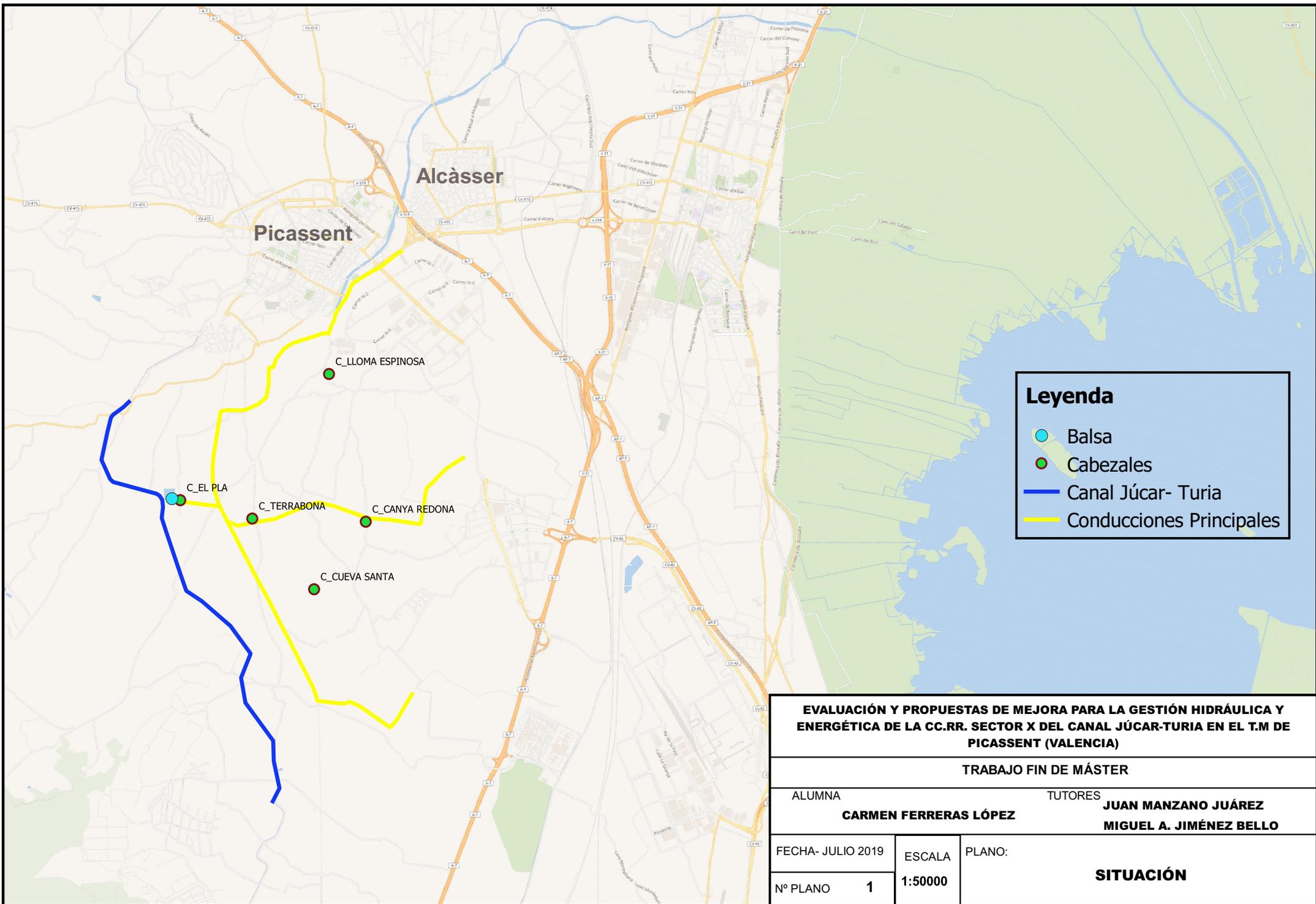


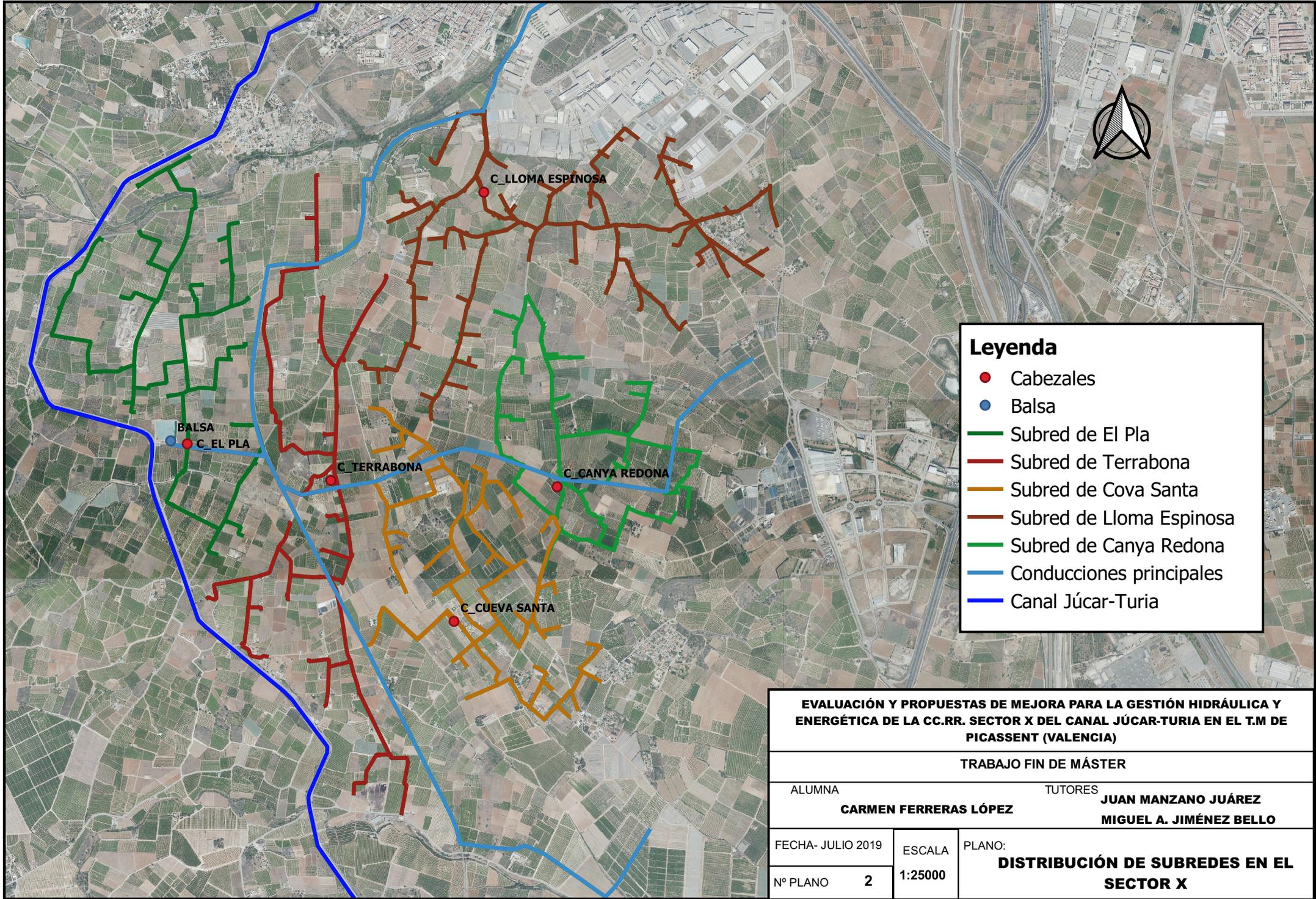
ANEJO I. PLANOS



Leyenda

- Balsa
- Cabezas
- Canal Júcar- Turia
- Conducciones Principales

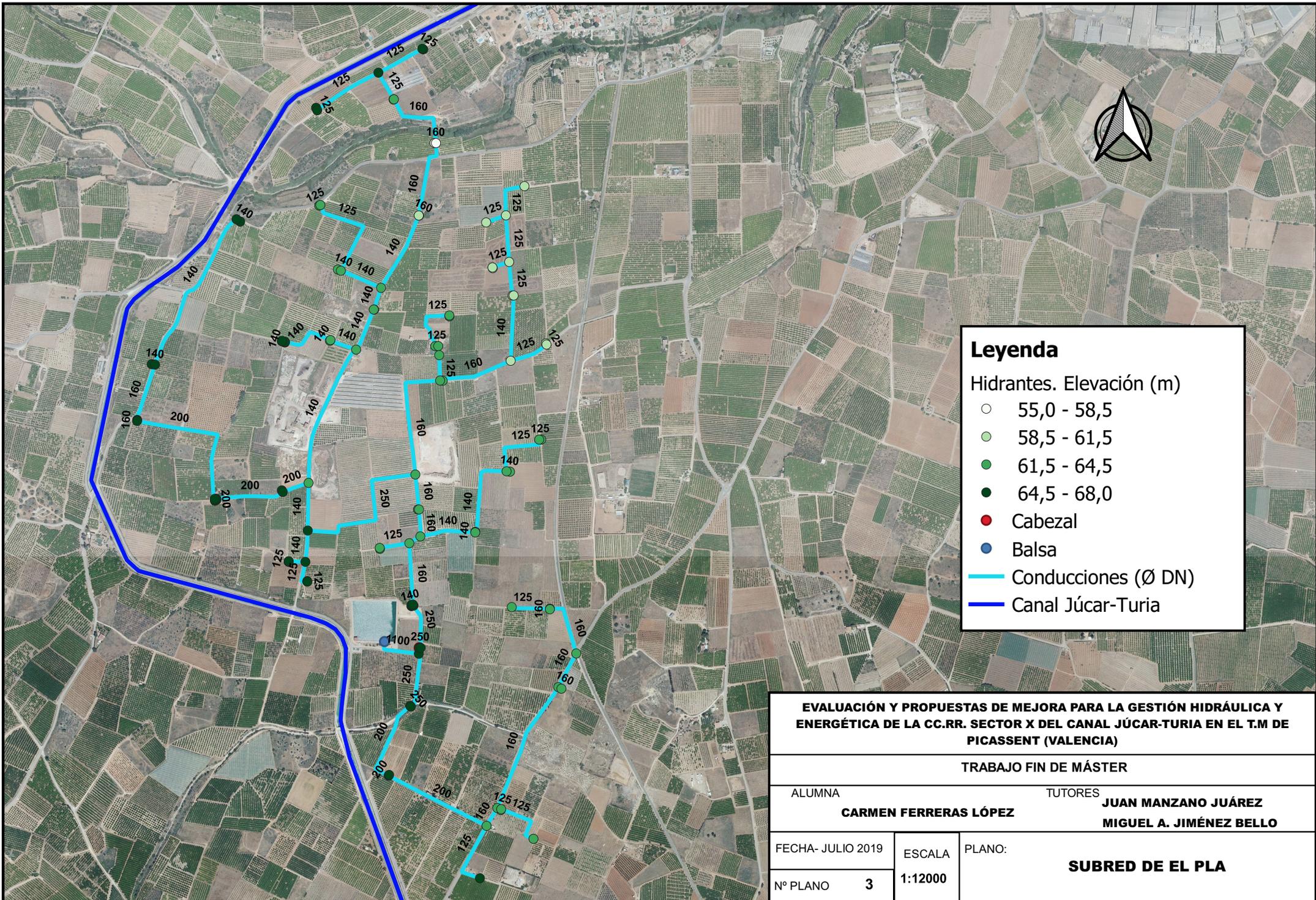
EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA GESTIÓN HIDRÁULICA Y ENERGÉTICA DE LA CC.RR. SECTOR X DEL CANAL JÚCAR-TURIA EN EL T.M DE PICASSENT (VALENCIA)		
TRABAJO FIN DE MÁSTER		
ALUMNA CARMEN FERRERAS LÓPEZ	TUTORES JUAN MANZANO JUÁREZ MIGUEL A. JIMÉNEZ BELLO	
FECHA- JULIO 2019	ESCALA 1:50000	PLANO: SITUACIÓN
Nº PLANO 1		



Leyenda

- Cabezales
- Balsa
- Subred de El Pla
- Subred de Terrabona
- Subred de Cova Santa
- Subred de Lloma Espinosa
- Subred de Canya Redona
- Conducciones principales
- Canal Júcar-Turia

EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA GESTIÓN HIDRÁULICA Y ENERGÉTICA DE LA CC.RR. SECTOR X DEL CANAL JÚCAR-TURIA EN EL T.M DE PICASSENT (VALENCIA)		
TRABAJO FIN DE MÁSTER		
ALUMNA CARMEN FERRERAS LÓPEZ		TUTORES JUAN MANZANO JUÁREZ MIGUEL A. JIMÉNEZ BELLO
FECHA- JULIO 2019	ESCALA 1:25000	PLANO: DISTRIBUCIÓN DE SUBREDES EN EL SECTOR X
Nº PLANO 2		



Leyenda

Hidrantes. Elevación (m)

- 55,0 - 58,5
- 58,5 - 61,5
- 61,5 - 64,5
- 64,5 - 68,0
- Cabezal
- Balsa
- Conducciones (Ø DN)
- Canal Júcar-Turia

EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA GESTIÓN HIDRÁULICA Y ENERGÉTICA DE LA CC.RR. SECTOR X DEL CANAL JÚCAR-TURIA EN EL T.M DE PICASSENT (VALENCIA)

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ALUMNA **CARMEN FERRERAS LÓPEZ** TUTORES **JUAN MANZANO JUÁREZ**
MIGUEL A. JIMÉNEZ BELLO

FECHA- JULIO 2019	ESCALA	PLANO:
Nº PLANO 3	1:12000	SUBRED DE EL PLA



Leyenda

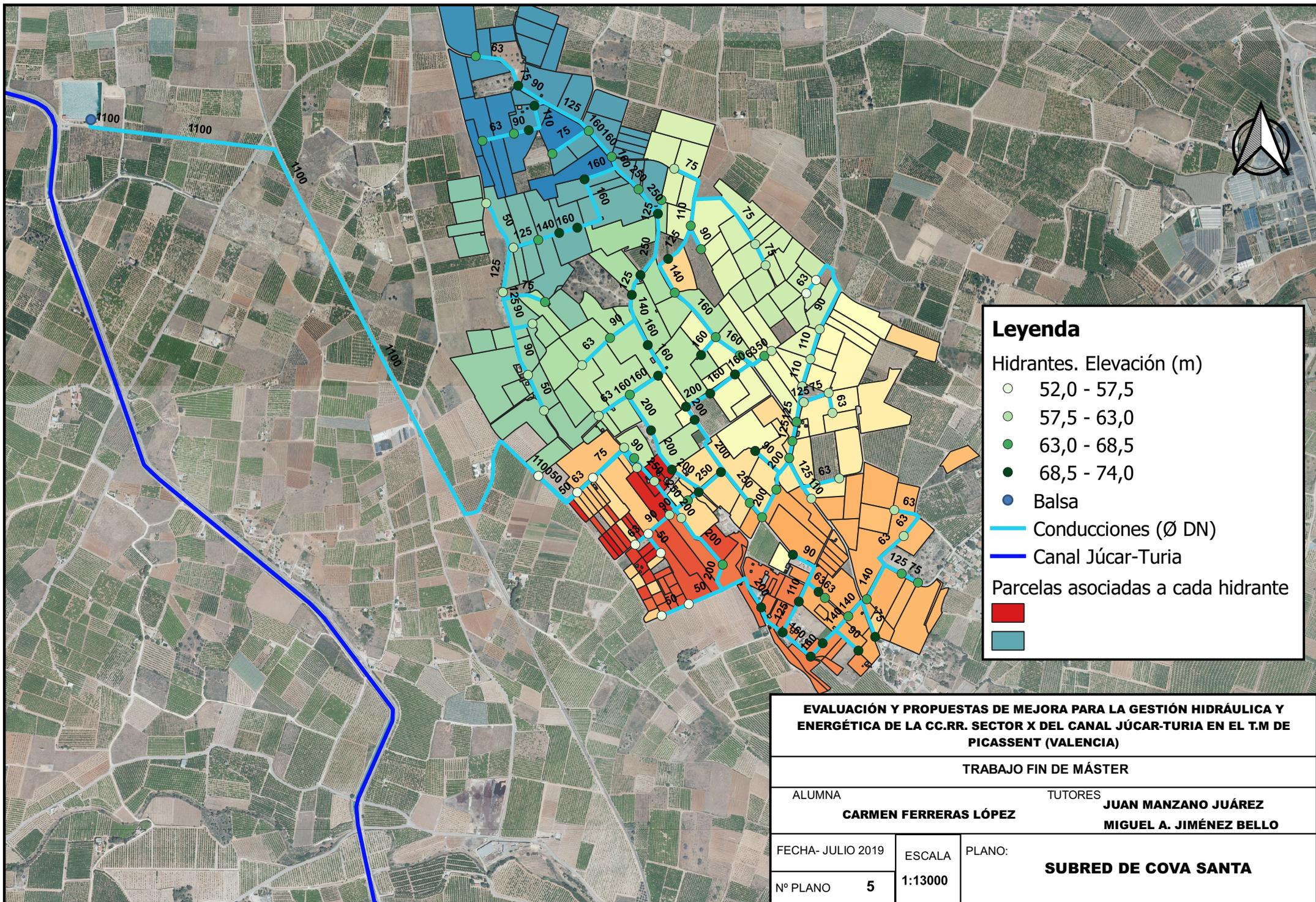
- Cabezal
- Hidrantes. Elevación (m)
 - 56,0 - 58,5
 - 58,5 - 61,5
 - 61,5 - 64,5
 - 64,5 - 67,0
- Balsa
- Conducciones (Ø DN)
- Canal Júcar-Turia

EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA GESTIÓN HIDRÁULICA Y ENERGÉTICA DE LA CC.RR. SECTOR X DEL CANAL JÚCAR-TURIA EN EL T.M DE PICASSENT (VALENCIA)

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ALUMNA **CARMEN FERRERAS LÓPEZ** TUTORES **JUAN MANZANO JUÁREZ**
MIGUEL A. JIMÉNEZ BELLO

FECHA- JULIO 2019	ESCALA	PLANO:
Nº PLANO 4	1:18000	SUBRED DE TERRABONA



Leyenda

Hidrantes. Elevación (m)

- 52,0 - 57,5
- 57,5 - 63,0
- 63,0 - 68,5
- 68,5 - 74,0
- Balsa

— Conducciones (Ø DN)

— Canal Júcar-Turía

Parcelas asociadas a cada hidrante

-
-

EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA GESTIÓN HIDRÁULICA Y ENERGÉTICA DE LA CC.RR. SECTOR X DEL CANAL JÚCAR-TURIA EN EL T.M DE PICASSENT (VALENCIA)		
TRABAJO FIN DE MÁSTER		
ALUMNA CARMEN FERRERAS LÓPEZ		TUTORES JUAN MANZANO JUÁREZ MIGUEL A. JIMÉNEZ BELLO
FECHA- JULIO 2019	ESCALA 1:13000	PLANO: SUBRED DE COVA SANTA
Nº PLANO 5		

ANEJO II.

ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES TEÓRICAS DE RIEGO

Índice

Índice de Tablas.....	2
1. Introducción	1
2. Datos de partida.....	1
2.1 Datos referentes a cultivos	1
2.2 Datos edáficos.....	1
3. Necesidades de Riego Netas (NR)	1
3.1 Necesidades de riego netas para sistemas de riego tradicionales. (NRn)	1
3.2 Necesidades de riego netas para sistemas de riego localizado (NRrl).....	2
4. Necesidades de Riego Totales (NT).....	4
5. Caudal ficticio Continuo (qfc).....	4
6. Frecuencia de riego adoptada (I).	5
7. Tiempo de riego por día	5
8. Asociación de Caudales a Hidrantes.....	6

Índice de Tablas

Tabla 1.Necesidades teóricas de riego mensuales y diarias. Fuente: elaboración propia.....	2
Tabla 2.Necesidades teóricas de riego corregidas mensuales y diarias. Fuente: elaboración propia.	4
Tabla 3. Necesidades de riego totales mensuales. Fuente: elaboración propia.....	4
Tabla 4. Tiempo de riego necesario para cada mes. Fuente: elaboración propia.	5
Tabla 5. Caudal teórico estimado por hidrante según la superficie asociada al mismo. Fuente: elaboración propia.	6

1. Introducción

Este anejo se realiza con el fin de calcular las necesidades teóricas de cultivo para así, por un lado, comprobar la diferencia entre datos reales y teóricos de los sectores con organización del riego a turnos, y por otro lado para poder realizar una hipótesis con el patrón de demanda por usuario en el cabezal de Cova Santa.

Para la realización de estos cálculos se ha partido de los parámetros climáticos ofrecidos a través del portal web del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) en el que se encuentran los datos recogidos por la estación meteorológica de Picassent, a escasos metros de las parcelas de cultivo objeto de estudio.

Dado que el 81% de la superficie está ocupada por cítricos, se asumen los datos referentes a los mismos para hacer una estimación de las necesidades de cultivo así como del caudal ficticio continuo.

2. Datos de partida

2.1 Datos referentes a cultivos

Tras evaluar la distribución de cultivos mediante ortofotos de máxima actualidad, descargadas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), junto con los datos proporcionados por la Comunidad de Regantes, se considerarán como datos de partida los siguientes:

- Tipo de cultivo: Cítricos.
- Marco de plantación: Distancia entre plantas 4m, distancia entre filas 6 (4 x 6)
- Número de emisores por planta: 10
- Caudal unitario (Q_u): 4l/h
- Diámetro de copa 3,6 m de media
- Eficiencia de Aplicación (EA): 85% debido a que presentan riego localizado
- Uniformidad en la distribución (UE): 95% ya que se dispone de emisores autocompensantes.

2.2 Datos edáficos

Al tratarse de una superficie extensa y con una orografía cambiante, y al no disponer directamente de análisis del suelo, se ha asumido que el tipo de textura es franca.

3. Necesidades de Riego Netas (NR)

Para el cálculo de estas se ha seguido el protocolo marcado por FAO 56 (Allen et al., 1998), y se ha partido de los datos de Evapotranspiración de referencia y de la precipitación efectiva de cada mes, calculados a partir de los promedios de cada mes durante un periodo de 5 años, correspondientes a 2013-2017, ambos inclusive, proporcionados por la estación meteorológica de Picassent.

3.1 Necesidades de riego netas para sistemas de riego tradicionales. (NRn)

En los sistemas de riego tradicionales, las necesidades de riego netas (NRn) se calculan a través de la siguiente expresión:

$$NR_n = ET_c - P_e - \Delta G - \Delta W$$

Donde los diferentes términos son:

- ETc: Evaporación de cultivo, en mm/día
- Pe: Precipitación efectiva, en mm/día
- ΔG: Aporte hídrico capilar, en mm/día
- ΔW: Variación de humedad del suelo entre dos riegos consecutivos, en mm/día

En la superficie objeto de estudio, no se encuentra ninguna zona en la que aparezca una capa freática alta, es por ello por lo que el aporte hídrico capilar (ΔG) será despreciable, por lo que no se tomará en consideración. De la misma manera, en el mes de máximas necesidades, la frecuencia de riego es diaria por lo que la variación en la humedad del suelo (ΔW) es muy baja, es por esta razón que no se tendrá en cuenta para realizar el cálculo. Por tanto la ecuación se reduce a:

$$NR_n = ET_c - P_e = (ET_o \cdot K_c) - P_e$$

A partir de los datos que se han mencionado se obtienen las siguientes necesidades teniendo en cuenta los cultivos existentes en la zona, así como los coeficientes de cultivo (Kc) de cada uno de ellos, se establecen las siguientes necesidades netas de cultivo para sistemas de riego con cobertura total del suelo:

Tabla 1. Necesidades teóricas de riego mensuales y diarias. Fuente: elaboración propia.

Mes	ET _o mm/mes	Pe mm/mes	Kc	ET _c mm/mes	NR _n mm/mes	Días /mes	NRn mm/día
Enero	54,5	16,4	0,57	30,9	14,6	31	0,47
Febrero	61,5	11,5	0,56	34,4	22,9	28	0,82
Marzo	87,2	26,6	0,57	49,5	22,9	31	0,74
Abril	104,3	20,0	0,53	55,7	35,7	30	1,19
Mayo	137,9	7,8	0,47	65,2	57,4	31	1,85
Junio	156,6	10,7	0,53	83,6	73,0	30	2,43
Julio	165,1	4,4	0,59	96,6	92,2	31	2,97
Agosto	137,4	13,9	0,68	93,4	79,5	31	2,57
Septiembre	104,3	21,9	0,64	66,4	44,4	30	1,48
octubre	70,2	8,2	0,72	50,7	42,4	31	1,37
Noviembre	47,1	38,0	0,63	29,6	0,0	30	0,00
Diciembre	32,0	29,2	0,54	17,4	0,0	31	0,00
Anual	1.158,1	208,628	-	673,4	485,0		

3.2 Necesidades de riego netas para sistemas de riego localizado (NRrl).

Con el sistema de riego que se cuenta, la evapotranspiración del cultivo se ve afectada por el efecto que produce sobre los mismos la localización en una superficie bastante reducida de la aportación del agua así como por la alta frecuencia con que se producen los riegos. Debido a esto, los valores calculados anteriormente se verán corregidos por los siguientes coeficientes:

$$ET_{rl} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot ET_c$$

Dónde:

- ET_{rl}: Evapotranspiración de cultivo en sistemas de riego localizado

- K_1 : Coeficiente corrector por efecto de la localización
- K_2 : Coeficiente corrector por efecto de la variación climática
- K_3 : Coeficiente corrector por efecto de la micro advección

Como valor del coeficiente K_1 , calculado en función del área sombreada por el cultivo (A), se adoptará el resultante de despreciar los valores extremos y hallando el valor medio del resto de los obtenidos de las siguientes fórmulas aportadas por distintos autores:

- Aljibury $K_1 = 1,34 A$
- Decroix $K_1 = 0,1 + A$
- Hoare et Al $K_1 = A + 0,5 (1 - A)$
- Keller $K_1 = A + 0,15 (1 - A)$

La Fracción de área sombreada por cada tipo de cultivo será:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4 \times a \times b}$$

Siendo a y b los datos correspondientes al marco de plantación. El parámetro D corresponde al diámetro de la sombra generada por los cultivos. El diámetro de sombreado medio es de 3,6 m, por lo que el área de sombreado es de 55%

Los valores de K_1 , despreciando los valores extremos y haciendo un promedio de los centrales es de 0,58.

Para el coeficiente K_2 se tiene en cuenta la variación climática, dado que los cálculos se realizan con valores climáticos medios. Para no mayorar en exceso las necesidades, se considera un coeficiente de 1,05.

La corrección por advección, viene influenciada por las dimensiones de las parcelas, así como el tipo de cultivo o elementos que hay en las parcelas colindantes. Como en este caso las parcelas colindantes presentan cultivos de árboles frutales, se adopta un valor de $K_3=1$.

Tras corregir la evapotranspiración para adecuarla al sistema de riego localizado se calcularán las necesidades de riego netas para sistemas de riego localizado que serán:

$$NR_{n(rl)} = ET_{rl} - P_e = (ET_c \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3) - P_e$$

Por lo que las necesidades riego corregidas son las siguientes:

Tabla 2. Necesidades teóricas de riego corregidas mensuales y diarias. Fuente: elaboración propia.

Mes	ETC mm/mes	Pe mm/mes	K1-K2-K3	ETRL mm/mes	NRn mm/mes	Días /mes	NRn mm/día
Enero	30,93	16,38	0,61	18,80	2,42	31,00	0,08
Febrero	34,39	11,49	0,61	20,90	9,40	28,00	0,34
Marzo	49,51	26,65	0,61	30,08	3,44	31,00	0,11
Abril	55,68	19,95	0,61	33,84	13,88	30,00	0,46
Mayo	65,22	7,79	0,61	39,63	31,84	31,00	1,03
Junio	83,64	10,69	0,61	50,83	40,14	30,00	1,34
Julio	96,60	4,41	0,61	58,70	54,29	31,00	1,75
Agosto	93,43	13,90	0,61	56,78	42,88	31,00	1,38
Septiembre	66,37	21,94	0,61	40,33	18,39	30,00	0,61
Octubre	50,67	8,22	0,61	30,79	22,57	31,00	0,73
Noviembre	29,56	37,99	0,61	17,96	0,00	30,00	0,00
Diciembre	17,37	29,20	0,61	10,55	0,00	31,00	0,00
anual	673,36	208,63	-	673,36	485,00	-	-

4. Necesidades de Riego Totales (NT).

Para el cálculo de las necesidades totales se han tenido en cuenta la eficiencia de aplicación (EA) y la uniformidad de distribución (UE).

La eficiencia de aplicación es la relación entre el agua que el cultivo aprovecha y la cantidad total de agua aplicada al mismo. Varía según el clima, la textura del suelo y la profundidad radicular media. En este caso se ha adoptado un valor de 0,85. La uniformidad de distribución será elevada ya que la mayoría de agricultores tienen instalados emisores autocompensantes. Debido a esto se ha considerado un UE de 0.95.

Según lo expuesto, las necesidades totales de riego se calculan según la siguiente fórmula:

$$NT_r = \frac{NR_{n(rl)}}{EA \times UE}$$

Como se aprecia en la Tabla 3, el mes con máximas necesidades corresponde con el mes de julio. Con el cálculo de estas necesidades se podrá valorar el aporte de agua real que se realiza en la CC. RR respecto al teórico calculado.

Tabla 3. Necesidades de riego totales mensuales. Fuente: elaboración propia.

Mes	NRn mm/mes	NRn mm/día
Enero	2,99	0,10
Febrero	11,65	0,42
Marzo	4,26	0,14
Abril	17,19	0,57
Mayo	39,43	1,27
Junio	49,71	1,66
Julio	67,23	2,17
Agosto	53,10	1,71
Septiembre	22,77	0,76
Octubre	27,94	0,90
Noviembre	0,00	0,00
Diciembre	0,00	0,00

5. Caudal ficticio Continuo (qfc)

Para calcular el caudal ficticio continuo (q) se utiliza el mes de máximas necesidades, en este caso el mes de julio, para calcular este caudal se aplica la siguiente ecuación:

$$q = NT_r \frac{10000 \text{ m}^2/\text{ha}}{24 \text{ h/día} \times 3600 \text{ s/h}}$$

Por lo que en este caso el caudal ficticio continuo es de **0,251 ls/ha**. Con este caudal se podrá obtener el caudal teórico que demanda cada hidrante perteneciente al sector de Cova santa. El volumen máximo diario requerido por unidad de superficie será de:

$$V_u = 0,251 \times 24 \times 3600 = 21700 \text{ l/ha} \cdot \text{día} = \mathbf{21,7 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{día}}$$

6. Frecuencia de riego adoptada (I).

La frecuencia del riego dependerá de los tiempos establecidos por la Comunidad de Regantes en el caso de cabezal del Pla y Terrabona. Para el cabezal de Cova Santa se adopta una frecuencia de riego de 1 día.

7. Tiempo de riego por día

Para calcular el tiempo de riego estimado por día se utilizará la expresión:

$$T = \frac{NT_r \times a \times b}{n_e \times q_e \times I}$$

Dónde:

- T es el tiempo de riego por día en horas
- a y b es el marco de plantación = 4×6
- n_e es el número de emisores por planta = 10
- q_e es el caudal nominal de los emisores = 4 l/h
- I es el intervalo entre riegos en días = 1 día

El tiempo de riego calculado en este caso para cada mes de riego será lo expuesto en la siguiente Tabla:

Tabla 4. Tiempo de riego necesario para cada mes. Fuente: elaboración propia.

Mes	NRt	Frecuencia (días)	Tiempo del riego (h/día)	Tiempo de rigo	Tiempo de riego
				min/día	h/día
Enero	0,10	1	0,06	3	0:03
Febrero	0,42	1	0,25	15	0:15
Marzo	0,14	1	0,08	5	0:05
Abril	0,57	1	0,34	21	0:21
Mayo	1,27	1	0,76	46	0:46
Junio	1,66	1	0,99	60	1:00
Julio	2,17	1	1,30	78	1:15
Agosto	1,71	1	1,03	62	1:02
Septiembre	0,76	1	0,46	27	0:27
Octubre	0,90	1	0,54	32	0:32
Noviembre	0,00	1	0,00	0	0:00
Diciembre	0,00	1	0,00	0	0:00

Para el tiempo de riego calculado, el caudal asignado en toma para la superficie regable se ha calculado siguiente la siguiente expresión:

$$Q_{Toma} = \frac{q_{fc} \times 24}{T_r}$$

Por lo que el caudal en toma será de unos **4,63 l/ s·ha= 16,67 m³/h**.

8. Asociación de Caudales a Hidrantes.

Una vez calculado el caudal por toma y unidad de superficie, se procede a obtener la demanda teórica que tendrá cada toma, perteneciente al cabezal de Cova Santa, asociada a la superficie que riega. En la Tabla 5 se muestra la relación de superficie, el nombre identificativo del hidrante y el caudal que le corresponde según lo calculado. Para ver la distribución de las parcelas y de las tomas se puede consultar el *ANEJO I. PLANOS – PLANO N ° 5. SUBRED DE COVA SANTA*.

Tabla 5. Caudal teórico estimado por hidrante según la superficie asociada al mismo. Fuente: elaboración propia.

Superficie (ha)	IDHIDRANTE	Qtoma (m3/ha-día)	Qhidrante (m3/día)	Superficie (ha)	IDHIDRANTE	Qtoma (m3/ha-día)	Qhidrante (m3/día)
2,39	cu_?	21,7	52,0	2,03	cu_C10	21,7	44,1
0,70	cu_??	21,7	15,1	0,80	cu_C11	21,7	17,3
1,55	cu_11	21,7	33,6	1,59	cu_C12	21,7	34,4
0,30	cu_12	21,7	6,5	1,04	cu_C13	21,7	22,5
0,62	cu_13	21,7	13,5	2,70	cu_C14	21,7	58,6
1,14	cu_14	21,7	24,7	1,68	cu_C15	21,7	36,4
0,87	cu_15	21,7	18,9	3,24	cu_C16	21,7	70,3
1,06	cu_16	21,7	22,9	0,42	cu_C2	21,7	9,2
1,31	cu_17	21,7	28,4	0,68	cu_C3	21,7	14,7
0,09	cu_18	21,7	2,0	1,55	cu_C4	21,7	33,6
3,50	cu_19	21,7	75,9	0,86	cu_C5	21,7	18,6
0,63	cu_2	21,7	13,7	0,92	cu_C6	21,7	20,0
0,52	cu_20	21,7	11,3	0,51	cu_C7	21,7	11,0
0,35	cu_21	21,7	7,7	0,53	cu_C8	21,7	11,5
0,85	cu_22	21,7	18,4	1,93	cu_C9	21,7	41,8
0,34	cu_23	21,7	7,3	0,88	cu_D1	21,7	19,1
0,34	cu_24	21,7	7,4	0,84	cu_D10	21,7	18,2
0,92	cu_25	21,7	20,0	1,54	cu_D2	21,7	33,4
2,30	cu_27	21,7	49,8	2,04	cu_D3	21,7	44,2
0,55	cu_28	21,7	11,9	0,18	cu_D4	21,7	3,9
5,27	cu_29	21,7	114,3	0,00	cu_D5	21,7	0,1
0,41	cu_3	21,7	9,0	1,77	cu_D7	21,7	38,4
2,46	cu_4	21,7	53,5	2,79	cu_D8	21,7	60,5
0,62	cu_5	21,7	13,5	1,28	cu_D9	21,7	27,9
3,05	cu_7	21,7	66,3	1,62	cu_E1	21,7	35,1
0,47	cu_8	21,7	10,1	0,43	cu_E10	21,7	9,2
0,60	cu_9	21,7	13,0	0,63	cu_E11	21,7	13,6
1,05	cu_B1	21,7	22,7	2,23	cu_E12	21,7	48,5
1,29	cu_B10	21,7	28,1	3,73	cu_E13	21,7	80,9
0,67	cu_B12	21,7	14,5	2,96	cu_E14	21,7	64,1
0,89	cu_B13	21,7	19,3	0,98	cu_E15	21,7	21,3
1,99	cu_B15	21,7	43,2	2,60	cu_E16	21,7	56,5
2,69	cu_B16	21,7	58,5	1,29	cu_E17	21,7	27,9
0,97	cu_B17	21,7	21,1	0,59	cu_E18	21,7	12,8
1,30	cu_B18	21,7	28,1	0,71	cu_E2	21,7	15,4
1,37	cu_B19	21,7	29,7	1,43	cu_E20	21,7	31,0
0,20	cu_B2	21,7	4,3	2,16	cu_E21	21,7	46,8
1,62	cu_B20	21,7	35,1	2,35	cu_E22	21,7	50,9
1,89	cu_B21	21,7	41,1	4,87	cu_E23	21,7	105,7
1,47	cu_B3	21,7	31,9	1,58	cu_E3	21,7	34,4
0,77	cu_B4	21,7	16,7	2,21	cu_E4	21,7	47,9
0,30	cu_B5	21,7	6,5	1,09	cu_E5	21,7	23,6
0,49	cu_B6	21,7	10,6	1,32	cu_E6	21,7	28,7
2,22	cu_B7	21,7	48,1	2,28	cu_E7	21,7	49,4
0,89	cu_B8	21,7	19,3	1,81	cu_E8	21,7	39,3
0,65	cu_B9	21,7	14,1	1,43	cu_E9	21,7	31,0

ANEJO III.

PATRONES DE CONSUMO EN EL CABEZAL DE COVA SANTA

Índice

1. Introducción	1
2. Elaboración del patrón	1

Índice de Figuras

Figura 1. Patrón de consumo de la primera quincena de junio en el cabezal de Cova Santa. Se representan los caudales promedio demandados para cada hora del día. Fuente: elaboración propia.	1
Figura 2.. Patrón de consumo en el mes de julio en el cabezal de Cova Santa. Se representan los caudales promedio demandados para cada hora del día. Fuente: elaboración propia.	2
Figura 3. Patrón de consumo en el mes de agosto en el cabezal de Cova Santa. Se representan los caudales promedio demandados para cada hora del día. Fuente: elaboración propia.	2
Figura 4. Patrón de consumo en la primera quincena del mes de septiembre en el cabezal de Cova Santa. Se representan los caudales promedio demandados para cada hora del día. Fuente: elaboración propia.	3

1. Introducción

Debido a que este sector de Cova Santa tiene una organización de riego a la demanda, no se dispone de un patrón de consumo concreto ya que los usuarios no presentan unos turnos de riego preestablecidos. Sin embargo, para poder evaluar cuáles son los consumos energéticos y el funcionamiento de toda la subred, es necesario obtener un patrón de consumo que recoja el comportamiento de los usuarios.

2. Elaboración del patrón

Se dispone de los volúmenes que se vierten a la red cada hora. Se han obtenido los caudales promedio de la misma hora del día durante todos los días de cada mes estudiado. Con estos caudales se ha calculado la desviación estándar en función del total de los caudales de cada hora proporcionados como argumentos.

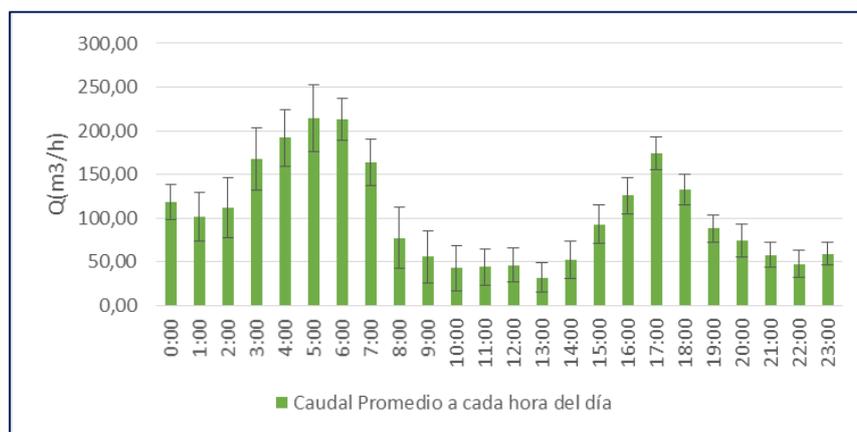


Figura 1. Patrón de consumo de la primera quincena de junio en el cabezal de Cova Santa. Se representan los caudales promedio demandados para cada hora del día. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 1 se muestra el patrón de consumo obtenido para la segunda quincena de junio, los picos de máxima demanda coinciden con las horas del periodo tarifario más barato (PV), sin embargo, el riego no cesa en las horas centrales del día correspondientes al periodo tarifario más caro (PP) comprendido entre las 10:00h y las 16.00h, según la tarifa contratada.

La desviación de los datos oscila entre los 12.99 y los 35.45 m³/h, desviaciones asumibles en este caso.

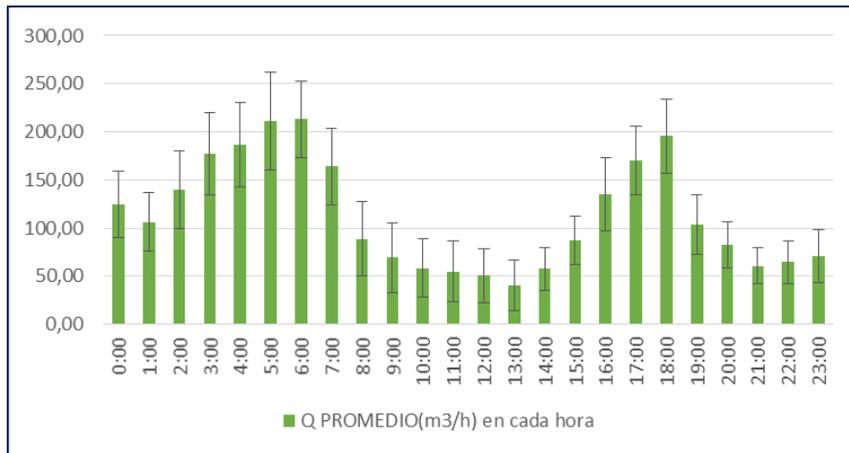


Figura 2.. Patrón de consumo en el mes de julio en el cabezal de Cova Santa. Se representan los caudales promedio demandados para cada hora del día. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2 se muestra el patrón de consumo obtenido para el mes de julio. Al igual que ocurre en el mes anterior, en este las horas de máxima demanda corresponden con las primeras horas del día correspondientes al periodo valle y a las primeras de la tarde que se encuentran dentro del periodo tarifario medio (PLL).

Los consumos aumentan en todas las horas de riego de julio, sin embargo, los consumos en los picos de demanda se mantienen. Este hecho puede deberse a que con la organización del riego a la demanda - sin ningún tipo de gestión en la apertura de unos u otros hidrantes - la red no puede abastecer a más usuarios o por lo menos con un mínimo garantizado de presión.

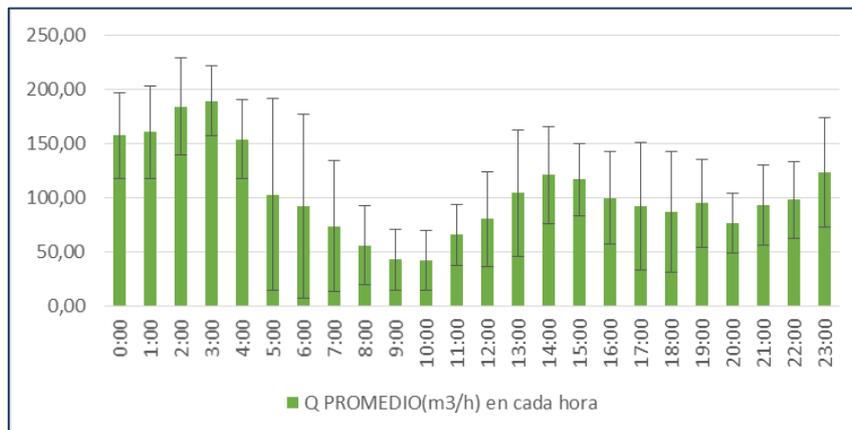


Figura 3. Patrón de consumo en el mes de agosto en el cabezal de Cova Santa. Se representan los caudales promedio demandados para cada hora del día. Fuente: elaboración propia.

El patrón de consumo de agosto cambia respecto a los meses de junio y julio, los consumos medios se elevan a lo largo del día y no parecen ajustarse a los horarios con los periodos tarifarios más baratos.

En este mes la desviación de los datos presenta una horquilla más amplia que los anteriores. Teniendo valores desde los 27.60 hasta los 85.19 m³/h.

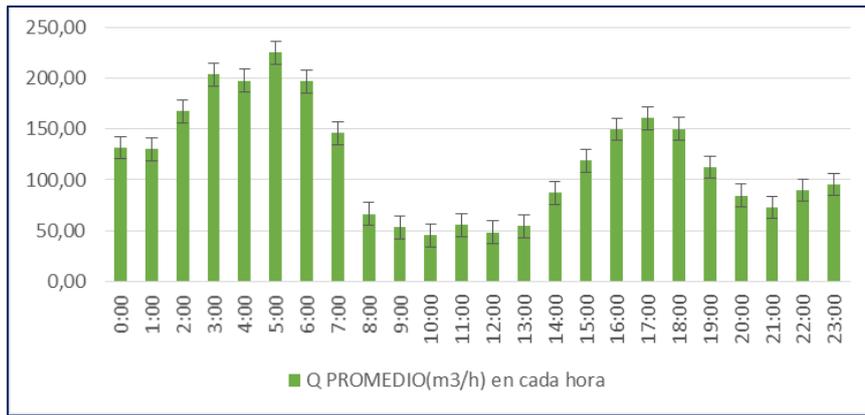


Figura 4. Patrón de consumo en la primera quincena del mes de septiembre en el cabezal de Cova Santa. Se representan los caudales promedio demandados para cada hora del día. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4 se representa el patrón de consumo correspondiente a la primera quincena de septiembre. Este patrón se asemeja al del mes de junio, aunque en este mes los consumos medios son superiores. Se puede apreciar una desviación estándar menor al resto de meses.

ANEJO IV.

ANÁLISIS DE LA GESTIÓN EN LOS GRUPOS DE BOMBEO

Índice

1. Gestión de los grupos de bombeo	1
2. Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo	1
2.1 Cabezal EL PLA.....	5
2.1.1 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de enero.	5
2.1.2 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de mayo.	6
2.1.3 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de agosto.	8
2.2 Cabezal de Terrabona.....	9
2.2.1 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de enero.	9
2.2.2 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de mayo.	10
2.2.3 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de julio.	11
2.3 Cabezal de Cova Santa	12
2.3.1 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de junio.....	12
2.3.2 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de julio.	13
2.3.3 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de agosto.	14
2.3.4 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de septiembre.	15
3. CONCLUSIONES	16

Índice de Figuras

Figura 1. Representación curva característica de la bomba H-Q y curva de rendimiento Rend-Q de los grupos de bombeo en el cabezal de El Pla	1
Figura 2. Representación curva característica de la bomba H-Q y curva de rendimiento Rend-Q de los grupos de bombeo en el cabezal de Terrabona.	2
Figura 3. Representación curva característica de la bomba H-Q y curva de rendimiento Rend-Q de los grupos de bombeo en el cabezal de Cova Santa	2
Figura 4. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de enero. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de El Pla durante un día completo. Fuente: elaboración propia.	5
Figura 5. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de mayo. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de El Pla durante un día completo. Fuente: elaboración propia.	6
Figura 6. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de mayo. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de El Pla durante un día completo de consumos mínimos. Fuente: elaboración propia.	7
Figura 7. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de agosto. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de El Pla durante un día completo. Fuente: elaboración propia.	8
Figura 8. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de enero. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con	

velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de Terrabona durante un día completo. Fuente: elaboración propia.	9
Figura 9. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de mayo. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de Terrabona durante un día completo. Fuente: elaboración propia.	10
Figura 10. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de julio. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de Terrabona durante un día completo. Fuente: elaboración propia.	11
Figura 11. fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético Cabezal de Cova Santa. Primera quincena de junio.	12
Figura 12. fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético Cabezal de Cova Santa. Mes de julio.	13
Figura 13. fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético Cabezal de Cova Santa. Mes de agosto.	14
Figura 14. fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético Cabezal de Cova Santa. Primera quincena de septiembre.	15

1. Gestión de los grupos de bombeo

Epanet no simula el comportamiento de los grupos de bombeo con velocidad variable cuando a éstos se les asigna una presión de consigna para que el variador de velocidad se encargue de regular la velocidad de giro. Por tanto, para resolver esto, lo que se ha hecho es sustituir las bombas por un incremento en la cota del embalse, es decir, la altura total del embalse será igual a la cota de este más la presión de consigna. Los gestores de la CC. RR aseguran que durante todo el año la presión de consigna fijada en todos los cabezales es de 45 mca y se mantiene siempre fija.

2. Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo

Una vez reasignada la altura del embalse, 111.84 m, se procede a simular cada subred con el objetivo de saber cuál es el funcionamiento real que se está llevando a cabo en los grupos de bombeo situados en los cabezales. Para ello, se tienen en cuenta los caudales demandados en cada intervalo de simulación en el cabezal, así como las ecuaciones de las curvas características de las bombas y las leyes de semejanza. A continuación, se explicará el proceso seguido para cada grupo de bombeo y cabezal:

Mediante la curva característica de las bombas, aportada por el fabricante, se ha creado una curva característica más ajustada con más valores para así poder obtener la ecuación de la curva. De la misma manera, se ha obtenido la ecuación correspondiente a la curva de rendimiento de las bombas (Figura 1).

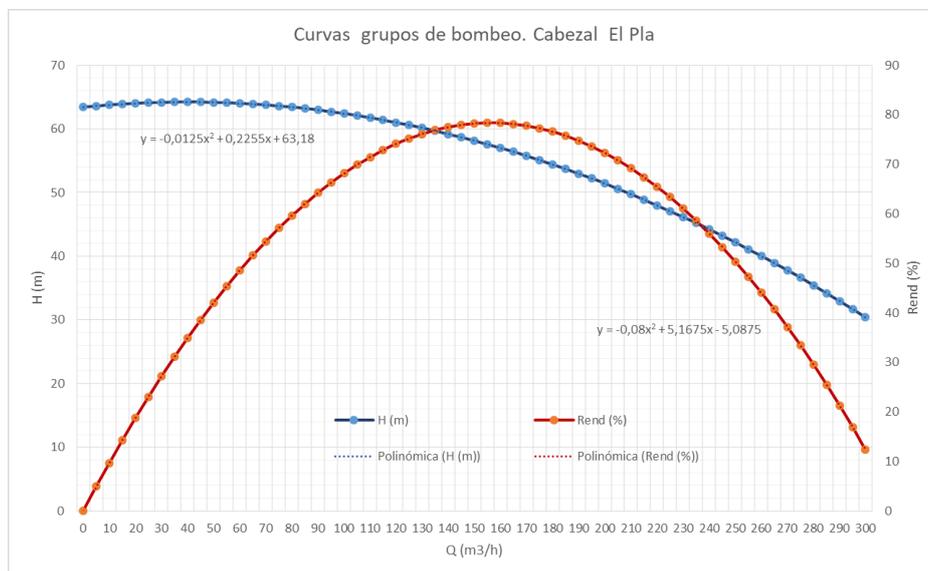


Figura 1. Representación curva característica de la bomba H-Q y curva de rendimiento Rend-Q de los grupos de bombeo en el cabezal de El Pla

En la Figura 1 se ha representado la curva característica de la bomba en relación de altura-Caudal, en este caso la correspondiente al cabezal del Pla, y la curva de rendimiento cuya relación es Rendimiento-Caudal. Lo que interesa es que la bomba funcione lo más cerca posible al punto óptimo de rendimiento. Tal y como se aprecia en la Figura 1, el rendimiento máximo al que se podría llegar sería del 78% a los 155 m³/h.

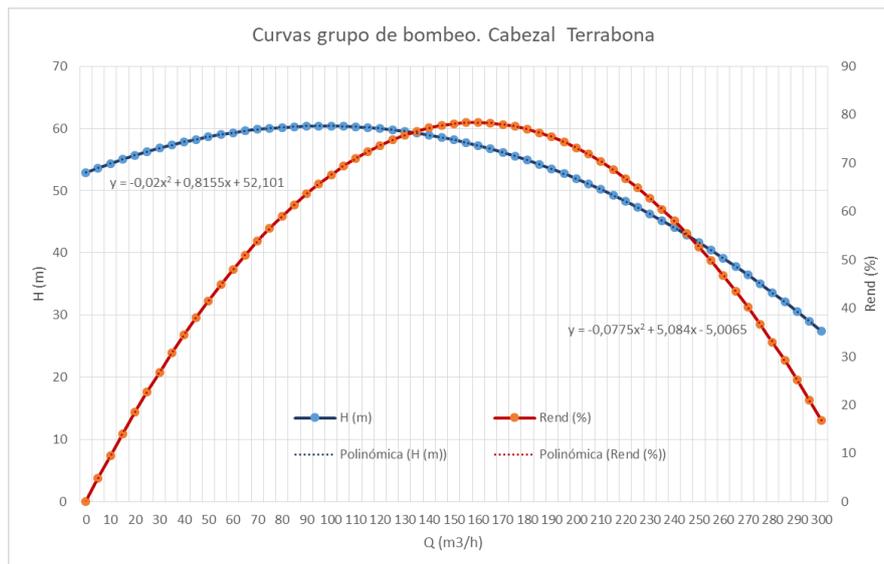


Figura 2. Representación curva característica de la bomba H-Q y curva de rendimiento Rend-Q de los grupos de bombeo en el cabezal de Terrabona.

En la Figura 2 se ha representado la curva característica de la bomba, en este caso la correspondiente al cabezal de Terrabona, y la curva de rendimiento. Al igual que en la figura anterior, lo que interesa es que la bomba funcione lo más cerca posible al punto óptimo de rendimiento. El rendimiento máximo de esta bomba es del 78,37% cuando el caudal asciende a 160 m³/h y la altura que bombeo la bomba es de 57,23 m.

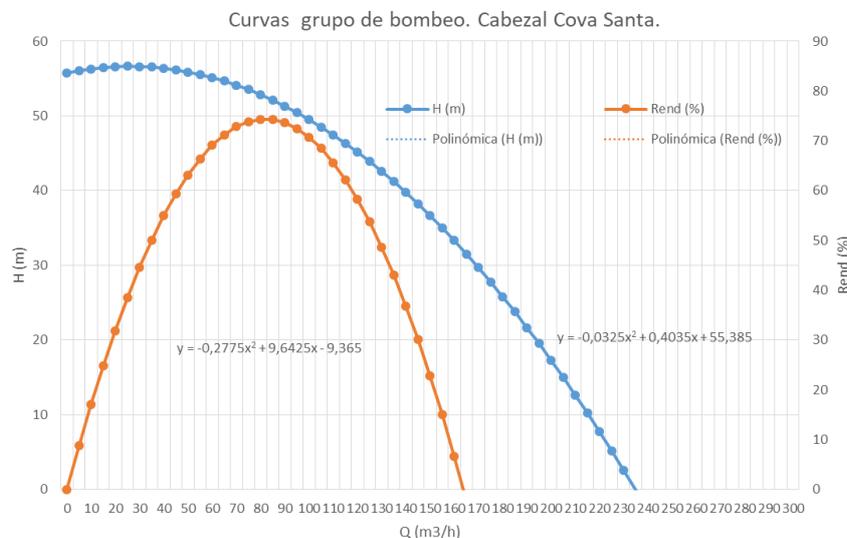


Figura 3. Representación curva característica de la bomba H-Q y curva de rendimiento Rend-Q de los grupos de bombeo en el cabezal de Cova Santa

En la Figura 3 se ha representado la curva característica de la bomba, en este caso la correspondiente al cabezal de Cova Santa, y la curva de rendimiento. Al igual que en la figura anterior, lo que interesa es que la bomba funcione lo más cerca posible al punto óptimo de rendimiento. El rendimiento máximo de esta bomba es del 74,36% cuando el caudal asciende a 80 m³/h y la altura que bombeo la bomba es de 52,85 m.

Las curvas representadas se adaptan a las expresiones polinómicas típicas de las curvas características de las bombas:

$$H_{Bomba} = A + BQ + CQ^2$$

Dónde:

H_{Bomba} : Es la altura que suministra la bomba en relación al caudal y a los coeficientes de ajuste (A, B, C) propios de la curva.

Q : Caudal suministrado por la bomba.

Ecuación curva característica El Pla: $y = -0,0125x^2 + 0,2255x + 63,1$

Ecuación curva característica Terrabona: $y = -0,02x^2 + 0,8155x + 52,101$

Ecuación curva característica Cova Santa: $y = -0,0325x^2 + 0,4035x + 55,385$

La curva de rendimiento del grupo de bombeo también se adapta a la siguiente ecuación:

$$\mu = \frac{\gamma Q H_B}{P} = BQ + CQ^2$$

Dónde:

η : Rendimiento de la bomba en relación al caudal que suministra y a los coeficientes de ajuste propios de la curva.

γ : Peso específico del fluido

P : Potencia que ha de suministrar el grupo de bombeo

Q : Caudal suministrado por la bomba.

Ecuación curva rendimiento El Pla: $y = -0,08x^2 + 5,1675x - 5,0875$

Ecuación curva rendimiento Terrabona: $y = -0,0775x^2 + 5,084x - 5,0065$

Ecuación curva rendimiento de Cova santa: $y = -0,2775x^2 + 9,6425x - 9,365$

Tabla 1. Coeficientes de ajuste de la curva característica de rendimiento de los grupos de bombeo.

		A	B	C
Cabezal El Pla	Curva Caract.	63,18	0,225	-0,0125
	Curva Rend.	-5,0875	0,051675	-0,0008
Cabezal Terrabona	Curva Caract.	52,101	0,8155	-0,02
	Curva Rend.	-5,0065	0,05084	-0,000775
Cabezal Cova Santa	Curva Caract.	55,385	0,4035	-0,0325
	Curva Rend.	-9,365	0,096425	-0,002775

Como en las subredes, objeto de estudio, los grupos de bombeo funcionan a velocidad variable, el análisis del funcionamiento de las bombas se llevará a cabo a partir de las leyes de semejanza de las turbomáquinas.

De esta manera, mediante la ayuda de una hoja de cálculo externa, se han ido creando los escenarios reales de funcionamiento de las bombas existentes a cada instante de simulación durante jornadas completas.

Los indicadores energéticos que se han empleado para realizar el análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo han sido el consumo energético específico de agua bombeada, CEVTP (kWh/m^3), el cual sirve para validar y comparar diferentes escenarios teniendo en cuenta el agua bombeada. También se han representado los rendimientos de cada bomba a lo largo de un periodo completo. Se utilizará otro indicador, como es la potencia máxima (kW) registrada de operación en cada mes.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada cabezal de riego para los distintos meses elegidos.

2.1 Cabezal EL PLA

2.1.1 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de enero.

En las siguientes figuras se ha representado la evolución diaria del consumo energético de los grupos de bombeo y el número de bombas en funcionamiento, acompañado del rendimiento, a cada instante de simulación en un día representativo del mes de enero.

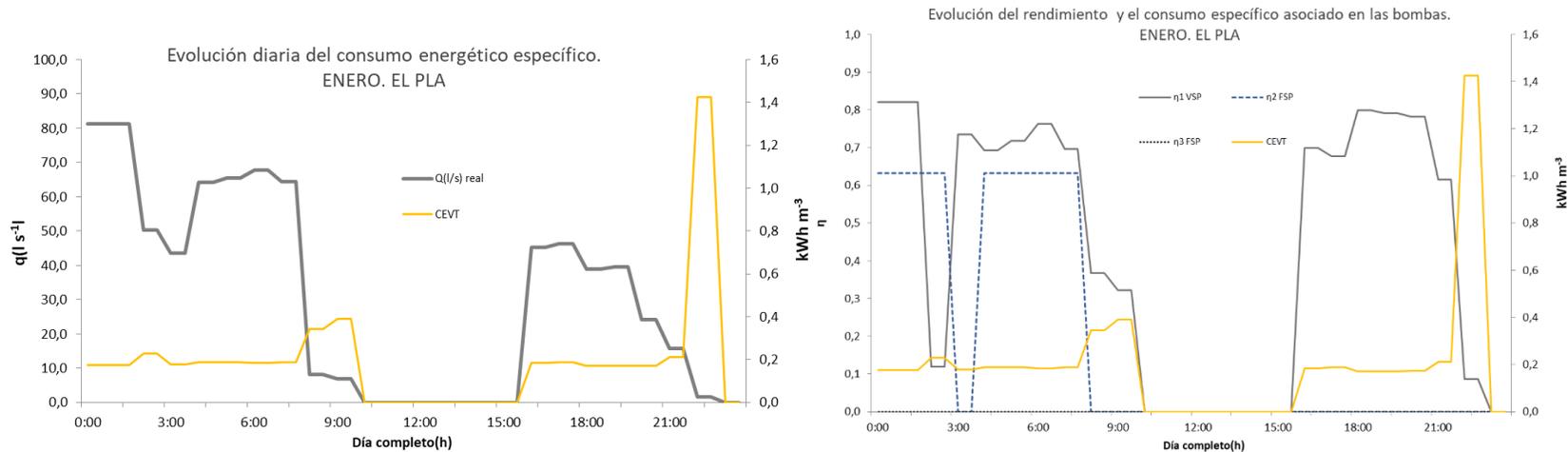


Figura 4. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de enero. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de El Pla durante un día completo. Fuente: elaboración propia.

Se observan caudales máximos en la primera hora del día (00.00h-1:00h) llegando a los 81 l/s. El siguiente pico de consumo se localiza a las 6.00h. De 10:00h a 15:30h se interrumpe por completo el riego y se vuelve a retomar a las 16:00h. En este mes, cuyas necesidades hídricas son mínimas, se deberían ajustar los riegos al periodo horario más barato de la tarifa eléctrica contratada, que en este caso correspondería con las horas comprendidas entre las 00.00h y las 8:00h, evitando así coincidir, innecesariamente, con las horas del periodo punta, horas que coinciden con la segunda parte del día en la que hay consumo, de 16:00h a 20:30h. Los consumos energéticos específicos (CEVTp) se ven aumentados en los momentos del día en los que los caudales son mínimos y el rendimiento de las bombas también lo es. Por otra parte, en la Figura 4, se representa el número de bombas que funcionan en cada momento y sus rendimientos. Se dispone de tres bombas en este cabezal, sin embargo, en este mes solo se usan dos de ellas. La BVF no funciona con rendimientos uniformes, sino que pasa de tener casi un 80% a un 33% y un 17%, mientras que la segunda bomba funciona a un 63%.

2.1.2 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de mayo.

En las siguientes figuras se ha representado la evolución diaria del consumo energético de los grupos de bombeo y el número de bombas en funcionamiento, acompañado del rendimiento, a cada instante de simulación en un día representativo del mes de mayo.

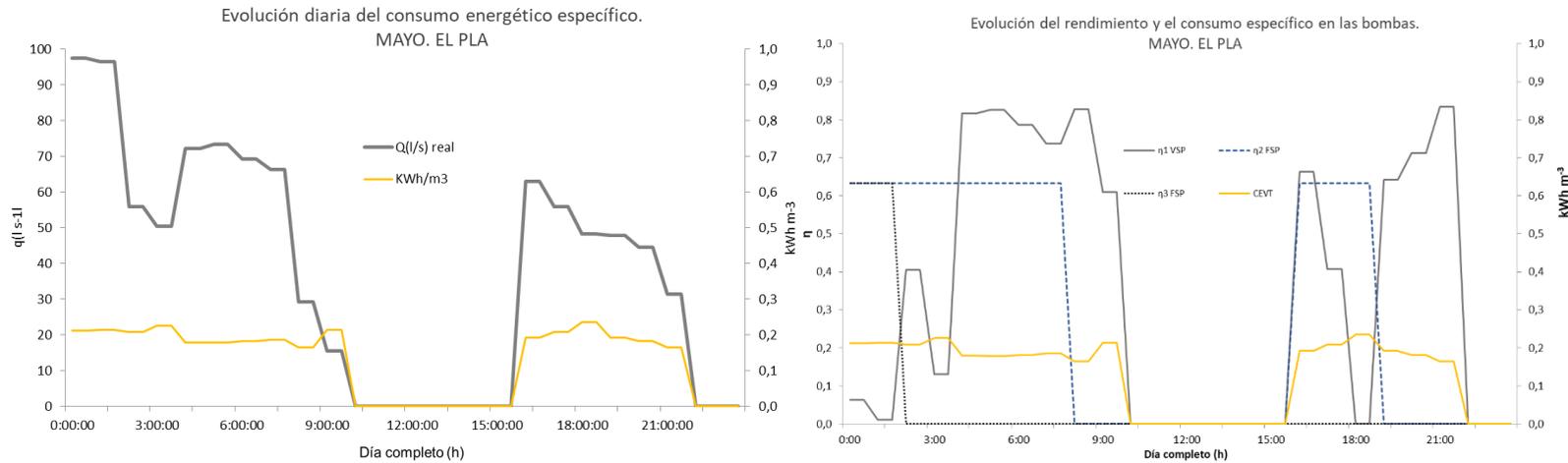


Figura 5. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de mayo. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CVET el consumo específico energético en el Cabezal de El Pla durante un día completo. Fuente: elaboración propia.

En este mes los consumos se localizan en las mismas horas del día que en el mes anterior, sin embargo, en este caso sí se ajustan las horas de riego al período valle y llano. Debido a las fluctuaciones del caudal, el rendimiento de la BVF desciende por ser necesario el arranque de la segunda bomba. Se podría realizar un cambio en la distribución de los caudales para que así las bombas de velocidad variable, para esa presión de consigna, funcionen a mejores rendimientos. En cuanto al consumo energético específico (CEVTp) aumenta considerablemente en las horas en las que el caudal es mínimo, por lo que estas horas deberían eliminarse del riego y distribuir estos consumos a otras horas, siempre que las bombas lo permitan.

En este mes hay días en los que el consumo total de un día completo no llega a 400 m³, siendo el promedio de 3400 m³/día. Por este motivo, se ha decidido realizar una simulación de un día representativo con este tipo de consumo. En la Figura 6 se observa que los caudales punta no superan los 20l/s. El caudal se reparte a lo largo del día e incluso se anula en horas correspondientes al periodo tarifario PV, pero no en las horas correspondientes al PLL. El consumo específico es elevado durante todo el día debido a estos bajos consumos y a la presión de consigna se sigue manteniendo constante a 45 mca.

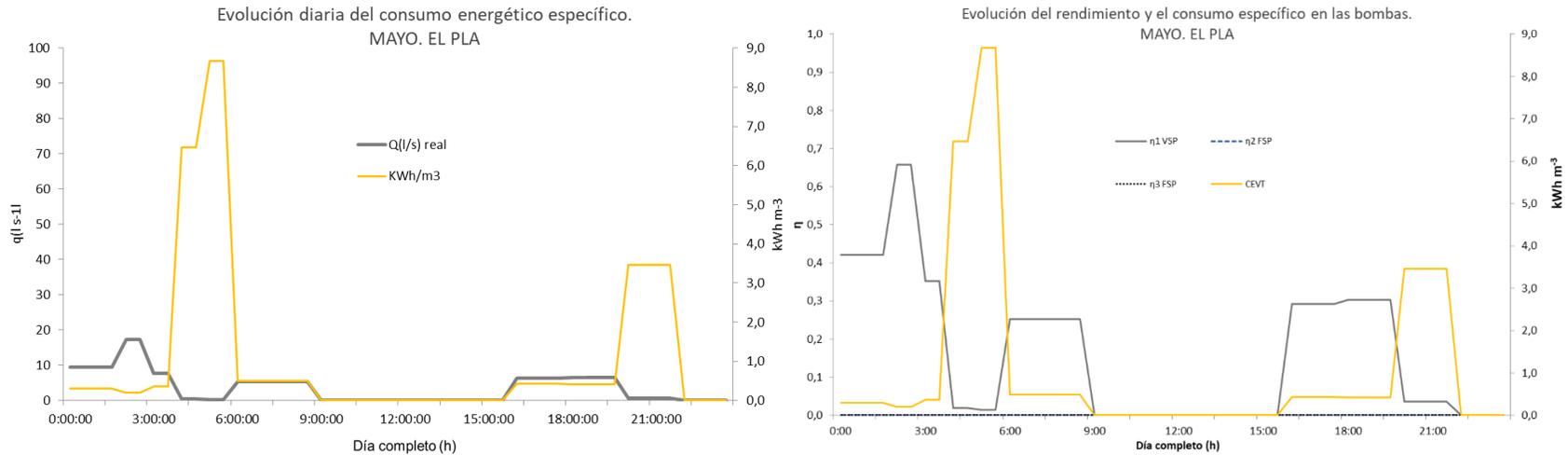


Figura 6. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de mayo. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de El Pla durante un día completo de consumos mínimos. Fuente: elaboración propia.

Únicamente funciona la BVF con rendimientos muy inferiores a los óptimos. Para poder mejorar el funcionamiento de la red en estos días se podrían redistribuir los consumos a unas horas acotadas en el periodo valle y disminuir la presión de consigna para así conseguir un rendimiento adecuado del grupo de bombeo y bajar el consumo energético específico a niveles normales.

2.1.3 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de agosto.

En las siguientes figuras se ha representado la evolución diaria del consumo energético de los grupos de bombeo y el número de bombas en funcionamiento, acompañado del rendimiento, a cada instante de simulación en un día representativo del mes de agosto.

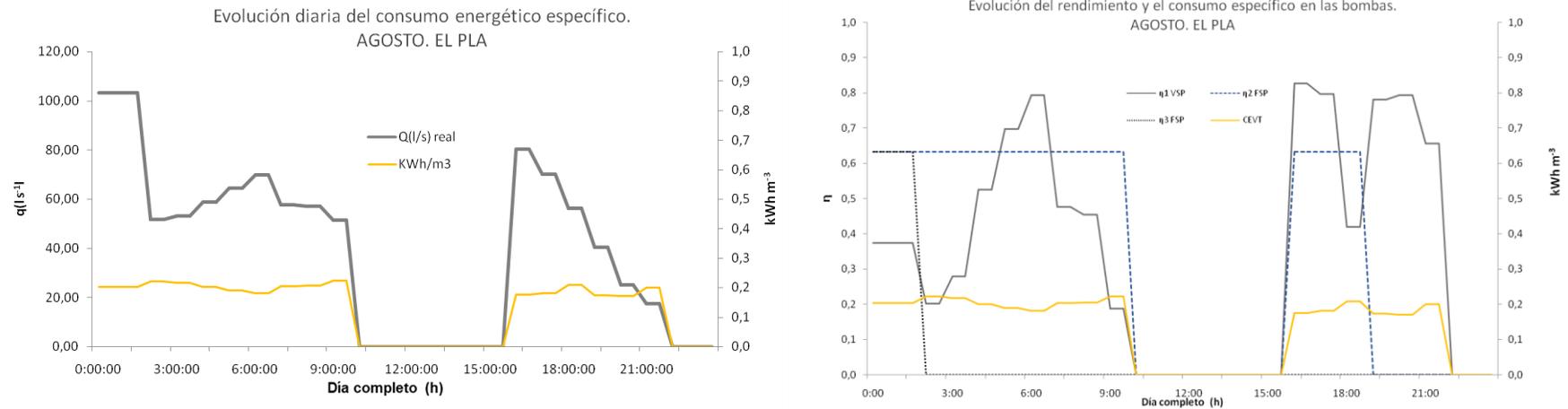


Figura 7. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de agosto. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de El Pla durante un día completo. Fuente: elaboración propia.

En este mes, el caudal máximo de la red se mantiene respecto al mes de mayo, sin embargo, los caudales medios aumentan debido a que agosto es el mes de máximas necesidades. Las tres bombas se mantienen en funcionamiento las dos primeras horas del día. El rendimiento de las BVF presenta varias fluctuaciones; en determinadas franjas horarias desciende debido al arranque de la primera o segunda bomba de velocidad variable y al volumen del caudal que, aun siendo elevado, no es suficiente como para conseguir un buen rendimiento de las tres o de las dos bombas en funcionamiento (según el caso). Se podría realizar un cambio en la distribución de los caudales para que así las bombas de velocidad variable, para esa presión de consigna, funcionen a mejores rendimientos. En cuanto al consumo energético específico (CEVTp) aumenta en las horas en las que el rendimiento de las bombas es bajo por lo que podría disminuirse aplicando lo expuesto anteriormente.

2.2 Cabezal de Terrabona.

2.2.1 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de enero.

En las siguientes figuras se ha representado la evolución diaria del consumo energético de los grupos de bombeo y el número de bombas en funcionamiento, acompañado del rendimiento, a cada instante de simulación en un día representativo del mes de enero. En este cabezal solo se cuenta con dos bombas, una de ellas de velocidad variable.

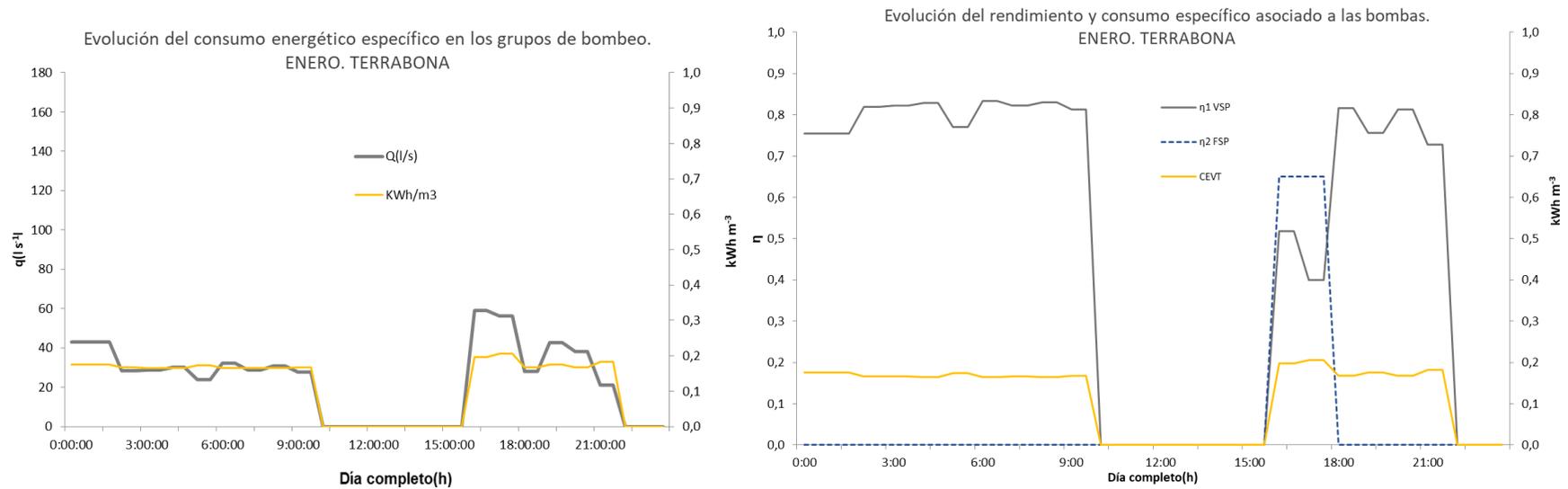


Figura 8. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de enero. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de Terrabona durante un día completo. Fuente: elaboración propia.

En este mes se observa que las necesidades son muy bajas. Los consumos no se ajustan a los periodos tarifarios más baratos ya que las horas comprendidas entre las 17:00h y las 21:30h corresponden con el periodo pico (PP) en el que hay riego. Se observan fluctuaciones en el caudal a lo largo del tiempo llegando a su máximo a las 16.00h, momento en el cual entra a funcionar la segunda bomba. Los rendimientos de la BVF son elevados a lo largo del día. Se podría estudiar la posibilidad de redistribuir los caudales de manera que se ajusten a las horas de riego comprendidas en las horas del PV y PLL, evitando en todo momento el PP, aunque ello supusiese el tener que conectar una segunda bomba.

2.2.2 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de mayo.

En las siguientes figuras se ha representado la evolución diaria del consumo energético de los grupos de bombeo y el número de bombas en funcionamiento, acompañado del rendimiento, a cada instante de simulación en un día representativo del mes de mayo.

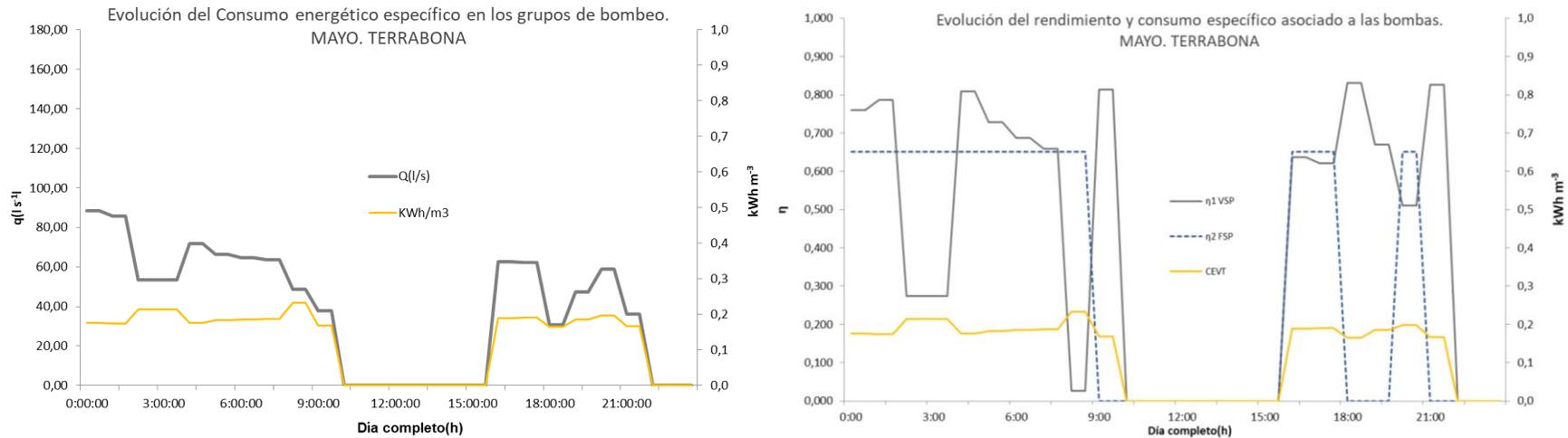


Figura 9. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de mayo. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de Terrabona durante un día completo. Fuente: elaboración propia.

En este mes las necesidades de riego son mucho más elevadas. La jornada de riego se ajusta al periodo valle y llano. Están funcionando dos bombas en casi la totalidad del día. Se observa un descenso brusco de la BVF en algunas horas debido a que el caudal requerido en la red supera por poco al caudal teórico marcado de la bomba. En general en este mes los rendimientos y el funcionamiento de la red son buenos por lo que no se necesitan grandes cambios.

2.2.3 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de julio.

En las siguientes figuras se ha representado la evolución diaria del consumo energético de los grupos de bombeo y el número de bombas en funcionamiento, acompañado del rendimiento, a cada instante de simulación en un día representativo del mes de julio.

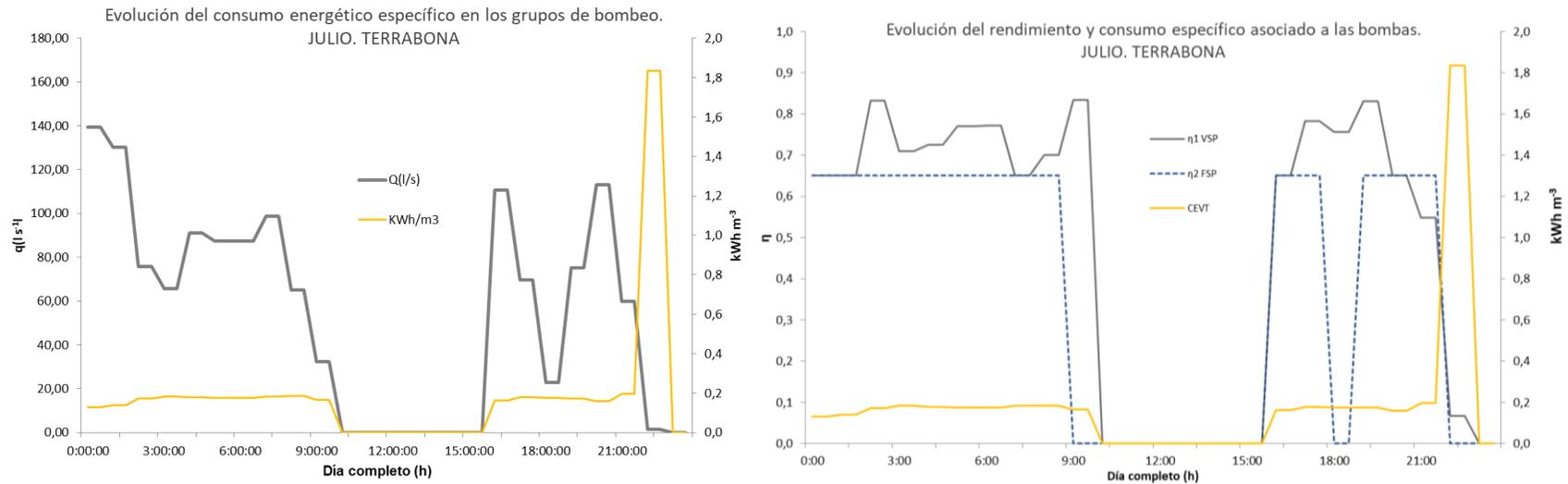


Figura 10. (Izquierda) Evolución diaria del consumo energético (CVET) en los grupos de bombeo y del Caudal (Q) requerido en la red. (Derecha) fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas en el mes de julio. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético en el Cabezal de Terrabona durante un día completo. Fuente: elaboración propia.

Este es el mes con máximas necesidades, los consumos se localizan en las mismas horas del día que en el mes anterior, ajustándose las horas de riego al PV y PL. En la primera hora del día se concentra un caudal muy elevado, bajando el consumo más de un 50% en la tercera hora. En cuanto al consumo energético específico se mantiene con ligeras elevaciones a lo largo de la jornada de riego excepto en la última hora debido al caudal mínimo que está impulsando la bomba.

2.3 Cabezal de Cova Santa

2.3.1 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de junio

En las siguientes figuras se ha representado la evolución diaria del consumo energético de los grupos de bombeo y el número de bombas en funcionamiento, acompañado del rendimiento, a cada instante de simulación en un día representativo de la segunda quincena de junio. No se representa el patrón de consumo del caudal a lo largo del día ya que este se ha comentado en el ANEJO III. PATRONES DE CONSUMO EN EL CABEZAL DE COVA SANTA. Lo mismo ocurre en los epígrafes siguientes.

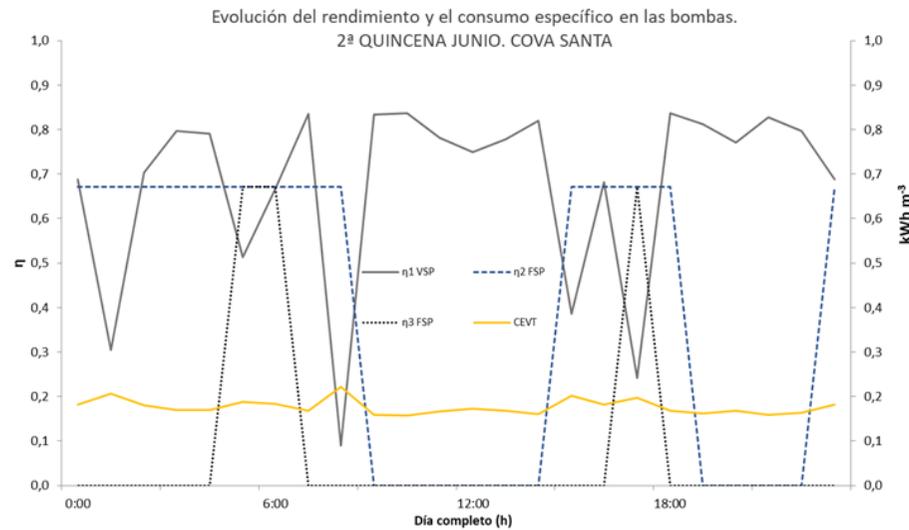


Figura 11. fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético Cabezal de Cova Santa. Primera quincena de junio.

Se observa un claro desbarajuste en el funcionamiento de las bombas. La segunda BVV llega a conectarse en tres ocasiones del día provocando una disminución en el rendimiento de la BVF. La BVF permanece en funcionamiento durante todo el día ya que, incluso en las horas centrales del día, cuyo periodo tarifario es más caro, se está demandando agua en la red. En este periodo la demanda no es excesiva por lo que no es necesario el arranque de una segunda bomba. El consumo específico se mantiene bastante estable debido a que las BVV cuando se conectan funcionan a rendimientos altos del 67%.

2.3.2 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de julio.

En las siguientes figuras se ha representado la evolución diaria del consumo energético de los grupos de bombeo y el número de bombas en funcionamiento, acompañado del rendimiento, a cada instante de simulación en un día representativo en el mes de julio.

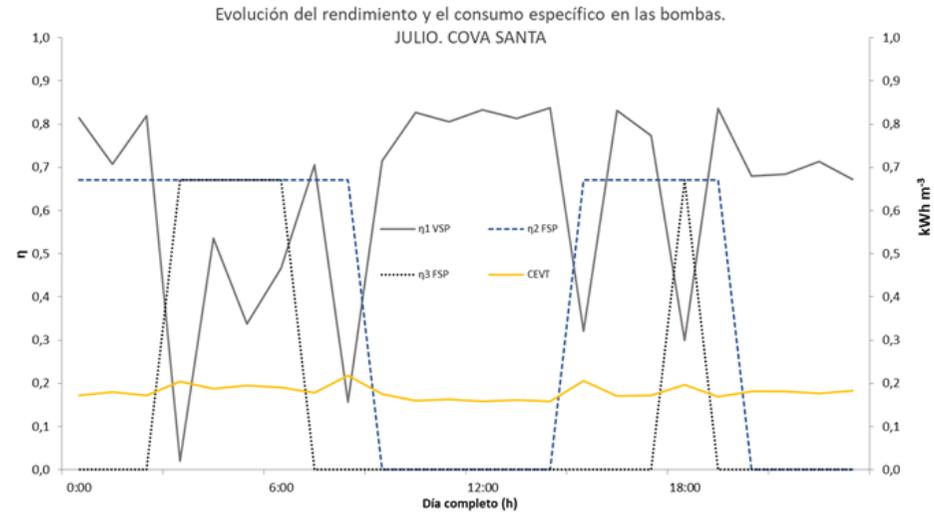


Figura 12. fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético Cabezal de Cova Santa. Mes de julio.

En este mes, debido a un aumento de la demanda, es necesario el arranque de las dos BVV, esto provoca la caída del rendimiento en la BVF ya que, aunque el caudal requerido es alto, no lo es tanto como para que las tres bombas funcionen a rendimientos óptimos por lo que el CEVT aumenta. Al igual que ocurre en junio, en el periodo pico se sigue regando, aunque con un caudal mucho menor, necesitándose la puesta en marcha de una única bomba.

2.3.3 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de agosto.

En las siguientes figuras se ha representado la evolución diaria del consumo energético de los grupos de bombeo y el número de bombas en funcionamiento, acompañado del rendimiento, a cada instante de simulación en un día representativo en el mes de agosto.

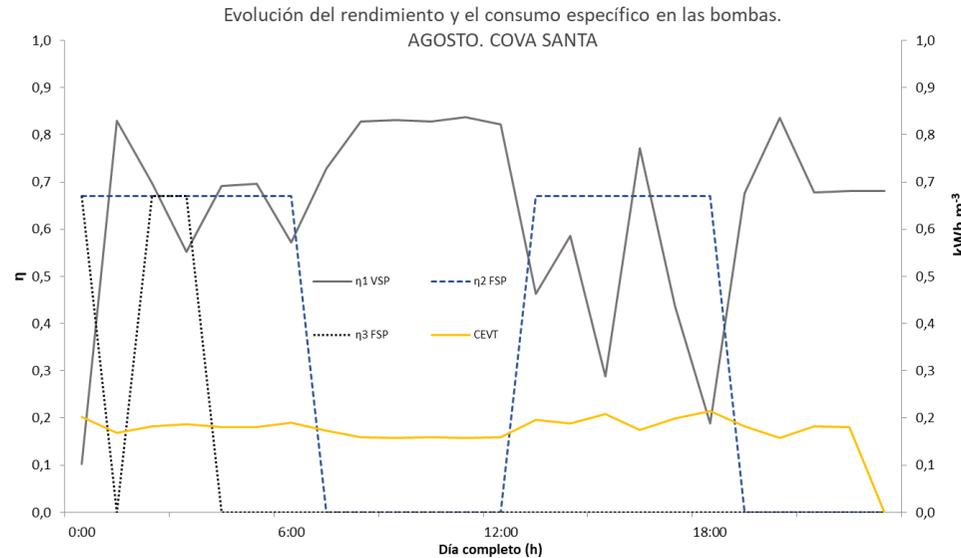


Figura 13. fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético Cabezal de Cova Santa. Mes de agosto.

En este mes, el consumo demandado se concentra más en las primeras horas del día, coincidiendo con el periodo tarifario más barato (PV). Al igual que los anteriores meses, no disminuye a cero el consumo en las horas centrales del día. Cabe destacar la disminución de la demanda en la segunda parte del día, al contrario que en el mes de julio que volvía a aumentar. Debido a esto, la BVF funciona a rendimientos muy bajos, aunque en promedio se sitúa en torno a un 63.7%. El consumo energético específico es ligeramente mayor que en los meses anteriores.

2.3.4 Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo en el mes de septiembre.

En las siguientes figuras se ha representado la evolución diaria del consumo energético de los grupos de bombeo y el número de bombas en funcionamiento, acompañado del rendimiento, a cada instante de simulación en un día representativo en la primera quincena de septiembre.

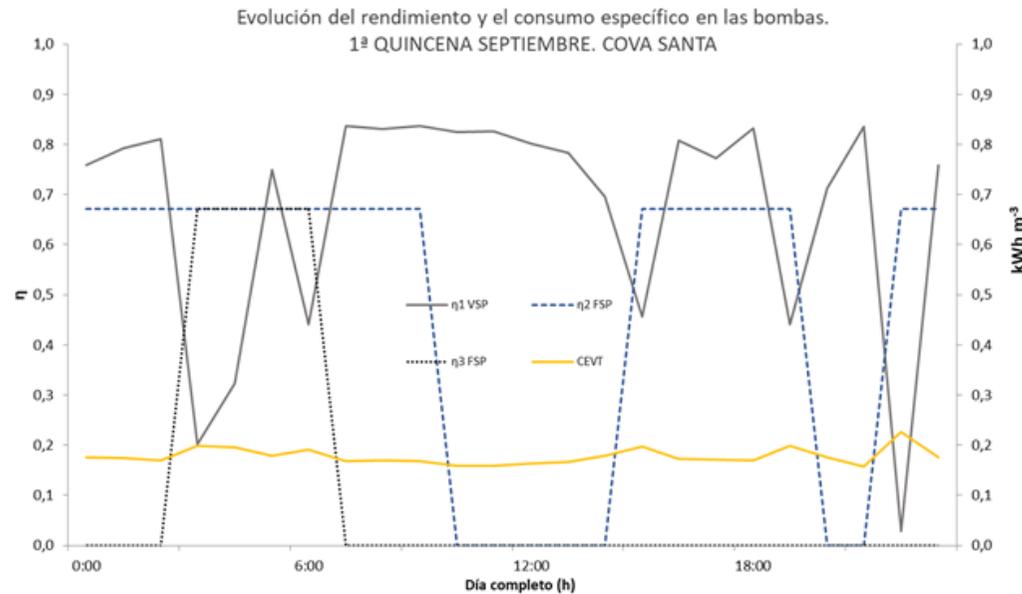


Figura 14. fluctuación diaria del rendimiento y el consumo específico de las bombas. Siendo μ_1 VSP el rendimiento de la bomba con velocidad fija, μ_2 y μ_3 los rendimientos de las bombas con velocidad variable y CEVT el consumo específico energético Cabezal de Cova Santa. Primera quincena de septiembre.

En esta quincena los consumos son elevados, la segunda bomba de velocidad variable se conecta durante más horas haciendo descender el rendimiento de la BVF y aumentando el CEVT. Por lo general la BVF y la primera BVV operan a rendimientos buenos de entorno al 67%. Como ocurre en todos los meses representados, el consumo en las horas centrales del día no cesa, aunque los gestores de la CC. RR aconsejan no regar debido al mayor coste energético.

3. CONCLUSIONES

Tras haber analizado la evolución de los consumos energéticos y el comportamiento de los grupos de bombeo en los meses representativos de cada cabezal, se han podido obtener las siguientes conclusiones:

- Los consumos energéticos son elevados debido, por una parte, a los bajos rendimientos de los grupos de bombeo en algunas horas y a los caudales mínimos circulantes en la red y, por otro lado, debido a la elevada presión de consigna dispuesta para todos los meses.
- En la Figura 1, Figura 2 y Figura 3 se incluyen las curvas de rendimiento de los grupos de bombeo aportados por el fabricante. Estas curvas se han ajustado al modelo adoptado, pero no son las reales. También se observa en ambas curvas rendimientos muy elevados, por lo que es posible que no se esté teniendo en cuenta el rendimiento eléctrico del motor.
- Los meses de mínimas necesidades no tienen los consumos ajustados a los periodos de tarifa más barato, por lo que se podrían redistribuir las horas de riego que estén fuera del PV o PL para así conseguir disminuir el coste final. Para que dicho planteamiento se cumpla, se estudiará si las bombas tienen la capacidad suficiente para hacer frente a esta redistribución de consumos.
- Hay determinadas horas del día en las que son necesarias las dos bombas, en muchos de esos casos, el rendimiento de la BVF disminuye a unos rendimientos fuera de los óptimos. Para poder conseguir unos rendimientos aceptables de los grupos de bombeo se estudiará la posibilidad de, o bien disminuir el caudal y redistribuirlo a otras horas para necesitar solo una de las bombas, o aumentar el caudal para que la primera bomba pueda mantener un rendimiento óptimo.
- Hay que tener en cuenta que el funcionamiento del grupo de bombeo en el cabezal de Cova Santa se ha creado de manera teórica según los patrones de consumo elaborados, por lo que no se ajusta de manera precisa a la realidad.
- En el cabezal de Cova Santa se riega siempre durante las horas correspondientes al periodo pico (PP). Durante estas horas debería de restringirse el riego totalmente y tener los grupos de bombeo desconectados ya que esa demanda se puede abastecer en otras horas.

ANEJO V.
FICHEROS EPANET.

Índice de Figuras

Figura 1. Representación de la distribución de la subred de El Pla en EPANET v2.0. Los puntos representan los nudos de consumo y las líneas la red de tuberías. Los colores se aplican según la presión (m) y el caudal (m ³ /h) en los nudos y conducciones respectivamente. Fuente: elaboración propia a partir de EPANET v2.0.	1
Figura 2. Representación de la distribución de la subred de Terrabona en EPANET v2.0. Los puntos representan los nudos de consumo y las líneas la red de tuberías. Los colores se aplican según la presión (m) y el caudal (m ³ /h) en los nudos y conducciones respectivamente. Fuente: elaboración propia a partir de EPANET v2.0.	2
Figura 3. Representación de la distribución de la subred de Cova Sanata en EPANET v2.0. Los puntos representan los nudos de consumo y las líneas la red de tuberías. Los colores se aplican según la presión (m) y el caudal (m ³ /h) en los nudos y conducciones respectivamente. Fuente: elaboración propia a partir de EPANET v2.0.	3
Figura 4. Evolución de la presión de un hidrante crítico en la situación actual. Subred de El Pla, mes de agosto. Fuente: EPANET v2.0.....	3
Figura 5. Evolución de la presión de un hidrante crítico tras reajustar el modelo. Subred de El Pla, mes de agosto. Fuente: EPANET v2.0.....	4
Figura 6. Representación de las pérdidas de carga unitarias (m/km) en tuberías y demanda (m ³ /h) en los hidrantes de la subred del El Pla. Situación actual en el mes de agosto. Fuente: elaboración propia a partir de EPANET v2.0.	4
Figura 7. Representación de las pérdidas de carga unitarias (m/km) en tuberías y demanda (m ³ /h) en los hidrantes de la subred del El Pla. Mes de agosto tras reajustar la situación actual. Fuente: elaboración propia a partir de EPANET v2.0.....	5
Figura 8. Evolución del caudal en el mes de enero. Situación actual. Cabezal de El Pla. Fuente: EPANET v2.0.....	6
Figura 9. Evolución del caudal en el mes de enero. Tras reajustar la situación actual. Cabezal de El Pla. Fuente: EPANET v2.0.....	6

En este anejo se presentan algunos ejemplos del modelo elaborado en *Epanet v2.0* para simular el comportamiento de la red de riego. En el modelo están incluidos una serie de parámetros como son:

- Demanda base de cada hidrante multiusuario
- Identificación, elevación y ubicación cartográfica de los nudos
- Características de las tuberías
- Curvas de modulación elaboradas para cada hidrante
- Curva característica de las bombas y curva de rendimiento

El aspecto que presenta la distribución de las subredes vistas desde Epanet es la siguiente:

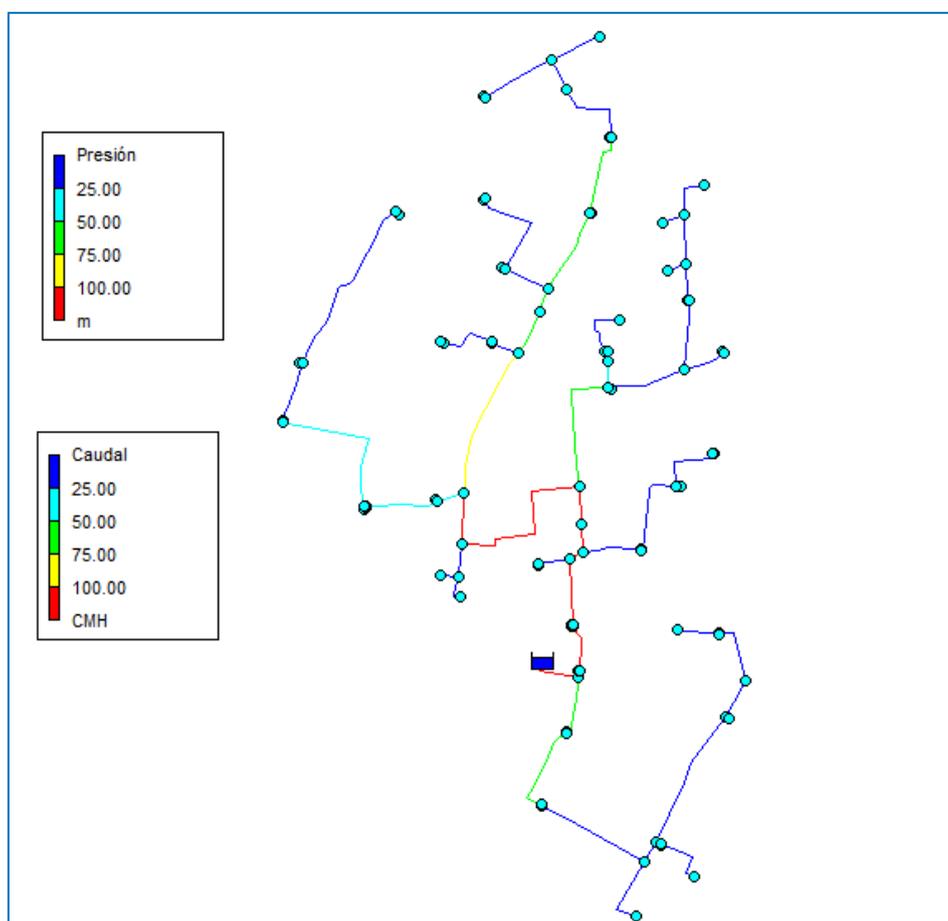


Figura 1. Representación de la distribución de la subred de El Pla en EPANET v2.0. Los puntos representan los nudos de consumo y las líneas la red de tuberías. Los colores se aplican según la presión (m) y el caudal (m^3/h) en los nudos y conducciones respectivamente. Fuente: elaboración propia a partir de EPANET v2.0.

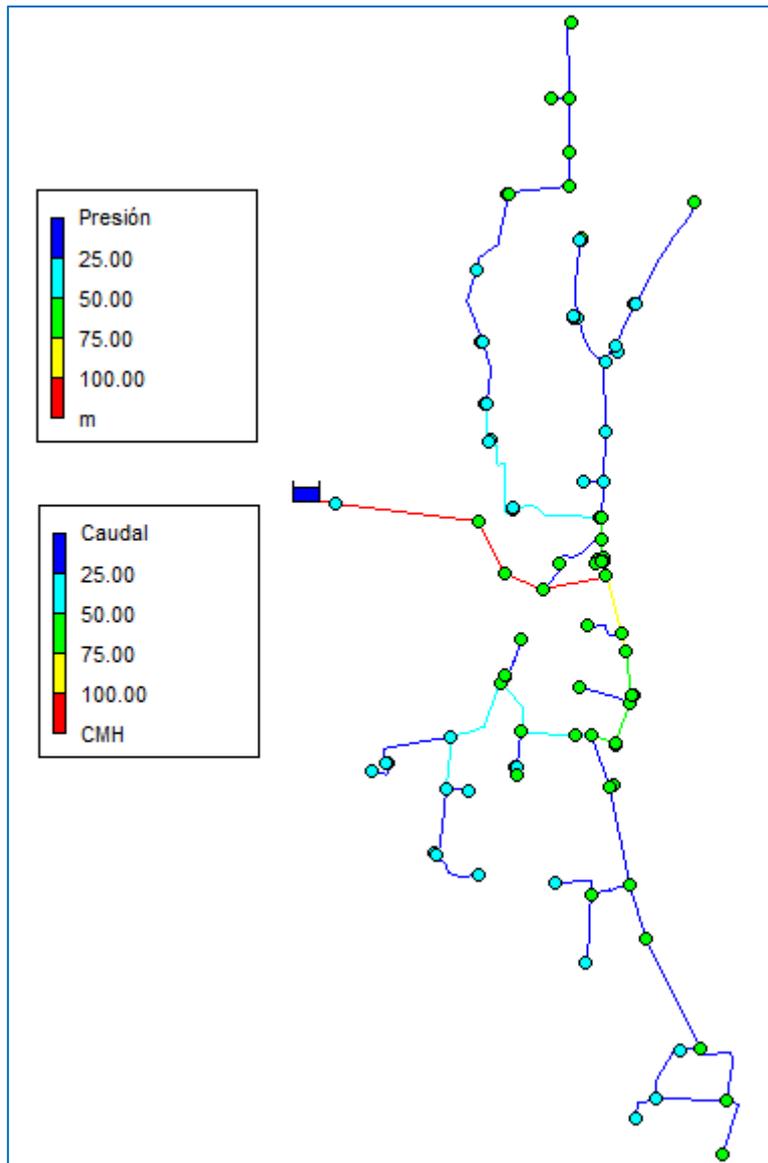


Figura 2. Representación de la distribución de la subred de Terrabona en EPANET v2.0. Los puntos representan los nudos de consumo y las líneas la red de tuberías. Los colores se aplican según la presión (m) y el caudal (m³/h) en los nudos y conducciones respectivamente. Fuente: elaboración propia a partir de EPANET v2.0.

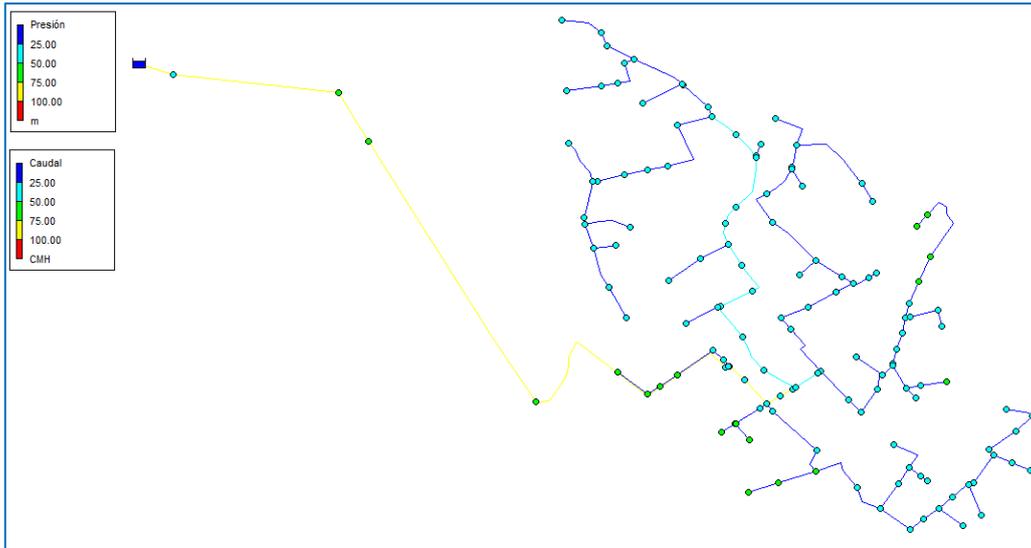


Figura 3. Representación de la distribución de la subred de Cova Sanata en EPANET v2.0. Los puntos representan los nudos de consumo y las líneas la red de tuberías. Los colores se aplican según la presión (m) y el caudal (m³/h) en los nudos y conducciones respectivamente. Fuente: elaboración propia a partir de EPANET v2.0.

A continuación, se exponen algunos de los escenarios que se han planteado a la hora de mejorar el funcionamiento de la red.

En la Figura 4 se representa la evolución de la presión de un nudo crítico en la red a lo largo del día en la situación actual. Se observa que en la primera hora del día el hidrante tiene una presión muy baja del orden de 14 mca, es decir este nudo no recibe la presión suficiente como para poder regar.

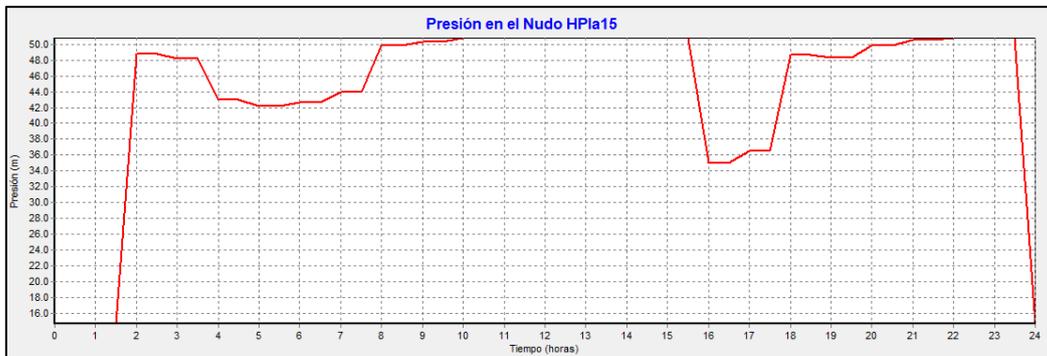


Figura 4. Evolución de la presión de un hidrante crítico en la situación actual. Subred de El Pla, mes de agosto. Fuente: EPANET v2.0

Tras realizar un reajuste en el modelo, se consigue aumentar la presión del nudo, siendo el menor valor superior a la presión mínima de servicio (Figura 5).

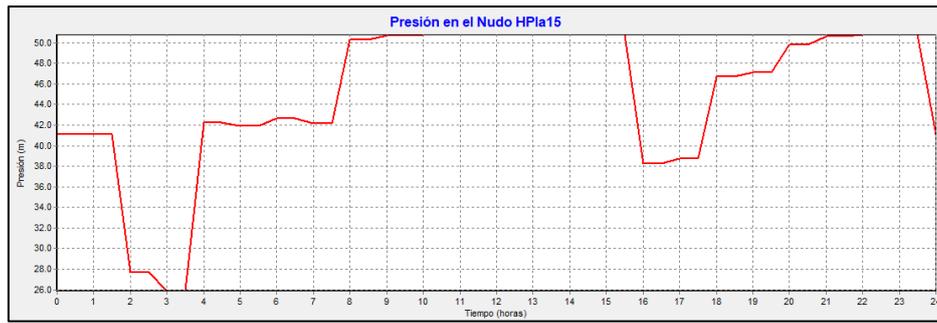


Figura 5. Evolución de la presión de un hidrante crítico tras reajustar el modelo. Subred de El Pla, mes de agosto. Fuente: EPANET v2.0

En la Figura 6 se representan las pérdidas de carga unitarias que está teniendo la red del Pla en un instante de tiempo en el mes de agosto. Esta presentación corresponde a la situación actual. Como se puede ver, las mayores pérdidas de carga se concentran en las conducciones de la zona noreste. Esto se debe a la elevada demanda que presenta uno de los hidrantes de dicha zona (en color verde).

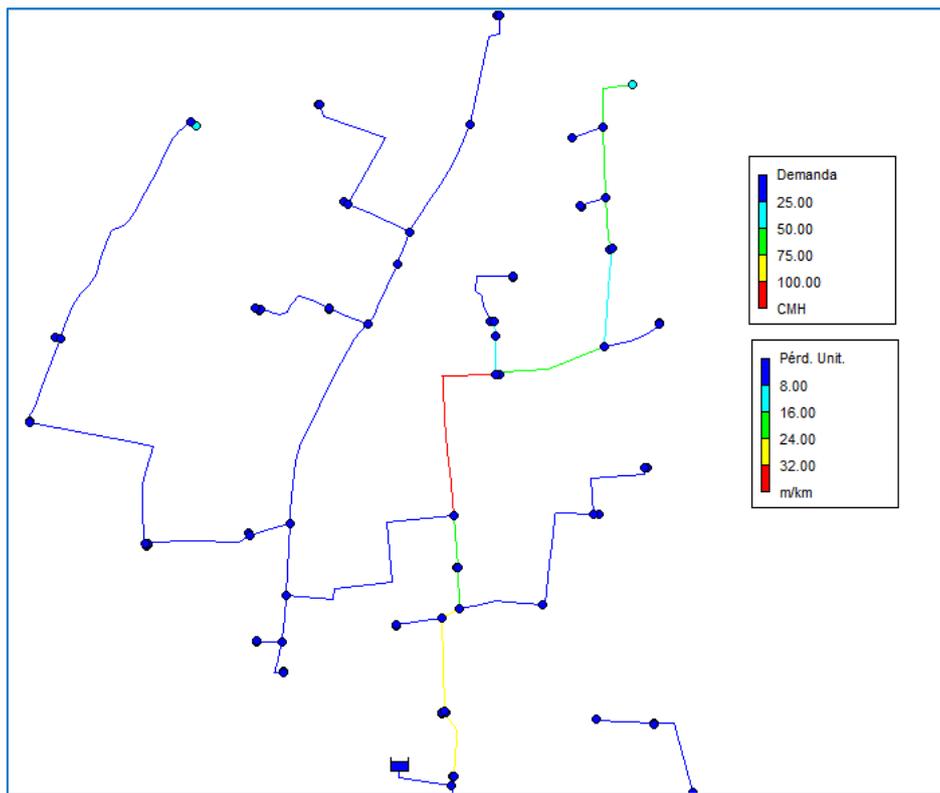


Figura 6. Representación de las pérdidas de carga unitarias (m/km) en tuberías y demanda (m³/h) en los hidrantes de la subred del El Pla. Situación actual en el mes de agosto. Fuente: elaboración propia a partir de EPANET v2.0.

Tras realizar un reajuste en la red, se aprecia una disminución considerable de las pérdidas de carga en la subred, tal y como se aprecia en la siguiente Figura:

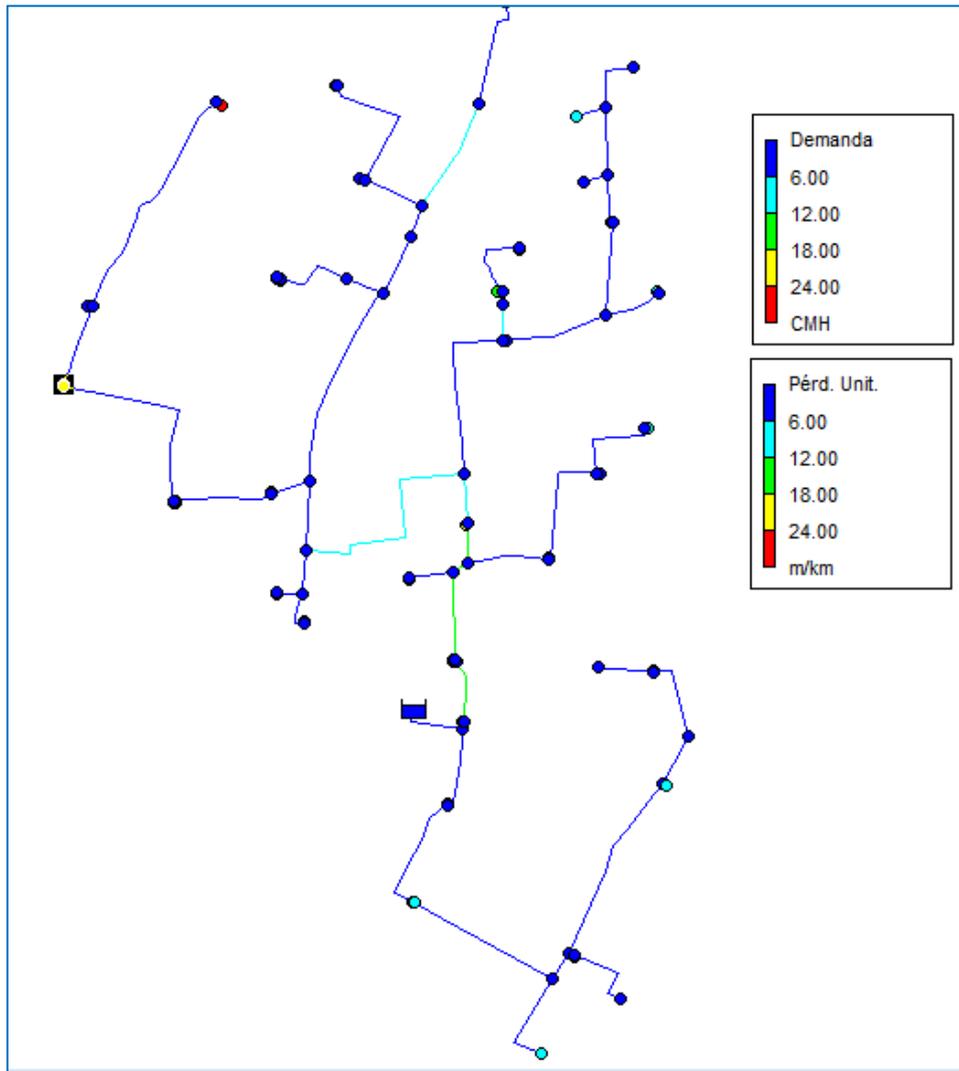


Figura 7. Representación de las pérdidas de carga unitarias (m/km) en tuberías y demanda (m³/h) en los hidrantes de la subred del El Pla. Mes de agosto tras reajustar la situación actual. Fuente: elaboración propia a partir de EPANET v2.0.

En la Figura 8 se representa la evolución del caudal en el cabezal de El Pla en el mes de enero en la situación actual. En este mes el periodo tarifario más barato es de 00.00 h a 8.00 h, y el periodo más caro es de 17.00 h a 23.00 h. Tal y como se ve en la Figura 8, se está regando también en horas que suponen tener un coste mayor de energía.

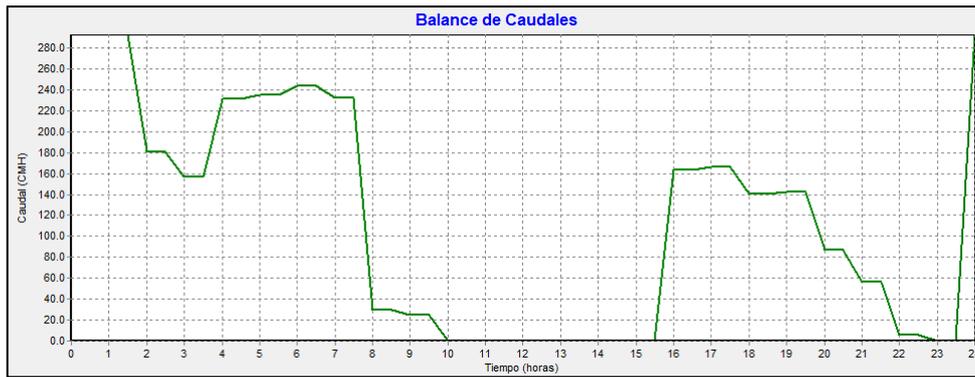


Figura 8. Evolución del caudal en el mes de enero. Situación actual. Cabezal de El Pla. Fuente: EPANET v2.0

Tras realizar un reajuste en la red se consigue que las demandas requeridas se ajusten al periodo tarioario más barato tal y como se observa en la evolución del caudal de la Figura 9.

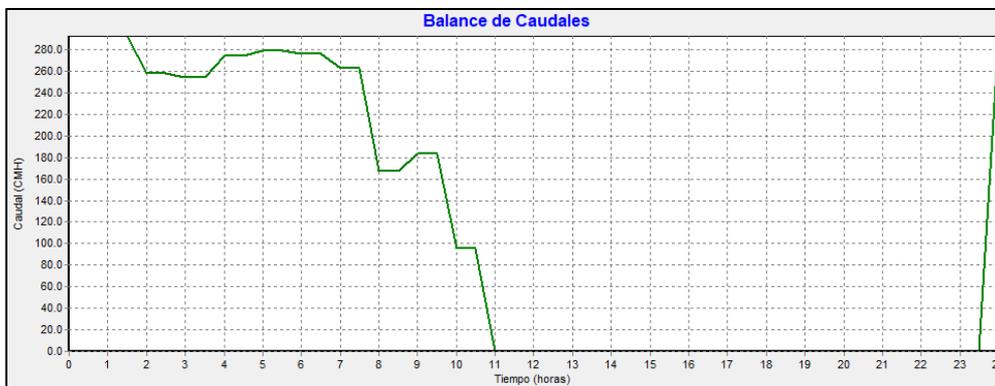


Figura 9. Evolución del caudal en el mes de enero. Tras reajustar la situación actual. Cabezal de El Pla. Fuente: EPANET v2.0