

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL



**"AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES
DE ALBATERA"**

**TRABAJO FIN DE GRADO
FEBRERO 2026**

Autor: JUAN EIROA PONCE

Tutor: RICARDO ABADÍA SANCHEZ

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. ANTECEDENTES	5
1.2. CONTEXTUALIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	5
1.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COMUNIDADES DE REGANTES	5
1.4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COMUNIDADES DE REGANTES.	6
1.5. ALCANCE DEL ESTUDIO	6
2. OBJETIVO	7
2.1. OBJETIVO GENERAL	7
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. MATERIAL Y MÉTODOS	7
3.1. DESCRIPTORES DE LA COMUNIDAD DE REGANTES	7
3.2. DESCRIPCIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO	8
3.2.1. <i>Datos generales</i>	8
3.2.2. <i>Datos hidráulicos</i>	9
3.2.3. <i>Puntos de captación de agua</i>	11
3.3. BOMBEO	11
3.3.1. <i>Inyección directa a red</i>	11
3.3.2. <i>Elevaciones a cota constante</i>	12
3.3.3. <i>Balsas de almacenamiento y/o regulación</i>	12
3.3.4. <i>Red de tuberías a presión</i>	12
3.3.5. <i>Características de zona regable</i>	12
3.4. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO	13
3.4.1. <i>Resumen de bombeos</i>	13
3.4.2. <i>Bombeo a cota constante / Inyección directa a red</i>	14
3.4.3. <i>Elevaciones a cota constante</i>	16
3.5. DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO Y REGULACIÓN	18
3.6. ESTACIONES DE FILTRADO DE CABECERA DE SECTOR.	21
3.7. RED PRIMARIA	22
3.8. RED SECUNDARIA	23
3.9. HIDRANTES COLECTIVOS (RENOVACIÓN DE CONTADORES)	23
3.10. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA INSTALACIÓN	25
3.11. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	26
3.12. DATOS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA 2024	28
3.12.1. <i>Consumo energía activa</i>	28

3.12.2.	<i>Potencia registrada por los máxímetros</i>	29
3.12.3.	<i>Potencia facturada</i>	30
3.12.4.	<i>Distribución de consumo de energía por periodo horario</i>	30
3.12.5.	<i>Precio de la energía</i>	31
3.12.6.	<i>Estructura de costes energéticos</i>	31
3.13.	RECURSOS MATERIALES EMPLEADOS	32
3.13.1.	<i>Analizadores de redes eléctricas</i>	32
3.13.2.	<i>Caudalímetro</i>	32
3.14.	METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	33
3.14.1.	<i>Eficiencia de Suministro Energético</i>	34
3.14.2.	<i>Eficiencia Energética de los Bombeos</i>	36
3.15.	INDICADORES DE USO DE LA ENERGÍA	37
3.15.1.	<i>Indicadores descriptivos</i>	37
3.15.2.	<i>Indicadores de rendimiento</i>	37
3.15.3.	<i>Indicadores de eficiencia</i>	38
3.16.	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	39
3.16.1.	<i>Calificación energética en función de la eficiencia de los bombeos</i>	39
3.16.2.	<i>Calificación energética en función de la eficiencia energética general</i>	39
3.16.3.	<i>Calificación energética en función del grupo de consumo energético</i>	39
3.17.	MEDIDAS CORRECTORAS Y VALORACIÓN	40
3.17.1.	<i>Mejoras en el consumo eléctrico</i>	40
3.17.2.	<i>Mejoras en los equipos</i>	40
3.17.3.	<i>Mejoras en el diseño y manejo</i>	40
3.17.4.	<i>Valoración sobre las mejoras propuestas</i>	40
4.	RESULTADOS	41
4.1.	EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS BOMBEOS	41
4.1.1.	<i>Eficiencia energética ponderada de los equipos de bombeo</i>	43
4.2.	EFICIENCIA DE SUMINISTRO ENERGÉTICO (ESE)	43
4.2.1.	<i>Energía inicial del agua en los puntos de captación (HI)</i>	43
4.2.2.	<i>Análisis geoespacial de la zona regable. Distribución de superficie de riego por cota</i>	43
4.2.3.	<i>Energía demandada por la zona regable (HD)</i>	45
4.2.4.	<i>Balance energético (ΔH)</i>	46
4.2.5.	<i>Índice de carga energética aportada por los equipos de bombeo (ICE)</i>	47
4.2.6.	<i>Cálculo de la eficiencia de suministro energético (ESE)</i>	47
4.3.	INDICADORES GENERALES DEL USO DE LA ENERGÍA	48
4.3.1.	<i>Indicadores descriptivos</i>	48

4.3.2.	<i>Indicadores de rendimiento</i>	48
4.3.3.	<i>Indicadores de eficiencia</i>	49
4.4.	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	49
4.4.1.	<i>Calificación energética de la eficiencia de los bombeos</i>	49
4.4.2.	<i>Calificación energética de la comunidad de regantes</i>	49
4.4.3.	<i>En función de la eficiencia energética general</i>	49
4.4.4.	<i>En función del grupo de consumo energético</i>	50
4.4.5.	<i>Resumen calificación energética de la Comunidad de Regantes</i>	50
4.5.	MEJORAS PROPUESTAS	50
4.5.1.	<i>Instalación de una nueva planta fotovoltaica en la balsa 1</i>	51
4.5.2.	<i>Mejoras en los equipos</i>	54
4.5.3.	<i>Mejoras en el diseño y manejo de la red</i>	56
4.5.4.	<i>Resumen de mejoras propuestas y valoración</i>	56
5.	RESUMEN Y CONCLUSIONES	57
6.	REFERENCIAS	58
	ANEJO I. DATOS ELECTRICOS E HIDRÁULICOS MEDIDOS	60
	ANEJO II: PLANOS	61





1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El presente trabajo surge como culminación de la formación académica adquirida en el Grado en Ingeniería Agroalimentaria y Agroambiental por la Universidad Miguel Hernández de Elche. La realización de esta auditoría energética se fundamenta en la aplicación práctica de los conocimientos técnicos desarrollados a lo largo del grado, especialmente en áreas relativas a la ingeniería hidráulica, la gestión de recursos hídricos y el diseño de infraestructuras de riego.

Históricamente, las comunidades de regantes han evolucionado desde sistemas tradicionales basados en la gravedad hacia infraestructuras complejas y electrificadas para satisfacer las demandas de presión y caudal del riego localizado moderno. En la Comunidad de Regantes de Albufera, esta tecnificación ha derivado en una dependencia significativa de la energía eléctrica, representando el coste energético hasta un 40% de sus gastos operativos.

Ante la actual volatilidad del mercado eléctrico y la creciente necesidad de sostenibilidad ambiental en el sector primario, se hace imprescindible aplicar protocolos técnicos normalizados, como el del IDAE, para diagnosticar la eficiencia de las instalaciones.

1.2. CONTEXTUALIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Durante la última década, la eficiencia energética se ha convertido en un objetivo estratégico en todos los sectores productivos, especialmente en el agrícola. Este sector es uno de los principales responsables de un consumo energético elevado, en parte derivado del bombeo del agua de riego.

Las instalaciones pertenecientes a las Comunidades de Regantes tales como bombas de impulsión, pozos, estaciones de filtrado, centros de transformación o redes de riego a presión, suelen tener un alto consumo energético. A menudo hablamos de infraestructuras antiguas o mal dimensionadas que no siguen ningún tipo de condiciones de explotación ni criterios de eficiencia.

Este hecho genera elevados costes energéticos que repercuten gravemente en los usuarios además de provocar un incremento innecesario en los costes productivos y en el beneficio del regante.

Entre los principales factores que contribuyen a la falta de eficiencia energética en CR (comunidades de Regantes) encontramos:

- Sistemas de bombeo sobredimensionados, obsoletos o con rendimientos muy bajos.
- Malas prácticas de distribución: Calendarios de turnos y horarios mal diseñados.
- Falta de automatización, sistemas de telecontrol y monitorización.
- Uso ineficiente del agua que deriva en consumo energéticos innecesarios.
- Tarifas eléctricas mal adaptadas al perfil real de consumo.

Este trabajo consiste en la realización de una auditoría energética para identificar los puntos críticos de consumo, evaluar el rendimiento de los sistemas actuales y proponer medidas correctoras que reduzcan los costes operativos y mejoren la sostenibilidad energética y económica de la comunidad.

1.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COMUNIDADES DE REGANTES

Desde sus orígenes, las comunidades de regantes han jugado un papel esencial en el desarrollo agrícola, gestionando colectivamente el suministro de agua para el riego. Tradicionalmente, estas instalaciones dependían de sistemas rudimentarios basados en fuerza humana, animales o mecanismos hidráulicos simples, que aunque sostenibles, limitaban la productividad y el control del agua.

Con la revolución industrial y la electrificación del campo en el siglo XX, las comunidades de regantes comenzaron a incorporar sistemas de bombeo eléctricos para mejorar la disponibilidad y presión del agua, lo que supuso un aumento considerable en el consumo energético. Sin embargo, en las primeras etapas, la

eficiencia energética no fue una prioridad, y muchas instalaciones fueron diseñadas sin criterios técnicos orientados al ahorro de energía.

A partir de finales del siglo XX y especialmente en el siglo XXI, la creciente conciencia sobre el cambio climático, el coste de la energía y la sostenibilidad ha impulsado la incorporación de tecnologías y prácticas orientadas a la eficiencia energética en las CCR. La implementación de auditorías energéticas, la modernización de equipos, y la aplicación de sistemas automatizados y de control, se han convertido en herramientas clave para reducir el consumo energético y los impactos ambientales asociados.

Hoy en día, la eficiencia energética en comunidades de regantes es un aspecto fundamental para garantizar la viabilidad económica y ambiental del riego, en línea con las políticas nacionales e internacionales de sostenibilidad y ahorro energético.

1.4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COMUNIDADES DE REGANTES.

Las Comunidades de Regantes constituyen uno de los principales consumidores de energía eléctrica en el sector agrícola, representando aproximadamente entre un 15% y un 20% del consumo total agrícola en países como España (IDAE, 2020). Esta cifra varía según la región y el tipo de cultivo, pero en general evidencia la importancia energética del riego presurizado.

Según datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), el consumo eléctrico medio en sistemas de riego en España supera los 3.000 GWh anuales, con un coste asociado que puede representar hasta un 40 % del total de gastos operativos de las comunidades de regantes (IDAE, 2019). Esta alta dependencia energética genera vulnerabilidad económica frente a la volatilidad de los precios eléctricos y tiene un impacto ambiental significativo debido a las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero.

En cuanto a la eficiencia energética, estudios recientes indican que muchas instalaciones presentan niveles de rendimiento energético inferiores al 70 %, debido a causas como el uso de bombas y motores obsoletos, la falta de mantenimiento preventivo y la ausencia de sistemas de monitorización y control adecuados (MITECO, 2022).

El Real Decreto 56/2016 establece la obligatoriedad de realizar auditorías energéticas en grandes consumidores, incluyendo muchas CCR, lo que ha impulsado un aumento en la implantación de diagnósticos energéticos y planes de mejora. Sin embargo, aún existe un amplio margen de mejora, ya que solo un 30 % de las comunidades han implementado medidas de eficiencia energética basadas en auditorías recientes (IDAE, 2021).

La digitalización y el uso de tecnologías inteligentes (sensores, telecontrol, sistemas SCADA) se perfilan como herramientas clave para optimizar el consumo energético y facilitar una gestión más eficiente y sostenible del agua y la energía en las CCR.

1.5. ALCANCE DEL ESTUDIO

El análisis se basa en los datos de consumo eléctrico y caudales registrados durante la última campaña de riegos completa, así como visitas técnicas a las instalaciones con tal de realizar mediciones in situ y entrevistas con los responsables de la gestión.

El alcance del estudio incluye:

- Recopilación y análisis de datos de consumo eléctrico (mensuales o por periodo de riego).
- Caracterización técnica de los equipos y configuración del sistema de bombeo.
- Evaluación del rendimiento energético de los equipos principales.
- Identificación de puntos críticos e ineficiencias en el sistema.
- Propuestas de mejora técnica y estimación de ahorros energéticos y económicos.
- Análisis básico de viabilidad de las medidas correctoras.

El análisis del estudio NO incluye:

- Cálculos estructurales, hidráulicos detallados o rediseños completos de la red de riego.

- Implementación de las medidas propuestas.
- Auditoría financiera ni análisis contable de la comunidad.
- Evaluación ambiental exhaustiva o análisis del ciclo de vida.

El trabajo tiene un enfoque técnico y energético, orientado a proporcionar a la Comunidad de Regantes un diagnóstico útil para la toma de decisiones en materia de eficiencia energética.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar una auditoría energética de las instalaciones de la Comunidad de Regantes de Albaterra, con el fin de identificar oportunidades de mejora y/o malas prácticas que, además de reducir los costes asociados al consumo eléctrico contribuyen a una gestión más eficiente de los recursos energéticos e hídricos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el perfil de consumo energético de la comunidad de regantes, incluyendo datos históricos de consumo eléctrico y caudales de riego.
- Evaluar el rendimiento energético de los principales equipos electromecánicos (bombas, motores, cuadros de control, etc.).
- Identificar ineficiencias técnicas, operativas o de gestión que afecten negativamente al rendimiento energético de la instalación.
- Proponer medidas de mejora técnica, organizativa o de inversión, cuantificando su viabilidad económica (ahorro energético, periodo de retorno, etc.).
- Valorar el impacto ambiental y económico de la implantación de dichas mejoras.
- Concienciar a los responsables de la CRR sobre la importancia de una gestión energética eficiente y el uso racional de la energía.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPTORES DE LA COMUNIDAD DE REGANTES

NOMBRE DE LA COMUNIDAD DE REGANTES		
COMUNIDAD DE REGANTES DE ALBATERA		
DOMICILIO SOCIAL		
CALLE MESÓN, Nº58		
POBLACIÓN	PROVINCIA	CODIGO POSTAL
ALBATERA	ALICANTE	03340
PRIMER AÑO DE FUNCIONAMIENTO	TIPOS DE SUMINISTRO (riego, urbano, otros)	
1.990	RIEGO	
SUPRFICIE TOTAL RIEGO (ha)	Nº TOTAL USUARIOS	Nº TOTAL PARCELAS

3525	1550	1550	
TAMAÑO MEDIO PARCELA (ha)	SUPERFICIE MEDIA ANUAL DE RIEGO (ha)		
-	-		
VOLUMEN ANUAL CONCESIÓN (m³/año)	VOLUMEN MEDIO SUMINISTRADO EN M³ (2024)		
3.916.116,00	3.532.336,63		
VOLUMEN CONCESIÓN DESTINADO A RIEGO (m³/año)	VOLUMEN CONCESIÓN DESTINADO OTROS USOS (m³)		
LA TOTALIDAD	0		
DATOS PERSONAS DE CONTACTO	CARGO	TELEFONO	CORREO
BEGOÑA TENZA	DIRECTOR TÉCNICO	965487863	info@cralbatera.es
JAVIER GARRIDO DAZA	ADMINISTRACIÓN	677590364	javierrgarridodaza@hotmail.com

3.2. DESCRIPCIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO

3.2.1. Datos generales

SUPERFICIE REGABLE (ha):	SUPERFICIE REGADA (ha):
3223,49	2925,39
VOLUMEN DE AGUA QUE ENTRA AL SISTEMA (m³):	VOLUMEN DE AGUA SUMINISTRADA AL REGADÍO (m³):
2024 – 3.916.116	2024 – 3.532.336
VOLUMEN DE AGUA SUMINISTRADA OTROS USOS (m³):	EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN (%)*:
0	2023 – 85,80 2024 – 90,20

$$* \text{Eficiencia de distribución (\%)} = \frac{\text{Volumen total agua suministrada}}{\text{Volumen agua que entra en el sistema}} \times 100$$



Vista general de la zona regable

3.2.2. Datos hidráulicos

*NOMBRE DEL SECTOR	SUPERFICIE REGABLE (ha)	SUPERFICIE REGADA (ha)	VOLUMEN ENTRADA (m ³ /año)	VOLUMEN SUMINISTRADO (m ³ /año)
GENERAL	2.925,39	2.925,39	2023 – 2.832.057 2024 – 3.916.116	2023 – 2.429.904 2024 – 3.532.336
ZONA IMPULSIÓN	1.274,56	1.274,56	2023 – 1.222.627,02 2024 – 1.609.429,98	2023 – 1.049.013,98 2024 – 1.524.944,66
ZONA GRAVEDAD	1.650,83	1.650,83	2023 – 1.694.391,69 2024 – 2.342.973,467	2023 – 1.453.788,07 2024 – 2.113.362,07

*Sector hidráulico independiente es aquel en el que el volumen total de agua en los puntos de suministro, que se aporta posteriormente en la superficie regable del sector, es un dato conocido y, por otro lado, que los bombeos existentes sólo distribuyen agua en la superficie

**No se disponen de contadores individuales en cada una de las conducciones por lo que no se tienen datos concretos de cada una de las zonas del sector.



Vista exterior general hidrante tipo z



Vista interior hidrante

3.2.3. Puntos de captación de agua

Tomas superficiales

ID. TOMA	PROCEDENCIA	SECTOR HIDRÁULICO	COTA PUNTO TOMA (msnm)	CAUDAL MEDIO (m ³ /h)	VOLUMEN ANUAL (m ³ /año)
TRASVASE TAJO – SEGURA	Trasvase Tajo - Segura	TODOS	122,75	Se desconoce	3.916.116,00



Toma del canal del Trasvase Tajo – Segura

3.3. BOMBEO

3.3.1. Inyección directa a red

ID. BOMBEO	Sector hidráulico nº	Cota bombeo nº (msnm)	Caudal medio (m ³ /h)	Altura Bombeo (mca)	Volumen anual (m ³)

BOMBA VERTICAL IDEAL VG 162/3	1	-	480	62	-
BOMBA VERTICAL IDEAL VG 125/5	1	-	254	62	-

3.3.2. Elevaciones a cota constante

ID. BOMBEO	SECOTR HIDRÁULICO N°	Cota bombeo n° (msnm)	CAUDAL MEDIO (m³/h)	ALTURA MANOMÉTRICA (m)	Volumen anual(m³)
BOMBA SUMERGIBLE FLYGT NX 3153.182 LT 411	Gravedad		360	8.5	-

Estas bombas se utilizan para inyectar agua en la red de gravedad ya que el diámetro de la tubería situada al fondo de las balsas es demasiado estrecho para abastecer de riego a la totalidad de las parcelas demandantes, es por eso que además de esta tubería se utilizan 3 bombas en la balsa n°2 y 2 bombas en la balsa n°3.

3.3.3. Balsas de almacenamiento y/o regulación

ID Balsa	SECTOR HIDRÁULICO N°	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	COTA SOLERA (M)	COTA CORONACIÓN(M)	VOLUMEN TOTAL (m³)
1	1	tierra-geomembrana	99	106,65	88.000
2	2	tierra-geomembrana	105	111,97	115.000

3.3.4. Red de tuberías a presión

N° Sector	Presión diseño hidrantes (m)	Presión máxima hidrantes (m)	Presión mínima hidrantes (m)	Tubería	Diámetro máximo (mm)	Diámetro mínimo (mm)	Material	Longitud total (m)	*Presión válvulas reductoras
1	30	90	25	Primarias	600	350	Fibrocemento	7.740	-
				Secundarias	315	125	PVC	34.346	40
				Terciarias	110	63	PVC	27.293	-
				Cuaternarias	-	-	-	-	-

3.3.5. Características de zona regable

Sector Hidráulico n°	Superficie (m²)	Número de hidrantes colectivos	Número de hidrantes individuales	CULTIVOS
----------------------	-----------------	--------------------------------	----------------------------------	----------

1	1268,83	-	992	Cítricos, Granado, Higuera, Parral
2	1695,40	-	1304	Cítricos, Granado, Higuera, Parral

Características de la red de distribución por gravedad:

(Se describirán las características de los canales de distribución en lámina libre, indicando sus características constructivas, elementos de maniobra, capacidad y longitud de los mismos)

La red de distribución por gravedad está formada por canales rectangulares de sección variable, revestidos en su mayoría de mampostería de hormigón. Los principales canales de distribución son el 4º canal de poniente y el 2º canal de poniente, con secciones aproximadas de 2 m de anchura y 2 de altura. Los elementos de maniobra son tajaderas y compuertas metálicas dotadas de tornillo sin fin para su apertura y cierre.

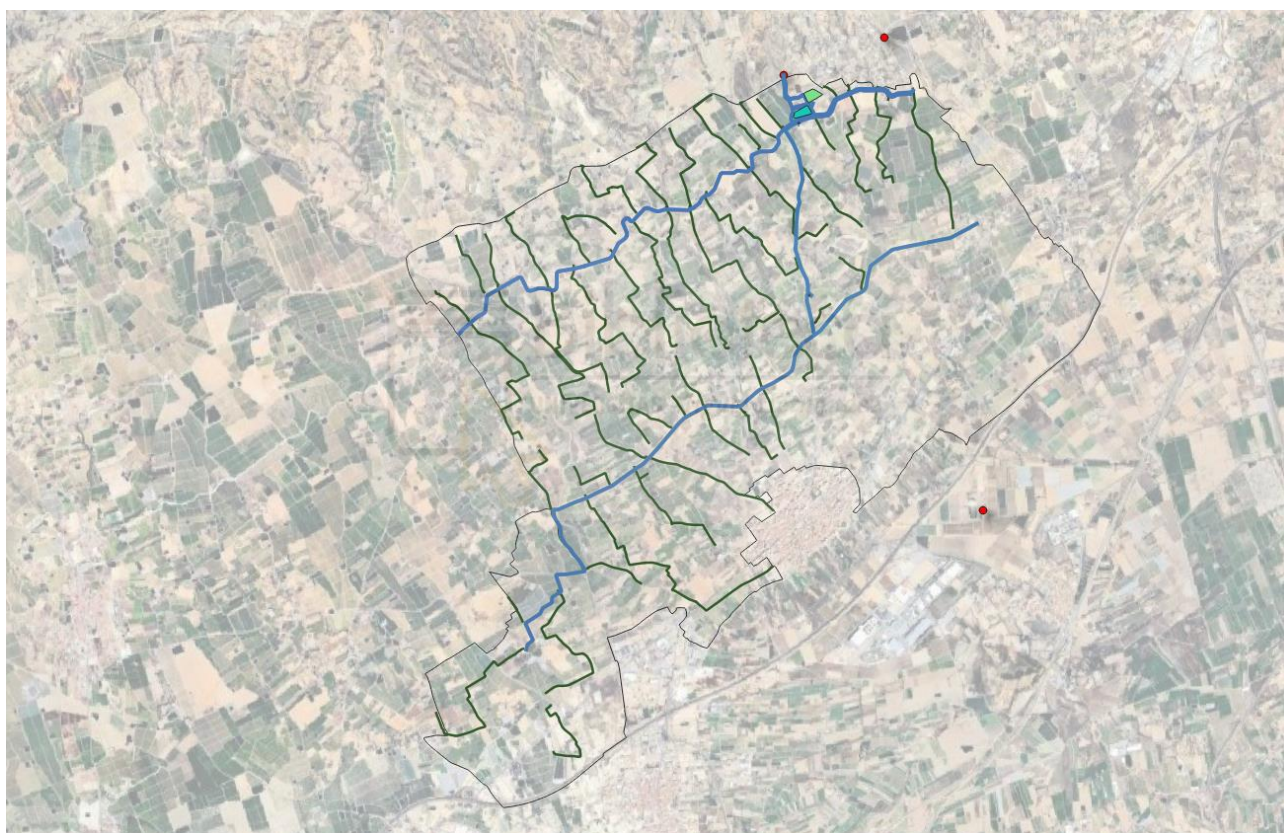


Diagrama de flujo de red de distribución

3.4. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

3.4.1. Resumen de bombeos

Aunque existen más bombeos a lo largo de la red de distribución perteneciente a la CR de Albaterra, tan sólo se tendrá en cuenta a efectos de la auditoría el **bombeo principal dado que es el de mayor consumo energético y por lo tanto el único que verdaderamente puede suponer una amenaza si no dispone de una eficiencia aceptable.**

NOMBRE DEL BOMBEO	DEL SECTOR HIDRÁULICO	TIPO DE BOMBEO	DE SUPERFICIE REGADA	VOLUMEN BOMBEADO O 2024	ALTURA SUMINISTRADA (mca)
-------------------	-----------------------	----------------	----------------------	-------------------------	---------------------------

			(ha)	(m ³ /año)	
BOMBEO S-I	SECTOR I	BOMBEO A RED DE IMPULSIÓN	1274,56	-	62



Ubicación del bombeo correspondiente a la zona regable del Sector 1

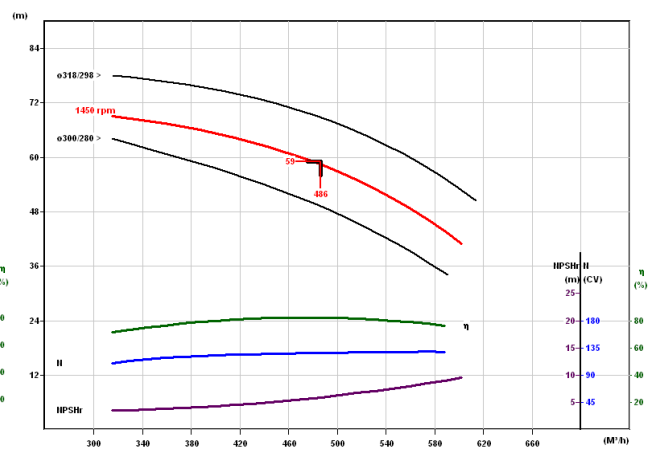
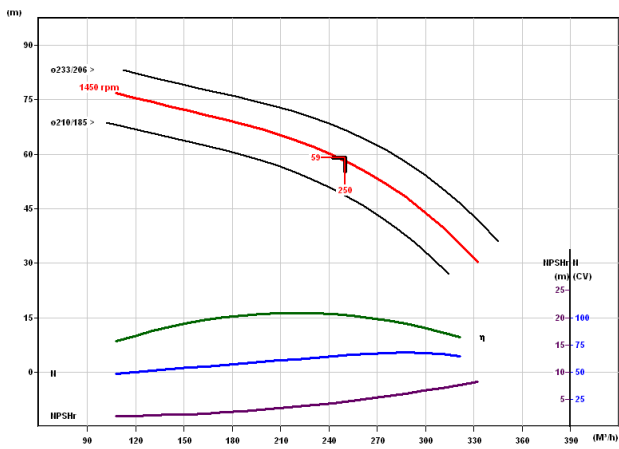
3.4.2. Bombeo a cota constante / Inyección directa a red

ID. Bombeo:	BOMBEO SECTOR S-I		
DATOS GENERALES DEL BOMBEO			
Nº de grupos en paralelo	5	Cota del bombeo (msnm)	95
Son los grupos iguales	NO	Cota+ lámina aspiración (msnm)	105
*Tipo de agrupación	3+2	Cota- lámina aspiración (msnm)	99
Diámetro tubería impulsión (mm)	600	Caudal medio bombeado (m ³ /h)	776,94
Material tubería impulsión	Acero y fibrocemento	Volumen anual bombeado (m ³)	3.916.116,00
Diámetro tubería aspiración (mm)	600	Material tubería aspiración	Acero
DATOS ESPECÍFICOS DE CADA GRUPO			

1 y 2	Marca motor	Western Electric Australia	Arrancadores electrónicos	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
	Modelo motor	1D315S-4A B5	Accionamiento con variador	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
	Frecuencia (Hz)	50	Marca bomba	Ideal	
	Voltaje (V)	400/690	Modelo bomba	VG-162/3	
	Velocidad giro (rpm)	1450	Presión nominal (m.c.a.)	62	
	Potencia del motor (kW)	110	Caudal nominal (m ³ /h)	480	
	cos φ y η (%)	0,87	Edad equipo	5	
apoyo	Marca motor	Western Electric Australia	Arrancadores electrónicos	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
	Modelo motor	1D250M-4B5	Accionamiento con variador	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
	Frecuencia (Hz)	50	Marca bomba	Ideal	
	Voltaje (V)	380/660	Modelo bomba	VG-125/5	
	Velocidad giro (rpm)	1450	Presión nominal (m.c.a.)	62	
	Potencia del motor (kW)	55	Caudal nominal (m ³ /h)	250	
	cos φ y η (%)	0,87	Edad equipo	5	

Comentario sobre el funcionamiento:

El sistema de bombeo opera controlado por un sensor de presión ubicado en la salida, con una presión de consigna establecida en 6 bares. Un autómata se encarga de gestionar el funcionamiento de cada bomba según la presión detectada por el sensor. La activación se realiza de forma aleatoria.



Curva característica de bombas principales.

3.4.3. Elevaciones a cota constante

Estas dos bombas se utilizan únicamente con el fin de satisfacer la demanda hídrica de la red de riego por gravedad dado que la sección de la tubería de salida no tiene un diámetro suficiente como para abastecer las necesidades de todas las parcelas demandantes que pertenecen a este sector de gravedad.

Como se ha mencionado anteriormente no se tendrán en cuenta para la realización de la auditoría energética dado que su consumo energético no supone un incremento sustancial en las facturas de la CR.

ID. Bombeo 2 :		Rebombeo Embalses. Embalse Goteo		
DATOS GENERALES DEL BOMBEO				
Nº de grupos en paralelo:	1	Cota final impulsión (m):	106,65	
Son los grupos iguales:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Cota+ lámina aspiración (m):	98,61	
*Tipo de agrupación:	1	Cota- lámina aspiración (m):	98,00	
Diámetro tubería impulsión:	300	Caudal medio bombeado (m³/h):	402,3	
Material tubería impulsión:	Acero	Volumen anual bombeado (m³):	541.944	
Diámetro tubería aspiración:	300	Horas funcionamiento diarias:	-	
Material tubería aspiración	Acero	Horas funcionamiento año:	1347	
Cota del bombeo (m):	99,91	NPSH _d /NPSH _r :		
DATOS ESPECÍFICOS DE CADA GRUPO				
G R U P O 1	Marca motor:	ISI	Arrancadores electrónicos:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Modelo motor:	225F	Accionamiento con variador:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Frecuencia (Hz):	50	Marca bomba:	HMT
	Voltaje (V):	400	Modelo bomba:	Sumergible
	Velocidad giro (rpm):	1476	Presión nominal (m³/h):	14
	Potencia del motor (kW):	37	Caudal nominal (l/s):	400
	cos φ :	0,8/9	Años de funcionamiento	-
<p>**Comentarios sobre el funcionamiento:</p> <p>Funciona normalmente en horas valle y llano. Se conecta de forma manual una vez se ha conectado el bombeo del saladar, ya que impulsa el agua de este bombeo desde el canal 4º poniente al embalse de goteo</p>				

* En el caso de que los grupos no sean iguales consignar el número de subgrupos iguales (ej. 3+2)

** Especifíquese el procedimiento de puesta en marcha y parada de los grupos

Se adjuntan las curvas características: Si No

ID. Bombeo 3 :		Rebombeo Embalses. Embalse Alto	
DATOS GENERALES DEL BOMBEO			
Nº de grupos en paralelo:	1	Cota final impulsión (m):	111,97

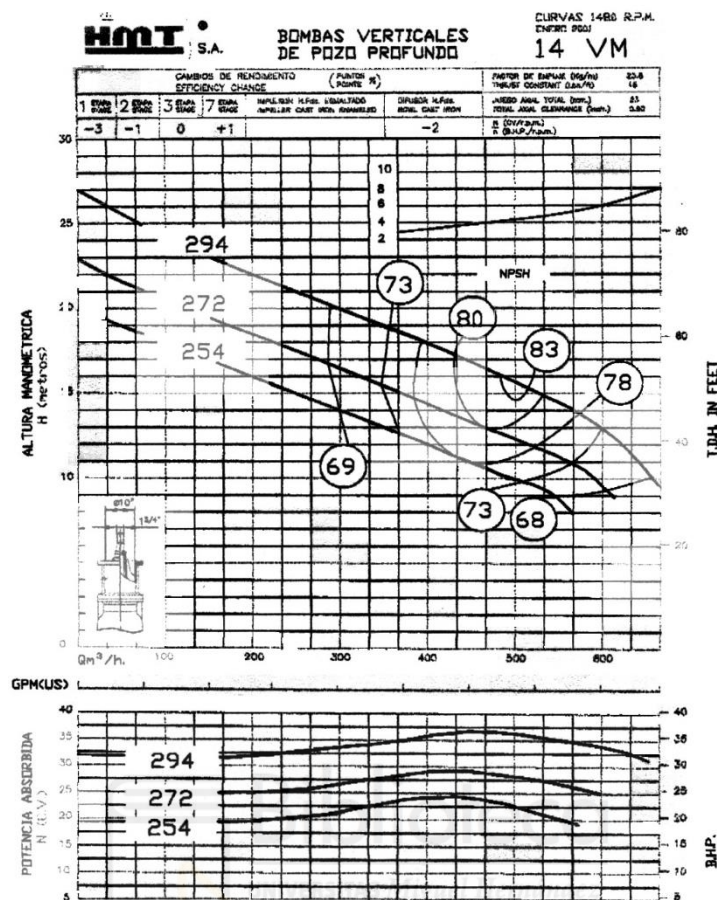
Son los grupos iguales:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Cota+ lámina aspiración (m):	98,61
*Tipo de agrupación:	1	Cota- lámina aspiración (m):	98,00
Diámetro tubería impulsión:	315	Caudal medio bombeado (m ³ /h):	236,2
Material tubería impulsión:	PVC	Volumen anual bombeado (m ³):	812.916
Diámetro tubería aspiración:	300	Horas funcionamiento diarias:	-
Material tubería aspiración:	Acero	Horas funcionamiento año:	3442
Cota del bombeo (m):	99,91	NPSH _i /NPSH _r :	

DATOS ESPECÍFICOS DE CADA GRUPO

G R U P O 1	Marca motor:	ISI	Arrancadores electrónicos:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Modelo motor:	225F	Accionamiento con variador:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Frecuencia (Hz):	50	Marca bomba:	HMT
	Voltaje (V):	400	Modelo bomba:	Vertical Pozo Profundo14 VM/1
	Velocidad giro (rpm):	1476	Presión nominal (m ³ /h):	14
	Potencia del motor (kW):	37	Caudal nominal (l/s):	400
	cos φ :	0,8/9	Años de funcionamiento	-

**Comentarios sobre el funcionamiento:

Funciona normalmente en horas valle y llano. Se conecta de forma manual una vez se ha conectado el bombeo del saladar, ya que impulsa el agua de este bombeo desde el canal 4º poniente al embalse alto.



3.5. DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO Y REGULACIÓN

La entidad capta agua del Trasvase Tajo-Segura, la cual, está conectado al Sistema Integral de Control de Aprovechamientos (SICA) de la CHS, su denominación es "Toma nueva de Albatera". Al mismo tiempo dispone de otra toma también conectada al SICA y con agua procedente del Trasvase Tajo-Segura (Toma Antigua), esta última toma raramente se encuentra en uso salvo condiciones excepcionales.

La superficie regable de la CR de Albatera dispone de dos principales zonas de riego, estas son:

- La zona de bombeo, (zona en la que impulsa mediante bombas hidráulicas). Cuenta con una superficie regable de 1274,56 ha.
- La zona de gravedad, (zona en la que el agua se desplaza por acción gravitatoria) Cuenta con una superficie de riego 1650,83 ha.

La toma de agua del canal de Crevillente del Postravase Tajo-Segura, se deriva a dos balsas llamadas Embalse nº2 y Embalse nº3 situadas a una menor cota que la toma desde donde se distribuyen a las dos zonas de riego.

En el 2021, se realizó una instalación de autoconsumo fotovoltaico sin excedente de 313,95 kWp, flotante, en el interior del embalse nº3, con una producción de 474.000 kWh/año, suponiendo un **ahorro energético del 40% en el consumo eléctrico anual**.

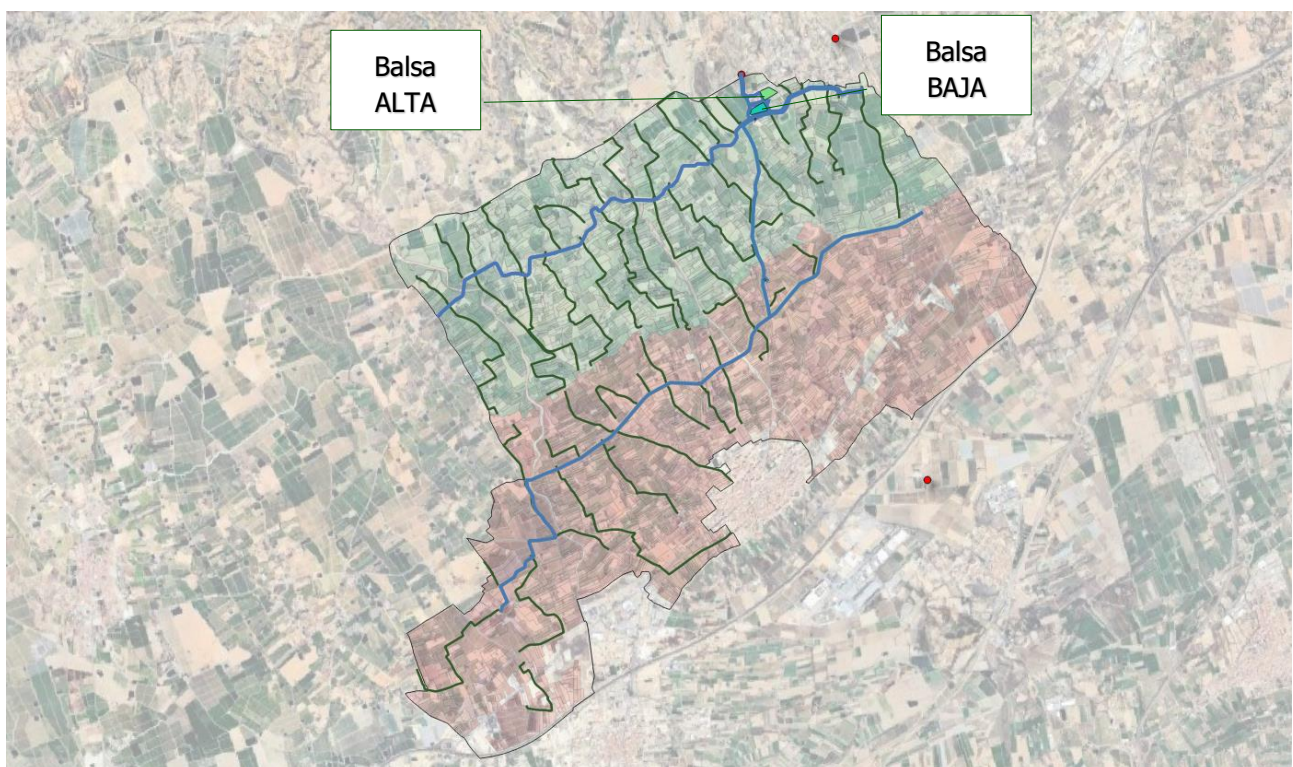
Desde las balsas de almacenamiento que están en la toma del trasvase nacen varios ramales que dan servicio a toda la superficie de la Comunidad de Regantes. Uno de ellos, que transcurre de forma transversal a la

Comunidad de Regantes y paralelo al canal de la Comunidad de Riegos de Levante Margen Izquierda, el denominado 4º Canal de Poniente.



Instalación fotovoltaica flotante en el embalse N°3

ID. BALSA	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	Sector abastecido	COTA CORONACIÓN (msnm)	ALTURA (m)	VOLUMEN MÁXIMO (m ³)
1.Embalse nº2	Materiales sueltos + geomembrana	1	109,49	6	115.000
2.Embalse nº3	Materiales sueltos + geomembrana	2	105,82	6	88.000



Vista de la ubicación de las Balsas en la zona regable.



Vista general de una de las Balsas de la CR de Albaterra.



Vista general de otra de las Balsas de La CR de Albaterra.

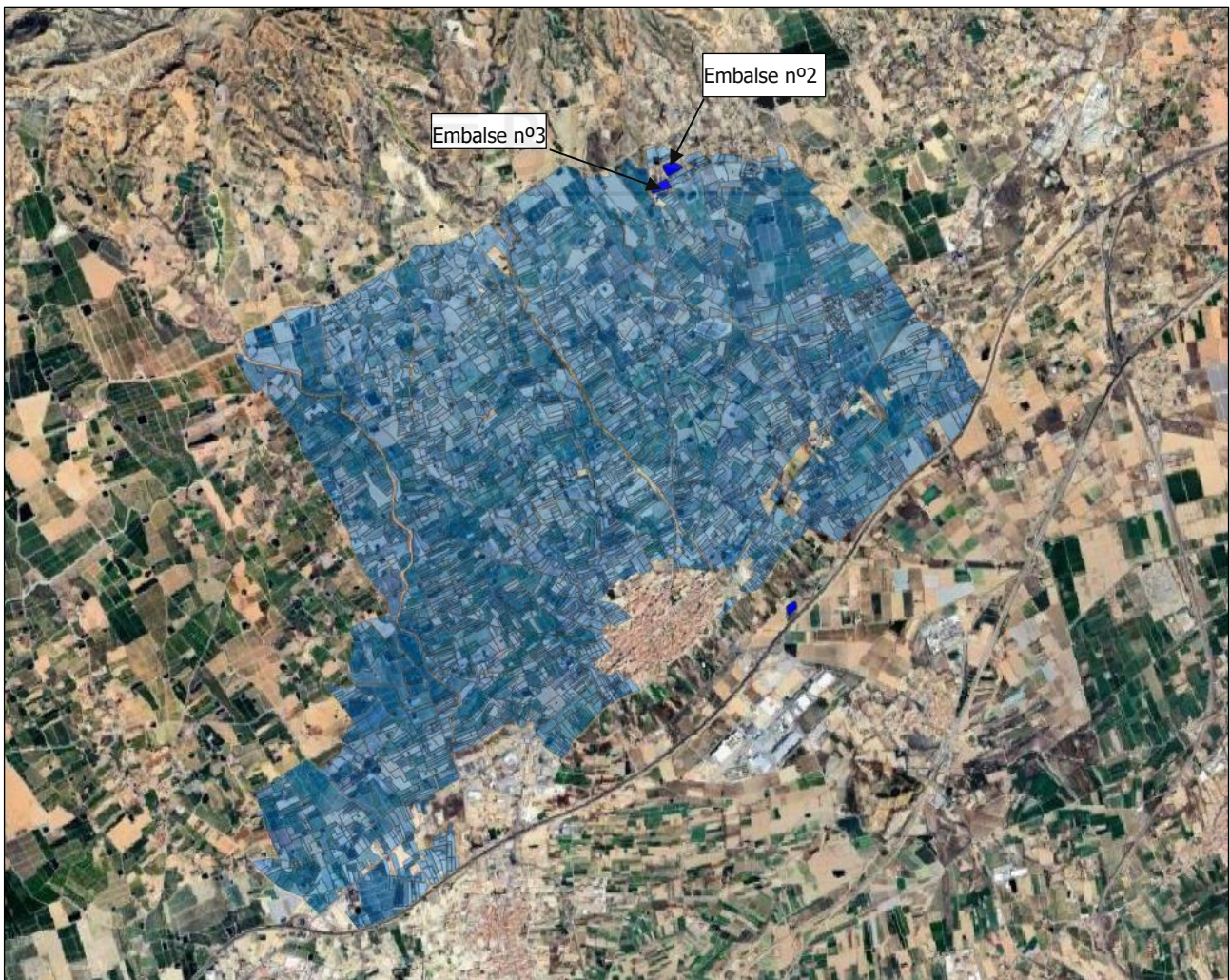
3.6. ESTACIONES DE FILTRADO DE CABECERA DE SECTOR.

A pocos metros de una de las balsas se encuentra situada una caseta de control desde donde se distribuyen los caudales destinados a cada usuario además también cuenta con estación de filtrado y de bombeo.

La estación de filtrado y bombeo n°1 hace su trabajo empleando el agua a presión difundida a través del 4to canal de Poniente.

En cambio, la zona de gravedad se filtra a través de la estación de filtrado n°2 que discurre por el 2do canal de Poniente.

ID. FILTRADO	COTA (msnm)	ENTRADA	SALIDA	TIPO ELEMENTO FILTRANTE	Nº DE FILTROS
FILTRADO N°1	95	4to canal de Poniente	Zona Impulsión y Gravedad	Malla	12
FILTRADO N°2	11	Embalse n°2	Zona impulsión de	Malla	11



Ubicación de las balsas



Estación de bombeo y filtrado N°1



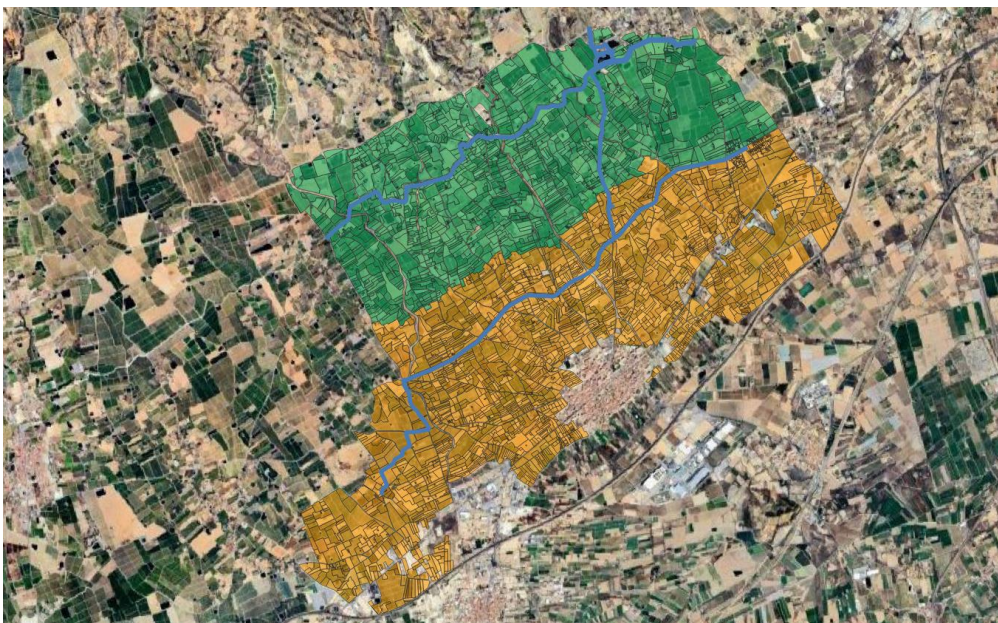
Estación de bombeo y filtrado N°2

3.7. RED PRIMARIA

La red primaria de la CR de Albaterra la constituyen varias conducciones que, partiendo de la toma inicial proveniente del postrasvase Tajo-Segura zona izquierda, conduce las aguas hasta cada una de las estaciones de filtrado en cabecera de cada uno de los sectores de riego. Al inicio de la conducción hay presente un contador general.

A escasos metros del inicio del tramo de red primaria, se encuentra ubicada la estación de bombeo de dicho sector, el cual es el objeto principal de la presente auditoría energética. Además de esta estación podemos ubicar diferentes bombas a lo largo incluso del sector de gravedad pero no son objeto de estudio dado que el consumo es prácticamente insignificante.

A continuación, se muestra un detalle espacial de la conducción primaria:

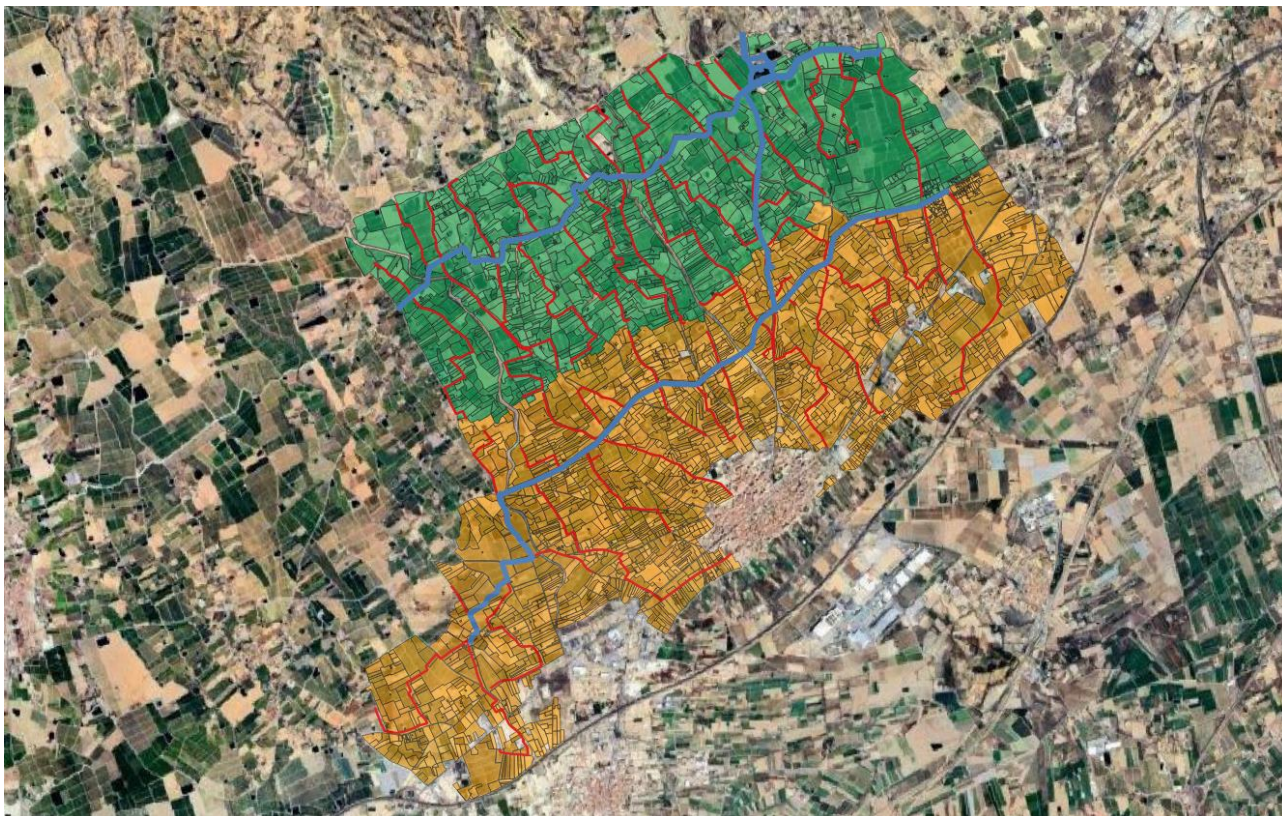


Vista general de la conducción primaria.

*La red de conducciones primaria se corresponde con la red de tuberías señalada en azul.

3.8. RED SECUNDARIA

A partir de la conducción primaria, parte la red de conducciones secundarias, estas conducciones están destinadas a suministrar el agua a los distintos hidrantes de los que dispone la CR, desde estos hidrantes posteriormente se distribuirá el agua a cada comunero.



Vista general de la conducción secundaria.

*La conducción secundaria se corresponde únicamente con la red de tubería identificada en rojo

3.9. HIDRANTES COLECTIVOS (RENOVACIÓN DE CONTADORES)

La red de distribución da servicio a hidrantes de tipo monousuario que proporcionan agua a cada una de las parcelas abastecidas. El **riego** en su mayoría es de tipo **localizado**.

Algunos años atrás se ha puesto en marcha un plan con el objetivo de **renovar los contadores** instalados en cada uno de los hidrantes, esta inversión se justifica debido a que los equipos están ya obsoletos debido a su uso y falta de mantenimiento, lo que dificulta la gestión eficiente del agua en parcela, perdiendo precisión en el contaje dada su antigüedad.

La distribución principal de hidrantes colectivos, así como de las distintas tomas individuales presentes en cada uno, para cada sector es:

SECTOR HIDRÁULICO	TIPOLOGÍA DE HIDRANTE	NÚMERO CONTADORES INDIVIDUALES
----------------------	--------------------------	--------------------------------------

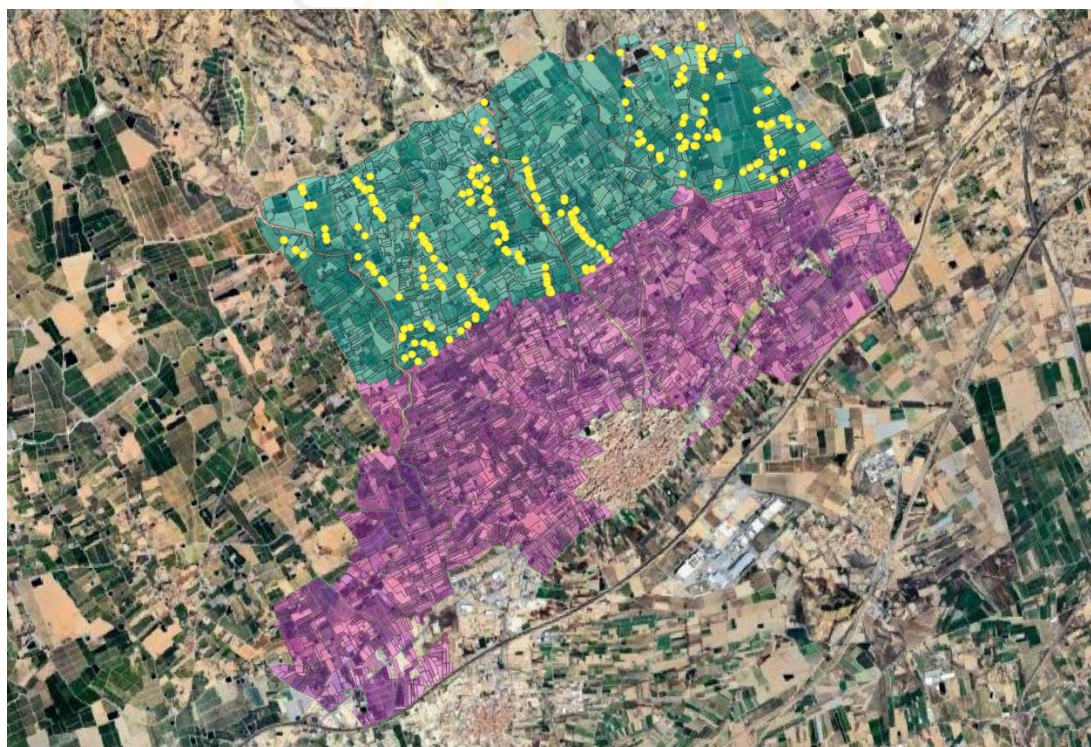
SECTOR IMPULSIÓN	MONOUSUARIO	992
SECTOR GRAVEDAD	MONOUSUARIO	1304

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los contadores que se van a instalar

DIÁMETRO (mm)	TIPO CONTADOR	NÚMERO UNIDADES
40	Woltmann RWN de Ruedagua o similar	153
50	Hidrometro Serie 900 BERMAD o similar	60
80	Woltmann RWN de Ruedagua o similar	51
TOTAL		264

La renovación de los contadores en su totalidad se va a realizar a lo largo del sector de impulsión dado que en este se encuentran los contadores más deteriorados.

En la siguiente imagen se puede observar la ubicación exacta de los contadores.



Vista zona regable y ubicación de hidrantes a renovar.

Destacar que ambos contadores, Woltmann RWN e Hidrómetro serie 900 Bermad no requieren disponer distancia alguna libre agua arriba ni aguas abajo, esto evitará tener que adecuar los hidrantes, los cuales, no cumplirían las distancias para un correcto contaje.



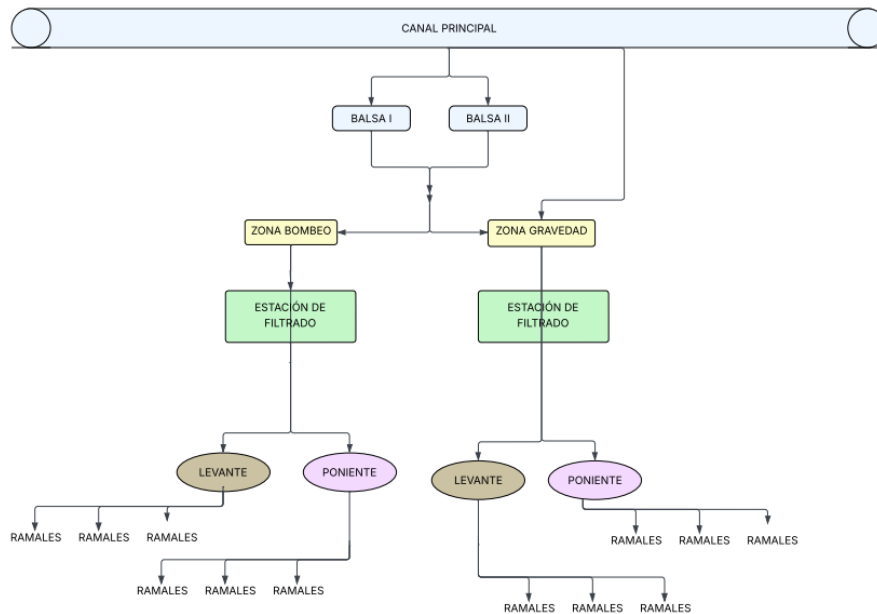
Contador situado en uno de los hidrantes

3.10. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA INSTALACIÓN

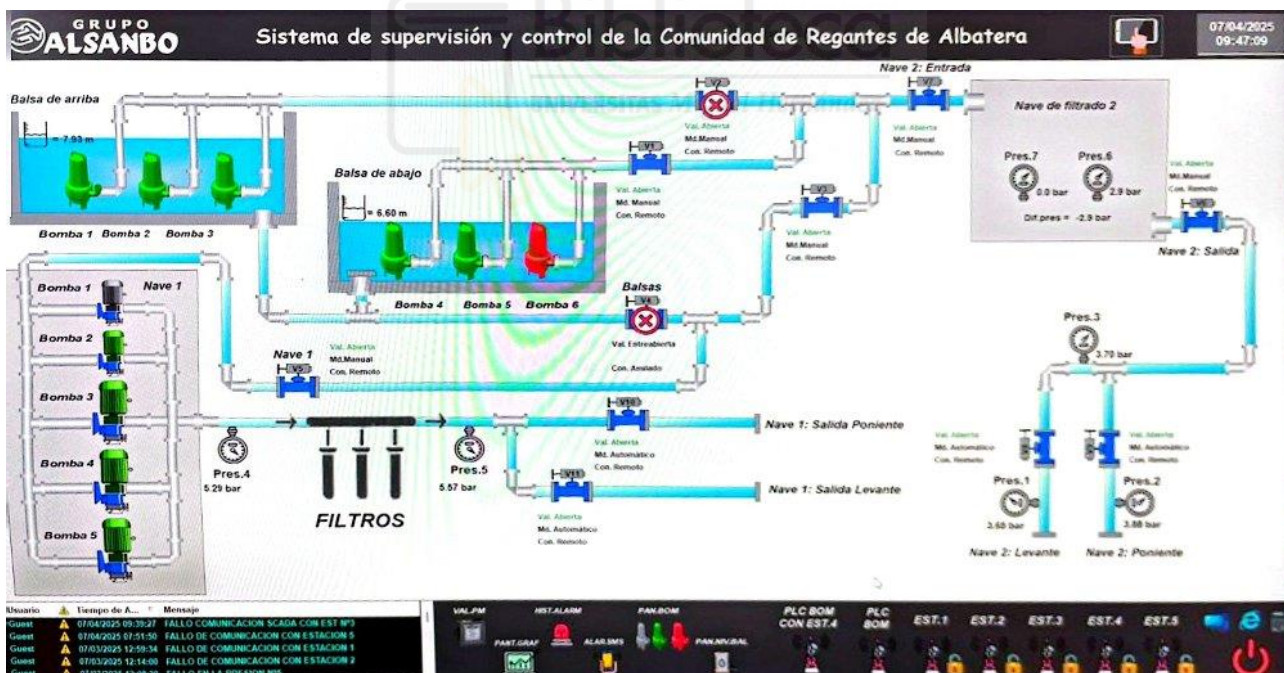
En cuanto al funcionamiento general de la infraestructura de la CR de Albaterra, el agua proviene de una toma del Traspase Tajo-Segura, en concreto se dirige desde el postraspase zona izquierda, una vez dentro de las conducciones de la comunidad de regantes se transporta hasta una primera nave de bombeo, desde esta se realiza un filtrado previo y posteriormente se distribuye el agua a dos sectores. Dada la ubicación de la zona regable con respecto al origen de las aguas de las que se sirve la CR de Albaterra, se hace posible que el abastecimiento al sector II sea directamente por gravedad desde la presa y a través de la conducción principal. En cambio, esto no es posible para la zona regable del sector I, siendo necesario un bombeo previo para garantizar la presión suficiente la red de riego.

Por otro lado, la CR de Albaterra cuenta con dos principales balsas de almacenamiento de cabecera de sector, a partir de las cuales se distribuye el agua a cada sector correspondiente.

A continuación, se realiza un esquema en el que se explica de forma resumida el funcionamiento de la CR de Albaterra.



Esquema funcionamiento de la CR Albatera.



Telecontrol de la CRR

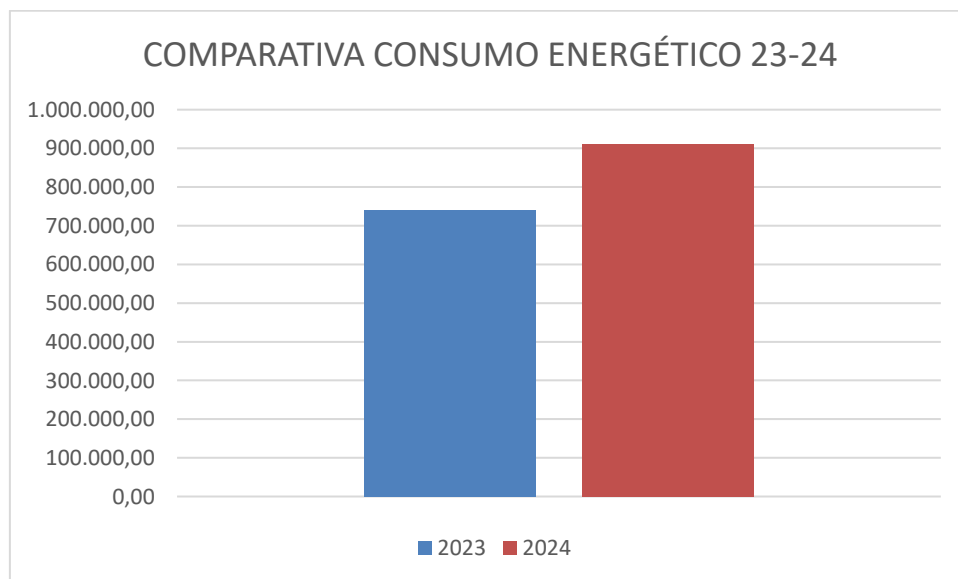
La organización del riego es la demanda y todos hidrantes y tomas individuales cuentan con un sistema de control y lectura de contadores de los volúmenes consumidos.

3.11. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Las características fundamentales del **contrato de electricidad** que abastecen al bombeo objeto de la presente auditoría energética se muestran continuación:

IDENTIFICACIÓN	CL MOCO (RAMBLA LOS LUCAS) 0 03340 (ALBATERA)
REFERENCIA DEL CONTRATO	861
CUPS	ES0137102446003294QQ0F
TARIFA	6.1TD
TIPO DISCRIMINACIÓN HORARIA	3
COMERCIALIZADORA	ELÉCTRICA ALBATERENSE
POTENCIA CONTRATADA (kW)	P1: 180,000 P2: 180,000 P3: 180,000 P4: 180,000 P5: 180,000 P6: 451,000
VOLUMEN BOMBEADO 2023 (m³/año)	-
ENERGÍA FACTURADA EN 2023 (kWh/año)	761.384,97
TOTAL FACTURA ELECTRICIDAD 2023 (€/año)	92.215,59 €
VOLUMEN BOMBEADO 2024 (m³/año)	-
ENERGÍA FACTURADA EN 2024 (kWh/año)	932.649,10
TOTAL FACTURA ELECTRICIDAD 2024 (€/año)	98.673,09 €

Se puede observar como de 2023 a 2024 se ha producido un aumento del consumo energético en concreto se ha aumentado el consumo en 171.264,13 kWh, esto trae consigo un incremento en el balance de facturas energéticas final.



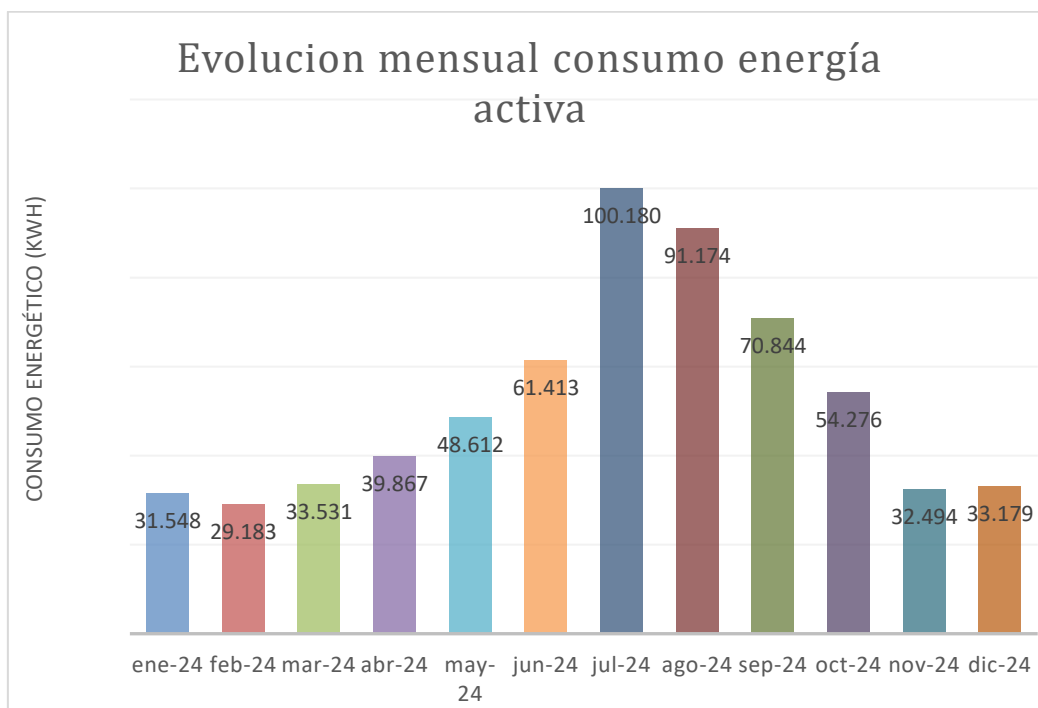
3.12. DATOS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA 2024

Para el análisis de la facturación energética se han considerado los conceptos facturados para el año 2024. Se procede a continuación al resumen y análisis de las facturas de la CR correspondiente.

3.12.1. Consumo energía activa

CONSUMO Y COSTE ENERGÉTICO CONTRATO SUMINISTRO Nº 861 BOMBEO AÑO 2024				
PERIODO	POTENCIA CONTRATADA (kW/día)	MES	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (€)
P1	83	ENERO	31.548,00	6.049,32
		FEBRERO	29.183,00	4.390,68
P2	113	MARZO	33.531,00	3.896,20
		ABRIL	39.867,00	3.006,81
P3	270	MAYO	48.612,00	4.669,96
		JUNIO	61.413,00	7.956,23
P4	270	JULIO	100.180,00	17.950,73
		AGOSTO	91.174,00	16.355,31
P5	270	SEPTIEMBRE	70.844,00	10.766,47
		OCTUBRE	54.276,00	8.206,03
P6	451	NOVIEMBRE	32.494,00	7.041,94
		DICIEMBRE	33.179,00	8.383,41
TOTALES			626.301,00	98.673,09

En la siguiente gráfica se muestra la evolución mensual del consumo de energía.



3.12.2. Potencia registrada por los máxímetros

PERIODO	Potencia registrada por los máxímetros (kW)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
EN	185	204	0	0	0	294
FEB	225	185	0	0	0	146
MAR	0	291	214	0	0	212
AB	0	0	0	301	258	226
MAY	0	0	0	320	278	316
JUN	0	0	335	314	0	416
JUL	411	433	0	0	0	399
AG	0	0	390	387	0	388
SEP	0	0	382	339	0	410
OCT	0	0	0	245	233	320
NOV	0	156	170	0	0	145
DIC	203	208	0	0	0	269
MÁXIMO	180	180	350	350	350	451

En la CR de Albaterra se realiza mensualmente un estudio con el objetivo de ajustar la potencia máxima contratada en cada periodo con el fin de reducir los costes energéticos mensuales. Se estudia la potencia

consumida en años anteriores y se ajusta mensualmente realizando la previsión. Esto reduce considerablemente la factura eléctrica ya que en muchos periodos del año no se consume ni por asomo la energía contratada para el periodo de máximo consumo. Como contra de este hecho podemos resaltar que se necesitan conocimientos y estimaciones que debe realizar un profesional con experiencia en el sector y que además esto, generalmente solo se permite cambiar la potencia de los maxímetros hasta 2 veces al año, excluyendo a la CR de Albaterra ya que al trabajar con una distribuidora local y debido a su estacionalidad de demanda, se le permite cambiar la potencia más veces que el límite legal permitido.

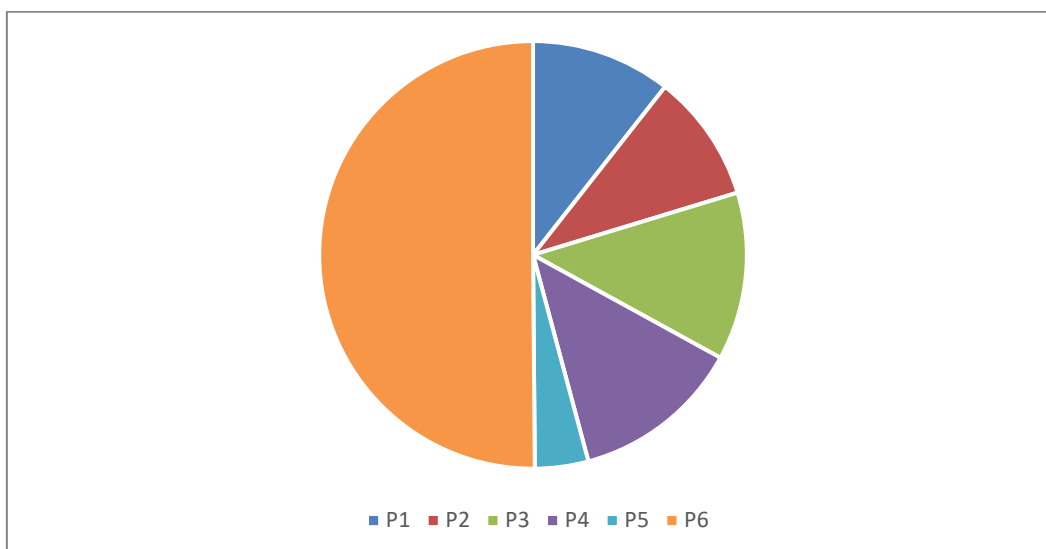
3.12.3. Potencia facturada

Potencia facturada por periodo (kW)						
PERIODO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
EN	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	451,0
FEB	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	451,0
MAR	10,0	180,0	180,0	180,0	180,0	451,0
AB	10,0	10,0	300,0	300,0	300,0	451,0
MAY	10,0	10,0	300,0	300,0	300,0	451,0
JUN	10,0	10,0	300,0	300,0	300,0	451,0
JUL	350,0	350,0	350,0	350,0	350,0	451,0
AG	10,0	10,0	350,0	350,0	350,0	451,0
SEP	10,0	10,0	350,0	350,0	350,0	451,0
OCT	10,0	10,0	350,0	350,0	350,0	451,0
NOV	10,0	200,0	200,0	200,0	200,0	451,0
DIC	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	451,0

3.12.4. Distribución de consumo de energía por periodo horario

En la gráfica siguiente se puede apreciar de forma clara y esquemática el consumo de energía asociado a cada periodo horario. A simple vista se puede observar que la mayoría de la energía se consume en P6 ya que es el periodo horario en el que el coste del consumo energético es menor, por lo que se abarata en general la operación de riego, este periodo está activo los sábados, domingos y festivos.

Por otra parte, destacar que, obviando que P6 se corresponde con diferencia al periodo con mayor consumo energético y además abarca también las horas de menos incidencia solar. Podemos relacionar el menor consumo de suministro eléctrico durante el día con la producción de energía a través de la planta fotovoltaica flotante. Esta planta se instaló hace escasos años y ha contribuido a reducir en torno a un 40% de la energía consumida a través de la red eléctrica.



3.12.5. Precio de la energía

PERIODO	Precio energía sin impuestos (c€/kWh)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
EN	0,152713	0,132012	-	-	-	0,08961
FEB	0,133014	0,086229	0,111833	0,066170	0,076881	0,043078
MAR	0,066706	0,040145	0,030953	0,025275	0,004720	0,002645
AB	-	-	-	0,050789	0,048993	0,040951
MAY	-	-	-	0,064143	0,062440	0,066097
JUN	-	-	0,105016	0,102757	-	0,086040
JUL	0,066706	0,040145	0,030953	0,025275	0,004720	0,002645
AG	-	-	0,145405	0,138649	-	0,128290
SEP	-	-	-	0,130095	0,114973	0,102990
OCT	-	-	-	0,135840	0,112221	0,095238
NOV	-	0,186125	0,173060	-	-	0,137546
DIC	0,197878	0,187101	-	-	-	0,145213
TOTAL	0.617017	0.67175	0,59722	0,738823	0.424948	0.940343

3.12.6. Estructura de costes energéticos

La estructura de costes anuales de la factura de electricidad se resume en la tabla siguiente

MES	Término energía (€)	Término potencia (€)	Importe por exceso de potencia	Otros/Descuentos (€)	Energía reactiva (€)	IEE (€)	Alquiler contador	IVA (€)	TOTAL (€)
ENERO	3.905,39	973,30 €	104,40 €	-0,19	-	3,74	12,20	1.049,85	6.048,69
FEBRERO	2.549,58	910,51 €	196,89 €	-0,18	-	14,59	11,41	761,99	4.444,79
MARZO	1.940,73	621,76 €	628,38 €	-0,19	-	16,77	12,20	676,17	3.895,82
ABRIL	1.811,47	616,38 €	1,36 €	-0,19	23,86	19,93	11,80	521,81	3.006,42
MAYO	3.157,28	636,92 €	28,60 €	-0,19	-	24,31	12,20	810,46	4.669,58
JUNIO	5.763,11	616,38 €	122,39 €	-0,19	11,62	49,95	11,80	1.380,80	7.955,86
JULIO	12.030,78	1.857,59 €	693,60 €	-0,19	128,18	112,81	12,20	3.115,38	17.950,35
AGOSTO	12.339,36	731,38 €	206,98 €	-0,19	123,94	102,78	12,20	2.838,49	16.354,94
SEPTIEMBRE	8.020,26	707,80 €	65,44 €	-0,19	24,81	67,63	11,80	1.868,53	10.766,08
OCTUBRE	5.990,59	731,38 €	-	-0,19		51,52	12,20	1.424,15	8.209,65
NOVIEMBRE	5.101,26	662,36 €	-	-0,19		44,20	11,80	1.222,12	7.041,55
DICIEMBRE	5.757,69	1.077,34 €	28,41 €	-0,19		52,64	12,20	1.454,94	8.383,03
TOTAL	68.367,50	10.143,10	2076,45	-2,27	312,41	560,87	144,01	17.124,69	98.726,76
PORCENTAJE	69,2%	10,274%	2,1%	-0,0023%	0,3%	0,6%	0,1%	17,3%	

3.13. RECURSOS MATERIALES EMPLEADOS

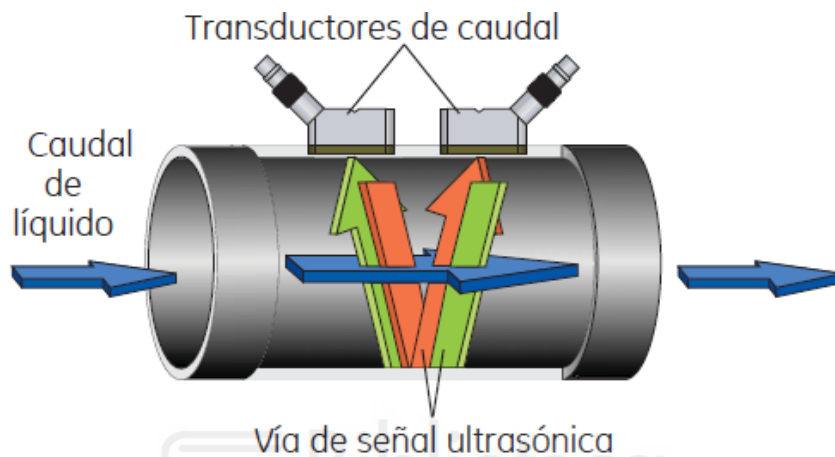
3.13.1. Analizadores de redes eléctricas

CARACTERÍSTICAS ANALIZADOR DE REDES				
Marca	CIRCUTOR	Parámetros medidos		
Modelo y nº serie	AR5-L 362914035	Tensión	Si X	No <input type="checkbox"/>
Tensión alimentación (V)	230	Intensidad	Si X	No <input type="checkbox"/>
Tensión máxima medida (V)	500	Potencia activa	Si X	No <input type="checkbox"/>
Intensidad máxima medida (A)	2.000	Potencia reactiva	Si X	No <input type="checkbox"/>
Memoria almacenamiento (Mb)	1	cos φ	Si X	No <input type="checkbox"/>
Precisión medida de Tensión (%)	± 0,5	Frecuencia	Si X	No <input type="checkbox"/>
Precisión medida de Intensidad (%)	± 0,5	Energía activa	Si X	No <input type="checkbox"/>
Precisión medida de Potencia (%)	± 1	Energía reactiva	Si X	No <input type="checkbox"/>

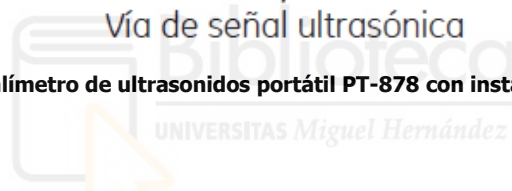
3.13.2. Caudalímetro

CARACTERÍSTICAS CAUDALÍMETRO			
Tipo	Ultrasónico	Caudal máximo	-

Marca	Panametrics	Caudal nominal	-
Modelo	PT-878	Caudal de transición	-
*Diámetro nominal	12,7mm - 7,6m	Caudal mínimo	-
Señal de salida (V o mA)	mA	Error de medida (%)	± 1 a 2
Rango señal de salida	4-20		



Croquis instalación caudalímetro de ultrasonidos portátil PT-878 con instalación a doble transversa.3-



3.14. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La metodología seguida y los recursos materiales empleados para la toma de datos son los pautados por en el **Protocolo de Auditoría Energética para Comunidades de Regantes** publicado en 2008 por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), dependiente del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

La metodología de cálculo propuesta en el protocolo de auditorías energéticas ha sufrido diversas modificaciones con objetivo de obtener un indicador más robusto con mayor representatividad del aprovechamiento energético en las instalaciones estudiadas. Estas modificaciones se han realizado en colaboración con el departamento de ingeniería de la Universidad Miguel Hernández. A continuación, se resume la nueva metodología.

La eficiencia energética de una comunidad de regantes, denominada Eficiencia Energética General (EEG), representa la relación entre la energía requerida por los sistemas de riego suministrados (E_r) y la energía consumida (E_c). Esta eficiencia general se puede desglosar a su vez en dos componentes que dependen ambas de la energía suministrada (E_s). Estas dos componentes son la Eficiencia de Suministro Energético (ESE) y la Eficiencia Energética de los Bombeos (EEB). Por tanto, EEG se puede expresar según la siguiente ecuación:

$$EEG = \frac{E_r}{E_c} = \frac{E_r}{E_s} \cdot \frac{E_s}{E_c} = ESE \cdot EEB$$

La EEG puede teóricamente adoptar valores entre 0 y 1, por lo que se puede expresar en tanto por ciento.

La eficiencia de suministro energético depende del aprovechamiento de la energía inicial del agua para suministrar la energía demandada por el sistema de riego con respecto a la energía realmente aportada por los bombes. Está, por tanto, ligada al diseño y manejo de la red de distribución.

3.14.1. Eficiencia de Suministro Energético

La ESE representa la relación entre la energía requerida (E_r) por el sistema de riego abastecido (cota topográfica y presión en hidrantes) y la energía suministrada (E_s) por los bombes (incluye además de la energía requerida, la pérdida de carga, la cota de las balsas y estaciones de bombeo y filtrado). Mide lo bien que está aprovechada la energía de cada punto de suministro, es decir lo bien que está diseñado y manejado el sistema de distribución de riego desde el punto de vista energético.

Para la totalidad de la Comunidad de Regantes o un sector hidráulico independiente, la Eficiencia de Suministro Energético se calcula para cada punto de suministro, y se pondera según la superficie desde ese punto de suministro sobre la superficie total para obtener la Eficiencia de Suministro General. La ecuación sería la siguiente:

$$ESE_G = \frac{\sum_i \sum_s ESE_{is} V_{is}}{V_T}$$

Siendo:

- ESEG, Eficiencia de Suministro Energético General del sector hidráulico independiente o de la totalidad de la Comunidad de Regantes
- ESE_{is}, Eficiencia de Suministro Energético individual del punto de suministro "i" que abastece al sector "s".
- Vis, Volumen de agua en m³ que entra al sistema desde cada punto de suministro "i" y abastece al sector "s".
- VT, Volumen de agua en m³ total que entra al sistema.

En concreto, la Eficiencia de Suministro Energético para cada punto de entrada "i" que abastece a un sector "s" se define como la relación entre el balance de energía (entendida en adelante como altura de posición en metros) del agua y la energía suministrada por los equipos de bombeo. La expresión de cálculo es la siguiente:

$$ESE_{is} = \frac{\Delta H_{is}}{ICE_{ik}} = \frac{\left(\frac{\sum S_j (HD_j - HI_i)}{S_T} \right)_{is}}{ICE_{ik}} = \frac{\left(\frac{\sum S_j ((z_j + H_{d_j}) - (z_i + H_i))}{S_T} \right)_{is}}{\sum \frac{V_{ik} H_{ik}}{V_{...}}}$$

Los elementos de la expresión anterior son:

- ΔH_i , definido como el balance entre la energía inicial del agua en el punto de suministro (H_{Ii}) y la energía demandada por el sistema de riego (HD_j)
- H_{Ii} , representa la energía de posición expresada en metros, que tiene el agua en el punto en que es captada, y depende por tanto de la cota a la que se encuentre dicho punto (z_i), y de la presión a la que esté el agua (P_i/γ), aunque en la mayoría de los casos esa presión será nula.

$$H_{Ii} = (z_i + \frac{P_i}{\gamma})$$

HD_j , es la energía, expresada en metros, demandada por el sistema de riego para cada intervalo de cota "j" existente en la superficie regable abastecida desde el punto de suministro que se esté considerando.

La energía demandada estará en función de la cota de la zona regable, de la presión necesaria para el sistema de riego establecido y del tipo de punto de suministro, según sea captación de aguas subterráneas o no.

Se calculará una HDj individualizada para cada intervalo de 5 metros de cota (diferencia de cota entre 2 curvas de nivel consecutivas) de la superficie regable. Se tendrán, por tanto, tantas HDj como intervalos de cota de 5 metros que se presenten en la zona regable abastecida desde el punto de suministro considerado. La fórmula de cálculo de cada una es la siguiente:

$$HD_j = \left(z_j + \frac{P_{dj}}{\gamma} \right) \quad \text{o}$$

$$HD_j = H_{\text{pozo}}$$

Donde:

Zj, es la cota en m correspondiente al intervalo de superficie por cota j considerado.

Pdj/Y, es la presión de diseño demandada por el sistema de riego que se encuentra en el intervalo de superficie j considerado. Según el sistema de riego abastecido, de forma genérica y salvo necesidades específicas consideradas en cada caso concreto, la presión necesaria en cabeza de parcela será la siguiente:

- Riego por goteo: 30 m
- Riego por aspersión: 45 m

En el caso de que el punto de captación sea un pozo, la energía demandada se obtendrá según la expresión anterior siempre que su resultado sea superior a la cota en metros del brocal de salida del pozo (Hpozo). En caso contrario se utilizará siempre como HDj la cota del brocal de salida del pozo (Hpozo) para cada intervalo de superficie por cota.

La energía demandada en cada intervalo de superficie a la cota j se debe ponderar por la superficie en m² de ese intervalo (Sj) sobre la superficie total de la zona regable abastecida (ST).

Po último, el balance de energía inicial del agua en el punto de suministro i y la energía demandada por el sistema de riego ponderada por la superficie de cada intervalo de cota se compara frente a la energía suministrada por los bombeos asociados al punto de suministro i (ICEi)

Además, cuando la energía inicial del agua de un punto de suministro "i" (HIi) para un intervalo de superficie de cota homogénea "j" sea superior a la energía demandada de dicho intervalo (HDj), se adoptará el valor nulo para el balance energético del intervalo.

ICEi, es el Índice de Carga Energética de los bombeos, representa la altura manométrica media suministrada por los bombeos asociados a ese punto de suministro considerado. Si el punto de suministro "i", sólo tiene un bombeo asociado, bien, para distribuir a la zona regable o para elevar a un embalse de abastecimiento, ICEi corresponderá a la altura manométrica media suministrada por ese bombeo. Sin embargo, si existen varios bombeos asociados al punto de suministro, se ponderará la altura suministrada por cada uno de ellos (Hmki) por el volumen bombeado de cada uno (Vki) frente al volumen total que entra al sistema por el punto de suministro i (VTi) según la expresión:

$$ICE_{ik} = \sum_k \frac{V_{ik} H_{ik}}{V_T}$$

En el caso concreto de Comunidades de Regantes que cuenten con desaladoras o desalobradoras, el punto de captación se sitúa en los pozos o drenes de captación de agua bruta desde donde se envía al pre-tratamiento y desalación en la planta. Este proceso de captación no está relacionado con la definición de eficiencia de suministro energético de una red de distribución ya que es un proceso de producción de agua. Para el análisis de la ESE en CCRR que dispongan de agua desalada se considera el punto de entrada de agua al sistema la balsa de almacenamiento del agua producto que normalmente se encuentra a la salida de la planta desaladora. El tratamiento de la Eficiencia de Suministro en la captación, transporte y funcionamiento de la planta desaladora se realizará de forma independiente. No obstante, en el cálculo del resto de indicadores de eficiencia si se considera la energía consumida y los rendimientos de los equipos asociados a la producción de agua desalada.

3.14.2. Eficiencia Energética de los Bombeos

Representa la relación entre la energía hidráulica suministrada (E_s) y la energía consumida (E_c). Esta energía consumida es, en la mayoría de los casos, en forma de energía eléctrica. Mide lo bien que funcionan los equipos de bombeo.

La EEB de una red en la que existen varios bombeos se obtiene a partir de la EEB_k individual de cada bombeo ponderando en función de los kWh consumidos por cada uno de ellos.

La **eficiencia energética** engloba el rendimiento del conjunto (motor, bomba, cable, etc.), y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$EEB_{act} = \frac{N_{sact}}{N_{aact}} = \frac{g \times Q_{act} \times H_{mact}}{N_{aact}} \times 100$$

- **EEB_{act}** eficiencia energética actual del bombeo (%)
- **N_{sact}** potencia hidráulica actual suministrada por el bombeo (kW)
- **N_{aact}** potencia eléctrica actual absorbida por toda la instalación en el cuadro eléctrico en el lado de baja tensión (kW), registrada mediante analizador de redes eléctricas
- **Q_{act}** caudal actual impulsado (m^3/s), registrado mediante caudalímetro
- **g** aceleración de la gravedad, $9,81 (m/s^2)$
- **H_{mact}** altura manométrica actual (mca)

La altura manométrica se calcula mediante:

$$H_{mact} = H_g + \frac{P_s}{\gamma} + h_i$$

- **H_g** altura geométrica de la impulsión (m), correspondiente a la distancia desde la lámina de agua del nivel dinámico hasta la boca del sondeo, medida mediante un piezómetro.
- **P_s/γ** presión en el brocal del sondeo (mca), registrada mediante sonda de presión.
- **h_i** pérdida de carga de la tubería de impulsión (mca), estimada mediante la ecuación de Darcy-Weisbach, considerando una rugosidad absoluta de la tubería de 0,1 mm.

3.15. INDICADORES DE USO DE LA ENERGÍA

3.15.1. Indicadores descriptivos

CARACTERÍSTICAS INDICADORES DESCRIPTIVOS

NOMBRE INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CALCULO
Superficie regable (ha)	Superficie total abastecida por la infraestructura del SHI o de la CRR.	
Superficie regada (ha)	Superficie actual regada en la campaña auditada en el SHI o la CRR.	
Volumen de agua que entra al sistema (m ³)	Cantidad total de agua que entra a al SHI o la CRR, medida en los contadores de entrada a la infraestructura del SHI o de la CRR.	
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m ³)	Cantidad medida en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor.	
Suministro de agua de riego por unidad de área regable (m ³ /ha)	Volumen total que entra al SHI o la CRR, dividido por la superficie abastecida por la infraestructura del SHI o de la CRR.	$\frac{\text{Vol agua suministrada a usuarios}}{\text{Área regable}}$
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m ³ /ha)	Volumen total que entra al SHI o la CRR, dividido por la superficie de riego actual del SHI o la CRR.	$\frac{\text{Vol agua suministrada a usuarios}}{\text{Área regada}}$
Potencia total contratada (kW)	Suma de la potencia contratada máxima (P3 o P6, según contrato) de cada uno de los contratos de los que disponga la CRR	
Potencia total absorbida (kW)	Suma de todas las potencias máximas de los equipos realmente alimentados. Datos medidos en la auditoría	
Energía anual consumida (kWh)	Suma de la energía activa total facturada en el SHI o en la CRR.	
Energía reactiva consumida (kVarh)	Suma de la energía reactiva total facturada en el SHI o en la CRR.	

3.15.2. Indicadores de rendimiento

CARACTERÍSTICAS INDICADORES DE RENDIMIENTO

NOMBRE INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CALCULO
Factor de potencia	Es el cociente entre la energía activa total y la raíz de la suma de los cuadrados de las energías activa y reactiva total de la CRR	$\frac{E_a}{\sqrt{(E_a^2 + E_r^2)}}$
Energía consumida por unidad de área regada (kWh/ha)	Es el cociente entre la energía activa consumida y la superficie de riego actual del SHI o la CRR.	$\frac{\text{Energía consumida}}{\text{Área regada}}$
Energía consumida por volumen de agua de riego que entra al sistema (kWh/m ³)	Es el cociente entre la energía activa consumida y el volumen total de agua que entra al SHI o la CRR.	$\frac{\text{Energía consumida}}{\text{Volumen agua que entra al sistema}}$

NOMBRE INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CALCULO
Energía consumida por volumen de agua suministrado a los usuarios (kWh/m ³)	Es el cociente entre la energía activa consumida y el volumen total de agua suministrado a los usuarios SHI o la CRR.	$\frac{\text{Energía consumida}}{\text{Volumen agua suministrado usuarios}}$
Coste energético por área regada (€/ha)	Representa la facturación total de energía dividido por la superficie de riego actual del SHI o la CRR.	
Coste energético por área regable (€/ha)	Representa la facturación total de energía dividido por la superficie total abastecida por la infraestructura del SHI o la CRR.	
Coste energético por m ³ que entra al sistema (€/m ³)	Representa la facturación total de energía dividido por el volumen total de agua que entra al SHI o la CRR.	
Coste energético por m ³ suministrado a los usuarios (€/m ³)	Representa la facturación total de energía dividido por el volumen total de agua suministrado a los usuarios.	
Gasto energético (%)	Representa el porcentaje de los gastos que se deben al gasto energético de la CRR.	$\frac{\text{Gasto energético}}{\text{Gastos totales}}$

3.15.3. Indicadores de eficiencia

CARACTERÍSTICAS DE LOS INDICADORES DE EFICIENCIA

NOMBRE INDICADOR	DESCRIPCIÓN	CALCULO
IDE: Índice de dependencia energética (%)	Representa el porcentaje de agua que es bombeada frente al total de agua que entra a la Comunidad de Regantes	$\frac{\text{Vol total bombeado}}{\text{Vol agua que entra al sistema}}$
ICE: Índice de carga energética (m)	Carga energética promedio que suministra la estación de bombeo	
EEB: Eficiencia energética de bombeos (%)	Definida en el apartado 6	
ESE: Eficiencia de suministro energético (%)	Definida en el apartado 7	
EEG: Eficiencia energética general de la CRR (%)	Representa la eficiencia energética general de la red de distribución de toda la Comunidad de Regantes.	$\text{EEG} = \text{EEB} \cdot \text{ESE}$

3.16. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

3.16.1. Calificación energética en función de la eficiencia de los bombeos

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
A	EFICIENCIA EXCELENTE	EEB > 65
B	EFICIENCIA BUENA	$60 \leq \text{EEB} \leq 65$
C	EFICIENCIA NORMAL	$50 \leq \text{EEB} \leq 60$
D	EFICIENCIA ACEPTABLE	$45 \leq \text{EEB} \leq 50$
E	EFICIENCIA NO ACEPTABLE	EEB < 45

3.16.2. Calificación energética en función de la eficiencia energética general

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
A	EFICIENCIA EXCELENTE	EEG > 50
B	EFICIENCIA BUENA	$40 \leq \text{EEG} \leq 50$
C	EFICIENCIA NORMAL	$30 \leq \text{EEG} < 40$
D	EFICIENCIA ACEPTABLE	$25 \leq \text{EEG} < 30$
E	EFICIENCIA NO ACEPTABLE	EEG < 25

3.16.3. Calificación energética en función del grupo de consumo energético

GRUPO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
1	NO CONSUMIDORA	EPH = 0
2	POCO CONSUMIDORA	$0 < \text{EPH} \leq 300$
3	MEDIA CONSUMIDORA	$300 < \text{EPH} \leq 600$
4	CONSUMIDORA	$600 < \text{EPH} \leq 1.000$
5	GRAN CONSUMIDORA	EPH > 1.000

ACLARACIONES

La calificación energética estará formada por una letra (en función de la eficiencia) y un número en función del grupo de consumo energético. Las Comunidades de Regantes del grupo 1 (NO CONSUMIDORAS), estarán calificadas con categoría A.

3.17. MEDIDAS CORRECTORAS Y VALORACIÓN

3.17.1. Mejoras en el consumo eléctrico

Se analizan soluciones orientadas a la reducción de la dependencia de la red eléctrica convencional. Para ello, se cuantifica el consumo actual frente al escenario previsto tras la implementación de sistemas de generación o almacenamiento, calculando el ahorro energético anual en kWh.

Se consignarán las mejoras en una tabla resumen.

3.17.2. Mejoras en los equipos

Se evalúa la sustitución o incorporación de maquinaria electromecánica basándose en el diagnóstico de rendimiento de la instalación. La metodología consiste en identificar equipos con rendimientos deficientes o capacidades insuficientes y proponer alternativas tecnológicas que optimicen el ratio de energía consumida por unidad de volumen bombeado.

Se consignarán las mejoras en una tabla resumen.

3.17.3. Mejoras en el diseño y manejo

Se estudian modificaciones en la configuración hidráulica y en las pautas de operación de la red. El análisis se centra en optimizar las presiones de consigna y la distribución de turnos de riego para maximizar el aprovechamiento de la energía disponible, reduciendo las pérdidas de carga innecesarias.

Se consignarán las mejoras en una tabla resumen.

3.17.4. Valoración sobre las mejoras propuestas

El Ahorro Económico Anual se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$AEA = DCE - ACM$$

Donde:

- AEA: Ahorro Económico Anual (€/año)
- DCE: Disminución de Costes Energéticos (€/año)
- ACM: Aumento de costes de mantenimiento (€/año)

El Periodo de Amortización se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$PA = I/AEA$$

En donde:

- PA: Periodo de Amortización (años)

- I: Coste de Inversión (€)
- AEA: Ahorro Económico Anual (€/año)

4. RESULTADOS

4.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS BOMBEOS

La toma de datos en campo se realizó el 21 de julio de 2025. En la siguiente tabla se muestran los valores promedios hidráulicos y eléctricos y el cálculo de la eficiencia energética de cada equipo.

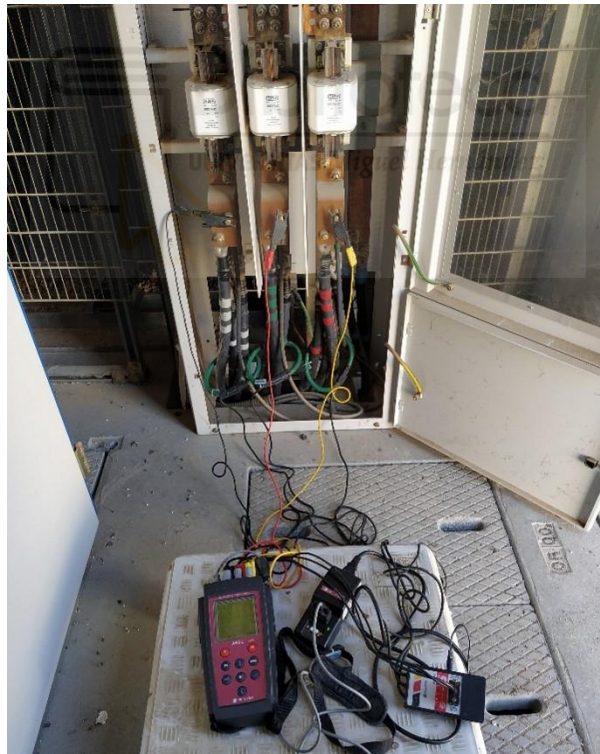
	Caudal (l/s)	Altura (mca)	Potencia hidráulica (kW)	Potencia absorbida (kW)	Eficiencia energética (%)	Energía unitaria (kWh/m ³)	Intensidad energética (Wh/m ³ mca)
Valor promedio	297,42	55,40	161,64	281,81	58,15	0,261	4,708
Desviación estándar	89,86	0,0	48,84	92,46	3,95	0,018	0,325
Coefficiente de variación	30,21%	0,0%	30,21%	32,8%	6,84%	6,9%	6,95%



Vista del caudalímetro ultrasónico listo para medir.



Detalle de medida del caudal en conducción de impulsión



Medida de parámetros eléctricos con analizador de redes en Cabezal S-I

4.1.1. Eficiencia energética ponderada de los equipos de bombeo

BOMBEO	EEB (%)	*Volumen anual (m ³ /año)	Volumen anual x EEB
Estación bombeo nº1 Principal	58,15	3.374.087	1.962.031

La **eficiencia energética** ponderada de los bombes de la entidad de riego es del **58,15%**.

4.2. EFICIENCIA DE SUMINISTRO ENERGÉTICO (ESE)

4.2.1. Energía inicial del agua en los puntos de captación (HI)

En primer lugar, se debe obtener la **Energía inicial de posición del agua** para el punto de captación (HI), que está en función de la cota del agua en dicho punto y de la presión a la que esté el agua en la captación.

Dado que la CR de Albaterra únicamente coge el agua del **trasvase Tajo-Segura**, y que la altura a la que se encuentra el punto de captación del agua es de **122,75 m** tomaremos este dato como energía inicial en los puntos de captación (HI)

$$EI = 122,75m$$

4.2.2. Análisis geoespacial de la zona regable. Distribución de superficie de riego por cota

Para obtener la distribución de superficies de riego por cota homogénea se ha utilizado un Modelo Digital del Terreno (MDT) con paso de malla de 2 x 2 m facilitada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

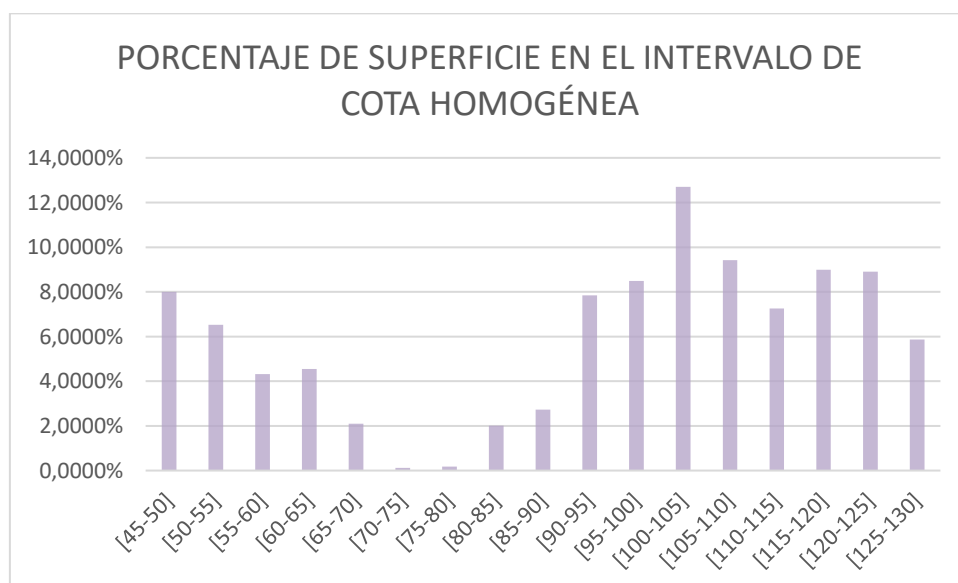
En el caso concreto de la zona regable de la CR Albaterra, se diferencian 2 sectores de riego diferenciados. Estos sectores de riego se corresponden con los sectores de riego propiamente dichos en los que está dividida la infraestructura modernizada de la comunidad:

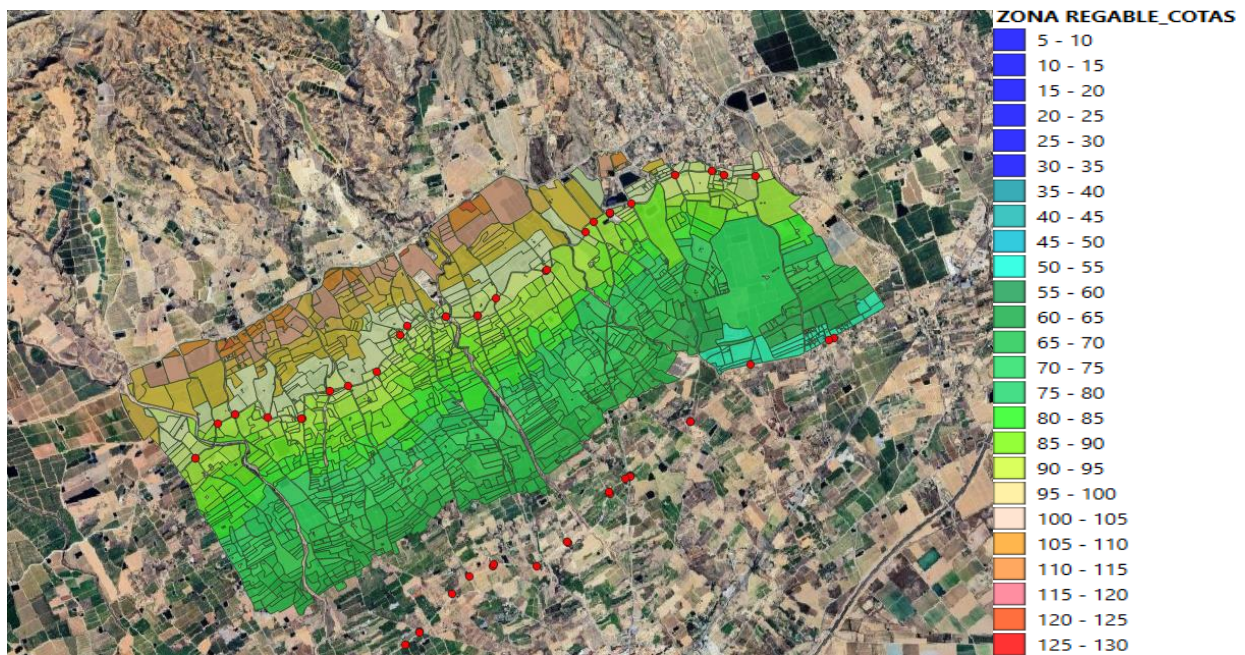
- Sector I: necesita bombeo previo
- Sector II: riego por gravedad

Únicamente se calculará la Eficiencia de Suministro Eléctrico para la zona del sector I que necesita bombeo previo, para el sector II, la ESE será directamente del 100%, puesto que no es necesario suministrar energía adicional a la que ya se dispone en la red.

Para el caso concreto del sector que necesita bombeo previo y, según el modelo generado a partir de un Sistema de Información Geográfica (GIS), las **cotas mínima y máxima de la zona regable** son **8.75 msnm** y **126.62 msnm** respectivamente, lo que muestra una **diferencia de cota máxima** en la zona regable **de 117,87 m**.

Intervalo de zona regable a cota homogénea (msnm)	Zj (m)	Sj (ha)	Sj %
[45-50]	47.5	2.17571	7.9960%
[50-55]	52.5	25.61605	6.5315%
[55-60]	57.5	34.65860	4.3165%
[60-65]	62.5	99.59131	4.5467%
[65-70]	67.5	107.64715	2.1015%
[70-75]	72.5	161.16315	0.1207%
[75-80]	77.5	119.45434	0.1715%
[80-85]	82.5	92.16093	2.0189%
[85-90]	87.5	114.05984	2.7315%
[90-95]	92.5	112.92078	7.8490%
[95-100]	97.5	74.40096	8.4839%
[100-105]	102.5	101.45576	12.7017%
[105-110]	107.5	82.87437	9.4145%
[110-115]	112.5	54.76949	7.2634%
[115-120]	117.5	57.69066	8.9893%
[120-125]	122.5	26.66443	8.8996%
[125-130]	127.5	1.53148	5.8637%
TOTAL		1268.83502	100.0000%





Vista GIS de la distribución de superficie regable de impulsión por intervalo de cota homogénea

4.2.3. Energía demandada por la zona regable (HD)

Para el cálculo de la Energía demandada (HD) se debe tener en cuenta que el sistema de riego es por goteo (30 mca). Esta es la presión que debe llegar al gotero por lo que la energía demandada consistirá en sumar la cota media a la que se encuentra cada intervalo con la presión que debe llegar a cada gotero, con esto se consigue la presión necesaria en cada intervalo de cota para que el suministro del riego llegue en condiciones óptimas de aplicación. En la siguiente tabla, se muestra la energía demandada para cada intervalo de cota homogénea:

Intervalo de zona regable a cota homogénea	Zj	Pd/g	HD riego
(msnm)	(m)	(m)	(m)
[45-50]	47.5	30	77.5
[50-55]	52.5	30	82.5
[55-60]	57.5	30	87.5
[60-65]	62.5	30	92.5
[65-70]	67.5	30	97.5
[70-75]	72.5	30	102.5
[75-80]	77.5	30	107.5
[80-85]	82.5	30	112.5
[85-90]	87.5	30	117.5
[90-95]	92.5	30	122.5

[95-100]	97.5	30	127.5
[100-105]	102.5	30	132.5
[105-110]	107.5	30	137.5
[110-115]	112.5	30	142.5
[115-120]	117.5	30	147.5
[120-125]	122.5	30	152.5
[125-130]	127.5	30	157.5

4.2.4. Balance energético (ΔH)

Para cada punto de suministro se va realiza un balance energético entre la energía inicial del agua en el punto de suministro y la demandada por el sistema de riego de la zona regable, realizando una ponderación en función de la superficie de cada intervalo de cota homogénea.

Intervalo de zona regable a cota homogénea	Zj	Sj	Sj	Pd/g	HD riego	HI	ΔH (HI-HD)	PONDERACIÓN
(msnm)	(m)	(ha)	%	(m)	(m)	(m)	(m)	Sj* ΔH
[45-50]	47,5	2,17571	7,9960%	30	77,5	122,75	0	0
[50-55]	52,5	25,61605	6,5315%	30	82,5	122,75	0	0
[55-60]	57,5	34,65860	4,3165%	30	87,5	122,75	0	0
[60-65]	62,5	99,59131	4,5467%	30	92,5	122,75	0	0
[65-70]	67,5	107,64715	2,1015%	30	97,5	122,75	0	0
[70-75]	72,5	161,16315	0,1207%	30	102,5	122,75	0	0
[75-80]	77,5	119,45434	0,1715%	30	107,5	122,75	0	0
[80-85]	82,5	92,16093	2,0189%	30	112,5	122,75	0	0
[85-90]	87,5	114,05984	2,7315%	30	117,5	122,75	0	0
[90-95]	92,5	112,92078	7,8490%	30	122,5	122,75	0	0
[95-100]	97,5	74,40096	8,4839%	30	127,5	122,75	4,75	353,404565
[100-105]	102,5	101,45576	12,7017%	30	132,5	122,75	9,75	989,193627
[105-110]	107,5	82,87437	9,4145%	30	137,5	122,75	14,75	1222,39699
[110-115]	112,5	54,76949	7,2634%	30	142,5	122,75	19,75	1081,69745

[115-120]	117,5	57,69066	8,9893%	30	147,5	122,75	24,75	1427,84395
[120-125]	122,5	26,66443	8,8996%	30	152,5	122,75	29,75	793,266736
[125-130]	127,5	1,53148	5,8637%	30	157,5	122,75	34,75	53,2190818
TOTAL		1268,8350 2	100,0000 %					5921,0224

$$\Delta H = \frac{5921,022403}{1268,83502} = 4,66 \text{ m}$$

4.2.5. Índice de carga energética aportada por los equipos de bombeo (ICE)

En la siguiente tabla se muestra la altura de elevación aportada por los equipos de bombeo y el Índice de Carga Energética resultante:

ID BOMBEO	H_{mk} (m)	V_k (m ³)	$V_k \cdot H_{mk}$
1. Estación principal goteo	56,02	3.374.086,5	189016325,7

$$ICE = \frac{189016325,7}{3.374.086,5} = 56,02 \text{ m}$$

Como se explica más abajo, al considerar únicamente un bombeo perteneciente a la CR de Albaterra, el ICE será igual a la H_{mk} . Esto se demuestra además empleando la fórmula.

4.2.6. Cálculo de la eficiencia de suministro energético (ESE)

En la tabla siguiente se resumen los principales parámetros de cálculo en la obtención de la Eficiencia de Suministro Energético (ESE):

SECTORES DE RIEGO	ΔH (m)	ICE (m)	ESE_i	S_j (ha)	$ESE_i \times Vol_i$
S-I CON BOMBEO	4,666503	56,02	8,33%	1268,83502	126,3555784
S-II GRAVEDAD	0	0	100%	1695,40	1695,4
TOTAL				2964,23502	1821,7556

$$ESE = \frac{1801,0948}{2964,23} = 60,76\%$$

Teniendo en cuenta únicamente el sector I perteneciente a la zona de bombeo se calcula una Eficiencia de Suministro Energético del 8,33%. Aunque la **Eficiencia de Suministro Energético** (ESE) de la CR Albaterra ha sido para el 2024 del 60,76% contando con la zona de riego por gravedad que tiene una ESE del 100%.

4.3. INDICADORES GENERALES DEL USO DE LA ENERGÍA

4.3.1. Indicadores descriptivos

NOMBRE INDICADOR	VALOR
Superficie regable (ha)	3223,49
Superficie regada (ha)	2925,39
Volumen de agua que entra al sistema (m ³)	4.751.621
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m ³)	4.323.975
Suministro de agua de riego por unidad de área regable (m ³ /ha)	1341,40
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m ³ /ha)	1478,08
Potencia total contratada (kW)	451
Potencia total absorbida (kW)	436,00
Energía anual consumida (kWh)	932.649
Energía anual importada de la red (KWh)	626.301
Energía anual autoconsumo	306.348
Energía reactiva consumida (kVArh)	76.408
Coste de la energía (€)	98.673,09

4.3.2. Indicadores de rendimiento

INDICADOR	VALOR
Factor de potencia	1
Energía consumida por unidad de área regada (kWh/ha)	289,5398682
Energía consumida por volumen de agua de riego que entra al sistema (kWh/m ³)	0,2325627
Energía consumida por volumen de agua de riego suministrado a los usuarios (kWh/m ³)	0,26451597
Coste energético por área regada (€/ha)	68,12 €
Coste energético por área regable (€/ha)	61,82 €
Coste energético por m ³ que entra al sistema (€/m ³)	0,04851684
Coste energético por m ³ suministrado a los usuarios (€/m ³)	0,0543995
Gasto energético (%)	9,66499823

4.3.3. Indicadores de eficiencia

NOMBRE INDICADOR	General
IDE: Índice de dependencia energética (%)	100
ICE: Índice de carga energética (mca)	46,86
EEB: Eficiencia energética de bombeos (%)	58,15
ESE: Eficiencia de suministro energético (%)	60,76
EEG: Eficiencia energética general (%)	35,33
EPH: Energía consumida por hectárea regada (KWh/ha y año)	318,81

4.4. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

4.4.1. Calificación energética de la eficiencia de los bombeos

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
A	EFICIENCIA EXCELENTE	EEB > 65
B	EFICIENCIA BUENA	$60 \leq \text{EEB} \leq 65$
C	EFICIENCIA NORMAL	$50 \leq \text{EEB} \leq 60$
D	EFICIENCIA ACEPTABLE	$45 \leq \text{EEB} \leq 50$
E	EFICIENCIA NO ACEPTABLE	EEB < 45

CALIFICACIÓN DEL CABEZAL DE BOMBEO DEL SECTOR I

ID	EEB (%)	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
BOMBEO SECTOR-I	58,15	C	EFICIENCIA NORMAL

4.4.2. Calificación energética de la comunidad de regantes

4.4.3. En función de la eficiencia energética general

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
A	EFICIENCIA EXCELENTE	EEG > 50
B	EFICIENCIA BUENA	$40 \leq \text{EEG} \leq 50$

C	EFICIENCIA NORMAL	30 ≤ EEG < 40
D	EFICIENCIA ACEPTABLE	25 ≤ EEG < 30
E	EFICIENCIA NO ACEPTABLE	EEG < 25

La eficiencia energética general de la Comunidad de Regantes de Albaterra se sitúa en 35.33%, según la tabla anterior, **la calificación energética sería C, Eficiencia NORMAL**

4.4.4. En función del grupo de consumo energético

GRUPO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
1	NO CONSUMIDORA	EPH = 0
2	POCO CONSUMIDORA	0 < EPH ≤ 300
3	MEDIA CONSUMIDORA	300 < EPH ≤ 600
4	CONSUMIDORA	600 < EPH ≤ 1.000
5	GRAN CONSUMIDORA	EPH > 1.000

EPH: Energía activa consumida por hectárea regada (kWh/ha año).

El EPH de la Comunidad de Regantes de Albaterra es de 318,81. En función del grupo de consumo energético, **la comunidad se considera dentro del Grupo 3, Media Consumidora**

4.4.5. Resumen calificación energética de la Comunidad de Regantes

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE ALBATERA	
EEG (%)	35,33
EPH (kWh/ha y año)	318,8129
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GENERAL	C – EFICIENCIA NORMAL
GRUPO DE CONSUMO ENERGÉTICO	3 – MEDIA CONSUMIDORA
CALIFICACIÓN	C3

4.5. MEJORAS PROPUESTAS

Una vez analizado el estado de la infraestructura, facturación eléctrica, manejo y eficiencia energética de los equipos se pasa a redactar y valorar el conjunto de actuaciones recomendadas.

4.5.1. Instalación de una nueva planta fotovoltaica en la balsa 1

a) INTRODUCCIÓN

En el marco de la presente auditoría energética de la Comunidad de Regantes de Albaterra, se ha identificado una propuesta de mejora orientada a incrementar la eficiencia energética del sistema actual: la incorporación de un sistema de almacenamiento mediante baterías a la planta fotovoltaica flotante existente en una de las balsas de riego.

La planta fotovoltaica flotante ya instalada supone un importante avance hacia la autosuficiencia energética, permitiendo la generación de energía renovable in situ. No obstante, su producción está sujeta a la variabilidad solar y, por tanto, no siempre coincide con los perfiles de demanda eléctrica de los sistemas de bombeo y distribución de agua. Esta desalineación entre generación y consumo provoca que una parte significativa de la energía generada no pueda ser aprovechada en tiempo real, y que se mantenga la dependencia parcial de la red eléctrica convencional, especialmente en horarios de baja producción solar o demanda nocturna.

La incorporación de baterías permitiría almacenar los excedentes de energía generados durante las horas de mayor radiación solar para su uso posterior, optimizando el autoconsumo, reduciendo los vertidos a red y minimizando la energía importada de la red. Esta medida contribuiría de forma directa a una mayor eficiencia energética del sistema, al mismo tiempo que reduciría costes operativos, aumentaría la estabilidad del suministro y mejoraría la sostenibilidad global de la infraestructura de riego.

b) SITUACIÓN ACTUAL

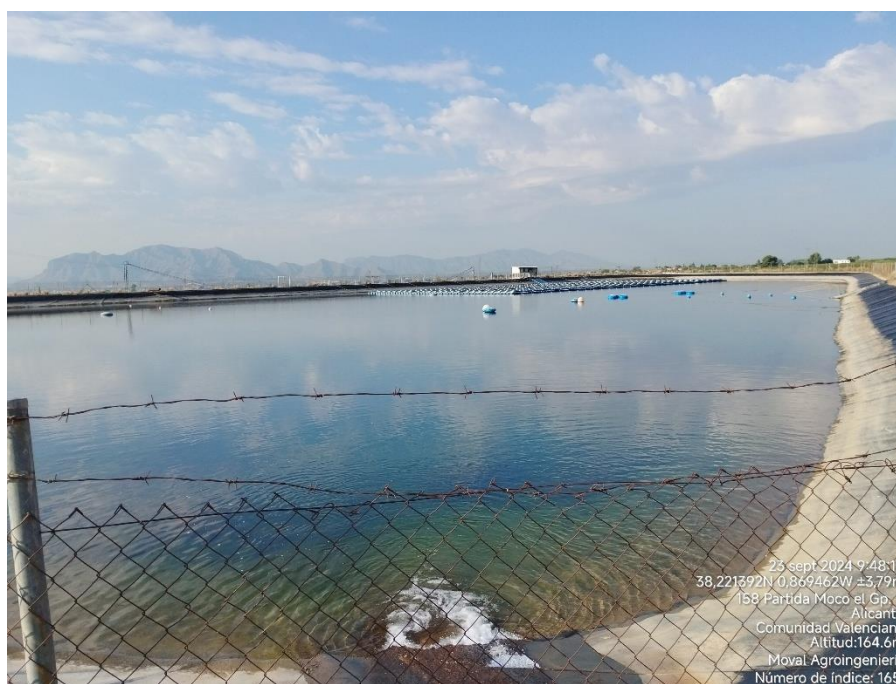
Actualmente, la planta fotovoltaica flotante instalada en una de las balsas de la Comunidad de Regantes de Albaterra genera energía renovable destinada principalmente a alimentar los sistemas de bombeo para el riego. Sin embargo, se ha identificado una limitación significativa en cuanto a la capacidad de aprovechamiento de esta energía durante las horas de máxima producción solar.

El principal obstáculo radica en que no es posible concentrar la actividad de riego exclusivamente en las horas de mayor generación fotovoltaica. Esto se debe, por un lado, a que la red de tuberías no dispone de una sección suficiente para transportar todo el caudal necesario en ese periodo reducido de tiempo. Por otro lado, las bombas instaladas en la infraestructura actual no están diseñadas para operar con un caudal superior al habitual, lo que impide incrementar la extracción o distribución de agua para adaptarse a la disponibilidad energética solar.

Como consecuencia, gran parte de la energía generada en las horas centrales del día no puede ser utilizada directamente para el riego, lo que limita el aprovechamiento de la planta fotovoltaica y obliga a seguir dependiendo de la red eléctrica en otros tramos horarios. Esta desincronización entre producción energética y demanda hídrica reduce la eficiencia del sistema y desaprovecha el potencial de ahorro económico y ambiental asociado a la energía solar.

En la siguiente gráfica se puede observar que a pesar de haber reducido considerablemente la cantidad de energía importada de la red, todavía se sigue consumiendo en grandes cantidades dado que la instalación solar no dispone ni de vertido a red ni de baterías de almacenamiento.

AÑO	IMPORTADO (kWh)	AUTOCONSUMO (kWh)	CONSUMO TOTAL (kWh)	AUTOCONSUMO (%)	IMPORTE IMPORTADO (€)	IMPORTE AUTOCONSUMO (€)	IMPORTE CONSUMO (€)	AHORRO ECONÓMICO (%)
2021 (IFV PUESTA EN MARCHA EL 17-09-2021)	176.872,20	55.307,21	232.179,41	23,82%	54.379,36	17.191,32	71.570,68	24,02%
2022	632.149,94	245.773,89	877.923,83	27,99%	251.715,78	87.083,23	338.799,01	25,70%
2023	480.714,14	260.352,97	741.067,11	35,13%	88.475,44	44.124,08	132.599,52	33,28%
2024	604.891,62	306.348,10	911.239,72	33,62%	95.300,67	39.467,86	134.768,53	29,29%
TOTALES	1.894.627,90	867.782,17	2.762.410,07	31,41%	489.871,25	187.866,49	677.737,74	27,72%



Instalación fotovoltaica en la balsa nº3

c) ACTUACIÓN PROPUESTA

La incorporación de un sistema de almacenamiento mediante baterías a la planta fotovoltaica flotante se plantea como una solución eficaz para maximizar el aprovechamiento de la energía solar generada, dado el desfase existente entre los periodos de máxima producción y las posibilidades reales de consumo energético por parte del sistema de riego.

Como se ha expuesto, las restricciones hidráulicas de la red (limitación en la sección de las tuberías) y las características de diseño de las bombas (caudal máximo admisible) impiden concentrar el riego en las horas centrales del día, cuando la planta fotovoltaica alcanza su máxima producción. Esta situación provoca que, en ausencia de almacenamiento, se produzcan vertidos de energía a red o desaprovechamiento de la misma, mientras que en otras franjas horarias es necesario recurrir al suministro eléctrico convencional.

La instalación de baterías permitiría almacenar los excedentes de energía generados en los momentos de alta irradiación solar y liberarlos posteriormente, ajustándose al perfil de demanda de los sistemas de bombeo.

Actualmente, el ahorro medio desde la instalación de la planta fotovoltaica es en torno al 31%, es por ello que si se quiere conseguir un ahorro del 60% (un ahorro considerado como aceptable es sistemas con almacenamiento) se deberían instalar estas baterías.

d) AHORRO, INVERSIÓN Y PERIODO DE AMORTIZACIÓN

La instalación de baterías permitirá reducir la dependencia de la red eléctrica, optimizar el uso de la energía renovable ya generada, y disminuir el coste total del consumo eléctrico a medio y largo plazo. La inversión se evalúa teniendo en cuenta los costes actuales de mercado para este tipo de sistemas, y se acompaña de un análisis económico orientado a determinar la viabilidad técnica y financiera del proyecto mediante la estimación del plazo de recuperación (payback) de la inversión.

Concepto	Unidad	Cantidad estimada	Precio unitario (€)	Importe (€)
Baterías ion-litio LFP (contenerizadas)	kWh (nominales)	335 kWh	950 €/kWh	318.250 €
Inversores bidireccionales + protecciones	ud	1 sistema	Incluido	Incluido
Sistema de gestión BMS/EMS	ud	1 sistema	Incluido	Incluido
Obra civil e instalación eléctrica	% del total	—	—	Incluido en P.U.
Inversión total estimada	—	—	—	318.250 €

Ahora calcularemos la estimación del plazo de recuperación (payback) suponiendo que no se recibe ningún tipo de ayuda económica.

Concepto	Unidad	Cantidad estimada	Precio unitario (€)	Importe (€)
Ahorro energético anual estimado	kWh	140.000 kWh	0,108 €/kWh	15.120 €/año
Payback estimado (retorno simple)	años	—	—	~18,5 años
Vida útil estimada del sistema	años	—	—	25 años
Ahorro total acumulado en 25 años	€	—	—	378.000 €
Balance neto estimado (beneficio – inversión)	€	—	—	+59.750 €

Teniendo en cuenta que la vida útil de la instalación es de unos 20-25 años y dado que la instalación tiene un periodo de amortización de unos 18 años, la inversión es algo arriesgada pero viable ya que los años de esperados de amortización están por debajo de los de vida útil de la instalación.

Este supuesto se realiza sin tener en cuenta posibles ayudas que contribuirían a disminuir la inversión y por lo tanto a mejorar la viabilidad de esta mejora.



4.5.2. Mejoras en los equipos

Instalación de un nuevo equipo de bombeo en la estación principal de goteo

a) Diagnóstico situación actual

Actualmente la Comunidad de Regantes de Albaterra se encuentra con momentos en la campaña de riego por goteo en la que los equipos actuales de la estación de bombeo nº1 no es capaz de suministrar el caudal suficiente a la zona regable de riego por impulsión. Esto provoca que se produzcan reclamaciones por parte de los regantes por la baja calidad de suministro de riego por la propia comunidad.

Además, se desconoce el **consumo energético de cada bombeo en la estación de bombeo nº1**, dado que hay instaladas 5 bombas (3 bombas grandes y 2 bombas pequeñas) que dan servicio a la zona regable por impulsión y también se proporciona electricidad a los rebombes desde el 4º canal de poniente a los embalses nº2 y 3.

b) Propuesta de actuaciones

Por el motivo que antes se ha descrito se propone la **instalación de un nuevo equipo de bombeo que aumente la capacidad de bombeo**. El nuevo equipo de bombeo será igual o similar a las bombas de mayor capacidad existentes y se instalará en la estación de bombeo nº1 aprovechando el hueco existente.



Vista de los tres grandes bombes de la estación de bombeo principal y hueco existente para la nueva bomba.

Esta actuación no supone un ahorro energético importante, dado que, aunque la eficiencia de este nuevo bombeo sea superior a los existentes, el ahorro es despreciable por el número de bombas que existen en el cabezal. Es por ello, que **esta mejora no se justifica por el ahorro energético que supone, sino que se debe a la mejora de la calidad de riego de la Comunidad de Regantes.**

Este equipo de bombeo también se **monitorizará para su control de forma remota.**

Inversión

PARTIDA	CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€/UD)	BASE IMPONIBLE (€)
ADQUISICIÓN NUEVO EQUIPO DE BOMBEO	Bombeo grande Estación principal nº1. Adquisición de bomba vertical sumergible con caudal nominal 486 m ³ /h y 59 mca.	1	9.000	9.000,00
	Instalación de la nueva bomba.	1	3.000	3.000,00
IMPLANTACIÓN SENSÓRICA Y SISTEMA PARA	Analizador de redes eléctricas	1	135	135,00
	Sonda de presión	1	845	845,00

MONITORIZACIÓN DEL AGUA Y LA ENERGÍA. MONITORIZACIÓN	Transformador de medida trifásicos (intensidad y voltaje) para permitir la lectura del analizador de redes eléctricas	1	210	210,00
	Concentradora de datos	1	455	455,00
	Contactador	1	985	985,00
	Fuente de alimentación	1	40	40,00
	Sistema de gestión para monitorización del agua y de la energía	1	785	785,00
	Instalación de los nuevos equipos	1	3.000	3.000,00
BASE IMPONIBLE (€)				18.455,00
13% GASTOS GENERALES				2.399,15
6% BENEFICIO INDUSTRIAL				1.107,30
SUMA (€)				21.961,45
21% IVA				4.611,90
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (€)				26.573,35

4.5.3. Mejoras en el diseño y manejo de la red

No se proponen mejoras en el diseño y manejo de la red.

4.5.4. Resumen de mejoras propuestas y valoración

Una vez conocidos los ahorros energéticos y económicos, el precio de la energía y el coste de inversión necesario para la puesta en marcha de las mejoras, se estima el periodo de retorno de las inversiones en conjunto. Todo ello, se presenta en la siguiente tabla resumen:

ID. MEJORA	AEA* (€/año)	Inversión (€)	Plazo Amortización (Año)
Instalación de planta fotovoltaica	15.120	318.250,00	18.5
Nuevo grupo de bombeo	-	26.573,35	-
TOTAL	15.120	344.823,35	18.5

*Ahorro en coste energético anual

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha realizado la auditoría energética de la Comunidad de Regantes de Albaterra de acuerdo con el estándar del **Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes** editado por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE).

La auditoría se ha realizado teniendo en cuenta la campaña de riegos 2024. La **volatilidad de los recursos hídricos** en esta entidad y el déficit que sufre en cuanto a su dotación anual es un aspecto crítico, dada su dependencia del Trasvase Tajo – Segura, el cual según las reservas en cabecera del Tajo se permite más o menos volumen para riego en las zonas receptoras de agua.

El **consumo energético total promedio** de los años 2023 y 2024 es de **826.153,42 kWh/año** para abastecer una zona de **2.925,39 ha regables** con un volumen servido promedio de los dos últimos años de **3.374.086,50 m³/año**.

La **eficiencia energética de los bombeos (EEB)** es de **58,15%**, siendo calificada con tipo **C** y descrita como **eficiencia normal**. Por tanto, aunque el consumo energético de la Comunidad de Regantes es elevado, está condicionado debido a la orografía de su zona regable, así como de la ubicación de las tomas de las que dispone.

La **eficiencia de suministro energético (ESE)**, indicador que permite conocer el diseño y manejo de la instalación, alcanza un valor del **60,76%**. Con ello, se obtiene que la **eficiencia energética general de la entidad de riego (EEG)** es de **35,33%** siendo calificada como tipo **C** y descrita como **eficiencia normal**. En cuanto al **consumo energético**, se obtiene que se encuentra dentro del grupo **3** descrita como media **consumidora** de energía. En definitiva, la **calificación energética de la entidad es: C3**.

Por todo esto, las mejoras propuestas tienen como objetivo principal tanto el ahorro energético como problemas más graves que sufre la Comunidad de Regantes de Albaterra.

Por tanto, las mejoras propuestas consisten en la instalación de baterías en la planta fotovoltaica flotante y instalación de una nueva bomba en la estación de bombeo principal para el suministro en momentos en los que se necesita más caudal.

Con la ejecución de todas estas actuaciones y, por supuesto, los elementos auxiliares necesarios para que se puedan llevar a cabo, se consigue la mejora integral de la infraestructura de la Comunidad de Regantes que permite obtener **múltiples impactos positivos**:

- **Optimización del consumo y reducción de picos**
- **Mayor autonomía y confiabilidad**
- **Mejora de la calidad de suministro de riego a los comuneros.**

Las actuaciones propuestas tendrían un impacto muy importante en la zona regable, tal y como se ha descrito. Por este motivo, se recomienda la puesta en marcha de las mismas, en la medida de las posibilidades económicas de la Comunidad de Regantes.

6. REFERENCIAS

Bloomberg NEF (BNEF). (2023, 26 de noviembre). *Lithium-ion battery pack prices hit record low of \$139/kWh*. Recuperado de <https://about.bnef.com/insights/clean-energy/lithium-ion-battery-pack-prices-hit-record-low-of-139-kWh>

Córcoles, J. I., Ortega, J. F., & Tarjuelo, J. M. (2010). Energy efficiency improvement of irrigation systems under water restrictions. *Biosystems Engineering*, 107(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.06.002>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2011). *Energy-smart food for people and climate: Issue paper*. Roma: FAO. <https://www.fao.org/3/i2454e/i2454e00.pdf>

GSL Energy. (2025, s.f.). *The real cost of commercial battery energy storage in 2025: What you need to know*. Recuperado de <https://www.gsl-energy.com/the-real-cost-of-commercial-battery-energy-storage-in-2025-what-you-need-to-know>

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). (2007). *Ahorro y eficiencia energética en agricultura y regadío*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_ahorro_agricultura_regadio_baja_6ac17cf9.pdf

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). (2008). *Protocolo de auditoría energética en comunidades de regantes*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Protocolo_auditoria_energetica_CR_baja_17b4c88e.pdf

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). (2009). *Ahorro y eficiencia energética en las comunidades de regantes*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_ahorro_comunidades_regantes_baja_d6ec0a24.pdf

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). (2010). *Guía técnica para la mejora de la eficiencia energética en comunidades de regantes*. Madrid: IDAE. Recuperado de <https://www.idae.es>

MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). (2023). *Estrategia Nacional de Riego 2023–2030*. Gobierno de España. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es>

ANEJOS

ANEJO I. DATOS ELECTRICOS E HIDRÁULICOS MEDIDOS

ANEJO II. PLANOS



ANEJO I. DATOS ELECTRICOS E HIDRÁULICOS MEDIDOS

Se adjunta como archivo adicional el fichero ALBATERA.XLS, que contiene los datos crudos obtenidos mediante el caudalímetro.

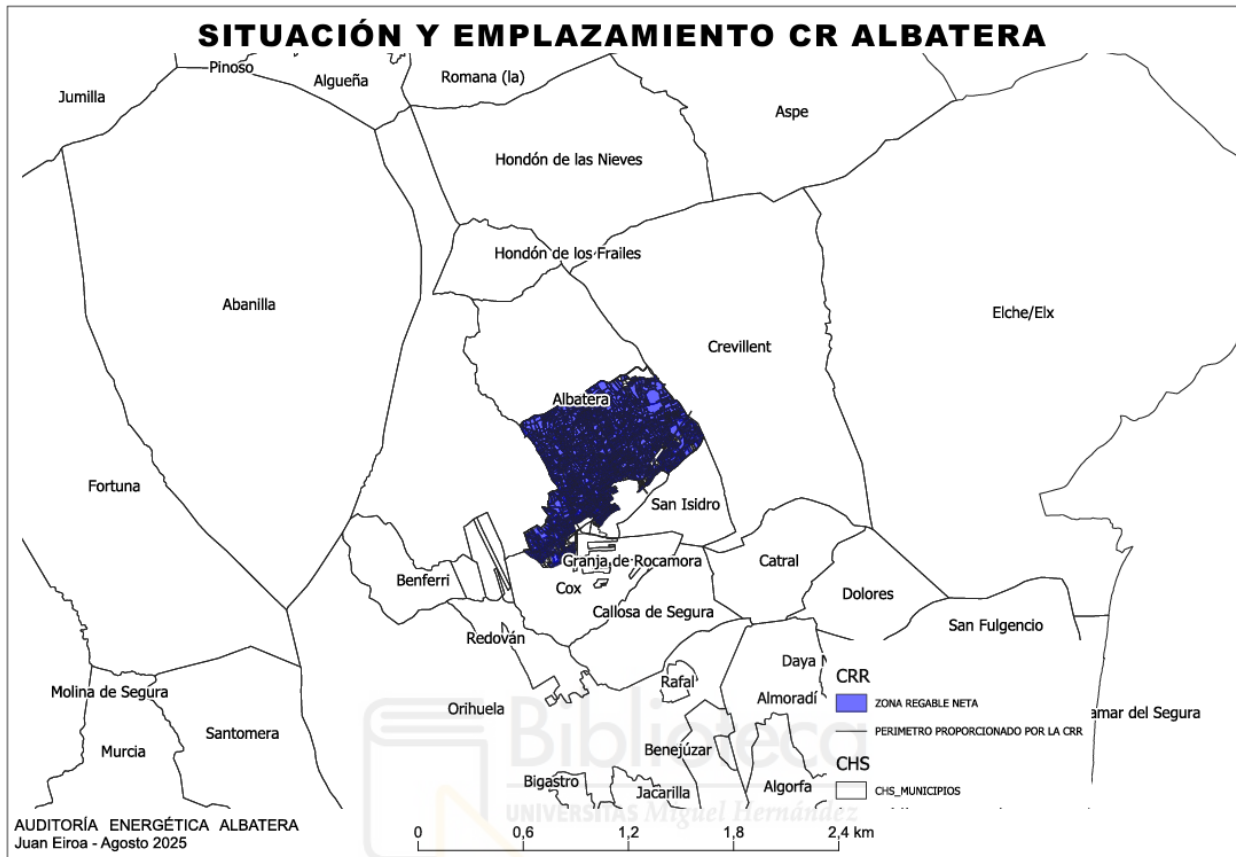
Se adjuntan como archivos adicionales los ficheros ELECTRICOS FP.txt, ELECTRICOS.txt, que contienen los datos crudos obtenidos mediante el analizador de redes.



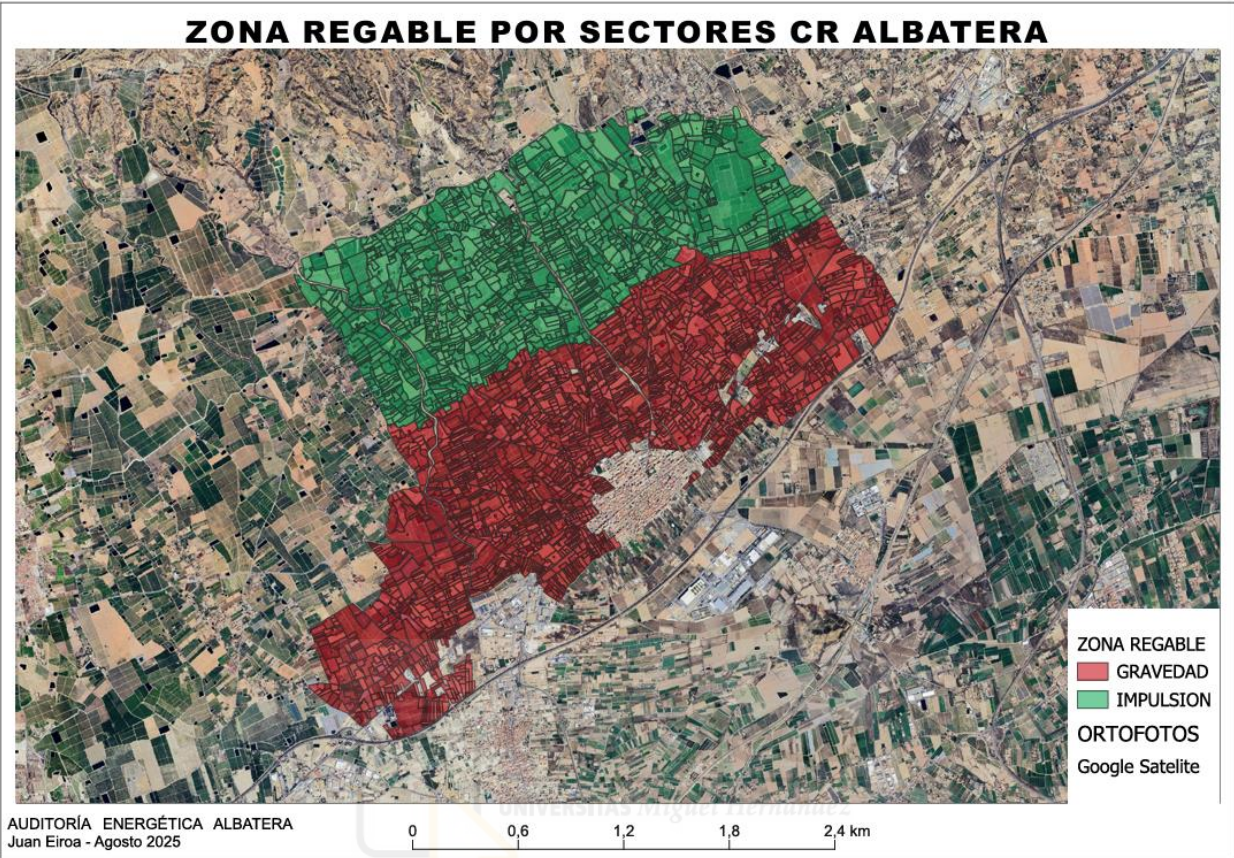
ANEJO II: PLANOS



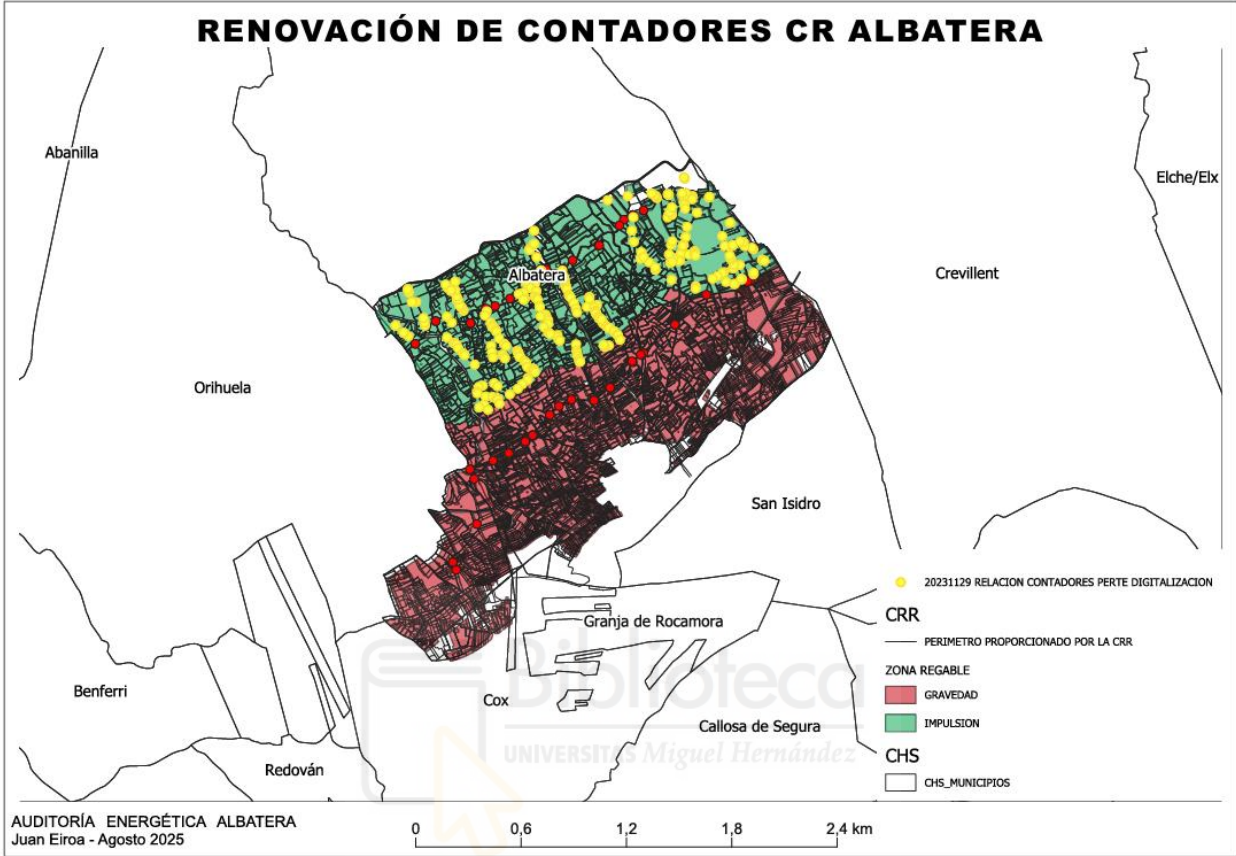
1. Situación y emplazamiento.



2. Sectores de riego analizados de la zona regable.



3. Renovación de contadores.



4. Conducciones.

