzar los 30 mca.

Para calcular el volumen del depósito que se ha implementado en este escenario, se ha tenido en cuenta que en función de que horas del día la bomba funciona para el llenado del mismo, condiciona el tamaño del depósito. Cuando el agua entra cuando más se consume, se necesita almacenar menos y los depósitos resultantes son más pequeños. Si almacena agua cuando no se consume, el depósito tendrá que ser del volumen total que se consume. Según nuestra curva de consumo o de modulación de la urbanización Nueva Jarilla, las horas en las que más se consume agua de la red están comprendidas desde las 7:00 AM hasta las 12:00 AM por lo que será en esa franja horaria cuando el bombeo de Nueva Jarilla estará en servicio para llenar el depósito, es decir, 17 horas de bombeo. Para ello, el arranque y parada de la bomba será comandado por un patrón en el que se le asignará un “1” en aquellas horas que se quiere que funcione y un “0” en aquellas horas en las que se necesita que pare. Dicho patrón es el que se muestra en la figura 3.30 y que se detalla más abajo:

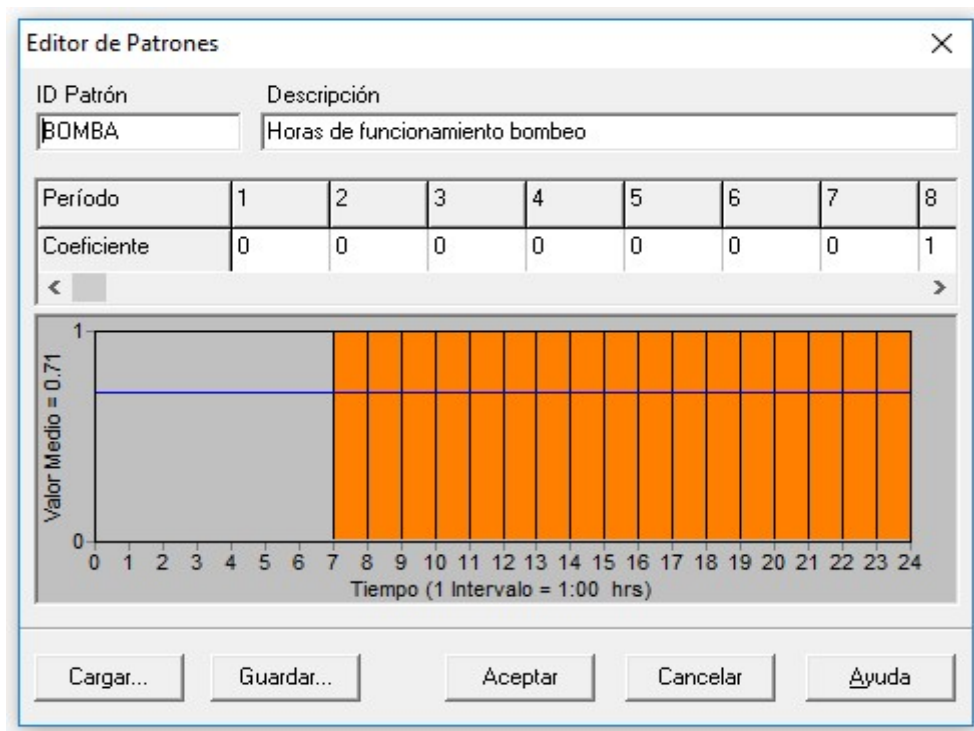


Figura 3.30. Horas de funcionamiento del bombeo Nueva Jarilla para el llenado del depósito. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Dicho patrón deberá ser especificado en el editor de propiedades de la bomba así como su curva característica tal y como aparece en la figura 3.31:

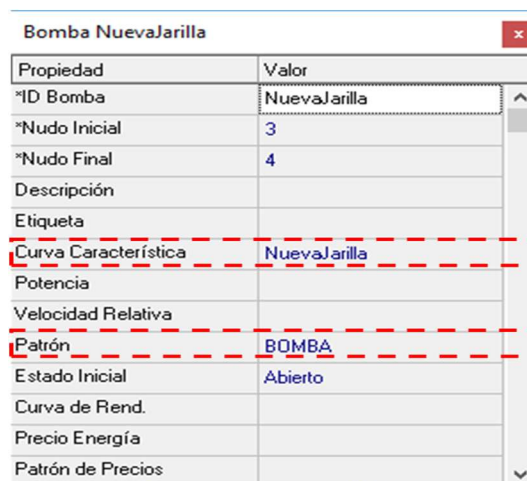


Figura 3.31. En el editor de propiedades de la bomba hay que especificar el patrón utilizado para las horas de funcionamiento de la misma, así como su curva característica.

Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Por otro lado, la curva característica del bombeo Nueva Jarilla en este escenario introducida en EPANET es la que aparece en la siguiente figura 3.32:

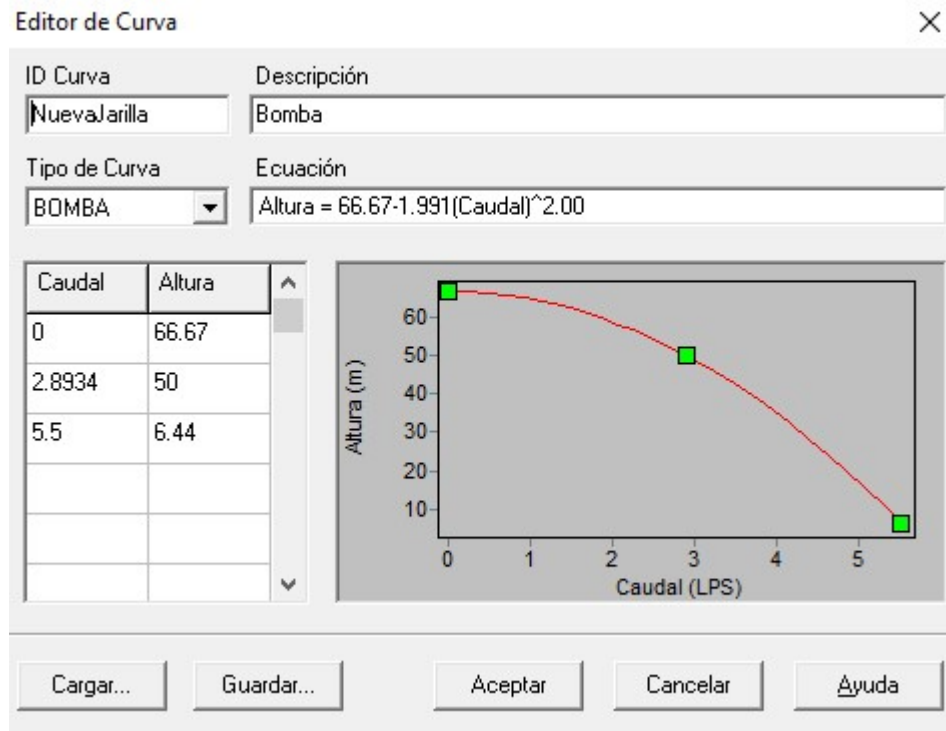


Figura 3.32. Curva característica H (m) frente a Q (l/s) del bombeo nueva Jarilla. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

Luego según lo comentado anteriormente, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la simulación con EPANET de los caudales, se va a realizar un balance de caudales entrantes y salientes al depósito para calcular el volumen adecuado del mismo que demandará la red de la urbanización Nueva Jarilla para su abastecimiento por gravedad. Los resultados quedan reflejados en la siguiente tabla 3.3 representada abajo:

Tiempo (horas)	Consumido (l/h)	Producido (l/h)	Balance (l/h)	TOTAL (l/h)
0:00	12204	0	-12204	-12204
1:00	11448	0	-11448	-23652
2:00	11088	0	-11088	-34740
3:00	10944	0	-10944	-45684
4:00	10908	0	-10908	-56592
5:00	11412	0	-11412	-68004
6:00	11808	0	-11808	-79812
7:00	13572	19404	5832	-73980
8:00	14256	19368	5112	-68868
9:00	13896	19368	5472	-63396
10:00	13896	19368	5472	-57924
11:00	14112	19368	5256	-52668
12:00	14112	19368	5256	-47412
13:00	13932	19368	5436	-41976
14:00	13968	19368	5400	-36576
15:00	14328	19368	5040	-31536
16:00	13572	19404	5832	-25704
17:00	13608	19404	5796	-19908
18:00	13752	19404	5652	-14256
19:00	14148	19368	5220	-9036
20:00	14328	19368	5040	-3996
21:00	14292	19332	5040	1044
22:00	14328	19332	5004	6048
23:00	13248	19404	6156	12204
24:00	12204	0	-12204	0

Tabla 3.3. Balance de caudales utilizado para el cálculo del volumen del depósito Nueva Jarilla. Fuente: producción propia

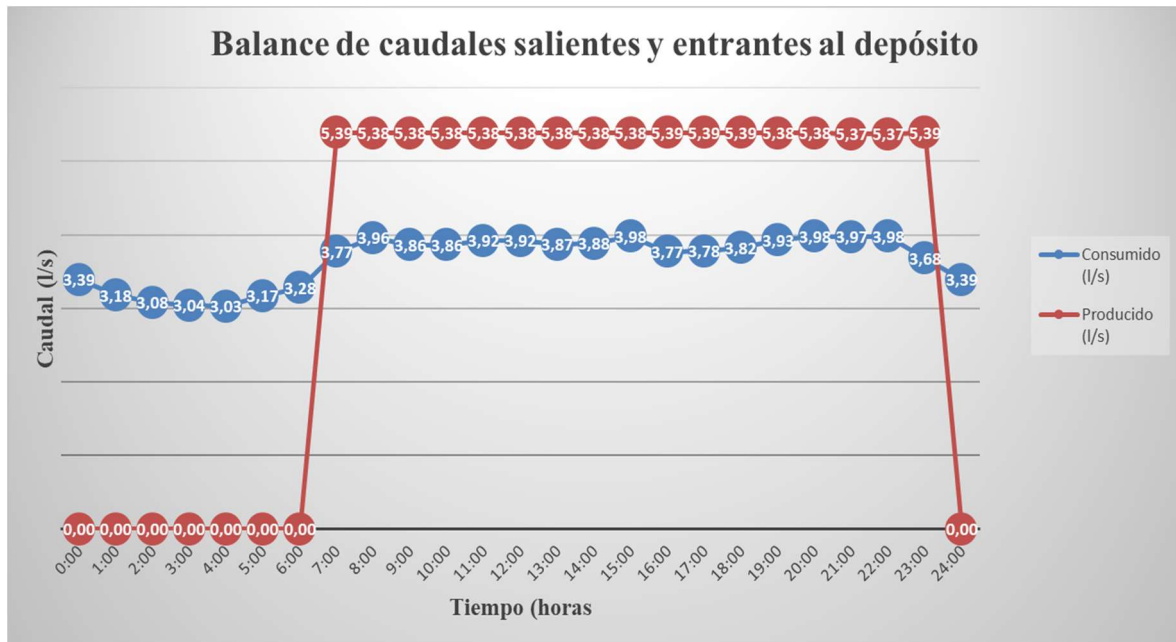


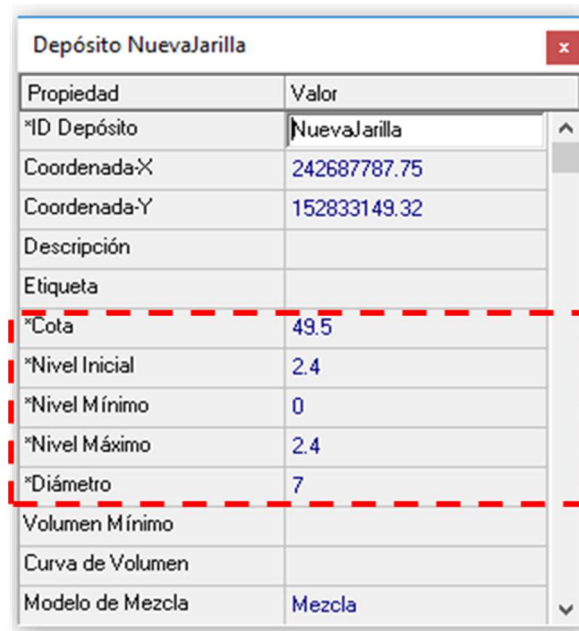
Figura 3.33. Balance de caudales salientes y entrantes al depósito para el cálculo de su volumen.

Fuente: producción propia

Lo consumido es lo que demanda la red de abastecimiento de la urbanización Nueva Jarilla en un escenario con purga de la red (se analiza un escenario desfavorable) mientras que lo producido son las horas de funcionamiento del bombeo de Nueva Jarilla que se necesita para el llenado del depósito. El volumen del depósito es la resta del volumen acumulado máximo, 12204 litros, del mínimo, -79812 litros:

$$V_{\text{depósito}} = 12204 - (-79812) = \mathbf{92016 \text{ litros} = 92,016 m^3}$$

Luego el volumen del depósito será de $92,016 m^3$ que equivale en un volumen aproximado a configurar con las siguientes dimensiones en el editor de propiedades del depósito tal y como se muestra en la figura 3.34 y suponiendo que éste es de geometría cilíndrica:



Propiedad	Valor
*ID Depósito	NuevaJarilla
Coordenada-X	242687787.75
Coordenada-Y	152833149.32
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	49.5
*Nivel Inicial	2.4
*Nivel Mínimo	0
*Nivel Máximo	2.4
*Diámetro	7
Volumen Mínimo	
Curva de Volumen	
Modelo de Mezcla	Mezcla

Figura 3.34. Para conseguir un volumen entorno a unos $92,016 \text{ m}^3$, las dimensiones del depósito serán las representadas dentro del rectángulo con líneas discontinuas rojas.

Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

$$V_{\text{depósito}} = \pi \frac{D^2}{4} h \quad (3)$$

$$V_{\text{depósito}} = \pi \frac{7^2}{4} 2,4 = 92,36 \text{ m}^3$$

Para abastecer por gravedad a la red de la urbanización, se necesita colocar el depósito a una cota de 49,5 m para llegar a obtener presiones mínimas de 20 mca en toda la urbanización que es el objetivo marcado. El único problema que habría con este sistema de almacenamiento de agua es que en las zonas próximas a la urbanización no existe una diferencia de cotas en el terreno entre el depósito que habría que situar a una cota de 49,5 m y el bombeo situado a una cota de 19,7 m para abastecer por gravedad a la misma, por lo que la única solución que habría es la de **levantar mediante una estructura dicho depósito, a una altura de 29,8 m respecto a la cota donde se encuentra el bombeo.**

A continuación, en la figura 3.35, se representa la evolución de la altura en el depósito de Nueva Jarilla simulada en EPANET en el que se puede apreciar como el depósito se va

llenando y vaciando cíclicamente evitando de esta forma que nunca se quede vacío y por tanto presiones negativas en EPANET. Para realizar esta comprobación, dicha simulación se ha realizado en un período extendido de 72 horas. Además, se representa también en la figura 3.36, el caudal impulsado por el bombeo Nueva Jarilla con el que el depósito es llenado.

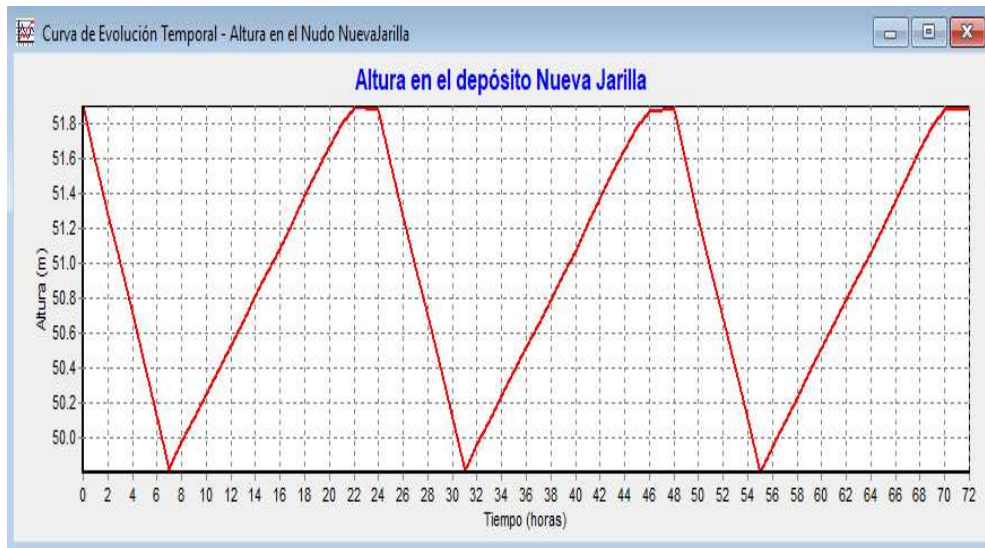


Figura 3.35. Curva de evolución temporal en el depósito de Nueva Jarilla. Se observa como el depósito se va llenando en las horas que actúa el bombeo Nueva Jarilla y se vacía en las horas en las que el bombeo para. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

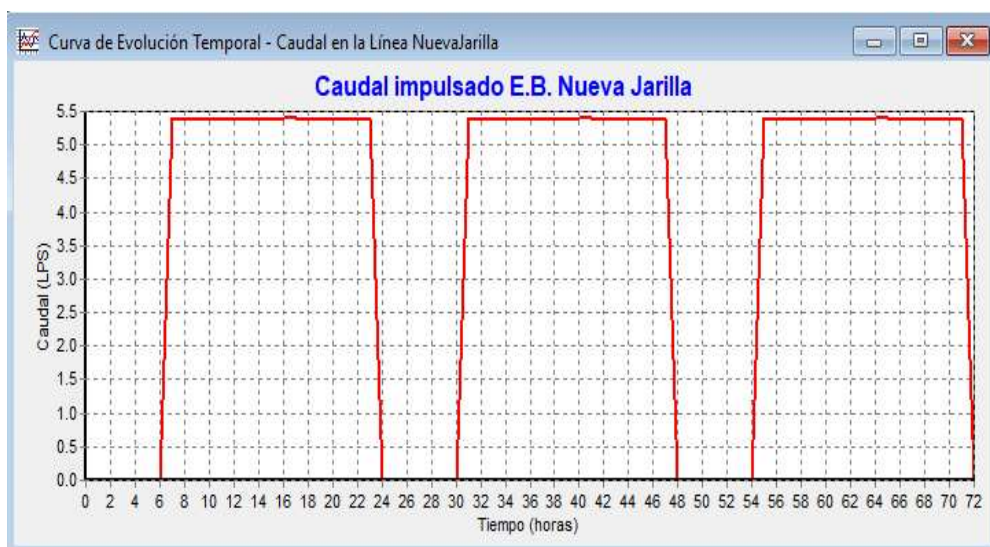


Figura 3.36. Caudal impulsado por la E.B. Nueva Jarilla. Se observa como la bomba entra en servicio durante 17 horas y para durante 7 horas. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

- Presiones máximas

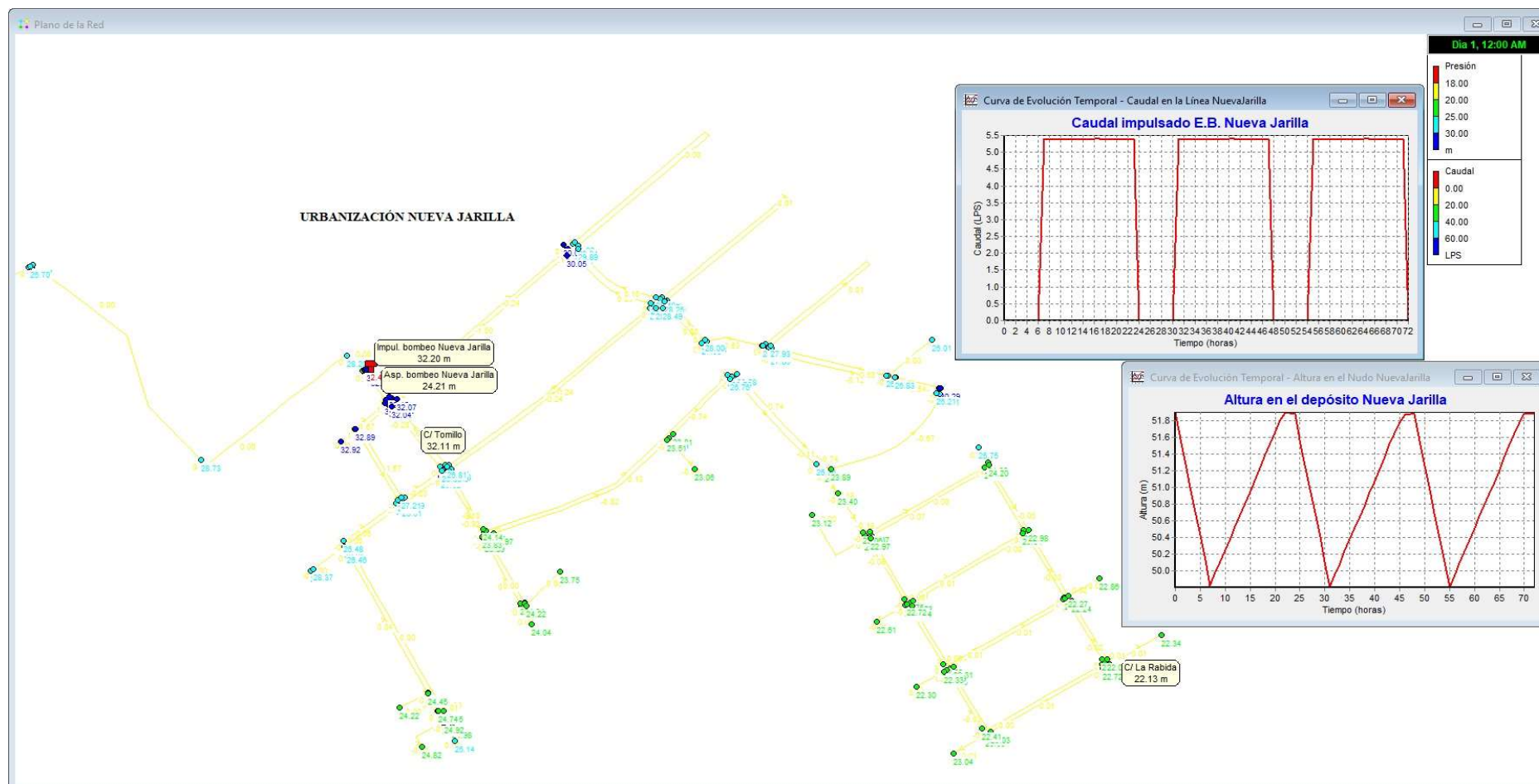


Figura 3.37. Presiones máximas en la red (envolvente de máximos). Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET



Este escenario 8 de presiones máximas es muy similar al escenario 8 de presiones mínimas comentado anteriormente. Como se puede apreciar de los resultados obtenidos de la simulación de la figura 3.37, se observa como las presiones en las zonas más desfavorables de las conexiones de la red de la urbanización Nueva Jarilla se mantienen por encima de los 22 mca alcanzando los 30 y 32 mca en zonas cercanas al bombeo y al depósito de Nueva Jarilla por lo que se trata de un buen escenario en cuanto a presiones ya que cumple nuestro objetivo de que en toda la urbanización no sean inferiores a la presión mínima de 20 mca que se había establecido como objetivo desde un principio.

En este escenario 8, la presión mínima y máxima que se obtiene a las 7:00 AM y a las 12:00 AM es de 20,04 y 22,13 mca respectivamente en la C/ La Rabida con un caudal que demanda la urbanización a las 7:00 AM de 3,77 l/s y a las 12:00 AM de 3,39 l/s con la E.B. La Rinconada y con el bombeo Nueva Jarilla en servicio durante 17 y 24 horas del día respectivamente y en un escenario con purga en la red.



CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES

En vista a los diferentes escenarios simulados en EPANET y analizados, se llega a las siguientes conclusiones:

1. De los diferentes escenarios simulados con EPANET, los únicos viables para obtener presiones por encima de los 20 mca en el punto más desfavorable de la urbanización Nueva Jarilla, objetivo inicial de este estudio, son los escenarios 6 (bombeo con variador de frecuencia contra red) y 8 (depósito que abastece por gravedad y llenado del mismo mediante bombeo). Ambos escenarios han sido simulados con una purga en la red (se prueba el comportamiento de la red en un caso desfavorable) y en los dos es necesario el bombeo de la E.B. La Rinconada para conseguir presiones adecuadas tanto en la urbanización como en el barrio de San José de la Rinconada.
2. Por otro lado, aunque se deje fuera de servicio en el escenario 8 la E.B. La Rinconada, la urbanización Nueva Jarilla mantendrá presiones mínimas por encima de los 20 mca y estarán comprendidas entre los 20 y 32 mca tanto en un escenario sin purga como con purga, en ambos casos se obtendrá presiones muy similares por lo que no se ha repetido el proceso de análisis de los escenarios 4 y 5 pero esta vez con el abastecimiento con depósito a la urbanización por gravedad y llenado del mismo por bombeo.
3. Dentro de los dos escenarios viables, que son los escenarios 6 y 8 con la E.B. La Rinconada en servicio, las dos alternativas que se plantean, tanto el bombeo con variador de frecuencia contra red (escenario 6) como el abastecimiento de la urbanización por gravedad mediante depósito y llenado del mismo mediante bombeo (escenario 8), cumplen con el objetivo de corregir el déficit de presiones que en un principio tenía la urbanización.

Ahora bien, habría que plantear desde un punto de vista económico cual es la solución óptima dentro de estas dos alternativas. En el escenario 6 con un bombeo con variador de frecuencia se resuelve la deficiencia de presiones en la urbanización mientras que en el escenario 8, se tendría que construir un depósito con un volumen mínimo de $92,016 \text{ m}^3$, elevarlo mediante una estructura hasta una altura de 29,8 metros para conseguir una presión mínima de 20 mca en el punto más desfavorable de la urbanización ya que no se puede aprovechar las

diferencias de cotas del terreno al encontrarse prácticamente a la misma cota en varios kilómetros a la redonda. El coste de un variador de frecuencia para una bomba del tamaño a la necesaria está en el orden de 10.000 €, mientras que la ejecución de la obra civil para la construcción de un depósito con el volumen y altura resultantes estaría en el orden de los 300.000 €.

Luego, la solución óptima desde el punto de vista económico sería implementar una estación elevadora de presión contra red con variador de frecuencia en línea en la tubería de DN 200 de entrada a la urbanización Nueva Jarilla, que permita aumentar la presión en la red de la urbanización y disminuir ésta en el núcleo de San José de la Rinconada, además de dotar a este punto de una instalación de recloración con hipoclorito sódico debido a los altos tiempos de permanencia del agua en la red con el consiguiente déficit de cloro, tal y como se ha podido comprobar en el escenario 7.

4. Se proponen como parámetros de diseño para la E.B. Nueva Jarilla con bomba con variador de frecuencia en un escenario desfavorable con purga en la red de la urbanización:

$$Q_{\text{nominal}} = 3,3 \text{ l/s}$$

$$\Delta P_{\text{nominal}} = 15 \text{ mca}$$

cuya curva característica de la bomba en EPANET es la que se representa en la siguiente figura 4.1:

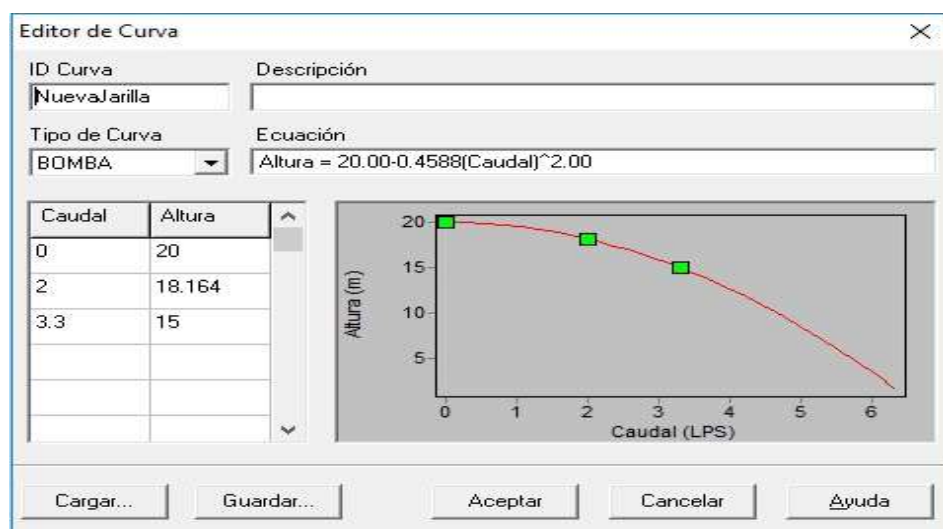


Figura 4.1. Curva característica H (m) frente a Q (l/s) del bombeo Nueva Jarilla.

Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

4.1.- Acciones y estudios de obra a realizar

Se propone como solución óptima desde el punto de vista económico un sistema de elevación de presión de velocidad variable compuesto por dos bombas centrífugas con variador de frecuencia integrado en el propio motor, en disposición 1+1 (uno de reserva) capaz de suministrar de forma unitaria un caudal punta de 3,3 l/s a 15 mca.

Se trata de un sistema de bombeo completamente automático que incorpora tanto los variadores de frecuencia como el sistema de control y la instrumentación (transmisor de presión) que permite el funcionamiento directo contra red realizando un control de presión constante mediante el ajuste de la velocidad de las bombas, cuyas curvas características se muestran en la figura 4.2.

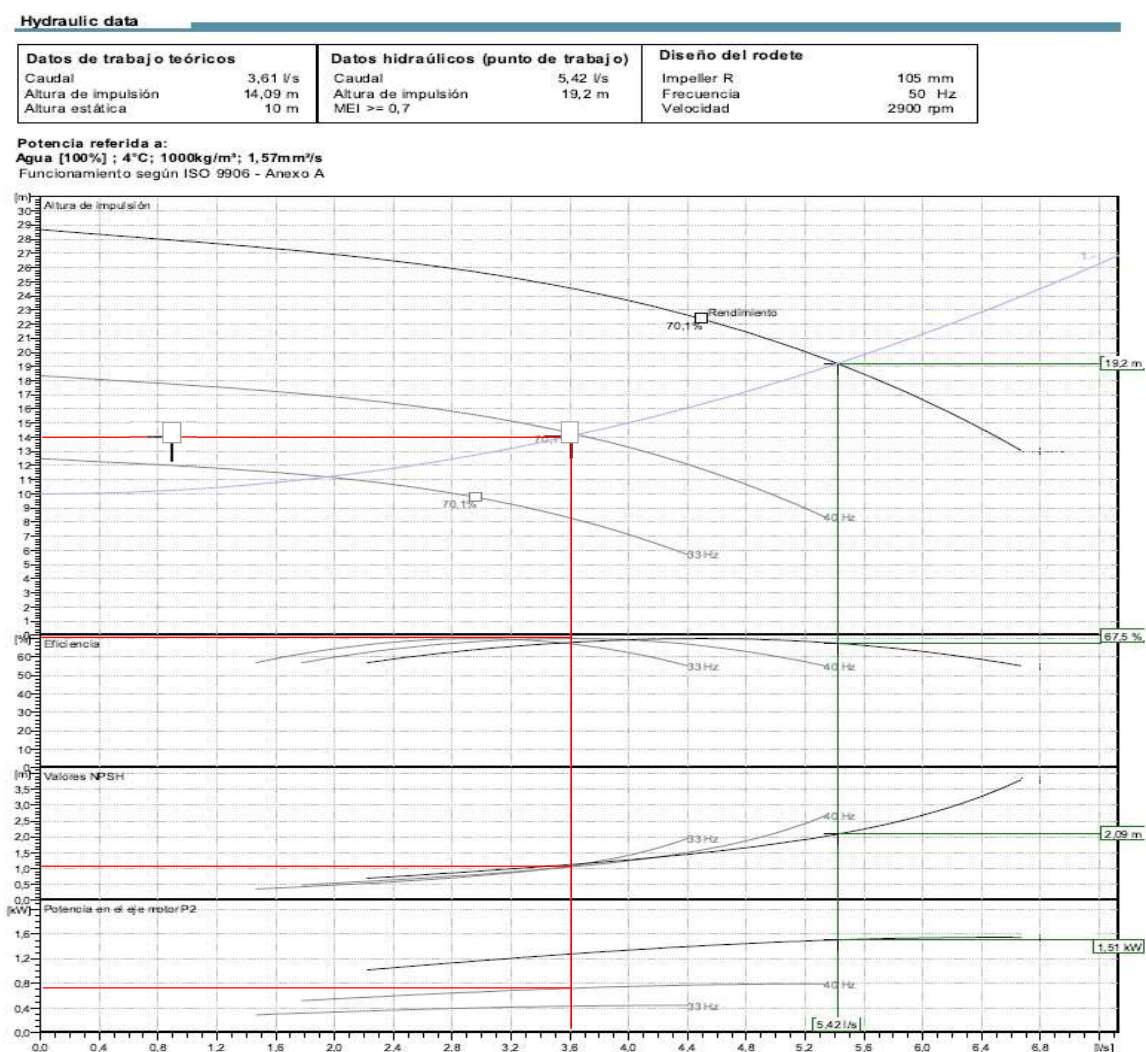


Figura 4.2. Curvas características de la bomba como son la altura de impulsión (m) en función del caudal (l/s), la eficiencia, NPSH y la potencia en el eje motor. Fuente: producción propia basada en la ficha técnica del fabricante



Cada bomba contará con válvula de aislamiento entre bomba y colector y además válvula de retención en la descarga.

Cada uno de los colectores dispondrá de válvula de aislamiento de tipo mariposa DN 65 previa a su conexión con las tuberías de aspiración e impulsión.

En previsión de ser necesario un abastecimiento de emergencia en la urbanización, por avería o puesta fuera de servicio de la estación, se propone la instalación de un by-pass exterior al bombeo, dotado de válvula de retención de DN 80, de forma que mediante su apertura se suministre caudal directamente desde la red.

Para el alojamiento de los equipos correspondientes al grupo de presión y sistema de dosificación de hipoclorito se ha previsto la instalación de un edificio prefabricado de hormigón de tipo monobloque con unas dimensiones aproximadas de $4460 \times 2380 \text{ mm}$ en planta y 3045 mm de altura. El edificio constará con dos puertas de acceso independientes y una partición interior (se ejecutará en obra) de forma que queden completamente separadas las zonas correspondientes al bombeo y a la dosificación.

El compartimento destinado a la dosificación cuenta con unas dimensiones aproximadas de $1,80 \times 2,20 \text{ m}$ (*ancho $\times$ fondo*) con acceso independiente desde el exterior a través de una puerta de 0,90 m de anchura.

Con el fin de disponer un nivel óptimo de cloro en el agua potable para el suministro domiciliario y debido a las pérdidas de concentración de cloro en la distribución y almacenamiento desde la ETAP al usuario final del servicio, es necesaria la recloración en puntos específicos.

La bomba de hipoclorito sódico que se propone tiene un volumen de descarga de 3,2 l/h con un número de pulsos cercano a los 275 y a una presión de 0,8 MPa, cuya curva de rendimiento es la que se muestra en la figura 4.3.

Curva de rendimiento:

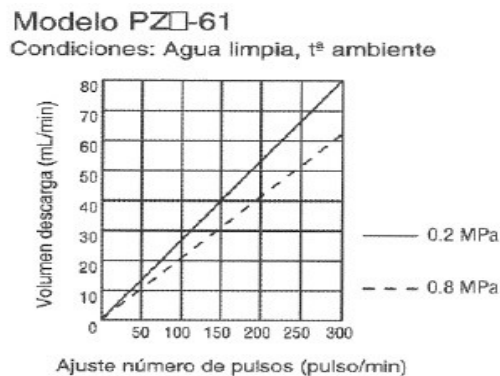


Figura 4.3. Curva de rendimiento de la bomba dosificadora de hipoclorito sódico. Fuente: *manual del fabricante*

El punto de inyección se realizará sobre la tubería de impulsión de la E.B. El control de la dosificación de hipoclorito se prevé realizarla por pulsos de caudal bombeado.

La conexión de las tuberías de aspiración e impulsión de la estación de bombeo se realizará sobre la conducción de fundición dúctil DN 200 existente, con origen en la red de San José de la Rinconada, que abastece a la urbanización de Nueva Jarilla.

Para lo anterior se ha previsto la instalación de dos T de derivación (aspiración e impulsión) de 200/200/80, dotadas de válvulas de compuerta DN 80 en sus salidas, entre las que se intercalará una válvula de compuerta de DN 200 que deberá quedar cerrada una vez se ponga en servicio el bombeo.

La conexión entre la tubería fundición dúctil DN 200 y la nueva E.B. Nueva Jarilla se realizará con tubería de fundición dúctil DN 80 tanto en la aspiración como en la impulsión.

En cuanto al consumo energético y coste anual por bombeo suponiendo que la electricidad tiene un coste de 0,071459 Euros de 1:00-7:00 (período valle), de 0,092585 Euros de 23:00-1:00 y de 7:00-13:00 (período llano), de 0,161765 Euros de 13:00-23:00 (período punta) y teniendo en cuenta que la bomba tiene un rendimiento del 70,1%, la potencia media que se estima que se suministrará a la bomba será de 0,7 kW, lo que supondrá un consumo energético medio de 0,7 kW·h con un **coste al día de 1,96 Euros** y un **coste anual de 715,4 Euros/año**.



CAPÍTULO 5: ANEJOS.

5.1. Anejo 1. Sistema de bombeo contra red y obra civil de instalación de caseta prefabricada de hormigón

5.1.1. Sistema de bombeo contra red y curvas de rendimiento del grupo de bombeo con variador de frecuencia utilizado

A menudo, se necesitará modificar el caudal suministrado por la bomba para adaptarlo a los requerimientos variables de demanda de agua. Esta regulación de caudal se puede hacer mediante el empleo de variadores de velocidad. La utilización de variadores de velocidad nos aporta grandes ventajas, sobre todo por el ahorro de energía que se consigue.

El variador de frecuencia o de velocidad se trata de un dispositivo electrónico que, a través de la modificación de la frecuencia de alimentación eléctrica, varía la velocidad de giro de los motores eléctricos, el variador de velocidad modificará indirectamente la curva característica de la bomba al variar la velocidad de giro del motor. Por lo tanto, el variador no es un elemento mecánico, es un dispositivo electrónico que actúa directamente sobre los motores eléctricos, variando, como se ha comentado, su velocidad de giro. Básicamente el variador de frecuencia se compone de unos armarios que se instalan en los centros de control y mando de los grupos de bombeo y se conecta mediante cables a los motores de las bombas.

Una bomba de agua funciona gracias a un motor eléctrico que aporta la energía necesaria para impulsar un caudal determinado a una presión o altura manométrica deseada.

Para que una bomba pueda impulsar el agua, necesita de una fuente de energía externa. Esta energía la proporciona entre otros dispositivos, un motor eléctrico.

Las bombas se ensayan en bancos de ensayo en los que se determinan las curvas Caudal-Presión, o curvas Q-H, que posteriormente los fabricantes incorporan como información técnica imprescindible para la selección de los equipos en sus catálogos de producto.

Las curvas características de una bomba son exclusivas de cada bomba o equipo de bombas. Estas curvas de trabajo relacionan el caudal bombeado y la presión de bombeo, de tal forma que a mayor caudal demandado por la instalación, se tendrá una menor presión, y al contrario, a menor caudal la bomba impulsará el agua con mayor presión.



Cuando se ensaya en el banco de pruebas un equipo motor-bomba se hace a las revoluciones nominales del motor, que son las máximas revoluciones que ese motor es capaz de generar. Todo cambio en la velocidad del motor significará menores revoluciones, y por tanto, curvas características de la bomba por debajo de la nominal.

En definitiva el variador consigue que la bomba pueda trabajar en cualquier punto situado por debajo de la curva que se obtiene a la velocidad nominal del motor.

En los bombeos normalmente se fija en la programación del variador la variable presión, por lo que, gracias a la actuación de este dispositivo, la presión se mantendrá constante ante los cambios de caudal que se produzcan.

Fundamentalmente el variador nos aportará las siguientes ventajas:

a) Ahorro de energía.

Ahorro de hasta un 60% de energía eléctrica si se compara con otros sistemas tradicionales de regulación de caudales. El período de recuperación de la inversión es muy rápido.

b) Mejora del proceso productivo.

La introducción de un sistema de control del par y de la velocidad de los motores permite mejorar la calidad y la productividad de los procesos.

c) Aumento de la vida útil de los motores y reducción de su mantenimiento.

El elevado número de arranques en directo provoca en los motores eléctricos un estrés mecánico y eléctrico. Las sobrecorrientes instantáneas durante los procesos de arranque que sufren los motores de inducción reducen su vida útil y aumentan sus costes de mantenimiento.

d) Beneficios para la naturaleza.

El consumo eléctrico y de combustibles fósiles se reduce, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero.

e) Control del golpe de ariete y parada lenta de la instalación de bombeo.

f) Re-arranques automáticas tras caídas de tensión o tras cortes del flujo eléctrico.

En nuestro caso, se diseña un sistema de elevación de presión de velocidad variable compuesto por dos bombas centrífugas con variador de frecuencia integrado en el propio motor, en disposición 1+1 (uno de reserva) capaz de suministrar de forma unitaria un caudal punta de **3,3 l/s a 15 mca.**

Se trata de un sistema de bombeo completamente automático que incorpora tanto los variadores de frecuencia como el sistema de control y la instrumentación (transmisor de presión) que permite el funcionamiento directo contra red realizando un control de presión constante mediante el ajuste de la velocidad de las bombas. Las curvas características de la bomba con variador de frecuencia se muestran a continuación:

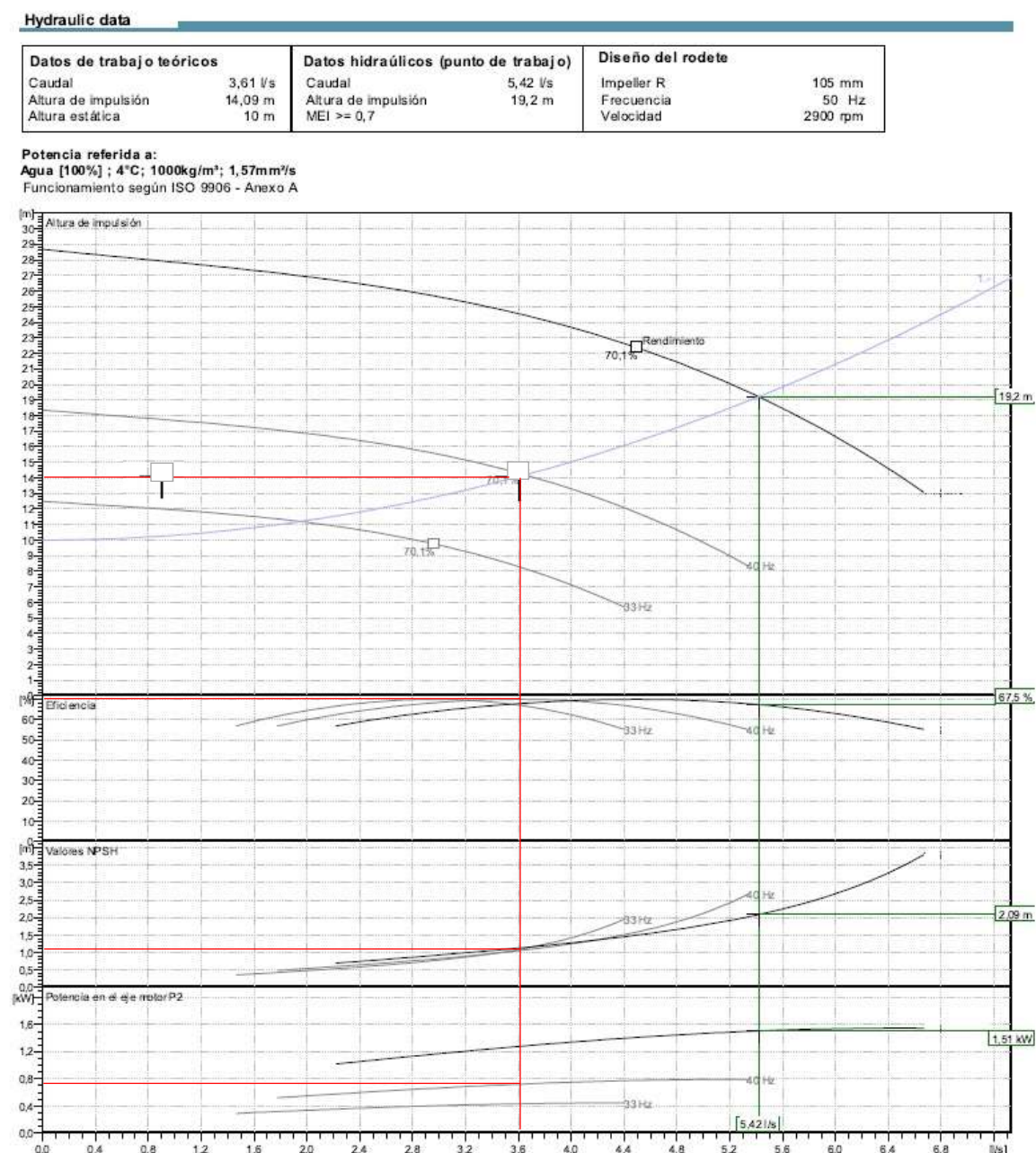


Figura 5.1. Curvas características de la bomba como son la altura de impulsión (m) en función del caudal (l/s), la eficiencia, NPSH y la potencia en el eje motor. Fuente: producción propia basada en la ficha técnica del fabricante

5.1.2. Obra civil de instalación de caseta prefabricada de hormigón

Sistema: obra civil de instalación

Equipo: caseta prefabricada de hormigón

Servicio: alojamiento de cuadros y equipos

Características:

Instalación de edificio prefabricado, de dimensiones exteriores de $4460 \times 2380 \text{ mm}$ en planta y 3045 mm de altura, formada por envolvente prefabricada monobloque y cubierta amovible prefabricada de hormigón, 2 puertas de acceso, 2 rejillas de ventilación, alumbrado y servicios auxiliares, incluso obra civil auxiliar de instalación.



Figura 5.2. Edificio prefabricado. Fuente: catálogo del fabricante

Edificio prefabricado de tipo “monobloque” ejecutado íntegramente en fábrica de las siguientes dimensiones:

	Dimensiones
Altura + Sobreelevación (mm)	3.045
Longitud (mm)	4.460
Anchura (mm)	2.380
Peso (kg) aprox.	13.465

Tabla 5.1. Dimensiones del edificio prefabricado de tipo “monobloque”. Fuente: catálogo del fabricante

Las características más destacadas del prefabricado serán:

Material:

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 kg/cm^2 a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.

Envolvente:

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

Suelos:

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en sus extremos dispondrá de huecos que permitirán el paso de cables hacia el interior.

Se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

En el caso concreto de este edificio sobre suelo existente se instalará una **sobrelosa continua de 5 cm** de espesor en cada uno de los compartimentos con sumidero central para la recogida de derrames y que **estará conectada a la red de saneamiento**.

Puertas y rejillas de ventilación:

El edificio contará en la misma fachada con dos puertas de acceso de dimensiones $900 \times 2100 \text{ mm}$ contando con rejillas de ventilación en su parte inferior.

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado de **3.00 mm** recubierta con pintura epoxy poliéster.

La puerta estará abisagrada para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

En su parte posterior el edificio prefabricado contará con dos rejillas de ventilación ubicada en la zona superior del paramento.

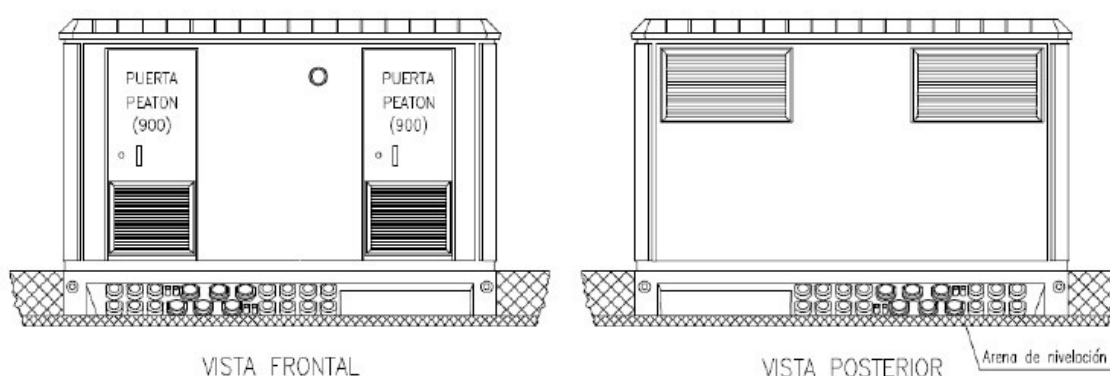


Figura 5.3. Vista frontal y posterior del edificio prefabricado. El edificio prefabricado constará en la misma fachada con dos puertas de acceso contando con rejillas de ventilación en su parte inferior y en su parte posterior contará con dos rejillas de ventilación ubicada en la zona superior del paramento. Fuente: catálogo del fabricante

Las rejillas estarán diseñadas para un grado de protección IP339 e irán provistas por su cara interior de tela metálica mosquitera.



El interior del edificio, y a los efectos de crear una división interior, contará con una malla de separación ejecutada en acero galvanizado.

Grados de protección:

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP23, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP33.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

Impermeabilidad:

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

Equipotencialidad:

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (RU 1303A).

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

Instalaciones:

Las instalaciones que dispondrá el edificio prefabricado serán las siguientes:

- Instalación de dos puntos de luz para alumbrado interior formado por regleta estanca tipo LED de 40 W y mecanismos de encendido incluyendo línea de alimentación, bajo tubo o canal de PVC, hasta cuadro auxiliar de alumbrado y tomas.
- Instalación de dos puntos de luz para alumbrado de emergencia incluyendo línea de alimentación bajo tubo o canal de PVC, hasta cuadro auxiliar de alumbrado y tomas.

- Instalación de dos tomas de corriente 10/16 A incluyendo línea de alimentación bajo tubo o canal de PVC, hasta cuadro auxiliar de alumbrado y tomas.
- Hoja interior de separación.
- Caja de seccionamiento de tierras.

Además de lo anterior el edificio contará con los elementos y herrajes necesarios para la instalación de los extractores del sistema de ventilación.

Montaje e instalación:

Para la instalación del edificio prefabricado se requiere la excavación previa del terreno según las siguientes dimensiones:

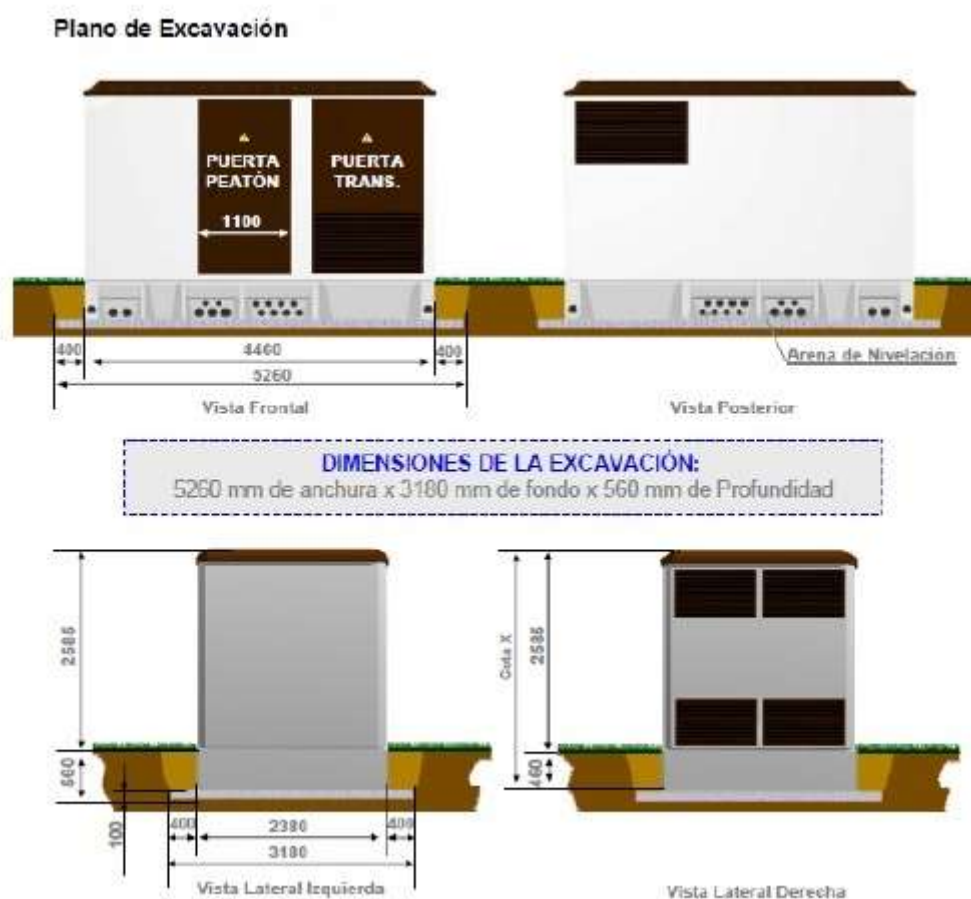


Figura 5.4. Plano de excavación con sus correspondientes dimensiones. Fuente: catálogo del fabricante



Sobre la base del foso se ejecutará una losa de hormigón en masa HA-10 de 20 cm de espesor.

Sobre la losa de hormigón ejecutada se dispondrá de una cama de arena lavada y nivelada con un mínimo de 10 a 15 cm de espesor.

Realizado el montaje del edificio, conectados los conductos de canalización de cables y ejecutada la red de tierra, se deberá proceder de inmediato al relleno, mediante albero compactado, del hueco perimetral existente hasta la cota de enterramiento para evitar, si existe riesgo de lluvia, que las aguas muevan la arena de asiento bajo el edificio y puedan provocar movimientos o fracturas en las piezas que sustentan el edificio.

5.2. Anejo 2. Bomba de dosificación de hipoclorito sódico

5.2.1. Antecedentes

Con el fin de disponer un nivel óptimo de cloro en el agua potable para el suministro domiciliario y debido a las pérdidas de concentración de cloro en la distribución y almacenamiento desde la ETAP al usuario final del servicio, es necesaria la recloración en puntos específicos.

5.2.2. Selección de bomba dosificadora

A continuación se detalla la información de las características de la bomba dosificadora seleccionada.



Figura 5.5. Bomba dosificadora de hipoclorito sódico. Fuente: manual del fabricante

Materiales:

- Cabezal de la bomba: Acrílico para la dosificación de soluciones de Hipoclorito Sódico.
- Válvula de Asiento: Goma fluorada.
- Bola de retención: Cerámica.
- Protección IP 65.

Model w/ automatic air-release function for injection of sodium hypochlorite: ARPZ

Model		31	61	12
Specification				
Max. discharge volume*	G/h	0.42	0.84	1.47
	L/h	1.6	3.2	5.6
Max. discharge pressure*	MPa	1.0	0.8	0.4
	psi	145	116	58
Stroke speed		15 to 300 strokes/min (dial setting)		
Stroke length		Fixed at 1.0 mm		
Connection (hose/tube: I.DxO.D)	Discharge side	PE tube (1/4"x3/8", 3m)		
	Suction side	PVC braided hose (1/4"x3/8", 2m)		
	Air-release	Soft PVC hose (4x8, 1 m)		
Max. allowable viscosity		50 mPa.s		
Allowable temperature		Ambient temperature: 0 to 40°C / Transferring liquid: 0 to 40°C (no freezing allowed)		
Ambient humidity		35 to 85% RH		
Environmental protection		IEC standard: IP65 or equivalent (water- and dust-proof)		
Altitude of installation location		Less than 1,000 m		
Noise level		Less than 85 dB		
Power supply	Rated voltage	AC 100 to 240 V (±10%)		
	No. of phases/ Frequency	1-phase/50 or 60 Hz		
	Maximum current	2.2 A	2.5 A	
	Power consumption	Max.: 220 VA/Ave.: 16 W	Max.: 250 VA/Ave.: 18 W	
Weight		1.7 kg	1.8 kg	

* Conditions: Clean water, room temperature

Tabla 5.2. Características técnicas de las bombas dosificadoras para la inyección de hipoclorito sódico. La nomenclatura AR corresponde a cabezal autopurgante. Fuente: manual del fabricante

Curva de rendimiento:

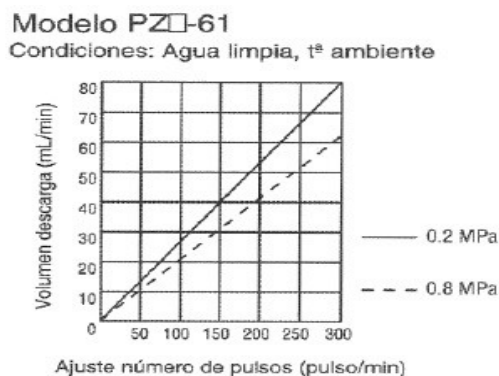


Figura 5.6. Curva de rendimiento de la bomba dosificadora de hipoclorito sódico. Fuente: manual del fabricante



Según la curva de rendimiento de la figura 5.6, la bomba dosificadora de hipoclorito sódico tiene un ajuste de números de pulsos (pulso/min) comprendido entre 0 y 300 y un volumen de descarga en un rango de entre 0 y 80 ml/min, parámetros que varían linealmente en función de la presión del volumen desplazado en la inyección de hipoclorito sódico. La bomba de hipoclorito sódico que se propone tiene un volumen de descarga de 3,2 l/h con un número de pulsos cercano a los 275 y a una presión de 0,8 MPa.

El punto de inyección se realizará sobre la tubería de impulsión de la estación de bombeo y el control de la dosificación por pulsos de caudal bombeado.



5.3. Anejo 3. Consumo energético medio y coste anual por bombeo

Se ha utilizado el software EPANET para calcular el consumo energético medio y el coste anual por bombeo de la bomba con variador de frecuencia de la E.B. Nueva Jarilla a la que se ha llegado a la conclusión con unos parámetros de diseño de $Q_{\text{nominal}} = 3,3 \text{ l/s}$ y $\Delta P_{\text{nominal}} = 15 \text{ mca}$ (escenario 6) y con un tiempo de bombeo durante 24 horas. Para ello, se ha supuesto que la electricidad tiene un coste de 0,071459 Euros de 1:00-7:00 (período valle), de 0,092585 Euros de 23:00-1:00 y de 7:00-13:00 (período llano), de 0,161765 Euros de 13:00-23:00 (período punta) y teniendo en cuenta que la bomba tiene un rendimiento del 70,1% tal y como se puede observar en las curvas características de la bomba de la figura 5.1, se realizan los siguientes pasos:

1. En primer lugar, se calcula los multiplicadores que van a determinar la variación del gasto eléctrico:

$$1:00-7:00 \rightarrow 0,071459 \text{ Eur/h} / 0,071459 \text{ Eur/h} = 1$$

$$23:00-1:00 \text{ y } 7:00-13:00 \rightarrow 0,092585 \text{ Eur/h} / 0,071459 \text{ Eur/h} = 1,296$$

$$23:00-1:00 \text{ y } 7:00-13:00 \rightarrow 0,161765 \text{ Eur/h} / 0,071459 \text{ Eur/h} = 2,264$$

2. Posteriormente, se crea una curva de modulación del precio de la misma forma que se creaba las de patrón de consumo tal y como se muestra en la figura 5.7:

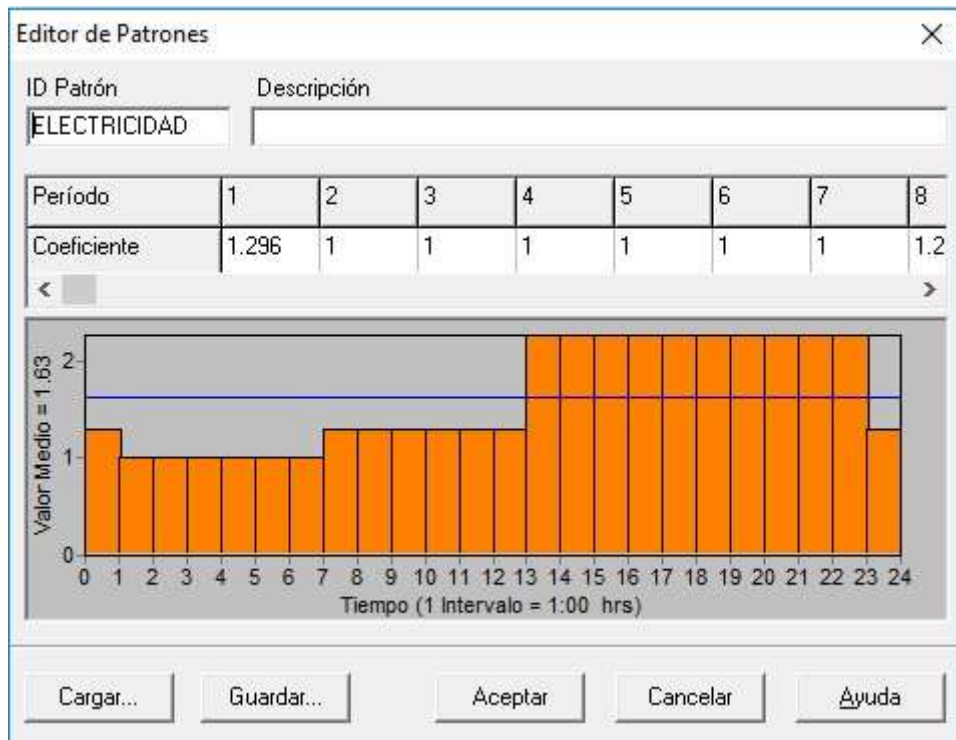


Figura 5.7. Curva de modulación del precio de la electricidad. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET

3. A continuación, se sigue la siguiente ruta: “Visor/Opciones/Energía” y se configura el cuadro de la siguiente forma que aparece en la figura 5.8:



Propiedad	Valor
Rend. Bomba (%)	70.1
Precio Energía/kwh	0.071459
Patrón de Precios	ELECTRICIDAD
Término de Potencia	0

Figura 5.8. Opciones de Energía. Fuente: producción propia basada en el uso de EPANET



4. Finalmente, para obtener el informe de consumo de energía, se calcula la red y se continua con los siguientes pasos, primero haciendo clic sobre la barra de menú en “Informe” y luego en la ventana desplegada en “Energías”, obteniendo la siguiente tabla de resultados y que se muestra a continuación:

Bomba	Porcentaje Utilización	Rendimiento Medio	kW·h/m ³	Potencia Media (kW)	Potencia Máx. (kW)	Coste/día
Nueva Jarilla	100	70,1	0,05	0,7	0,71	1,96

Tabla 5.3. Resultados del informe de consumo de energía que proporciona EPANET.

Fuente: producción propia

En conclusión y en vista a los resultados obtenidos con EPANET, la potencia media que se suministra a la bomba es de 0,7 kW, lo que supone un consumo energético medio de 0,7 kW·h con un **coste al día de 1,96 Euros** y un **coste anual de 1,96 Eur/día·365 días/año = 715,4 Euros/año.**



5.4. Anejo 4. Definiciones, velocidades de circulación, diámetros, materiales a utilizar y requisitos para los componentes de la red

5.4.1.- Definiciones

5.4.1.1.- Red de distribución de agua

Es el conjunto de tuberías y elementos de maniobra y control que permite el suministro de agua a los consumidores.

La Red de Distribución comienza a la salida de la planta de tratamiento de agua y termina en el punto de conexión (llave de registro) con la instalación interior de suministro.

De una manera meramente orientativa y dependiendo de su rango, se puede clasificar a las distintas conducciones que forman parte de la Red de Distribución de la forma siguiente:

- **Red de Transporte:** Está constituida por las conducciones que transportan el agua desde la planta de tratamiento, depósitos de regulación o estaciones de bombeo, alimentando a la Red Arterial.
Generalmente la conforman los conductos de mayor diámetro y no se permite que desde la misma se realicen acometidas para los suministros, bocas de riego y tomas contra incendios.
- **Red Arterial:** Está constituida por las conducciones que enlazan diferentes sectores de la zona abastecida.
Al igual que en la Red de Transporte, tampoco se permite realizar desde la Red Arterial acometidas para los suministros, bocas de riego y tomas contra incendios.
- **Red Secundaria:** Está formada por las conducciones que se conectan a la Red Arterial y de las que se derivan, en su caso, las acometidas para los suministros, bocas de riego y tomas contra incendios.
- **Acometidas:** Está formada por las conducciones que unen la Red Secundaria con la Instalación Interior del inmueble que se pretende abastecer.



5.4.1.2. Componentes de la red

- **Tubo:** Elemento de sección transversal interior uniforme en forma de sección circular y que, en sentido longitudinal, generalmente es recto.
Dependiendo de su comportamiento bajo carga, se distinguen los tipos siguientes:
 - **Tubo flexible:** es aquel cuya capacidad de carga está limitada por la deformación (ovalización y/o deformación circunferencial) que es capaz de soportar sin romperse o sin tensión excesiva (comportamiento flexible).
 - **Tubo rígido:** es aquel cuya capacidad de carga está limitada por la rotura, sin deformación significativa de la sección (comportamiento rígido).
 - **Tubo semirrígido:** es aquel cuya capacidad de carga está limitada bien por la deformación y/o la tensión excesiva (comportamiento flexible) o bien por la rotura (comportamiento rígido), en función de su rigidez anular y de las condiciones de instalación.
- **Unión:** Dispositivo que permite enlazar de forma estanca dos elementos consecutivos de la tubería. Se distinguen los sistemas de unión siguientes:
 - **Uniones flexibles:** cuando permiten una desviación angular significativa, tanto durante como después de la instalación, así como un ligero desplazamiento diferencial entre ejes.
 - **Uniones rígidas:** cuando no permiten una desviación angular significativa, ni durante ni después de la puesta en obra.

Otra clasificación habitual de los sistemas de unión sería la siguiente:

- **Uniones autotrabadas o resistentes a la tracción:** cuando son capaces de resistir el empuje longitudinal producido por la presión interna y, en su caso, por las fluctuaciones de temperatura y contracción de Poisson de la tubería sometida a presión interna.
- **Uniones no autotrabadas o no resistentes a la tracción:** cuando tienen un juego axial adecuado para acomodar el movimiento axial del extremo liso inducido por fluctuaciones de temperatura y contracción de Poisson de la



tubería sometida a presión interna, además de la desviación angular especificada.

- **Pieza especial:** Componente que, intercalado entre los tubos, permite realizar cambios de dirección o de diámetro, derivaciones, empalmes etc.
- **Válvulas:** Elementos que, instalados entre los tubos, permiten cortar o regular el caudal y la presión.
- **Elemento complementario:** Es cualquier estructura, fundamentalmente pozos, arquetas, cámaras de válvulas, macizos de anclaje, etc, que intercalada en la red permite y facilita su explotación.
- **Accesorios:** Elementos distintos a los tubos, piezas especiales, válvulas, uniones o elementos complementarios de la red, pero que forman parte también de la tubería (p.e., tornillos, contrabridas, collarines de toma, etc.).

5.4.1.3. Presiones hidráulicas relativas a la red

Los términos actualmente empleados para referirse a las presiones hidráulicas que solicitan a la tubería o a la red son los siguientes:

- **Presión estática:** Es la presión en una sección de la tubería cuando, estando en carga, se encuentra el agua en reposo.
- **Presión de diseño (DP):** Es la mayor de la presión estática o de la presión máxima de funcionamiento en régimen permanente en una sección de la tubería, excluyendo, por tanto, el golpe de ariete. A pesar de su denominación no es esta la presión para la que realmente se diseña la tubería, ya que no se considera la sobrepresión debida al golpe de ariete.
- **Presión máxima de diseño (MDP):** Es la presión máxima de funcionamiento que puede alcanzarse en una sección de la tubería en servicio, considerando las fluctuaciones producidas por un posible golpe de ariete. Corresponde a este valor de la presión aquel para el que realmente se diseña la tubería.
- **Presión de prueba de la red (STP):** Es la presión hidráulica interior a la que se prueba la tubería una vez instalada, para comprobar su estanqueidad.
- **Presión de funcionamiento (OP):** Es la presión interna que aparece en un instante dado en un punto determinado de la red de abastecimiento de agua.
- **Presión de servicio (SP):** Es la presión interna en el punto de conexión a la instalación del consumidor, con caudal nulo en la acometida.



5.4.1.4. Presiones relativas a los componentes de la red

Respecto a los componentes de la red, los términos empleados para referirse a las presiones que cada componente es capaz de resistir individualmente son los siguientes:

- **Presión de funcionamiento admisible (PFA):** Es la presión máxima que un componente es capaz de resistir de forma permanente en servicio.
- **Presión máxima admisible (PMA):** Es la presión máxima, incluido el golpe de ariete, que un componente es capaz de soportar en servicio.
- **Presión de prueba en obra admisible (PEA):** Es la presión hidrostática máxima que un componente recién instalado es capaz de soportar, durante un periodo de tiempo relativamente corto, con objeto de asegurar la integridad y la estanqueidad de la conducción.
- **Presión de prueba en fábrica:** Es la presión hidráulica interior a la que se prueban los tubos, con antelación a su suministro, para comprobar su estanqueidad.
- **Presión de rotura:** Es la presión hidrostática interior que, en ausencia de cargas externas, deja fuera de servicio al material constitutivo de la tubería.
- **Presión nominal (PN):** Es una designación numérica, utilizada como referencia, que se relaciona con una combinación de características mecánicas y dimensionales de un componente de una red de tuberías.

La utilización del concepto de PN es de aplicación para las válvulas y para los tubos de materiales plásticos, no empleándose en general ni en los tubos de hormigón ni en los metálicos (acero y fundición) excepto cuando estos últimos tubos se unan mediante bridas, en cuyo caso el concepto PN caracteriza a las mismas.

Simplificadamente y a modo de síntesis, en la actualidad, la PN de un componente de la red se identifica con la presión que dicho elemento es capaz de soportar en servicio, sin considerar el golpe de ariete (PFA) y en ausencia de cargas externas.



5.4.1.5.- Diámetros

- **Diámetro interior (ID):** Diámetro interior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.
- **Diámetro exterior (OD):** Diámetro exterior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.
- **Diámetro Nominal (DN):** Designación numérica del diámetro de un componente mediante un número entero aproximadamente igual a la dimensión real en milímetros. Se puede referir tanto al diámetro interior (DN/ID), como al exterior (DN/OD).

5.4.2. Velocidades de circulación

La determinación de la velocidad de circulación del agua resulta esencial en el diseño de una red de abastecimiento toda vez que, para un caudal establecido, depende de la misma la elección del diámetro de la tubería.

Por razones funcionales, la velocidad de circulación del agua debe quedar limitada entre un valor máximo y un valor mínimo.

Si la velocidad resulta excesivamente alta se producen elevadas pérdidas de carga y las sobrepresiones derivadas de los posibles golpes de ariete pueden resultar importantes y provocar roturas en las conducciones. Por otra parte, evitar la erosión de los materiales de la tubería o del revestimiento constituye otra de las razones que justifican la limitación de la velocidad máxima de circulación del agua.

Por el contrario, cuando la velocidad resulta excesivamente baja, además de la infrautilización de la tubería que ello supone y a la sensible disminución del cloro residual en el agua, se facilita la formación de depósitos de materias en suspensión que pueden provocar obstrucciones e incrustaciones de carbonatos en las paredes, con lo que se reduce la sección útil de paso.

En general y con carácter meramente orientativo, se deberá procurar que la velocidad de circulación del agua dentro de las tuberías alcance un valor comprendido entre 0,3 y 2,0 m/seg.



5.4.3. Diámetros

El diámetro de las tuberías se determinará en función del caudal y velocidad de circulación del agua, tras lo cual se comprobarán las presiones en los nudos de la red, se evaluarán las pérdidas de carga en el sistema y se efectuarán las correcciones precisas.

Por razones funcionales, dependiendo del material empleado en su fabricación, los DN normalizados para las tuberías que se instalen en las redes son los que se indican en la tabla siguiente:

Material de la Tubería	DN de utilización (mm)
H. Armado con Camisa de Chapa	1000-1200-1300-1400-1600-1800-2000-2200-2400-2600
Fundición Dúctil	80-100-150-200-250-300-400-500-600-800-1000-1200
Acero	> 200
Polietileno PE 100	75-90-110-160-200
Polietileno PE 80	25-32-40-50-63

Tabla 5.4. Materiales de la tubería con sus correspondientes DN de utilización (mm). Fuente: EMASESA

5.4.4. Materiales a utilizar

Salvo casos especiales en los que la utilización de materiales distintos a los señalados pudiera estar justificada, los materiales normalizados en las distintas conducciones que forman parte de la Red de Distribución son los siguientes:

a) Red de Transporte:

- Hormigón armado con camisa de chapa
- Fundición dúctil
- Acero

b) Red Arterial:

- Hormigón armado con camisa de chapa
- Fundición dúctil



- Acero

c) Red Secundaria:

- Fundición dúctil

- Polietileno (PE 100)

d) Acometidas:

- Polietileno PE 80

- Polietileno PE 100

- Fundición dúctil

5.4.5. Requisitos para los componentes de la red

5.4.5.1. Generalidades

Los materiales empleados en la fabricación de los componentes de la red no deben producir alteración alguna en las características físicas, químicas, bacteriológicas y organolépticas del agua, aún teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos fisico-químicos a que ésta haya podido ser sometida, siendo de aplicación lo especificado por la vigente Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (RD 140/2003).

5.4.5.2. Tuberías

Las tuberías utilizadas deberán tener un acabado cuidadoso y con espesores uniformes, de manera que las paredes exteriores e interiores queden regulares, lisas, exentas de rebabas, fisuras, oquedades, incrustaciones u otros defectos que puedan afectar a sus características hidráulicas o mecánicas.

5.4.5.2.1. Tuberías de polietileno

Los tubos fabricados con polietileno deberán ser de color negro con bandas azules y habrán de cumplir las especificaciones de la norma UNE EN 12 201.

En los tubos de polietileno el diámetro nominal (DN) coincide, aproximadamente, con el diámetro exterior (OD).



Las tuberías que se utilicen en la Red Secundaria estarán fabricadas con polietileno del tipo PE 100 mientras que en las Acometidas domiciliarias el polietileno a utilizar dependerá del diámetro de las mismas (PE 80 para $DN \leq 63$ mm y PE 100 para $DN > 63$ mm). En ambos casos la PN (PFA) requerida es de 1Mpa.

Los tipos de unión a emplear podrán ser los siguientes:

- Mediante accesorios electro soldables
- Mediante accesorios mecánicos: en tuberías con $DN \leq 63$ mm.
- Mediante soldadura a tope: en tuberías con $DN > 110$ mm y espesor ≥ 4 mm.

Para la identificación de los tubos deberá especificarse el tipo de polietileno empleado en su fabricación, el diámetro nominal (DN) y la presión nominal (PN).

5.4.5.2.2. Tuberías de fundición dúctil

Las tuberías y accesorios de fundición dúctil deberán cumplir las especificaciones de la norma UNE-EN-545 (tubos, accesorios y piezas especiales de fundición dúctil y sus uniones para las canalizaciones de agua).

En los tubos de fundición dúctil, el diámetro nominal (DN) coincide, aproximadamente, con el diámetro interior (ID) y, para un determinado diámetro nominal (DN), el diámetro exterior (OD) es siempre fijo.

Para un mismo diámetro nominal (DN) los tubos pueden ser fabricados con distintas gamas de espesores de modo que su resistencia mecánica sea variable, para lo que, de acuerdo con lo expresado en el párrafo anterior, el aumento o reducción de espesor se deberá conseguir modificando el diámetro interior (ID). El tipo de unión a emplear podrá ser:

a) Flexible:

- De enchufe y extremo liso: se obtiene la estanqueidad por la simple compresión de un anillo elastomérico.
- Mecánica: la estanqueidad se logra por la compresión de un anillo elastomérico mediante una contrabrida apretada con bulones que se apoyan en el collarín externo del enchufe.
- Autotrabada: similar a la anterior, para los casos en los que se prevea que el tubo haya de trabajar a tracción.



b) Rígida:

- Mediante bridas: la estanqueidad se consigue mediante la compresión de una junta de elastómero.

Con carácter general se establece que el espesor de pared exigido será el correspondiente a la clase K 9 y cuando los tubos se unan mediante brida estas serán PN 16.

Los tubos de unión flexible se identificarán por su DN y la clase de espesor (K) de que se trate. La identificación de un tubo con bridas requerirá, además de lo anterior, la determinación del PN de las mismas.

5.4.5.2.3. Tuberías de hormigón armado con camisa de chapa

Los tubos y accesorios de hormigón armado con camisa de chapa (HACH) cumplirán las prescripciones recogidas en las normas UNE-EN-639 (Prescripciones comunes para tubos de presión de hormigón, incluyendo juntas y accesorios) y UNE-EN-641 (Tubos de presión de hormigón armado con camisa de chapa, incluyendo juntas y accesorios).

Estarán formados por una pared de hormigón, una armadura transversal compuesta por una o más jaulas cilíndricas y una camisa de chapa de acero soldada encargada de garantizar la estanqueidad.

Normalmente, la camisa de chapa se sitúa más próxima al paramento interior y entre ambos pueden disponerse armaduras transversales y longitudinales o bien un mallazo, dependiendo del diámetro del tubo.

Se establece con carácter general que el espesor de la camisa de chapa no resulte inferior a 3 mm y las boquillas macho y hembra, cuyo espesor mínimo permitido será de 4 mm, deberán estar diseñadas y fabricadas de tal manera que, una vez colocado y enchufado, el tubo se autocentre.

La unión de la tubería se realizará con junta rígida, mediante soldadura.

En estos tubos, la designación genérica DN se refiere al diámetro interior (ID) y para un mismo DN los tubos pueden ser fabricados con distintos espesores de manera que, con igual capacidad hidráulica, su resistencia mecánica sea diferente. Las referidas variaciones de espesor se realizarán aumentando o disminuyendo el diámetro exterior (OD), manteniéndose fijo el diámetro interior (ID).



Para posibilitar el cálculo mecánico y el dimensionamiento de la tubería se deberán facilitar al fabricante de la misma, además de los datos de identificación señalados, la información relativa al tipo de instalación, cargas solicitantes, etc. y, para la completa y unívoca definición del tubo, el fabricante deberá explicitar los parámetros necesarios, tales como el espesor de la tubería y de la chapa, disposición de armaduras, cuantía, etc.

La clasificación de los tubos se realizará determinando su DN y la presión máxima de diseño (MDP) que resistan.

5.4.5.2.4. Tuberías de acero

Con carácter general las tuberías a instalar serán de acero inoxidable, admitiéndose también, el empleo de acero al carbono.

El acero a emplear en la fabricación de los tubos deberá tener como mínimo las características siguientes:

- Tipo AISI 316 L, s/ ASTM, para tuberías de acero inoxidable
- Tipo 1.0044 (equivalente a S-275 JR), s/ EN 10027-2, para tuberías de acero al carbono

Los tubos se obtendrán conformando un producto plano, laminado en caliente o en frío, hasta conseguir una sección circular, con el posterior soldado de sus bordes, siendo los más utilizados los tubos con soldadura helicoidal.

En los tubos de acero, la designación genérica DN se refiere al diámetro exterior (OD) y, para un mismo DN, los tubos pueden ser fabricados con distintos espesores de manera que su resistencia mecánica sea diferente.

Los espesores de las tuberías deberán responder a la tabla 5.5 siguiente:



DN / OD	Espesor mínimo (mm)	
	Acero Inoxidable	Acero al Carbono
100 a 200	3,2	3,2
200 a 350	3,2	4,5
400 a 500	4,5	5,4
600	5,4	6,3
700	6,3	7,1
800	7,1	8,0
900	8,0	8,8
1.000	8,8	10,0
1.300	10,0	11,9
1.600	11,0	13,0
Observaciones: Para diámetros superiores a los indicados, el espesor de la tubería se deberá justificar mediante cálculo mecánico. Las tuberías sometidas a situaciones excepcionales de carga, requerirán estudio pormenorizado.		

Tabla 5.5. *Espesor mínimo de tubería (mm) en función de su diámetro. Fuente: EMASESA*

Cuando se utilicen tuberías de acero al carbono, tanto interior como exteriormente, deberá aplicarse al acero la protección que resulte más adecuada para prevenir los efectos de la corrosión.

Los tubos de acero se clasificarán por su diámetro nominal (DN), por el espesor nominal (e) y por el tipo de acero empleado en su fabricación.

5.4.5.3. Elementos de maniobra, control y regulación

Son los elementos hidromecánicos que, instalados entre los tubos, permiten controlar el paso del agua, reducir su presión, etc.

Entre los numerosos tipos existentes en el mercado, se ocuparan exclusivamente de aquellos que más frecuentemente se instalan en nuestras redes.



5.4.5.3.1. Válvulas de compuerta

Son elementos destinados a cerrar el paso del agua mediante un obturador deslizante que está alojado dentro de un cuerpo o carcasa y cuyo desplazamiento vertical se lleva a cabo mediante el giro de un eje sobre el cual se aplica el dispositivo de accionamiento.

Su función primordial es la de cierre y apertura, es decir, permitir o impedir, a voluntad, el paso del fluido en una conducción. Por ello, su posición básica de funcionamiento será abierta o cerrada, adquiriendo un carácter de provisionalidad las posiciones intermedias.

Las prescripciones requeridas a las válvulas de compuerta son las siguientes:

a) Características generales:

- Presión normalizada = PN 16
- Los enlaces a la conducción se realizarán mediante bridas PN 16
- La válvula será de paso total, dejando libre, en posición de obturador abierto, una sección del paso del fluido superior al 90% de la sección correspondiente al DN.
- La estanqueidad en el cierre se conseguirá mediante la compresión, en todo el perímetro interno de la válvula, del elastómero que recubre el obturador. El cuerpo no llevará acanaladura alguna en su parte inferior.
- El cierre de la válvula se realizará mediante giro del eje en sentido contrario al de las agujas del reloj.
- La cabeza o corona del husillo donde se aplica el elemento de maniobra formará una sola pieza con el resto del husillo. Se rebajará y mecanizará de forma que la parte superior resulte de sección cuadrada, adecuada para recibir el capuchón/cuadradillo de accionamiento.

b) Características de los materiales:

Los materiales de los diversos elementos principales de la válvula responderán, como mínimo, a las características siguientes:

- Cuerpo / Tapa: Fundición nodular, Mín. GGG-40 / FGE 42
- Obturador: Fundición nodular, recubierta de elastómero EPDM.

- Eje: Acero inoxidable con, al menos, 13 % Cr.
- Tuerca: Aleación de Cobre de alta resistencia
- Tornillería: Acero Cadmiado ó Bicromado
- Capuchón de accionamiento: Fundición nodular
- Todos los materiales de fundición y acero deberán llevar una protección adecuada contra la corrosión que resulte apta para el uso alimentario.

c) Características dimensionales:

- Los diámetros normalizados (DN) para las válvulas de compuerta instaladas en las redes son los siguientes: 80 – 100 – 125 – 150 – 200 – 250.
- Longitud de montaje: corresponderá a la serie básica 14, según Norma UNE EN 558-1:1995 (equivalente a la serie F4 – DIN 3202-1).

DN (mm)	80	100	125	150	200	250
L (mm)	180	190	200	210	230	250

Tabla 5.6. Longitud de montaje (mm) en función del diámetro normalizado (mm).

Fuente: EMASESA

d) Características de funcionamiento:

- Las válvulas de compuerta deberán cumplir los requisitos de funcionamiento recogidos en la norma UNE EN 1074-Parte 2.

e) Marcado de las válvulas:

- En conformidad con la norma UNE-EN 19:2002, todas las válvulas llevarán marcado en el cuerpo, además del distintivo y modelo del fabricante, la identificación del material del cuerpo, la presión nominal PN y el diámetro nominal DN.
- Además de lo anterior, deberán llevar indicado el sentido de giro, antihorario, para el cierre.

5.4.5.3.2. Válvulas de mariposa

Son elementos hidromecánicos en los que el control del paso del agua se realiza mediante un obturador en forma de disco o lenteja que gira diametralmente mediante un eje, construido en una ó dos piezas, solidario con el obturador.

Al igual que las de compuerta, el funcionamiento habitual de las válvulas de mariposa deberá ser de apertura o cierre total, por lo que las posiciones intermedias tendrán un carácter de provisionalidad.

Las prescripciones requeridas para las válvulas de mariposa son las siguientes:

a) Características generales:

- Presión normalizada (mín.) = PN 10
- Los diseños para el cuerpo de la válvula de mariposa son los que se indican:
 - Cuerpo con bridas autorresistentes en ambos extremos.
 - Cuerpo de sección en “U” con bridas de centrado.
- Dependiendo del diámetro de la válvula, la disposición de taladros de las bridas será la correspondiente a:
 - PN 10 para $DN < 1600$ mm
 - PN 16 para $DN \geq 1600$ mm
- Las válvulas serán de eje céntrico.
- El cierre de la válvula se producirá con giro del eje a la derecha, en el sentido de las agujas del reloj, mediante el contacto entre la superficie del obturador y el anillo de elastómero que recubrirá interiormente al cuerpo y doblará sobre las caras de las bridas, conformando la junta de estanqueidad de la conducción.

b) Características de los materiales:

Los materiales de los diversos elementos principales de la válvula responderán, como mínimo, a las características siguientes:

- Cuerpo / Tapa: Fundición nodular, GGG-40
- Eje: Acero inoxidable con, al menos, 13 % Cr
- Compuerta: Acero inoxidable
- Cojinetes: Bronce ó Teflón



- Anillo de Elastómero: EPDM

- Todos los materiales de fundición y acero deberán llevar una protección adecuada contra la corrosión que resulte apta para el uso alimentario.

c) Características dimensionales:

- Los diámetros normalizados (DN) de las válvulas de mariposa instaladas en las redes serán ≥ 300 mm.

- La longitud de montaje de las válvulas de mariposa se corresponderá a las series básicas 13 (Válvulas con bridas autorresistentes) ó 20 (Válvulas con bridas de centrado), según Norma UNE EN 558-1:1995.

d) Características de funcionamiento:

- Las válvulas de mariposa deberán cumplir los requisitos de funcionamiento recogidos en la norma UNE EN 1074-Parte 2.

e) Marcado de las válvulas: PD 005 02

- En conformidad con la norma UNE-EN 19:2002, todas las válvulas llevarán marcado en el cuerpo, además del distintivo y modelo del fabricante, la identificación del material del cuerpo, la presión nominal PN y el diámetro nominal DN.

Las maniobras de apertura o cierre de la válvula se realizarán por medio del dispositivo de accionamiento, mediante el cual, a través de un mecanismo de desmultiplicación/reducción, se transmite al eje de la válvula el esfuerzo necesario para vencer la resistencia de la misma.

Las condiciones de funcionamiento requeridas al mecanismo de desmultiplicación/reducción son las siguientes:

- Deberá disponer de topes ajustables en las posiciones “todo abierto”/“todo cerrado” y de topes autobloqueantes de forma que el obturador pueda ajustarse en cualquier posición.

- Tendrá incorporado un indicador de posición que indique el grado de apertura de la válvula.



- Todo el mecanismo estará alojado en una carcasa de fundición con su interior engrasado de forma tal que pueda garantizarse su funcionamiento después de un largo periodo de inactividad.
- El conjunto resultará estanco al chorro y al polvo fino, exigiéndose un grado de protección contra los efectos de una inmersión accidental equivalente, como mínimo, a IP 67. En aquellos casos en que se prevean altos grados de humedad permanente, se instalarán reductores con su mecanismo en baño de aceite o con un grado de protección de IP 68 y, en caso de temerse inundaciones en el recinto donde se aloje el reductor, se deberán instalar prolongadores del cuello de la válvula.

Cuando se desee maniobrar la válvula a distancia en accionamientos todo-nada y, excepcionalmente, para regulación de caudal con bajas pérdidas de presión en aquellos casos donde no se prevean condiciones de cavitación, para el accionamiento de las válvulas se utilizarán servomotores eléctricos los cuales habrán de tener las características siguientes:

- Desmultiplicador-reductor de dos etapas con “fusible mecánico”.
- Par variable adaptado a las condiciones de funcionamiento de la válvula.
- Motor para servicio intensivo.
- Tensión eléctrica según disponibilidad de alimentación asegurada.
- Mando manual de emergencia con volante dotado de limitador de esfuerzo y embrague automático.
- Contactos libres de tensión para indicación de finales de carrera abierto y cerrado.
- Contactos libres de tensión para indicación de limitador de par apertura y cierre.
- Indicador de posición mecánica local y señal analógica lineal de posición.
- Caja de conexiones estanca con pasacables IP 68.

Las válvulas de mariposa deberán ir alojadas en pozos o en cámaras de registro y su instalación deberá realizarse en conformidad con las siguientes condiciones generales:

- Entre bridas de la tubería, debiendo existir una correspondencia entre la disposición de taladros de las bridas de la tubería y de la válvula y sin que la válvula pueda quedar sometida a las condiciones de servicio de la red en el caso de que la tubería aguas abajo esté desmontada.



- Sin junta de estanqueidad (el anillo elástico garantiza la estanqueidad a lo largo de la brida).

- Con tirantes (la conexión entre bridas aguas arriba y aguas abajo tiene que ser positiva y rígida para que el cuerpo de la válvula sólo esté sometido a esfuerzos de compresión).

- Con carrete de desmontaje, debiendo solidarizarse mediante tirantes la tubería de aguas abajo con la de aguas arriba.

5.4.5.3.3. Válvulas reguladoras de presión

Son elementos hidromecánicos capaces de provocar, de forma automática e independiente del caudal circulante, una pérdida de carga tal que la presión aguas abajo no supere un valor máximo prefijado.

En general, no se admitirán reducciones de presión mayores del 50%, por lo que, de resultar éstas necesarias, se habrán de instalar dos válvulas reductoras en serie.

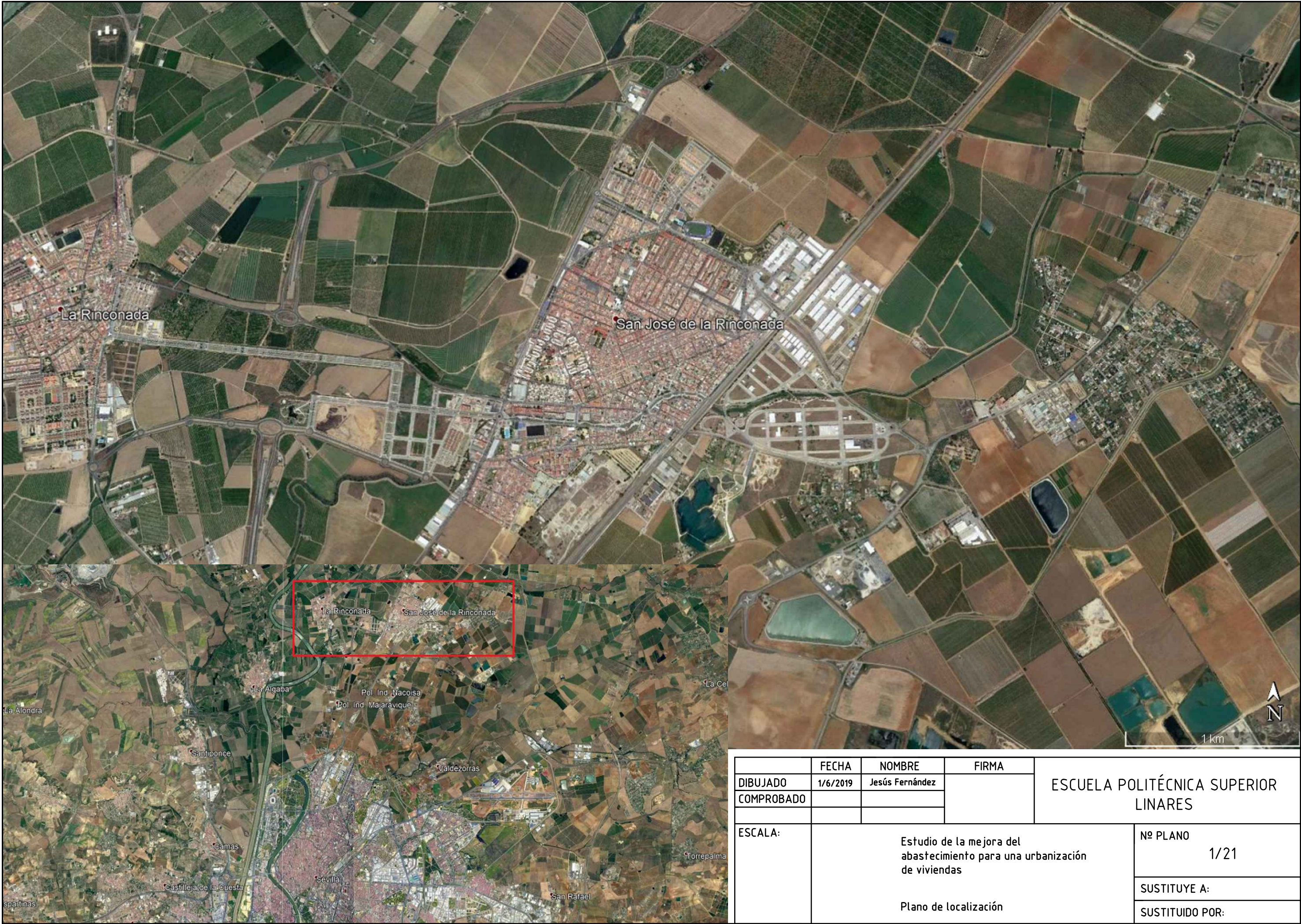
Deberá posibilitarse la instalación de manómetros aguas arriba y abajo de la válvula reductora de presión y en caso de colocarse dos válvulas en serie habrá de preverse la instalación de un tercer manómetro entre las mismas.

Aguas arriba y abajo de las válvulas reductoras de presión se instalarán válvulas de seccionamiento de mariposa o compuerta, según diámetro, con sus respectivos carretes de desmontaje.

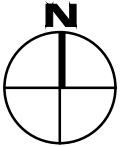
Por motivos económicos y funcionales, estos dispositivos se instalarán en by-pass de menor diámetro de la conducción principal, alojándose en cámaras de registro.



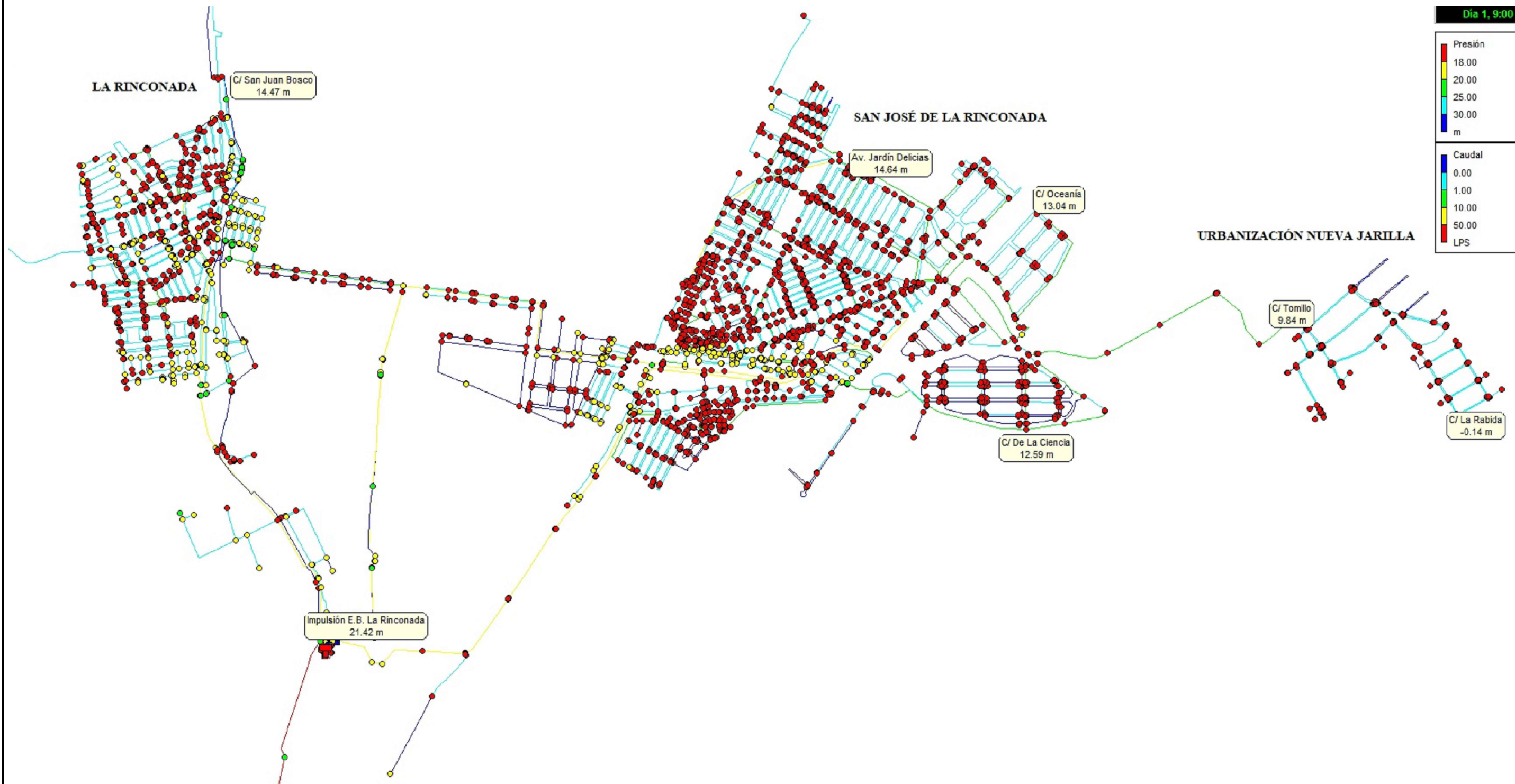
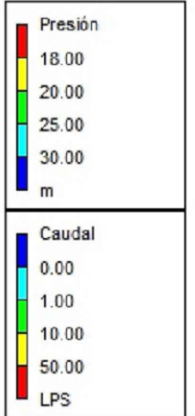
CAPÍTULO 6: PLANOS



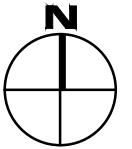
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	1/6/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas			Nº PLANO 1/21
	Plano de localización			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



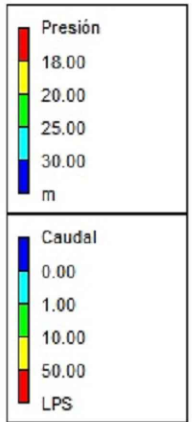
Día 1, 9:00 PM



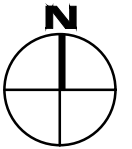
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	13/7/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas			Nº PLANO 2/21
	Escenario 1. Presiones mínimas			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



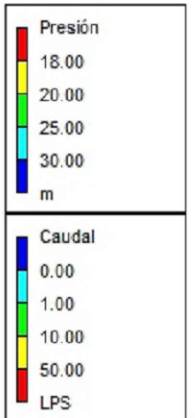
Día 1, 3:00 AM



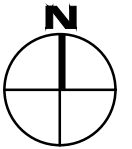
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	13/7/2019	Jesús Fernández			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas Escenario 1. Presiones máximas			Nº PLANO	3/21
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



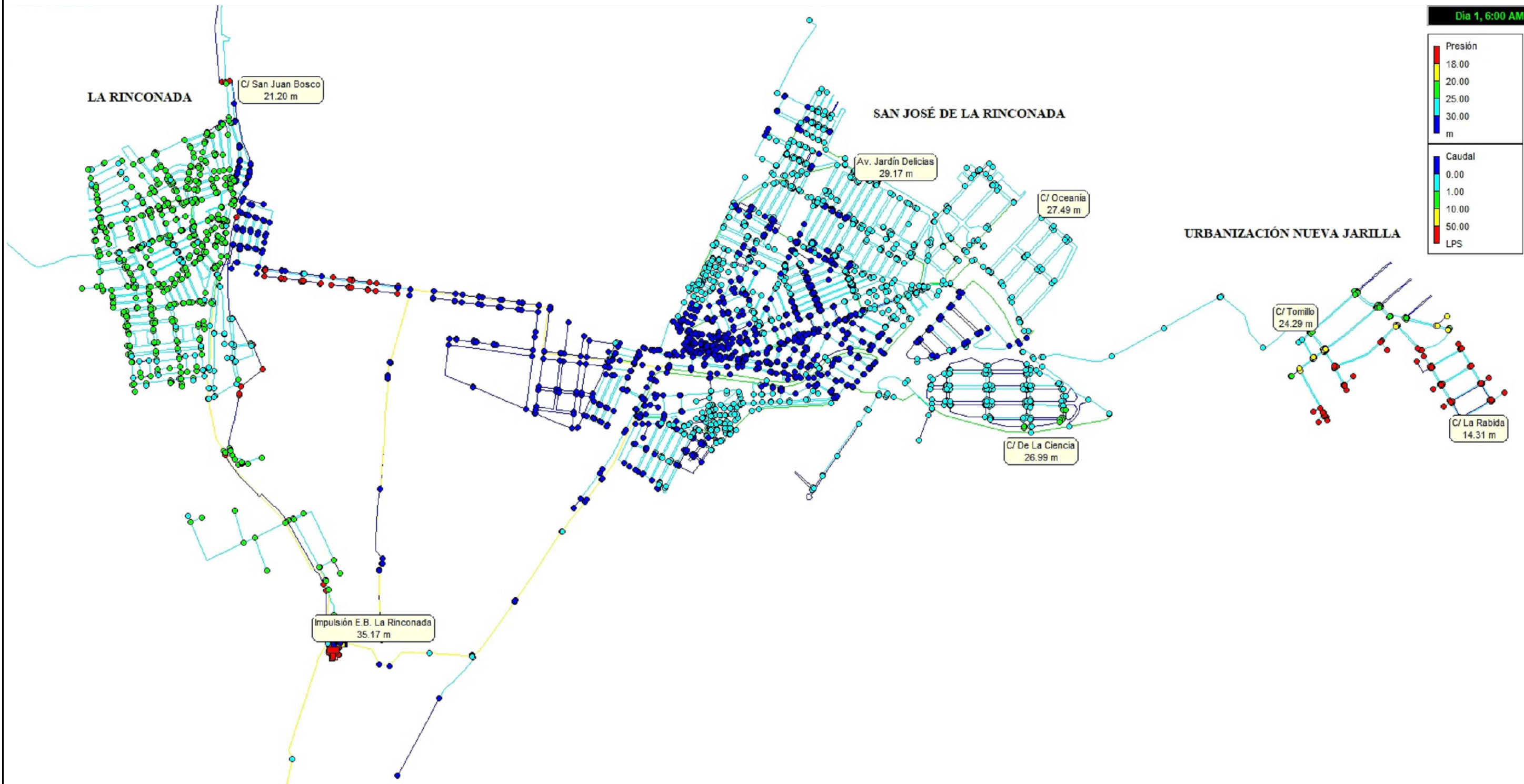
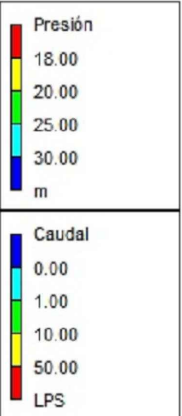
Día 1, 1:00 AM



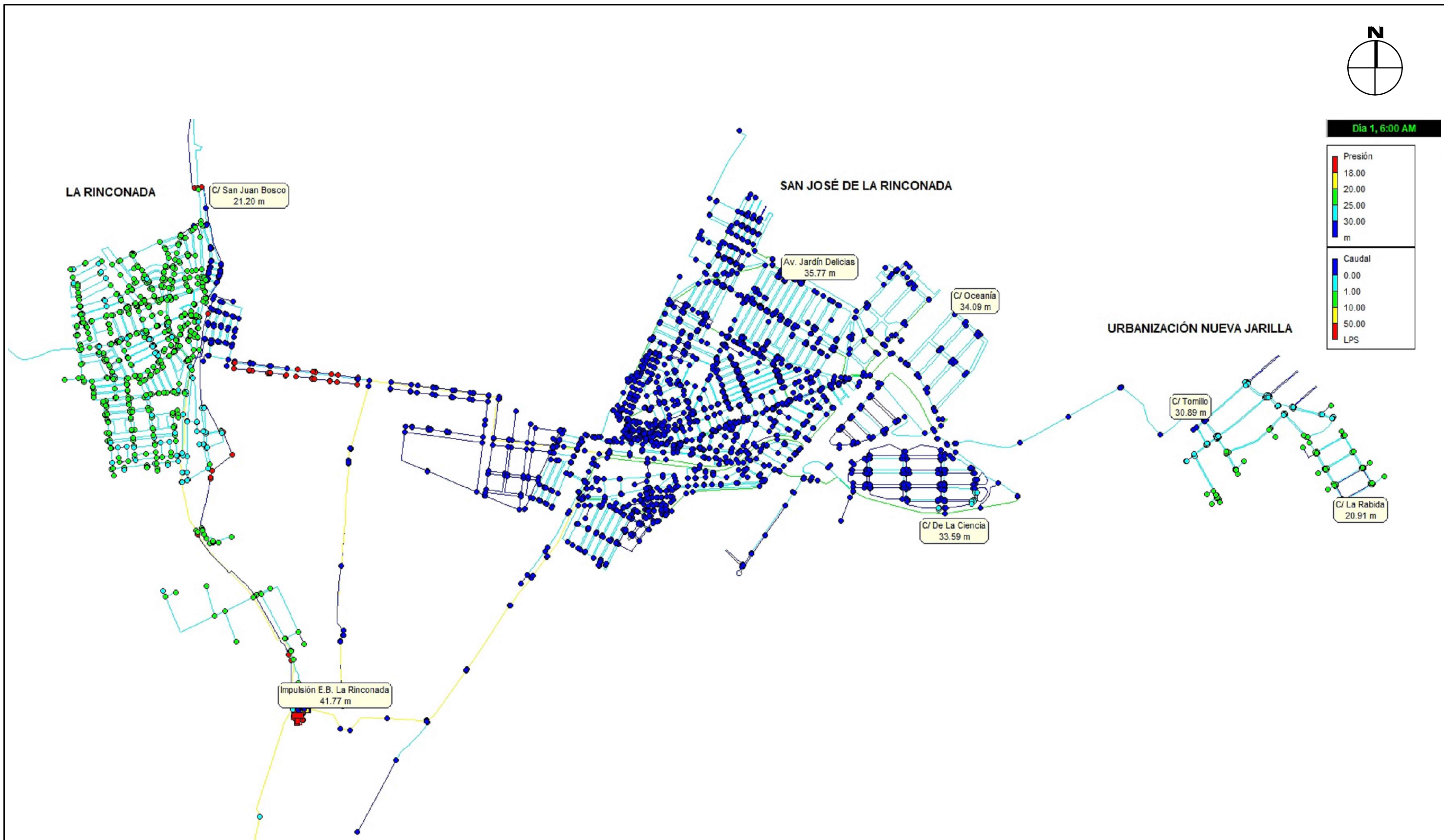
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	13/7/2019	Jesús Fernández			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas Escenario 2. Presiones mínimas			Nº PLANO	4/21
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



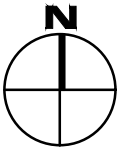
Día 1, 6:00 AM



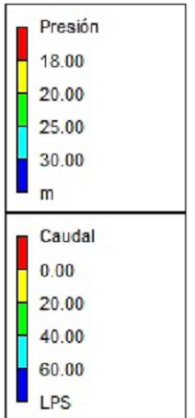
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	13/7/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas			Nº PLANO 5/21
	Escenario 2. Presiones máximas			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



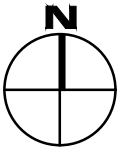
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	13/7/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas			Nº PLANO 6/21
	Escenario 3. Presiones máximas			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



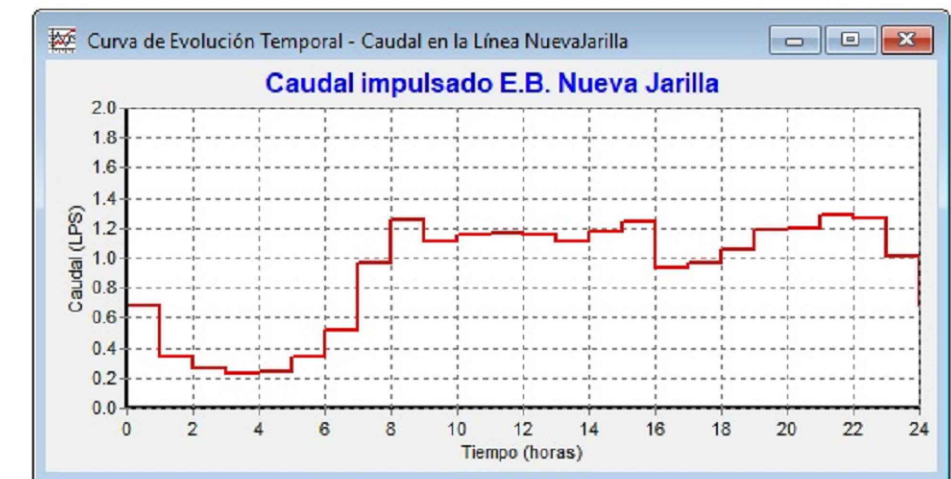
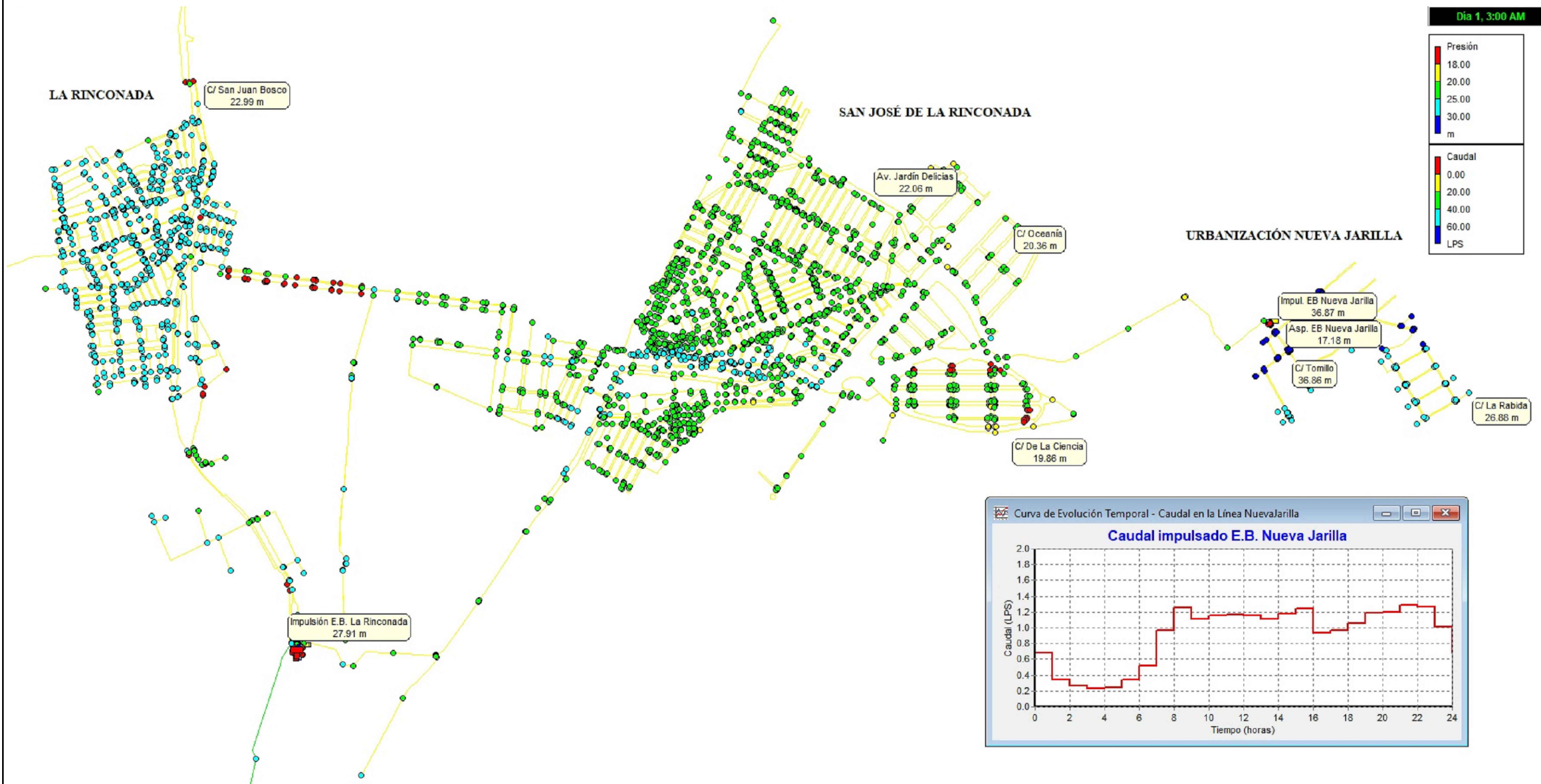
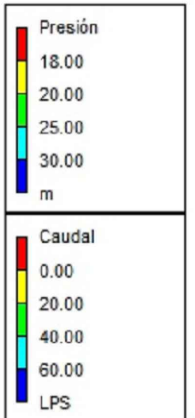
Día 1, 9:00 PM



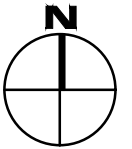
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	13/7/2019	Jesús Fernández			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas Escenario 4. Presiones mínimas			Nº PLANO	7/21
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



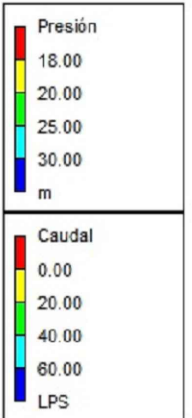
Día 1, 3:00 AM



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	13/7/2019	Jesús Fernández			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas Escenario 4. Presiones máximas			Nº PLANO	8/21
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



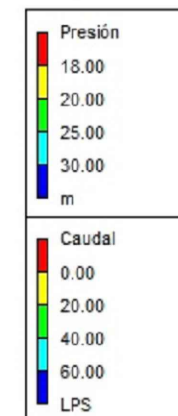
Día 1, 9:00 PM



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	20/7/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas			Nº PLANO 9/21
	Escenario 5. Presiones mínimas			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



Día 1, 3:00 AM



LA RINCONADA

C/ San Juan Bosco
22.90 m

SAN JOSÉ DE LA RINCONADA

Av. Jardín Delicias
21.95 m

C/ Oceania
20.24 m

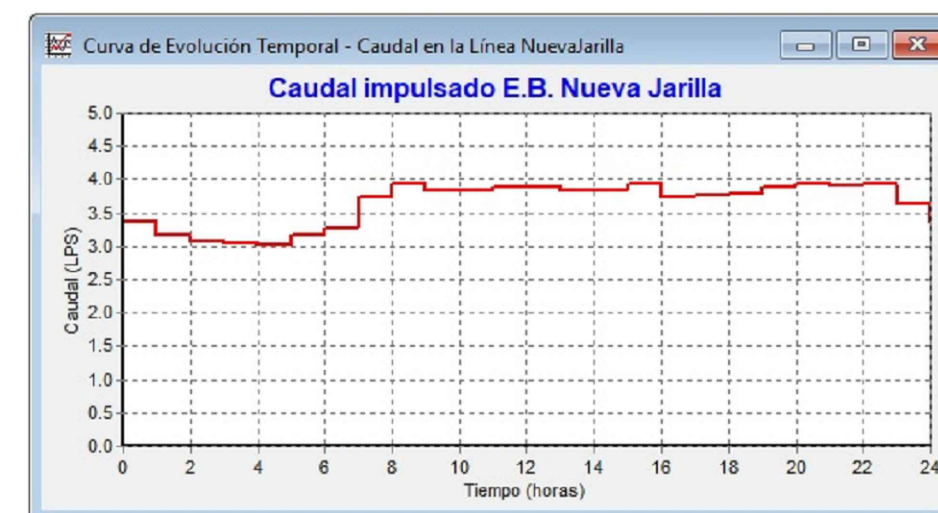
URBANIZACIÓN NUEVA JARILLA

Impul. EB Nueva Jarilla
32.61 m

Asp. EB Nueva Jarilla
16.86 m

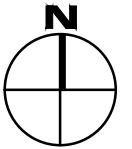
C/ Tomillo
32.44 m

C/ La Rabida
22.46 m



Impulsión E.B. La Rinconada
27.82 m

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	20/7/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas			Nº PLANO 10/21
	Escenario 5. Presiones máximas			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



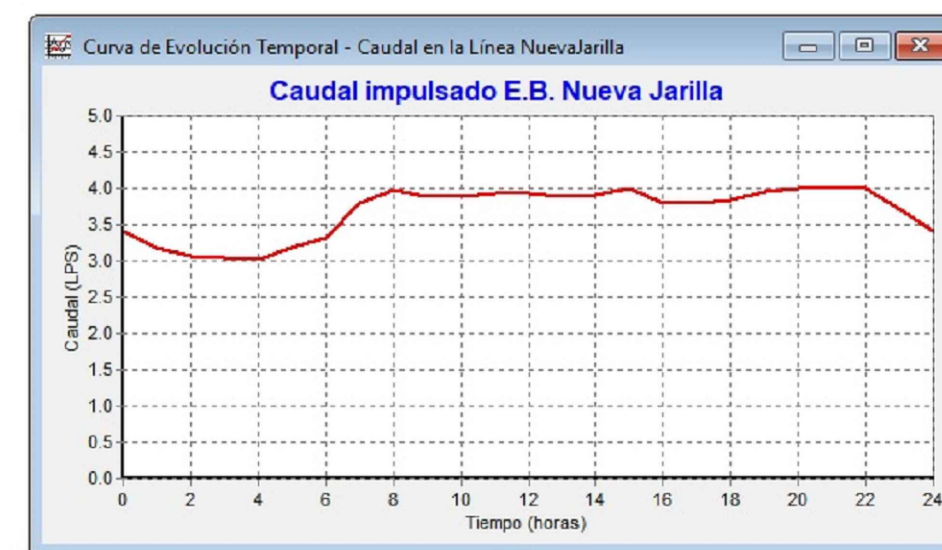
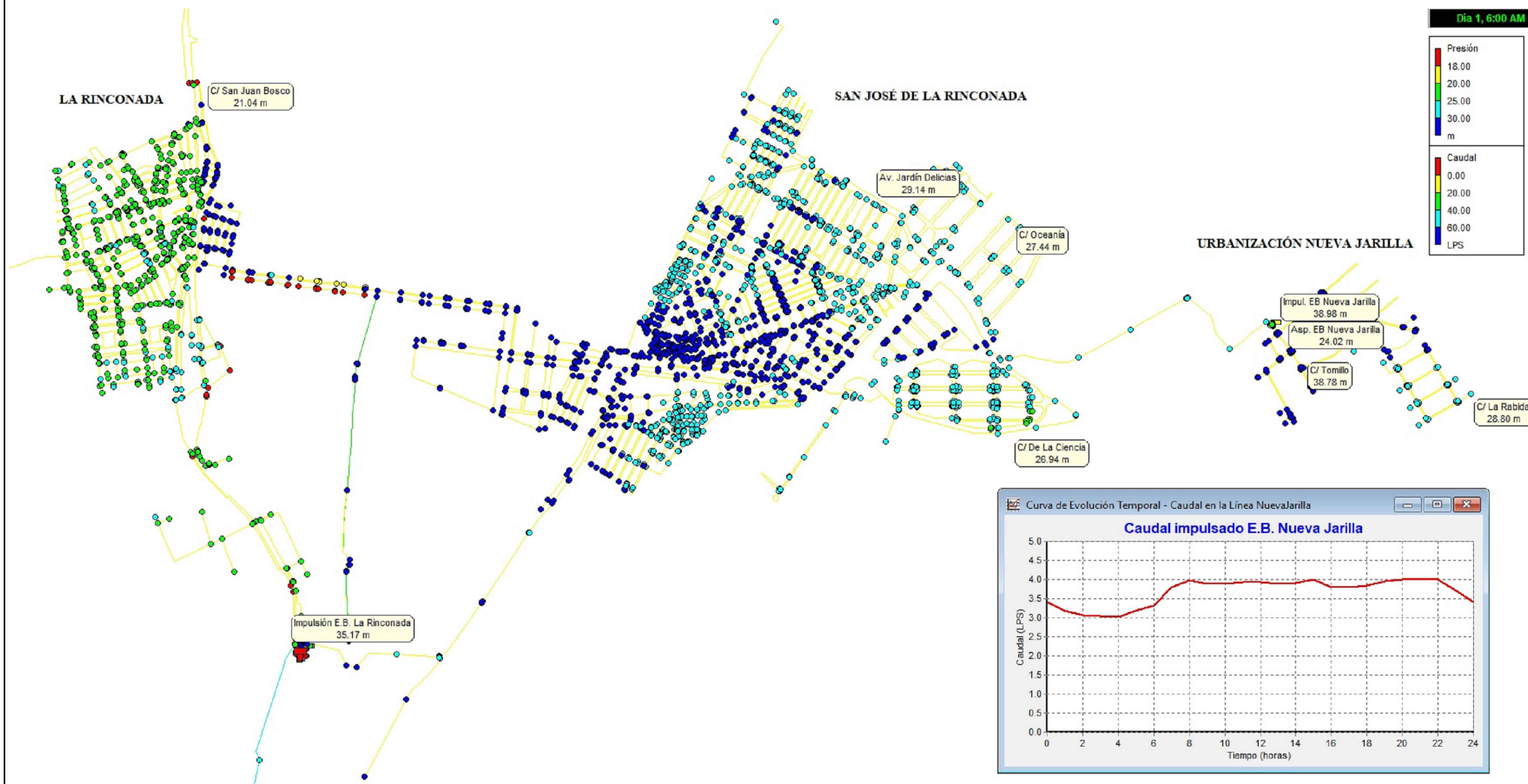
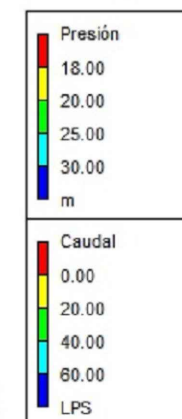
Día 1, 1:00 AM



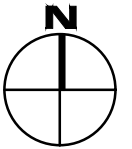
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	20/7/2019	Jesús Fernández			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas Escenario 6. Presiones mínimas			Nº PLANO	11/21
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



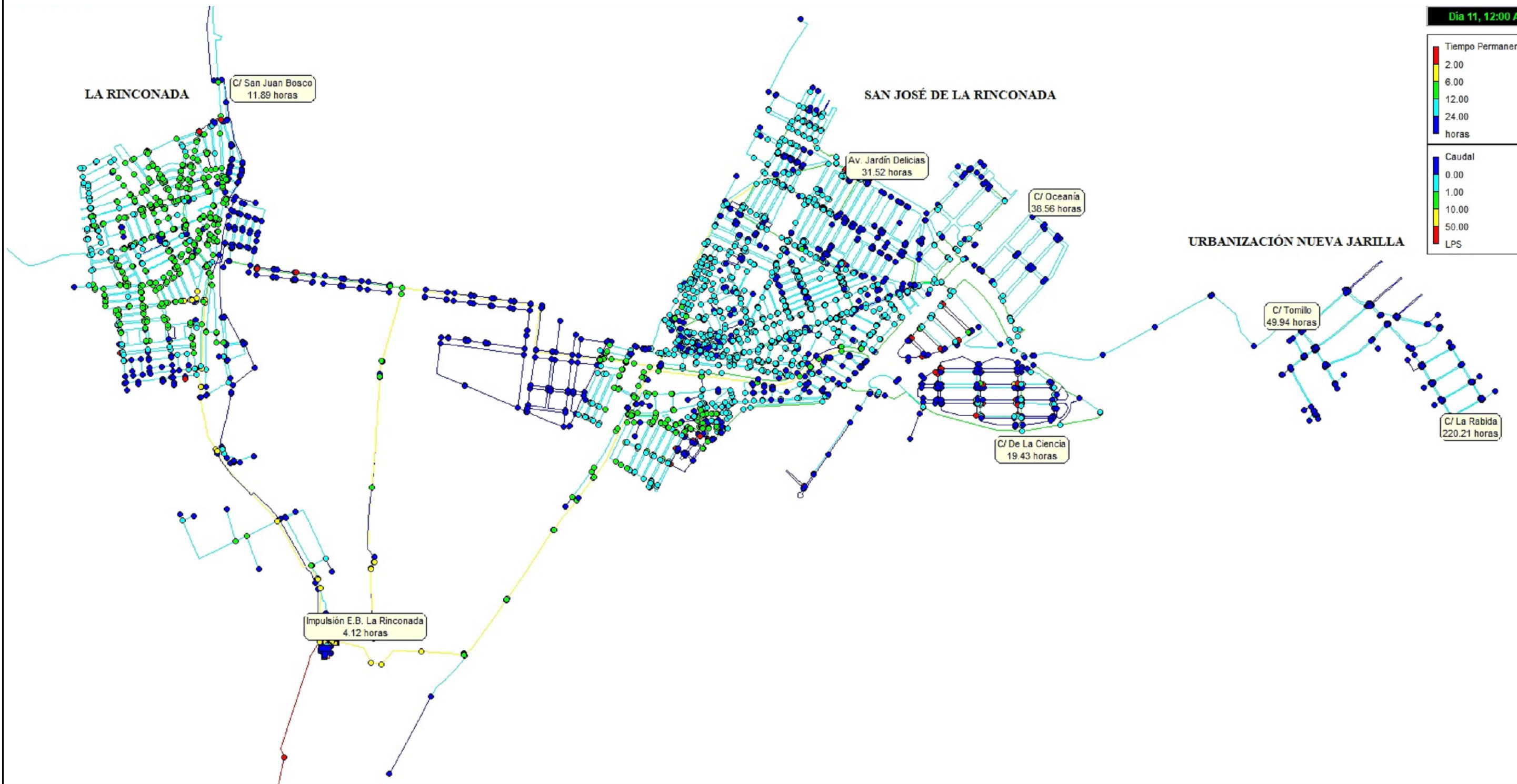
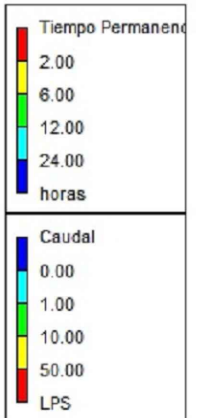
Día 1, 6:00 AM



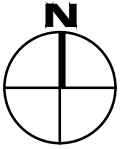
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	20/7/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas			Nº PLANO 12/21
	Escenario 6. Presiones máximas			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



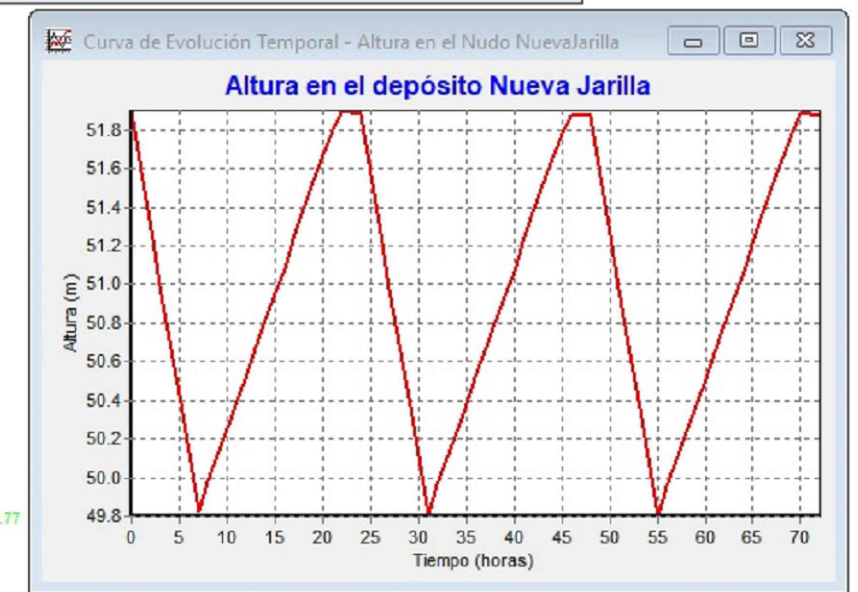
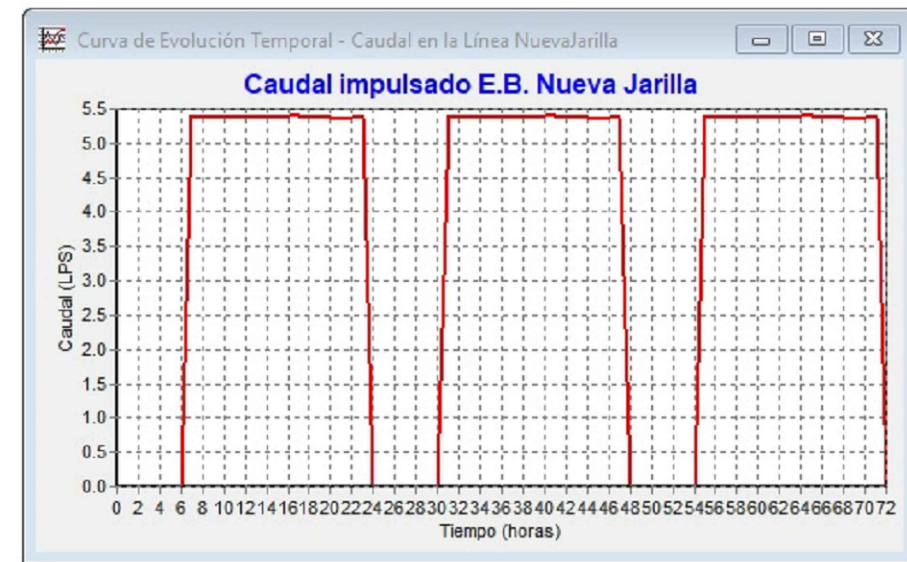
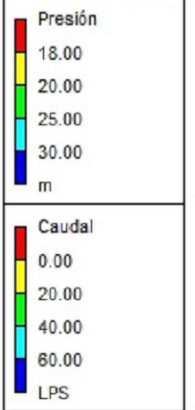
Día 11, 12:00 AM



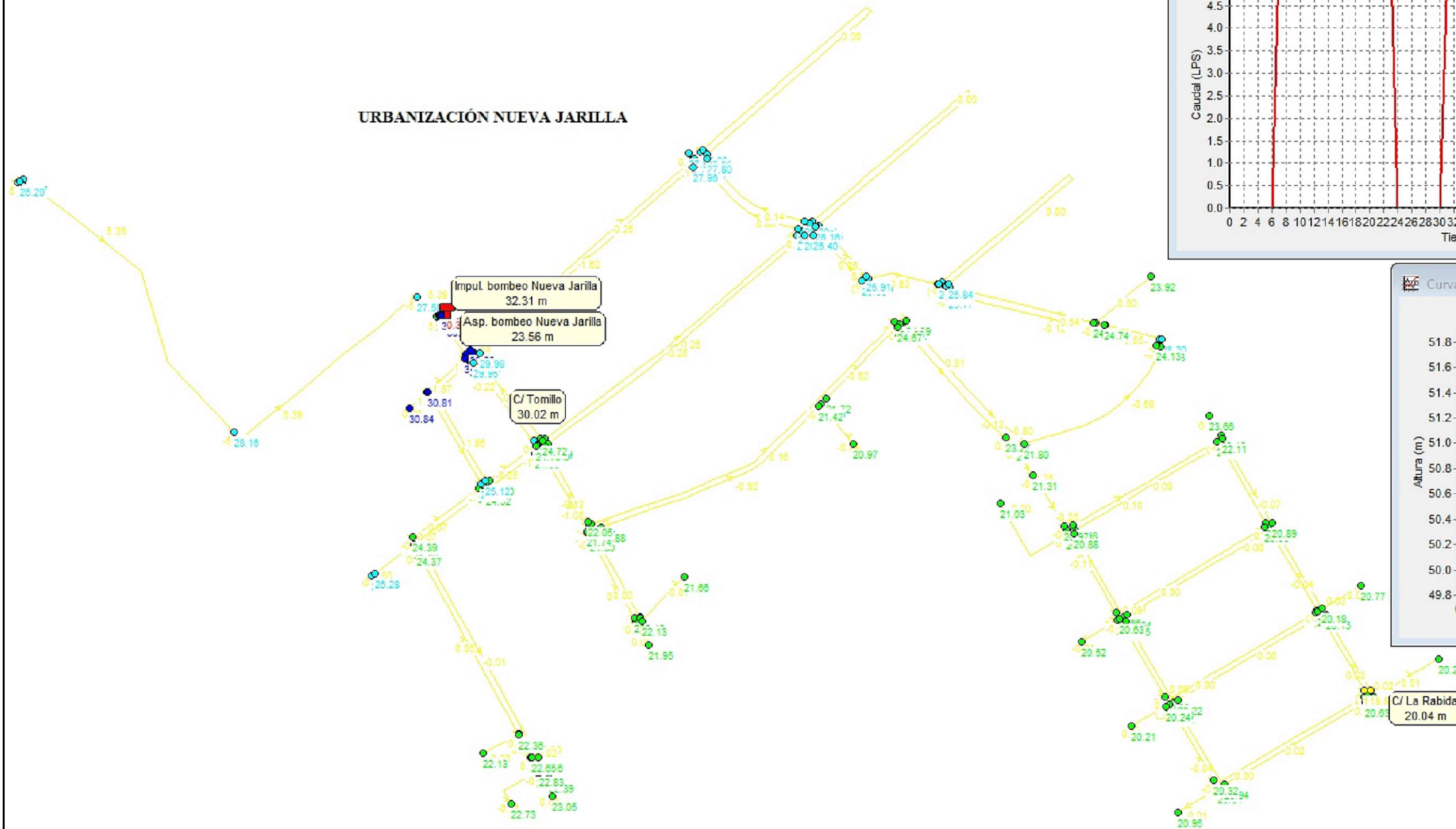
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	20/7/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas Escenario 7. Tiempo de permanencia del agua			Nº PLANO 13/21
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



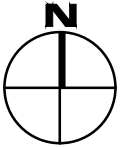
Día 1, 7:00 AM



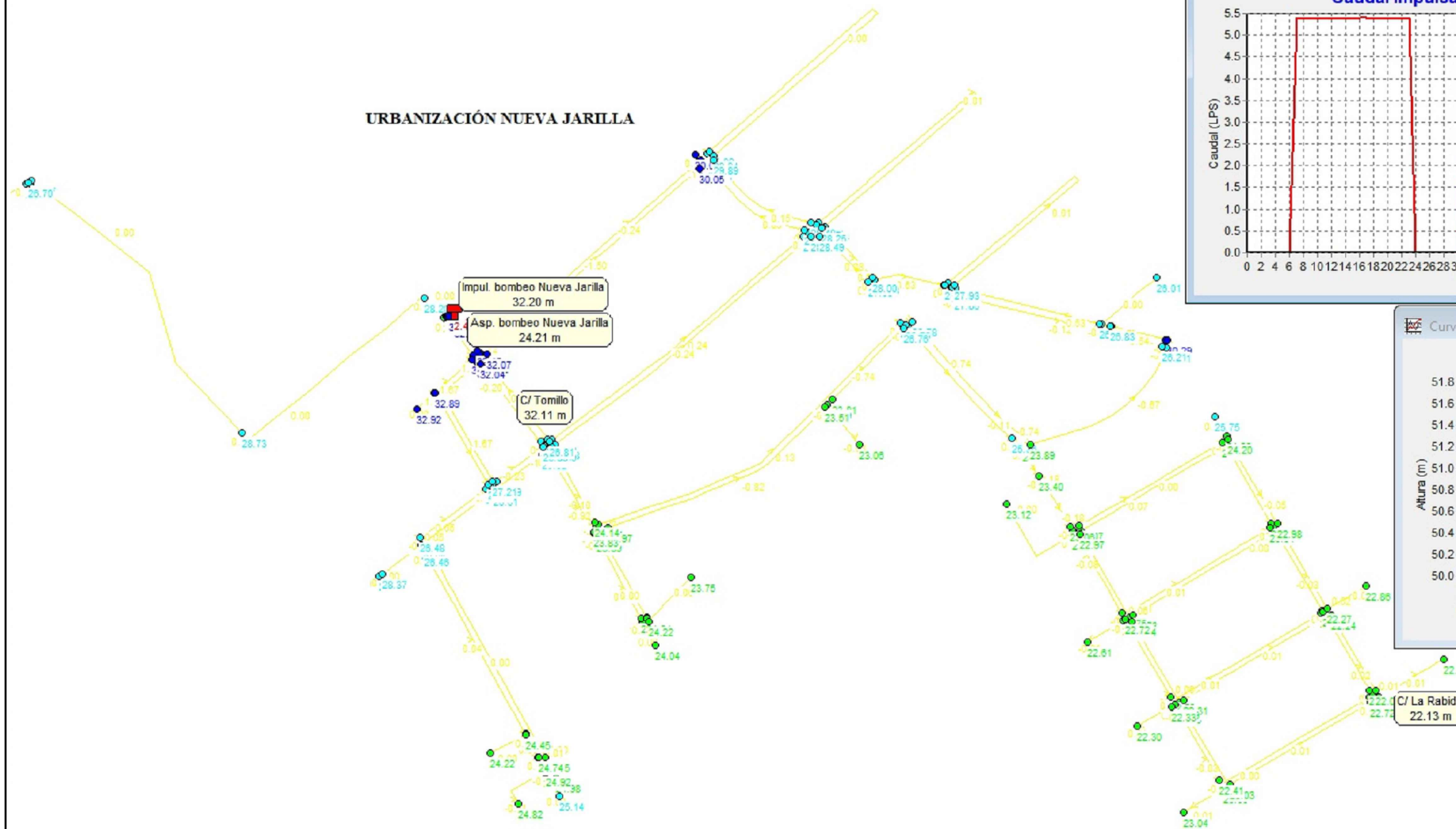
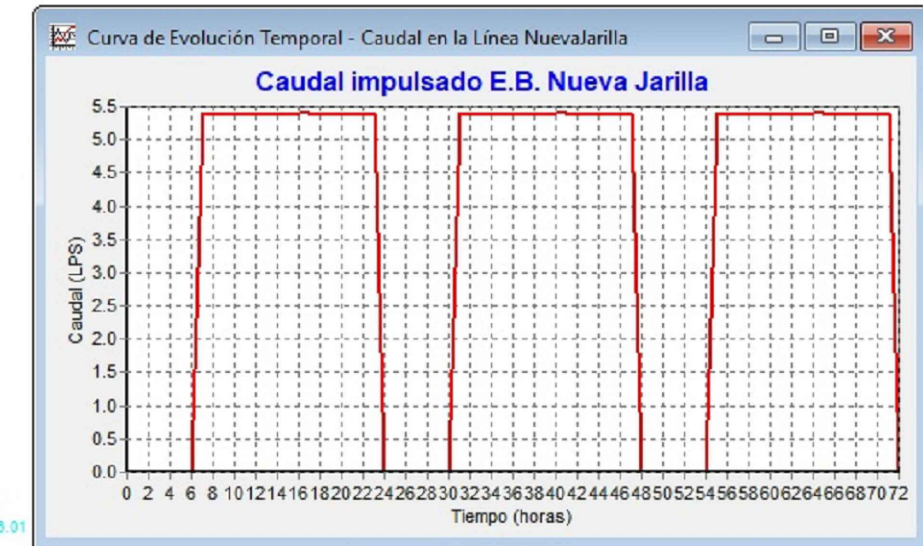
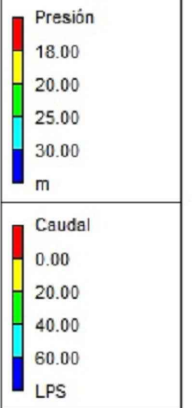
URBANIZACIÓN NUEVA JARILLA



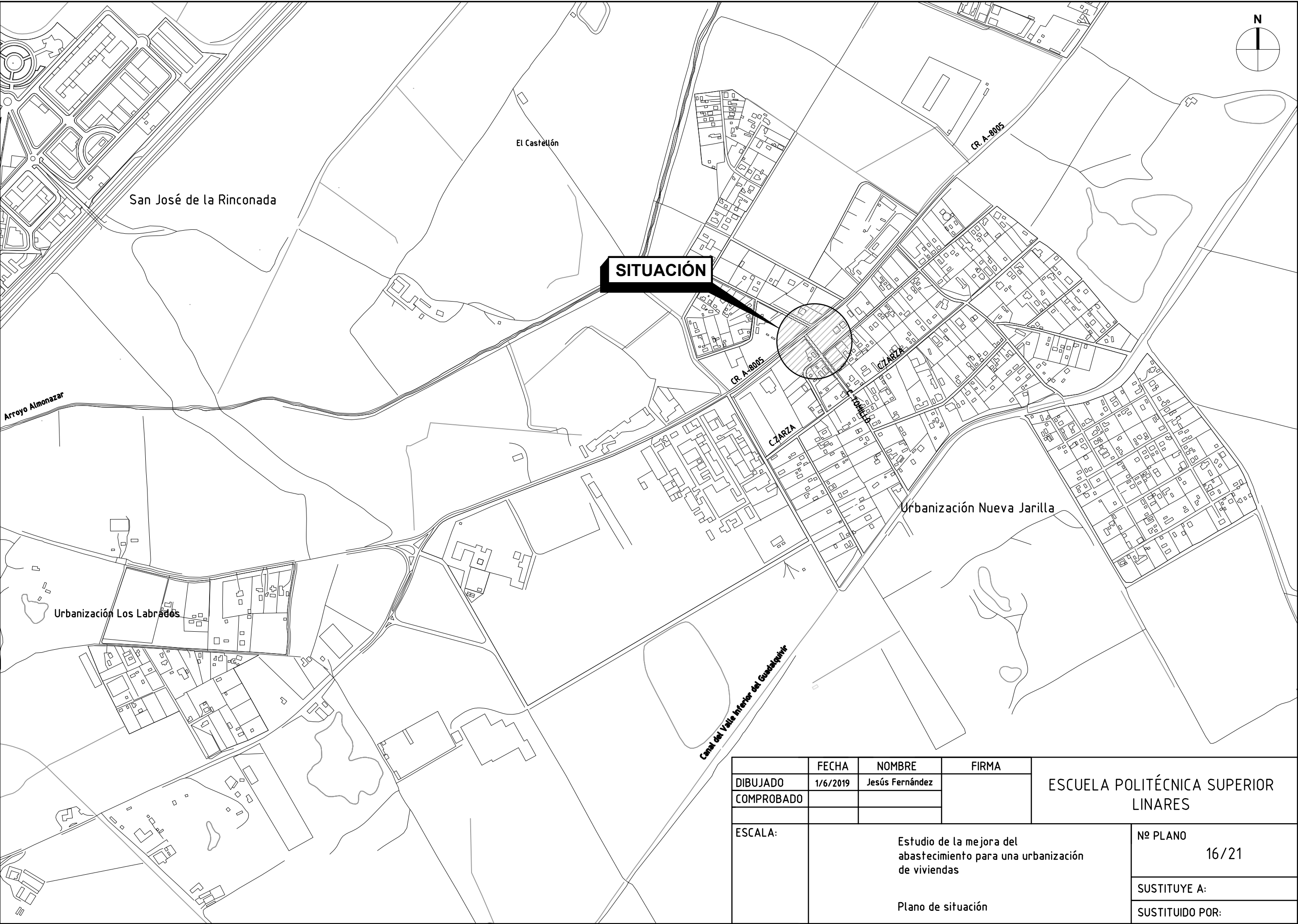
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	20/7/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas Escenario 8. Presiones mínimas			Nº PLANO 14/21
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



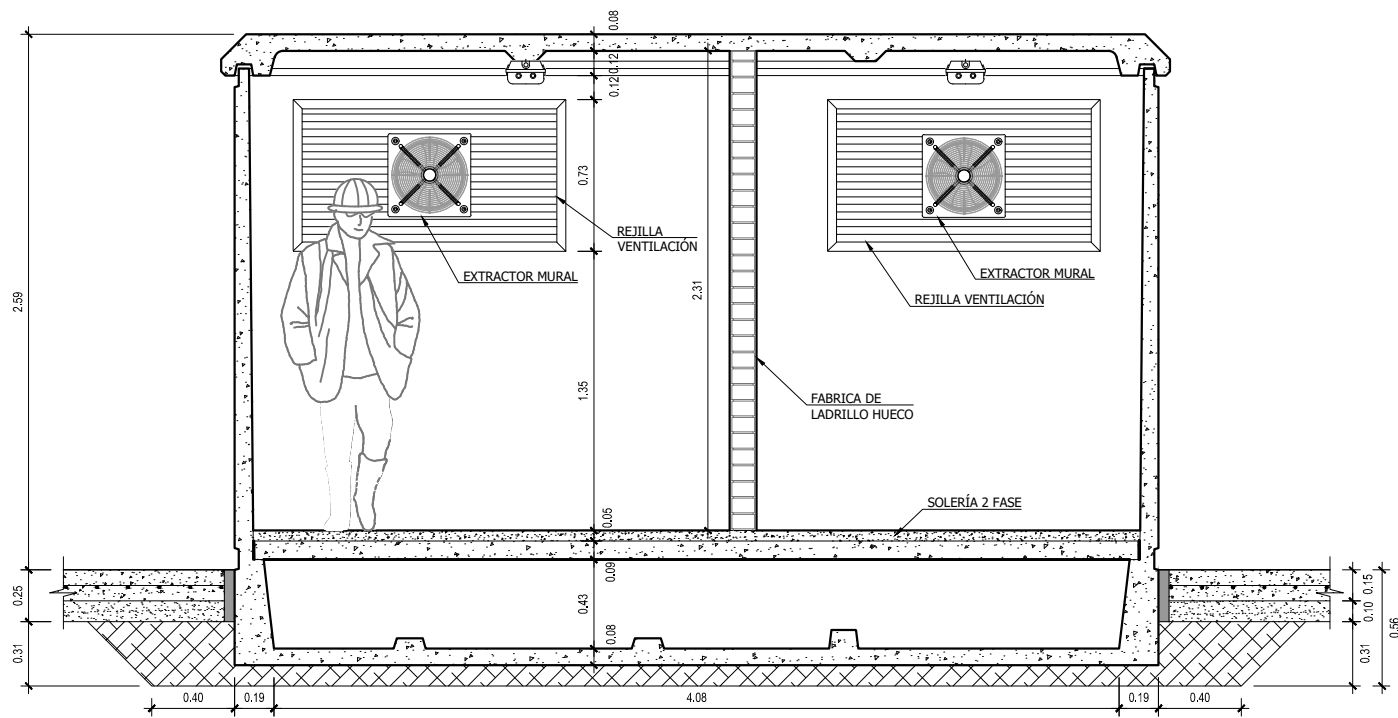
Día 1, 12:00 AM



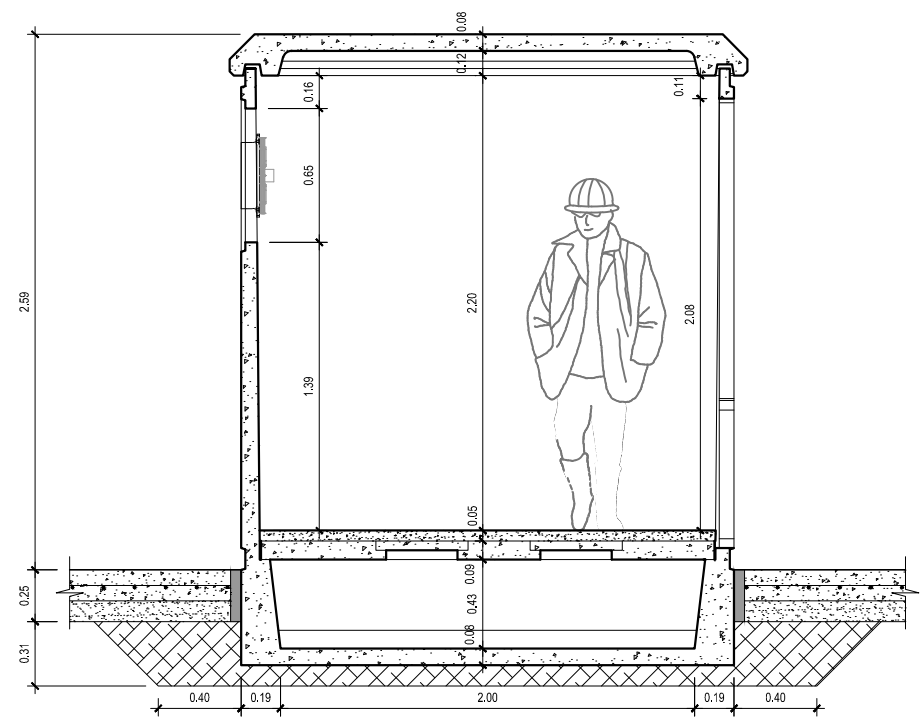
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	20/7/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas Escenario 8. Presiones máximas			Nº PLANO 15/21
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



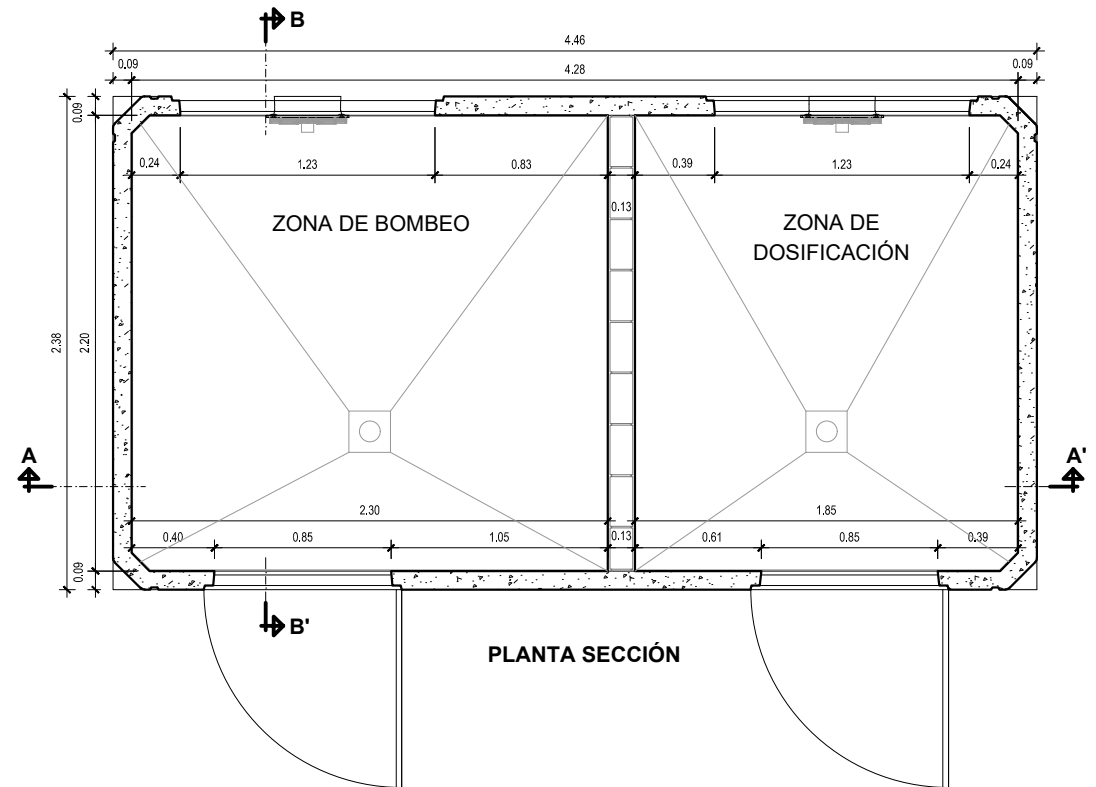
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	1/6/2019	Jesús Fernández			
COMPROBADO					
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas				Nº PLANO 16/21
	Plano de situación				SUSTITUYE A:
					SUSTITUIDO POR:



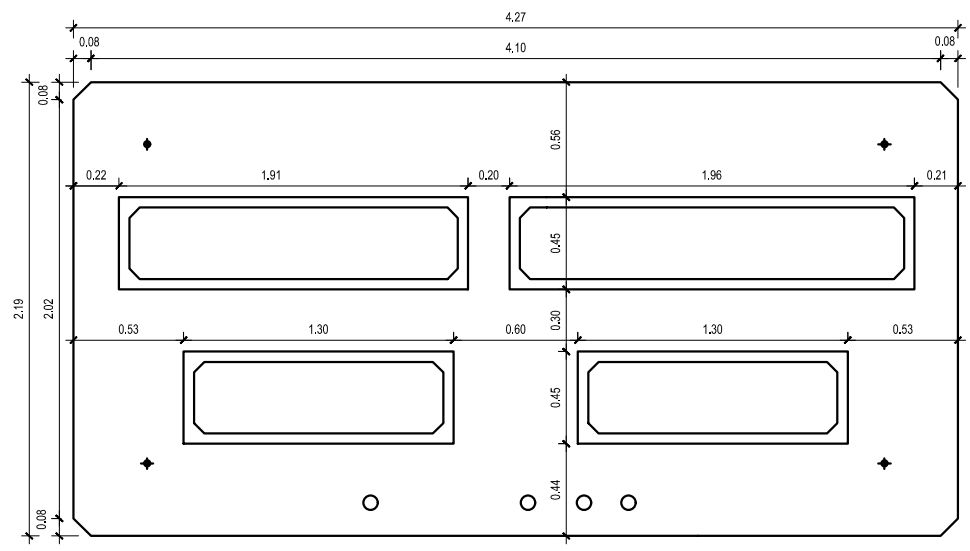
ALZADO SECCIÓN A-A'



PERFIL SECCIÓN B-B'

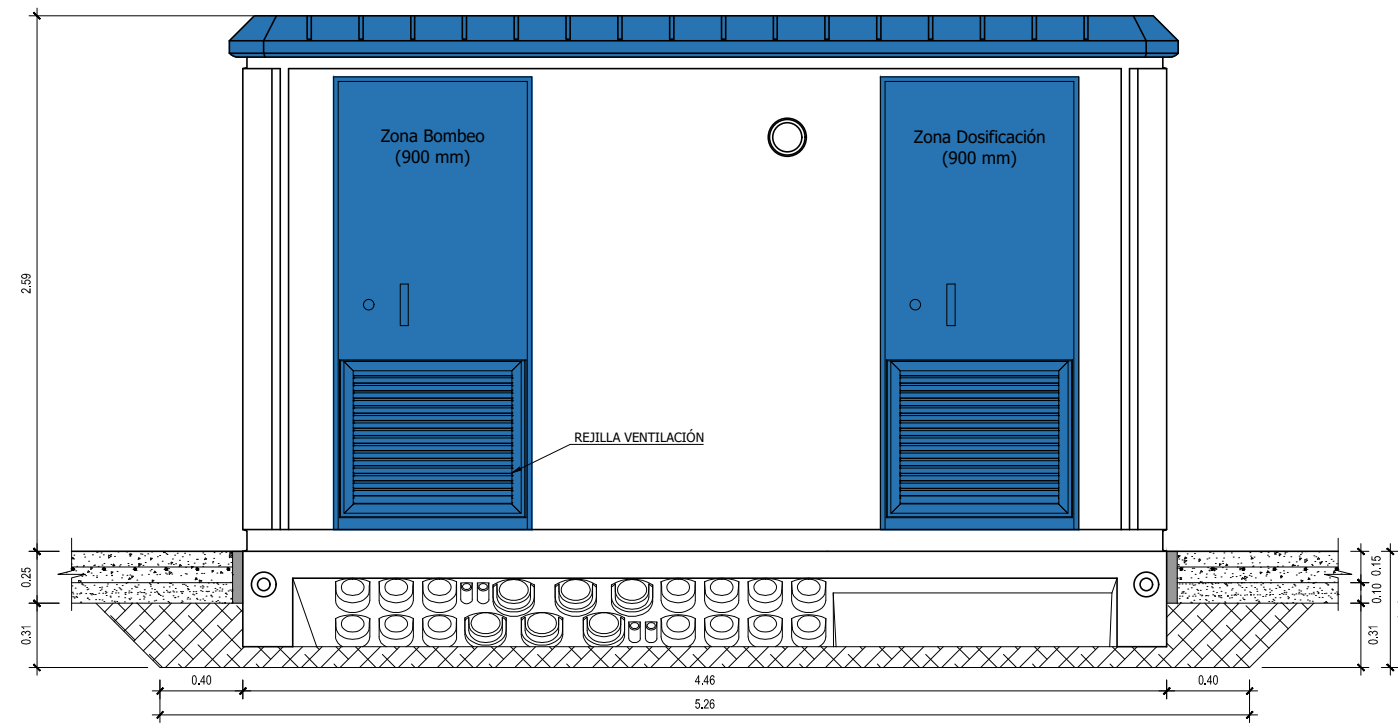


PLANTA SECCIÓN

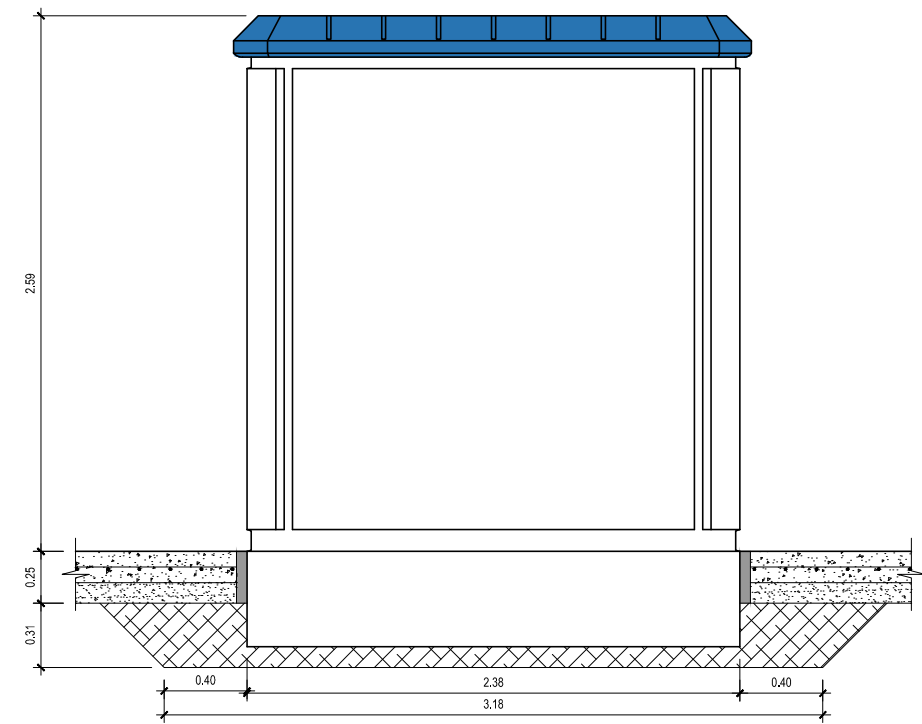


PLANTA DE HUECOS

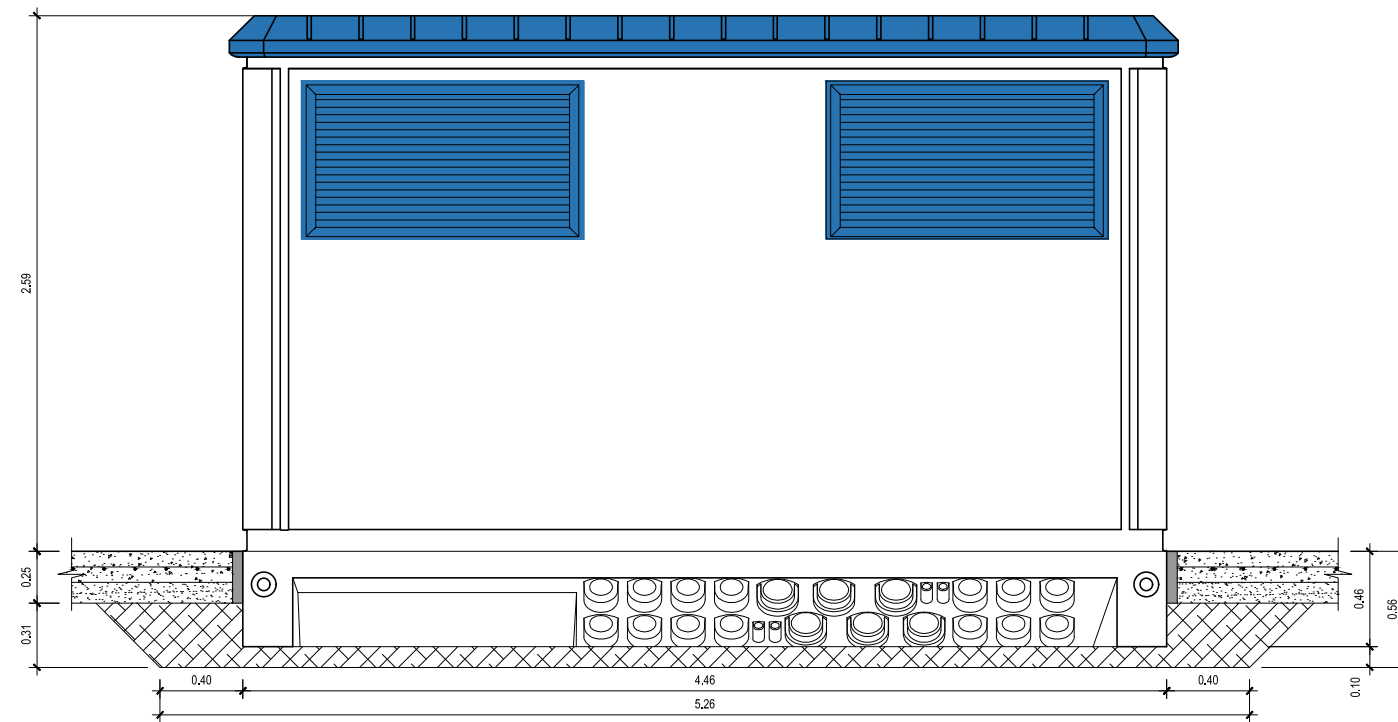
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	8/6/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas E.B. Nueva Jarilla. Edificio bombeo y dosificación. Definición geométrica. Planta y sección			Nº PLANO 17/21
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



ALZADO FRONTAL

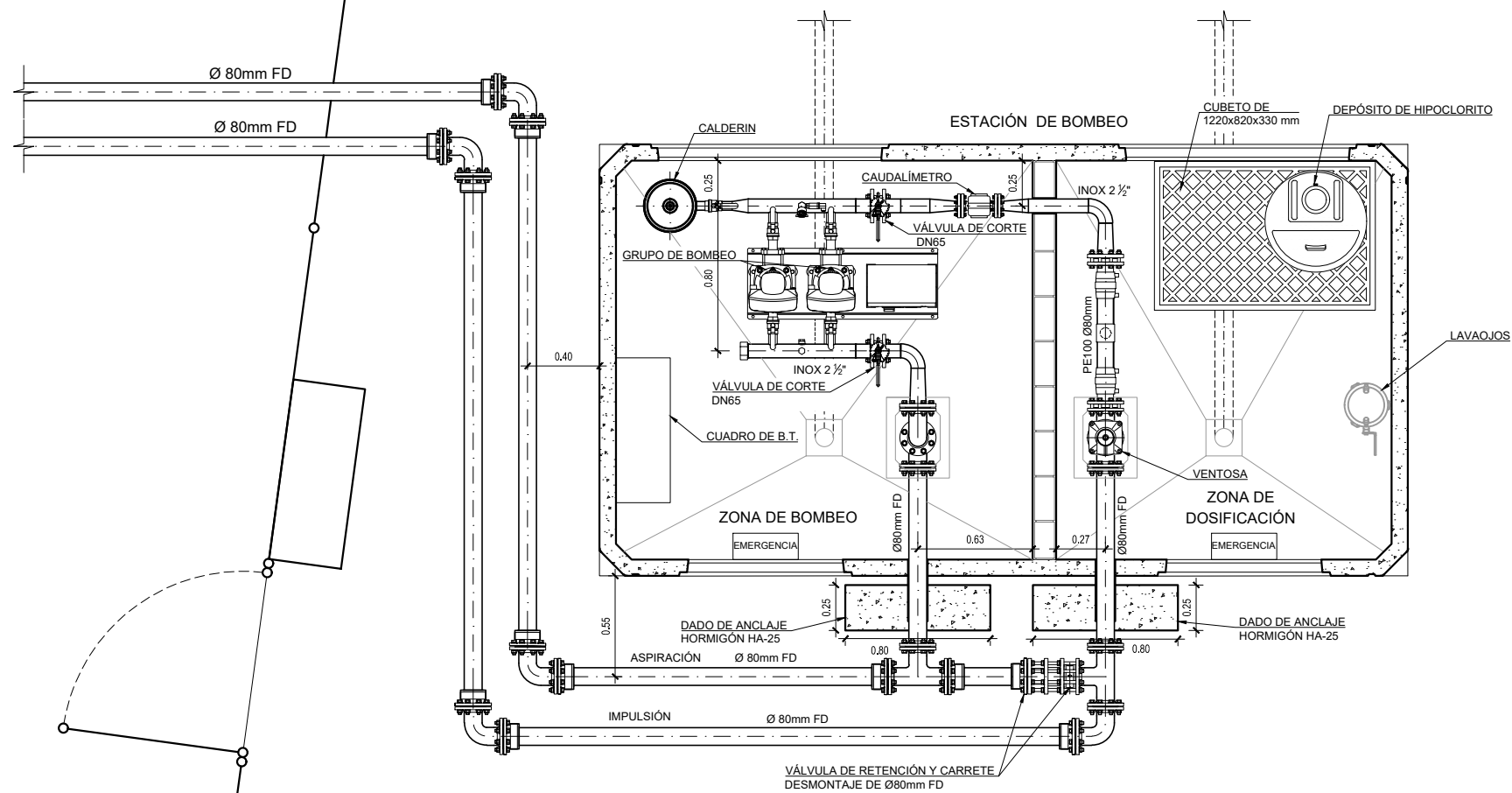


ALZADO LATERAL

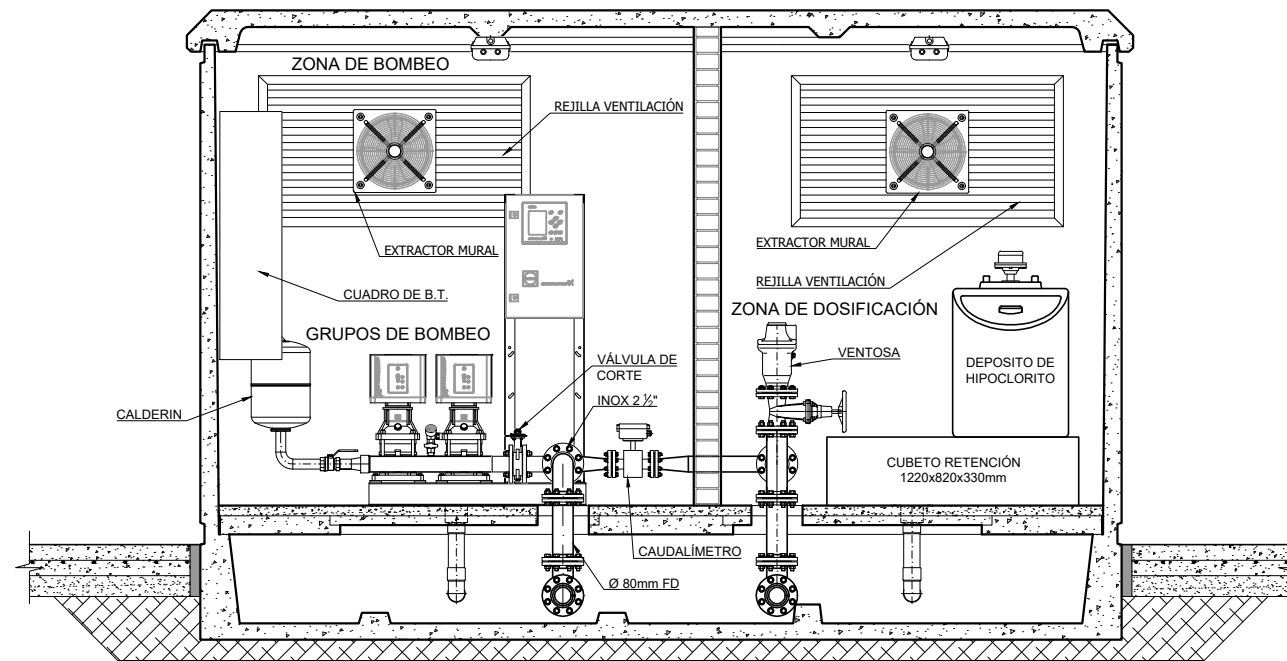


ALZADO POSTERIOR

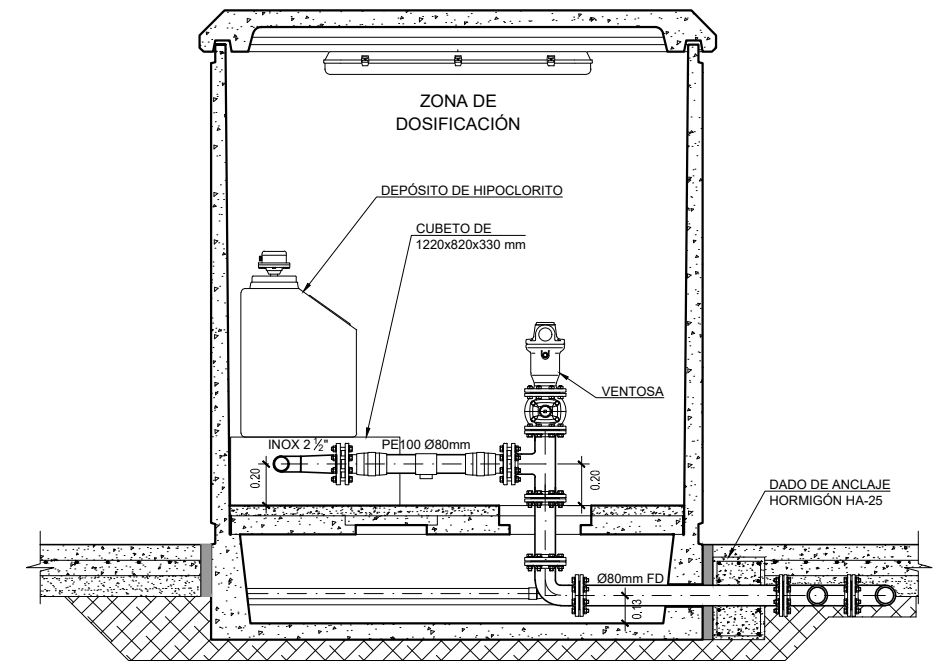
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	15/6/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas E.B. Nueva Jarilla. Edificio bombeo y dosificación. Definición geométrica. Alzados			Nº PLANO 18/21
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



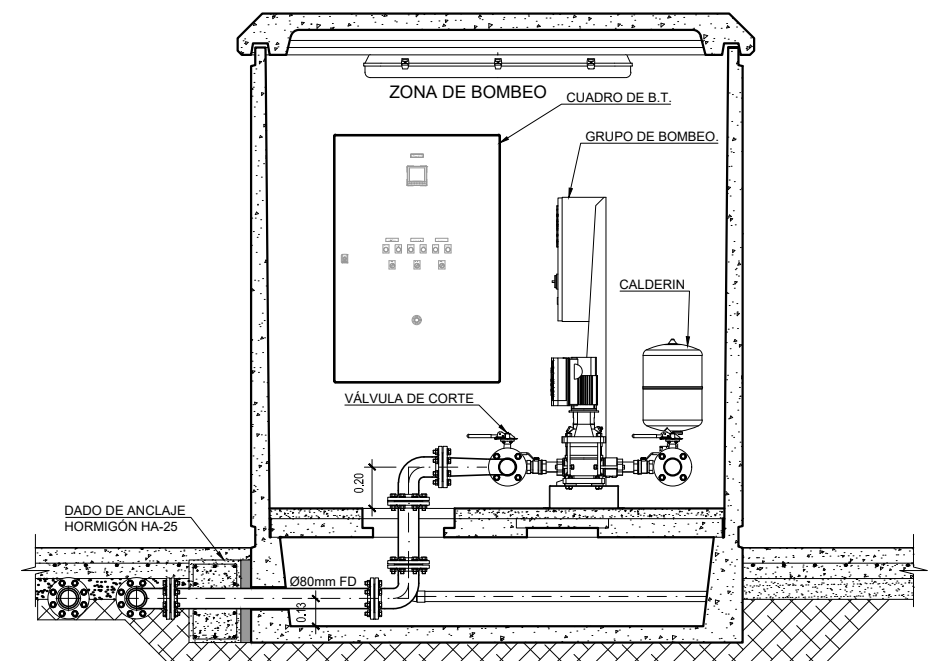
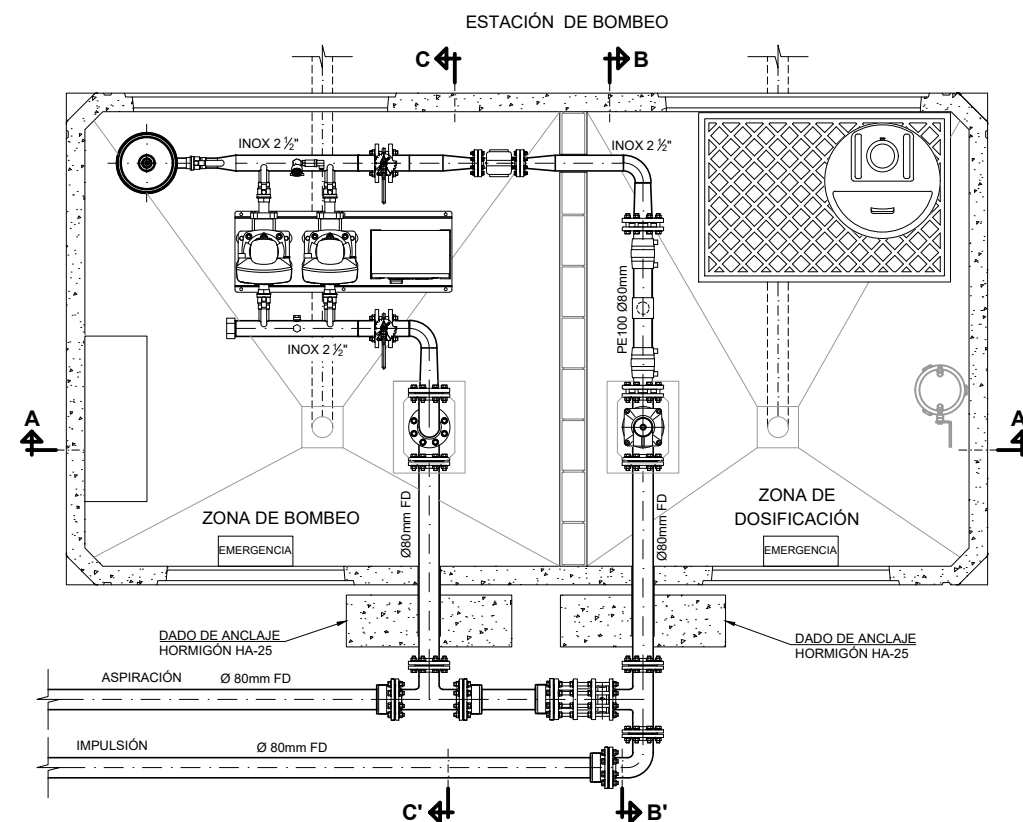
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	22/6/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas			Nº PLANO 19/21
	E.B. Nueva Jarilla. Edificio bombeo y dosificación. Equipamiento. Planta			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



ALZADO SECCIÓN A-A'



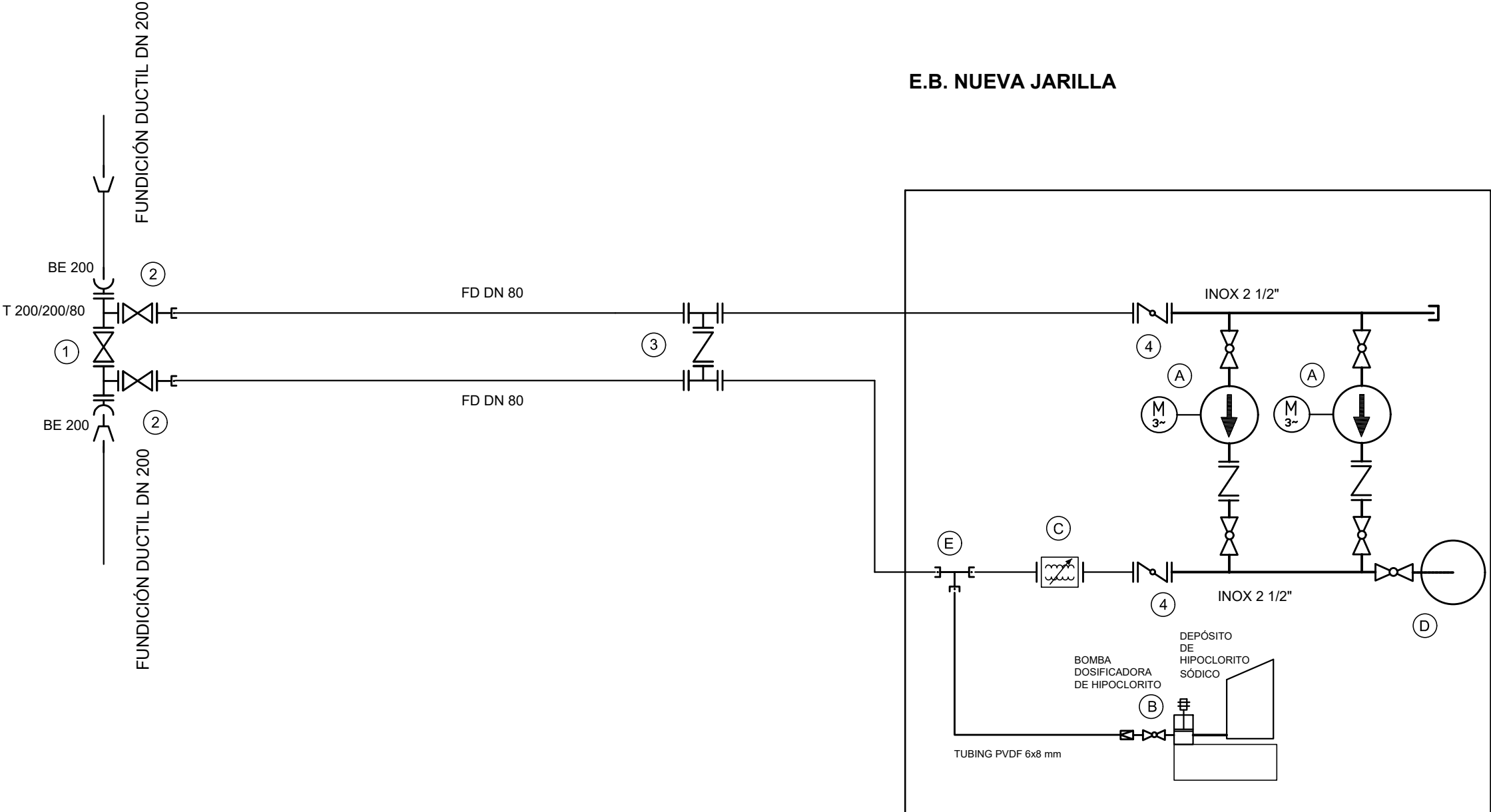
ALZADO SECCIÓN B-B'



ALZADO SECCIÓN C-C'

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	29/6/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas			Nº PLANO 20/21
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

E.B. NUEVA JARILLA



LISTADO DE ELEMENTOS

1	Válvula compuerta	DN 200	PN 16
2	Válvula compuerta	DN 80	PN 16
3	Válvula retención	DN 80	PN 10
4	Válvula mariposa	DN 65	PN 16
5	xxxxx	DN 150	PN 16
10	xxxxx	DN 150	PN 16

LISTADO DE EQUIPOS

A	Grupos de Bombeo 1,5 kW - Cat IE3
B	Bomba Dosificadora
C	Caudalímetro electromagnético DN 40
D	Depósito de expansión
E	Manguito Polietileno conexión dosificación.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	6/7/2019	Jesús Fernández		
COMPROBADO				
ESCALA:	Estudio de la mejora del abastecimiento para una urbanización de viviendas			Nº PLANO 21/21
				SUSTITUYE A:
	Estación de bombeo. Esquema hidráulico de instrumentación			SUSTITUIDO POR:



CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA

- Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos. 2001. «MANUAL DEL USUARIO».
- Epanet y Cooperación. Introducción al cálculo de redes de agua por ordenador. Edición: .- Autor: Arnalich, S.
- Epanet y Cooperación. Ejercicios progresivos comentados paso a paso. Edición: .- Autor: Arnalich, S.
- EMASESA. 2013. «Instrucciones técnicas para redes de abastecimiento». <http://www.emasesa.com/wp-content/uploads/2013/11/Instrucciones-tecnicas-y-planos-para-redes-de-abastecimiento.pdf>.
- González Rodríguez, Paola. 2017. «Diseño y estudio de la robustez de una red mallada de distribución de agua potable». Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona (EUETIB).
- Rafael Pérez Arellano et al. Análisis del comportamiento hidráulico de la red de abastecimiento de la ciudad de Córdoba mediante EPANET.
- Grupo Mecánica de Fluidos (Edición 2001/2002), “Máster Gestión y uso Eficiente del Agua”, Instituto tecnológico del agua, Universidad Politécnica de Valencia.
- Cabrera, E., Espert, V., García-Serra, J., Martínez, F., Andrés, M., García, M., (1994), “Ingeniería Hidráulica aplicada a los Sistemas de Distribución de Agua, Tomo I-II”. Universidad Politécnica de Valencia (U.P.V.).
- Documentos Básicos DB-HS del Código Técnico de la Edificación.
- <http://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/empleo-variadores-bombeos-agricolas>