

Índice

<i>Resumen</i>	.....	I
<i>Índice de Tablas</i>	.....	XIII
<i>Índice de Figuras</i>	.....	XV
<i>Índice de Gráficos</i>	.....	XVII
<i>Índice de Gráficos</i>	.....	XVII
<i>Acrónimos</i>	.....	XIX
<i>Abreviaturas</i>	.....	XXI
1. Introducción	.....	1
1.1	Introducción general	1
1.2	Objetivos	6
1.3	Metodología aplicada.....	7
1.4	Alcance del trabajo	8
1.5	Recursos requeridos para el trabajo.	8
1.6	Organización del trabajo	9
2 La gestión del riego	.....	11
2.1	Introducción	11
2.2	La gestión del agua de riego	11
2.3	La evaluación de la gestión del agua de riego	13
2.4	Fases para la evaluación de la gestión del riego	15
2.4.1	Objetivos y estrategias	15
2.4.2	Diseño y planificación	17
2.4.3	Implementación.....	20
2.4.4	Aplicación	20
2.5	Gestión de la información	20
2.6	Modelos en la gestión del agua de riego.	21
2.6.1	Modelos y Sistemas de Información Geográfica	22
2.6.2	DSS en la gestión del agua para esquemas de riego	24

3	Las Comunidades de Regantes de redes colectivas a presión para riego localizado	25
3.1	Introducción	25
3.2	Las Comunidades de Regantes como esquema de riego.....	25
3.3	Clasificación de las comunidades de regantes	25
3.4	Componentes de la red de riego	27
3.4.1	Emisores de riego.....	27
3.4.2	Red de distribución	27
3.4.3	Cabezal de riego.....	28
3.4.4	Elementos de control, protección y regulación.	29
3.4.5	Captación	30
3.4.6	Almacenamiento y regulación	30
3.4.7	Automatización	30
3.4.8	Catastro	32
4	La gestión técnica de las Comunidades de Regantes	35
4.1	Introducción	35
4.2	La gestión agronómica.....	35
4.2.1	Cálculo de las necesidades reales netas de los cultivos.	35
4.2.2	Determinación de las necesidades totales en riego localizado.....	37
4.2.3	Tiempo de riego	39
4.2.4	Fertirrigación.....	39
4.3	Servicios de Información y Asesoramiento al Regante (SIAR).....	41
4.3.1	El Servicio de Tecnología del Riego de la Comunidad Valenciana.	42
4.4	La gestión hidráulica.....	43
4.4.1	Organización del riego.....	43
4.4.2	Almacenamiento y regulación	44
4.4.3	Filtrado del agua de riego	48
4.4.4	Fertirrigación colectiva	48
4.4.5	Lectura de contadores	49
5	La simulación hidráulica de las redes de riego y su optimización.....	51
5.1	Introducción	51
5.2	Modelado matemático de una red	51
5.3	Software para la simulación. EPANET.....	53

5.4	Características de EPANET 2.0.....	53
5.4.1	Los puntos de producción y almacenamiento.....	53
5.4.2	Los puntos de consumo.....	53
5.4.3	Los elementos de transporte.....	54
5.4.4	Los elementos de regulación. Válvulas.....	54
5.4.5	Los elementos de regulación: Bombas.....	54
5.4.6	La simulación hidráulica.....	55
5.4.7	Las leyes de control.....	55
5.4.8	El modelo de calidad.....	55
5.4.9	Interoperabilidad de EPANET.....	56
5.4.10	El módulo de herramientas de EPANET.....	57
5.5	Elaboración de un modelo hidráulico para una red de riego a presión.....	57
5.5.1	Recopilación de la información.....	57
5.5.2	Simplificación y esquematización de la red.....	58
5.5.3	Estimación de la demanda. Carga del modelo.....	59
5.5.4	Modulación de la demanda.....	59
5.5.5	Calibración del modelo.....	60
5.5.6	Precalibrado del modelo.....	61
5.5.7	Análisis de sensibilidad.....	61
5.5.8	Ajuste fino del modelo.....	61
5.6	Herramientas para la construcción de modelos hidráulicos.....	62
5.7	Modelos de optimización para la gestión en redes de riego.....	63
5.7.1	Introducción.....	63
5.7.2	Formulación de un problema de optimización.....	63
5.7.3	Programación lineal.....	64
5.7.4	Algoritmos genéticos.....	64
6	Herramientas para la gestión de una Comunidad de Regantes.....	67
6.1	Introducción.....	67
6.2	Estructura de la aplicación HuraGIS.....	67
6.2.1	Plataforma de la aplicación.....	67
6.2.2	Estructura de la base de datos.....	67
6.2.3	Interfaz de la aplicación.....	68
6.3	Implementación del modelo de datos.....	69
6.3.1	Datos agroclimáticos.....	70
6.3.2	Información catastral.....	70

6.3.3	Datos edafológicos.....	70
6.3.4	Características de la instalación de riego	70
6.3.5	Datos agronómicos.....	71
6.3.6	Características del agua de riego.....	71
6.3.7	Red de distribución	72
6.4	Herramientas para la gestión agronómica.....	73
6.4.1	Calculo de necesidades hídricas.....	73
6.4.2	Determinación de los tiempos de riego teóricos	74
6.4.3	Evaluación de los consumos.	75
6.4.4	Cálculo de las necesidades de fertilización.....	76
6.5	Herramientas para la gestión hidráulica.....	77
6.5.1	Metodología.....	77
6.5.2	Gestión de turnos	78
6.5.3	Carga del modelo hidráulico.....	78
6.5.4	Grupos de bombeo con <i>BVV</i>	83
6.5.5	Resultados de la simulación hidráulica.....	83
6.5.6	Fertirrigación.....	84
6.6	Optimización de la gestión hidráulica.....	87
6.6.1	Metodología adoptada.....	87
6.6.2	Optimización energética de la sectorización con inyección directa a red.....	88
6.6.3	Optimización de la fertirrigación	92
7	Caso de estudio. Comunidad de regantes La Senyera	95
7.1	Introducción.....	95
7.2	La Comunidad de Regantes La Senyera	95
7.3	Implementación del modelo.....	96
7.3.1	Implementación agronómica.....	96
7.3.2	Implementación hidráulica.....	96
7.4	Caracterización agronómica de la CR de Senyera	97
7.4.1	Cultivos	97
7.4.2	Marcos de plantación	98
7.4.3	Tamaño de los cultivos	99
7.4.4	Características de las subunidades de riego.	99
7.5	Caracterización hidráulica de la CR de Senyera	100
7.5.1	Captación	100

7.5.2	Almacenamiento y regulación	100
7.5.3	Estación de Bombeo	101
7.5.4	Cabezal de riego.....	101
7.5.5	Red de distribución	102
7.5.6	Hidrantes	102
7.6	Organización del riego.....	103
7.7	Evaluación de la gestión agronómica.....	103
7.7.1	Datos agroclimáticos.....	103
7.7.2	Evaluación de los consumos	105
7.7.3	Evaluación de la fertirrigación.....	107
7.7.4	Diagnóstico de la gestión agronómica	111
7.8	Evaluación de la gestión hidráulica	112
7.8.1	Consumo energético año 2006.....	112
7.8.2	Estructura tarifaria	113
7.8.3	Análisis de la gestión hidráulica con las herramientas de HuraGIS	114
7.8.4	Diagnóstico de la gestión hidráulica	116
7.9	Estudio de las posibles mejoras utilizando las herramientas diseñadas	116
7.9.1	Condicionantes en la gestión del riego para el caso de estudio	116
7.9.2	Estudio de la sectorización desde el punto de vista energético.....	116
7.9.3	Estudio de la secuencia de riegos desde el punto de vista de la	
	fertirrigación	121
7.10	Comparación de los indicadores. Mejoras propuestas frente a la campaña	
	de 2006.....	125
7.10.1	Estimación del ahorro anual.....	128
7.11	Estrategias de gestión derivadas a partir del caso de estudio.....	129
8	Conclusiones y futuras investigaciones	131
8.1	Conclusiones generales	131
8.2	Conclusiones obtenidas a partir de la evaluación del caso de estudio	132
8.3	Alcance y límites de este trabajo.....	132
8.4	Aportaciones originales	133
8.5	Futuras líneas de investigación	134
8.5.1	Mejoras en la aplicación HuraGIS	134
8.5.2	Futuros estudios a realizar	135

ANEJOS

Anejo I Definición de parámetros, métodos de medida y estimación de errores	149
Anejo II Indicadores de gestión en esquemas de riego	153
Anejo III Determinación de los Kc de los cítricos y frutales	157
Anejo IV Propiedades de los elementos de EPANET.....	159
Anejo V Parámetros de OptiGA	167
Anejo VI Modelo de datos relacional.....	171
Anejo VII Optimización del uso de fertilizantes.....	201
Anejo VIII Optimización económica de la jornada de riego.....	203
Anejo IX Descriptores del sistema de riego de la CR de Senyera.....	205
Anejo X Características de los grupos de bombeo	209
Anejo XI Calibración del modelo hidráulico	211
Anejo XII Resultados de los análisis de optimización mediante algoritmos genéticos	219
Anejo XIII Herramientas para el diseño agronómico y la gestión de subunidades de riego localizado en una comunidad de regantes	233
Anejo XIV Mapas de la CR de Senyera	243