



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO 2: CÁLCULOS HIDRÁULICOS

PROYECTO BÁSICO DE RED DE ABASTECIMIENTO EN LA URBANIZACIÓN RESIDENCIAL ELS TARONGERS EN ALBALAT DELS
TARONGERS (VALENCIA)

PABLO PÉREZ FURIÓ
UPV
ETSICCP

Contenido

Introducción2

Normativa.....2

Parcelas2

Diseño de la red.....2

 Tipología2

 Criterios de cálculo2

 Diseño de la red.....3

 Conexión con la red existente3

 Hidrantes para incendio3

Caudal de diseño4

 Dotación de agua para viviendas unifamiliares4

 Dotación de agua para el uso comercial/social4

 Dotación para el riego de zonas verdes y limpieza4

 Demanda total.....5

Caudal de cálculo5

Cálculo de la red de abastecimiento6

 Método de la ramificación6

 Cálculos de diámetros y pérdidas6

 Mougnie7

 NTE-IFA8

 Hidrantes8

 Reynolds9

 Coeficiente de fricción.....9

 Cálculos de presiones11

Modelación en Software (EPANET)11

Resultados Epanet.....12

 Hipótesis 113

 Hipótesis 217

 Esquema frente a incendio18

Bibliografía**¡Error! Marcador no definido.**

Introducción

En el siguiente anejo se incluye los cálculos hidráulicos necesarios en orden de satisfacer las premisas de calidad y cantidad a las parcelas del residencial.

Normativa

La normativa utilizada para el diseño y cálculo de la red de abastecimiento es la siguiente:

- Norma UNE-EN 805:2000, Abastecimiento de agua – especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.
- Normas Tecnológicas" Instituto Nacional para la Calidad de la Edificación. M.O.P.U.: NTE-IFA abastecimiento. 1976.

Parcelas

El complejo residencial se divide en 122 parcelas y en la siguiente imagen se pueden observar las parcelas con necesidad de dotación hidráulica.

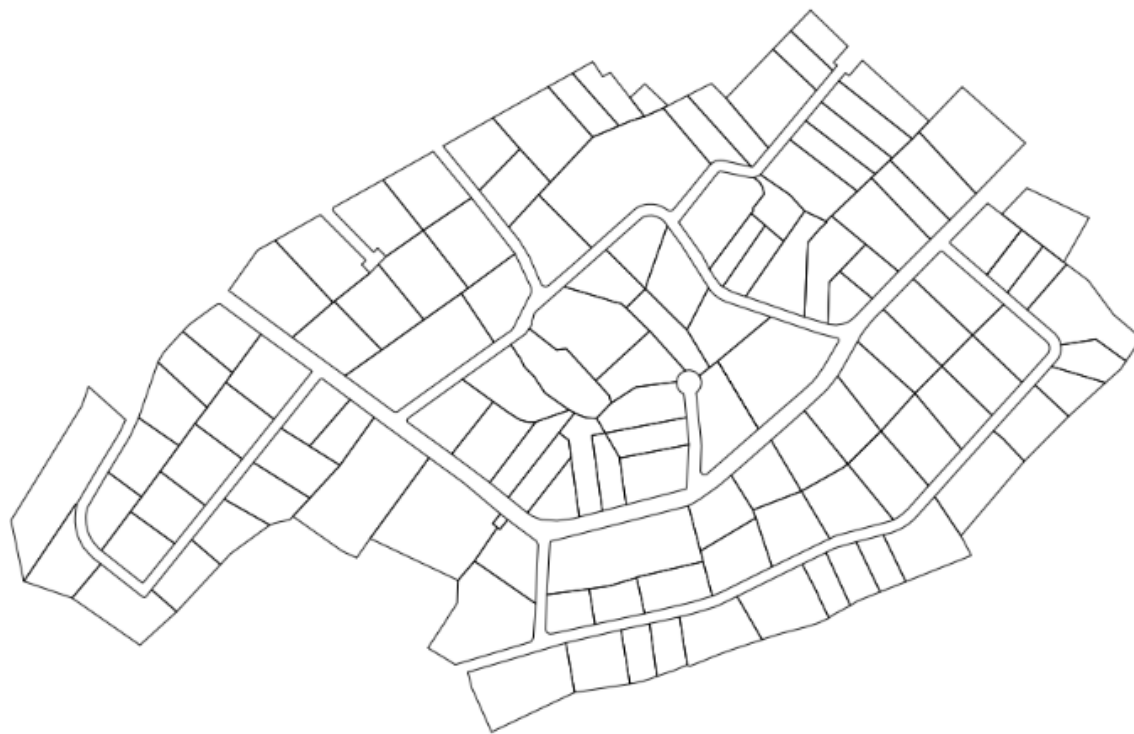


Ilustración 1: Situación en planta de parcelas

Es necesaria la especificación del uso del terreno del que se va a tener para cada parcela en las que está dividida, es decir, la mayoría del terreno está calificada como suelo urbanizable la cual permite la construcción de viviendas. Además, el complejo, incluye algunas zonas verdes y algunas zonas sociales. Para ello se incluye un esquema que señala el uso de cada parcela (Privada, social y verde) además de la red viaria.

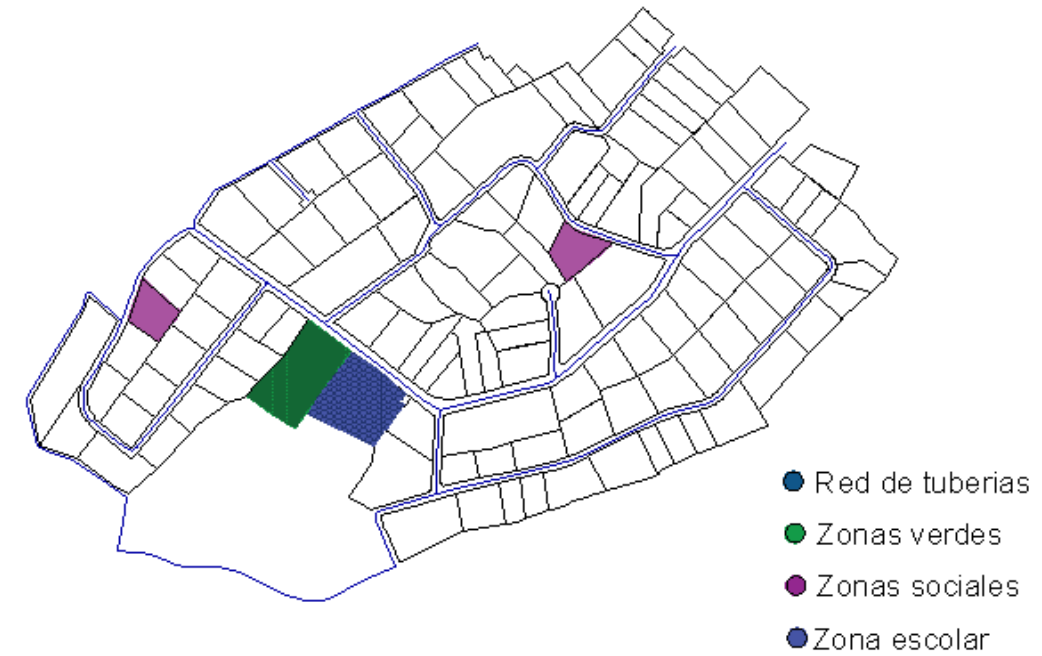


Ilustración 2: Situación en planta de la red

Diseño de la red

A continuación, se detallan los criterios a tener en cuenta para el diseño de la red y los aspectos más característicos cuya función es elegir la tipología de la red, el lugar de conexión a la red existente del municipio, el trazado de la red por donde discurrirá y sistemas de riego y seguridad frente a incendios.

Tipología

Como se describe anteriormente, el complejo residencial consta de 122 parcelas incluyendo las zonas verdes y las zonas sociales. Tomando una media de 4 habitantes por vivienda, se opta por una red mixta pese a ser menos económica, ya que una red ramificada podría tener problemas a la hora de mantenimiento y/o reparación, afectando así a un número elevado de habitantes. Por lo tanto, una red mixta es lo más conveniente.

La necesidad de abastecer el riego de las zonas verdes plantea la opción de una red doble, pero es poco viable generar una red doble debido a que las zonas verdes de todo el complejo forman el 1,6%. Por ello se desestima la opción de la red doble y se decide proyectar una red única.

Criterios de cálculo

La red se proyecta según los siguientes criterios de presión:

- La presión disponible en la acometida será del orden de 15 m.c.a. por encima de la máxima altura a abastecer.
- Se establecerá un máximo de 60 m.c.a. como la máxima presión de servicio para reducir los costes de instalación, evitar al máximo el consumo energético, evitar el volumen de fugas y reducir las vibraciones y averías de la red.

Además de los criterios de limitación de presiones, se ha de tener en cuenta los siguientes criterios:

- Caudal punta en función del número de habitantes que dependen de la red.

- Disposición de una red de hidrantes con acceso para extinción de incendios.
- Velocidad mínima de circulación del agua para el caudal necesario.

Diseño de la red

La red se subdivide en la parte mallada y las ramas salientes de la misma. La parte mallada de la red discurrirá por las vías públicas, tanto principales como secundarias, y bajo las aceras. Sin embargo, las ramas de la red seguirán la vía pública también, la cual por inviabilidad se decide ramificar, y bajo las aceras.

Conexión con la red existente

Una vez diseñada la red en planta por donde discurren las tuberías, se decide el lugar de conexión de la nueva red a la red existente del municipio teniendo en cuenta varias posibilidades y tomar aquella que no ofrezca problemas técnicos y minimizar el coste.

Como se puede observar en la topografía del terreno, las residencias a abastecer se encuentran en el lomo de un monte cercano a mayor cota que el propio municipio. Por ello hay que estudiar si la presión es suficiente, o si no establecer un sistema de bombeo.

Al noroeste del complejo residencial se puede encontrar un depósito de agua con el que se podrían abastecer las residencias, pero se encuentra a bastante distancia además de pertenecer a otro municipio, por lo que encarece el proyecto y es por ello por lo que se desestima esta opción.

Por lo tanto, el punto de conexión con la red existente se efectuará en la calle cementeri, y recorrerá dicha calle dirección noreste unos 400 metros hasta un viario del nuevo complejo. Lo mismo ocurre en la dirección noroeste, que transcurrirá a lo largo de un terreno montañoso unos 300 metros.

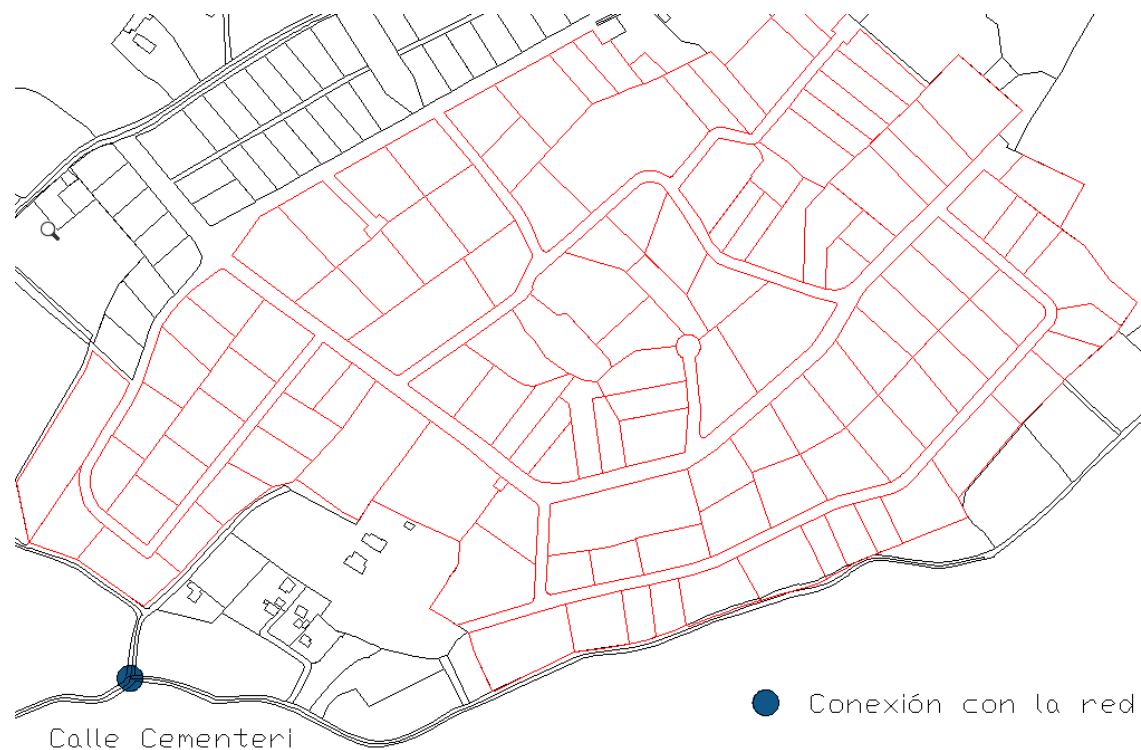


Ilustración 3: Conexión con la red existente

Hidrantes para incendio

Con todo el diseño expuesto anteriormente, ya se puede ubicar en el diseño la posición de los hidrantes para incendio según la normativa.

Según la normativa (informativa) NBE CPI 96, antecesora de la actualmente vigente CTE DB SI, nos informa de lo siguiente:

“Los hidrantes deben estar situados en lugares fácilmente accesibles, fuera del espacio destinado a circulación y estacionamiento de vehículos, debidamente señalizados conforme a la Norma UNE 23 033 y distribuidos de tal manera que la distancia entre ellos medida por espacios públicos no sea mayor que 200 m.”

“La red hidráulica que abastece a los hidrantes debe permitir el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante dos horas, cada uno de ellos con un caudal de 1.000 l/min y una presión mínima de 10 m.c.a. En núcleos urbanos consolidados en los que no se pudiera garantizar el caudal de abastecimiento de agua, puede aceptarse que éste sea de 500 l/min, pero la presión se mantendrá en 10 m.c.a.”

Con lo expuesto anteriormente se ha diseñado un reparto de hidrantes a lo largo del complejo para que cumpla dichos requisitos.

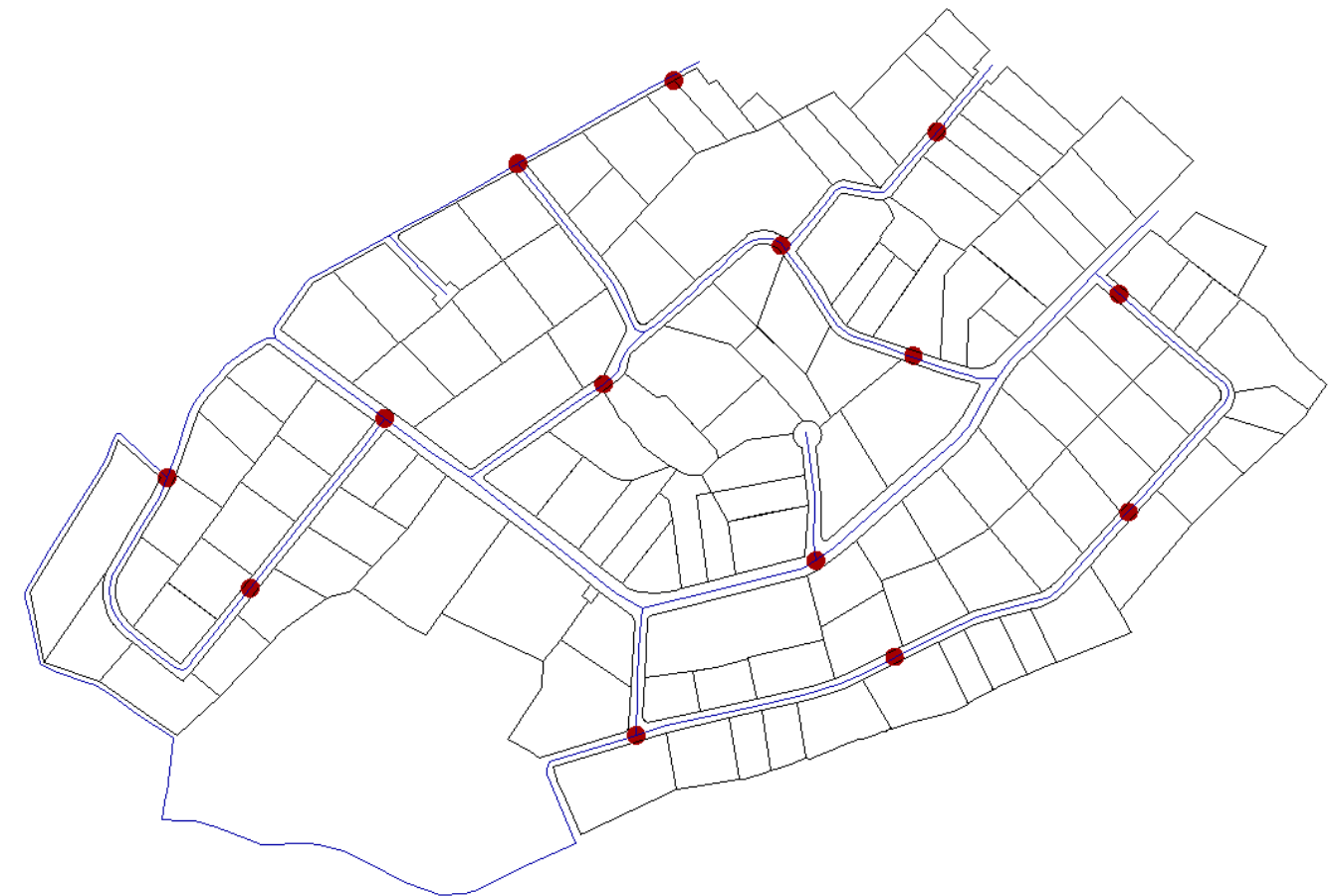


Ilustración 4: Emplazamiento de hidrantes

Caudal de diseño

Se establecerá una demanda y una dotación aproximada a la que se pueda esperar según los siguientes casos:

- Dotaciones de agua para viviendas unifamiliares
- Dotaciones para el uso comercial/social
- Dotaciones para el riego de zonas verdes

Dotación de agua para viviendas unifamiliares

Se puede obtener la dotación mediante un estudio específico de las demandas del municipio o en su defecto se puede acudir al uso de la siguiente tabla que compara la dotación esperada según el nivel socioeconómico que se debe esperar de la zona.

NIVEL SOCIOECONÓMICO	DOTACIÓN (l/hab/día)
BAJO	150-175
MEDIO/BAJO	175-200
MEDIO/MEDIO	200-225
MEDIO/ALTO	225-275
ALTO/MUY ALTO	275-325

Tabla 1: Dotación según nivel socioeconómico

En este caso se opta por un nivel socioeconómico medio/medio el cual afirma que la dotación será entre 200 l/hab/día y 225 l/hab/día. Por lo que se escogerá una dotación de 212 l/hab/día.

Las Normas Tecnológicas, Instituto Nacional para la calidad de la edificación M.O.P.U: NTE-IFA abastecimiento de 1976 cita lo siguiente: “Se considera una media familiar de 4,2 individuos”.

Se prevé una media de 4,2 habitantes por vivienda y el número de viviendas a abastecer es de 118. Se espera la construcción de una vivienda unifamiliar por parcela exceptuando 3 parcelas para uso social/escolar y 1 parcela para un parque (Zona verde).

$$N^{\circ} \text{ de habitantes} = 4,2 \cdot 118 = 496$$

Por último, se ha de hallar el consumo diario como la dotación por el nº de habitantes.

$$Q_{\text{diario}} = 212 \cdot 496 = 105.152 \text{ litros/día}$$

Dotación de agua para el uso comercial/social

La dotación para el uso comercial/social se realiza siguiendo la NTE-IFA abastecimiento de 1976.

Se establece un colegio de menos de 100 plazas y se establecen dos centros comerciales con una extensión aproximada de 3.200 m². Observando la tabla que proporciona la norma tecnológica a continuación, se establece la equivalencia.

Uso	Número de habitantes del nucleo		
	<1000	1001 a 6000	6001 a 12000
Boca de incendio Tipo 100	555	475	415
Boca de incendio Tipo 80	280	240	210
Piscina publicas	250	215	190
Hoteles cada 100 plazas 4 y 5 estrellas	160	140	120
Hoteles cada 100 plazas 3 estrellas	100	90	80
Hoteles cada 100 plazas 1 y 2 estrellas	70	60	50
Mercados cada 100 puestos	125	100	95
Hospitales cada 100 camas	155	130	115
Oficinas cada 1000 m²	40	35	30
Centros comerciales cada 1000 m²	35	30	25
Colegios cada 100 plazas	20	17	15
Superficies ajardinadas cada 1000m²	2	1,5	1,5
Viviendas			

Tabla 2: Dotación equivalente de uso comercial/social

Por lo tanto, se tiene un número de viviendas equivalentes de 125, ergo el número equivalente de habitantes será de 525 con un consumo de:

$$Q_{\text{comercial}} = 212 \cdot 525 = 111.300 \text{ litros/día}$$

Dotación para el riego de zonas verdes y limpieza

Debida a la variabilidad de la dotación para riego de jardines y limpieza de viales se considerará según la siguiente tabla la dotación a añadir.

Uso	Dotación
Limpieza viales (l/m²/día)	1,0 - 1,5
Limpieza alcantarillado (l/m²/día)	15 - 25
Limpieza mercados (l/m²/día)	5
Riego jardines zona húmeda (l/m²/día)	1,5 - 3,0
Riego jardines zona media (l/m²/día)	3,0 - 6,0
Riego jardines zona seca (l/m²/día)	6,0 - 9,0

Tabla 3: Dotación de zonas verdes y limpieza

La dotación a sumar para el riego de zonas verdes y limpieza será:

Viales:

- Principales = 13209,6 m²
- Secundarios = 11874,8 m²

$$\text{Dotación} = 25084,4 \cdot 1,25 = 31.355,5 \text{ litros/día}$$

Riego jardines zona media/seca:

- Jardín = 4773 m²

Dotación = 4773 · 6 = 28.638 litros/día

La demanda destinada a el servicio de limpieza de viales y a el riego de zonas verdes del complejo será:

$Q_{\text{verde/limpieza}} = 31.355,5 + 28.638 = 59.993,5 \text{ litros/día}$

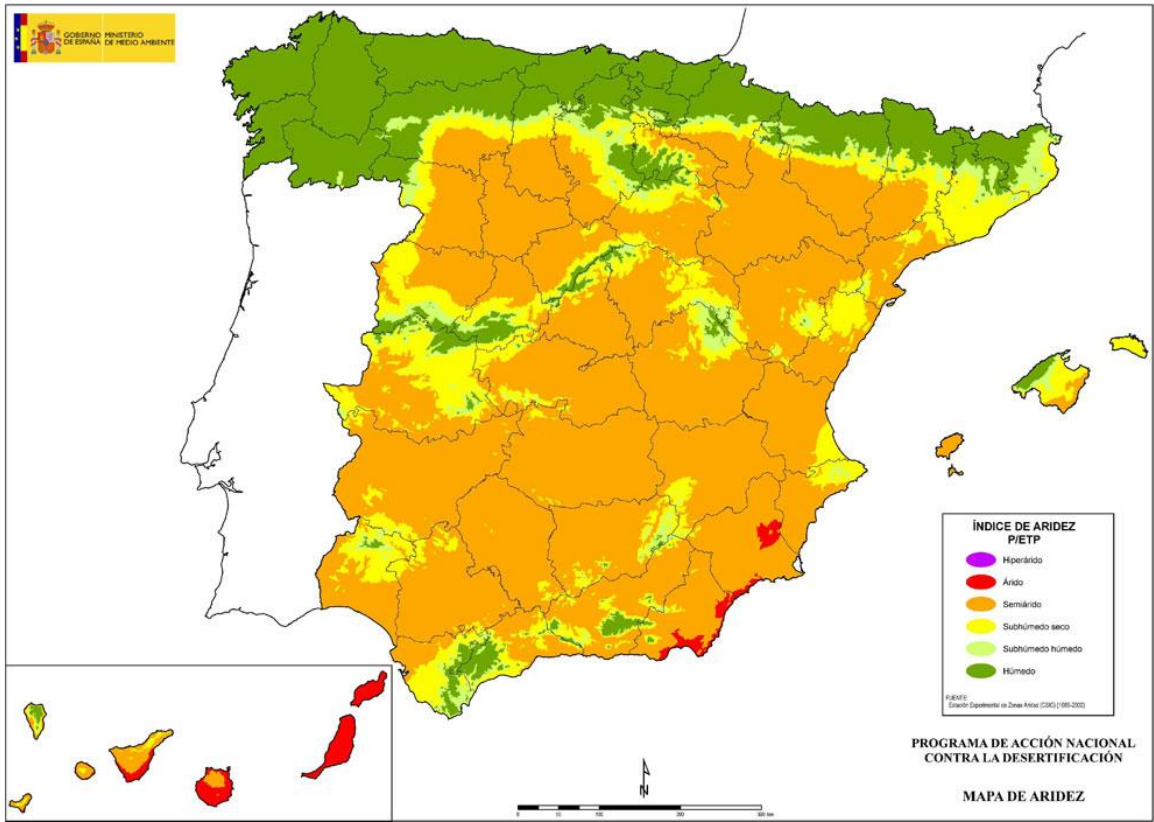


Ilustración 5: Índice de aridez

Demanda total

El caudal de diseño se calculará con la suma de todas las dotaciones obtenidos para cada una de las funciones de cada parcela.

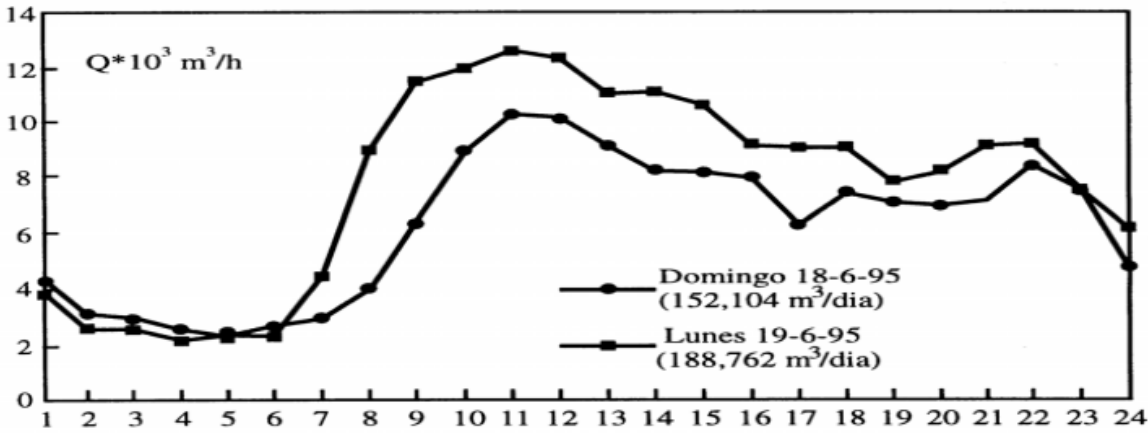
$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{diario}} + Q_{\text{comercial}} + Q_{\text{verde/limpieza}}$

$Q_{\text{Total}} = 276.445 \text{ litros/día}$

Caudal de cálculo

El caudal a abastecer a las residencias unifamiliares y a las zonas comerciales es de 216.452 litros/día, bastante superior a la demanda para el uso de riego y limpieza.

Por ello se decide tomar como valor de referencia el caudal destinado al consumo y se deberá regar y limpiar los viales a las horas de menos consumo. Según el gráfico se implementa el horario de limpieza y regadío entre la 02:00 y las 07:00.



Evolución de los consumos horarios de Valencia para dos días tipo

Ilustración 6: Consumo

Para hallar el caudal de cálculo tenemos los siguientes datos:

- Viviendas = 118
- Habitantes = 496
- Viviendas equivalentes z. comercial = 105
- Habitantes equivalentes z. comercial = 441
- Viviendas equivalentes z. escolar = 20
- Habitantes equivalentes z. escolar = 84

Total, viviendas = 243

Total, habitantes = 1.021

Para estos datos se tiene un caudal diario de 216.452 litros/día que da lugar a un caudal medio por vivienda de 0.01031 litros/s

NUMERO VIVIENDAS	Kp
<10	18,4 - 18,9
11,0 - 20,0	10,2 - 18,8
21,0 - 50,0	5,4 - 10,6
51,0 - 100,0	3,6 - 5,8
101,0 - 250,0	2,5 - 4,0
251,0 - 500,0	2,2 - 2,9
501,0 - 1000,0	2,1 - 2,6
1001,0 - 1500,0	2,0 - 2,5
>1500,0	2

Tabla 4: Coeficiente punta según número de viviendas

Se obtiene como coeficiente punta mediante una interpolación de los datos dados en la tabla superior, obteniendo como dicho coeficiente:

$K_p = 3,88$

Caudal punta = 9.72 litros/s

Cálculo de la red de abastecimiento

Se procede a calcular la red de abastecimiento para dos hipótesis que ha de satisfacer.

Hipótesis 1: consumo de las residencias

La primera de las dos hipótesis consiste en comprobar que la red funciona correctamente y cumpla los siguientes requisitos:

- Presión a la altura de la acometida ha de ser superior a 15 m.c.a. sobre la cota.
- Presión de 40 m.c.a. como máxima presión sobre la cota.

Hipótesis 2: consumo de las residencias con hidrantes en funcionamiento

En el caso de la segunda hipótesis consiste en comprobar el correcto funcionamiento de la red además de cumplir con los requisitos expuestos por la normativa NBE CPI 96:

- Funcionamiento simultaneo de dos hidrantes consecutivos durante dos horas, cada uno de ellos con un caudal de 1.000l/min y una presión mínima de 10 m.c.a.

Método de la ramificación

Para dimensionar la red se ha realizado por el método de la ramificación, el cual consiste en cortar la red mallada por puntos específicos y transformarla en una red ramificada, diseñando, así como si se tratase de una red ramificada.

Criterios de corte:

- Conviene realizarlos en puntos donde los trayectos del agua desde el nudo de inyección al nudo de corte tengan la misma longitud por ambos lados.
- Se añadirá un nudo a cada extremo del corte.

Tras el cálculo se realizan las operaciones de funcionamiento para ambas hipótesis con el apoyo de un programa de cálculo (Epanet), y se comprueba el funcionamiento de la red.

En el siguiente esquema se puede observar donde se realizarán los cortes mencionados:

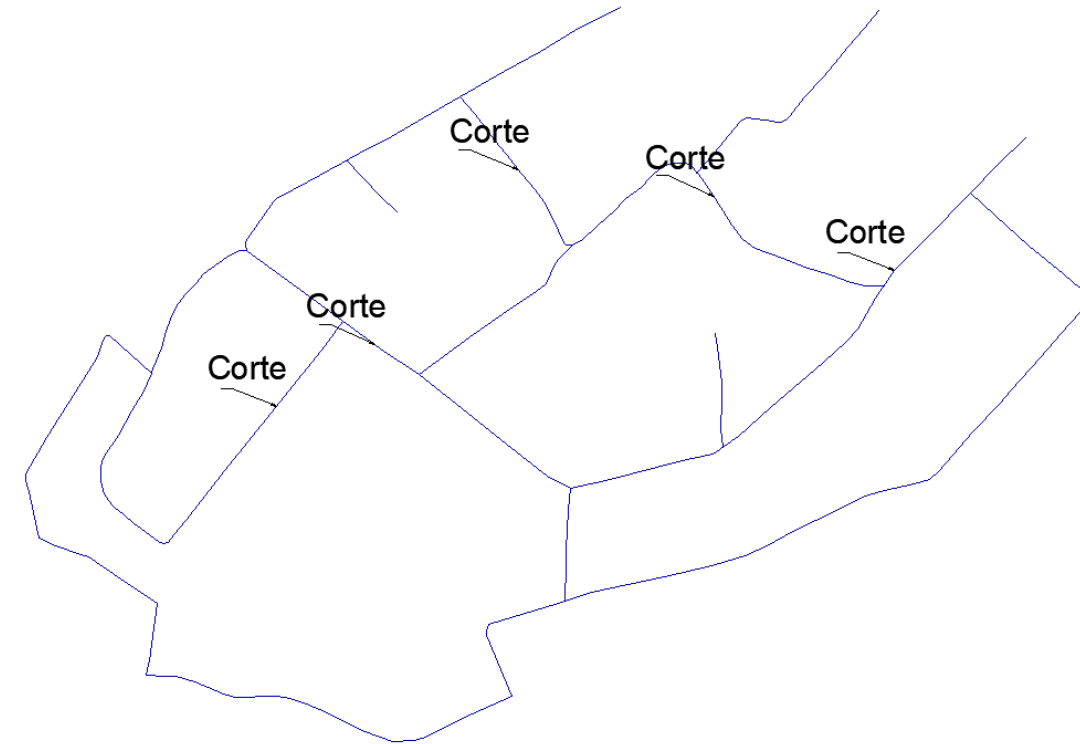


Ilustración 7: Puntos de corte de la red

Cálculos de diámetros y pérdidas

Para realizar el cálculo de la red de abastecimiento se ha de calcular primero el caudal corriente según el número de viviendas (habitantes) multiplicados por el coeficiente K_p que se obtiene mediante una interpolación lineal de la tabla ya obtenida en el punto anterior.

Habitantes	Caudal punta		
	Nº viviendas	K_p	Q. punta (l/s)
1020,6	243	2,57	6,44
674,1	160,5	3,40	5,63
674,1	160,5	3,40	5,63
674,1	160,5	3,40	5,63
665,7	158,5	3,42	5,59
159,6	38	7,55	2,96
151,2	36	7,91	2,94
142,8	34	8,27	2,90
134,4	32	8,63	2,85
126	30	8,99	2,78
117,6	28	9,34	2,70
113,4	27	9,52	2,65
109,2	26	9,70	2,60
100,8	24	10,06	2,49
92,4	22	10,42	2,36

84	20	10,80	2,23
75,6	18	12,58	2,33
71,4	17	13,47	2,36
63	15	15,24	2,36
58,8	14	16,13	2,33
54,6	13	17,02	2,28
50,4	12	17,91	2,22
42	10	18,34	1,89
21	5	18,62	0,96
12,6	3	18,73	0,58
8,4	2	18,79	0,39
21	5	18,62	0,96
16,8	4	18,68	0,77
8,4	2	18,79	0,39
0	0	18,90	0,00
506,1	120,5	3,80	4,73
304,5	72,5	4,83	3,61
296,1	70,5	4,92	3,58
291,9	69,5	4,97	3,56
287,7	68,5	5,01	3,54
283,5	67,5	5,06	3,52
266,7	63,5	5,24	3,43
258,3	61,5	5,33	3,38
254,1	60,5	5,37	3,35
245,7	58,5	5,46	3,30
241,5	57,5	5,51	3,27
237,3	56,5	5,55	3,23
237,3	56,5	5,55	3,23
233,1	55,5	5,60	3,20
228,9	54,5	5,64	3,17
4,2	1	18,84	0,19
16,8	4	18,68	0,77
12,6	3	18,73	0,58
8,4	2	18,79	0,39
201,6	48	5,76	2,85
193,2	46	6,12	2,90
189	45	6,30	2,92
105	25	9,88	2,55
100,8	24	10,06	2,49
8,4	2	18,79	0,39
4,2	1	18,84	0,19
92,4	22	10,42	2,36
88,2	21	10,60	2,30
84	20	10,80	2,23
79,8	19	11,69	2,29
12,6	3	18,73	0,58
4,2	1	18,84	0,19
67,2	16	14,36	2,37
63	15	15,24	2,36
54,6	13	17,02	2,28
8,4	2	18,79	0,39

4,2	1	18,84	0,19
46,2	11	18,80	2,13
42	10	18,34	1,89
37,8	9	18,40	1,71
29,4	7	18,51	1,34
25,2	6	18,57	1,15
16,8	4	18,68	0,77
8,4	2	18,79	0,39
350,7	83,5	4,34	3,74
350,7	83,5	4,34	3,74
42	10	18,34	1,89
33,6	8	18,46	1,52
25,2	6	18,57	1,15
21	5	18,62	0,96
12,6	3	18,73	0,58
4,2	1	18,84	0,19
308,7	73,5	4,79	3,63
84	20	10,80	2,23
79,8	19	11,69	2,29
33,6	8	18,46	1,52
25,2	6	18,57	1,15
16,8	4	18,68	0,77
4,2	1	18,84	0,19
12,6	3	18,73	0,58
4,2	1	18,84	0,19
46,2	11	18,80	2,13
42	10	18,34	1,89
8,4	2	18,79	0,39
33,6	8	18,46	1,52
29,4	7	18,51	1,34
12,6	3	18,73	0,58
4,2	1	18,84	0,19
16,8	4	18,68	0,77
8,4	2	18,79	0,39
4,2	1	18,84	0,19

Tabla 5: Caudal punto solicitado por nodo

El cálculo se realiza determinando el diámetro mínimo en cada tramo cumpliendo los siguientes criterios:

- Diámetro de cálculo según Mougne.
- Diámetro mínimo según la recomendación NTE-IFA.
- Diámetro mínimo según el diámetro de los hidrantes.

Mougne

La fórmula de Mougne relaciona la velocidad que circula por las tuberías con el diámetro, por lo tanto, con la fórmula de Mougne y con la fórmula de velocidades, se halla el diámetro mínimo según Mougne.

$$V = 1,5 \cdot v (D + 0,05) \text{ \& } V = Q/S$$

Donde:

- V (m/s) = Velocidad del agua

- D (m) = Diámetro interior de la conducción
- Q (m³/s) =Caudal
- S (m²) = Sección de la conducción

NTE-IFA

Según la NTE-IFA, el diámetro mínimo que se ha de disponer se refleja en la siguiente tabla.

Habitantes	Tuberías de distribución (mm)	Arterias (mm)
<1000	60	100
1000 - 6000	80	125
>6000	100	175

Tabla 6: Diámetro mínimo según NTE-IFA

Hidrantes

Para los hidrantes se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Tipo 80mm (Q=8,33 l/s) → 100mm
- Tipo 100mm (Q=16,66 l/s)→ 150mm

Por lo tanto, el máximo de los diámetros que se obtienen de los dichos criterios será el diámetro mínimo para dicho tramo. A continuación, se observa la tabla de diámetros que se escogen y el máximo de ellos.

Cálculo de Diámetro Mínimo						
Nudos	Q. punta (m³/s)	D. cálculo (m)	D. normalizado (mm)	D. hidrante (mm)	D. NTE-IFA (mm)	D. mínimo
Embalse N1	0,0064	0,121	125	100	125	125
N1 N2	0,0056	0,110	125	100	100	125
N2 N3	0,0056	0,110	125	100	100	125
N3 N4	0,0056	0,110	125	100	100	125
N4 N5	0,0056	0,110	125	100	100	125
N5 N6	0,0030	0,078	80	100	100	100
N6 N7	0,0029	0,078	80	100	100	100
N7 N8	0,0029	0,078	80	100	100	100
N8 N9	0,0028	0,077	80	100	100	100
N9 N10	0,0028	0,076	80	100	100	100
N10 N11	0,0027	0,074	80	100	100	100
N11 N12	0,0027	0,073	80	100	100	100
N12 N13	0,0026	0,073	80	100	100	100
N13 N14	0,0025	0,071	80	100	100	100
N14 N15	0,0024	0,068	80	100	100	100
N15 N16	0,0022	0,066	80	100	100	100
N16 N17	0,0023	0,068	80	100	100	100
N17 N18	0,0024	0,068	80	100	100	100
N18 N19	0,0024	0,068	80	100	100	100
N19 N20	0,0023	0,068	80	100	100	100

N20 N21	0,0023	0,067	80	100	100	100
N21 N22	0,0022	0,066	80	100	100	100
N22 N23	0,0019	0,059	80	100	100	100
N23 N24	0,0010	0,000	80	100	60	100
N24 N25	0,0006	0,000	80	100	60	100
N25 N26	0,0004	0,000	80	100	60	100
N23 N27	0,0010	0,000	80	100	100	100
N27 N28	0,0008	0,000	80	100	100	100
N28N29	0,0004	0,000	80	100	100	100
N29 N30*	0,0000	0,000	80	100	100	100
N5 N54	0,0047	0,110	125	100	100	125
N54 N55	0,0036	0,088	100	100	100	100
N55 N56	0,0036	0,087	100	100	100	100
N56 N57	0,0036	0,087	100	100	100	100
N57 N58	0,0035	0,087	100	100	100	100
N58 N59	0,0035	0,087	100	100	100	100
N59 N60	0,0034	0,085	100	100	100	100
N60 N61	0,0034	0,085	100	100	100	100
N61 N62	0,0034	0,084	100	100	100	100
N62 N63	0,0033	0,084	100	100	100	100
N63 N64	0,0033	0,083	100	100	100	100
N64 N30	0,0032	0,083	100	100	100	100
N30 N31	0,0032	0,083	100	100	100	100
N31 N32	0,0032	0,082	100	100	100	100
N32 N33	0,0032	0,082	100	100	100	100
N33 N34*	0,0002	0,000	80	100	100	100
N59 N65	0,0008	0,000	80	100	100	100
N65 N66	0,0006	0,000	80	100	100	100
N66 N67	0,0004	0,000	80	100	100	100
N54 N68	0,0028	0,077	80	100	100	100
N68 N69	0,0029	0,078	80	100	100	100
N69 N70	0,0029	0,078	80	100	100	100
N70 N71	0,0025	0,072	80	100	100	100
N71 N72	0,0025	0,071	80	100	100	100
N72 N76	0,0004	0,000	80	100	60	100
N76 N77*	0,0002	0,000	80	100	60	100
N72 N73	0,0024	0,068	80	100	100	100
N73 N74	0,0023	0,067	80	100	100	100
N74 N75	0,0022	0,066	80	100	100	100
N75 N46	0,0023	0,067	80	100	100	100
N46 N47	0,0006	0,000	80	100	100	100
N47 N48*	0,0002	0,000	80	100	100	100
N46 N45	0,0024	0,068	80	100	100	100
N45 N44	0,0024	0,068	80	100	100	100
N44 N36	0,0023	0,067	80	100	100	100
N36 N35	0,0004	0,000	80	100	100	100
N35 N34*	0,0002	0,000	80	100	100	100
N36 N37	0,0021	0,064	80	100	60	100
N37 N38	0,0019	0,059	80	100	60	100
N38 N39	0,0017	0,055	80	100	60	100
N39 N40	0,0013	0,033	80	100	60	100

N40 N41	0,0011	0,030	80	100	60	100
N41 N42	0,0008	0,000	80	100	60	100
N42 N43	0,0004	0,000	80	100	60	100
N1 N96	0,0037	0,090	100	100	100	100
N96 N93	0,0037	0,090	100	100	100	100
N93 N92	0,0019	0,059	80	100	60	100
N92 N91	0,0015	0,051	80	100	60	100
N91 N90	0,0011	0,030	80	100	60	100
N90 N89	0,0010	0,000	80	100	60	100
N89 N88	0,0006	0,000	80	100	60	100
N88 N87*	0,0002	0,000	80	100	60	100
N93 N94	0,0036	0,088	100	100	100	100
N94 N95	0,0022	0,066	80	100	100	100
N95 N81	0,0023	0,067	80	100	100	100
N81 N80	0,0015	0,051	80	100	60	100
N80 N79	0,0011	0,030	80	100	60	100
N79 N78	0,0008	0,000	80	100	60	100
N78 N77*	0,0002	0,000	80	100	60	100
N78 N86	0,0006	0,000	80	100	100	100
N86 N87	0,0002	0,000	80	100	60	100
N81 N82	0,0021	0,064	80	100	100	100
N82 N83	0,0019	0,059	80	100	100	100
N83 N85	0,0004	0,000	80	100	100	100
N83 N84	0,0015	0,051	80	100	100	100
N84 N50	0,0013	0,033	80	100	100	100
N50 N49	0,0006	0,000	80	100	100	100
N49 N48*	0,0002	0,000	80	100	100	100
N50 N51	0,0008	0,000	80	100	60	100
N51 N52	0,0004	0,000	80	100	60	100
N52 N53	0,0002	0,000	80	100	60	100

Tabla 7: Elección del diámetro mínimo

Como se observa en la tabla, exceptuando 5 tramos de toda la red, el diámetro mínimo es de 100 mm.

Para el cálculo de las pérdidas se precisa previamente el cálculo del número de Reynolds y del coeficiente de fricción (f).

Reynolds

$$Re = V \cdot D / \nu$$

Donde:

- Re = Número de Reynolds
- V (m/s) = Velocidad del agua
- D (m) = Diámetro interior de la conducción
- ν (m²/s) = viscosidad cinemática del agua (0,00000115 m²/s)

Coeficiente de fricción

$$1/\sqrt{f} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3,71 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

- f = Factor de fricción
- ϵ (m) = Rugosidad de la conducción
- D (m) = Diámetro interior de la conducción
- Re = Número de Reynolds

Se toma como rugosidad de la conducción 0,1 debido al deterioro de la conducción.

Por último, de calculan las pérdidas mediante la siguiente formulación:

$$\Delta h = f \cdot L / D \cdot V^2 / 2 \cdot g$$

Donde:

- Δh = Pérdidas
- f = Factor de fricción
- L (m) = Longitud de la conducción
- D (m) = Diámetro interior de la conducción
- G(m/s²) = Fuerza de la gravedad (9,81)

Cálculo de Pérdidas				
Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Coef. F	Reynolds	Δh (mca)
5	0,63	0,019	68205,98	0,01
282	0,63	0,020	68205,98	0,89
56	0,63	0,022	68205,98	0,20
53	0,63	0,022	68205,98	0,19
5	0,63	0,022	68205,98	0,02
38	0,58	0,024	50517,17	0,16
35	0,58	0,024	50517,17	0,14
27	0,58	0,024	50517,17	0,11
39	0,58	0,024	50517,17	0,16
60	0,58	0,024	50517,17	0,25
5	0,58	0,024	50517,17	0,02
40	0,58	0,024	50517,17	0,16
19	0,58	0,024	50517,17	0,08
44	0,58	0,024	50517,17	0,18

ANEJO 2: CÁLCULOS HIDRÁULICOS

12	0,58	0,024	50517,17	0,05
60	0,58	0,024	50517,17	0,25
18	0,58	0,024	50517,17	0,07
32	0,58	0,024	50517,17	0,13
15	0,58	0,024	50517,17	0,06
34	0,58	0,024	50517,17	0,14
10	0,58	0,024	50517,17	0,04
21	0,58	0,024	50517,17	0,09
57	0,58	0,024	50517,17	0,24
13	0,58	0,024	50517,17	0,05
17	0,58	0,024	50517,17	0,07
27	0,58	0,024	50517,17	0,11
31	0,58	0,024	50517,17	0,13
13	0,58	0,024	50517,17	0,05
24	0,58	0,024	50517,17	0,10
23	0,58	0,024	50517,17	0,09
80	0,63	0,022	68205,98	0,29
23	0,58	0,024	50517,17	0,09
7	0,58	0,024	50517,17	0,03
18	0,58	0,024	50517,17	0,07
35	0,58	0,024	50517,17	0,14
32	0,58	0,024	50517,17	0,13
19	0,58	0,024	50517,17	0,08
26	0,58	0,024	50517,17	0,11
27	0,58	0,024	50517,17	0,11
57	0,58	0,024	50517,17	0,24
26	0,58	0,024	50517,17	0,11
10	0,58	0,024	50517,17	0,04
35	0,58	0,024	50517,17	0,14
5	0,58	0,024	50517,17	0,02
61	0,58	0,024	50517,17	0,25
7	0,58	0,024	50517,17	0,03
37	0,58	0,024	50517,17	0,15
20	0,58	0,024	50517,17	0,08
25	0,58	0,024	50517,17	0,10
25	0,58	0,024	50517,17	0,10
27	0,58	0,024	50517,17	0,11
7	0,58	0,024	50517,17	0,03
59	0,58	0,024	50517,17	0,24
14	0,58	0,024	50517,17	0,06
17	0,58	0,024	50517,17	0,07
23	0,58	0,024	50517,17	0,09
82	0,58	0,024	50517,17	0,34
31	0,58	0,024	50517,17	0,13
9	0,58	0,024	50517,17	0,04
27	0,58	0,024	50517,17	0,11

30	0,58	0,024	50517,17	0,12
54	0,58	0,024	50517,17	0,22
51	0,58	0,024	50517,17	0,21
7	0,58	0,024	50517,17	0,03
57	0,58	0,024	50517,17	0,24
7	0,58	0,024	50517,17	0,03
52	0,58	0,024	50517,17	0,21
54	0,58	0,024	50517,17	0,22
26	0,58	0,024	50517,17	0,11
17	0,58	0,024	50517,17	0,07
26	0,58	0,024	50517,17	0,11
26	0,58	0,024	50517,17	0,11
8	0,58	0,024	50517,17	0,03
30	0,58	0,024	50517,17	0,12
52	0,58	0,024	50517,17	0,21
307	0,58	0,024	50517,17	1,27
39	0,58	0,024	50517,17	0,16
70	0,58	0,024	50517,17	0,29
19	0,58	0,024	50517,17	0,08
33	0,58	0,024	50517,17	0,14
57	0,58	0,024	50517,17	0,24
53	0,58	0,024	50517,17	0,22
72	0,58	0,024	50517,17	0,30
33	0,58	0,024	50517,17	0,14
15	0,58	0,024	50517,17	0,06
32	0,58	0,024	50517,17	0,13
41	0,58	0,024	50517,17	0,17
12	0,58	0,024	50517,17	0,05
27	0,58	0,024	50517,17	0,11
79	0,58	0,024	50517,17	0,33
13	0,58	0,024	50517,17	0,05
98	0,58	0,024	50517,17	0,40
7	0,58	0,024	50517,17	0,03
52	0,58	0,024	50517,17	0,21
11	0,58	0,024	50517,17	0,05
84	0,58	0,024	50517,17	0,35
40	0,58	0,024	50517,17	0,16
14	0,58	0,024	50517,17	0,06
96	0,58	0,024	50517,17	0,40
18	0,58	0,024	50517,17	0,07
55	0,58	0,024	50517,17	0,23

Tabla 8: Cálculo de las pérdidas por tramo

Cálculos de presiones

Se va a calcular las presiones existentes en cada nudo para comprobar la presión mínima en condiciones normales. Para ello se necesita la presión con la conexión de la red y se le resta las pérdidas de carga que existen hasta cada nudo y se le resta la cota topográfica.

La presión en cada nudo debe estar comprendido entre 15 m.c.a. por encima de la máxima altura a abastecer (6m) y 60 m.c.a. para evitar pérdidas por fugas de la instalación.

En el punto de toma de la red, según EGEVASA, la presión es de $4,0 \text{ kg/cm}^2$ (40 m.c.a.), por lo que es necesario instalar una red de bombeo para alcanzar la presión que pueda abastecer el complejo. Se ha calculado previamente sin la estación de bombeo y las presiones son muy por debajo de lo requerido en el proyecto por lo que se implementa una serie de bombas para cumplir con las presiones requeridas.

Para abastecer a todo el complejo, la presión de la entrada debería superar los 60 m.c.a. pero no es recomendable sobrepasar dicha altura, por lo que se efectuará un incremento de presión entre el nudo Embalse y el nudo 1 de 15 m.c.a. así todo el complejo será abastecido sin problemas ni riesgo de fugas a excepción de la rama de nudo 35 que se deberá implementar otra bomba para alcanzar los requisitos.

Modelación en Software (EPANET)

Se ha realizado una modelación de la red con el software indicado (EPANET) para obtener así el comportamiento de la red en las hipótesis mencionadas anteriormente.

Los datos que incluir en el programa son los siguientes:

- Cota geométrica y demanda base en los nodos.
- Longitud, diámetro y rugosidad en las tuberías.

Para modelizar el punto de conexión, se supone que dicho punto será un embalse con la presión que ha proporcionado EGEVASA más la cota geométrica del punto, simulando así la presión de enganche a la red de abastecimiento del municipio.

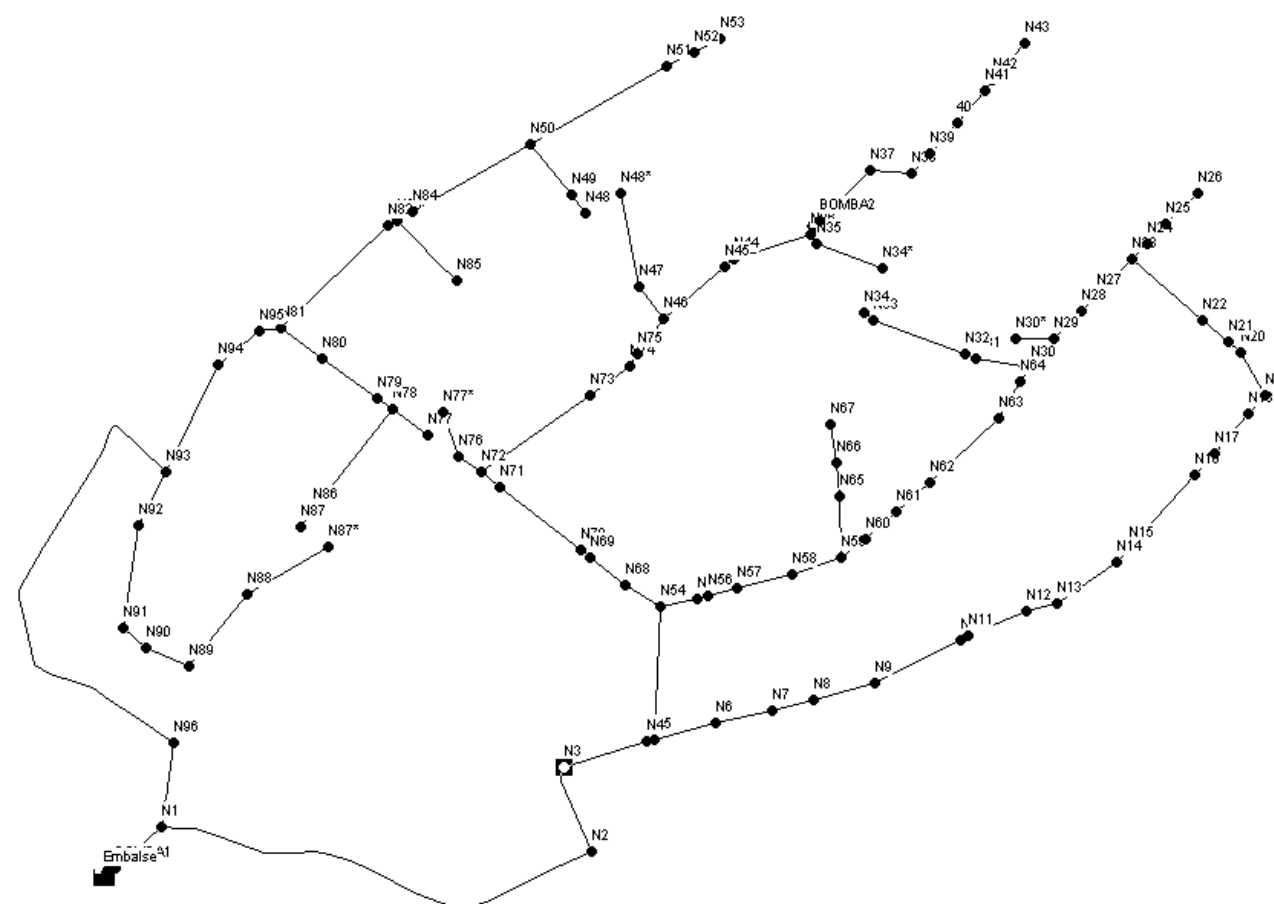


Ilustración 8: Modelación software Epanet

Se ha incluido en el sistema dos bombas para aumentar la presión de la red debido a la falta de presión en los nodos de mayor cota. Debido a la vida útil de las bombas, se procede a instalar 1+1 bombas en ambos puntos para alargarla.

La curva característica de la bomba instalada será la siguiente:

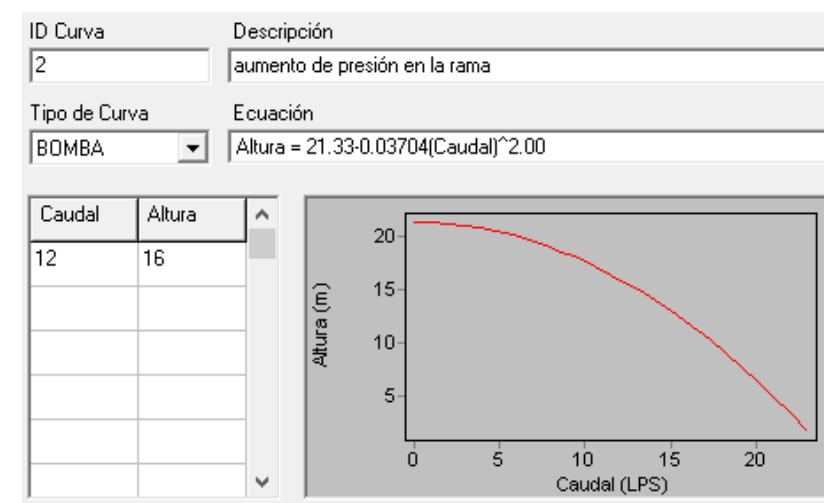


Ilustración 9: Curva característica

Por último, se ha incluido dos patrones de modelación para la demanda diaria y para las horas de riego y limpieza de viales.

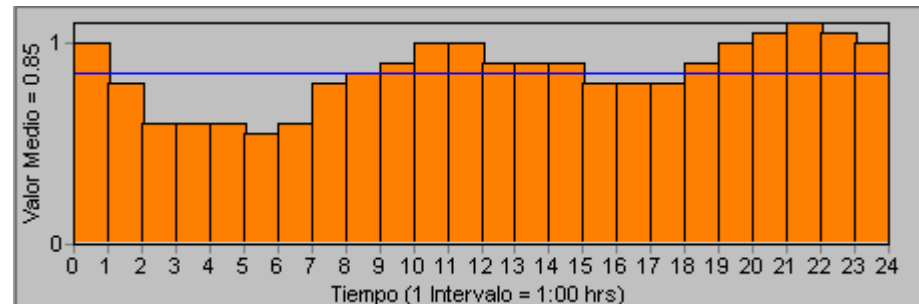


Ilustración 10: Patrón de demanda para día medio

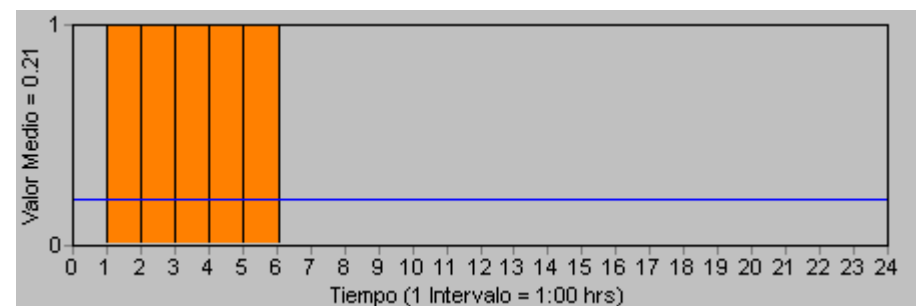


Ilustración 11: Patrón de demanda para limpieza y regadío

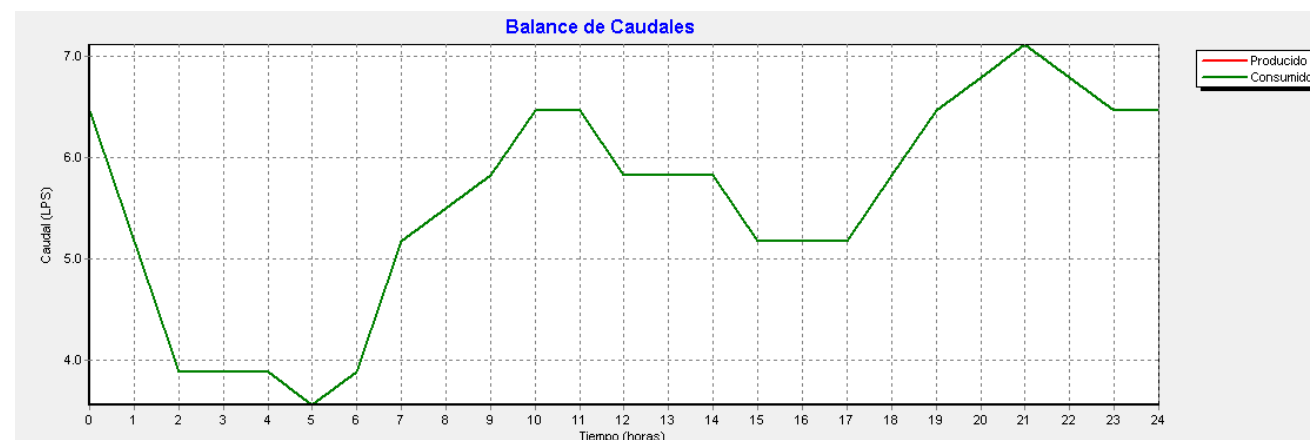


Ilustración 12: Balance de caudales

Resultados Epanet

A continuación, se presenta una serie de esquemas extraídos de EPANET para las dos hipótesis que se han expuesto anteriormente.

Hipótesis 1

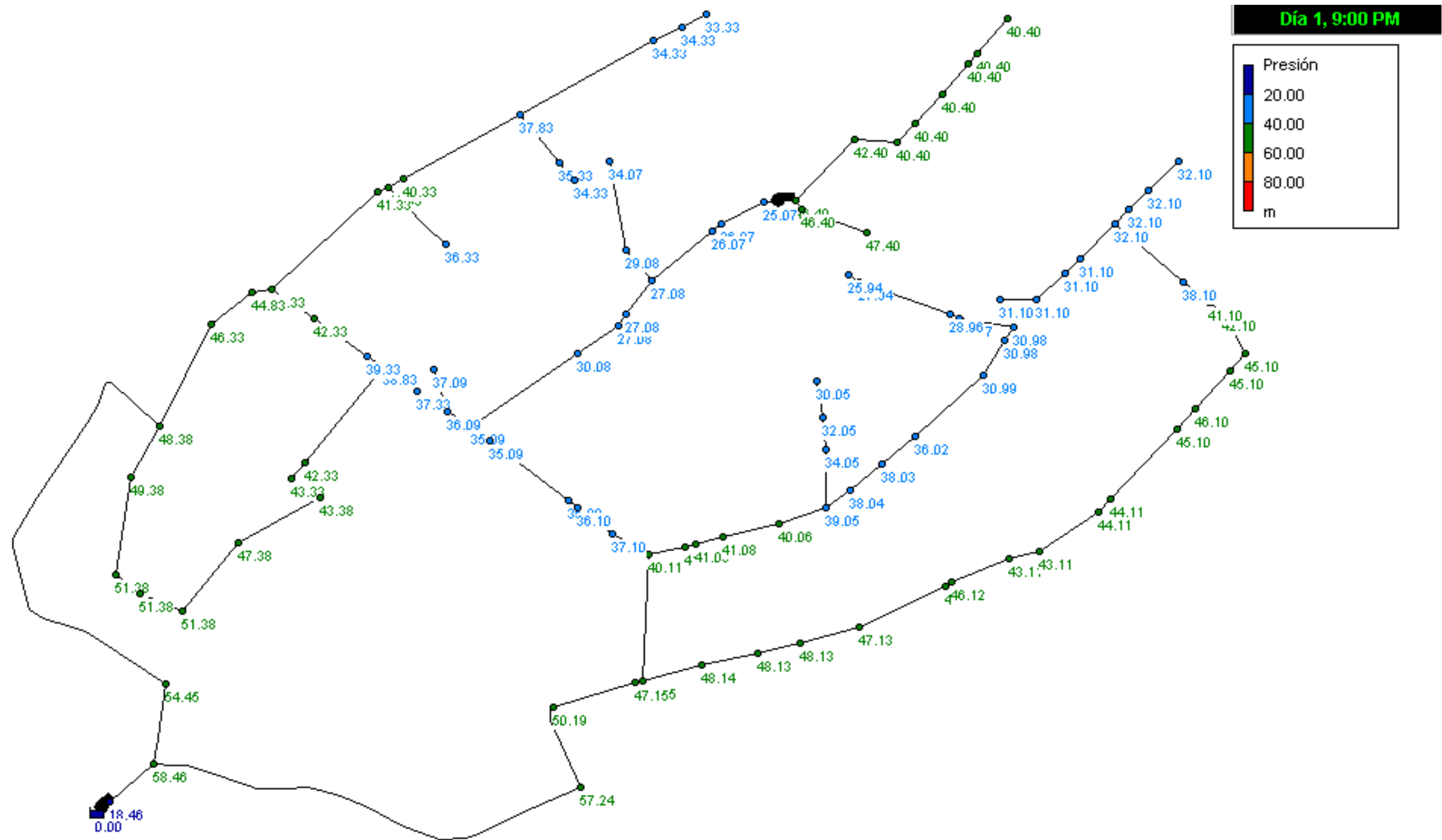


Ilustración 13: Presiones en nudo bajo máxima demanda

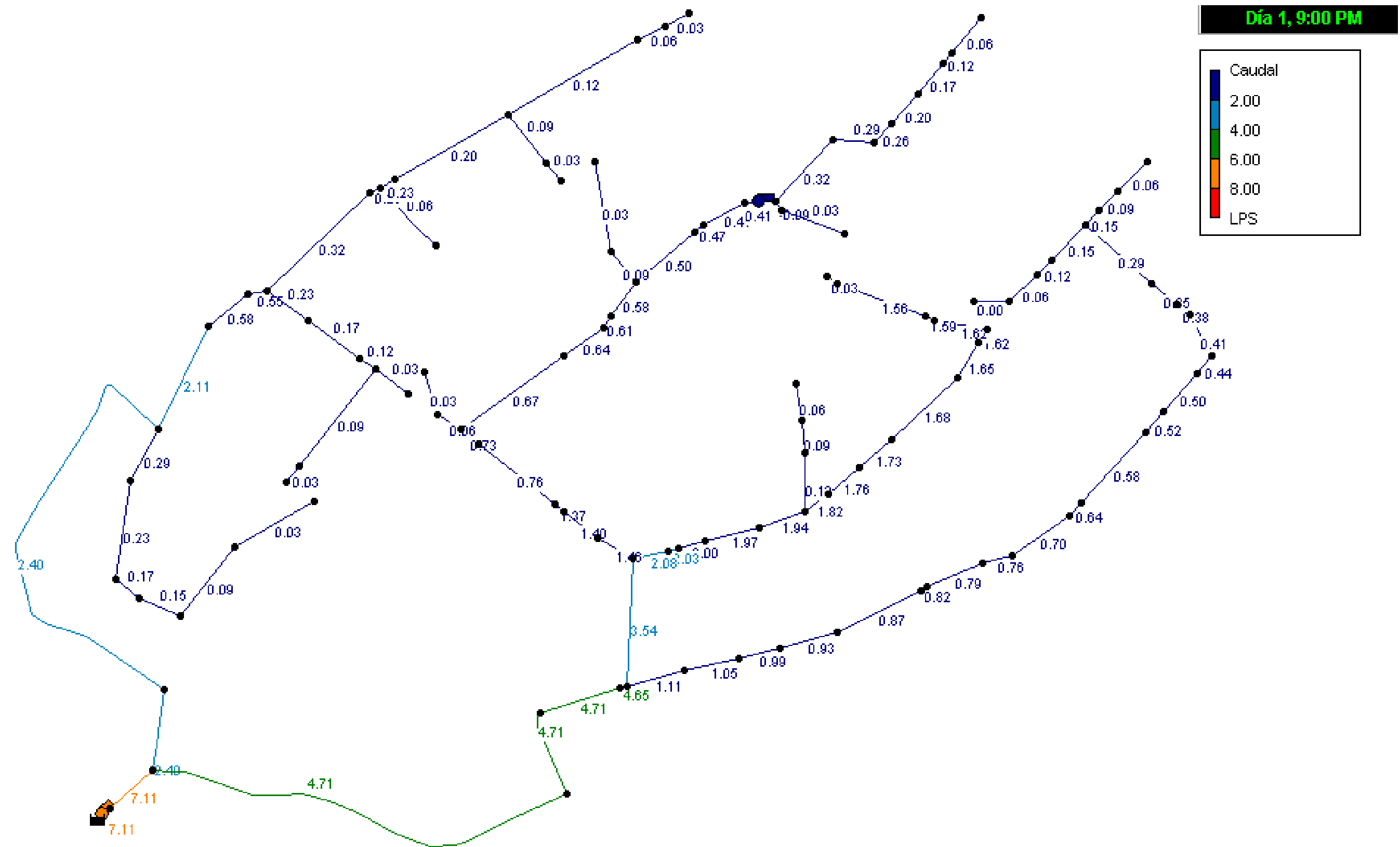


Ilustración 14: Caudales bajo máxima demanda

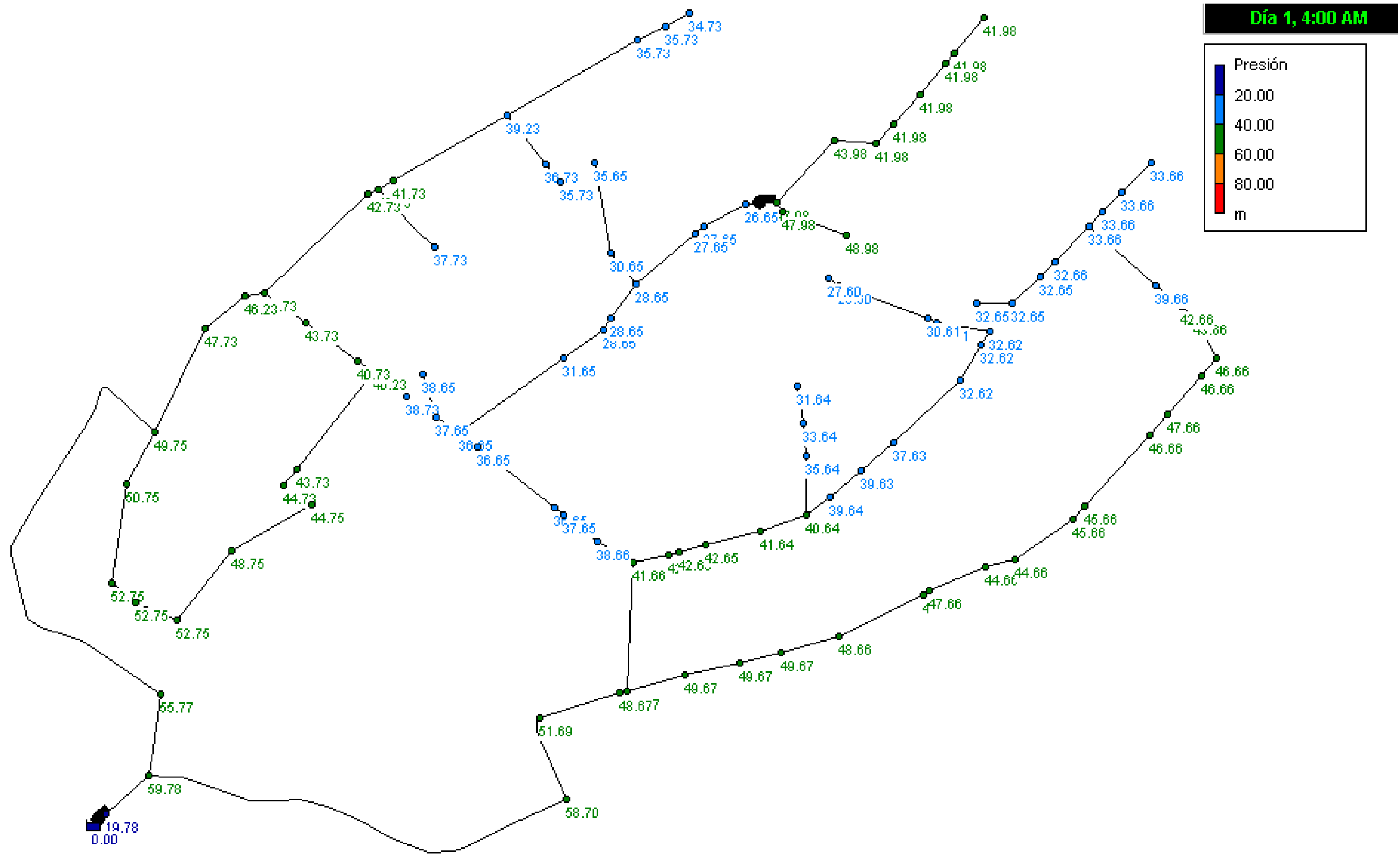


Ilustración 15: Presiones bajo mínima demanda

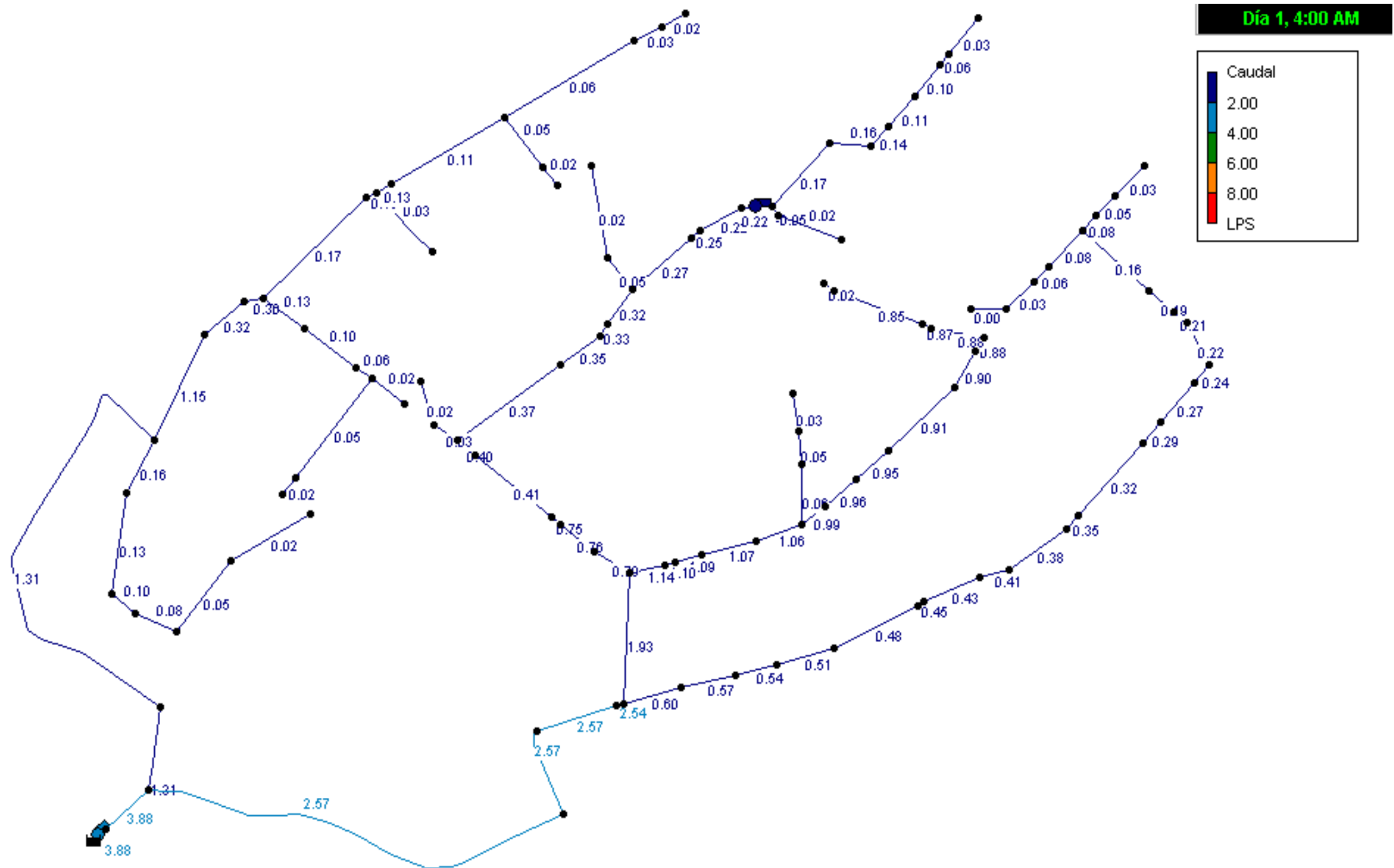


Ilustración 16: Caudales bajo mínima demanda

Se puede observar de los esquemas extraídos de Epanet que todos los nudos de la red cumplen con las condiciones requeridas para los casos de máxima de manda y mínima demanda.

- Máxima demanda: la presión mínima que se obtiene en el esquema de presiones para la máxima demanda es de 25 m.c.a. superior a los 21 m.c.a. requeridos en el actual proyecto.
- Mínima demanda: Por otro lado, se tiene que, para el caso de mínima demanda, las presiones son elevadas, y pese a sobrepasar el límite recomendable de 40 m.c.a. no supone un riesgo significativo, pues se encuentran dentro del límite de 60 m.c.a.

Hipótesis 2

Tras ejecutar el software para el caso de incendio el programa dio resultados muy deficientes y por supuesto no cumplía con la normativa. La solución pasa por incorporar otro sistema de bombas en paralelo al definido para duplicar el caudal saliente, por ello se aprovecha la bomba de repuesto instalada anteriormente para alargar la vida útil de la instalación.

Al ejecutar el software con las bombas conectadas en paralelo, se obtiene el siguiente esquema de presiones, que como se puede observar cumple los requisitos en caso de incendio.

Esquema frente a incendio

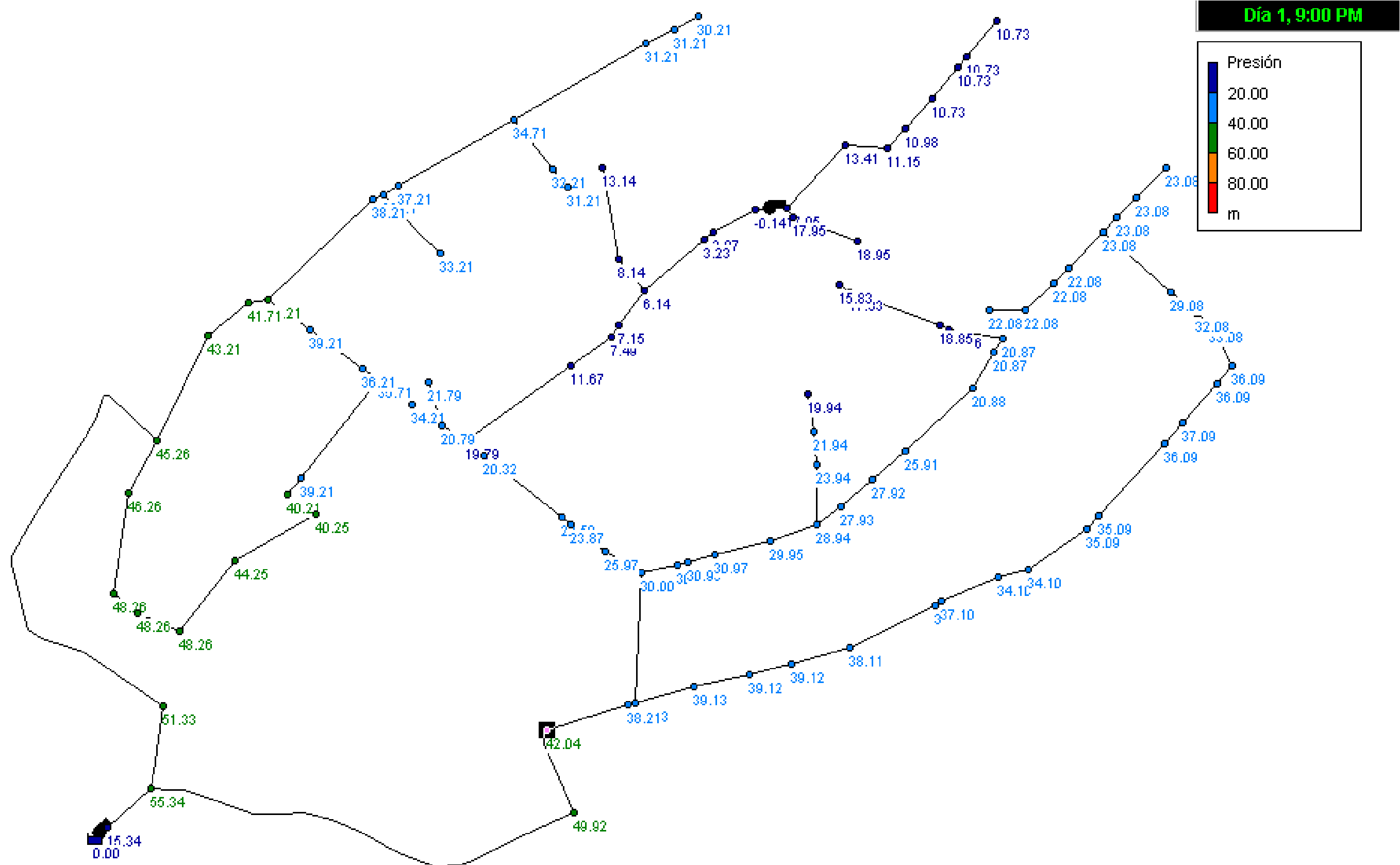


Ilustración 17: Presiones en nudo en caso de incendio y máxima demanda

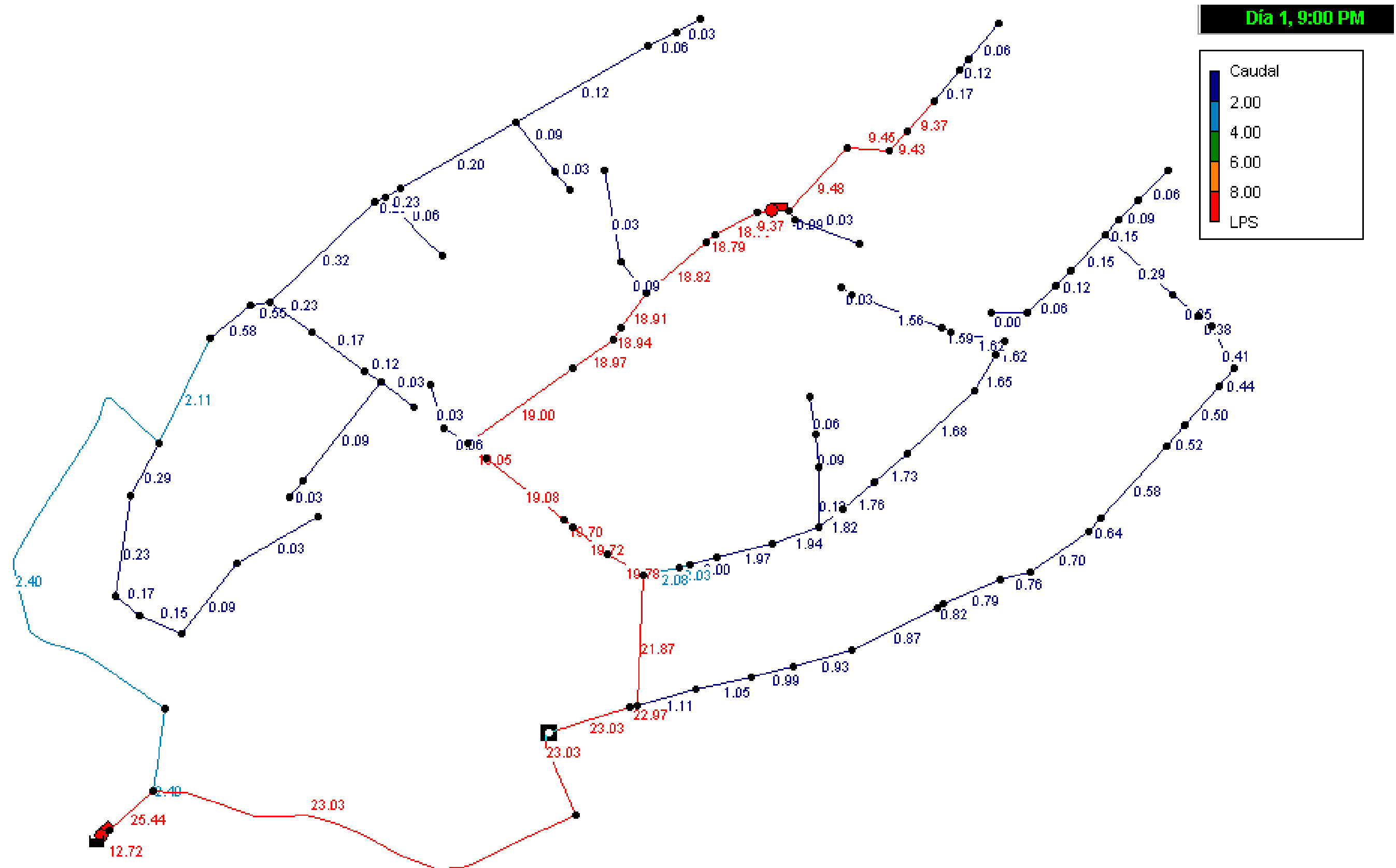


Ilustración 18: Caudales en caso de incendio y máxima demanda