



Jornada técnica sobre tecnologías innovadoras de reducción de costes energéticos en el regadío

Zaragoza 7-2-2019

Software para la gestión de la demanda en redes de riego orientado a la minimización de costes energéticos

(Software for irrigation network management oriented towards minimize energy costs)

Ricardo Aliod
Universidad Zaragoza



Asociación Española de Riegos y Drenajes-AERYD, General Arrando, 38, 28010 Madrid aeryd@aeryd.es

La medida mas efectiva coste / beneficio para reducir costes energéticos en las redes de riego con bombeo directo es la gestión de la demanda mediante programación de los riegos

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	1º JUNIO	2º JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
00 a 01	PERIODO 5													00 a 01
01 a 02														01 a 02
02 a 03														02 a 03
03 a 04														03 a 04
04 a 05														04 a 05
05 a 06														05 a 06
06 a 07														06 a 07
07 a 08														07 a 08
08 a 09	PERIODO 2	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 4	PERIODO 2			PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 4	PERIODO 2	08 a 09		
09 a 10	PERIODO 1							PERIODO 3				PERIODO 3	PERIODO 1	09 a 10
10 a 11								10 a 11						
11 a 12	PERIODO 2							PERIODO 4				PERIODO 1	PERIODO 1	PERIODO 2
12 a 13		12 a 13												
13 a 14	PERIODO 2	PERIODO 3		PERIODO 4	PERIODO 1			PERIODO 4		PERIODO 3	PERIODO 2	13 a 14		
14 a 15												14 a 15		
15 a 16												15 a 16		
16 a 17												16 a 17		
17 a 18	PERIODO 1	PERIODO 4		PERIODO 1	PERIODO 2					PERIODO 1	PERIODO 2	17 a 18		
18 a 19												18 a 19		
19 a 20												19 a 20		
20 a 21												20 a 21		
21 a 22	PERIODO 2	PERIODO 4								PERIODO 4	PERIODO 2	21 a 22		
22 a 23												22 a 23		
23 a 24												23 a 24		
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	1º JUNIO	2º JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	

- ✓ Utilizar preferentemente las horas con tarifas eléctricas mas económicas (P6)
- ✓ Usar lo menos posible las de coste intermedio (P2, P3, P4).
- ✓ Excluir las horas con tarifas mas caras (P1)
- ✓ Y contratar potencias diferentes en cada periodo discriminando con los mismos criterios

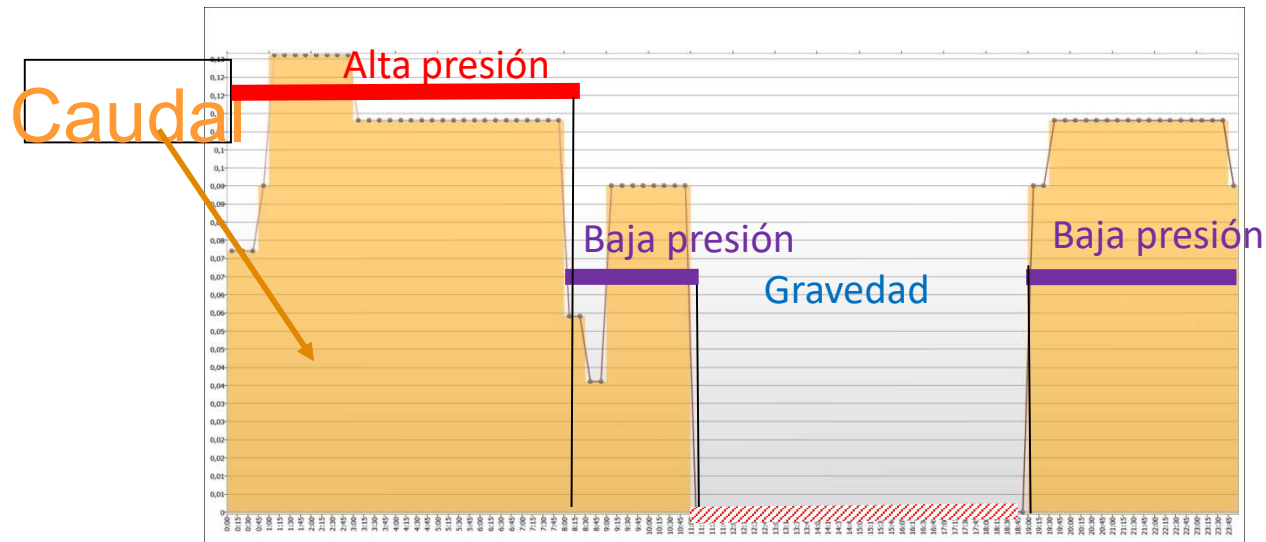


VIRTUDES:

- Se puede aplicar a **todo tipo de redes BD**, tanto en explotación como en nuevo diseño.
- Es complementaria y **compatible** con el resto de estrategias.
- **No implica nuevos gastos** en infraestructuras.
- **No requiere telecontrol** de los hidrantes
- Costes de implementación **muy reducidos** (software)
- Su eficacia se amplifica **modulando los niveles de presión**

MODULACIÓN PRESIÓN BOMBEO:

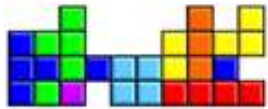
Si requerimientos de presión son distintos (cota, mezcla goteo-aspersión) es aconsejable **cambiar la presión de consigna en la estación de bombeo** de manera que el riego de todos los hidrantes que mas requisitos de presión tienen se realice a la vez (preferentemente en P6) y cuando hayan terminado, la presión en el bombeo de rebaje para el resto, (**establecer pisos de presión en el temporales con Variadores Frecuencia**)



VIRTUDES:

- Se puede aplicar a **todo tipo de redes**, tanto en explotación como en nuevo diseño.
- Es complementaria y **compatible** con el resto de estrategias.
- **No implica nuevos gastos** en infraestructuras.
- **No requiere telecontrol** de los hidrantes
- Costes de implementación **muy reducidos** (software)
- Su eficacia se amplifica **modulando los niveles de presión**
- **Es flexible**, admite y se adapta a cambios de todo tipo
- Muy efectivo: ahorros entre el **12% y 35% factura eléctrica anual**. Ahorra en termino de **energía y potencia contratada**
- Evita superar las **sobredemandas** que aparecen en BD (ref 5)

RETO: Establecer una programación de los riegos en cada hidrante, de manera que se satisfagan **todos estos requisitos...**

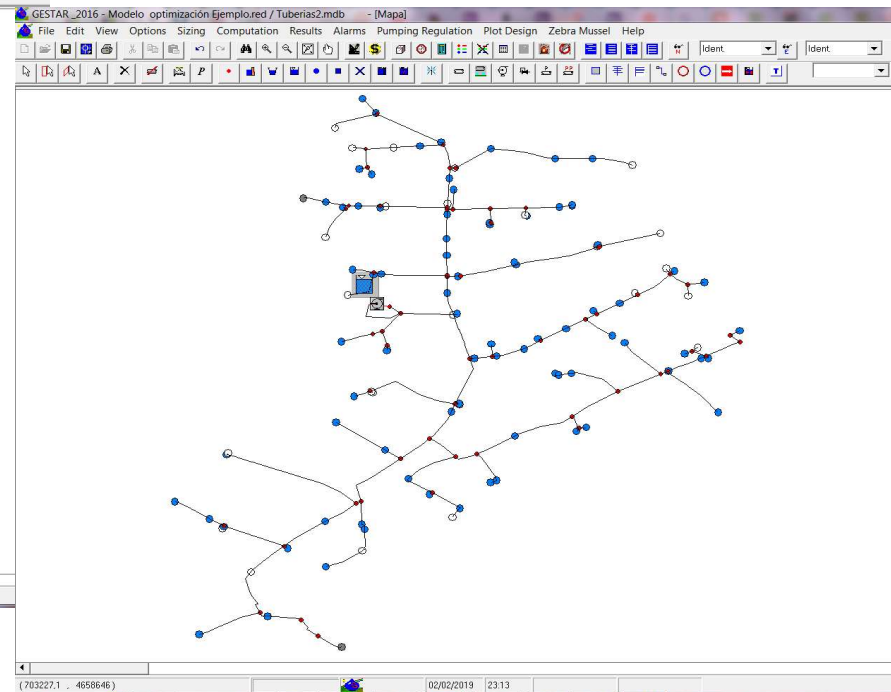
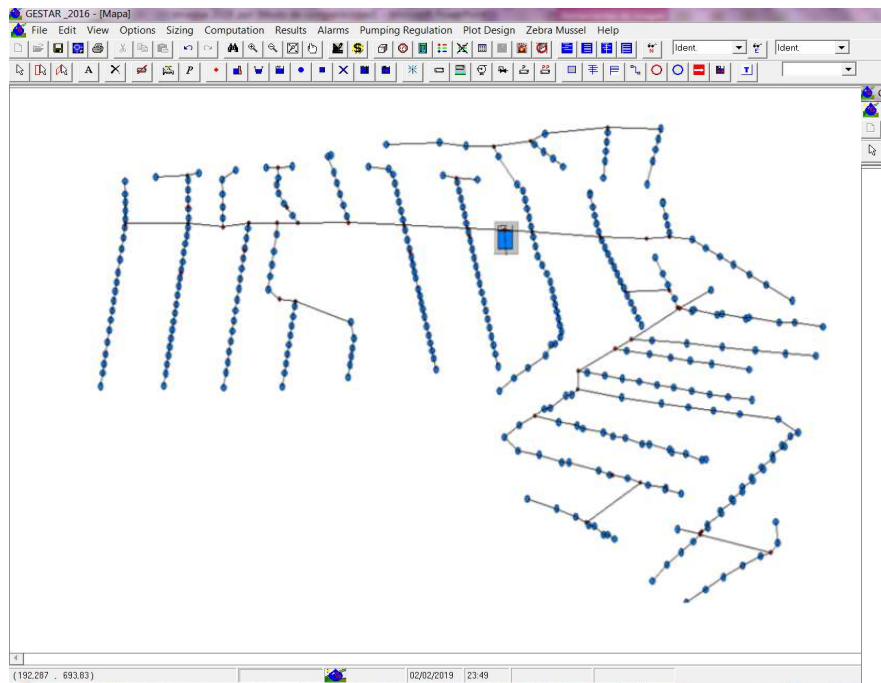


- ✓ Suministrar los tiempos de riego demandados dentro del plazo solicitado (no es un riego a turnos)
- ✓ Utilizar preferentemente las horas con tarifas eléctricas mas económicas.
- ✓ Sin superar las máximas potencias contratadas
- ✓ Garantizando que haya presión suficiente en todos los hidrantes cuando les toque regar
- ✓ Considerando otros condicionantes relativos (evitar horas de mayor insolación, viento,..)

...es un problema enormemente complejo, con muchísimas variables de decisión , que un operador no puede resolver satisfactoriamente solo mediante experiencia o tanteos.

ANTECEDENTES:

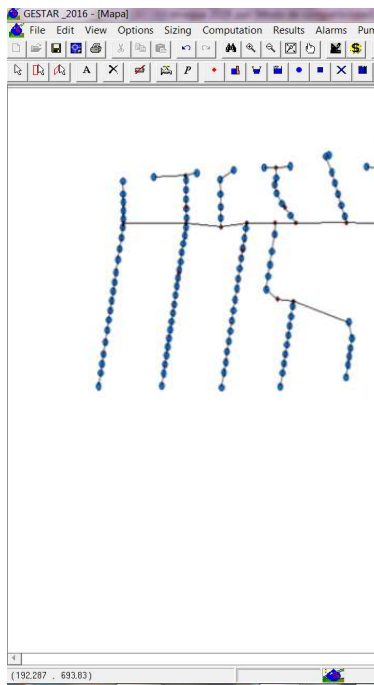
TRAGSA : PROGAR (2008, Páramo, León)



MACRAUT : HIDRAPLAN (2010, Almudévar, Huesca)

ANTECEDENTES:

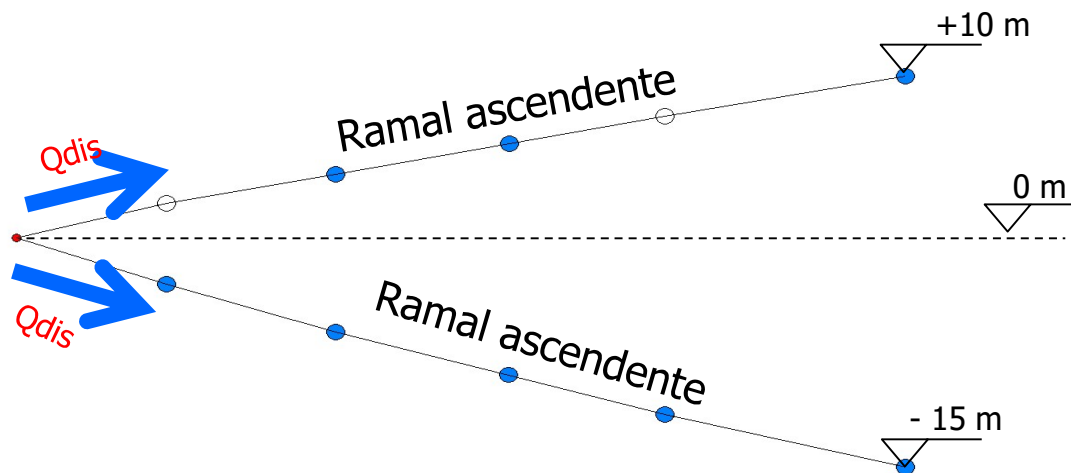
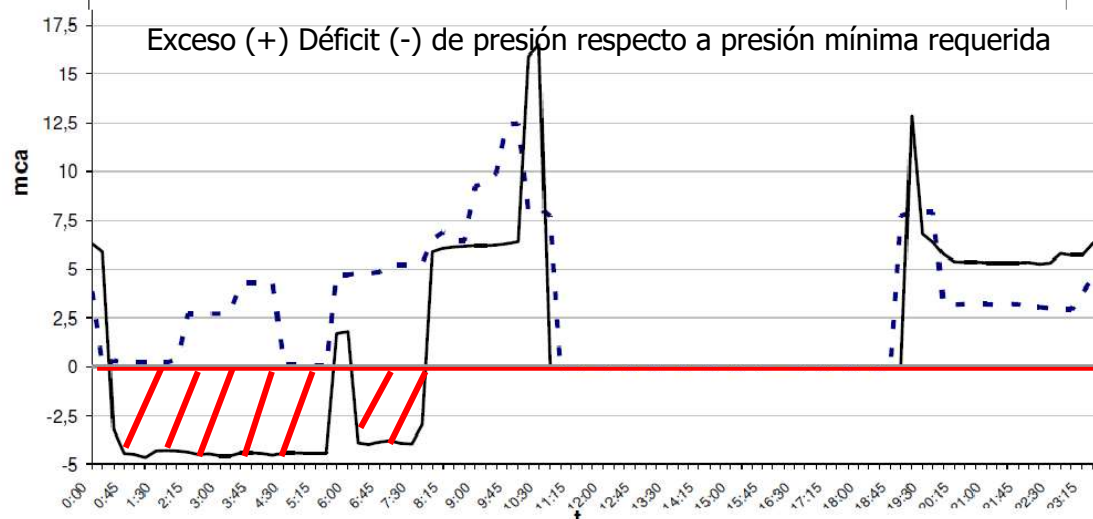
TRAGSA : PROGAR (2008, Páramo, León)



Los regantes notifican sus peticiones de riego al órgano gestor, y éste programa los riegos **acumulándolas preferentemente en las horas con tarifas mas económicas, pero sin considerar el estado de presiones alcanzado.**

MACRAUT : HIDRAPLAN (2010, Almudévar, Huesca)

INCONVENIENTES:



Acumulación excesiva
de demanda local
conduce a
insuficiencias graves
de la presión



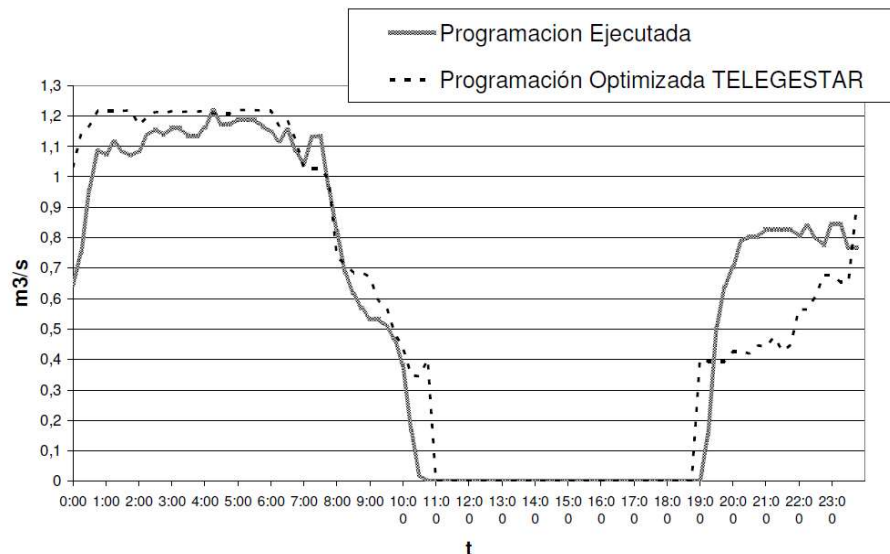
Criterios limitantes

Simple límites de
caudal máximo por ramal
son **ineficaces**.

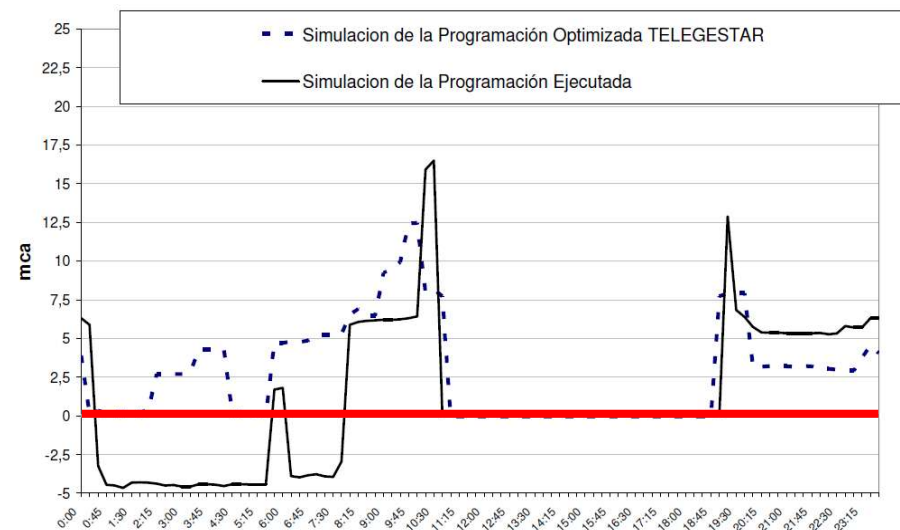
Ramales gemelos =
caudal diseño, pero el
descendente soporta
mas caudal sin déficit
de presión..

- (Ref 1) *TELEGESTAR: INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA Y AHORRO ENERGÉTICO PARA REDES DE RIEGO A PRESIÓN*, XXX Congreso Nacional de Riegos AERYD. Albacete. 2012
- (Ref 3) *ALGORITMOS Y HERRAMIENTAS PARA LA APLICACIÓN DE REDUCCIÓN DE COSTES ENERGÉTICOS EN SISTEMAS DE RIEGO A PRESIÓN*. IV Jornadas de Ingeniería del Agua. Córdoba. 2015

Resultado mas económico



Con presión suficiente



El grupo de I+D+i GESTAR de la UZ investiga soluciones y presenta en 2012* algoritmos computacionales de Inteligencia Artificial que resuelven satisfactoriamente este desafío de obtener programaciones de riego realmente óptimas , sin déficit de presión, en tiempos razonables

CASOS PILOTO/ESTUDIO DIVERSOS:

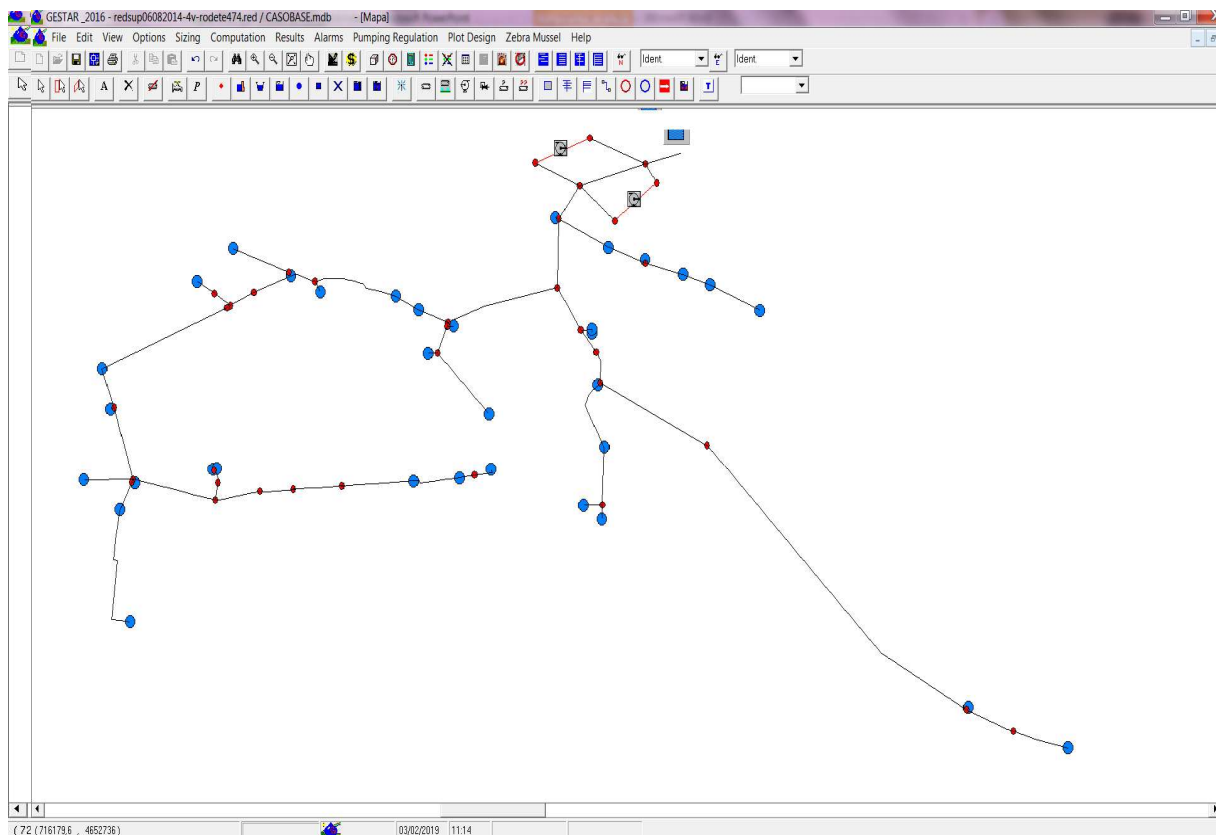
SECTOR	C REGANTES	Nº HIDRANTES	AHORRO (Estim)	En colaboración con
Laviolada	Almudevar	106	32%	MACRAUT , CINGRAL
Red 3	Mequinenza	101	16%	DGA
Sector I	Páramo Bajo	318	(REF 4)	TRAGSA
Fase II	Molinar	273	25%	SEIASA
Inferior y Superior	Callén	89	22%	SARGA, REGABER
Superior	XI Flumen	125	*39%	CRR

*Requiere de reformas importantes amortizables en 5 años

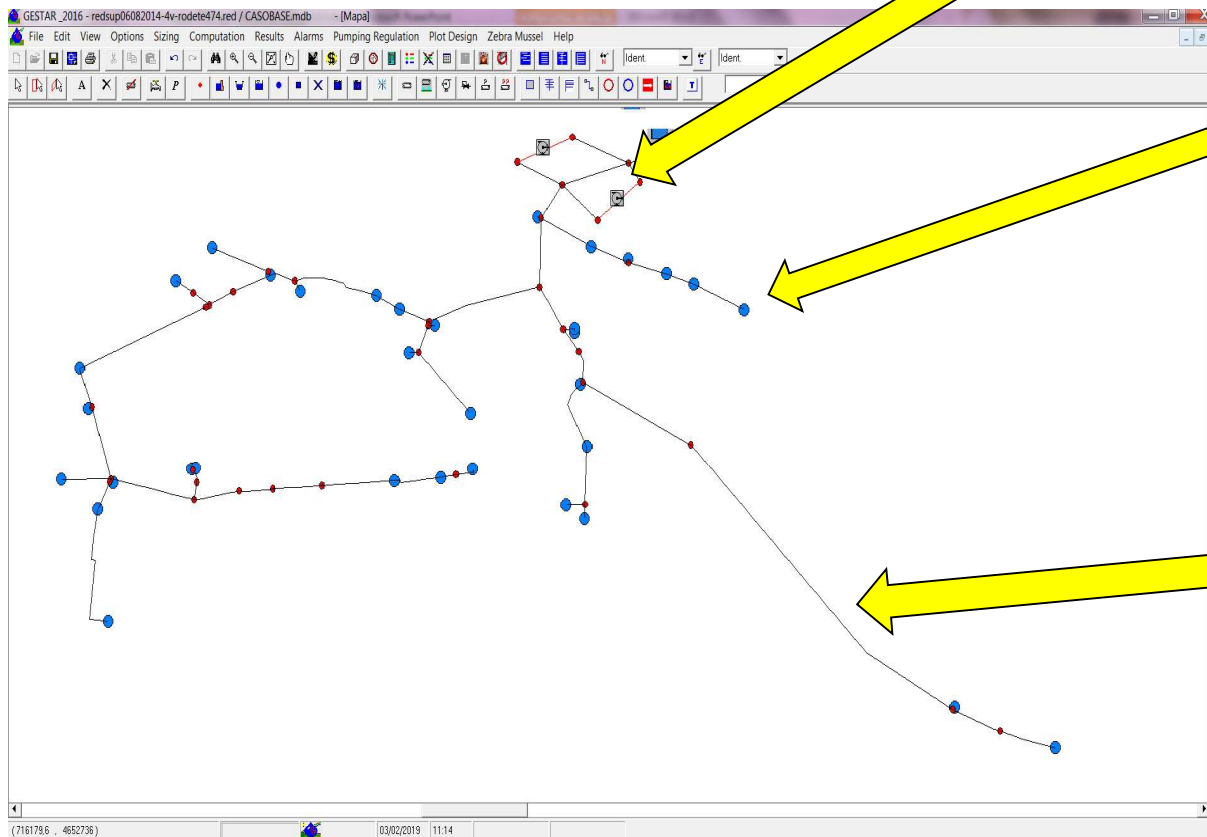
Confirman que la tecnología es eficaz y robusta:

Una vez validada la tecnología se realiza en 2014 la implementación comercial para explotación, en la CRR Callén (Huesca), que se describe a modo de ejemplo.

- Diseño inicial, con esquema de explotación a la demanda había sido sectorizado en dos redes: Callén Inferior (56 hidrantes) con nivel de presión 45 mca y Callén Superior (34 hidrantes) con nivel de presión 70 mca.



SE MODIFICÓ EL DISEÑO DE:



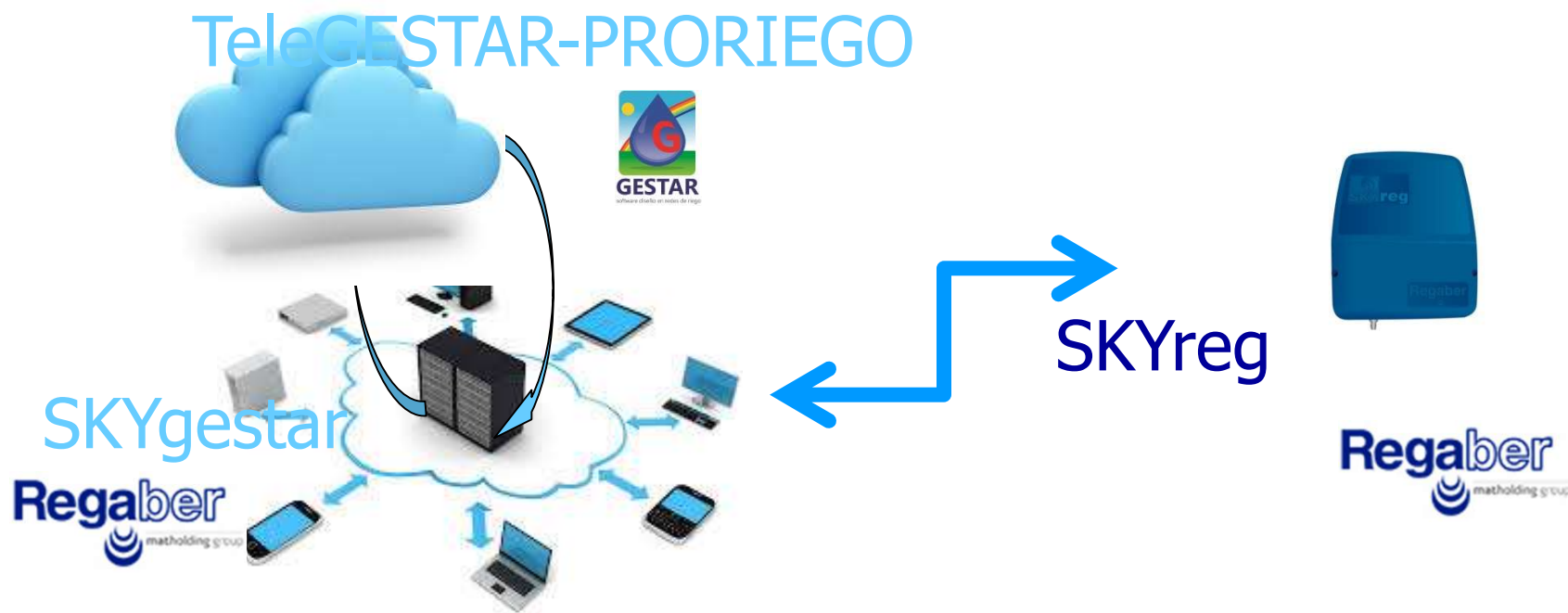
- ✓ La EB incluyendo VF en todos los grupos de bombeo para modular la presión: Inferior entre 45 mca (20 hidrantes) y 25 mca (36 hidrantes). Superior entre 70 mca (7 hidrantes) y 50 mca (27 hidrantes) mca.
- ✓ Las dotaciones de los hidrantes mas desfavorables para que puedan regar como máximo en 8 horas.
- ✓ Algunas conducciones, ampliándolas para permitir riego simultaneo de todos los hidrantes mas desfavorables.

SE MODIFICÓ EL DISEÑO DE:

Cambio sustancial de metodología de diseño respecto a los criterios convencionales de diseño “a la demanda”. GL no homogéneo, Q diseño híbrido, ejecución de la herramienta de programación de riegos simulando las condiciones de explotación.

- ✓ La EB incluyendo VF en todos los grupos de bombeo para modular la presión: Inferior entre 45 mca (20 hidrantes) y 25 mca (36 hidrantes). Superior entre 70 mca (7 hidrantes) y 50 mca (27 hidrantes) mca.
- ✓ Las dotaciones de los hidrantes mas desfavorables para que puedan regar como máximo en 8 horas.
- ✓ Algunas conducciones, ampliándolas para permitir riego simultaneo de todos los hidrantes mas desfavorables.

Una vez constituido el sistema, la empresa **REGABER**, adjudicataria del Telcontrol, desarrolla en 2016 una **APP WEB (SKYgestar)** que suministra un entorno de usuario completo (de sencillo manejo) operativo en **cualquier dispositivo móvil o fijo** y que comunica con el Web Service TeleGESTAR-PRORIEGO que suministra el Cloud Computing intensivo.





Universidad
Zaragoza



smagua
2019

Inicio - Telegestar
www.skygestar.com

Telegestar Simula Valida Optimiza

© 2016

CONFIGURACIÓN TARIFAS CALENDARIOS

SKYGESTAR Regaber matholding group

Configuración
admin Ayuda Cerrar Sesión

- Tarifas Eléctricas
- Horarios
- Calendario

Telegestar Simula Valida Optimiza Configuración + admin Ayuda Cerrar Sesión

Configuración de las Tarifas Eléctricas

Periodo

	Zona	Coste Energía (€/kWh)	Potencia Máxima Admisible (kW)	Penalización por kWh (€/kWh)
P1	Calle Superior	0,10700000	50	12,00000000
	Calle Inferior	0,10700000	50	12,00000000
P2	Calle Superior	0,09100000	420	10,00000000
	Calle Inferior	0,09100000	280	10,00000000
P3	Calle Superior	0,08450000	420	10,00000000
	Calle Inferior	0,08450000	280	10,00000000
P4	Calle Superior	0,07250000	420	10,00000000
	Calle Inferior	0,07250000	280	10,00000000
P5	Calle Superior	0,07250000	420	10,00000000
	Calle Inferior	0,07250000	280	10,00000000

Telegestar Simula Valida Optimiza Configuración + admin Ayuda Cerrar Sesión

Configuración de los Horarios

Añadir nuevo horario

Hora	Tarifa Asignada
00:00	P1
01:00	P1
02:00	P1
03:00	P1
04:00	P1
05:00	P1
06:00	P1
07:00	P1
08:00	P2
09:00	P2
10:00	P1
11:00	P1
12:00	P1
13:00	P2
14:00	P2
15:00	P2
16:00	P2

Telegestar Simula Valida Optimiza Configuración + admin Ayuda Cerrar Sesión

< 2016 >

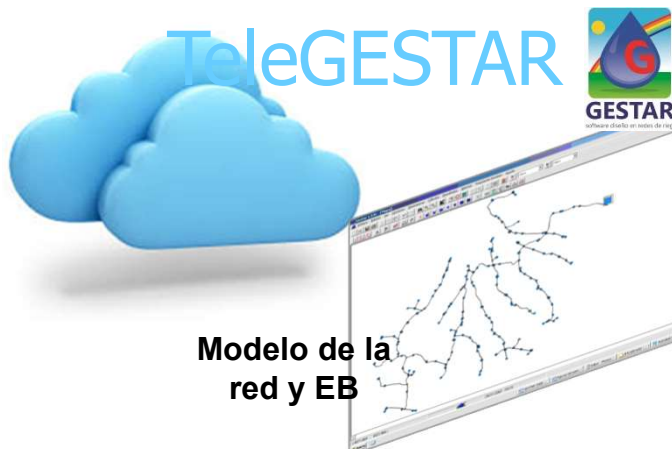
Calendario de 2016

Horarios

Horarios

- Enero-Febrero-Diciembre
- Marzo-Noviembre
- Abril-Mayo-Octubre
- Junio (1 a quincena) - Setiembre
- Junio (2a quincena) - Julio
- Agosto - Fin de Semana - Festivos

Quitar Borrar Selección

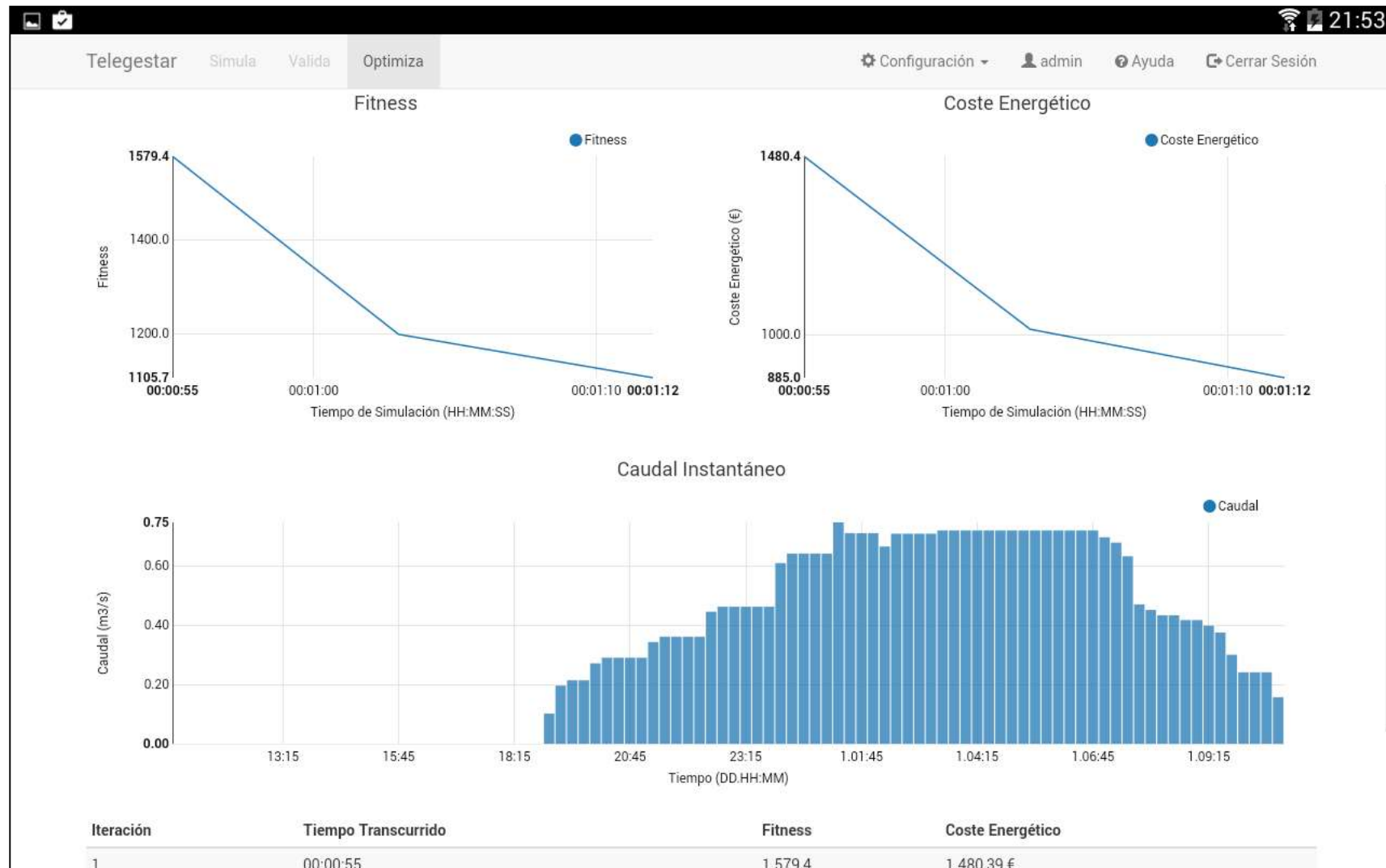




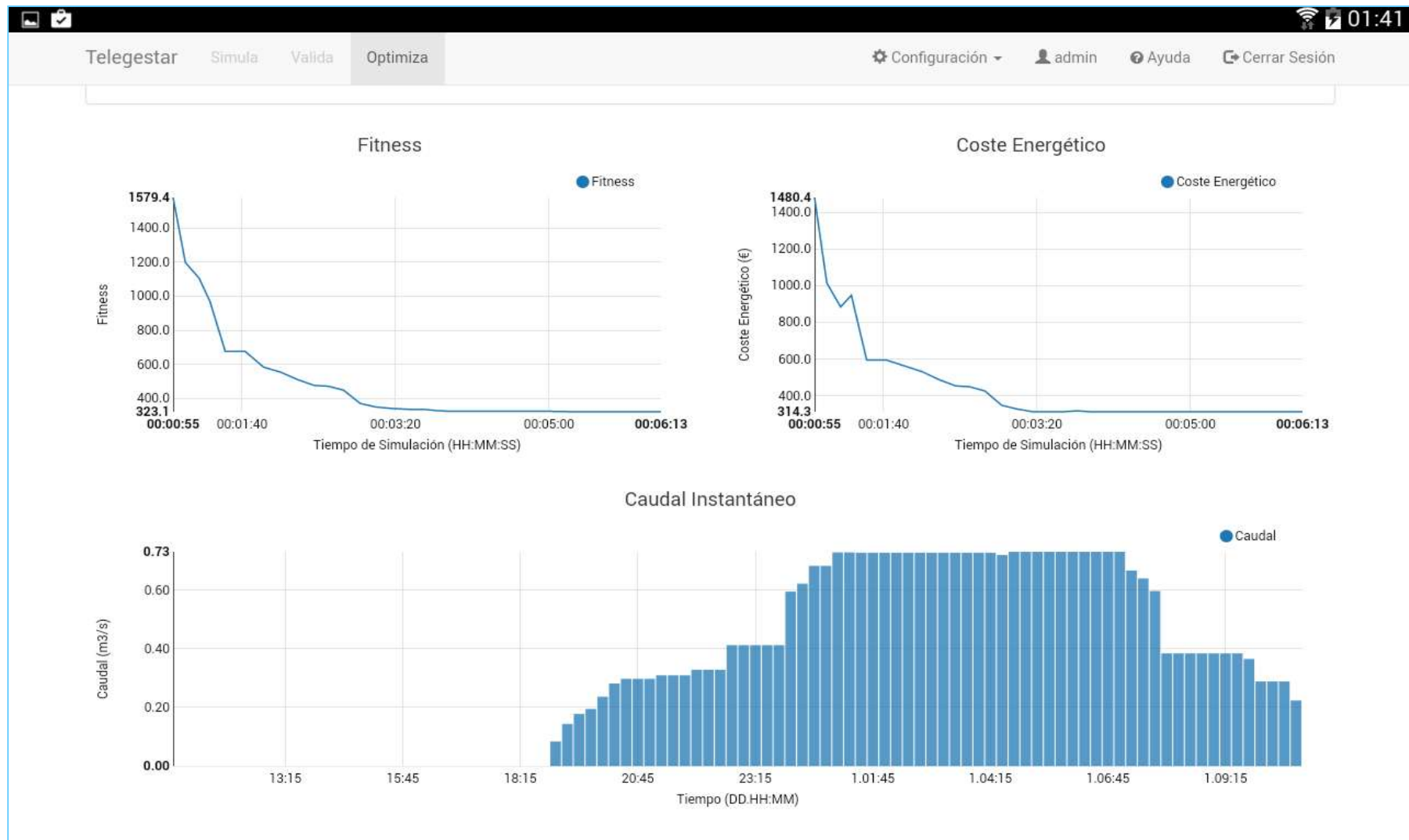
Universidad
Zaragoza

smagua
2019[illegible]





OPTIMIZACIÓN PROGRAMA DE RIEGOS



OPTIMIZACIÓN PROGRAMA DE RIEGOS



Universidad
Zaragoza



smagua
2019

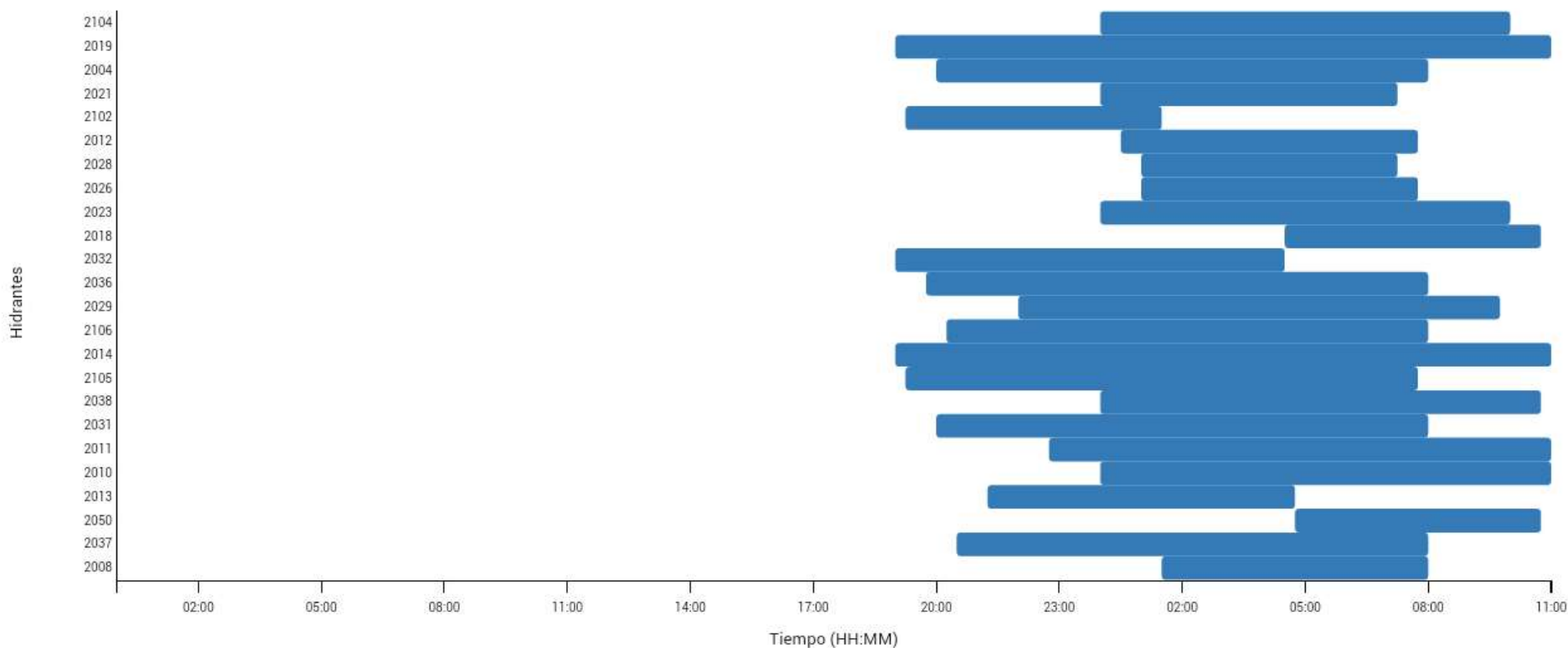


21:59

UNZ Callen Inferior Julio - Copia - Telegestar
www.skygestar.com

2050	04:45 05/07/2016	10:45 05/07/2016	06:00	0.023
2037	20:30 04/07/2016	08:00 05/07/2016	11:30	0.016
2008	01:30 05/07/2016	08:00 05/07/2016	06:30	0.059

RESULTADOS PROGRAMA DE RIEGOS



CR CALLEN



Universidad
Zaragoza



smagua
2019

UNZ Callen Inferior Julio - Copia - Telegestar					
www.skygestar.com					
Telegestar Simula Valida Optimiza Configuración admin Ayuda Cerrar Sesión					
Hidrante	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo de Riego	Caudal (m³/h)	Presión (atm)
2104	00:00 05/07/2016	10:00 05/07/2016	10:00	0.059	-
2019	19:00 04/07/2016	11:00 05/07/2016	16:00	0.026	-
2004	20:00 04/07/2016	08:00 05/07/2016	12:00	0.019	-
2021	00:00 05/07/2016	07:15 05/07/2016	07:15	0.027	-
2102	19:15 04/07/2016	01:30 05/07/2016	06:15	0.06	-
2012	00:30 05/07/2016	07:45 05/07/2016	07:15	0.043	-
2028	01:00 05/07/2016	07:15 05/07/2016	06:15	0.046	-
2026	01:00 05/07/2016	07:45 05/07/2016	06:45	0.018	-
2023	00:00 05/07/2016	10:00 05/07/2016	10:00	0.018	-
2018	04:30 05/07/2016	10:45 05/07/2016	06:15	0.024	-
2032	19:00 04/07/2016	04:30 05/07/2016	09:30	0.032	-
2036	19:45 04/07/2016	08:00 05/07/2016	12:15	0.017	-
2029	22:00 04/07/2016	09:45 05/07/2016	11:45	0.019	-
2106	20:15 04/07/2016	08:00 05/07/2016	11:45	0.045	-
2014	19:00 04/07/2016	11:00 05/07/2016	16:00	0.026	-
2105	19:15 04/07/2016	07:45 05/07/2016	12:30	0.034	-
2038	00:00 05/07/2016	10:45 05/07/2016	10:45	0.018	-
2031	20:00 04/07/2016	08:00 05/07/2016	12:00	0.023	-
2011	22:45 04/07/2016	11:00 05/07/2016	12:15	0.084	-
2010	00:00 05/07/2016	11:00 05/07/2016	11:00	0.088	-

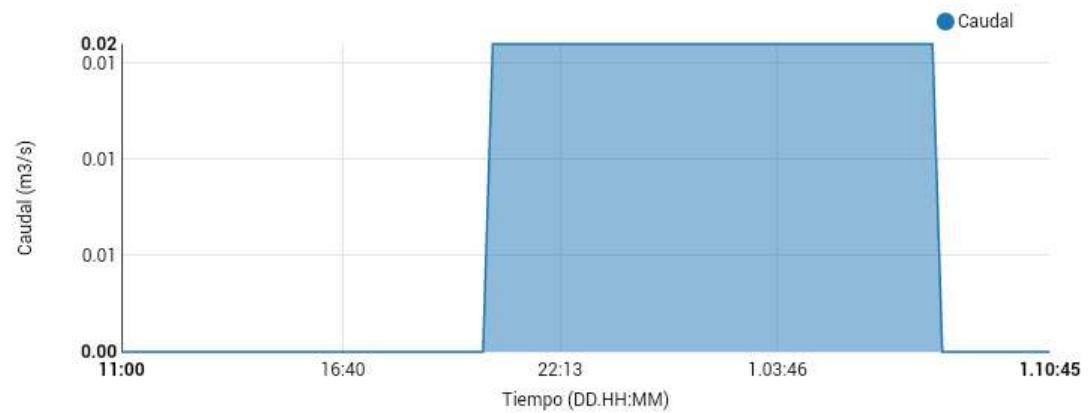
RESULTADOS PROGRAMA DE RIEGOS

Red Inferior

- 2001
- 2001 Granja
- 2001-2 Huerto
- 2003
- 2004
- 2005
- 2007
- 2008
- 2010
- 2011
- 2012
- 2013
- 2014
- 2015A
- 2015B
- 2016
- 2017
- 2018
- 2019
- 2020
- 2021
- 2022
- 2023
- 2025
- 2026
- 2027
- H-NUDO-8 (GRANJA CERDOS)
- 2028

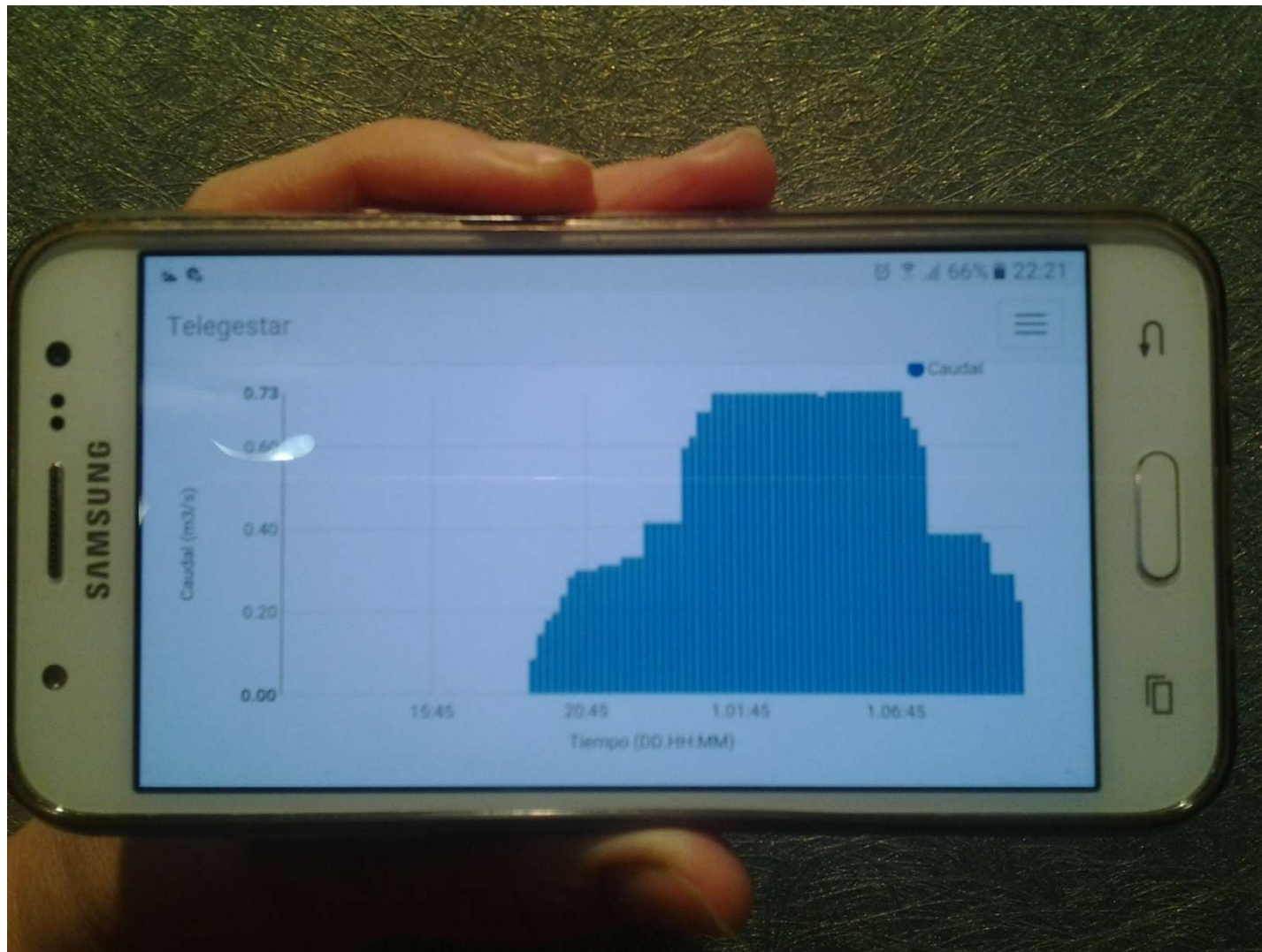


Caudal del Hidrante 2037



VERIFICACIÓN DE PRESIONES

OPTIMIZACIÓN PROGRAMA DE RIEGOS



Julio - Copia

Aplicar la Programación

Exportar a Excel

Además, en caso de que haya telecontrol, las programaciones obtenidas pueden transferirse al telecontrol !!



1

Tiempo de Riego

Caudal (m³/h)

Presión (atm)

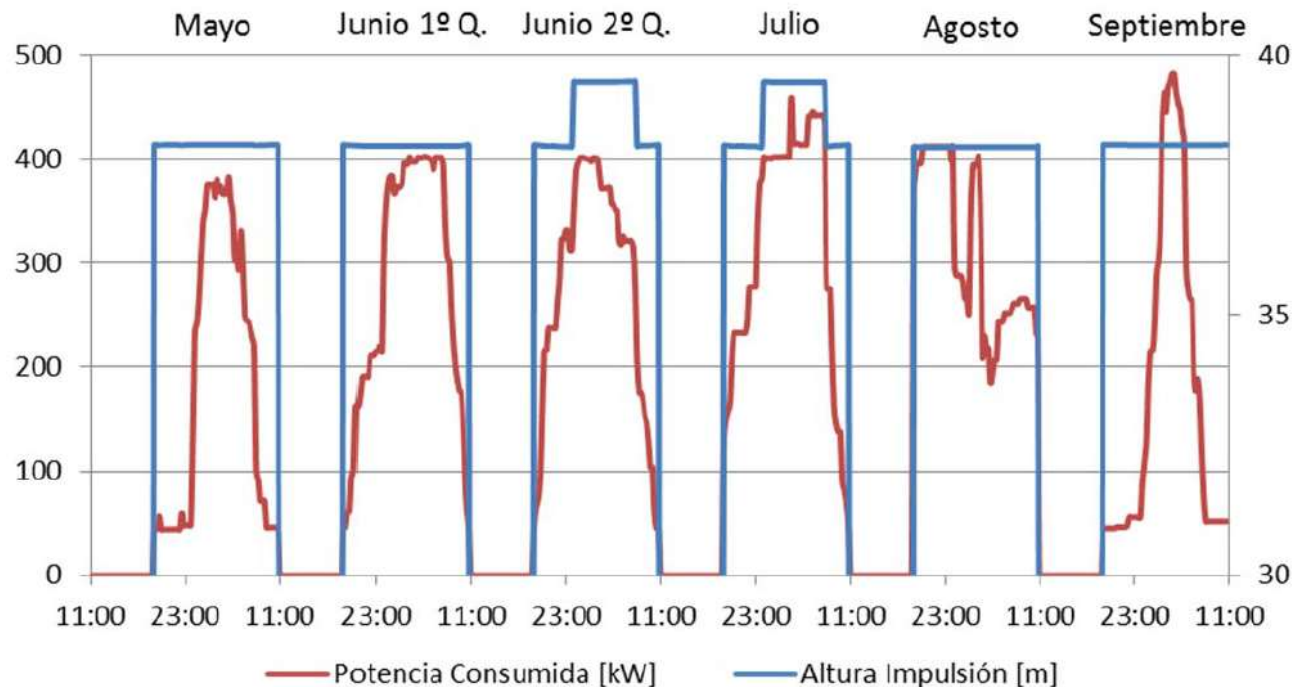
RESULTADOS CAMPAÑAS 2017 y 2018

PARÁMETRO	UNIDAD	2018	2017
Superficie regable presurizada	ha	1.128	1.128
Agua usada total	m3	3.976.970	5.237.054
Agua usada para riego	m3	3.800.626	5.065.569
Agua unitaria usada para riego	m3/ha	3.370	4.492
Agua bombeada	m3	3.608.263	5.067.642
Energía activa consumida total	kWh	615.002	916.827
Coste electricidad total	€	89.948	119.833
Coste unitario electricidad	€/kWh	0,14626	0,13070
Energía activa específica agua total	kWh/m3	0,15464	0,17507
Coste electricidad por volumen total	€/m3	0,02262	0,02288
Energía activa específica agua bombeada	kWh/m3	0,17044	0,18092
Coste electricidad por volumen bombeado	€/m3	0,02493	0,02365
Energía activa por superficie	kWh/ha	545,39	813,06
Coste electricidad por superficie	€/ha	79.77	106.27

Fuente: Lecina, S. (consultor e investigador) y Cebollero, J. M. (Secretario CRR)

UNA VUELTA DE TUERCA MAS:

(REF 6) Faci, Zorrilla, Garcia, Seral, Aliod, METODOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN CONJUNTA DE LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO Y ESTACIONES DE BOMBEO EN BOMBEO DIRECTOS. XXXIV Congreso Nacional de Riegos, AERyD Sevilla 2016



Extensión que permitir que la presión de bombeo necesaria sea evaluada dinámicamente de forma óptima

LIMITACIONES y SU SOLUCIÓN:

Resistencia de regantes a condicionarse a la programación.	Adopción temprana , aplicación de recargos por perdida eficacia
Inconvenientes riego nocturno, sobredimensionado de instalaciones en parcela para regar en < 8 horas	Agronómicamente favorable, comprobaciones en fin de semana, financiación compensatoria, supervision
Dificultad de reprogramación manual frecuente de riegos en parcela	Limitación de cambios de programación cada uno o dos meses, o programación remota automática
Implementación en sistemas no concebidos para esta operativa (largos tiempos de riego, zonas de diferente requerimientos)	Reforma de dotaciones, ampliación de capacidad de transporte en red y parcela,
Cambios sobrevenidos, incumplimientos sobre la programación acordada	Simulación del efecto del cambio y reajuste, tele-control hidrantes
Desaparición de tarifas de menor precio (p.e. nocturna por coche eléctrico,...)	Reconversión a cultivos de mayor valor, menor consumo de agua y reducción superficie

REFERENCIAS

1. Faci, E; Paño, J.; Gracia, S.; Seral, P; Aliod, R. (2012). *"TELEGESTAR: INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA Y AHORRO ENERGÉTICO PARA REDES DE RIEGO A PRESIÓN"*, XXX Congreso Nacional de Riegos AERYD. Albacete, 2012.
2. Paño J.; Aliod R.; García S.; Faci, E.; Seral, P. (2012). *"GENERAL AND COMPACT MODELLING OF DIRECT PUMPING STATIONS FOR THE HYDRAULIC AND ENERGY ANALYSIS OF PRESSURIZED DISTRIBUTION NETWORKS,"* World Environmental and Water Resources Congress. ASCE Albuquerque . EEUU, 2012.
3. Faci, E; Paño, J.; Gracia, S.; García, A; Seral, P; Aliod, R. (2015) *"ALGORITMOS Y HERRAMIENTAS PARA LA APLICACIÓN DE REDUCCIÓN DE COSTES ENERGÉTICOS EN SISTEMAS DE RIEGO A PRESIÓN"*. IV Jornadas de Ingeniería del Agua. Córdoba, 2015.
4. Naranjo D.; Colom S2; Blanco, JC.; González LG.; Iglesias, S.(2016) *."RESULTADOS PRELIMINARES EN LOS ESTUDIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DENTRO DEL PROYECTO I+D+I OPTIREG: GESTIÓN EFICIENTE DE REGADÍOS"*. XXXIII Congreso Nacional de Riegos Congreso Nacional de Riegos, AERYD. Valencia, 2015.
5. Faci, E; Aliod, R.; F. Paño, J.; Gracia, S. (2015) *"DESARROLLO DE UN MODELO RACIONAL PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO Y CURVAS DE PROBABILIDAD DE FRECUENCIA DE CAUDALES EN BOMBEO DIRECTOS"*. XXXIII Congreso Nacional de Riegos Congreso Nacional de Riegos, AERYD. Valencia, 2015.
6. Faci, E; Zorrilla, F. Paño, J.; Gracia, S.; García, A; Seral, P; Aliod, R. (2016) *"METODOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN CONJUNTA DE LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO Y ESTACIONES DE BOMBEO EN BOMBEO DIRECTOS"*. XXXIV Congreso Nacional de Riegos, AERYD. Sevilla, 2016