

ANEXOS

ANEXO 1

DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE RIEGO DEL SECTOR XI DEL FLUMEN

ÍNDICE

1.- LOCALIZACIÓN.....	1
2.- FOTOGRAFÍAS DE LAS INSTALACIONES DE LA RED DE RIEGO DEL SECTOR XI DEL FLUMEN.....	2
3.-RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN DE LOS 3 ESTADOS DE LA RED.	5
3.1.- ESTADO 1.....	5
3.2.- ESTADO 2.....	9
3.3.- ESTADO 3.....	12

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Mapa de la zona.....	1
FIGURA 2.	Mapa con localización de algunos de los sectores de riego de la zona. ...	2

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Resultados numéricos obtenidos de la simulación seleccionada del Estado de funcionamiento 1.	8
TABLA 2. Resultados numéricos obtenidos de la simulación seleccionada del Estado de funcionamiento 2.	11
TABLA 3. Resultados numéricos obtenidos de la simulación seleccionada del Estado de funcionamiento 3.	13

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1.	Estación de Bombeo 1.	2
FOTOGRAFÍA 2.	Balsa del Ciquilín.	3
FOTOGRAFÍA 3.	Cola del canal del Flumen, entrada de agua a la Balsa del Ciquilín.	3
FOTOGRAFÍA 4.	Riego por aspersión en una de las parcelas del Sector XI del Flumen.....	3
FOTOGRAFÍA 5.	Hidrante en una de las parcelas del Sector XI del Flumen.	4
FOTOGRAFÍA 6.	Estación de Bombeo 2.	4
FOTOGRAFÍA 7.	Balsa del Saso Verde.	4

El Sistema de Riegos del Alto Aragón es el mayor sistema de regadío de nuestro país, se abastece de los ríos Gállego y Cinca. Dispone de cinco embalses de cabecera, localizados en los Pirineos o sus proximidades, más el embalse en derivación de La Sotonera, 223 km de canales de transporte, 2.000 km de canales principales de distribución, y 3.000 km de desagües principales. A ello se suman más de 5.000 km de caminos generales y caminos de servicio.

A partir de la Balsa de Ciquilin nace un canal (de unos 7.5 Km) que abastece de agua a la segunda balsa de regulación interna del Sector XI del Flumen, denominada “Balsa del Saso Verde” (identificada como Balsa 2 en el proyecto), la Estación de Bombeo 2 se encuentra localizada en este punto.



1

2.- FOTOGRAFÍAS DE LAS INSTALACIONES DE LA RED DE RIEGO DEL SECTOR XI DEL FLUMEN

2

Anexos.



FOTOGRAFÍA 2. Balsa del Ciquilín.



FOTOGRAFÍA 3. Cola del canal del Flumen, entrada de agua a la Balsa del Ciquilín.



FOTOGRAFÍA 4. Riego por aspersión en una de las parcelas del Sector XI del Flumen.

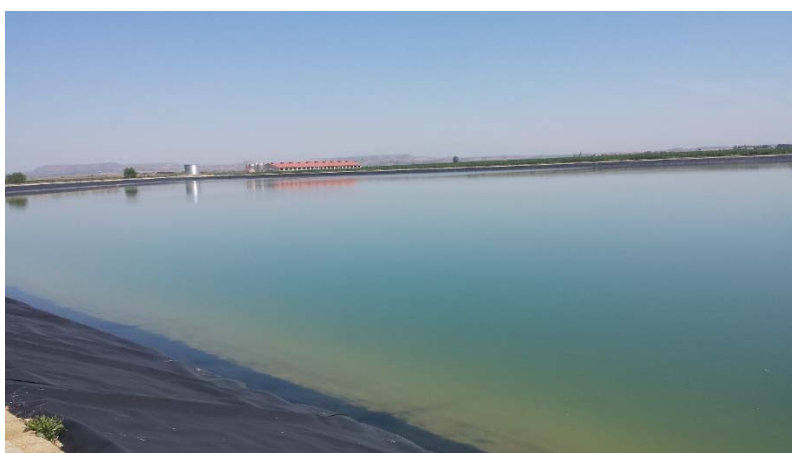
Anexos.



FOTOGRAFÍA 5. Hidrante en una de las parcelas del Sector XI del Flumen.



FOTOGRAFÍA 6. Estación de Bombeo 2.



FOTOGRAFÍA 7. Balsa del Saso Verde.

3.-RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN DE LOS 3 ESTADOS DE LA RED

En este Capítulo se resumen algunas de las simulaciones de los diferentes estados de funcionamiento de la red.

3.1.- ESTADO 1

En el estado de gravedad no entra en funcionamiento ninguna Estación de Bombeo, por este motivo, en la simulación solo riegan los hidrantes de gravedad, que como se observa en la TABLA 1, casi todos tienen las características de no superar los 290 m de cota y de estar situados en la Zona Inferior de la red (Los hidrantes cuya identificación en la TABLA 1 va precedida por la letra “A” se localizan en la Zona Superior, mientras que los hidrantes situados en la Zona Inferior su identificación va precedida por la letra “B”).

Para poner en funcionamiento este estado, se dispone de un Bypass que conecta la Balsa 1 con la salida de la Estación de Bombeo 2, con este Bypass se consigue que el agua de la Balsa 1 circule por la red con presión suficiente como para regar los hidrantes cuya cota sea inferior a 290 m. También se dispone de un Caudalímetro de 600 litros y un Presostato (ubicados en la salida de la Estación de Bombeo 2) por los que circula el agua cuando se encuentra activo este estado, y controlan cuando se encuentra en funcionamiento, debido a que mientras el Presostato detecte una presión inferior a 30 m, el estado de gravedad se mantiene activo.

La ventaja de que la red disponga de un estado de gravedad, es que la presión en la red nunca va a ser cero, porque aunque se produzca un fallo eléctrico, el estado de gravedad puede estar activo y mantener la red a presión.

A modo ilustrativo se muestran en la TABLA 1 los resultados numéricos obtenidos en una de las simulaciones del Estado 1, de esta manera se puede observar la presión que les llega a los hidrantes de gravedad.

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m ³ /s)	COTA (m)	PRESIÓN DE CONSIGNA (m)	MARGEN DE PRESIÓN (m)
BH297	90,48	0,05	242,30	20	70,48
BH294	98,48	0,03	234,30	40	58,48
BH293	95,68	0,02	237,10	40	55,68
BA13	94,78	0,02	238,00	40	54,78
BH292	93,08	0,02	239,70	40	53,08
BA18	92,88	0,02	239,90	40	52,88
BH289	92,08	0,02	240,70	40	52,08
BA16	92,02	0,02	240,76	40	52,02
BA17	92,02	0,02	240,76	40	52,02

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m3/s)	COTA (m)	PRESIÓN DE CONSIGNA (m)	MARGEN DE PRESIÓN (m)
BH285	90,48	0,03	242,30	40	50,48
BA15	90,42	0,02	242,36	40	50,42
BA14	89,93	0,02	242,85	40	49,93
BH267	89,78	0,03	243,00	40	49,78
BH259	89,58	0,02	243,20	40	49,58
BH254	89,28	0,02	243,50	40	49,28
BA12	88,54	0,02	244,24	40	48,54
BA11	88,35	0,02	244,43	40	48,35
BA10	88,11	0,02	244,67	40	48,11
BA7	88,04	0,02	244,74	40	48,04
BH275	87,78	0,03	245,00	40	47,78
BH277	86,48	0,03	246,30	40	46,48
BA9	86,44	0,02	246,34	40	46,44
BA8	86,19	0,02	246,59	40	46,19
BH203	86,18	0,03	246,60	40	46,18
BA4	85,86	0,02	246,92	40	45,86
BH291	95,78	0,02	237,00	50	45,78
BA2	84,78	0,02	248,00	40	44,78
BA3	84,78	0,02	248,00	40	44,78
BA1	83,07	0,02	249,71	40	43,07
BH268	80,48	0,03	252,30	40	40,48
BA5	80,34	0,02	252,44	40	40,34
BA6	80,34	0,02	252,44	40	40,34
BH213	74,08	0,02	258,70	40	34,08
BH211	73,98	0,02	258,80	40	33,98
BH290	73,98	0,02	258,80	40	33,98
BH196	71,88	0,03	260,90	40	31,88
BH169	71,48	0,02	261,30	40	31,48
BH266	65,48	0,03	267,30	40	25,48
BH250	64,48	0,02	268,30	40	24,48
BH251	64,38	0,02	268,40	40	24,38
BH109	61,98	0,02	270,80	38	23,98
BH243	72,78	0,02	260,00	50	22,78
BH281	70,36	0,03	262,42	50	20,36
BH126	58,78	0,02	274,00	40	18,78
BH160	58,58	0,02	274,20	40	18,58
BH295	58,45	0,02	274,33	40	18,45

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m3/s)	COTA (m)	PRESIÓN DE CONSIGNA (m)	MARGEN DE PRESIÓN (m)
BH153	57,78	0,02	275,00	40	17,78
BH142	56,85	0,02	275,93	40	16,85
BH102	56,48	0,02	276,30	40	16,48
BH276	56,46	0,03	276,32	40	16,46
BH270	56,38	0,03	276,40	40	16,38
BH265	54,37	0,03	278,41	38	16,37
BH273	55,63	0,02	277,15	40	15,63
BH260	65,58	0,03	267,20	50	15,58
BH263	65,48	0,03	267,30	50	15,48
BH269	54,08	0,02	278,70	40	14,08
BH257	54,08	0,02	278,70	40	14,08
BH262	53,88	0,02	278,90	40	13,88
BH256	53,08	0,02	279,70	40	13,08
BH261	52,98	0,02	279,80	40	12,98
BH249	52,68	0,02	280,10	40	12,68
BH248	51,88	0,03	280,90	40	11,88
BH258	51,88	0,02	280,90	40	11,88
BH255	51,58	0,03	281,20	40	11,58
BH242	51,58	0,02	281,20	40	11,58
BH146	50,98	0,02	281,80	40	10,98
BH246	50,78	0,03	282,00	40	10,78
BH158	60,58	0,02	272,20	50	10,58
BH233	49,99	0,02	282,79	40	9,99
BH241	49,78	0,02	283,00	40	9,78
BH227	49,48	0,02	283,30	40	9,48
BH245	49,38	0,03	283,40	40	9,38
BH238	49,38	0,02	283,40	40	9,38
BH244	49,08	0,02	283,70	40	9,08
BH240	48,98	0,02	283,80	40	8,98
BH237	48,88	0,02	283,90	40	8,88
BH138	48,58	0,02	284,20	40	8,58
BH190	48,58	0,02	284,20	40	8,58
BH239	48,48	0,03	284,30	40	8,48
BH236	48,28	0,03	284,50	40	8,28
BH234	48,15	0,02	284,63	40	8,15
BH224	47,98	0,02	284,80	40	7,98
BH232	47,78	0,03	285,00	40	7,78

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m3/s)	COTA (m)	PRESIÓN DE CONSIGNA (m)	MARGEN DE PRESIÓN (m)
BH110	47,78	0,02	285,00	40	7,78
BH222	47,78	0,02	285,00	40	7,78
BH228	47,48	0,03	285,30	40	7,48
BH208	57,18	0,04	275,60	50	7,18
BH231	46,98	0,03	285,80	40	6,98
BH235	46,88	0,02	285,90	40	6,88
BH225	46,28	0,02	286,50	40	6,28
BH229	46,18	0,03	286,60	40	6,18
BH118	46,08	0,03	286,70	40	6,08
BH230	45,98	0,04	286,80	40	5,98
BH165	55,98	0,02	276,80	50	5,98
BH216	45,78	0,03	287,00	40	5,78
BH218	45,78	0,02	287,00	40	5,78
BH214	45,48	0,03	287,30	40	5,48
BH194	45,28	0,03	287,50	40	5,28
BH217	45,28	0,03	287,50	40	5,28
BH220	44,98	0,05	287,80	40	4,98
BH221	44,98	0,03	287,80	40	4,98
BH215	44,88	0,02	287,9	40	4,88
BH210	43,28	0,02	289,50	40	3,28
BH209	42,78	0,03	290,00	40	2,78
BH207	41,72	0,03	291,06	40	1,72
BH212	41,11	0,03	291,67	40	1,11
BH202	47,78	0,03	285,00	50	-2,22
BH219	46,98	0,03	285,80	50	-3,02
BH223	46,58	0,03	286,20	50	-3,42
AH28	38,08	0,02	291,07	45	-6,92
AC5	36,93	0,05	286,60	45	-8,07
BH186	41,78	0,02	291,00	50	-8,22

TABLA 1. Resultados numéricos obtenidos de la simulación seleccionada del Estado de funcionamiento 1.

En la TABLA 1 se han señalado en color rojo los hidrantes de gravedad que en la simulación no les llega suficiente presión, no obstante, en la realidad pueden regar porque existen métodos para conseguir un riego a baja presión.

3.2.- ESTADO 2

En este estado solo entra en funcionamiento la Estación de Bombeo 1, que está compuesta por 7 bombas, las cuales dependiendo de la demanda, se activan o se desactivan, según la orden que envíe el autómata que tienen instalado. En primer lugar se activa la bomba pequeña, cuando aumenta la demanda y se supera el caudal máximo de esta bomba (bajando la presión de impulsión a 46 m), el autómata llama a la bomba grande de variador y detiene la pequeña. Si se produce un mayor aumento de la demanda, el autómata llama a una de las 2 bombas pequeñas (nunca las dos a la vez, se van alternando), si continúa aumentando la demanda, el autómata llama a la otra bomba grande con arrancador progresivo.

Este funcionamiento se simula en la aplicación GESTAR agrupando las diferentes bombas en una sola Estación de Bombeo, de esta manera se analiza el caso más desfavorable.

A modo ilustrativo se muestran en la TABLA 2 los resultados numéricos obtenidos en una de las simulaciones del Estado 2, con una apertura de hidrantes del 36%, de esta manera se puede observar un ejemplo de la presión que les llega a los hidrantes que se encuentran en funcionamiento cuando está activo el Estado 2 de la red a presión.

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m ³ /s)	COTA (m)	PRESIÓN DE CONSIGNA (m)	MARGEN DE PRESIÓN (m)
AH32	83,52	0,02	290,29	45	38,52
AH29	78,10	0,03	298,18	40	38,10
AH28	83,07	0,02	291,07	45	38,07
AC5	80,12	0,05	286,60	45	35,12
AC15	74,89	0,03	282,00	40	34,89
AC8	79,22	0,02	285,20	45	34,22
AC12	72,49	0,02	283,00	40	32,49
BA7	67,73	0,02	244,74	40	27,73
AC13	67,54	0,03	289,75	40	27,54
AC1	81,82	0,02	290,29	55	26,82
AC2	81,40	0,02	289,10	55	26,40
AC3	80,90	0,03	288,72	55	25,90
AC4	80,70	0,04	288,13	55	25,70
BA14	65,38	0,02	242,85	40	25,38
AC10	65,19	0,02	290,96	40	25,19
BA4	64,55	0,02	246,92	40	24,55
BH254	63,80	0,02	243,50	40	23,80
AC14	68,65	0,04	288,31	45	23,65
BA10	63,28	0,02	244,67	40	23,28
AC11	62,67	0,03	295,31	40	22,67
BA3	61,41	0,02	248,00	40	21,41
AH4	61,13	0,02	309,70	40	21,13
AC9	60,47	0,03	299,00	40	20,47
BA5	60,20	0,02	252,44	40	20,20

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m3/s)	COTA (m)	PRESIÓN DE CONSIGNA (m)	MARGEN DE PRESIÓN (m)
BA6	60,12	0,02	252,44	40	20,12
AH12	67,87	0,03	305,68	50	17,87
BH259	57,50	0,02	243,20	40	17,50
BA2	56,48	0,02	248,00	40	16,48
AH137	55,20	0,02	311,61	40	15,20
AH125	55,10	0,02	311,88	40	15,10
AH124	54,96	0,02	312,01	40	14,96
AH36	54,66	0,03	316,77	40	14,66
BA1	54,45	0,02	249,71	40	14,45
AH53	54,40	0,04	315,80	40	14,40
BH267	54,39	0,03	243,00	40	14,39
AH82	53,97	0,02	310,18	40	13,97
AH116	52,80	0,02	314,52	40	12,80
AH100	52,39	0,02	310,66	40	12,39
AC60	52,30	0,02	307,35	40	12,30
AH86	52,25	0,02	311,96	40	12,25
AH31	62,19	0,03	312,15	50	12,19
AC57	52,10	0,04	308,97	40	12,10
AC54	52,09	0,03	308,35	40	12,09
AC48	52,08	0,04	308,90	40	12,08
BH275	52,06	0,03	245,00	40	12,06
AC18	51,74	0,02	318,00	40	11,74
AC26	51,61	0,02	312,60	40	11,61
AC7	51,59	0,02	299,45	40	11,59
AH94	51,36	0,03	316,63	40	11,36
AH34	51,35	0,03	325,00	40	11,35
AH33	51,22	0,03	325,00	40	11,22
AC25	51,05	0,03	313,28	40	11,05
AH80	50,91	0,02	319,24	40	10,91
AC61	50,89	0,02	313,78	40	10,89
AH78	50,83	0,02	317,95	40	10,83
AH66	50,71	0,02	318,86	40	10,71
AC19	50,53	0,02	317,00	40	10,53
AC20	50,50	0,02	316,00	40	10,50
AH51	50,46	0,03	321,43	40	10,46
AC40	50,35	0,02	313,00	40	10,35
AC27	50,31	0,02	312,58	40	10,31
AC62	50,30	0,02	314,50	40	10,30
AH79	50,21	0,03	318,71	40	10,21
AH81	50,12	0,02	317,28	40	10,12
AC17	50,05	0,02	320,14	40	10,05
AC24	49,91	0,02	314,78	40	9,91
AH50	49,88	0,02	322,50	40	9,88
AC47	49,87	0,03	312,74	40	9,87
AC39	49,84	0,02	313,90	40	9,84
AC22	49,82	0,04	314,64	40	9,82
AC52	49,80	0,02	311,89	40	9,80

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m3/s)	COTA (m)	PRESIÓN DE CONSIGNA (m)	MARGEN DE PRESIÓN (m)
AC46	49,80	0,02	312,90	40	9,80
AC21	49,72	0,02	315,50	40	9,72
AC32	49,70	0,02	317,23	40	9,70
AH48	49,50	0,03	320,56	40	9,50
AH40	49,45	0,03	325,40	40	9,45
AC16	49,05	0,02	321,07	40	9,05
AH57	49,04	0,03	321,18	40	9,04
AH63	48,78	0,02	321,30	40	8,78
BH268	48,76	0,03	252,30	40	8,76
AC53	48,67	0,04	311,84	40	8,67
BH277	48,03	0,03	246,30	40	8,03
AC49	46,99	0,03	307,80	40	6,99
AC37	46,23	0,02	316,33	40	6,23
AH54	46,19	0,03	321,18	40	6,19
BH203	46,17	0,03	246,60	40	6,16
AH64	55,50	0,04	312,79	50	5,50
AC36	45,48	0,03	317,17	40	5,48
AH2	45,22	0,02	334,85	40	5,22
BH251	44,91	0,02	268,40	40	4,91
BH250	42,52	0,02	268,30	40	2,52
AC38	41,24	0,04	317,90	40	1,24
BH243	50,48	0,02	260,00	50	0,48
AH39	49,29	0,03	322,50	50	-0,71
AH11	47,99	0,03	331,36	50	-2,01
AH52	47,69	0,03	323,44	50	-2,31
AH3	46,17	0,04	334,34	50	-3,83
BH260	45,87	0,03	267,20	50	-4,13
BH263	45,65	0,03	267,30	50	-4,35
BH249	33,38	0,02	280,10	40	-6,62
BH240	30,09	0,02	283,80	40	-9,91
BH233	28,48	0,02	282,79	40	-11,52
BH244	28,47	0,02	283,70	40	-11,53
BH245	27,43	0,03	283,40	40	-12,57
BH219	29,30	0,03	285,80	50	-20,70

TABLA 2. Resultados numéricos obtenidos de la simulación seleccionada del Estado de funcionamiento 2.

Los hidrantes señalados en color rojo en la TABLA 2, no pueden regar debido a que no les llega presión suficiente, se observa que muchos de ellos tienen un valor de presión de consigna elevado, problemas con hidrantes de este tipo se han solucionado a lo largo de la evolución del proyecto.

3.3.- ESTADO 3

Este estado se activa cuando la red, que se encuentra funcionando en el Estado 2, no es capaz de abastecer toda la demanda, el sistema detecta esta situación gracias a una Válvula Sostenedora de Presión (ubicada a la salida de la Estación de Bombeo 2) que al detectar baja presión en la Zona Superior, cierra el suministro de agua a la Zona Inferior, para sostener la presión en la Zona Superior y que de este modo pueda continuar regando. El cierre de la sostenedora implica que se active la Estación de Bombeo 2 y por lo tanto que la Zona Inferior riegue con agua procedente del bombeo 2.

A modo ilustrativo se muestran en la TABLA 3 los resultados numéricos obtenidos en una de las simulaciones del Estado 3, con una apertura de hidrantes del 20%, de esta manera se puede observar un ejemplo de la presión que les llega a los hidrantes que se encuentran en funcionamiento cuando está activo el Estado 3 de la red a presión.

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m ³ /s)	COTA (m)	PRESIÓN DE CONSIGNA (m)	MARGEN DE PRESIÓN (m)
BH254	104,43	0,02	243,50	40	64,43
BA16	104,26	0,02	240,76	40	64,26
BA4	102,19	0,02	246,92	40	62,19
BH277	99,13	0,03	246,30	40	59,13
BA6	96,71	0,02	252,44	40	56,71
BH268	94,39	0,03	252,30	40	54,39
BH213	91,63	0,02	258,70	40	51,63
BH290	89,34	0,02	258,80	40	49,34
AC10	86,60	0,02	290,96	40	46,60
AH29	82,29	0,03	298,18	40	42,29
AH20	81,38	0,03	297,43	40	41,38
AH74	82,01	0,04	287,67	45	37,01
BH126	74,39	0,02	274,00	40	34,39
BH295	73,67	0,02	274,33	40	33,67
BH102	70,28	0,02	276,30	40	30,28
BH248	68,28	0,03	280,90	40	28,28
BH237	65,51	0,02	283,90	40	25,51
BH224	65,02	0,02	284,80	40	25,02
BH236	64,97	0,03	284,50	40	24,97
BH239	64,64	0,03	284,30	40	24,64
BH228	64,26	0,03	285,30	40	24,26
AH136	64,07	0,02	309,77	40	24,07
BH190	64,03	0,02	284,20	40	24,03
AH23	63,81	0,05	314,52	40	23,81

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m ³ /s)	COTA (m)	PRESIÓN DE CONSIGNA (m)	MARGEN DE PRESIÓN (m)
BH245	63,30	0,03	283,40	40	23,30
BH234	62,29	0,02	284,63	40	22,29
BH217	62,20	0,03	287,50	40	22,20
AH163	60,90	0,02	307,44	40	20,90
BH209	60,20	0,03	290,00	40	20,20
BH204	58,06	0,03	292,52	40	18,06
AC50	57,80	0,03	307,85	40	17,80
AH80	57,51	0,02	319,24	40	17,51
AC62	57,38	0,02	314,50	40	17,38
AC20	57,36	0,02	316,00	40	17,36
AC39	57,14	0,02	313,90	40	17,14
AH151	56,89	0,02	312,72	40	16,89
AC32	56,78	0,02	317,23	40	16,78
AH15	55,71	0,03	319,03	40	15,71
BH202	65,24	0,03	285,00	50	15,24
AH33	53,72	0,03	325,00	40	13,72
AH133	63,35	0,03	311,63	50	13,35
AC44	53,04	0,03	314,11	40	13,04
AH64	62,10	0,04	312,79	50	12,10
AH25	52,10	0,03	327,50	40	12,10
AH19	51,55	0,02	328,50	40	11,55
AH9	48,38	0,02	331,36	40	8,38
BH189	46,14	0,03	303,07	38	8,14
BH171	47,37	0,06	302,00	40	7,37
BH185	46,71	0,02	303,39	40	6,71
AH141	56,59	0,03	310,46	50	6,59
AH24	56,34	0,02	323,41	50	6,34
BH183	46,18	0,03	301,01	40	6,18
AH2	45,53	0,02	334,85	40	5,53
BH168	45,33	0,03	305,61	40	5,33
BH176	45,10	0,02	305,85	40	5,10
AH52	53,74	0,03	323,44	50	3,74
BH181	47,37	0,03	305,61	50	2,63
BH177	48,26	0,04	305,50	50	1,74

TABLA 3. Resultados numéricos obtenidos de la simulación seleccionada del Estado de funcionamiento 3.

ANEXO 2

ANÁLISIS DE LA ZONA SUPERIOR DE LA RED DE RIEGO EN EL
ESTADO 3

ÍNDICE

1.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA SUPERIOR	1
2.- PREPARACIÓN DE LA RED PARA LA OPTIMIZACIÓN	1
2.1.- RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DE APROXIMACIÓN.....	2
2.2.- RESULTADOS DE LA ETAPA DE SIMULACIÓN A	4
2.3.- RESULTADOS DE LA ETAPA DE SIMULACIÓN B	5
2.4.- RESULTADOS DE LA ETAPA DE SIMULACIÓN C	7
2.5.- RESULTADOS DE LA ETAPA DE SIMULACIÓN D	10
3.- RESULTADOS DE LOS PROCESOS DE PROGRAMACIÓN DE RIEGO A DEMANDA Y RIEGO OPTIMIZADO	.13
3.1.- RESULTADOS DE LOS PROCESOS DE PROGRAMACIÓN DE LOS MESES RELEVANTES	13
4.- ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS CAMBIOS EN LAS TUBERÍAS	40
4.1.- COSTES DERIVADOS DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS EN PARALELO	40
4.2.- RESULTADOS SI SE HUBIESE DISEÑADO LA RED UTILIZANDO LA APLICACIÓN GESTAR	43

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Configuración de la Zona Superior de la red.....	1
FIGURA 2.	Red en funcionamiento con los cambios realizados en la etapa de simulación A.....	5
FIGURA 3.	Red en funcionamiento con los cambios realizados en las etapas de simulación A y B.....	7
FIGURA 4.	Localización de la tubería 249.....	8
FIGURA 5.	Red en funcionamiento con cambios realizados en las etapas de simulación A, B y C.	10
FIGURA 6.	Red en funcionamiento con cambios realizados en las etapas de simulación A, B, C y D.	13
FIGURA 7.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de marzo.	15
FIGURA 8.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de marzo.	15
FIGURA 9.	Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de marzo.	16
FIGURA 10.	Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de marzo.....	16
FIGURA 11.	Costes diarios en el riego a demanda en el mes de marzo.....	17
FIGURA 12.	Costes diarios en el riego optimizado en el mes de marzo.	17
FIGURA 13.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de abril.....	18
FIGURA 14.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de abril.....	18
FIGURA 15.	Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de abril.....	19
FIGURA 16.	Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de abril.	19

FIGURA 17.	Costes diarios en el riego a demanda en el mes de abril.	20
FIGURA 18.	Costes diarios en el riego optimizado en el mes de abril.....	20
FIGURA 19.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de mayo.	21
FIGURA 20.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de mayo.	21
FIGURA 21.	Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de mayo.	22
FIGURA 22.	Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de mayo.....	22
FIGURA 23.	Costes diarios en el riego a demanda en el mes de mayo.....	23
FIGURA 24.	Costes diarios en el riego optimizado en el mes de mayo.	23
FIGURA 25.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de junio.....	24
FIGURA 26.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de junio.	25
FIGURA 27.	Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para la primera quincena del mes de junio..	25
FIGURA 28.	Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para la primera quincena del mes de junio.....	26
FIGURA 29.	Costes diarios en el riego a demanda en la primera quincena del mes de junio.....	26
FIGURA 30.	Costes diarios en el riego optimizado en la primera quincena del mes de junio.....	27
FIGURA 31.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para la segunda quincena de junio y en julio.....	28
FIGURA 32.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para la segunda quincena de junio y en julio.....	28

FIGURA 33. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para la segunda quincena de junio y en julio.....	29
FIGURA 34. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para la segunda quincena de junio y en julio.....	29
FIGURA 35. Costes diarios, en el riego a demanda en la segunda quincena de junio y en julio.....	30
FIGURA 36. Costes diarios, en el riego optimizado en la segunda quincena de junio y en julio.....	30
FIGURA 37. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de agosto.....	31
FIGURA 38. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de agosto.....	31
FIGURA 39. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de agosto.....	32
FIGURA 40. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de agosto.....	32
FIGURA 41. Costes diarios en el riego a demanda en el mes de agosto.....	33
FIGURA 42. Costes diarios, en el riego optimizado en el mes de agosto.....	33
FIGURA 43. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de septiembre.....	34
FIGURA 44. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de septiembre.....	34
FIGURA 45. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de septiembre.....	35
FIGURA 46. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de septiembre.....	35
FIGURA 47. Costes diarios en el riego a demanda en el mes de septiembre.	36
FIGURA 48. Costes diarios en el riego optimizado en el mes de septiembre.	36

FIGURA 49.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de octubre.	37
FIGURA 50.	Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de octubre.	37
FIGURA 51.	Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de octubre.	38
FIGURA 52.	Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de octubre.....	38
FIGURA 53.	Costes diarios en el riego a demanda en el mes de octubre.....	39
FIGURA 54.	Costes diarios, en el riego optimizado en el mes de octubre.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Hidrantes críticos obtenidos en las simulaciones de aproximación.	2
TABLA 2.	Hidrantes favorables obtenidos en las simulaciones de aproximación..	3
TABLA 3.	Valores necesarios para el cálculo del caudal de dotación y resultado obtenido en los 6 hidrantes más críticos.....	4
TABLA 4.	Resumen de los cambios en las tuberías, en la etapa de simulación A.	4
TABLA 5.	Valores necesarios para el cálculo del caudal de dotación y resultado obtenido en los 2 hidrantes modificados.	5
TABLA 6.	Resumen de los cambios en las tuberías, en la etapa de simulación B..	6
TABLA 7.	Resumen de las modificaciones sin aumento de dotación en la etapa de simulación C.....	7
TABLA 8.	Valores necesarios para el cálculo del caudal de dotación y resultado obtenido en los 5 hidrantes modificados.	8
TABLA 9.	Resumen de las modificaciones realizadas debido al aumento de dotación en la etapa de simulación C.	8
TABLA 10.	Valores necesarios para el cálculo del caudal de dotación y resultado obtenido en el hidrante H162.	9
TABLA 11.	Resumen de las modificaciones por el cambio de dotación del hidrante H162.....	9
TABLA 12.	Resumen del margen de presión final de los hidrantes analizados en la etapa de simulación C.....	9
TABLA 13.	Valores necesarios para el cálculo del caudal de dotación y resultado obtenido en la etapa de simulación D.....	11
TABLA 14.	Modificaciones por el cambio de dotación de los hidrantes desfavorables.....	12
TABLA 15.	Resumen de las características de las optimizaciones según meses....	14
TABLA 16.	Datos necesarios y resultados para el cálculo de los costes de instalación de tuberías en paralelo en la red.	42

TABLA 17. Resultados de los costes necesarios para la instalación de las tuberías en paralelo.....42

TABLA 18. Características y coste total de los tipos de tuberías instaladas que se quieren modificar..... 43

TABLA 19. Características y coste total de los tipos de tuberías necesarios para la optimización de la red, que se quieren modificar..... 44

1.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA SUPERIOR

La red se encuentra claramente diferenciada en dos Zonas (Superior e Inferior), para llevar a cabo las modificaciones necesarias para la optimización de la red, se ha seleccionado estudiar el comportamiento de la Zona Superior, en el Estado de funcionamiento 3, es decir cuando la Estación de Bombeo 1 abastece únicamente a la Zona Superior.

Para poder llevar a cabo el análisis del funcionamiento seleccionado, se ha eliminado la Zona Inferior del esquema de la red diseñada hasta el momento, utilizando el esquema que se visualiza en la FIGURA 1.

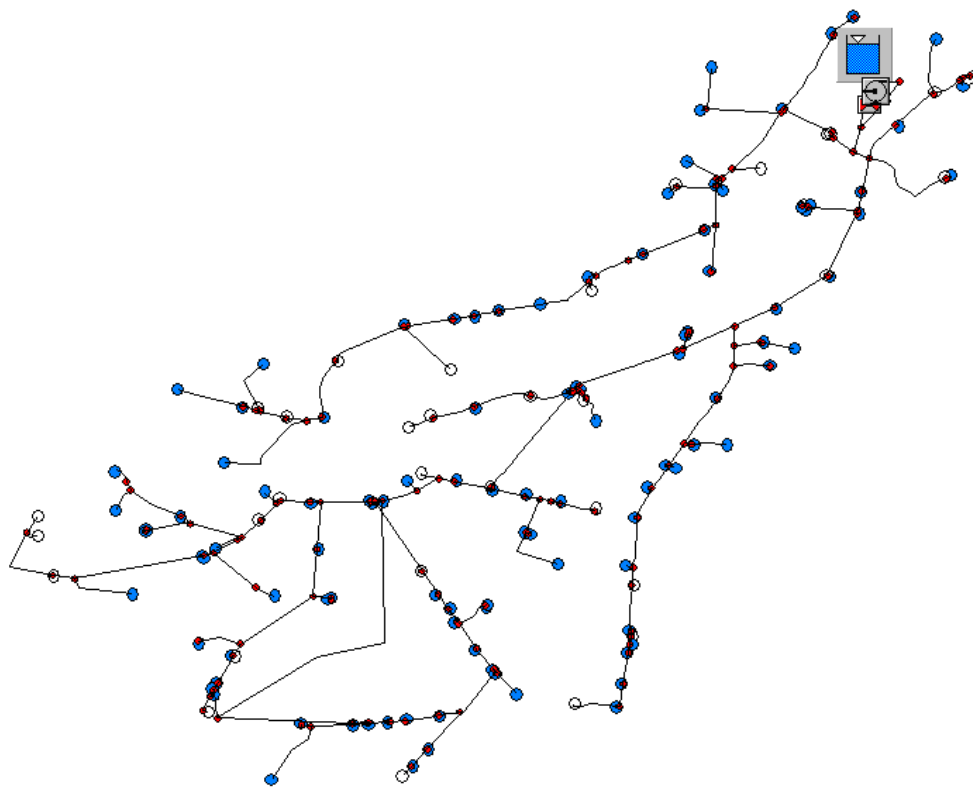


FIGURA 1. Configuración de la Zona Superior de la red.

2.- PREPARACIÓN DE LA RED PARA LA OPTIMIZACIÓN

Para poder adaptar la red de riego a demanda a una red preparada para el riego optimizado, las tuberías de la Zona Superior se modifican poco a poco, aplicando una serie de criterios que se describen a continuación.

2.1.- RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DE APROXIMACIÓN

Las sucesivas simulaciones de aproximación se realizan con una apertura del 75% de hidrantes de la Zona, debido a que previamente se ha calculado que es el máximo de demanda que puede abastecer la estación de bombeo.

La finalidad de las simulaciones de aproximación es localizar los hidrantes críticos (TABLA 1) y los hidrantes favorables (TABLA 2), para de esta manera establecer los hidrantes críticos permanentemente abiertos y los hidrantes favorables permanentemente cerrados en las siguientes etapas de simulación, una vez conseguido el objetivo de las simulaciones de aproximación, se procede a realizar las simulaciones de mejora de la red.

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m ³ /s)	COTA (m)	P_ CONSIGNA (m)	MP (m)
H162	34,12	0,05	307,48	50	-15,88
C49	32,57	0,03	307,80	40	-7,43
H1	44,22	0,04	335,80	50	-5,78
H3	45,77	0,04	334,34	50	-4,23
H11	47,29	0,03	331,36	50	-2,71
H5	47,37	0,02	332,36	50	-2,63
H152	48,15	0,02	310,10	50	-1,85
C44	38,79	0,03	314,11	40	-1,21
H52	49,04	0,03	323,44	50	-0,96
H157	49,32	0,03	308,50	50	-0,68
H141	49,88	0,03	310,46	50	-0,12

TABLA 1. Hidrantes críticos obtenidos en las simulaciones de aproximación.

HIDRANTE	PRESIÓN (m)	CONSUMO (m3/s)	COTA (m)	P_ CONSIGNA (m)	MP (m)
C1	84,24	0,019	290,29	55	29,24
C10	72,94	0,022	290,96	40	32,94
C11	70,15	0,032	295,31	40	30,15
C12	80,73	0,022	283,00	40	40,73
C13	74,50	0,031	289,75	40	34,50
C14	76,74	0,041	288,31	45	31,74
C15	83,05	0,028	282,00	40	43,05
C2	84,35	0,022	289,10	55	29,35
C3	84,15	0,028	288,72	55	29,15
C30	64,83	0,028	281,49	45	19,83
C4	84,17	0,039	288,13	55	29,17
C5	83,93	0,052	286,60	45	38,93
C55	56,84	0,028	307,80	40	16,84
C56	56,00	0,044	308,97	40	16,00
57	56,13	0,037	308,97	40	16,13
C58	58,19	0,019	307,59	40	18,19
C59	58,46	0,022	307,25	40	18,46
C60	57,88	0,022	307,35	40	17,88
C7	55,43	0,019	299,45	40	15,43
C8	84,73	0,022	285,20	45	39,73
C9	67,99	0,025	299,00	40	27,99
H12	68,67	0,025	305,68	50	18,67
H14	77,48	0,022	298,51	40	37,48
H148	57,96	0,019	306,14	40	17,96
H20	78,59	0,028	297,43	40	38,59
H22	55,82	0,019	323,00	40	15,82
H23	60,41	0,048	314,52	40	20,41
H26	69,63	0,022	308,29	40	29,63
H28	84,59	0,019	291,07	45	39,59
H29	78,77	0,032	298,18	40	38,77
H32	85,17	0,019	290,29	45	40,17
H36	55,84	0,025	316,77	40	15,84
H4	62,23	0,019	309,70	40	22,23
H53	55,19	0,036	315,80	40	15,19
H7	70,67	0,031	309,77	40	30,67
H70	71,23	0,025	291,97	40	31,23
H74	73,34	0,036	287,67	45	28,34
H8	68,23	0,031	312,29	50	18,23
H91	59,64	0,025	280,95	40	19,64

TABLA 2. Hidrantes favorables obtenidos en las simulaciones de aproximación

2.2.- RESULTADOS DE LA ETAPA DE SIMULACIÓN A

El primer paso de la etapa de simulación A es calcular el caudal de dotación necesario para que los 6 hidrantes más críticos de la TABLA 1 rieguen en 8 horas, aplicando la siguiente expresión:

$$Q_{\text{dotación}} (\text{m}^3/\text{s}) = \frac{q_{\text{ficticio}} \left(\frac{\text{l}}{\text{s ha}} \right) * \text{Superficie} (\text{ha}) * 24 (\text{h})}{8 (\text{h}) * 1000 \left(\frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right)}$$

Los caudales de dotación calculados se señalan en la TABLA 3.

HIDRANTES	CAUDAL REAL (m3/s)	SUPERFICIE (ha)	Q_FICTICIO (l/s ha)	Q_DOTACIÓN (m3/s)
H152	0,024	12,02	0,9999499	0,036
H1	0,037	23,58	0,9999499	0,071
H3	0,039	21,98	0,9999499	0,066
H52	0,028	13,47	0,9999499	0,040
H11	0,025	12,40	0,9999499	0,037
H5	0,022	7,02	0,9999499	0,021

TABLA 3. Valores necesarios para el cálculo del caudal de dotación y resultado obtenido en los 6 hidrantes más críticos.

A continuación, se introducen las modificaciones en la red y se realizan simulaciones para analizar las consecuencias de los cambios. De esta manera se tratará de solucionar los problemas de pérdida de presión provocados por el aumento de caudal en las tuberías.

Para solucionar estos problemas, se procede a aumentar los diámetros de las tuberías con mayores pérdidas de carga. En la TABLA 4 se resumen paso a paso los cambios efectuados y la mejora en el margen de presión de los hidrantes afectados.

LOCALIZACIÓN APROXIMADA	TUBERÍA AFECTADA	DIÁMETRO INICIAL (mm)	DIÁMETRO FINAL (mm)	HIDRANTES AFECTADOS	MP INICIAL (m)	MP FINAL (m)
Tramo superior-derecho	ATU210	160	200	H11	-4,30	-0,30
	ATU209	315	355			
	TU2	1.000	1.300	H5	-2,86	-0,40
Tramo superior-izquierdo	ATU265	500	560	H1	-4,50	-3,19
				H3	-3,79	-1,51
Tramo inferior-derecho	ATU173	560	630	H52	-3,25	-0,22
	ATU258	250	355			
	ATU176	500	560	H133	-8,36	-2,74
	ATU178	400	450			
	ATU179	400	450	H151	-8,72	0,86
	ATU180	400	450			
	ATU298	250	315	H152	-12,86	-3,67
	ATU187	250	315			

TABLA 4. Resumen de los cambios en las tuberías, en la etapa de simulación A.

Anexos.

En la aplicación GESTAR, se pueden añadir comentarios para registrar las modificaciones, esta herramienta de la aplicación es muy útil, puesto que como se observa en la FIGURA 2, se pueden sacar conclusiones visualmente de los resultados. En esta etapa de simulación se sitúan todas las modificaciones de las tuberías en el tramo derecho, esto significa que en este tramo se sitúan gran parte de los hidrantes críticos.

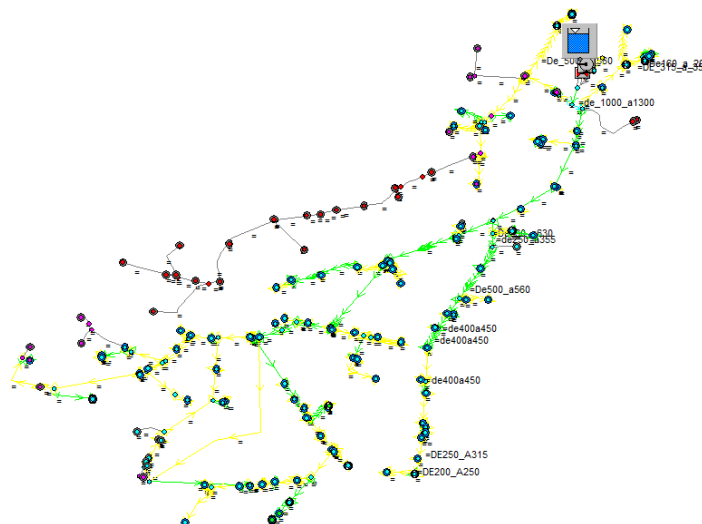


FIGURA 2. Red en funcionamiento con los cambios realizados en la etapa de simulación A.

2.3.- RESULTADOS DE LA ETAPA DE SIMULACIÓN B

En esta etapa, se establece tiempo de riego de 8 horas a los hidrantes H151 y H133. Los cálculos realizados dan como resultado el valor de caudal de dotación que se señala en la TABLA 5.

HIDRANTES	CAUDAL REAL (m3/s)	SUPERFICIE (ha)	Q_FICTICIO (l/s ha)	Q_DOTACIÓN (m3/s)
H151	0,022	11,23	0,9999499	0,030
H133	0,025	14,08	0,9999499	0,040

TABLA 5. Valores necesarios para el cálculo del caudal de dotación y resultado obtenido en los 2 hidrantes modificados.

Una vez introducidos estos cambios en la red, se procede a aumentar el diámetro de las tuberías siguiendo los mismos criterios que en la etapa de simulación A. En la TABLA 6 se resumen paso a paso los cambios efectuados y la mejora en el margen de presión de los hidrantes afectados.

TUBERÍA AFECTADA	DIÁMETRO INICIAL (mm)	DIÁMETRO FINAL (mm)	PÉRDIDAS TUBERÍA INICIAL (m)	PÉRDIDAS TUBERÍA FINAL (m)	HIDRANTES AFECTADOS	MP INICIAL (m)	MP FINAL (m)
ATU174	560	630	1,06	0,59	H133	-7,10	-6,64
					H152	-8,39	-7,93
					H151	-8,01	-7,55
ATU175	560	630	1,80	1,01	H133	-6,64	-5,85
					H152	-7,93	-7,14
					H151	-7,55	-6,76
ATU176	560	630	2,24	1,26	H133	-5,85	-4,88
					H152	-7,15	-6,17
					H151	-6,76	-5,79
ATU177	450	560	2,36	0,81	H133	-4,88	-3,33
					H152	-6,17	-4,61
					H151	-5,79	-4,24
ATU178	450	560	1,82	0,62	H133	-3,33	-2,13
					H152	-4,61	-3,42
					H151	-4,24	-3,04
ATU179	450	560	2,01	0,69	H133	-2,13	-0,82
					H152	-3,42	-2,11
					H151	-3,04	-1,73
ATU180	450	500	2,56	1,53	H133	-0,82	0,20
					H152	-2,11	-1,08
					H151	-1,73	-0,70
ATU181	400	450	1,28	0,72	H152	-1,08	-0,52
					H151	-0,70	-0,14
ATU182	400	450	2,79	1,57	H152	-0,52	0,69
					H151	-0,14	1,07
ATU188	160	200	7,66	2,59	H151	1,07	6,14

TABLA 6. Resumen de los cambios en las tuberías, en la etapa de simulación B.

En la TABLA 6 se observa que todos los hidrantes analizados en esta etapa alcanzan un margen de presión positivo, esto quiere decir que se han conseguido solucionar los problemas de presión de los hidrantes analizados en esta etapa.

En la FIGURA 3 se observa que los cambios en las tuberías de la red continúan apareciendo en el tramo derecho.

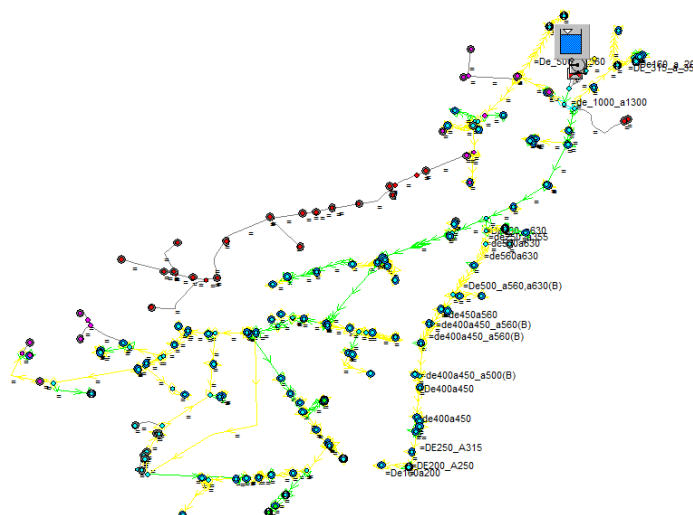


FIGURA 3. Red en funcionamiento con los cambios realizados en las etapas de simulación A y B.

2.4.- RESULTADOS DE LA ETAPA DE SIMULACIÓN C

Esta etapa consiste en intentar solucionar los problemas de presión de los hidrantes críticos del tramo izquierdo de la red.

El primer paso de la etapa, consiste en tratar de solucionar los problemas de presión de los hidrantes críticos de este tramo, sin aumentar la dotación. Los hidrantes críticos que en este momento tiene la red en el tramo izquierdo son los siguientes: C44, H157, H141, H163, H162, C43.

En la TABLA 7 se resumen paso a paso los cambios efectuados y la mejora en el margen de presión de los hidrantes afectados.

TUBERÍA AFECTADA	DIÁMETRO INICIAL (mm)	DIÁMETRO FINAL (mm)	PÉRDIDAS TUBERÍA INICIAL (m)	PÉRDIDAS TUBERÍA FINAL (m)	HIDRANTES AFECTADOS	MP INICIAL (m)	MP FINAL (m)
ATU249	250	315	9,17	2,98	H157	-7,22	-1,03
					H163	-3,20	2,98
					H162	-19,43	-13,24
ATU196	900	1000	1,37	0,82	H39	-0,73	-0,18
ATU253	160	250	22,16	2,48	C43	-19,52	0,69
					C44	-19,10	1,12

TABLA 7. Resumen de las modificaciones sin aumento de dotación en la etapa de simulación C.

En la TABLA 7 se observa que no se han podido solucionar los problemas en el hidrante H162, el motivo es que funciona utilizando pocas horas de riego, si el error continúa, se optará por disminuir la dotación del hidrante, para que en lugar de regar en 5 horas riegue en 8 horas, de esta manera se tratará de solucionar el problema.

Como se observa en la FIGURA 4, la tubería 249 se encuentra aguas arriba y muy próxima a los hidrantes H162, H163, por lo tanto al aumentar su diámetro, prácticamente ya se soluciona el problema de los hidrantes H163 y H157, y disminuye considerablemente el margen de presión en el hidrante H162.

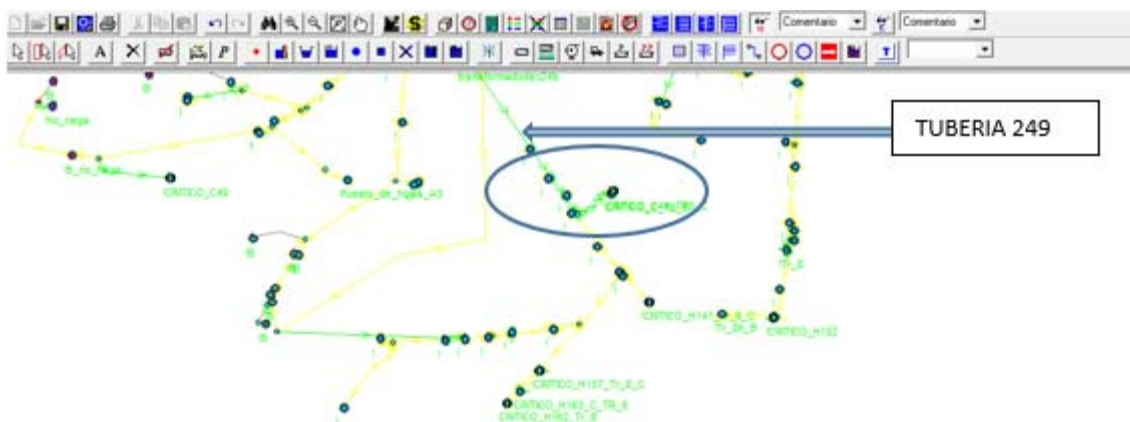


FIGURA 4. Localización de la tubería 249.

Una vez realizadas las modificaciones anteriormente descritas, se procede, como en las simulaciones anteriores a reducir los tiempos de riego a 8 horas de los hidrantes críticos de la TABLA 8.

HIDRANTES	CAUDAL REAL (m3/s)	SUPERFICIE (ha)	Q_FICTICIO (l/s ha)	Q_DOTACIÓN (m3/s)
C44	0,025	8,30	0,9999499	0,025
H157	0,028	16,95	0,9999499	0,051
H141	0,025	14,37	0,9999499	0,043
H163	0,022	11,48	0,9999499	0,034
C43	0,028	17,57	0,9999499	0,053

TABLA 8. Valores necesarios para el cálculo del caudal de dotación y resultado obtenido en los 5 hidrantes modificados.

A continuación se modifica el diámetro de las tuberías de la TABLA 9.

TUBERÍA AFECTADA	DIÁMETRO INICIAL (mm)	DIÁMETRO FINAL (mm)	PÉRDIDAS TUBERÍA INICIAL (m)	PÉRDIDAS TUBERÍA FINAL (m)	HIDRANTES AFECTADOS	MP INICIAL (m)	MP FINAL (m)
ATU249	315	500	5,10	0,54	H157	-7,79	-3,23
					H163	-5,96	-1,39
					H162	-22,05	-17,49
ATU250	200	315	9,35	1,02	H157	-3,23	-3,23
					H163	-1,39	6,94
					H162	-17,49	-9,16
ATU251	160	315	6,29	0,23	H162	-9,16	-3,10

TABLA 9. Resumen de las modificaciones realizadas debido al aumento de dotación en la etapa de simulación C.

Al realizar los cambios en las tuberías, como se visualiza en la TABLA 9, el hidrante H162 todavía tiene problemas de presión, para solucionarlos se disminuye su dotación para que riegue en 8 horas. La dotación requerida se encuentra reflejada en la TABLA 10.

HIDRANTES	CAUDAL REAL (m ³ /s)	SUPERFICIE (ha)	Q_FICTICIO (l/s ha)	Q_DOTACIÓN (m ³ /s)
H162	0,054	12,69	0,9999499	0,038

TABLA 10. Valores necesarios para el cálculo del caudal de dotación y resultado obtenido en el hidrante H162.

Al cambiar la dotación del hidrante H162 se generaron problemas de presión en la red, para solucionar estos problemas, se modificaron las tuberías señaladas en la TABLA 11.

TUBERÍA AFECTADA	DIÁMETRO INICIAL (mm)	DIÁMETRO FINAL (mm)	PÉRDIDAS TUBERÍA INICIAL (m)	PÉRDIDAS TUBERÍA FINAL (m)	HIDRANTES AFECTADOS	MP INICIAL (m)	MP FINAL (m)
Sin cambios en las tuberías					H162	-3,10	0,49
					H157	-3,23	-0,29
ATU249	500	560	0,54	0,23	H157	-0,29	-0,13
ATU130	160	355	7,07	0,15	H141	-8,13	-1,21

TABLA 11. Resumen de las modificaciones por el cambio de dotación del hidrante H162.

En la TABLA 12 se observa que el hidrante H157 tiene margen de presión negativo, pero no se puede aumentar el diámetro de la tubería más cercana que lo distribuye, porque afectaría a demasiadas tuberías aguas arriba, a las cuales se les debería subir el diámetro para que no se produjese el llamado “efecto telescópico”. Otro hidrante crítico que se observa en la TABLA 12 es el H141, este hidrante se analizará en la siguiente etapa de simulación.

HIDRANTE CRÍTICO	MP (m)
H162	0,49
C44	3,69
H157	-0,13
H141	-1,20
H163	10,47
C43	3,26

TABLA 12. Resumen del margen de presión final de los hidrantes analizados en la etapa de simulación C.

En la FIGURA 5 se observan los cambios realizados en las tuberías de la red hasta la etapa de simulación C, gracias a esta figura se puede observar como hay tramos de tubería que se han modificado en varias de las etapas aplicadas hasta el momento.

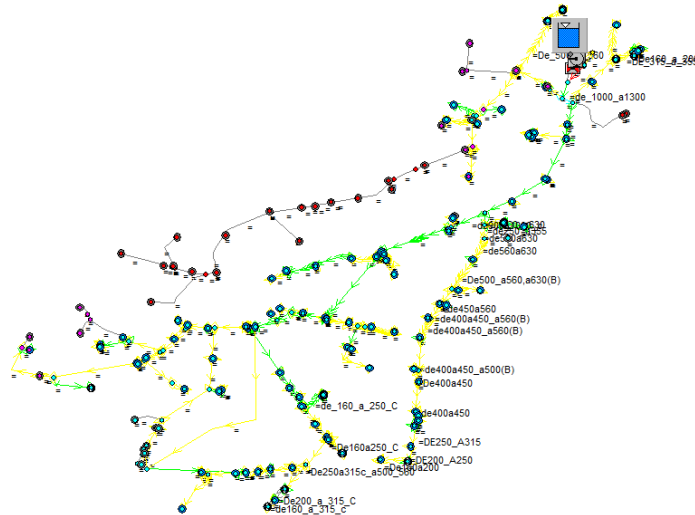


FIGURA 5. Red en funcionamiento con cambios realizados en las etapas de simulación A, B y C.

2.5.- RESULTADOS DE LA ETAPA DE SIMULACIÓN D

En esta etapa, se va a analizar el comportamiento del sistema disminuyendo el tiempo de riego a 8 horas de todos los hidrantes de la red con margen de presión inferior a 10 m (hidrantes desfavorables), que necesiten más de 8 horas para regar.

Al modificar el valor de caudal de dotación de los 38 hidrantes de la TABLA 13, salen muchísimas alarmas en el sistema, esto es debido en parte, a que la Estación de Bombeo ya no se encuentra en su punto óptimo de funcionamiento, provocando la pérdida de presión en toda la red.

HIDRANTES	CAUDAL REAL (m3/s)	SUPERFICIE (ha)	Q_FICTICIO (l/s ha)	Q_DOTACIÓN (m3/s)
C47	0,025	40,32	0,6000000	0,073
H62	0,031	23,87	0,9999499	0,072
H24	0,019	14,19	0,9999499	0,043
H73	0,019	13,48	0,9999499	0,040
C54	0,031	21,36	0,9999499	0,064
H27	0,019	12,97	0,9999499	0,039
C48	0,04	26,16	0,9999499	0,078
H2	0,019	11,81	0,9999499	0,035
C50	0,025	14,62	0,9999499	0,044
C42	0,025	14,55	0,9999499	0,044
C36	0,028	15,93	0,9999499	0,048
C41	0,025	13,44	0,9999499	0,040
H17	0,022	11,70	0,9999499	0,035
C49	0,028	14,73	0,9999499	0,044
C34	0,019	10,00	0,9999499	0,030
H150	0,025	13,09	0,9999499	0,039
C45	0,025	12,93	0,9999499	0,039
C35	0,019	9,77	0,9999499	0,029
C46	0,019	9,70	0,9999499	0,029

HIDRANTES	CAUDAL REAL (m3/s)	SUPERFICIE (ha)	Q_FICTICIO (l/s ha)	Q_DOTACIÓN (m3/s)
H39	0,028	13,74	0,9999499	0,041
H156	0,022	10,69	0,9999499	0,032
C40	0,022	10,68	0,9999499	0,032
C37	0,019	9,15	0,9999499	0,027
C18	0,019	9,00	0,9999499	0,027
H63	0,019	8,90	0,9999499	0,027
H18	0,025	11,70	0,9999499	0,035
H9	0,024	11,21	0,9999499	0,034
H30	0,028	12,97	0,9999499	0,039
H159	0,022	10,08	0,9999499	0,030
H54	0,031	13,02	0,9999499	0,039
C44	0,02	8,30	0,9999499	0,025
C38	0,035	14,48	0,9999499	0,043
C39	0,019	7,32	0,9999499	0,022
H141	0,04	14,37	0,9999499	0,043
H16	0,032	11,44	0,9999499	0,034
C43	0,0527	17,57	0,9999499	0,053
H157	0,05	16,95	0,9999499	0,051
H6	0,025	8,44	0,9999499	0,025

TABLA 13. Valores necesarios para el cálculo del caudal de dotación y resultado obtenido en la etapa de simulación D.

Para mejorar el rendimiento de la Estación de Bombeo se aumenta su caudal máximo. Una vez realizado este cambio, se procede a aumentar el diámetro de las tuberías de la TABLA 14.

TUBERÍA AFECTADA	DIÁMETRO INICIAL (mm)	DIÁMETRO FINAL (mm)	PÉRDIDAS TUBERÍA INICIAL (m)	PÉRDIDAS TUBERÍA FINAL (m)	HIDRANTES AFECTADOS	MP INICIAL (m)	MP FINAL (m)
ATU133	250	315	9,96	3,23	H62	-16,12	-9,39
					H69	-15,23	-8,49
ATU134	200	315	13,51	1,47	H62	-9,39	2,64
					H69	-8,49	3,55
ATU269	160	200	7,06	2,38	H73	-3,03	1,65
ATU216	250	355	8,21	1,49	C36	-4,68	2,04
					C37	-3,89	2,84
					C38	-10,41	-3,69
ATU217	200	250	5,44	1,84	C38	-3,69	-0,08
ATU277	160	250	4,09	0,47	C35	-3,42	0,20
ATU228	560	800	8,39	0,90	C39	-2,91	4,56
					C40	-4,57	2,58
					C41	-5,78	1,18
ATU229	560	710	2,61	0,85	C41	1,18	2,85
					C42	0,03	1,66
ATU230	560	710	1,61	0,52	C43	-2,79	-1,77
					C44	-2,44	-1,41
ATU231	560	710	1,21	0,39	C43	-1,77	-0,99
					C44	-1,41	-0,63

TUBERÍA AFECTADA	DIÁMETRO INICIAL (mm)	DIÁMETRO FINAL (mm)	PÉRDIDAS TUBERÍA INICIAL (m)	PÉRDIDAS TUBERÍA FINAL (m)	HIDRANTES AFECTADOS	MP INICIAL (m)	MP FINAL (m)
ATU253	250	355	2,80	0,51	C43	-0,99	1,30
					C44	-0,63	1,65
ATU232	560	710	0,17	0,05	Se cambia para poder modificar la tubería 233 aguas abajo.		
ATU233	560	710	1,60	0,51	C47	-0,28	0,69
					H141	-6,86	-5,88
ATU234	560	710	1,21	0,39	C47	0,69	1,44
					H141	-5,88	-4,17
ATU20	560	710	0,07	0,02	Se cambia para poder modificar la tubería 19 aguas abajo.		
ATU19	560	710	1,37	0,25	H157	-4,91	-4,08
					H162	-4,28	-3,45
TU1	355	630	-5,05	-0,79	H157	-4,08	-2,89
					H162	-3,45	-2,26
ATU248	160	250	11,43	1,31	H159	-8,82	1,29
ATU240	160	250	3,26	0,37	C50	-2,42	0,46
ATU2	160	250	17,79	2,03	C49	-18,51	-2,75
ATU39	250	315	9,53	3,11	C49	-2,75	3,67

TABLA 14. Modificaciones por el cambio de dotación de los hidrantes desfavorables.

Los hidrantes que se señalan en color rojo en la TABLA 14, todavía tienen problemas de presión, que se intentaran solucionar utilizando la herramienta de optimización de la aplicación GESTAR.

En la FIGURA 6, se observan los cambios de diámetro realizados hasta la etapa de simulación D. En el capítulo siguiente, no se realizaran más cambios en los diámetros de las tuberías, por lo tanto la FIGURA 6 contiene todos los cambios estructurales que se recomienda realizar para la mejora de la red.

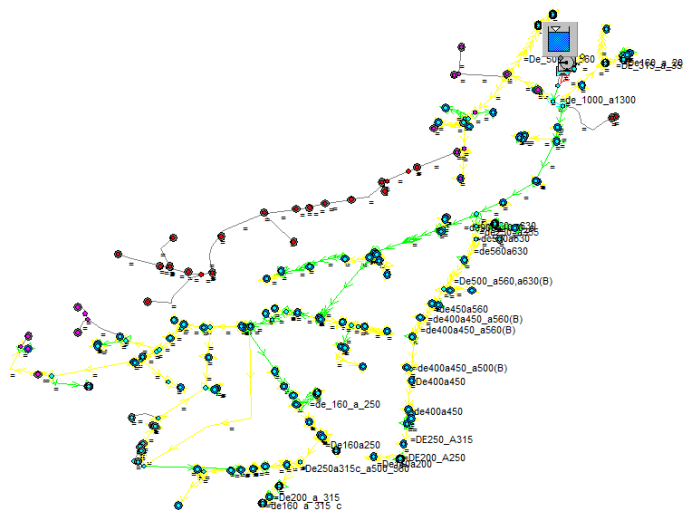


FIGURA 6. Red en funcionamiento con cambios realizados en las etapas de simulación A, B, C y D.

3.- RESULTADOS DE LOS PROCESOS DE PROGRAMACIÓN DE RIEGO A DEMANDA Y RIEGO OPTIMIZADO

En este capítulo, se resumen los resultados obtenidos, tanto al programar un riego optimizado en la red, como al programar un riego a demanda. Se analizan los meses con un valor de demanda de agua lo suficientemente significativo como para que su análisis aporte datos relevantes al estudio, esto se produce en el intervalo de meses comprendido entre marzo y octubre.

3.1.- RESULTADOS DE LOS PROCESOS DE PROGRAMACIÓN DE LOS MESES RELEVANTES

Para la mejor comprensión de los resultados (con ayuda de las gráficas que se incluyen en este capítulo) se han comparado los mismos parámetros significativos de la instalación, en las dos situaciones posibles de riego.

En la TABLA 15 se describen las características razonadas para la programación de riego optimizado según las peculiaridades del mes. En el riego a la demanda, sus características de programación son dos:

- La Estación de Bombeo solo funciona a Alta Presión.
- No se utilizan las horas nocturnas para regar.

Meses analizados	Franja horaria de riego		Tarifa aplicada		Consumo necesario (m ³ /ha día)
	Estación de Bombeo funciona a Alta Presión	Estación de Bombeo funciona a Baja Presión	Estación de Bombeo funciona a Alta Presión	Estación de Bombeo funciona a Baja Presión	
Marzo	De 0h a 2h	De 2h a 8h	P6	P6	6,99
Abril	De 0h a 3h	De 3h a 8h	P6	P6	22,60
Mayo	De 0h a 6h	De 6h a 16h	P6	P6 de 6h a 8h y P5 el resto	49,42
Primera quincena de junio	De 0h a 8h	De 8h a 9h y de 15h a 24h	P6	P4	69,98
Segunda quincena de junio y julio	De 0h a 8h	De 8h a 11h y de 19h a 24h	P6	P2	69,98
Agosto	De 0h a 4h	De 4h a 16h	P6	P6	27,38
Septiembre	De 0h a 2h	De 2h a 8h	P6	P6	26,67
Octubre	De 0h a 1h	De 1h a 8h	P6	P6	7,17

TABLA 15. Resumen de las características de las optimizaciones según meses.

• RESULTADOS DEL MES DE MARZO

De las FIGURAS 7 y 8 se obtienen las siguientes conclusiones:

- En ninguno de los dos casos de riego la estación de bombeo tiene mucho gasto energético, esto se debe a que es un mes en el que no se riega mucho.
- Visualmente se pueden reconocer las horas de riego de la red en este mes.
- El intervalo de tiempo para la simulación en la aplicación GESTAR comienza a las 00 h y finaliza a las 24 h en ambos casos.

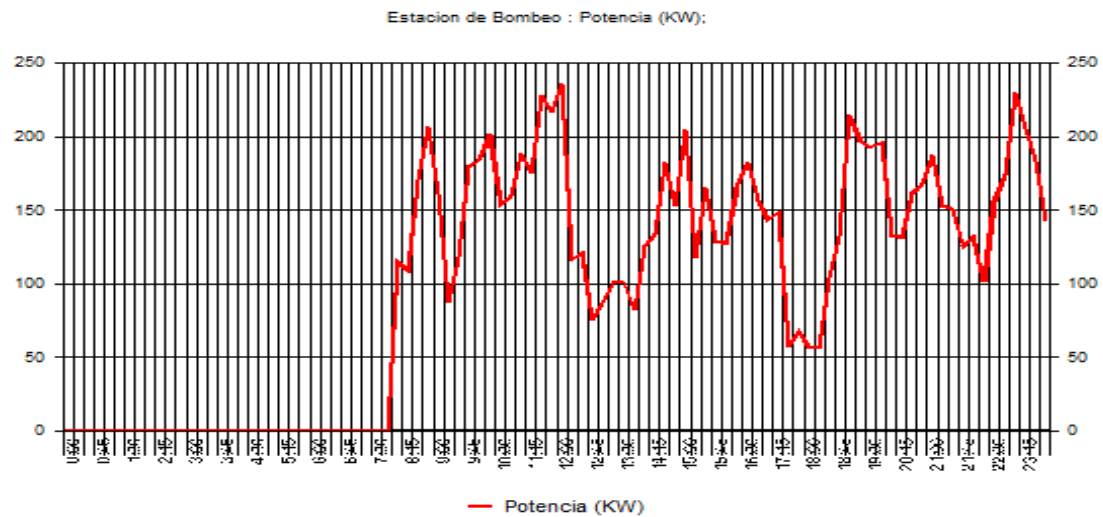


FIGURA 7. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de marzo.

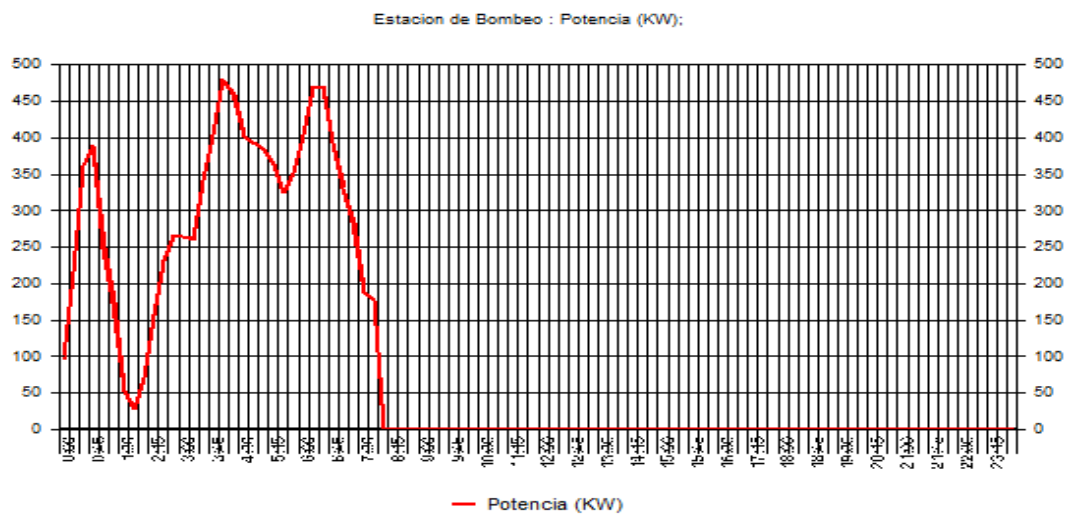


FIGURA 8. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de marzo.

De las FIGURAS 9 y 10 se obtienen las siguientes conclusiones:

- El comportamiento en los dos casos de riego del hidrante C38, el cual ha sido seleccionado en todos los meses por ser uno de los hidrantes críticos de la red, es adecuado porque mantiene presión suficiente mientras se encuentra en funcionamiento la Estación de Bombeo.
- El hidrante C38 necesita solamente 1 hora para cubrir las necesidades hídricas del mes de marzo.

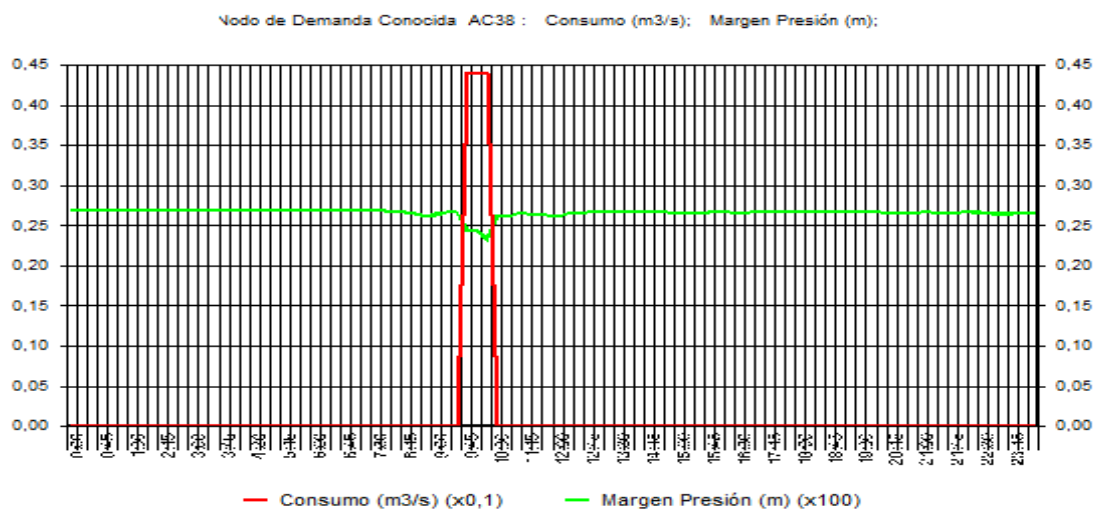


FIGURA 9. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de marzo.

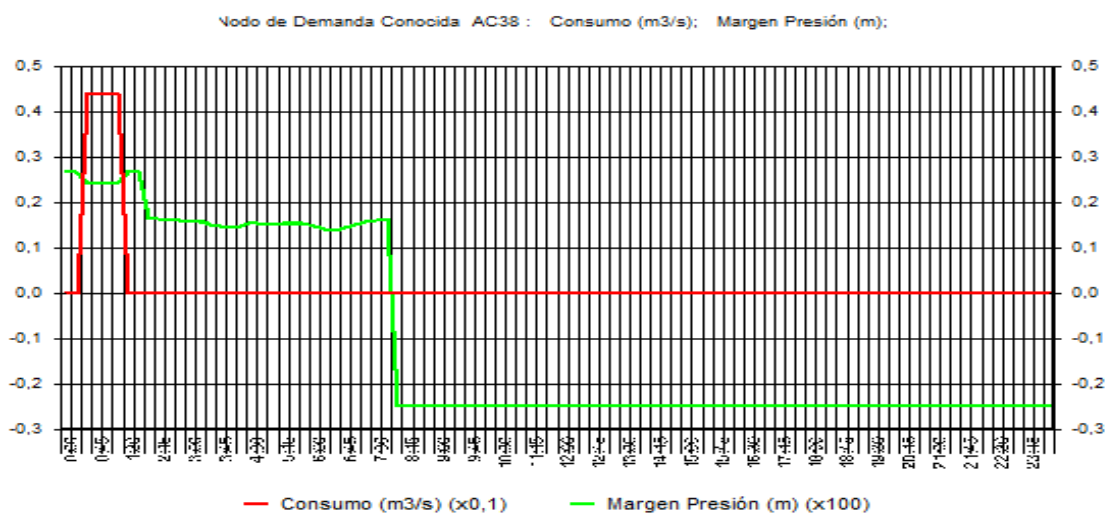


FIGURA 10. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de marzo.

Al comparar las FIGURAS 11 y 12, se observa que la utilización del riego optimizado, genera un ahorro diario en coste energético de **69,55 €**, esto se traduce en un ahorro del **31.54%** del gasto de energía al día.

FIGURA 11. Costes diarios en el riego a demanda en el mes de marzo.

FIGURA 12. Costes diarios en el riego optimizado en el mes de marzo.

• RESULTADOS DEL MES DE ABRIL

De las FIGURAS 13 y 14 se obtienen las siguientes conclusiones:

- La red no se encuentra todavía a pleno rendimiento, debido a que no se genera mucho gasto de potencia.
- Visualmente se pueden reconocer las horas de riego de la red en este mes.
- El intervalo de tiempo para la simulación en la aplicación GESTAR comienza a las 00 h y finaliza a las 24 h en ambos casos.

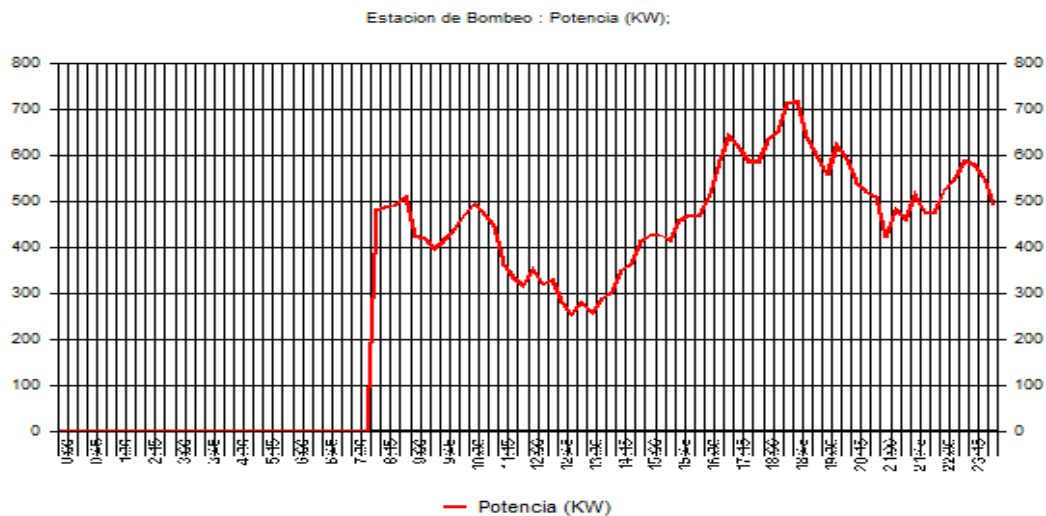


FIGURA 13. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de abril.

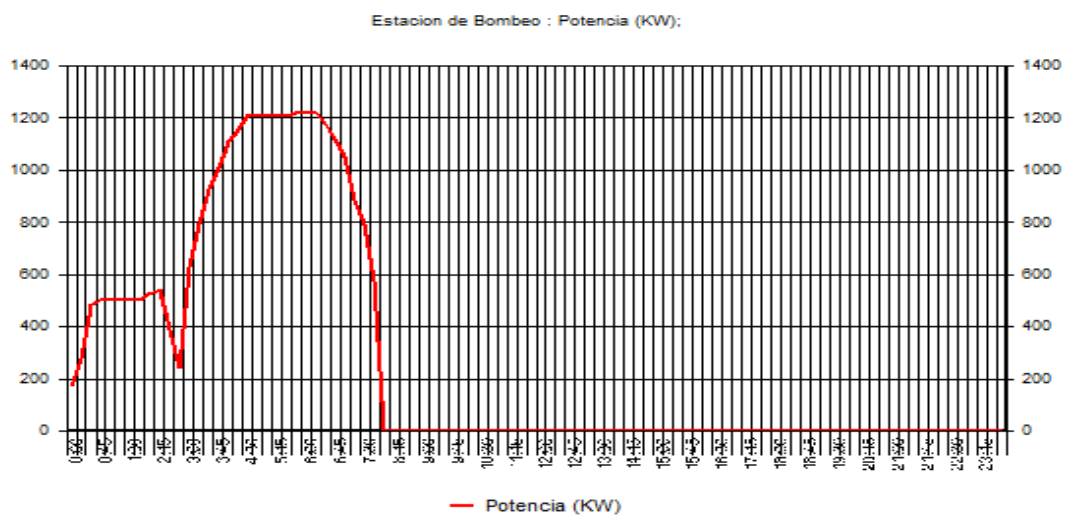


FIGURA 14. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de abril.

De las FIGURAS 15 y 16 se obtienen las siguientes conclusiones:

- El comportamiento en los dos casos de riego del hidrante C38 es adecuado, debido a que mantiene presión suficiente mientras se encuentra en funcionamiento la Estación de Bombeo.
- El hidrante C38 necesita 2 horas y 30 minutos para cubrir las necesidades hídricas del mes de abril.

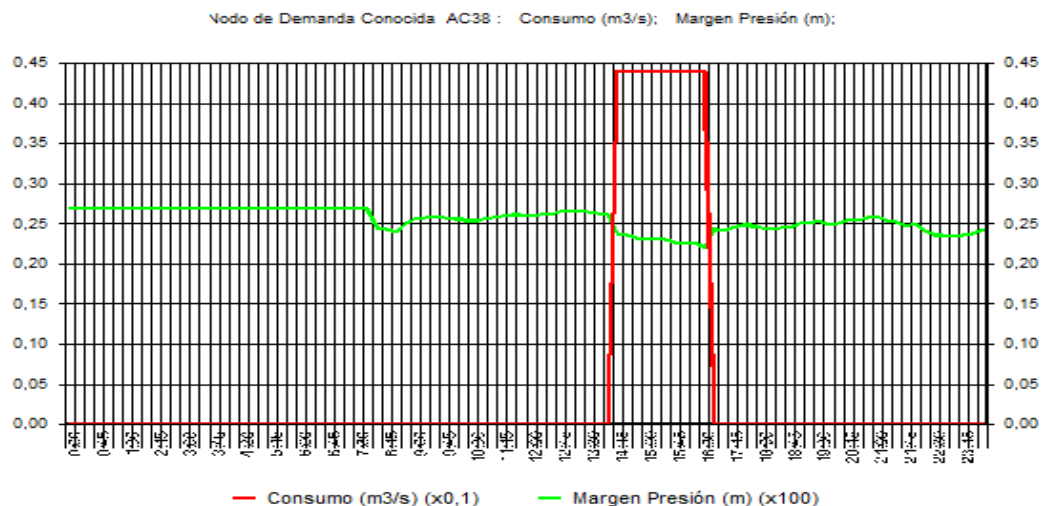


FIGURA 15. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de abril.

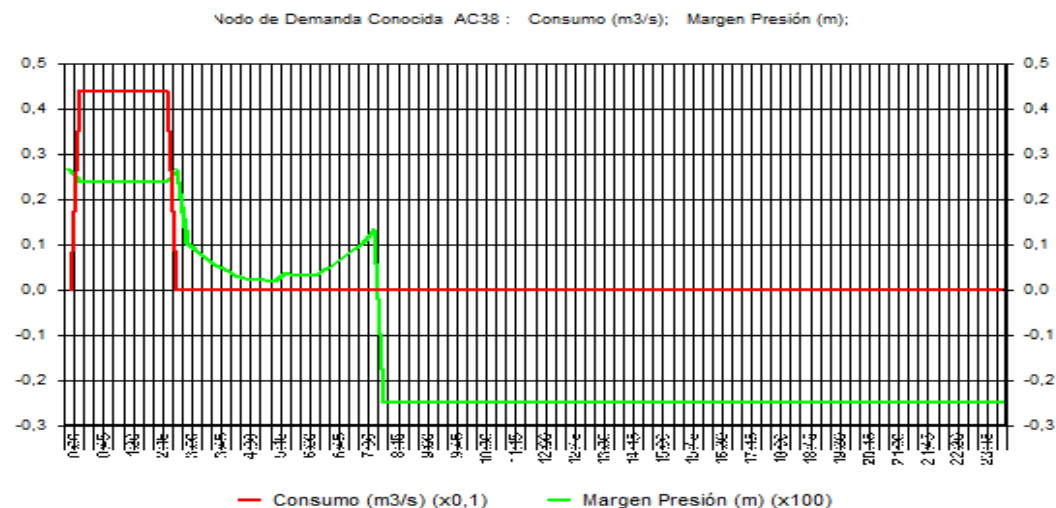


FIGURA 16. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de abril.

Anexos.

Al comparar las FIGURAS 17 y 18, se observa que la utilización del riego optimizado, genera un ahorro diario en coste energético de **198.27 €**, esto se traduce en un ahorro del **32.2%** del gasto de energía al día.

Nodos		Elementos		Variable		Estacion de Bombeo	
Instantes	Energía Total Consumida (KWh)	Potencia (KW)	Rendimiento (EIE) (%)	ESE (%)	Rendimiento Acumulado (EIE) (%)	ESE Acumulado (%)	Coste Et
0:00	0	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0
2:15	0	0	0	0	0	0	0
2:30	0	0	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0
3:15	0	0	0	0	0	0	0
3:30	0	0	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0
4:15	0	0	0	0	0	0	0
4:30	0	0	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0
5:15	0	0	0	0	0	0	0
<	<	<	<	<	<	<	<

Resultados:

Coste Potencia Contratada: 6.150€ (K€)

Coste Energía: 615.6 (€)

Coste Unitario: 0.014074 (€/m3)

Representar

Modulo consumo

Alarma Potencia

FIGURA 17. Costes diarios en el riego a demanda en el mes de abril.

Resultados

Nodos

Elementos

Variable

Estación de Bombeo

Instantes	Energía Total Consumida (Kwh)	Potencia (KW)	Rendimiento (EIE) (%)	ESE (%)	Rendimiento Acumulado (EIE) (%)	ESE Acumulado (%)	Coste Et (€)
0:00	43.738	174.95	81.001	71.81	81.001	71.809998	2.799200
0:15	112.67	275.72	81.001	68.56	81.001	70.184998	4.4115
0:30	235.56	483.58	81.001	72.24	81.001	70.870003	7.737195
0:45	359.82	505.03	81	72.47	81.001	71.269997	8.080499
1:00	486.08	505.03	81	72.47	81	71.510002	8.080499
1:15	612.34	505.03	81	72.47	81	71.669998	8.080499
1:30	738.6	505.03	81	72.47	81	71.783997	8.080499
1:45	864.85	505.03	81	72.47	81	71.870003	8.080499
2:00	995.8	523.8	80.999	71.84	81	71.868997	8.380800
2:15	1130.7	539.63	80.999	71.91	81	71.871002	8.623999
2:30	1258.1	589.69	81.001	71.99	81	71.882004	8.235000
2:45	1387.8	238.88	81.001	77.81	81	72.375999	3.822999
3:00	1444.3	625.75	81	50.88	81	70.722	10.012
3:15	1642.7	792.6	81.001	51.02	81	69.313002	12.698
3:30	1874.4	926.8	81	51.55	81	68.130997	14.829
3:45	2126.8	1009.5	81.003	51.52	81	67.093002	16.152
4:00	2404.1	1109.4	81.003	50.46	81.001	65.113006	17.75
4:15	2682.8	1154.8	81.002	50.7	81.001	65.258003	18.47699
4:30	2995.2	1209.4	81.003	50.19	81.001	64.464996	19.351
4:45	3297.1	1207.6	81.002	49.93	81.001	63.737999	19.32099
5:00	3899	1207.6	81.002	49.93	81.001	63.080002	19.32099
5:15	3901.1	1208.4	81.003	49.65	81.001	62.470001	19.32499

Resultados:

Coste Potencia Contratada: 0.25600 (K€)

Coste Energía: 417.33 (€)

Coste Unitario: 0.0093253 (€/m³)

Representar

Modular consumo

Alarma Potencia

FIGURA 18. Costes diarios en el riego optimizado en el mes de abril.

• RESULTADOS DEL MES DE MAYO

De las FIGURAS 19 y 20 se obtienen las siguientes conclusiones:

- En el mes de mayo se produce un gasto energético significativo.
- Visualmente se pueden reconocer las horas de riego de la red en este mes.
- El intervalo de tiempo para la simulación en la aplicación GESTAR comienza a las 00 h y finaliza a las 24 h en ambos casos.

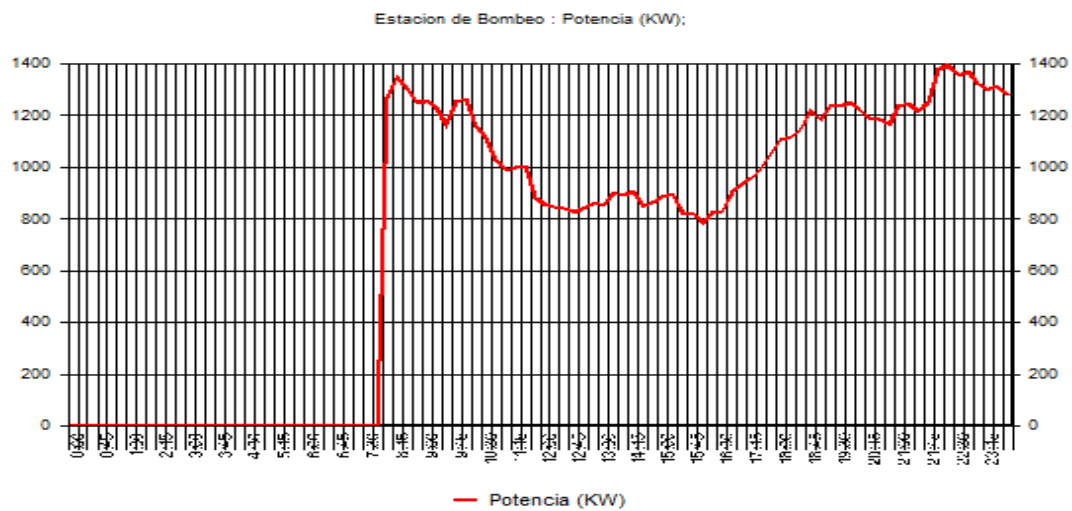


FIGURA 19. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de mayo.

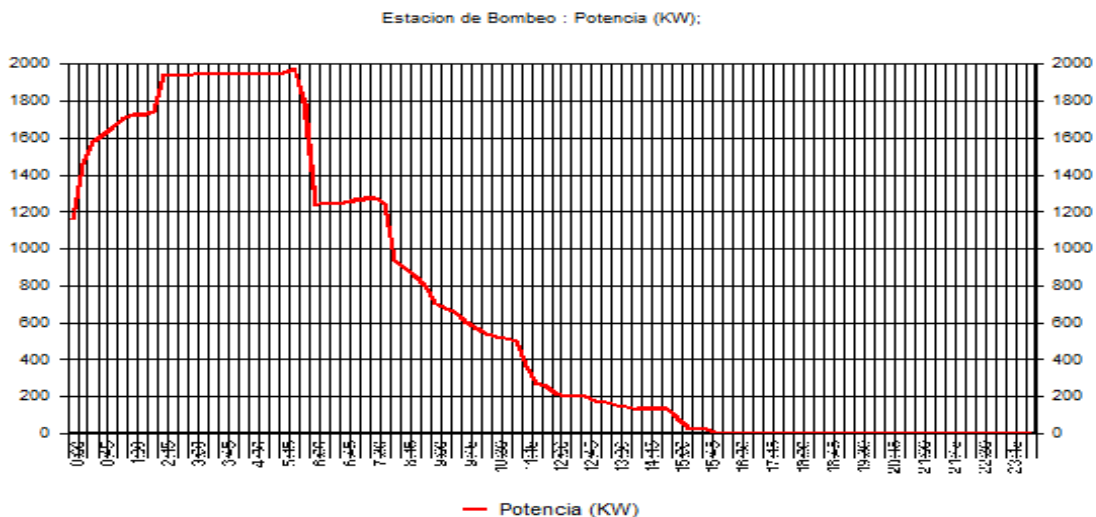


FIGURA 20. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de mayo.

De las FIGURAS 21 y 22 se obtienen las siguientes conclusiones:

- El comportamiento en los dos casos de riego del hidrante C38 es adecuado, debido a que mantiene presión suficiente mientras se encuentra en funcionamiento la Estación de Bombeo.
- El hidrante C38 necesita 5 horas y 45 minutos para cubrir las necesidades hídricas del mes de mayo.

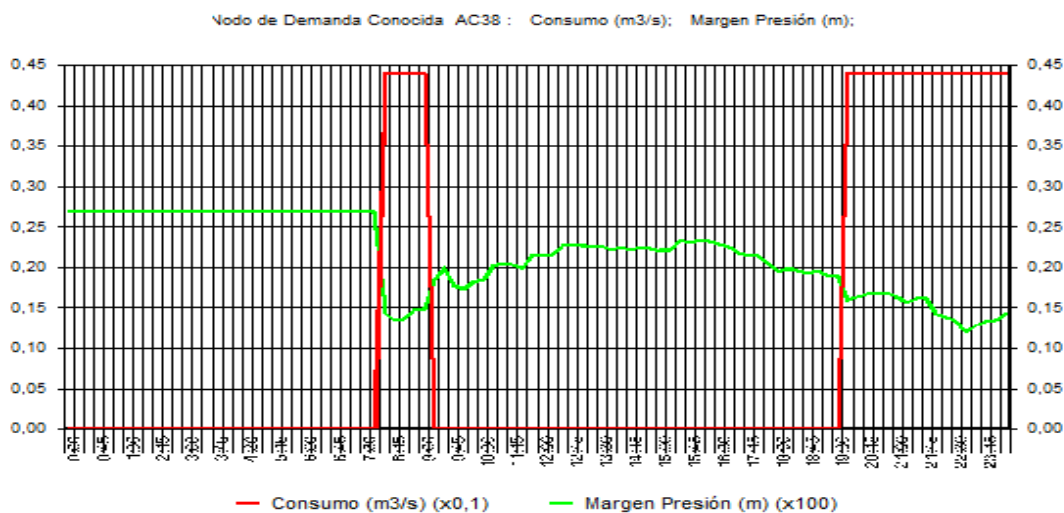


FIGURA 21. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de mayo.

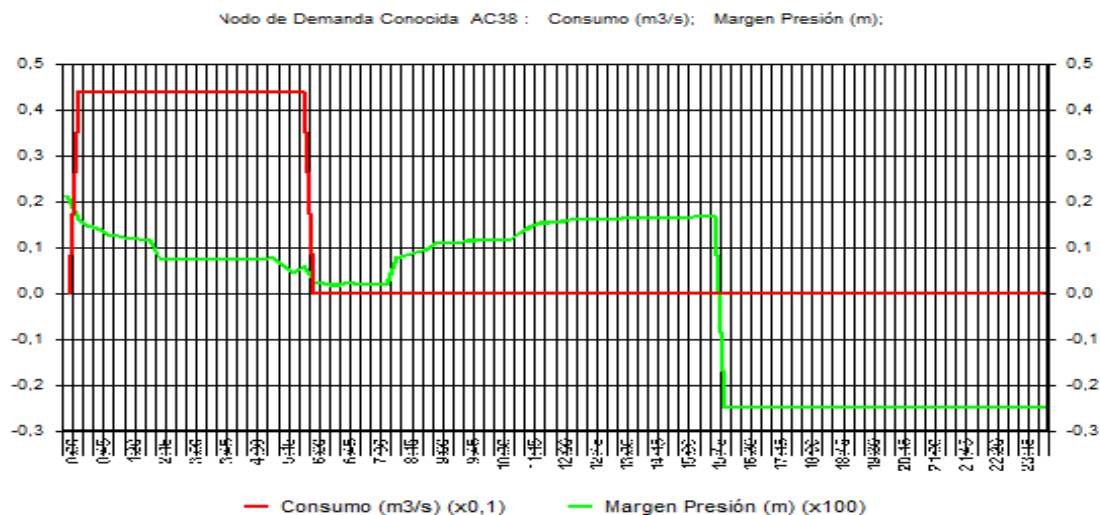


FIGURA 22. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de mayo.

Anexos.

Al comparar las FIGURAS 23 y 24, se observa que la utilización del riego optimizado, genera un ahorro diario en coste energético de **313 €**, esto se traduce en un ahorro del **22.23%** del gasto de energía al día.

Nodos

Elementos

Variable

Estacion de Bombeo

Instantes	Energía Total Consumida (Kwh)	Potencia (KW)	Rendimiento (SEB) (%)	ESE (%)	Rendimiento Acumulado (SEB) (%)	ESE Acumulado (%)	Coste Br
0:00	0	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0
2:15	0	0	0	0	0	0	0
2:30	0	0	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0
3:15	0	0	0	0	0	0	0
3:30	0	0	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0
4:15	0	0	0	0	0	0	0
4:30	0	0	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0
5:15	0	0	0	0	0	0	0
<							>

Resultados

Coste Potencia Contratada: 10.814 (€)(€)

Coste Energía: 1400 (€)

Coste Unitario: 0.014074 (€/m.3)

Representar

Modular consumo

Alarma Potencia

FIGURA 23. Costes diarios en el riego a demanda en el mes de mayo.

Resultados

Nodos

Elementos

Variable

Estación de Bombeo

Instantes	Energía Total Consumida (KWh)	Potencia (KW)	Rendimiento (SEB) (%)	ESE (%)	Rendimiento Acumulado (SEB) (%)	ESE Acumulado (%)	Coste Br
0:00	291,52	1166,1	81,003	49,76	81,003	49,759998	18,65000
0:15	655,35	1455,3	81,001	51,26	81,002	50,509998	23,285
0:30	1048,2	1575,4	81,004	48,99	81,003	50,337002	25,20599
0:45	1452,8	1614,6	81	49,62	81,002	50,158001	25,834
1:00	1867,1	1657,2	81	49,48	81,002	50,021999	26,51499
1:15	2292,1	1699,7	80,999	49,21	81,001	49,887001	27,195
1:30	2722,8	1722,8	81,001	49,04	81,001	49,765999	27,56500
1:45	3153,5	1722,8	81,001	49,04	81,001	49,674999	27,56500
2:00	3588,9	1741,6	80,999	49,1	81,001	49,611	27,86599
2:15	4072,8	1935,7	81,007	48,19	81,002	49,469002	30,97100
2:30	4556,7	1935,7	81,007	48,19	81,002	49,353001	30,97100
2:45	5040,6	1935,7	81,007	48,19	81,003	49,256001	30,97100
3:00	5527,5	1947,5	81,009	47,97	81,003	49,157001	31,16099
3:15	6014,4	1947,5	81,009	47,97	81,004	49,071999	31,16099
3:30	6501,3	1947,5	81,009	47,97	81,004	48,999001	31,16099
3:45	6988,2	1947,5	81,009	47,97	81,004	48,933998	31,16099
4:00	7475,1	1947,5	81,009	47,97	81,005	48,877998	31,16099
4:15	7961,9	1947,5	81,009	47,97	81,005	48,827	31,16099
4:30	8448,8	1947,5	81,009	47,97	81,005	48,782001	31,16099
4:45	8935,7	1947,5	81,009	47,97	81,005	48,742001	31,16099
5:00	9421,7	1943,8	81,009	48,2	81,005	48,716	31,101
5:15	9909,1	1949,9	81,01	48,18	81,006	48,689999	31,198

Resultados:

Coste Potencia Contratada: 1.1338 (K[€])

Coste Energía: 1095 (€)

Coste Unitario: 0.010789 (€/m3)

Representar

Modular consumo

Alarma Potencia

FIGURA 24. Costes diarios en el riego optimizado en el mes de mayo.

- RESULTADOS DE LA PRIMERA QUINCENA DE JUNIO

De las FIGURAS 25 y 26 se obtienen las siguientes conclusiones:

- En la primera quincena del mes de junio la red tiene un alto gasto energético.
- Visualmente se pueden reconocer las horas de riego de la red en este mes.
- El intervalo de tiempo para la simulación en la aplicación GESTAR comienza a las 00 h y finaliza a las 24 h en el riego a demanda, sin embargo para el riego optimizado comienza a las 9:00 h y finaliza a las 9:00 h del día siguiente debido a que la simulación se compone de más restricciones que en casos anteriores y para conseguir buenos resultados se debe comenzar la simulación cuando la Estación de Bombeo no se encuentra en funcionamiento.

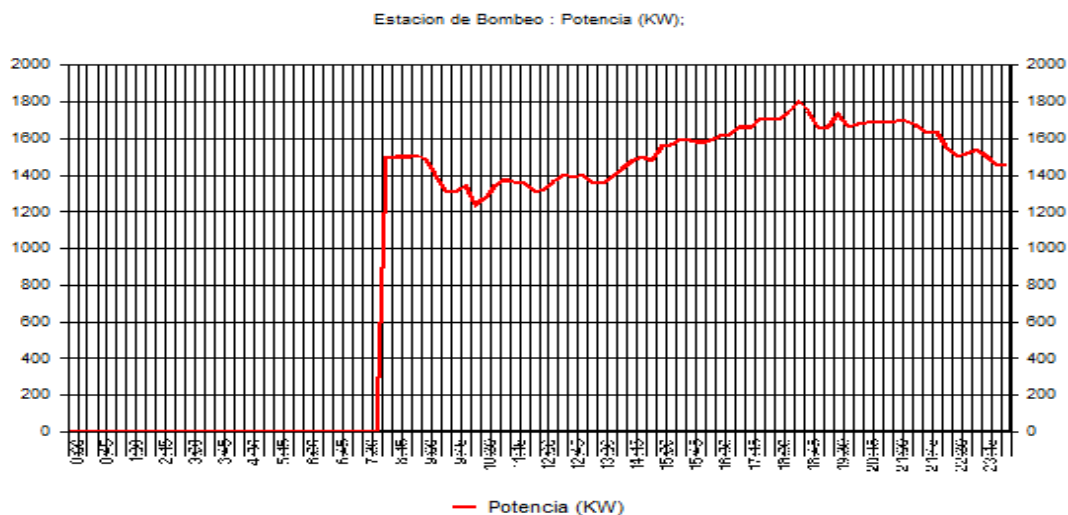


FIGURA 25. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de junio.

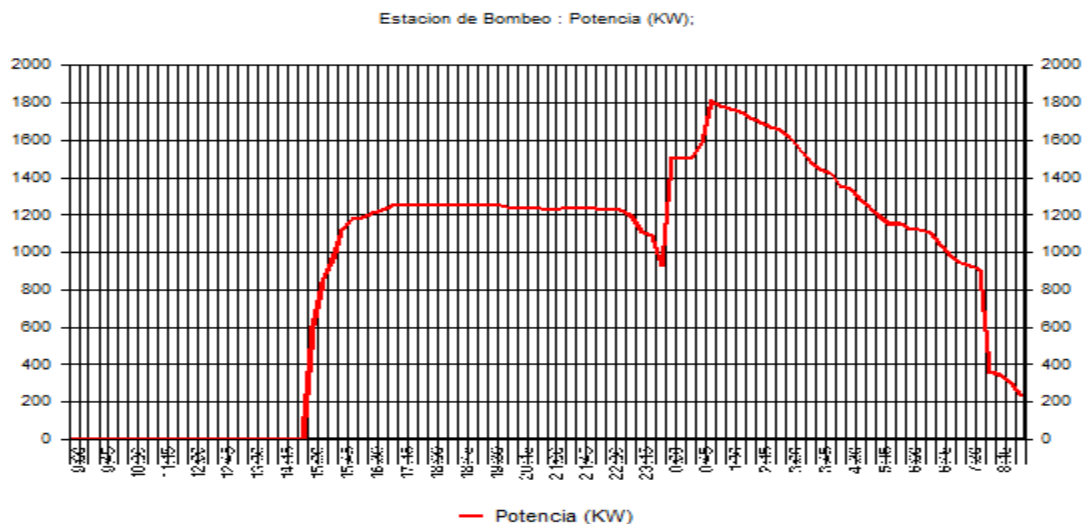


FIGURA 26. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de junio.

De las FIGURAS 27 y 28 se obtienen las siguientes conclusiones:

- El comportamiento en los dos casos de riego del hidrante C38 es adecuado, debido a que mantiene presión suficiente mientras se encuentra en funcionamiento la Estación de Bombeo.
- El hidrante C38 necesita 8 horas para cubrir las necesidades hídricas de la primera quincena del mes de junio.

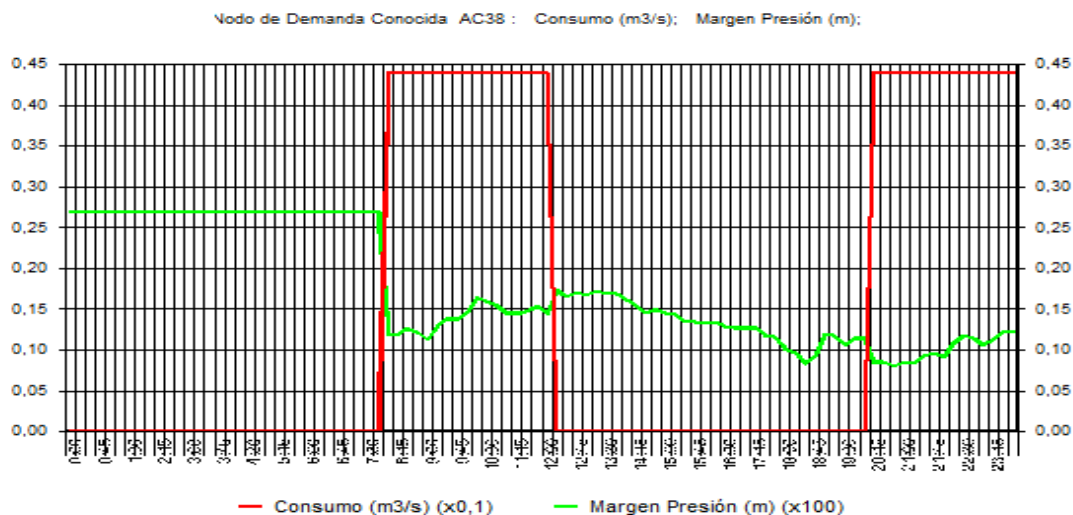


FIGURA 27. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para la primera quincena del mes de junio.

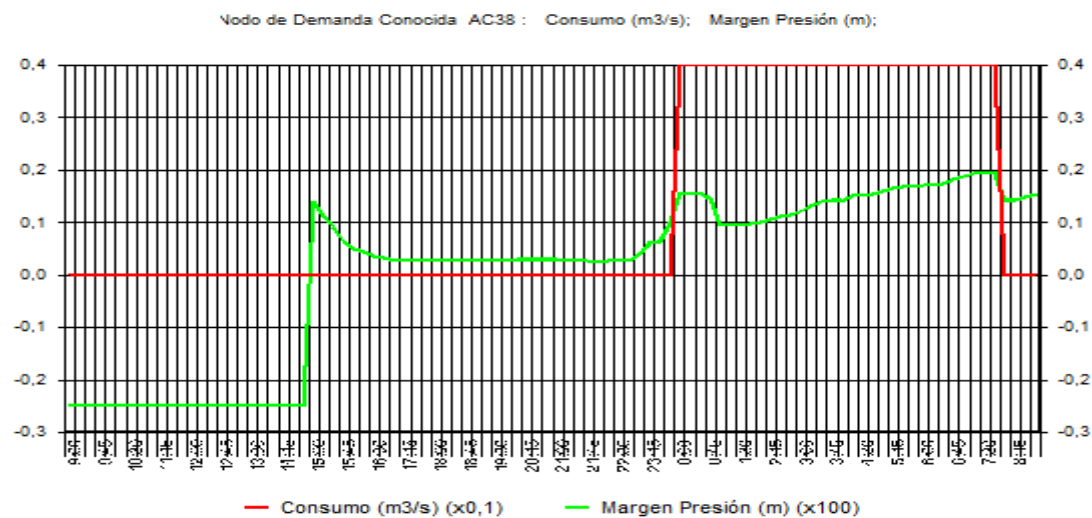


FIGURA 28. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para la primera quincena del mes de junio.

Al comparar las FIGURAS 29 y 30, se observa que la utilización del riego optimizado, genera un ahorro diario en coste energético de **586.1 €**, esto se traduce en un ahorro del **25.97%** del gasto de energía al día.

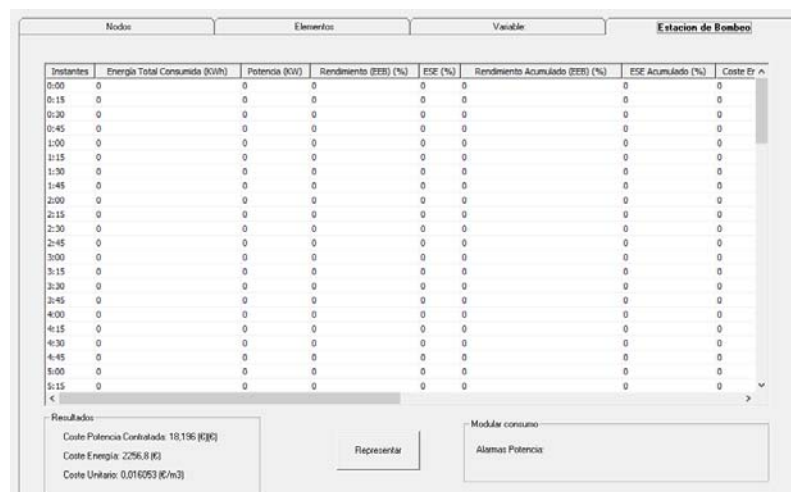


FIGURA 29. Costes diarios en el riego a demanda en la primera quincena del mes de junio.

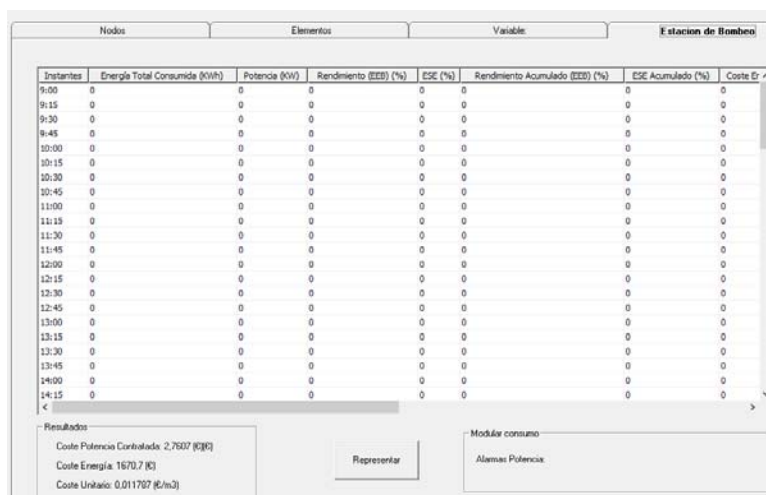


FIGURA 30. Costes diarios en el riego optimizado en la primera quincena del mes de junio.

• RESULTADOS DE LA SEGUNDA QUINCENA DE JUNIO Y DEL MES DE JULIO

De las FIGURAS 31 y 32 se obtienen las siguientes conclusiones:

- Al ser el mes de mayor consumo energético, estas figuras proporcionan el valor de potencia que se debe contratar en los periodos de contratación de potencia necesarios para el riego optimizado y el riego a demanda.
- Para el caso de riego optimizado, los dos valores de potencia que necesita la red en estos periodos se localizan en la FIGURA 32, el valor de pico de potencia más elevado (2100 kW) se encuentra situado en el periodo horario donde se aplica la tarifa P6. El valor de pico más bajo (1250 kW) se encuentra situado en el periodo horario donde se aplica la tarifa P2, de esta manera ya quedan establecidos los valores de potencia que se deben contratar en estos periodos. Para las tarifas P3, P4 y P5 se contrata el mismo valor de potencia que para la tarifa P2, debido a que si en el mes de julio (mes más restrictivo), en el intervalo de tiempo que se aplica la tarifa P2, la Estación de Bombeo consume 1250kW de potencia, en los meses que se contratan tarifas P3, P4 y P5 para este mismo intervalo de tiempo, la potencia consumida tampoco superará el límite de 1250kW de potencia. La tarifa P1 no se contrata en todo el año, debido a que en el resto de meses de la campaña de riego no aparece la tarifa P1 y en la segunda quincena de junio y en julio no se utiliza el intervalo de tiempo donde se aplicaría.
- Para el caso de riego a demanda, como se observa en la FIGURA 31 el gasto de potencia es el mismo todo el día, luego en este caso la potencia contratada será de 1650 kW en todas las tarifas.
- Visualmente se pueden reconocer las horas de riego de la red en este mes.
- El intervalo de tiempo para la simulación en la aplicación GESTAR comienza a las 00 h y finaliza a las 24 h en el riego a demanda, sin embargo para el riego

optimizado comienza a las 11:00 h y finaliza a las 11:00 h del día siguiente, debido a que la simulación se compone de más restricciones que en casos anteriores y para conseguir buenos resultados se debe comenzar la simulación cuando la Estación de Bombeo no se encuentra en funcionamiento.

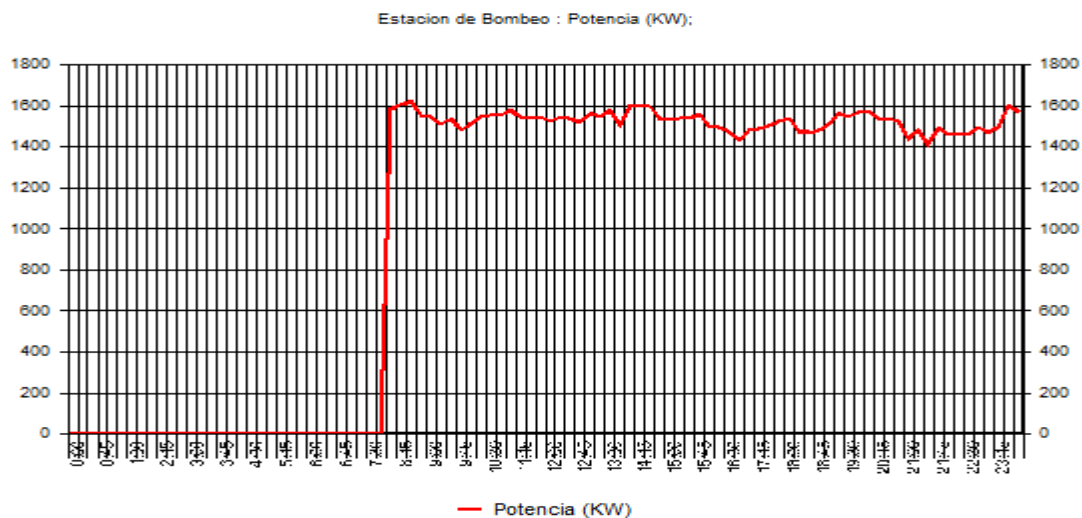


FIGURA 31. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para la segunda quincena de junio y en julio.

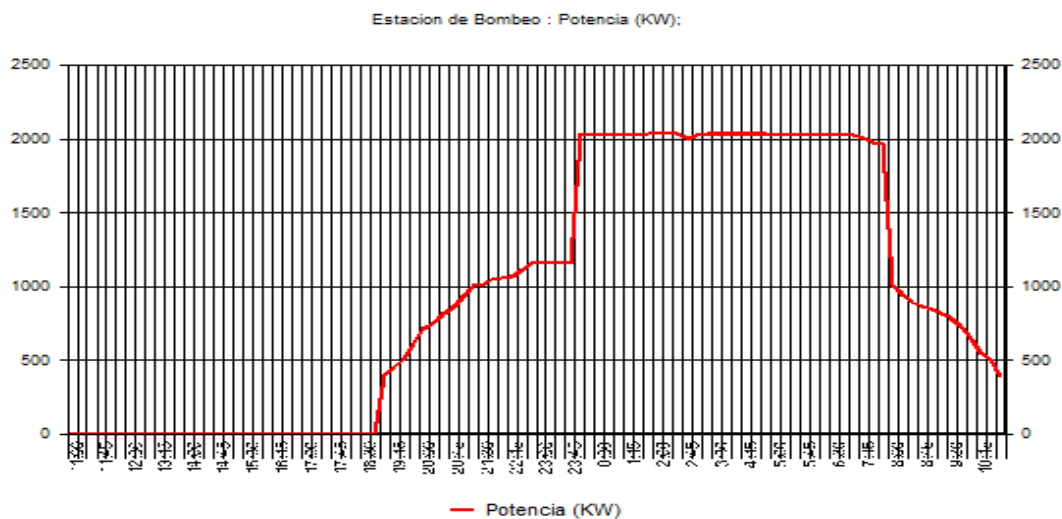


FIGURA 32. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para la segunda quincena de junio y en julio.

De las FIGURAS 33 y 34 se obtienen las siguientes conclusiones:

- El comportamiento en los dos casos de riego del hidrante C38 es adecuado, debido a que mantiene presión suficiente mientras se encuentra en funcionamiento la Estación de Bombeo.
- El hidrante C38 necesita 8 horas para cubrir las necesidades hídricas de la segunda quincena de junio y julio.

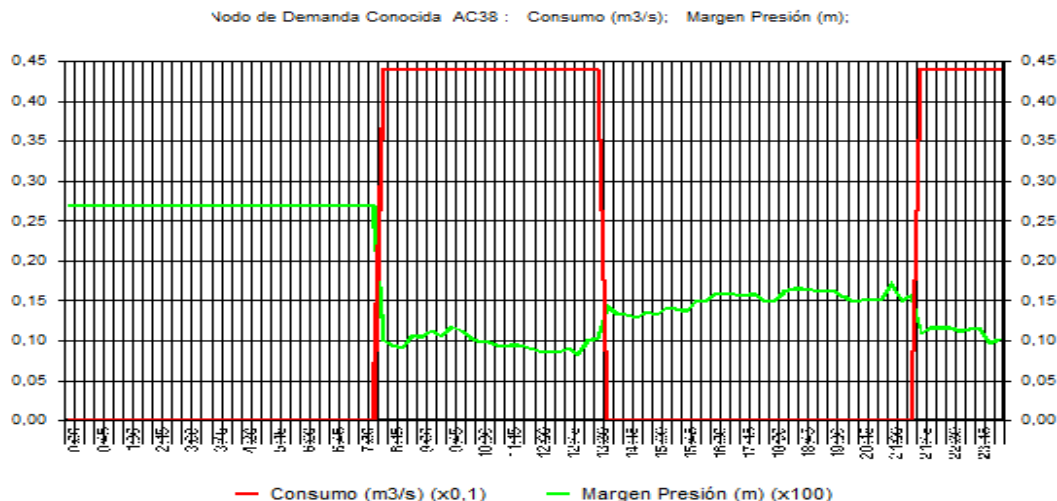


FIGURA 33. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para la segunda quincena de junio y en julio.

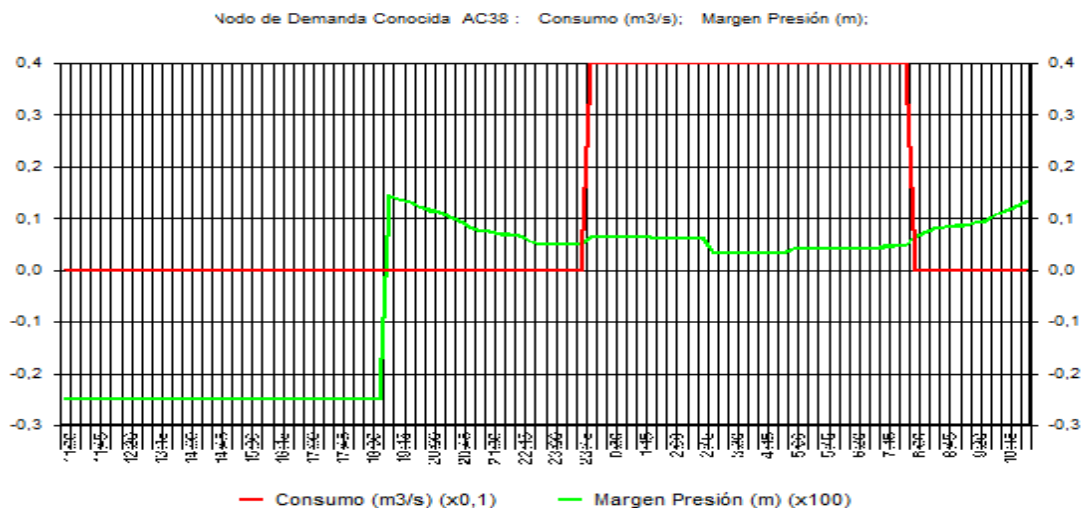


FIGURA 34. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para la segunda quincena de junio y en julio.

Anexos.

Al comparar las FIGURAS 35 y 36, se observa que la utilización del riego optimizado, genera un ahorro diario en coste energético de **1254.2 €**, esto se traduce en un ahorro del **40.9%** del gasto de energía al día.

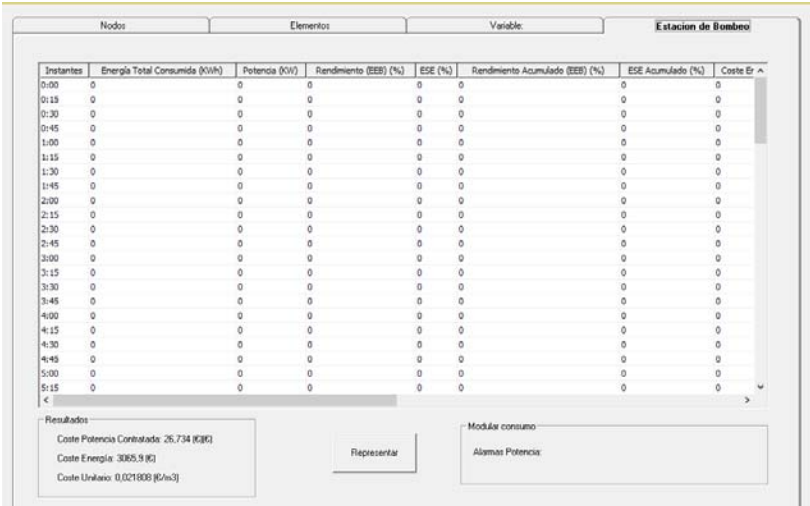


FIGURA 35. Costes diarios, en el riego a demanda en la segunda quincena de junio y en julio.

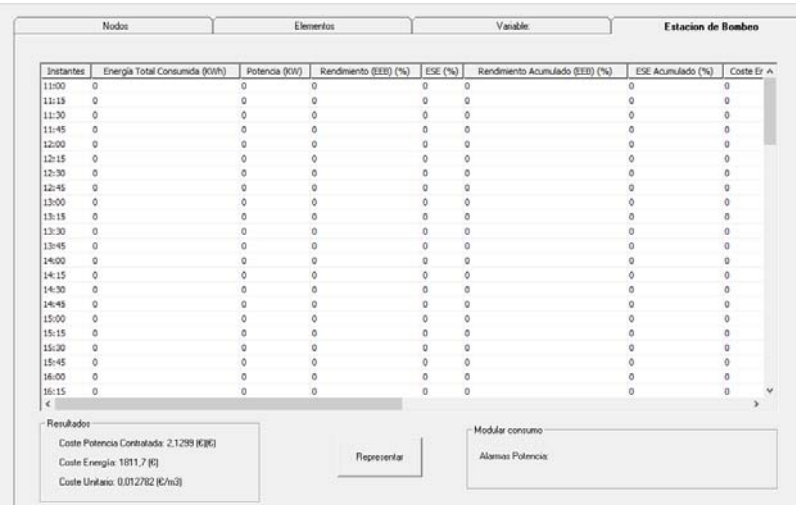


FIGURA 36. Costes diarios, en el riego optimizado en la segunda quincena de junio y en julio.

• RESULTADOS DEL MES DE AGOSTO

De las FIGURAS 37 y 38 se obtienen las siguientes conclusiones:

- En el mes de agosto se reduce notablemente el gasto energético respecto a julio.
- Visualmente se pueden reconocer las horas de riego de la red en este mes.
- El intervalo de tiempo para la simulación en la aplicación GESTAR comienza a las 00 h y finaliza a las 24 h en ambos casos.

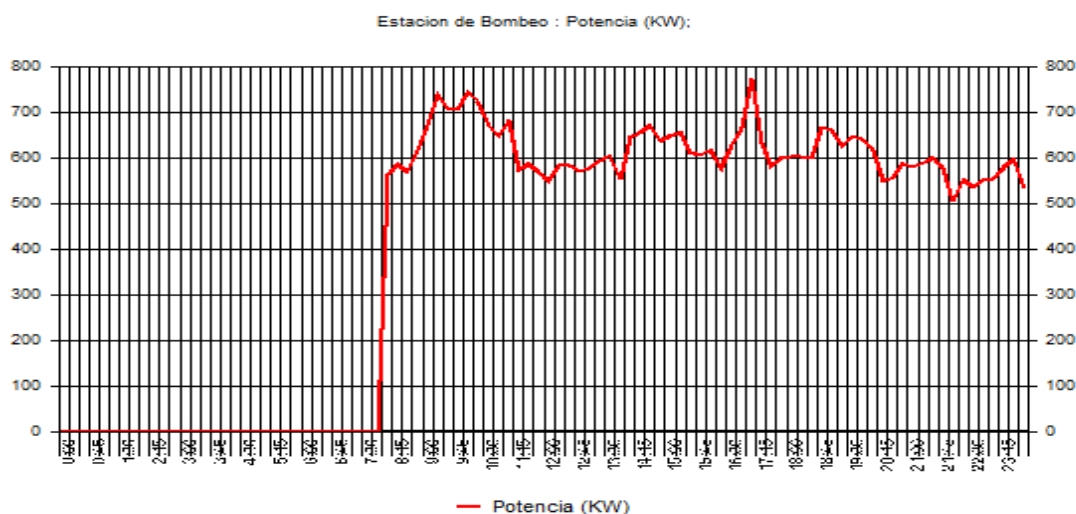


FIGURA 37. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de agosto.

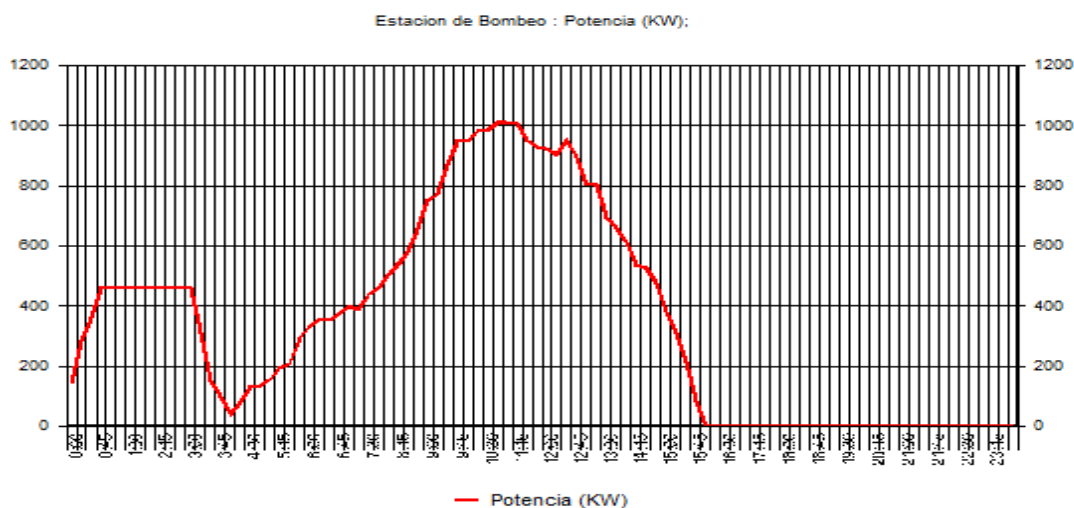


FIGURA 38. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de agosto.

De las FIGURAS 39 y 40 se obtienen las siguientes conclusiones:

- El comportamiento en los dos casos de riego del hidrante C38 es adecuado, debido a que mantiene presión suficiente mientras se encuentra en funcionamiento la Estación de Bombeo.
- El hidrante C38 necesita 3 horas y 15 minutos para cubrir las necesidades hídricas del mes de agosto.

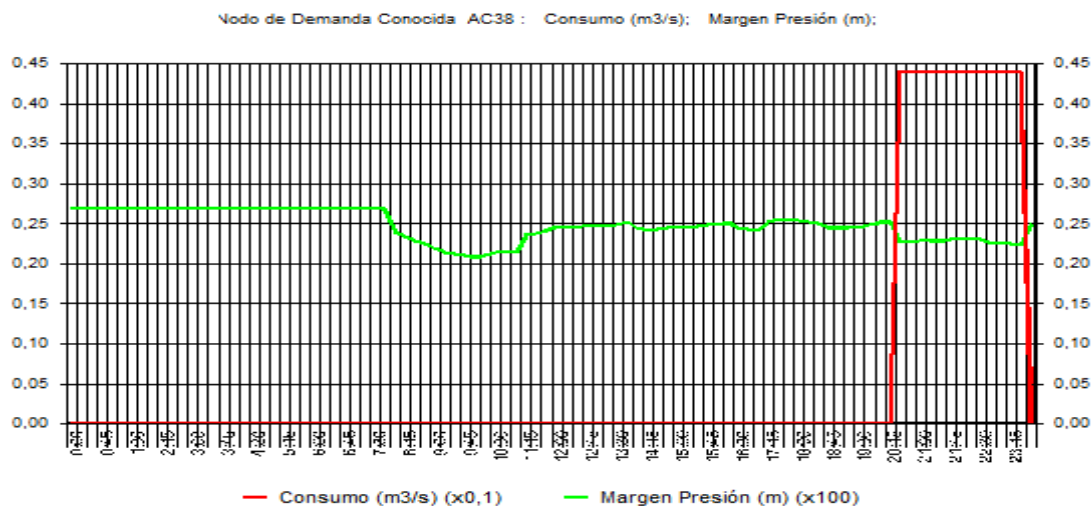


FIGURA 39. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de agosto.

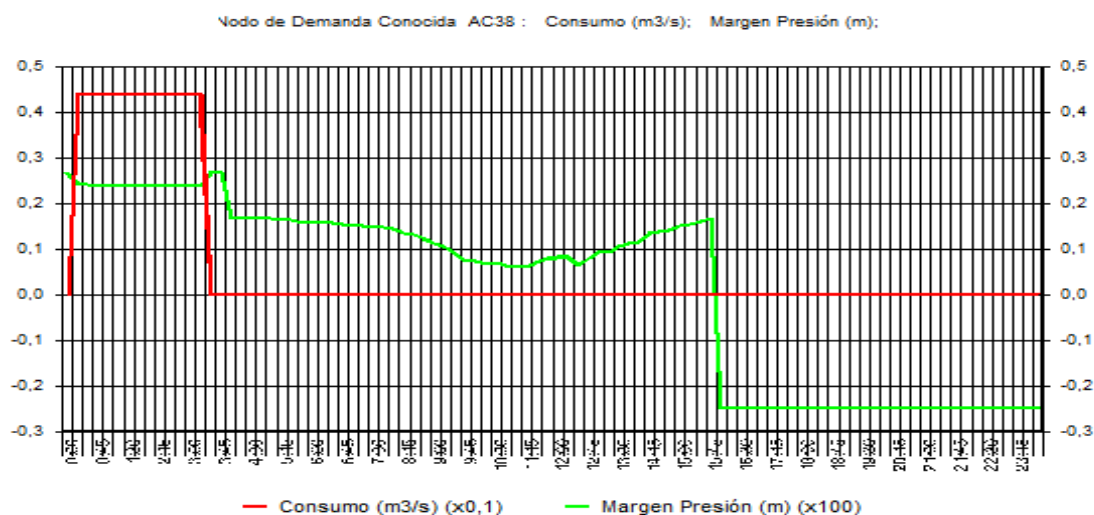


FIGURA 40. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de agosto.

Anexos.

Al comparar las FIGURAS 41 y 42, se observa que la utilización del riego optimizado, genera un ahorro diario en coste energético de **93.21 €**, esto se traduce en un ahorro del **14.81%** del gasto de energía al día.

Nodos

Elementos

Variable:

Estacion de Bombeo

Instantes	Energía Total Consumida (KWh)	Potencia (KW)	Rendimiento (EEB) (%)	ESE (%)	Rendimiento Acumulado (EEB) (%)	ESE Acumulado (%)	Coste Er
0:00	0	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0
2:15	0	0	0	0	0	0	0
2:30	0	0	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0
3:15	0	0	0	0	0	0	0
3:30	0	0	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0
4:15	0	0	0	0	0	0	0
4:30	0	0	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0
5:15	0	0	0	0	0	0	0
€							

Resultados:

Coste Potencia Contratada: 32,344 (€/K)

Coste Energía: 629,24 (€)

Coste Unitario: 0,01112 (€/m3)

Representar

Modular consumo:

Alarma Potencia:

FIGURA 41. Costes diarios en el riego a demanda en el mes de agosto.

Nodos	Elementos	Variable:	Estacion de Bombeo				
Instantes	Energía Total Consumida (KWh)	Potencia (KW)	Rendimiento (EEB) (%)	ESE (%)	Rendimiento Acumulado (EEB) (%)	ESE Acumulado (%)	Coste Er
0:00	36,827	147,31	81	88,16	81	88,160004	2,3569
0:15	107,75	283,61	81	71,88	81	80,619997	4,537700
0:30	197,8	360,29	81	71,04	81	77,027	5,764999
0:45	312,61	459,25	81	71,95	81	75,758003	7,347899
1:00	427,42	459,25	81	71,95	81	74,996002	7,347899
1:15	542,23	459,25	81	71,95	81	74,487999	7,347899
1:30	657,05	459,25	81	71,85	81	74,125999	7,347899
1:45	771,86	459,25	81	71,95	81	73,853996	7,347899
2:00	886,67	459,25	81	71,95	81	73,641998	7,347899
2:15	1001,5	459,25	81	71,95	81	73,472	7,347899
2:30	1116,3	459,25	81	71,85	81	73,334999	7,347899
2:45	1231,1	459,25	81	71,85	81	73,218002	7,347899
3:00	1345,9	459,25	81	71,95	81	73,122002	7,347899
3:15	1423,9	311,94	81,001	64,29	81	72,490997	4,991000
3:30	1461,6	150,62	81,001	75,32	81	72,679001	2,4099
3:45	1486,3	88,954	81,001	70,44	81	72,539001	1,5833
4:00	1496,6	41,32	81,001	71,02	81	72,449997	0,661120
4:15	1516,2	70,15	81	52,67	81	71,350998	1,250400
4:30	1549,2	132,33	81,003	56,52	81	70,570999	2,1173
4:45	1582,3	132,33	81,003	56,52	81,001	69,867996	2,1173
5:00	1621	194,48	81	57,8	81,001	69,297997	2,474699
5:15	1669,4	193,69	81	55,58	81,001	68,675003	3,099
Resultados							
Coste Potencia Contratada: 1,2226 (€/K)							
Coste Energía: 536,03 (€)							
Coste Unitario: 0,005288 (€/m3)							
Representar				Modular consumo			
				Alarmas Potencia			

FIGURA 42. Costes diarios, en el riego optimizado en el mes de agosto.

• RESULTADOS DEL MES DE SEPTIEMBRE

De las FIGURAS 43 y 44 se obtienen las siguientes conclusiones:

- Visualmente se pueden reconocer las horas de riego de la red en este mes.
- El intervalo de tiempo para la simulación en la aplicación GESTAR comienza a las 00 h y finaliza a las 24 h en ambos casos.

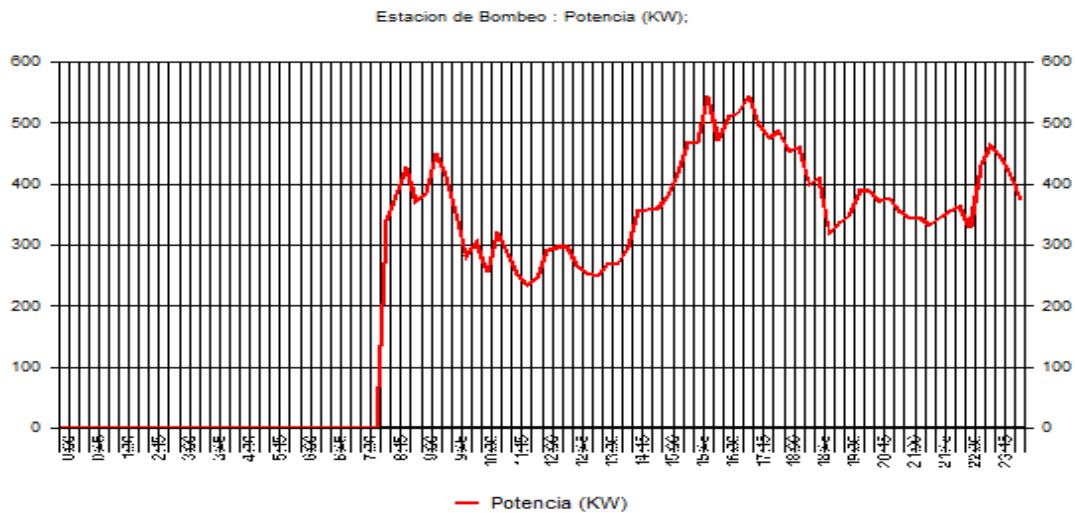


FIGURA 43. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de septiembre.

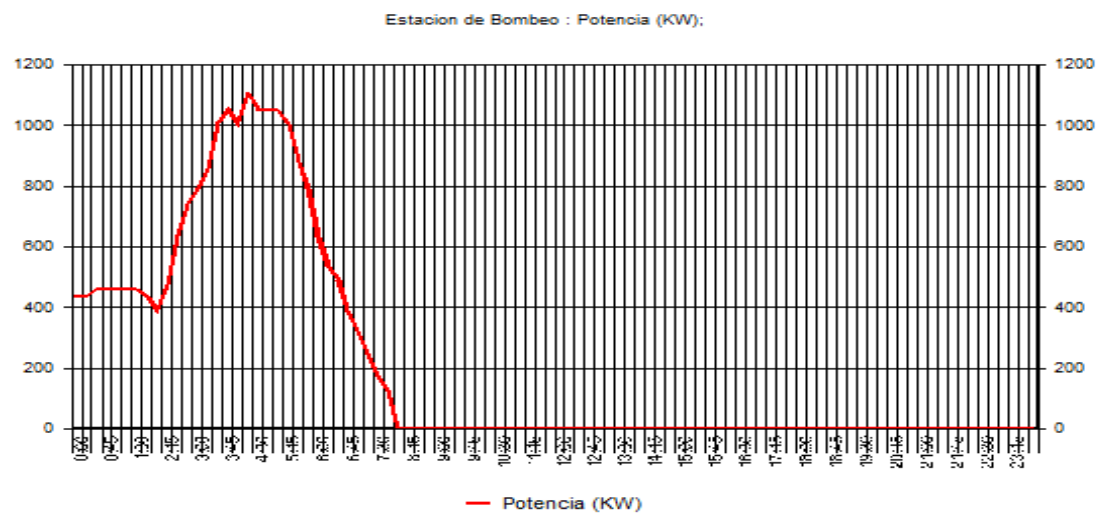


FIGURA 44. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de septiembre.

De las FIGURAS 45 y 46 se obtienen las siguientes conclusiones:

- El comportamiento en los dos casos de riego del hidrante C38 es adecuado, debido a que mantiene presión suficiente mientras se encuentra en funcionamiento la Estación de Bombeo.
- El hidrante C38 necesita 2 horas para cubrir las necesidades hídricas del mes de septiembre.

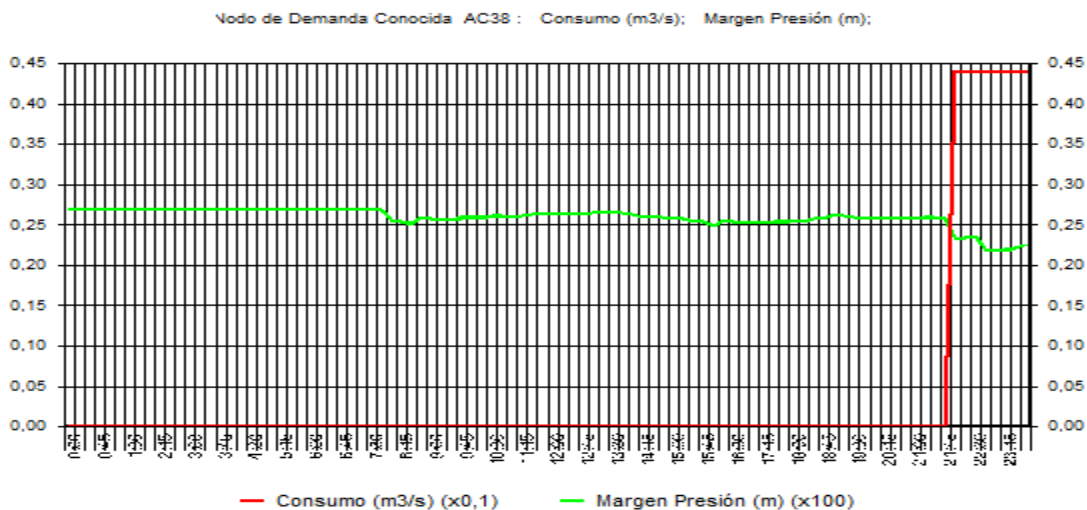


FIGURA 45. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de septiembre.

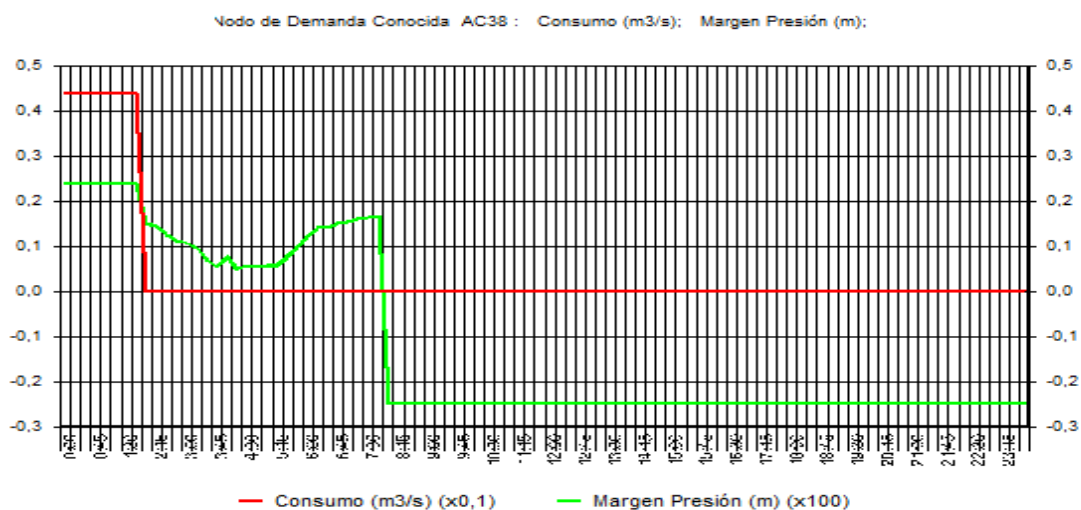


FIGURA 46. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de septiembre.

Anexos.

Al comparar las FIGURAS 47 y 48, se observa que la utilización del riego optimizado, genera un ahorro diario en coste energético de **220.04 €**, esto se traduce en un ahorro del **40.18%** del gasto de energía al día.

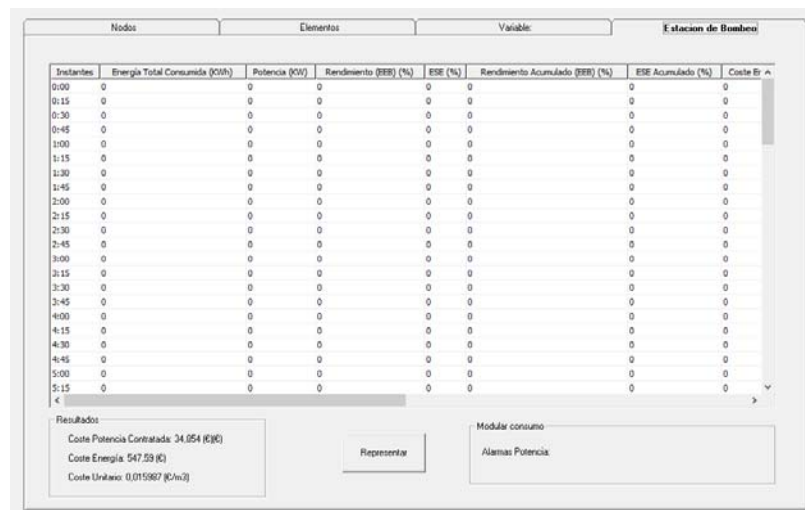


FIGURA 47. Costes diarios en el riego a demanda en el mes de septiembre.

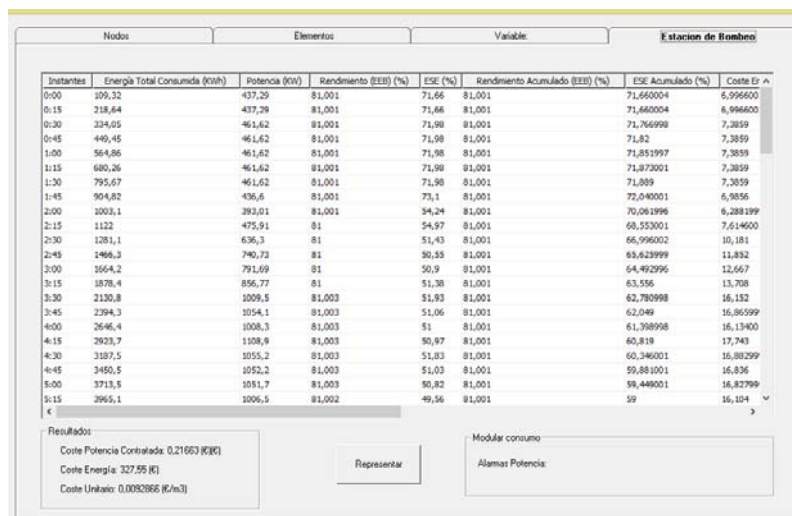


FIGURA 48. Costes diarios en el riego optimizado en el mes de septiembre.

• RESULTADOS DEL MES DE OCTUBRE

De las FIGURAS 49 y 50 se obtienen las siguientes conclusiones:

- En el mes de octubre se produce un bajo gasto energético, esto se debe a que es un mes en el que no se riega mucho.
- Visualmente se pueden reconocer las horas de riego de la red en este mes.
- El intervalo de tiempo para la simulación en la aplicación GESTAR comienza a las 00 h y finaliza a las 24 h en ambos casos.

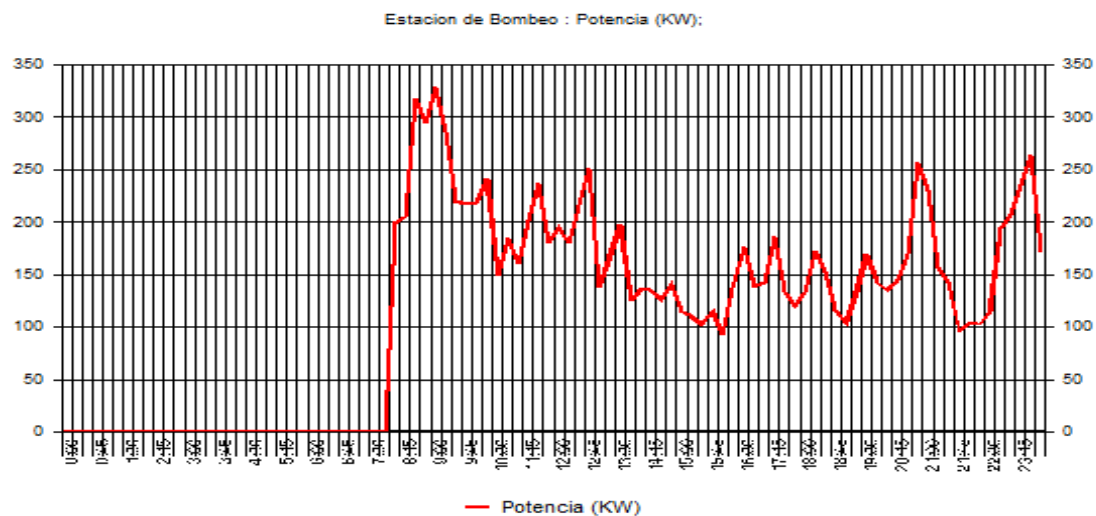


FIGURA 49. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego a demanda, con las condiciones establecidas para el mes de octubre.

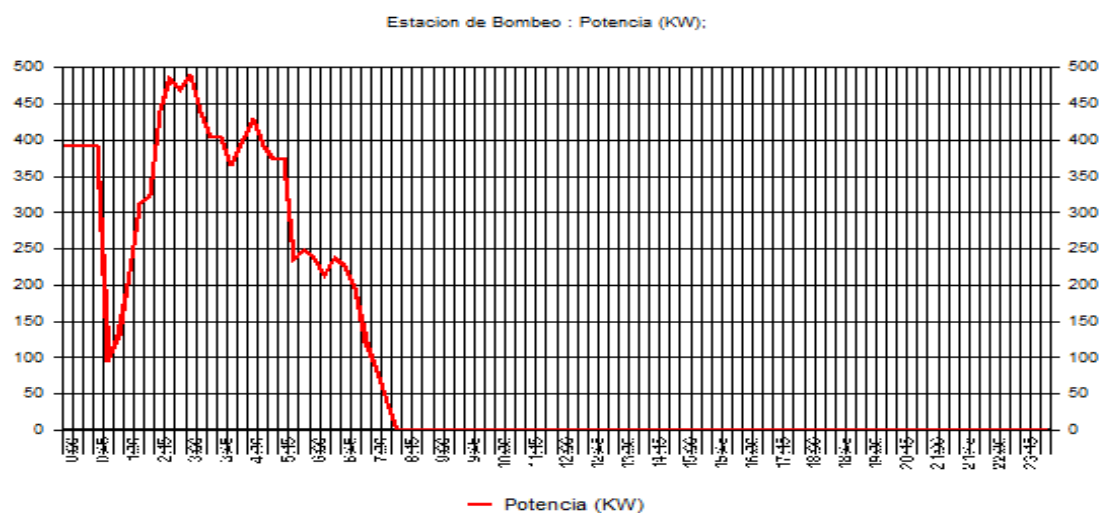


FIGURA 50. Gasto de potencia diario de la estación de bombeo, en la simulación de riego optimizado, con las condiciones establecidas para el mes de octubre.

De las FIGURAS 51 y 52 se obtienen las siguientes conclusiones:

- El comportamiento en los dos casos de riego del hidrante C38 es adecuado, debido a que mantiene presión suficiente mientras se encuentra en funcionamiento la Estación de Bombeo.
- El hidrante C38 necesita 1 hora para cubrir las necesidades hídricas del mes de octubre.

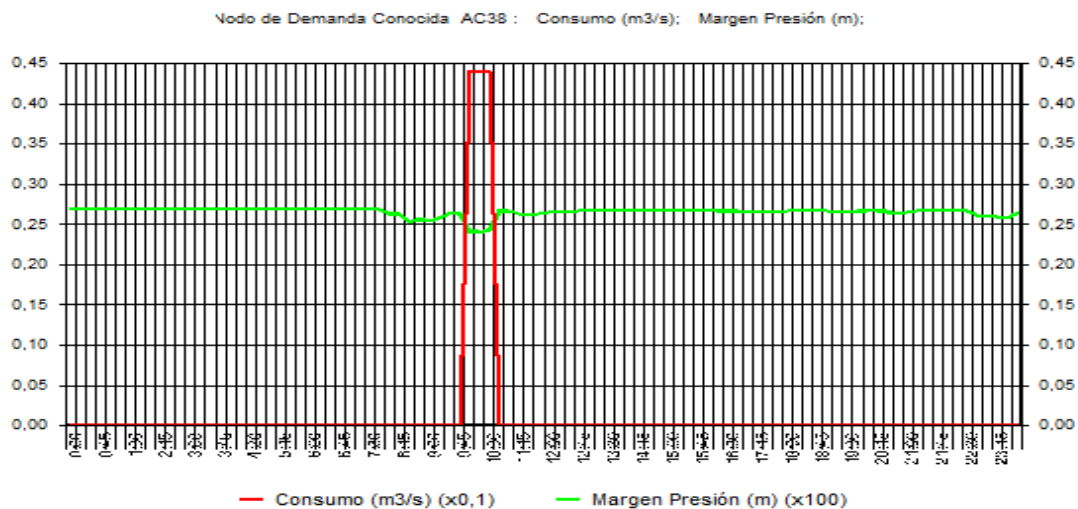


FIGURA 51. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego a demanda con las condiciones establecidas para el mes de octubre.

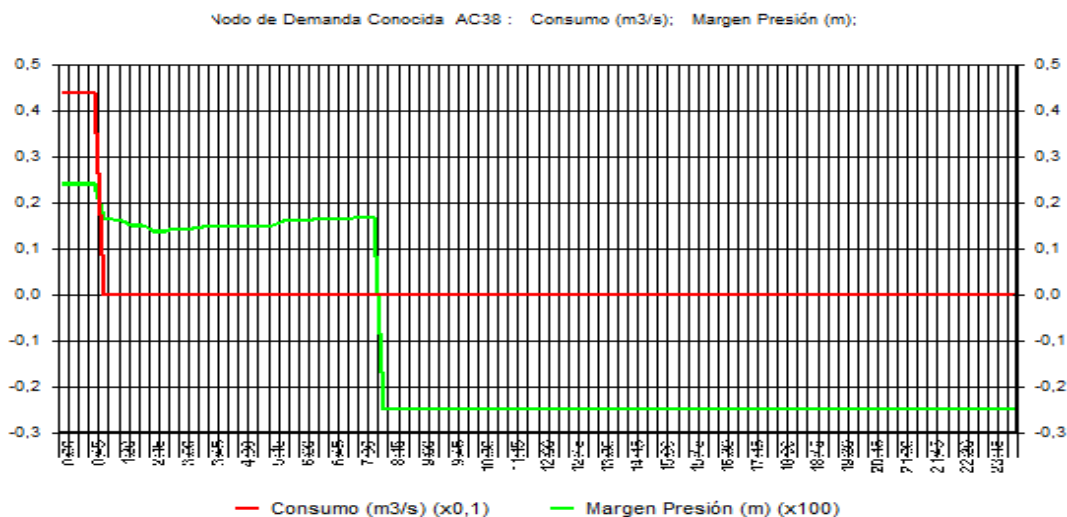


FIGURA 52. Consumo y margen de presión diarios del hidrante C38, en el riego optimizado con las condiciones establecidas para el mes de octubre.

Anexos.

Al comparar las FIGURAS 53 y 54, se observa que la utilización del riego optimizado, genera un ahorro diario en coste energético de **65.16 €**, esto se traduce en un ahorro del **29.06%** del gasto de energía al día.

Nodos		Elementos		Variable:		Estacion de Bombeo	
Instantes	Energía Total Consumida (KWh)	Potencia (KW)	Rendimiento (EER) (%)	ESE (%)	Rendimiento Acumulado (EER) (%)	ESE Acumulado (%)	Coste Er
0:00	0	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0
2:15	0	0	0	0	0	0	0
2:30	0	0	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0
3:15	0	0	0	0	0	0	0
3:30	0	0	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0
4:15	0	0	0	0	0	0	0
4:30	0	0	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0
5:15	0	0	0	0	0	0	0
Resultados:							
Coste Potencia Contratada: 36,29 (€/K)							
Coste Energía: 224,2 (€)							
Coste Unitario: 0,014074 (€/m3)							
Representar							
Modular consumo							
Alarma Potencia:							

FIGURA 53. Costes diarios en el riego a demanda en el mes de octubre.

Nodos

Elementos

Variable

Estación de Bombeo

Instantes	Energía Total Consumida (KWh)	Potencia (KW)	Rendimiento (EER) (%)	ESE (%)	Rendimiento Acumulado (EER) (%)	ESE Acumulado (%)	Coste Er
0:00	97,751	391	81	70,99	81	70,99998	6,256
0:15	195,5	391	81	70,99	81	70,99998	6,256
0:30	293,25	391	81	70,99	81	70,99998	6,256
0:45	391	391	81	70,99	81	70,99998	6,256
1:00	414,59	943,96	80,999	55,46	81	67,884003	1,5055
1:15	447,26	130,67	81,003	53,84	81,001	68,542999	2,006699
1:30	501,57	217,24	81,001	55,67	81,001	64,133003	3,475899
1:45	579,35	311,14	81	53,04	81,001	62,745998	4,9782
2:00	660,38	324,1	81	54,05	81,001	61,779999	5,185999
2:15	770,36	439,94	81	54,33	81	61,025	7,029
2:30	891,57	484,64	81	54,08	81	60,403	7,757500
2:45	1008,7	468,59	81	51,41	81	59,653	7,497499
3:00	1131,2	489,94	81	52,21	81	59,081001	7,838999
3:15	1240,9	438,79	81	52,8	81	58,632	7,020500
3:30	1341,6	402,8	81,001	52,02	81	58,191002	6,444799
3:45	1442,9	403,41	81,001	51,13	81	57,79	6,494800
4:00	1533,3	363,55	81,001	49,8	81	57,202001	5,816800
4:15	1633,6	400,98	81,002	51,41	81,001	56,956001	6,4157
4:30	1740,6	427,98	81	50,22	81,001	56,602001	6,847700
4:45	1838,5	391,85	81,001	49,42	81,001	56,243	6,269700
5:00	1931,8	373,09	81,001	51,86	81,001	56,034	5,965399
5:15	2025,3	373,9	81,001	51,91	81,001	55,846001	5,882299

Resultados:

Coste Potencia Contratada: 0,1046 (€/K)

Coste Energía: 159,04 (€)

Coste Unitario: 0,0092507 (€/m3)

Representar

Modular consumo

Alarmas Potencia:

FIGURA 54. Costes diarios, en el riego optimizado en el mes de octubre.

4.- ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS CAMBIOS EN LAS TUBERÍAS

En este capítulo se exponen los pasos efectuados para la obtención de los costes en infraestructura que suponen cada una de las situaciones analizadas.

4.1.- COSTES DERIVADOS DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS EN PARALELO

Para obtener los resultados del coste por tramo de tubería, de los cambios necesarios en la red para la instalación de tuberías en paralelo, se deben realizar los pasos que se describen a continuación.

1. Desde la aplicación GESTAR extraer los datos que se describen a continuación de todas las tuberías que se modifican.
 - $D1$ = Diámetro interior actual de la red.
 - $D0$ = Diámetro interior asignado en las diferentes etapas de simulación del capítulo 4.4 de la Memoria del proyecto.
 - Longitud del tramo de tubería.
 - Material de la tubería.
 - Timbraje de la tubería.
 - Precio del metro lineal de la tubería.
2. Una vez exportados los datos de la aplicación GESTAR necesarios, se procede a calcular el diámetro $D2$, siendo:
 - $D2$ = Diámetro interior hidráulico necesario de la tubería adicional paralela, de manera que se consiga que la tubería de diámetro inicial ($D1$) y ésta, trabajen del mismo modo que si estuviera instalada la tubería con diámetro $D0$.
 - $Q2$ = caudal que circula por la tubería de diámetro $D2$.
 - Q = caudal que circula por la tubería de diámetro $D0$.
 - $Q1$ = caudal que circula por la tubería de diámetro $D1$.

Se calculan las pérdidas de carga de las tuberías mediante la expresión (1). Para este caso se deduce que la expresión (1) es proporcional a la expresión (2). Al cumplirse las expresiones (3) y (4) y suponer la (5), se obtienen las expresiones (6) y (7). Despejando la incógnita D2, en (6) y (7) se obtiene la expresión (8).

$$(1) \quad h = \frac{\lambda \cdot L \cdot Q^2 \cdot 8}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

$$(2) \quad h = \frac{\lambda \cdot L \cdot Q^2}{D^5}$$

$$(3) \quad L_1 = L_2 = L_0$$

$$(4) \quad Q = Q_1 + Q_2$$

$$(5) \quad \lambda_0 = \lambda_1 = \lambda_2$$

$$(6) \quad \frac{Q^2}{D_0^5} = \frac{Q_1^2}{D_1^5}$$

$$(7) \quad \frac{Q^2}{D_0^5} = \frac{Q_2^2}{D_2^5}$$

$$(8) \quad D_2 = D_0 * \left[1 + \left(\frac{D_1}{D_0} \right)^5 - 2 * \left(\frac{D_1}{D_0} \right)^{\frac{5}{2}} \right]^{\frac{1}{5}}$$

Sustituyendo los valores D1 y D0 de cada tramo de tubería en la expresión (8) se obtiene el valor del diámetro hidráulico D2 para cada tramo.

- 3- Se calcula el Diámetro nominal hidráulico necesario de la tubería adicional paralela (D2_nominal), que es el diámetro normalizado más próximo a D2 valorando las características del tramo de tubería.
- 4- Se calcula el coste del tramo de tubería, multiplicando la longitud del tramo de tubería afectado por el precio del metro lineal de la tubería que se debe instalar en paralelo.

Los pasos 1, 2, 3 y 4 quedan reflejado en la TABLA 16.

TUBERÍA	LONGITUD (m)	D1 (mm)	D0 (mm)	D2 (mm)	D2_NOMINAL (mm)	MATERIAL	TIMBRAJE (bar)	PRECIO_M_L (D2_NOMINAL) (€/m)	COSTE_TRAMO (€)
ATU130	232,25	145	321	303	315	POLIETILENO	8	28,62	6.647,00
ATU133	378,23	226	285	205	225	POLIETILENO	8	16,92	6.399,65
ATU134	274,16	181	285	244	280	POLIETILENO	8	23,92	6.557,91
ATU173	177,44	507	570	330	355	POLIETILENO	8	36,08	6.402,04
ATU174	189,54	507	570	330	355	POLIETILENO	8	36,08	6.838,60
ATU175	322,21	507	570	330	355	POLIETILENO	8	36,08	11.625,34
ATU176	459,72	452	570	410	450	POLIETILENO	8	57,45	26.410,91
ATU177	224,66	407	507	359	400	POLIETILENO	8	49,00	11.008,34

TUBERÍA	LONGITUD (m)	D1 (mm)	D0 (mm)	D2 (mm)	D2_NOMINAL (mm)	MATERIAL	TIMBRAJE (bar)	PRECIO_M_L (D2_NOMINAL) (€/m)	COSTE_TRAMO (€)
ATU178	234,12	362	507	404	450	POLIETILENO	8	57,45	13.450,19
ATU179	291,97	362	507	404	450	POLIETILENO	8	57,45	16.773,68
ATU180	465,02	362	452	322	355	POLIETILENO	8	36,08	16.777,92
ATU181	160,37	362	407	236	280	POLIETILENO	8	23,92	3.836,05
ATU182	423,61	362	407	236	280	POLIETILENO	8	23,92	10.132,75
ATU187	208,58	176	278	238	280	POLIETILENO	10	27,52	5.740,12
ATU188	305,05	141	176	125	140	POLIETILENO	10	11,34	3.459,27
ATU19	444,49	494	626	454	500	POLIETILENO	10	79,74	35.443,63
ATU196	378,07	900	1.000	557	600	PRFV	10	138,22	52.256,84
ATU2	429,67	141	220	188	225	POLIETILENO	10	19,18	8.241,07
ATU20	15,28	507	642	465	500	POLIETILENO	8	68,24	1.042,50
ATU209	205,69	285	321	187	200	POLIETILENO	8	15,39	3.165,57
ATU210	59,63	145	181	129	140	POLIETILENO	8	10,69	637,46
ATU216	321,33	226	321	259	280	POLIETILENO	8	23,92	7.686,21
ATU217	455,71	181	226	161	180	POLIETILENO	8	12,50	5.696,38
ATU228	707,50	507	800	686	700	PRFV	10	171,76	121.520,20
ATU229	234,36	507	642	465	500	POLIETILENO	8	68,24	15.992,73
ATU230	154,82	507	642	465	500	POLIETILENO	8	68,24	10.564,92
ATU231	127,74	507	642	465	500	POLIETILENO	8	68,24	8.716,98
ATU232	21,45	507	642	465	500	POLIETILENO	8	68,24	1.463,75
ATU233	255,63	507	642	465	500	POLIETILENO	8	68,24	17.444,19
ATU234	219,13	507	642	465	500	POLIETILENO	8	68,24	14.953,43
ATU240	79,91	141	220	188	225	POLIETILENO	10	19,18	1.532,75
ATU248	554,85	141	220	188	225	POLIETILENO	10	19,18	10.642,02
ATU249	403,75	220	494	466	500	POLIETILENO	10	79,74	32.195,03
ATU250	185,85	176	278	238	280	POLIETILENO	10	27,52	5.114,59
ATU251	104,85	141	278	256	280	POLIETILENO	10	27,52	2.885,47
ATU253	240,39	145	321	303	315	POLIETILENO	8	28,62	6.879,96
ATU258	163,30	226	321	259	280	POLIETILENO	8	23,92	3.906,14
ATU265	754,63	441	494	282	315	POLIETILENO	10	33,59	25.348,02
ATU269	226,96	145	181	129	140	POLIETILENO	8	10,69	2.426,20
ATU277	227,61	145	226	193	225	POLIETILENO	8	16,92	3.851,16
ATU298	290,46	220	278	200	225	POLIETILENO	10	16,92	4.914,58
ATU39	821,96	220	278	200	225	POLIETILENO	10	16,92	13.907,56
TU1	829,37	313	555	498	560	POLIETILENO	10	96,98	80.432,30
TU2	600,00	1.000	1.300	970	1.000	PRFV	10	313,68	188.208,00

TABLA 16. Datos necesarios y resultados para el cálculo de los costes de instalación de tuberías en paralelo en la red.

La inversión necesaria para conseguir la red mejorada se refleja en la TABLA 17.

COSTE TOTAL DE LOS CAMBIOS	839.129,41
INVERSIÓN NECESARIA con recargo del 10%	923.042,35

TABLA 17. Resultados de los costes necesarios para la instalación de las tuberías en paralelo.

4.2.- RESULTADOS SI SE HUBIESE DISEÑADO LA RED UTILIZANDO LA APLICACIÓN GESTAR

El primer paso para obtener los resultados, es calcular el valor de las tuberías instaladas en la Comunidad de Regantes del Sector XI del Flumen que se quieren modificar.

Para obtener este valor se realizan los siguientes apartados:

- 1- Se extraen los siguientes valores de GESTAR:
D1_nominal, material, timbraje, longitud de la tubería instalada, y precio metro lineal (en función de D1_nominal, material y timbraje)
- 2- Se agrupan los tramos con igual D1_nominal, material y timbraje para realizar los cálculos más ordenados (tipo inicial de la TABLA 18).
- 3- Se calcula el coste del tramo de tubería, multiplicando la longitud del tramo de tubería de cada tipo por el precio del metro lineal del tipo.

La TABLA 18 refleja los valores de los 3 apartados.

TIPO INICIAL	D1_NOMINAL	MATERIAL	TIMBRAJE (bar)	LONGITUD NECESARIA DEL TIPO DE TUBERÍA (m)	PRECIO_M_L (D1_NOMINAL) (€/m)	COSTE TOTAL DEL TIPO DE TUBERÍA (€)
1.1	160	POLIETILENO	8	986,84	11,59	11.437,49
1.2	160	POLIETILENO	10	1.474,33	13,12	19.343,26
1.3	200	POLIETILENO	8	729,87	15,39	11.232,70
1.4	200	POLIETILENO	10	185,85	17,11	3.179,89
1.5	250	POLIETILENO	8	862,86	21,42	18.482,46
1.6	250	POLIETILENO	10	1.724,75	23,10	39.841,73
1.7	315	POLIETILENO	8	205,69	28,62	5.886,85
1.8	355	POLIETILENO	10	829,37	42,08	34.899,89
1.9	400	POLIETILENO	8	1.575,09	49,00	77.179,41
1.10	450	POLIETILENO	8	224,66	57,45	12.906,72
1.11	500	POLIETILENO	8	459,72	68,24	31.371,29
1.12	500	POLIETILENO	10	754,63	79,74	60.174,20
1.13	560	POLIETILENO	8	1.717,60	82,58	141.839,16
1.14	560	PRFV	10	1.151,99	128,87	148.456,95
1.15	900	PRFV	10	378,07	250,59	94.740,56
1.16	1.000	PRFV	10	600,00	313,68	188.208,00

TABLA 18. Características y coste total de los tipos de tuberías instaladas que se quieren modificar.

El coste total de la inversión inicial realizada, se obtiene sumando los costes totales del tipo de tubería de la TABLA 18, el valor obtenido es de **899.180,55 €**.

El segundo paso para obtener los resultados, es calcular el valor de las tuberías de diámetro asignado en las diferentes etapas de simulación (D0_nominal)

Anexos.

Para obtener este valor se realizan los mismos apartados que en paso anterior, pero con la referencia de D0_nominal. Los valores se reflejan en la TABLA 19.

TIPO FINAL	D0_NOMINAL (mm)	MATERIAL	TIMBRAJE (bar)	LONGITUD NECESARIA DEL TIPO DE TUBERÍA (m)	PRECIO_M_L (D0_NOMINAL)(€/m)	COSTE TOTAL DEL TIPO DE TUBERÍA (€)
2.1	200	POLIETILENO	10	305,05	17,11	5.219,41
2.2	200	POLIETILENO	8	286,59	15,39	4.410,64
2.3	250	POLIETILENO	10	1.064,43	23,10	24.588,43
2.4	250	POLIETILENO	8	683,32	21,42	14.636,71
2.5	315	POLIETILENO	8	652,39	28,62	18.671,40
2.6	315	POLIETILENO	10	1.611,70	33,59	54.137,00
2.7	355	POLIETILENO	8	1.162,96	36,08	41.959,60
2.8	450	POLIETILENO	8	583,98	57,45	33.549,65
2.9	500	POLIETILENO	8	465,02	68,24	31.732,96
2.10	560	POLIETILENO	8	750,75	82,58	61.996,94
2.11	560	POLIETILENO	10	1.158,38	96,98	112.339,69
2.12	630	POLIETILENO	10	829,37	119,73	99.300,47
2.13	630	POLIETILENO	8	1.148,91	101,13	116.189,27
2.14	710	POLIETILENO	10	444,49	151,56	67.366,90
2.15	710	POLIETILENO	8	1.028,41	127,86	131.492,12
2.16	800	PRFV	10	707,50	209,33	148.100,98
2.17	1.000	PRFV	10	378,07	313,68	118.593,00
2.18	1.300	PRFV	10	600,00	517,37	310.422,00

TABLA 19. Características y coste total de los tipos de tuberías necesarios para la optimización de la red, que se quieren modificar.

El coste total de la inversión de la red optimizada, se obtiene sumando el coste total del tipo de tubería de la TABLA 19, el valor obtenido es de **1.394.707,16** euros.