



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

TRABAJO FINAL DE GRADO

**Auditoría Energética de la comunidad de regantes
del Pozo Sargueta en Ribarroja del Turia (Valencia)**

Valencia, Julio de 2017.

Autor: José Plaza Molero

Tutor: Eugenio García Marí

Curso académico 2016/2017

Resumen

AUDITORIA ENERGETICA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DEL POZO SARGUETA EN RIBARROJA DEL TURIA (VALENCIA).

La auditoría energética es un proceso sistemático y documentado de obtención de datos para el análisis sobre la utilización de la energía por parte de una empresa.

Constituye un instrumento mediante el que se obtiene un conocimiento fiable del consumo energético, se detectan los factores que le afectan y se evalúan las posibles medidas para incrementar el ahorro y la eficiencia en el uso de la energía.

El TFG se propone realizar la auditoría energética de la instalación de bombeo de la Comunidad de regantes del Pozo Sargueta situado en Ribarroja del Turia (Valencia).

La Comunidad de regantes dispone de una estación de bombeo de 110 kW conectada a la red eléctrica y riega mediante goteo una superficie de 186 Ha dedicadas al cultivo de cítricos.

En el trabajo se elaborará un documento donde se recopile, describa y se analice desde el punto de vista energético el funcionamiento del servicio de bombeo, así como la propuesta de mejoras necesarias para tratar de mitigar el consumo energético de la instalación y reducir su coste económico.

Los objetivos del trabajo son:

- Obtener un conocimiento fiable del consumo energético.
- Identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de la energía.
- Detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro y diversificación de energía y su repercusión en coste energético y de mantenimiento.

Se llevará a cabo el siguiente plan de trabajo:

- Situación energética actual: identificación de las instalaciones, equipamiento, sistemas, procesos y personal que afecte de manera significativa al consumo de energía.
- Análisis de los perfiles de carga.
- Identificación, priorización, evaluación y registro de oportunidades de mejora en el desempeño energético.

Desde el punto de vista técnico, el alcance del estudio está basado en la norma UNE-EN16247-1 "REQUISITOS GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS".

Así mismo se tendrán en cuenta requisitos legales que vienen marcados en los siguientes documentos:

- Norma UNE EN ISO 50.001 de Sistemas de Gestión Energética.
- RD 56/2016 por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía.

Palabras clave: Auditoría Energética, Comunidad de Regantes, Eficiencia energética.

Autor: D. José Plaza Molero.

Localidad y Fecha: Valencia, Julio de 2017.

Tutor Académico: D. Eugenio García Marí.

Summary

Energy Audit of the Community Irrigation well in Ribarroja Sargueta Turia (Valencia)

The energy audit is a systematic and documented collection of data used to analyse energy consumption by various business processes.

The audit will provide reliable information about energy use, the factors that affect consumption and indicate possible measures to increase efficiency in energy use, thereby leading to monetary savings in the future.

The TFG intends to carry out an energy audit of the pumping station belonging to the Community of Irrigators of Pozo Sargueta, located in Ribarroja del Turia (Valencia)

This Community of Irrigators use a 110 KW pumping station, which is connected to the electrical grid, and is responsible for the drip irrigation of 186 Ha of citrus plantation.

The audit will compile, describe and analyse the operation of the pumping service from an energy perspective, with the aim of decreasing energy consumption and consequentially energy costs.

The objectives of this project are:

- + To obtain reliable information concerning energy consumption and cost.
- + To identify and clarify the factors that affect energy consumption.
- + To identify and evaluate opportunities for energy saving and diversification, and their impact on energy and maintenance costs.

The following project plan will be implemented:

- Identify the current energy situation: Facilities, equipment, systems, processes and personnel that significantly affect energy consumption.
- Analyse Load patterns.
- Identify, prioritise, evaluate and document opportunities for improved energy performance.

From a technical point of view, the scope of the study is based on the standard UNE-EN16224-1

“Requisitos Generales para la Realizacion de Auditorias Energeticas”.

(General Guidelines for Energy Auditing)

Also, the legal requirements as specified in the following documents must be taken into account. .

“Norme UNE EN ISO 50.001de Sistemas de Gestion Energetica”

(ISO 50.001 Standards for Energy Management)

RD 56/2016 – Directive 2012/27/UE in relation to energy efficiency, energy audits, accreditation of Service Providers and Auditors, and Promotion of efficient energy supply.

Key Words: Energy Audit, Community Irrigation, energy efficiency.

Author: Mr. José Plaza Molero

Location and date: Valencia, July 2017

Tutor: Mr. Eugenio García Marí

Agradecimientos:

Agradezco a todas las personas que me han ayudado a hacer posible el desarrollo de este Trabajo Final de Grado, especialmente al Tutor, **Eugenio García Marí** por haberme dado la oportunidad de haber trabajado junto a él.

Quisiera agradecerle especialmente este trabajo y debido a las circunstancias personales por las que atraviesa en estas fechas a **Laura Romero Murcia**, por haberme apoyado en cada una de las decisiones tomadas en el transcurso del mismo y mi incansable compañera de camino.

Agradecer a su vez el apoyo incondicional de **toda mi familia**, en especial a mis padres y a mis tres hermanas.

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	7
2	OBJETIVO.....	7
3	CONCEPTOS TÉCNICOS IMPORTANTES	8
4	AUDITORÍA ENERGÉTICA	9
4.1	Normativa que se aplica en las auditorías energéticas.....	9
4.2	Metodología de la auditoría.....	10
4.3	Datos de la comunidad de regantes Pozo Sargueta y descripción del sistema de riego 11	
4.3.1	Descripción de la instalación.....	11
4.3.2	Datos de las parcelas de suministro hídrico.....	13
4.3.3	Punto de captación de agua bruta de la comunidad de regantes.	23
4.3.4	Bombeo	23
4.3.5	Red de tuberías a presión.....	24
4.3.6	Características zona regable.....	24
4.4	Instalaciones hidráulica y eléctrica. Descripción de equipos.	26
4.5	Consumo hídrico por suministro y general. Rendimiento de la red.	32
4.6	Consumo de energía eléctrica.....	35
4.6.1	Suministro de energía eléctrica.....	35
4.6.2	Consumos energéticos anuales y mensuales.	36
4.7	Consumos energéticos medidos en los equipos.	41
4.7.1	Medios y materiales utilizados en las mediciones.	41
4.7.2	Ensayo del Grupo bomba-motor con inyección directa a red.	41
4.7.3	Indicadores energéticos	42
4.7.4	Resumen de los indicadores de eficiencia energética de bombeo del sistema de Sargueta. 46	
4.7.5	Análisis termo-gráfico anteriores al 2015	47
4.8	Evaluación y calificación energética.....	49
4.9	Propuesta de mejoras.	52
4.9.1	Ajuste consignas operación.....	52
4.9.2	Instalación filtro activo armónicos.....	54
4.9.3	Monitorización	55
4.9.4	Mejoras rendimiento red distribución	55
5	REFERENCIAS.....	57
6	ANEXO 1; Curvas de funcionamiento Q vs H conjunto motor-bomba.....	59

7	ANEXO 2; Tabla suministros, superficie y uso de agua bruta.	61
8	ANEXO 3 Mediciones puntuales; sin carga y distintas frecuencias (50, 47,5, 45, 42,5Hz.).	62

Índice Tablas

Tabla 1.	Tamaños de superficie vs suministro y % que representa la misma respecto al total..	22
Tabla 2	Resumen datos pozo/sondeo	23
Tabla 3.	Resumen de datos significativos bombeo	23
Tabla 4.	Red de tuberías a presión Sargueta.....	24
Tabla 5.	Tabla Resumen características zona regable.....	25
Tabla 6.	Características contador eléctrico y suministro eléctrico.	29
Tabla 7.	Datos pozo, bomba y motor Sargueta.....	30
Tabla 8.	Datos variador de frecuencia.	31
Tabla 9.	Datos caudalímetro de la instalación.	31
Tabla 10.	Volumen totalizado por suministro y mes.....	32
Tabla 11.	Comparación de consumos por mes frente al totalizador general (agua bruta), totales anuales y Rdto.	33
Tabla 12.	Resumen mensual de los datos energéticos, año 2015	37
Tabla 13.	Factores de conversión. Fuente IDAE.....	38
Tabla 14.	Resumen datos energéticos	38
Tabla 15.	Resumen de datos hidráulicos año 2015.....	38
Tabla 16.	Características analizador de redes Fluke	41
Tabla 17.	Detalle de mediciones realizadas con analizador de redes Fluke	42
Tabla 18.	Resumen Índice de Bombeo KPi grupo AVSA.....	44
Tabla 19.	Resumen de Eficiencia Energética según diferentes ensayos	46
Tabla 20.	Evaluación Gestión energética	49
Tabla 21.	Evaluación energética de la comunidad de regantes KPI's significativos	50
Tabla 22.	Cálculo diferentes escenarios modulando la carga en periodo P2.	53
Tabla 23.	Puntos de trabajo, rendimiento, frecuencia y Potencia media	60
Tabla 24.	Suministros tamaño parcela y % respecto al total de superficie agrícola.....	61
Tabla 25.	Formulario medición puntual a distintas frecuencias de los parámetros del sistema.	62

Índice Ilustraciones

Ilustración 1.	Plano topográfico Pozo Sargueta	12
Ilustración 2.	Representación 3D del pozo Sargueta	12
Ilustración 3.	Periodos tarifarios de la tarifa 3.1A.....	13
Ilustración 4.	Detalle de la red de riego y los puntos de suministro.....	13
Ilustración 5.	Plano con la extensión total de la zona de regadío del Pozo Sargueta (Ribarroja del Turia)	14
Ilustración 6.	Detalle superficie del suministro nº 1	15
Ilustración 7.	Detalle superficie del suministro nº 5	15
Ilustración 8.	Detalle superficie del suministro nº 7	16

Ilustración 9. Detalle superficie del suministro nº 8	16
Ilustración 10. Detalle superficie suministro nº 9	17
Ilustración 11. Detalle superficie suministro nº 10	17
Ilustración 12. Detalle superficie suministro nº 11	18
Ilustración 13. Detalle superficie suministro nº 12	18
Ilustración 14. Detalle superficie suministro nº 13	19
Ilustración 15. Detalle superficie suministro nº 14	19
Ilustración 16. Detalle superficie del suministro nº 15	20
Ilustración 17. Detalle superficie suministro nº 16	20
Ilustración 18. Detalle superficie suministro nº 17	21
Ilustración 19. Detalle superficie suministro nº 18	21
Ilustración 20. Diagrama flujo riego Sargueta	25
Ilustración 21. Detalle elementos eléctricos instalación del CT: Suministro aéreo, transformador y protección de BT con seccionador y fusibles.	26
Ilustración 22. Detalle elementos eléctricos instalación Pozo Sargueta; Cuadro de mando, Variador de Frecuencia y tubería de impulsión del grupo motor-bomba sumergido.	27
Ilustración 23. Esquema eléctrico	27
Ilustración 24. Detalle elementos de sistema hidráulico; manómetro, transductor de presión, caudalímetro y batería de filtros	28
Ilustración 25. Detalle esquema hidráulico del pozo Sargueta	28
Ilustración 26. Detalle placa de características	29
Ilustración 27. Gráfico sobre el rendimiento de la red durante el año 2015	34
Ilustración 28. Niveles acuífero y presiones	35
Ilustración 29. Precios regulados para tarifa 3.1A año 2016 . Fuente IDAE	36
Ilustración 30. Evolución del gasto energético kW/h, kg CO ₂ y m ³	36
Ilustración 31. Distribución de consumo de energía en diferentes periodos.	39
Ilustración 32. Curva de cargas de consumo en estación cálida durante 2015.	39
Ilustración 33. Detalle termo-gráfico del transformador	47
Ilustración 34. Detalle termo-gráfico de caja de conexiones, fase descompensada	48
Ilustración 35. Gráfico de demanda de Potencia en función de la hora	52
Ilustración 36. Curvas de trabajo de sistema motor-bomba	59

1 INTRODUCCIÓN

La auditoría energética es una herramienta excepcional que permite valorar el uso de la energía en diferentes procesos, calcular ahorros, analizar su flujo y optimizar los consumos. Dicha herramienta facilita, a través de diferentes evaluaciones, conseguir objetivos de ahorros de consumo, así como mejoras en la eficiencia de un sistema.

El sector agrícola tiene un consumo reducido en el cómputo total del gasto de energía, pero se trata sin duda de un sector estratégico donde las medidas de eficiencia energética pueden contribuir a una mejor sostenibilidad del medio rural.

El consumo se presenta en dos sistemas de mayor gasto porcentual. Por un lado, la maquinaria agrícola, que utiliza en la mayoría de los casos combustible fósil (gasóleo); por otro, los sistemas de riego, con un consumo mayoritariamente eléctrico, que es el que mayor peso tiene dentro del sector agrario.

Con este trabajo pretendemos diagnosticar los puntos más débiles que poseen una menor eficiencia en el sistema de regadío y establecer posibles mejoras en la explotación.

2 OBJETIVO

El objetivo principal del presente estudio es realizar una auditoría energética de un sistema regadío del Pozo Sargueta ubicado en la localidad de Ribarroja del Turia, Valencia. Los puntos principales que trataremos serán los siguientes:

- Analizar las demandas energéticas en los equipos y el proceso de producción.
- Evaluar el funcionamiento de los equipos: rendimiento, horas de funcionamiento, posibles fugas.
- Analizar distintas oportunidades de ahorro energético.
- Establecer prioridades para realizar actuaciones.
- Analizar la posibilidad de ahorro energético y su valoración económica.

El trabajo se estructura en los siguientes puntos:

- Realización de una auditoría energética de la totalidad del sistema de riego en la que se estudia en detalle la instalación de bombeo y se especifican sus características y las de

los elementos que componen las instalaciones hidráulica y eléctrica. Se examina así mismo el uso de la energía eléctrica y su transformación en energía hidráulica (caudal y presión de agua para riego).

- Análisis de la evolución de la energía hidráulica del agua de riego a lo largo de su trayecto, así como de la eficiencia de la red de riego hasta los puntos de suministro final.
- Realización de propuestas para la mejora en la instalación con objeto de reducir las pérdidas energéticas e incrementar la eficiencia del sistema de riego.

3 CONCEPTOS TÉCNICOS IMPORTANTES

Con voluntad de ser pedagógicos, aclararemos previamente el uso de algunos conceptos, lo cual nos puede ayudar a comprender el desarrollo del presente estudio:

Ahorro de Energía: El ahorro de energía se puede conseguir tanto por el uso de equipos más eficientes energéticamente como por la aplicación de prácticas más responsables con los equipos que la consumen.

Balance energético: Aplicación de la ecuación de la conservación de la energía a un sistema determinado. Contabilidad de cantidades de energía intercambiadas por un sistema.

Combustibles fósiles: Sustancias combustibles procedentes de residuos vegetales o animales almacenados en periodos de tiempo muy grandes. Son el petróleo, el gas natural, el carbón, los esquistos bituminosos, las pizarras y arenas asfálticas.

CUPS: Código Universal del Punto de Suministro. Este es un código único que comienza por ES y que identifica un punto receptor de abastecimiento de toda la red de luz.

Eficiencia Energética: Conjunto de programas y estrategias para reducir la energía que emplean determinados dispositivos y sistemas sin que se vea afectada la calidad de los servicios suministrados.

Línea de base energética: referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético.

Tasa de distorsión armónica (THD): En sistemas eléctricos de corriente alterna —igual que en acústica— los armónicos son frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental de trabajo del sistema y cuya amplitud va decreciendo conforme aumenta el múltiplo. En el caso de sistemas alimentados por la red de 50Hz, pueden aparecer armónicos de 100, 150, 200 Hz...

Cuando se habla de los armónicos en las instalaciones de energía, son los armónicos de corriente los más preocupantes, puesto que son corrientes que generan efectos negativos. Es habitual trabajar únicamente con valores correspondientes a la distorsión armónica total (THD).

Barril de petróleo: 159 litros de petróleo = 0,13878 tep = 5,81 x 10⁹ J.

Toneladas equivalentes de petróleo (tep): Es la energía liberada por la combustión de una tonelada de petróleo, que, por definición de la Agencia Internacional de la Energía, equivale a 11,63MWh. La conversión de unidades habituales a tep se hace en base a los poderes caloríficos inferiores de cada uno de los combustibles considerados.

4 AUDITORÍA ENERGÉTICA

4.1 Normativa que se aplica en las auditorías energéticas

El real Decreto que se aplica para realizar auditorías energéticas es el **RD56/2016** por el que se transpone la **Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 25 de octubre de 2012, relativa a *“la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía”*.

En nuestro caso, el GRUPO AGUAS DE VALENCIA, empresa que dispone de más de 250 trabajadores, queda obligada a realizar con un periodo máximo de 4 años auditorías energéticas de sus instalaciones. Dicha condición viene reflejada en el artículo 8 del citado *RD 56/2016*.

La auditoría energética debe cubrir, al menos, el 85 por ciento del consumo total de energía final del conjunto de las instalaciones ubicadas en el territorio nacional que formen parte de las actividades industriales, comerciales y de servicios que dichas empresas y grupos gestionan en el desarrollo de su actividad económica.

Para decirlo con otras palabras, aunque no es necesario realizar auditorías energéticas en la totalidad de los centros, sí hay que llevarlo a cabo en un mínimo del 85% del consumo de energía de la mercantil respecto al del total consumido en el territorio nacional.

Por otro lado, las auditorías deben ajustarse a lo prescrito en las siguientes normas:

- UNE-EN 16247-1 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS. PARTE 1: REQUISITOS GENERALES.

Esta norma europea especifica los requisitos, la metodología común y entregables de las auditorías energéticas. Se aplica a todo tipo de instalaciones y organizaciones, a todos los tipos y usos de energía, excluyendo las viviendas particulares individuales. En ella se especifican los conceptos y procedimientos de eficiencia energética, rendimiento

energético, uso energético, requisitos de calidad, equipo auditor, proceso de la auditoría, trabajo de campo y mediciones, entre otros.

- UNE-EN 16247-3 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS. PARTE 3: PROCESOS.

Esta norma es específica para los procesos donde se convierte la energía en un trabajo. Con esta norma se pretende identificar aquellos puntos que pueden suponer, según la organización, una oportunidad para realizar mejoras de la eficiencia energética. Esta puede ser para parte de un emplazamiento o para el emplazamiento completo. En ella se dan ejemplos de directrices para examinar procesos/fabricados de los datos a recopilar.

- Como guía para el desarrollo de la auditoría se ha utilizado el PROTOCOLO DE AUDITORÍA ENERGÉTICA EN COMUNIDAD DE REGANTES, publicado por el Ministerio de Industria y Turismo y el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). Se trata de un documento de apoyo en el que se recogen los puntos que debe incluir una auditoría en una Comunidad de Regantes y define los indicadores que deben emplearse para valorar y reducir, en lo posible, el consumo energético y económico de las explotaciones agrícolas en regadíos.

4.2 Metodología de la auditoría

Siguiendo la guía sobre el **PROTOCOLO DE AUDITORÍA ENERGÉTICA EN COMUNIDADES DE REGANTES**, el procedimiento seguido para la Auditoría se ha centrado en los siguientes puntos relevantes:

- Datos de la comunidad de regantes y descripción del sistema.
- Funcionamiento del sistema datos de consumo por sectores independientes.
- Consumo energético frente suministro hídrico.
- Rendimiento hídrico de la red de riego.
- Evaluación y calificación energética.
- Propuestas de mejora y valoración.

Con todo ello, se pretende determinar la eficiencia energética de todo el sistema de riego examinándolo detalladamente y parte por parte.

Además del referido PROTOCOLO, se ha utilizado para el estudio el Procedimiento interno del GRUPO AVSA–DIVISIÓN OPERACIONES AAPP–DIRECCIÓN SERVICIOS–DEPARTAMENTO GESTIÓN ENERGÉTICA–AUDITORÍAS ENERGÉTICAS. Se trata de un procedimiento interno de actuación del grupo AVSA en el cual se incluyen los procedimientos anteriores.

4.3 Datos de la comunidad de regantes Pozo Sargueta y descripción del sistema de riego

Actualmente, la explotación del sistema de abastecimiento de agua de riego del Pozo Sargueta está concedida por concurso público a la empresa OPERAGUA. La empresa pertenece al grupo empresarial de Aguas de Valencia. Se detalla en tabla nº1 los datos más relevantes de la mercantil.

Datos Empresa	
Razón social:	OPERAGUA S.A.
NIF:	A-96799788
Dirección:	Gran Vía Marqués del Turia, 19
Población:	46005 Valencia

Tabla 1. Datos empresa explotadora de la instalación.

La empresa gestora tiene entre sus funciones principales optimizar el uso de energía, labores de mantenimiento y reparación de las infraestructuras de los elementos que componen la comunidad de regantes.

4.3.1 Descripción de la instalación.

La actividad de riego agrícola y el abastecimiento de agua bruta en la zona del estudio, perteneciente al municipio de Ribarroja, se realiza a partir del agua producida por el pozo Sargueta. Se trata de un bombeo con un único motor que abastece de agua de riego a unos 18 suministros, de los cuales 4 pertenecen a suministros industriales y no son para riego agrícola.

La comunidad de regantes está formada por diferentes agricultores que en su mayoría (en torno al 70%) se dedican al cultivo de cítricos, el 30% restante se dedican al cultivo hortícola.

La única fuente de riego es la bombeada por el pozo de riego.

Desde la impulsión del Pozo se conduce el agua bruta hacia la red de riego agrícola y hacia el suministro de la zona industrial de forma directa, no existen re-bombeos.

La Comunidad de Regantes se encuentra ubicada en la localidad de Ribarroja del Turia, Valencia, y se conoce con el nombre de **POZO SARGUETA**. Posee una única bomba sumergida en un sondeo a unos 93m de profundidad. Se detalla en la siguiente imagen el emplazamiento de la instalación:

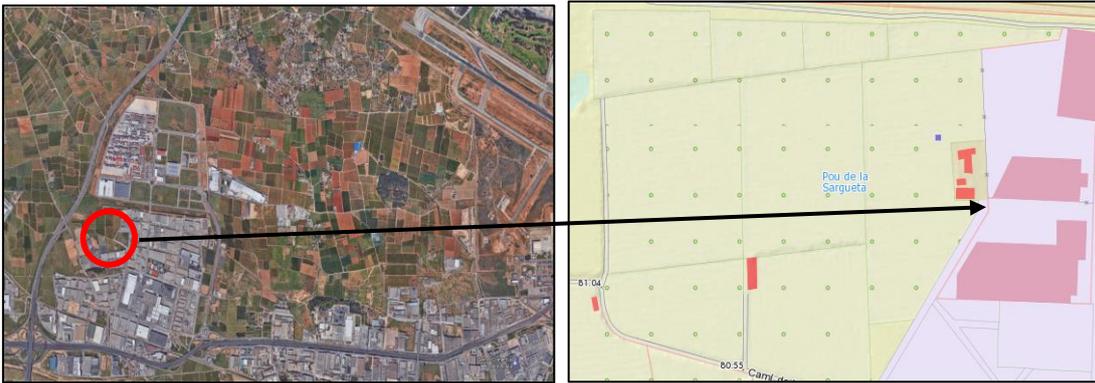


Ilustración 1. Plano topográfico Pozo Sargueta



Ilustración 2. Representación 3D del pozo Sargueta

La red de distribución parte del pozo de riego con tubo de polietileno de 280 mm de diámetro. Posee una longitud total de tuberías de 14,2km, cuyos diámetros varían desde los 280mm hasta los 110mm en los ramales. En el punto 7.3 y en el plano se detalla el trazado de la red de riego, los diámetros y los puntos de suministro.

El funcionamiento del riego es por demanda de los usuarios, pero con un reparto de los turnos por parte de Operagua. La mancomunidad de riego viene regulada por horario que marca la tarifa 3.1.A. ya que no riegan en el periodo punta (P1). Los periodos de demanda son P2 (llano) y P3 (valle). Se detalla en el siguiente gráfico el periodo tarifario.

TARIFA 3.1A		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
		LABORABLES																							
INVIERNO	P3	P2										P1										P2			
VERANO	P3	P2							P1							P2									
		SABADOS, DOMINGOS Y FESTIVOS																							
INVIERNO	P3																			P2					
VERANO	P3																			P2					

Ilustración 3. Periodos tarifarios de la tarifa 3.1A

El bombeo suministra el caudal demandado con una presión de consigna en el cabezal de riego de **35m.c.a.**

4.3.2 Datos de las parcelas de suministro hídrico

El pozo Sargueta suministra agua bruta a 18 puntos de acceso de los cuales 4 son suministros industriales y el resto para regadío. Se dispone de un totalizador volumétrico a la salida del suministro del Pozo Sargueta. En cada uno de los 18 suministros que se encuentran a lo largo de la red de distribución hay un contador volumétrico individual. Por lo tanto, disponemos de 19 totalizadores de volumen.

En la siguiente ilustración se detalla el plano de la red de suministro para riego y los puntos de suministro.



Ilustración 4. Detalle de la red de riego y los puntos de suministro

La zona de regadío abarca unas 186 hectáreas, y se reparte entre parcelas con cultivo de cítricos, que abarca casi $\frac{3}{4}$ partes del suministro, y parcelas con cultivo hortícola que abarca el restante $\frac{1}{4}$ del suministro.

En el siguiente plano se detalla la extensión total de la zona de riego.

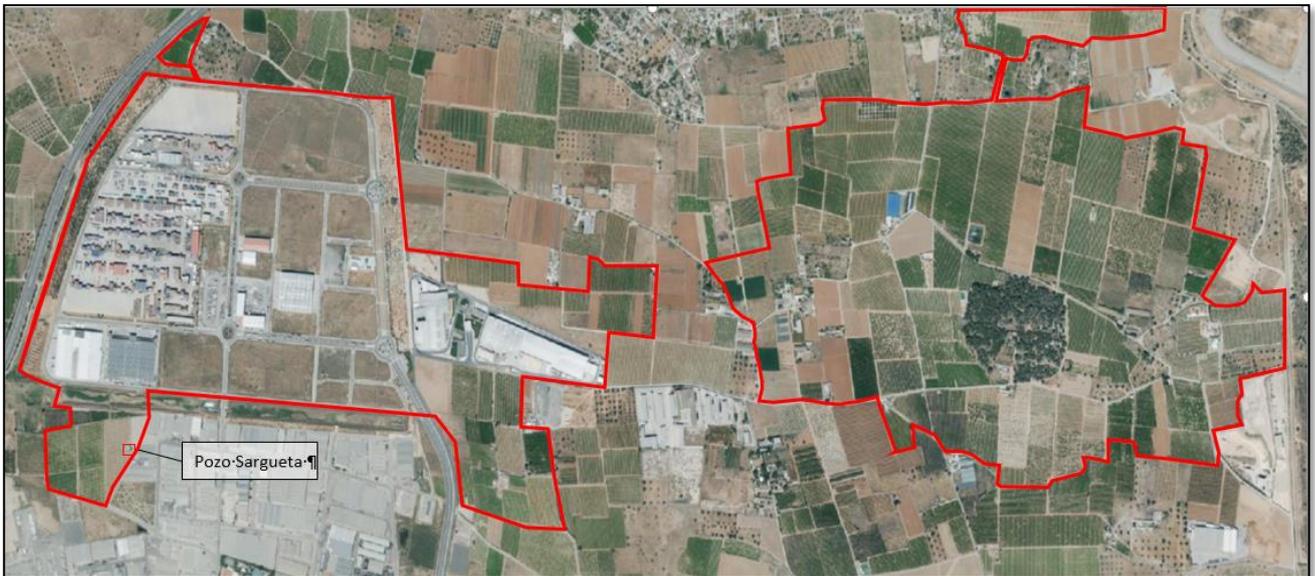


Ilustración 5. Plano con la extensión total de la zona de regadío del Pozo Sargueta (Ribarroja del Turia)

En el Anexo 2 se incluye la tabla donde se detalla para cada suministro la finalidad de empleo, industrial/agrícola, y la superficie a la que afecta en m^2 y en porcentaje sobre el total de superficie.

Suministro nº 1.

Se trata de una parcela de riego agrícola con una superficie de 88292,8m². Como se aprecia en la imagen su cultivo es de cítricos. El consumo anual para 2015 registrado en su contador es de 14112m³



Ilustración 6. Detalle superficie del suministro nº 1

Suministro nº 5

Se trata de una parcela de suelo agrícola cuya superficie comprende una extensión de 123184 m². Su cultivo mayoritario son los cítricos, pero posee alguna parcela de tamaño inferior que cultiva hortícolas. El consumo anual para 2015 registrado en su contador es de 19632m³



Ilustración 7. Detalle superficie del suministro nº 5

Suministro nº 7

Se trata de una superficie empleada para riego agrícola; comprende un tamaño de parcela total de unos 143757m² aproximadamente. Posee tanto cultivos hortícolas como cultivo de cítricos. El consumo anual para 2015 registrado en su contador es de 23031m³



Ilustración 8. Detalle superficie del suministro nº 7

Suministro nº 8

Parcela de unos 95923m². En ella se practica tanto el cultivo de cítricos como el cultivo de hortícolas. Durante el año 2015 obtuvo un consumo de 15199m³.

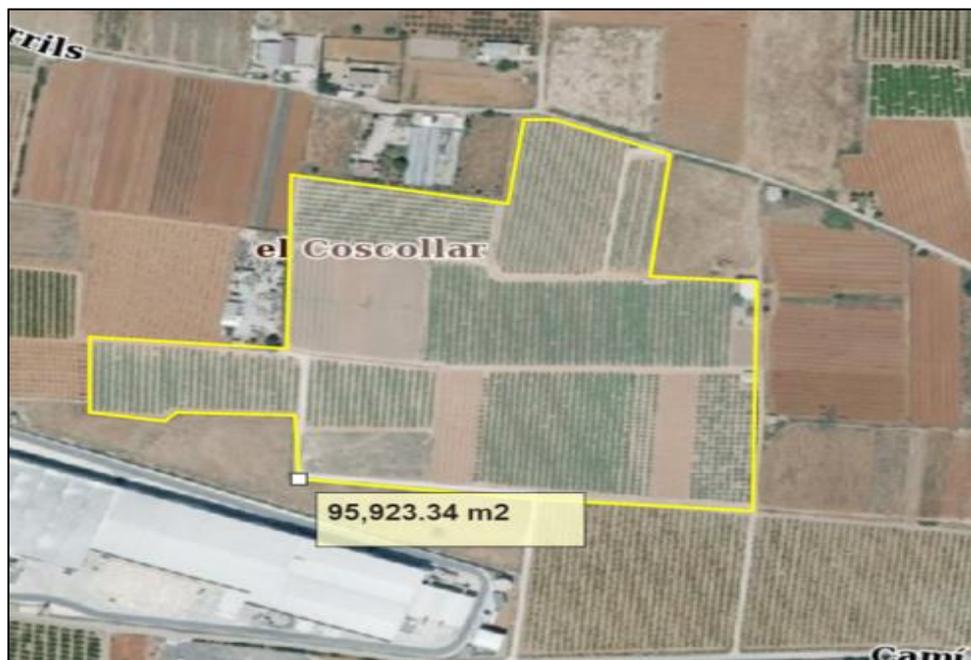


Ilustración 9. Detalle superficie del suministro nº 8

Suministro nº9

Se trata de una parcela con una superficie de unos 99514m², en la cual se ubican cítricos y plantaciones hortícolas. Es posible que suministren agua bruta a alguna de las viviendas colindantes a las parcelas. El contador volumétrico registro un consumo de 15714m³.



Ilustración 10. Detalle superficie suministro nº 9

Suministro nº 10

Se trata de una parcela utilizada en la actualidad para el cultivo de cítricos. Posee un tamaño de parcela de 88599m². En el año 2015 obtuvo un consumo total de 13981m³.

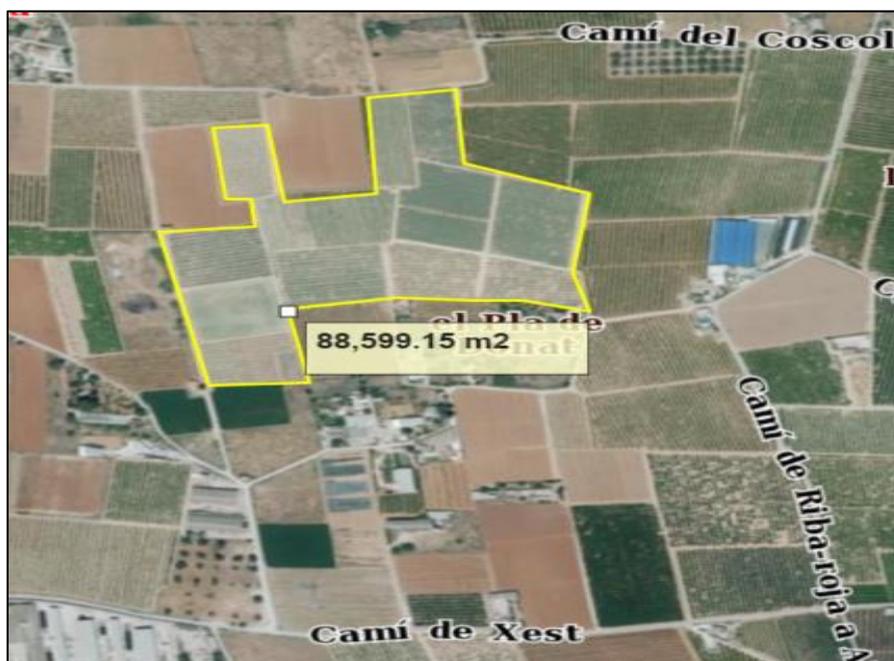


Ilustración 11. Detalle superficie suministro nº 10

Suministro nº 11

Parcela que posee un tamaño de 114909m²; la cual tuvo un consumo de 18319 m³ durante el año 2015.

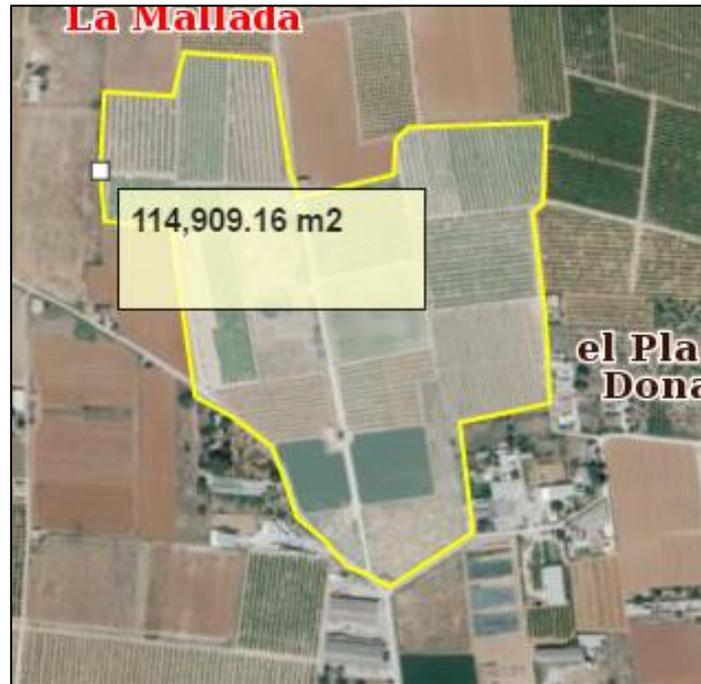


Ilustración 12. Detalle superficie suministro nº 11

Suministro nº 12

Durante el año 2015 obtuvo un consumo de 15744m³; la zona de regadío comprende una superficie de 126846m²



Ilustración 13. Detalle superficie suministro nº 12

Suministro nº 13

Parcela con un tamaño de 160525m²; durante el año 2015 obtuvo un consumo total de 25669 m³.



Ilustración 14. Detalle superficie suministro nº 13

Suministro nº 14

Parcela con mayoría de cultivo en cítricos; posee una superficie total de 225285m². Realizó un consumo de unos 35925m³ durante el año 2015.



Ilustración 15. Detalle superficie suministro nº 14

Suministro nº 15

Se trata de una superficie de unos 231003 m²; la mayor superficie de cultivo lo ocupan cítricos.

Posee un consumo total durante el 2015 de 36868 m³.



Ilustración 16. Detalle superficie del suministro nº 15

Suministro nº 16

La superficie posee una extensión de unos 103450m²; con un consumo anual durante el 2015 de 17374 m³. La mayor superficie la ocupa el cultivo de cítricos.



Ilustración 17. Detalle superficie suministro nº 16

Suministro nº 17

Posee una extensión de 108300m²; al final de 2015 obtuvo un consumo de 16503m³. Como se aprecia en la imagen su cultivo mayoritario son cítricos.



Ilustración 18. Detalle superficie suministro nº 17

Suministro nº 18

Esta parcela, que dispone de una superficie de unos 98500m², posee en su mayoría cultivo de cítricos. A final de 2015 hubo realizado un consumo de 23710m³.



Ilustración 19. Detalle superficie suministro nº 18

Se detalla de forma gráfica el porcentaje de cada parcela de riego frente al total. Como se aprecia, los suministros de las zonas de riego se encuentran en torno a la hectárea o hectárea y media.

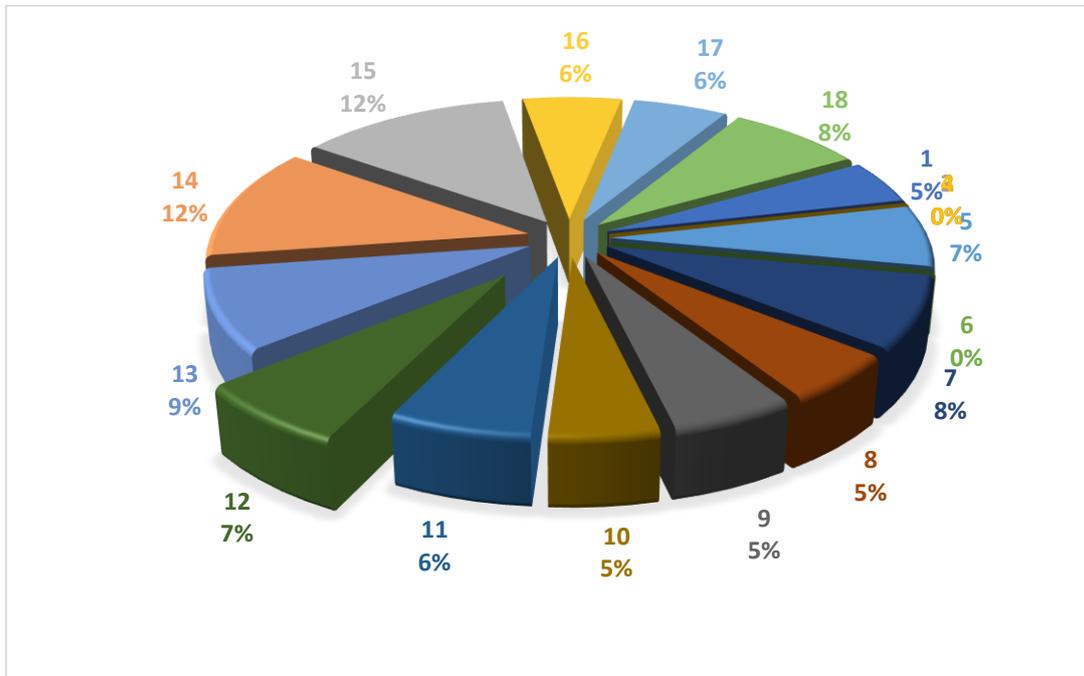


Tabla 1. Tamaños de superficie vs suministro y % que representa la misma respecto al total.

Se dispone de una superficie total de riego de 1.859.119 m², es decir, en torno a 186 hectáreas. Se contabilizan en los 18 suministros un total de 292.466m³.

4.3.3 Punto de captación de agua bruta de la comunidad de regantes.

Se trata de un único pozo el cual suministra a toda la comunidad de regantes del Pozo Sargueta. La comunidad no posee tomas superficiales, ni elevaciones o balsas, se trata de un bombeo de inyección directa a red con caudal variable según demanda.

Se detallan en la siguiente tabla los datos del Pozo

Id. Pozo	Sector hidráulico nº	Cota de salida (m.s.n.m.)	Nivel Estático (m)	Nivel Dinámico (m)	Volumen anual agua bruta (m ³)	Profundidad instalación bomba (m)	Caudal medio (m ³ /h)	Altura manométrica	Diámetro del pozo (mm)
Pozo Sargueta	1	125	77	77	424578	93	210	112,009	400

Tabla 2 Resumen datos pozo/sondeo

Para el cálculo de la altura manométrica se tienen en cuenta los siguientes datos:

- Pi: Presión impulsión: 35m.c.a.
- Nb: Profundidad de la instalación: 93m.
- Ne: Nivel estático: 77 m.
- Nd: Nivel dinámico: 77m.
- hf: Perdidas por fricción en la tubería de impulsión: 0,0097m.

$$H_b = P_i + N_d + h_f; H_b: 112,009 \text{m.c.a.}$$

4.3.4 Bombeo

El bombeo está compuesto por una única bomba de 110kW de potencia la cual proporciona el caudal y la presión suficiente para realizar el riego de la comunidad de regantes. Se detallan en el siguiente cuadro resumen (tabla nº 3) los datos más significativos.

Id. Bombeo	Sector hidráulico nº	Caudal medio (m ³ /h)	Altura manométrica (m.c.a.)	Volumen anual 2015 (m ³)
Bomba pozo Sargueta	1	210	112,009	424578

Tabla 3. Resumen de datos significativos bombeo

4.3.5 Red de tuberías a presión.

La red de distribución del pozo Sargueta está compuesta por una red que se compone de un único sector hidráulico. La red de riego se presuriza con consigna de riego con un valor de 35m.c.a. en su origen. Con él se garantiza a los usuarios la presión suficiente para el riego de las parcelas.

Se detallan en la siguiente tabla resumen (tabla nº 4) los diámetros de las tuberías, material, sectores, válvulas reductoras y longitud de los tramos.

Nº Sector	Tipo suministro	Diámetro máximo (mm)	Diámetro mínimo (mm)	Presión nominal	Material	Longitud (m)	Válvula reductora (Sí/No)
1 - 2	Agrícola	200	200	P.N.10	Polietileno	10	No
1 - 3	Industrial	200	110	P.N.6	Polietileno	1170	No
1 - 4	Industrial	200	200	P.N.10	Polietileno	1050	No
1 - 5	Agrícola	200	200	P.N.10	Polietileno	1490	No
1 - 6	Industrial	200	150	P.N.6	Polietileno	1716	No
1 - 7	Agrícola	200	200	P.N.10	Polietileno	1258	No
1 - 8	Agrícola	200	110	P.N.6	Polietileno	2252	No
1 - 9	Agrícola	200	110	P.N.6	Polietileno	2452	No
1 - 10	Agrícola	200	110	P.N.6	Polietileno	2969	No
1 - 11	Agrícola	200	110	P.N.6	Polietileno	2903	No
1 - 12	Agrícola	200	200	P.N.10	Polietileno	3370	No
1 - 13	Agrícola	200	150	P.N.10	Polietileno	3707	No
1 - 14	Agrícola	200	200	P.N.10	Polietileno	3977	No
1 - 15	Agrícola	200	200	P.N.10	Polietileno	4747	No
1 - 16	Agrícola	200	110	P.N.6	Polietileno	4514	No
1 - 17	Agrícola	200	110	P.N.6	Polietileno	4574	No
1 - 18	Agrícola	200	110	P.N.6	Polietileno	4526	No

Tabla 4. Red de tuberías a presión Sargueta

4.3.6 Características zona regable

En este apartado se incluye la tabla donde se especifican la superficie de los puntos de suministro y el tipo de cultivo. Se tratan de hidrantes colectivos, los cuales riegan parcelas con diferentes propietarios y diferentes cultivos. El cultivo que se especifica en la tabla nº 5 es el cultivo mayoritario del suministro.

Sector hidráulico nº	Superficie (m ²)	Cultivos	Consumo año 2015 (m ³)
1	88292	Cítricos	13888
2	Industrial	-	1010
3	Industrial	-	1462
4	Industrial	-	2221
5	123184	Cítricos/hortícolas	19320
6	Industrial	-	110
7	143757	Hortícolas	22700
8	95923	Cítricos	14978
9	99514	Cítricos	15485
10	88599	Cítricos	13777
11	114676	Cítricos	18048
12	126846	Cítricos	19833
13	160525	Cítricos	25262
14	225285	Cítricos	35352
15	231003	Hortícolas	36283
16	103450	Cítricos	17099
17	108300	Cítricos	16241
18	98500	Cítricos	23332
Total	1859119		292466

Tabla 5. Tabla Resumen características zona regable

Se detalla en el siguiente diagrama el flujo del riego desde su bombeo hasta el punto de suministro. Únicamente posee como tratamiento la filtración mediante filtros auto-limpiables de anillas.

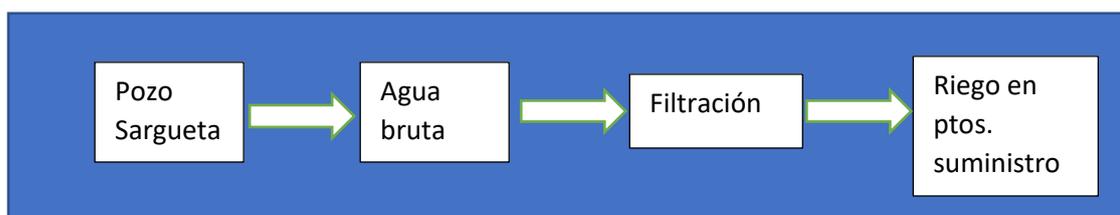


Ilustración 20. Diagrama flujo riego Sargueta

4.4 Instalaciones hidráulica y eléctrica. Descripción de equipos.

Se describen a continuación los equipos que componen las instalaciones hidráulica y eléctrica del sistema de regadío.

La instalación eléctrica se abastece desde una línea aérea de Media Tensión (20.000 V) que llega a la torreta de un Centro de transformación que alberga el transformador trifásico de potencia 250 kVA, 20000/400 V. El circuito eléctrico interior del Centro consta de celda de seccionamiento, celda de protección del transformador, celda de medida con el contador de energía y cuadro de mando de BT con seccionador y fusibles de protección (ilustración 21).



Ilustración 21. Detalle elementos eléctricos instalación del CT: Suministro aéreo, transformador y protección de BT con seccionador y fusibles.

También dispone de una batería de condensadores para mejorar el factor de potencia del transformador. A continuación, viene el cuadro de mando de la bomba que incorpora 3 tomas de corriente. Desde el cuadro de mando se alimenta un variador de frecuencia y por último el motor de la bomba sumergida.

Se muestra a continuación unas fotos (ilustración 22) de la instalación, así como el esquema eléctrico básico (ilustración 23).



Ilustración 22. Detalle elementos eléctricos instalación Pozo Sargueta; Cuadro de mando, Variador de Frecuencia y tubería de impulsión del grupo motor-bomba sumergido.

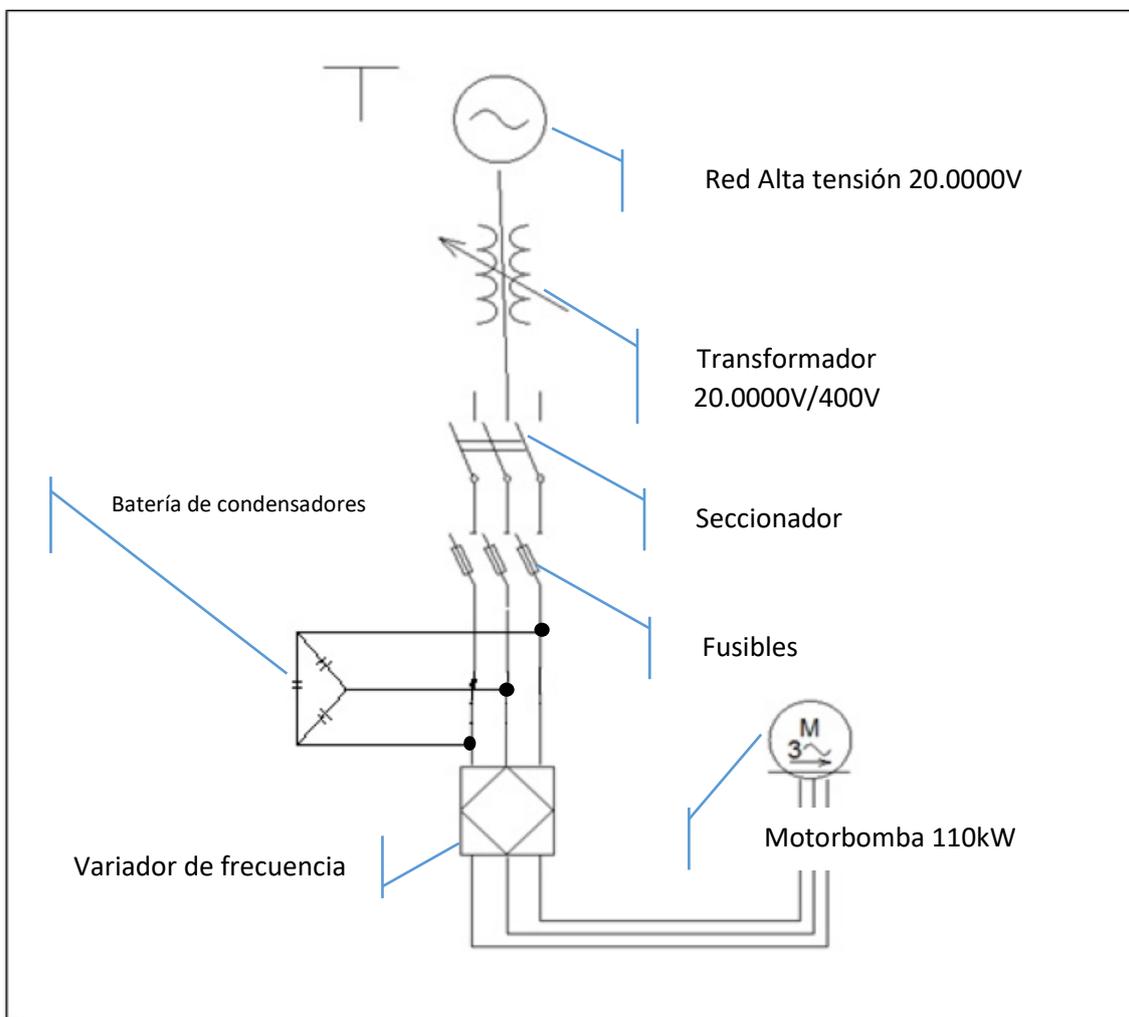


Ilustración 23. Esquema eléctrico

La instalación hidráulica consta, además de la bomba, de una tubería de impulsión de fundición de 280 mm de diámetro sobre la que hay instalados un transductor de presión, un manómetro, un contador volumétrico totalizador tipo Woltmann y una batería de filtros auto-limpiables de anillas (ilustraciones 24 y 25). A continuación, el agua es distribuida hacia los diferentes puntos de suministro para su uso.

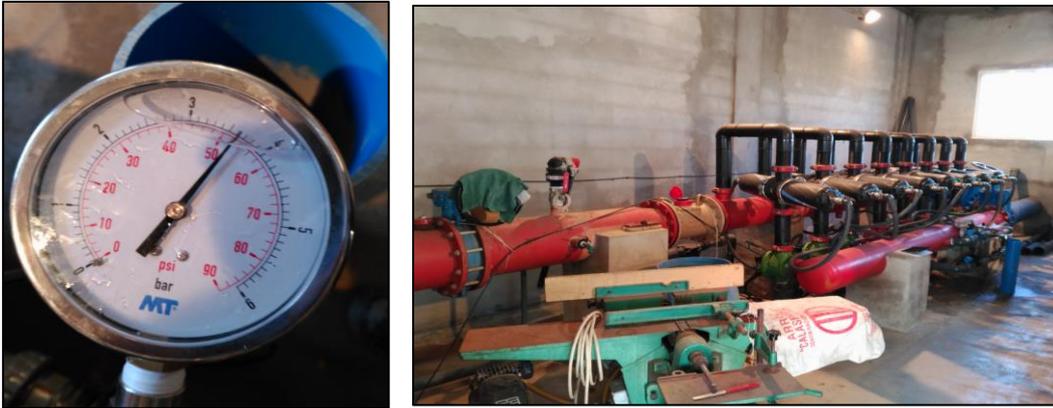


Ilustración 24. Detalle elementos de sistema hidráulico; manómetro, transductor de presión, caudalímetro y batería de filtros

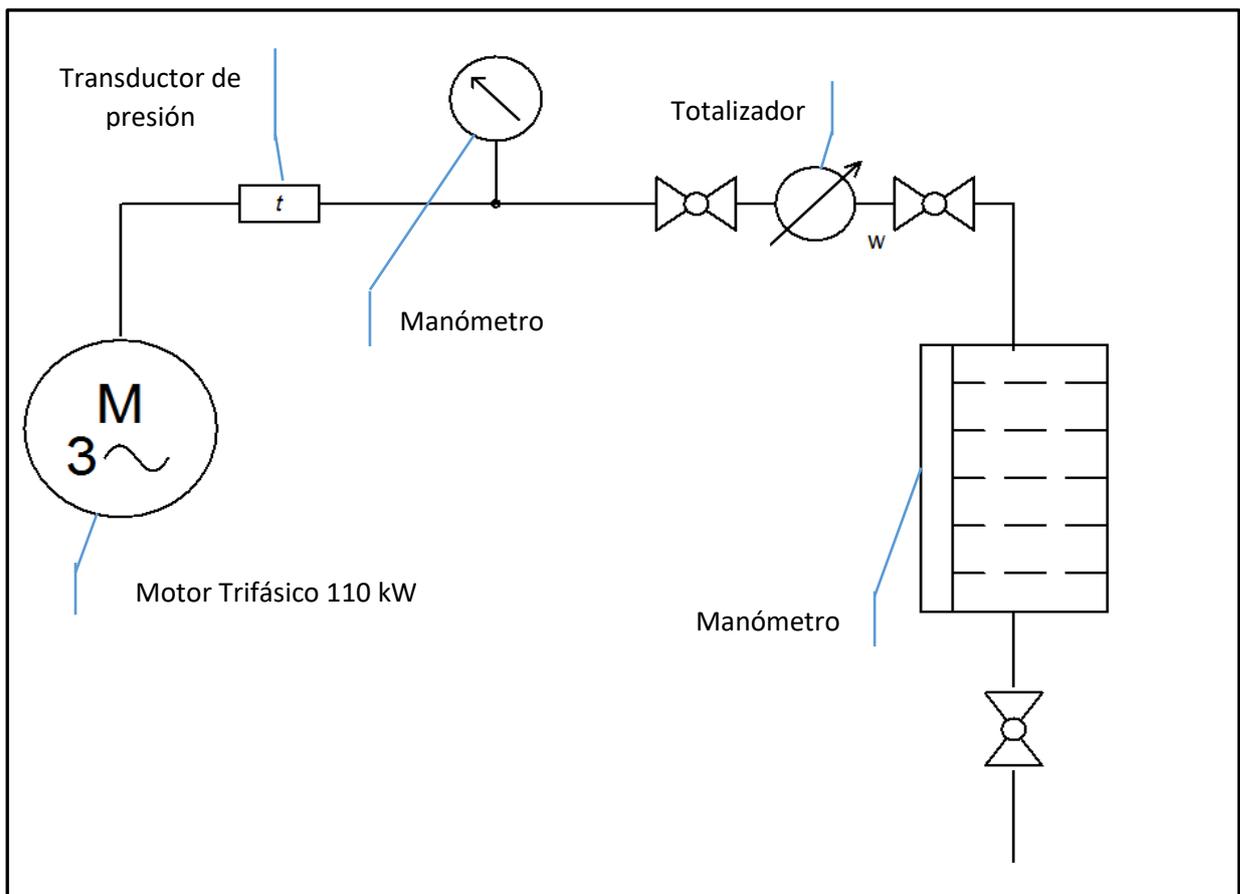


Ilustración 25. Detalle esquema hidráulico del pozo Sargueta.

A continuación, se hace una descripción más detallada de los equipos que componen las instalaciones eléctrica e hidráulica.

Transformador de alta tensión a 20.000/400V.

Se trata de un transformador en tipo seco de la marca INCOESA el cual posee una relación de transformación de 20.000V/400V y una potencia aparente de 250KVA. Se muestra en la ilustración 26 el transformador y su placa de características.



Ilustración 26. Detalle placa de características.

Contador de energía eléctrica

El contador de energía activa y reactiva es alquilado por la empresa suministradora. Se trata de contador digital trifásico.

CONTADOR ELÉCTRICO DISTRIBUIDORA	
FABRICANTE	ZIV
MODELO	5CTD-E1C-011400UA
Nº CUPS	ES0021000008118165FJ
TARIFA CONTRATADA	3.1 A
POTENCIA CONTRATADA P1	8
POTENCIA CONTRATADA P2	120
POTENCIA CONTRATADA P3	120
POTENCIA CONTRATADA P4	-
POTENCIA CONTRATADA P5	-
POTENCIA CONTRATADA P6	-
FABRICANTE MODEM	CONTAR
MODELO MODEM	ms-com
NUMERO TELEFONO	636003835
DIRECCION ENLACE	46681
DIRECCION PUNTO MEDIDA	1
CLAVE PUNTO MEDIDA	25

Tabla 6. Características contador eléctrico y suministro eléctrico.

Sondeo y grupo motor-bomba

El pozo del sondeo posee una profundidad de 150m y un diámetro de 400mm. La bomba de impulsión se encuentra ubicada a 93m de profundidad y posee un diámetro de 280mm.

El equipo de bombeo está compuesto por una bomba de la marca General Pumps con una potencia de 110kW, un caudal nominal de 210m³/h y una presión nominal de 145m.c.a.(tabla 7).

Bombeo Sargueta	
Marca:	GENERAL PUMPS
Modelo:	GP215
Frecuencia:	50Hz
Voltage (V):	400
Velocidad de giro (r.p.m)	2900
Cos ϕ	0,99 posee Variador de Frecuencia
Potencia Kw	110
Caudal nominal (m ³ /h)	210
Altura nominal (m)	145
Sondeo Sargueta	
Cota del terreno:	125 msnm
Profundidad del sondeo (m)	150
Profundidad Bomba (m)	93
Diámetro del sondeo	400
Diámetro nominal impulsión (mm)	280
Coordenadas X (ETRS89)	711.722,84
Coordenadas Y (ETRS89)	4.373.202,99

Tabla 7. Datos pozo, bomba y motor Sargueta.

Variador de frecuencia

La instalación dispone de variador de frecuencia con el cual optimizan los arranques y paros de la bomba hidráulica, y permite modificar la velocidad y el caudal de la bomba en función de la demanda. Se trata de un variador de frecuencia de la marca **PDL ELECTRONICS** diseñado para una potencia de 132kW (tabla 8).

ARRANCADOR	
TIPO ARRANCADOR	VARIADOR VELOCIDAD
FABRICANTE	PDL ELECTRONICS
MODELO	UE-250
POTENCIA (kW)	132
TENSION (V)	400
INTENSIDAD (A)	250

Tabla 8. Datos variador de frecuencia.

Contador Volumétrico Totalizador

Después de la tubería de impulsión y previo a la batería de filtros auto-limpiables se encuentra el totalizador. Se trata de un equipo con un diámetro nominal de 250mm. El fabricante es Schlumberger y el modelo es el WEG65. El tipo de contador es WOLTMAN tipo turbina para medición de grandes caudales y aguas frías (tabla 9).

CAUDALÍMETRO	
FABRICANTE	SCHLUMBERGER
MODELO	WEG 65
TIPO CAUDALIMETRO	WOLTMAN
DIAMETRO NOMINAL DN (mm)	250

Tabla 9. Datos caudalímetro de la instalación.

Manómetro

Elemento para la medición de presión de forma visual, se encuentra situado aguas arriba del contador de caudal. Se trata de un manómetro del Fabricante Mel, con una escala de medida de 0 a 62 m.c.a.. Posee una clase de precisión de 1,6

Transductor de presión.

Instrumento para monitorización de presión. No es de lectura directa, sino que su señal 4 -20mA va dirigida al variador de frecuencia para establecer consigna de funcionamiento. No se dispone de más datos del transductor.

4.5 Consumo hídrico por suministro y general. Rendimiento de la red.

En la siguiente tabla se muestran los consumos mensuales de los 18 suministros, tamaño en m² de las parcelas que reciben riego agrícola (suministros industriales no aplica), porcentaje que representa cada parcela respecto al total y datos totalizados.

Nº DE CONTADOR/ SUMINISTRO	ENERO m ³	FEBRERO m ³	MARZO m ³	ABRIL m ³	MAYO m ³	JUNIO m ³	JULIO m ³	AGOSTO m ³	SEPTIEMBRE m ³	OCTUBRE m ³	NOVIEMBRE m ³	DICIEMBRE m ³
1	435	635	875	1162	1245	1557	1670	1758	1822	1508	859	586
2	87	67	72	88	91	81	95	91	96	86	82	74
3	131	112	115	125	118	120	125	132	124	126	142	92
4	325	275	298	302	281	142	168	92	106	102	94	36
5	551	886	1221	1621	1738	2172	2329	2453	2543	2104	1198	818
6	13	12	8	9	6	8	10	9	10	8	9	8
7	804	1034	1424	1891	1987	2534	2718	2863	2967	2455	1398	955
8	426	690	950	1262	1268	1691	1814	1910	1980	1638	933	637
9	438	716	986	1309	1265	1754	1882	1982	2054	1700	968	661
10	404	637	878	1166	1103	1562	1675	1764	1829	1513	861	588
11	576	810	1116	1481	1588	1985	2129	2242	2324	1923	1095	748
12	506	708	976	1296	1389	1736	1862	1961	2033	1682	958	654
13	804	1154	1591	2112	2264	2830	3035	3197	3313	2742	1561	1066
14	904	1626	2240	2974	3189	3986	4275	4502	4667	3862	2198	1502
15	1086	1661	2289	3039	3258	4073	4368	4600	4768	3946	2246	1534
16	599	779	1073	1425	1528	1909	2048	2157	2235	1850	1053	719
17	479	744	1025	1361	1459	1824	1956	2060	2135	1767	1006	687
18	635	1071	1476	1960	2101	2626	2817	2966	3075	2544	1448	989
TOTAL MES m ³	9200	13151	18120	24058	25794	32239	34579	36415	37746	31235	17781	12146

Tabla 10. Volumen totalizado por suministro y mes

Los m³ que se computan en cada punto de suministro son consecuencia del tipo de cultivo, marco de plantación, manejo de la plantación y otros factores.

A continuación, procedemos a comparar los consumos de los diferentes sectores hidráulicos frente al contador general de la instalación, de tal manera que se realiza el cálculo de rendimiento de la red de cada sector. Esto permite que se pueda priorizar en búsqueda de fugas, roturas y/u otros elementos que causen que la red de distribución no funcione con un mayor rendimiento. El rendimiento en la red hidráulica se define como la diferencia entre el agua bruta producida y el agua registrada en los consumidores finales o suministros.

Como marco de comparación, en las redes de agua potable el rendimiento habitual está en torno al 85%. Estos rendimientos son calculados en función del agua introducida a la red y el agua

facturada, por lo que hay que reseñar que existe un porcentaje que puede no deberse a rendimiento de la infraestructura sino a fraude económico por impago. En la actualidad, el rendimiento tiende a calcularse en función de los m³, ya que existen sistemas de tele-lectura en los cuales se dispone de los consumos prácticamente on-line y por lo tanto las mediciones y el cálculo de los rendimientos del sistema son prácticamente en tiempo real.

En el presente estudio, se ha comparado la suma de los consumos de los suministros individuales (lecturas mensuales) frente a la lectura del contador general ubicado en la caseta de bombeo de la instalación.

De esta manera se cotejan las cantidades reseñadas del agua que ha salido del pozo de suministro frente al agua que ha sido contabilizada en cada uno de los suministros.

Debido a que el parque de contadores fue renovado entre el 2013 y 2014, no se han detectado fallos debido a la antigüedad del parque de contadores.

En la siguiente tabla se detalla el consumo mensual total de los 18 suministros frente al valor de lectura de caudal del contador general y se calcula el rendimiento del sistema de suministro.

MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Totales /media Rdt.
Suministros m ³	9200	13617	18613	24582	25879	32590	34977	36739	38082	31557	18108	12356	296400
contador general m ³	12737	19106	25475	33966	36938	46704	50949	53497	56044	46704	25475	16983	424578
Rendimiento red %	72,22%	68,83%	71,13%	70,83%	69,83%	69,03%	67,87%	68,07%	67,35%	66,88%	69,80%	71,52%	68,88%

Tabla 11. Comparación de consumos por mes frente al totalizador general (agua bruta), totales anuales y Rdto.

En la siguiente gráfica se muestra el rendimiento de la red de riego del Pozo Sargueta a lo largo de los meses del año.

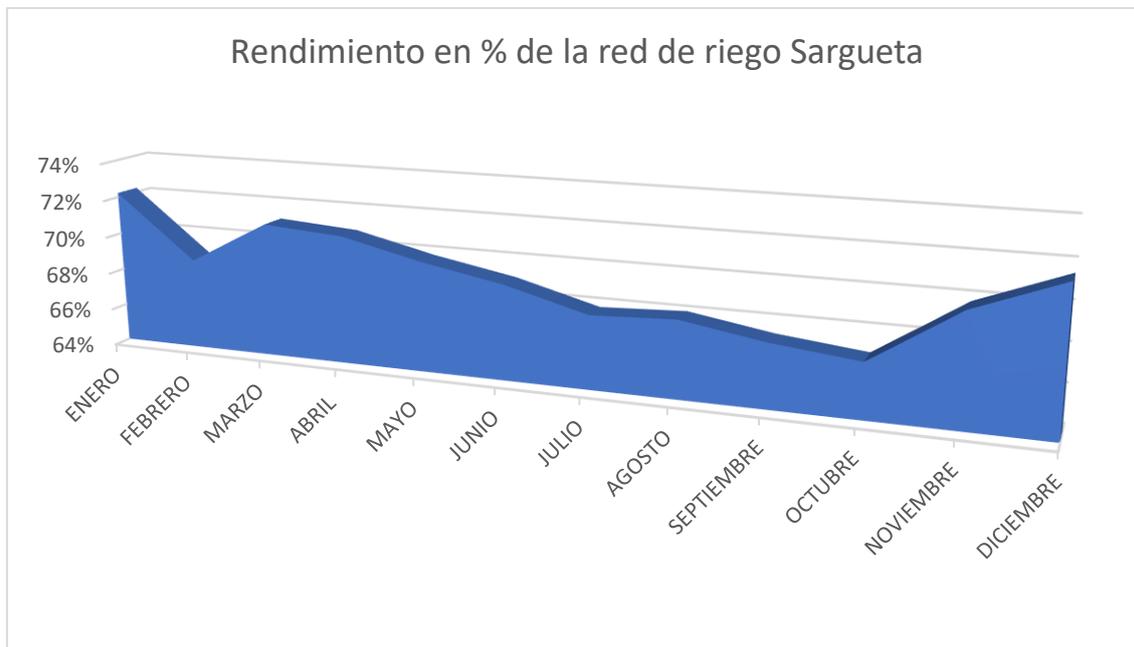


Ilustración 27. Gráfico sobre el rendimiento de la red durante el año 2015

Como se aprecia tanto en la tabla de valores como en el gráfico 27, la eficiencia en el suministro de volumen de agua de riego varía entre el 66% del mes de octubre (menor rendimiento) hasta el 74% del mes de diciembre, con valor medio anual del 68,88% (mayor rendimiento).

Según manifiestan los regantes, en el mes de noviembre hubo algunas reparaciones en la red tras las cuales vemos que el rendimiento aumenta.

Cabe destacar que el rendimiento en las redes de riego está por debajo del rendimiento que existe en las redes de agua potable (en torno al 85%). Esto puede deberse a diversos factores que se enumeran a continuación:

- Fugas en la distribución no visibles y por lo tanto no detectables a simple vista.
- Se trata de un sistema que sufre vaciados y llenados completos.
- Parada de contadores por falta de mantenimiento.
- Altas presiones de trabajo que implican mayores fugas de caudal.

Se detalla en la ilustración 28 el seguimiento del nivel de acuífero y presiones.

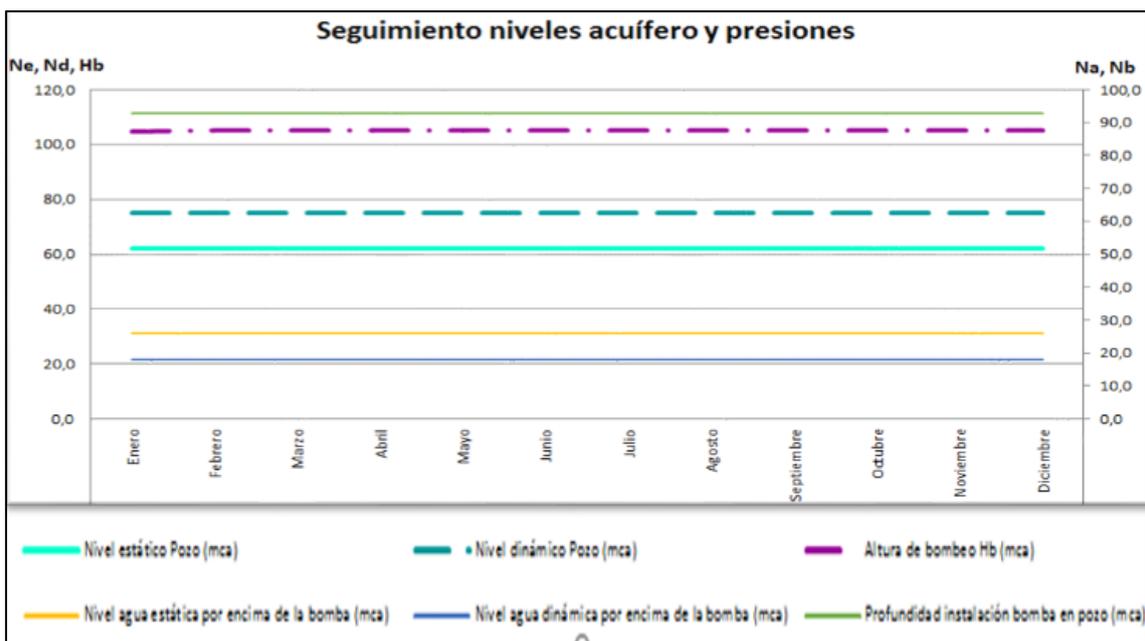


Ilustración 28. Niveles acuífero y presiones

Del gráfico anterior se sacan las siguientes conclusiones:

- **Altura de bombeo:** Estable a lo largo del año, según datos proporcionados por la organización.
- **Acuífero:** Estable a lo largo del año, según datos proporcionados por la organización. Nivel de agua por encima de la bomba 18 mca, en observación.

4.6 Consumo de energía eléctrico.

4.6.1 Suministro de energía eléctrica.

El suministro eléctrico en la instalación auditada procede totalmente de la compañía suministradora, no posee ningún tipo auxiliar de energía (grupo electrógeno). La tarifa contratada es la ATR 3.1.A con 3 periodos de contratación de potencia. En la figura nº 3 se incluye los periodos horarios y estaciones cálida y fría.

- Periodo punta; P1: 8kW
- Periodo llano; P2: 120kW
- Periodo Valle; P3: 120Kw

Se detallan los precios de acceso y de tarifa para la tarifa 3.1.A publicados por IDEA.

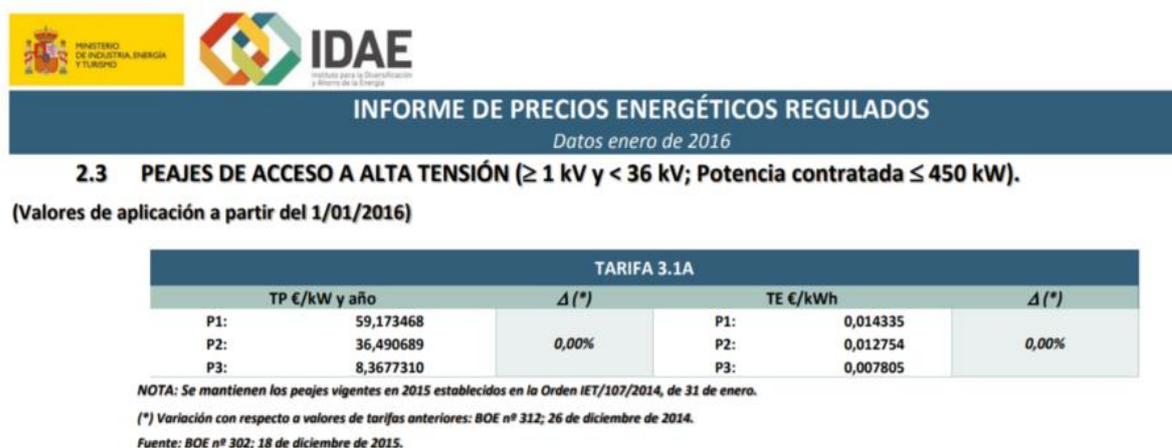


Ilustración 29. Precios regulados para tarifa 3.1A año 2016 . Fuente IDAE

4.6.2 Consumos energéticos anuales y mensuales.

De los datos obtenidos del contador de energía eléctrica y del contador volumétrico se elabora el gráfico mostrado en la ilustración 27. En él se detallan en verde continuo el consumo de energía activa de kWh, en verde discontinuo los m³ de agua suministrados y en morado el cálculo indirecto de las emisiones de CO₂ equivalentes emitidas por la instalación.

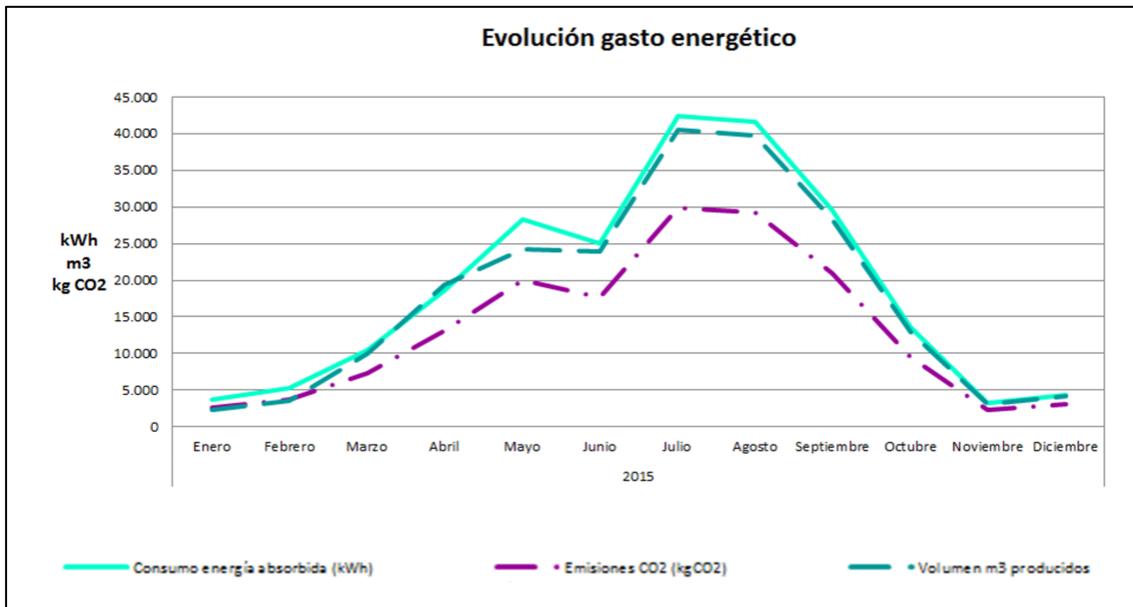


Ilustración 30. Evolución del gasto energético kW/h, kg CO₂ y m³

En la tabla 12 se muestran los consumos mensuales de energía eléctrica final y energía primaria equivalente y las emisiones de Co2 asociadas a dichos consumos.

Año		Consumo energía final (MWh)	Consumo energía primaria (MWh)	Consumo energía final (tep)	Consumo energía primaria (tep)	Emisiones CO2 (tCO2)
2015	Enero	3,67	8,63	0,73	1,72	2,59
	Febrero	5,24	12,32	1,04	2,45	3,69
	Marzo	10,46	24,57	2,08	4,89	7,37
	Abril	18,66	43,85	3,71	8,73	13,15
	Mayo	28,35	66,63	5,64	13,26	19,97
	Junio	25,03	58,82	4,98	11,71	17,63
	Julio	42,36	99,53	8,43	19,81	29,84
	Agosto	41,56	97,67	8,27	19,44	29,28
	Septiembre	29,63	69,62	5,90	13,85	20,87
	Octubre	13,59	31,92	2,70	6,35	9,57
	Noviembre	3,21	7,55	0,64	1,50	2,26
	Diciembre	4,35	10,21	0,86	2,03	3,06
Total 2015		226,10	531,34	44,99	105,74	159,28

Tabla 12. Resumen mensual de los datos energéticos, año 2015

Para evaluar el consumo de energía primaria es necesario realizar la conversión mediante el factor de Energía Primara.¹

Derivado de esta operación se extraen los datos para Toneladas Equivalentes de Petróleo y las Toneladas de CO₂ emitidas para este punto de suministro.

Se detalla a continuación cada uno de los conceptos:

-**Energía primaria (MWh)**; es el consumo equivalente de combustibles fósiles aplicando los factores de conversión de la relación entre Energía primaria y Energía final. En la energía primaria aplican las pérdidas de generación, transformación y distribución.

- **Emisiones de toneladas de CO₂**; este indicador está calculada de forma directa a través de un factor de conversión publicado por IDAE

Para el cálculo de tep y de emisiones de CO₂ se utilizan la siguiente tabla los factores de conversión publicados por IDAE.

¹ *al obtener la totalidad de la energía de un suministrador que utiliza diversas fuentes (eólica, solar, térmica y nuclear) los factores de conversión utilizados son los que son publicados de manera anual en el IDAE (año 2015). Estos varían de año en año ya que las diferentes formas de composición de la energía final varían de forma diaria, mensual y por lo tanto anual.

ELECTRICIDAD									
TECNOLOGÍA	ENERGÍA FINAL		ENERGÍA PRIMARIA				FACTOR DE EMISIÓN		
			Bornas de central		En punto de consumo		En bornas de alternador (bruta)	En bornas de central (neta)	En punto de consumo
	MWh	tep	MWh	Tep	MWh	tep	tCO ₂ /MWh	tCO ₂ /MWh	tCO ₂ /MWh
Carbón	1	0,086	2,79	0,24	3,04	0,26	0,96	1,00	1,09
Nuclear	1	0,086	3,03	0,26	3,31	0,28	0,00	0,00	0,00
Ciclo Combinado	1	0,086	1,97	0,17	2,15	0,18	0,36	0,38	0,41
Hidroeléctrica	1	0,086	1,00	0,09	1,09	0,09	0	0	0
Cogeneración MClA ⁽⁴⁾	1	0,086	1,86	0,16	1,95	0,17	0,40	0,42	0,45
Cogeneración TG ⁽⁵⁾	1	0,086	1,86	0,16	1,95	0,17	0,37	0,39	0,42
Cogeneración TV ⁽⁶⁾	1	0,086	1,86	0,16	1,95	0,17	0,42	0,44	0,48
Cogeneración CC ⁽⁷⁾	1	0,086	1,86	0,16	1,95	0,17	0,37	0,39	0,42
Eólica y fotovoltaica	1	0,086	1,00	0,09	1,09	0,09	0	0	0
Solar termoeléctrica	1	0,086	4,57	0,39	4,98	0,43	0	0	0
Biomasa eléctrica	1	0,086	3,03	0,26	3,31	0,28	0	0	0
Biogás	1	0,086	2,79	0,24	3,04	0,26	0	0	0
RSU	1	0,086	2,88	0,25	3,14	0,27	0,24	0,25	0,28
Productos petrolíferos	1	0,086	2,54	0,22	2,77	0,24	0,71	0,74	0,80
Energía Eléctrica General	1	0,086	0,18		0,19		0,29	0,30	0,33
			tep /MWh neto		tep /MWh final		tCO ₂ /MWh bruto	tCO ₂ /MWh neto	tCO ₂ /MWh final
			2,06		2,25		3,38	3,52	3,84
			MWh primario/ MWh neto		MWh primario/ MWh final		tCO ₂ /tep bruto	tCO ₂ /tep neto	tCO ₂ /tep final

Tabla 13. Factores de conversión. Fuente IDAE

Se detalla en la tabla nº 14 el resumen del consumo energético durante el año 2015.

Resumen de consumo energético				
AÑO 2015	Consumo energía final(MWh)		Consumo energía primaria (MWh)	
	226,1		531,34	
	Emisiones CO ₂	Consumo de energía final (tep)	Emisiones CO ₂	Consumo de energía primaria (tep)
	67,69	44,99	159,28	105,74

Tabla 14. Resumen datos energéticos

Se resume en la tabla nº 14 los datos hidráulicos año 2015.

Año	Volumen total agua bruta m ³	H (m.c.a.)	Dependencia energética de red eléctrica
2015	424578	112	100%

Tabla 15. Resumen de datos hidráulicos año 2015.

Se detalla en la ilustración 31 la distribución del consumo en los diferentes periodos de la contratación.

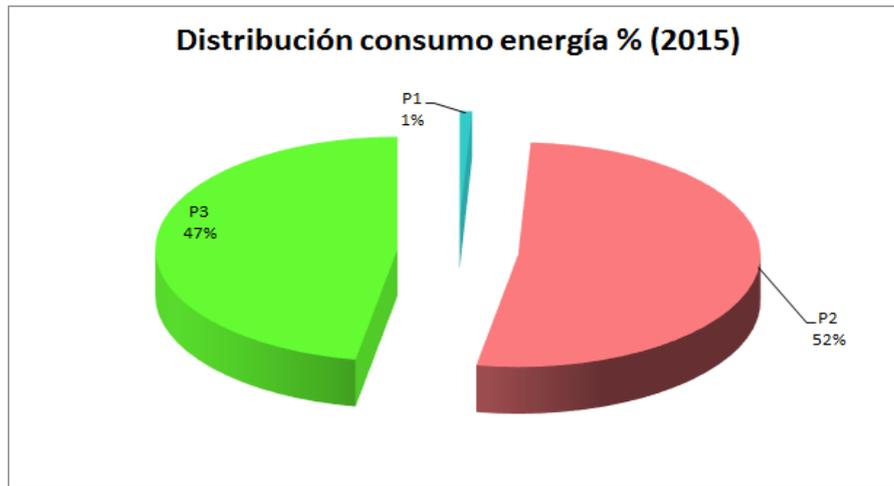


Ilustración 31. Distribución de consumo de energía en diferentes periodos.

Como se aprecia en la ilustración 32, es posible destacar que puede darse una mejoría en cuanto a desplazar las curvas de consumo al periodo más favorable económicamente que es el P3, ya que en la actualidad podemos observar que se reparten al 50% aprox. el consumo.

Esto es debido a que tradicionalmente se riega preferiblemente de día, ya que de esa manera pueden observar posibles fugas en el sistema de riego. (goteros rotos, tuberías mordidas, etcétera).

El horario de funcionamiento depende del periodo tarifario y de la estación cálida y fría. Como se puede apreciar en el siguiente gráfico el consumo se produce fundamentalmente en P2 y P3, periodos que corresponden con Llano y Valle (los periodos más económicos).

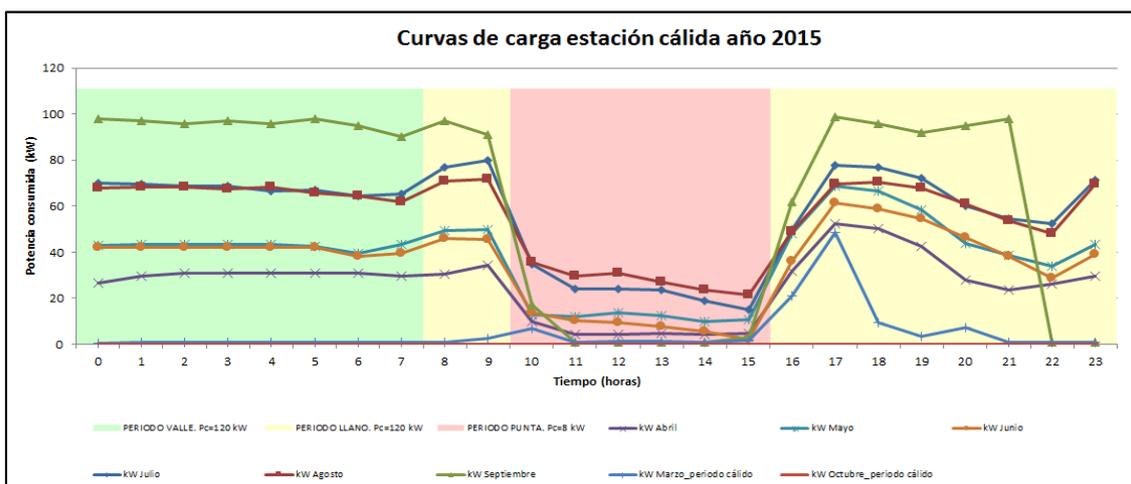


Ilustración 32. Curva de cargas de consumo en estación cálida durante 2015.

No existen puntos de almacenamiento, por lo que se lleva a cabo el bombeo directo a red. La consigna de funcionamiento es de una presión en el cabezal de riego de 35m.c.a. Con ello, se

consigue garantizar la presión mínima en todos los puntos de suministro que se establece entorno a los 24m.c.a. en la zona más desfavorable.

No se dispone de parcelas con riego a manta, no se dispone de ninguna otra fuente de suministro hídrico para realizar el riego, así como balsas u otros métodos de almacenamiento.

Existen turnos de riego, pero la información no ha sido facilitada por la comunidad de regantes.

4.7 Consumos energéticos medidos en los equipos.

4.7.1 Medios y materiales utilizados en las mediciones.

Para llevar a cabo la auditoría se han utilizado 3 equipos externos de medición:

- A) Analizador de redes
- B) Cámara Termo-gráfica
- C) Cronometro para sacar la medida de caudal de forma indirecta.

4.7.1.1 Analizador de redes Fluke

Se trata de un medidor con las siguientes funciones de almacenamiento de datos de diversas variables eléctricas como son Voltaje, Intensidad, Energía, Potencias; Activa, Reactiva y Aparente, coseno de phi, distorsión armónica y Frecuencia. El analizador dispone de una memoria interna de 8Gb y el cual se puede programar para registrar datos desde 1s hasta 24h El analizador posee las siguientes precisiones:

Parámetro	Precisión
Voltaje	$\pm 0,1\% \pm n \times 0,1 \%$
Amperios	$\pm 0,1\% \pm n \times 0,1\%$
Vatios	$\pm 5\% \pm n \times 2 \% \pm 10$ cuentas
Tasa de distorsión armónica THD	$\pm 5 \%$
Frecuencia	$\pm 0,01$ Hz

Tabla 16. Características analizador de redes Fluke

4.7.1.2 Cámara Termo-gráfica Flir i5

La cámara termo-gráfica representa un instrumento esencial para localizar problemas que a simple vista no son detectables, constituye una herramienta muy eficaz para un mantenimiento predictivo

4.7.1.3 Cronometro.

Un reloj para la medición de tiempo y con el que calcular el caudal que discurre a través del contador totalizador Woltmann.

4.7.2 Ensayo del Grupo bomba-motor con inyección directa a red.

Se lleva a cabo un estudio del consumo energético y de la eficiencia energética del grupo motor-bomba durante 6h de funcionamiento en un día representativo, mediante el analizador de redes.

Cabe reseñar que las curvas resistentes del sistema de riego, así como las demandas en los consumos varían de forma habitual y el bombeo se adapta a dichas demandas.

Con todo ello se llevan a cabo las mediciones con la consigna del transductor de presión a 35 m.c.a. y la demanda de riego y suministro industrial correspondiente para el día 2 de junio de 2017 entre las 3:00 y las 9:00.

Se instaló el analizador de redes en la línea de entrada al Variador de Frecuencia. Se detallan en la Tabla nº 16 los datos más significativos.

Parámetro	Total Min	Total Med.	Total Max.
Potencia Activa (kW)	100,14	101,28	102,36
Potencia Aparente (kVA)	109,56	110,88	112,14
Cos phi	0,97	0,97	0,97

Tabla 17. Detalle de mediciones realizadas con analizador de redes Fluke

La potencia durante el periodo de la 6h media de 101,28kW y la energía consumida es de 261,13kWh. En ese mismo periodo se impulsó un total de 483m³, medido con el contador volumétrico-totalizador.

Se lleva a cabo el cálculo de la Eficiencia Energética del bombeo;

Energía hidráulica suministrada= $(9,81 * 1000 \text{ Volumen (m}^3\text{)} * H(\text{m.c.a.})) / 3600000 = 147,41 \text{ kWh}$

Energía eléctrica consumida = 261,13kWh

$$EEi = Es/Ea * 100; EEi = 56,45 \%$$

4.7.3 Indicadores energéticos

Los indicadores energéticos constituyen una herramienta esencial en la auditoría energética. Los indicadores relacionan el consumo de energía y la actividad económica o productiva. Con los indicadores se puede valorar y visualizar la evolución de diferentes aspectos de la instalación, de tal manera que de una forma sencilla (gráfica) se detecta una posible tendencia de un equipo.

Estos indicadores pueden ser propuestos por el equipo auditor o utilizar otros diferentes que ofrecen en otras guías publicadas.

4.7.3.1 Índice de Bombeo. Indicador del grupo aguas de Valencia.

El GRUPO AGUAS DE VALENCIA ha desarrollado un indicador específico para equipos de bombeo (**Índice de bombeo**).

Que permite valorar el rendimiento del sistema.

El índice de bombeo proviene de las siguientes relaciones:

Se determina la energía teórica (sin pérdidas) necesaria para elevar 1m³ de agua a 1m de altura..

Se detallan a continuación los cálculos:

$$E(\text{Wh}) = \gamma * V(\text{m}^3) * H(\text{m.c.a.}) = 9810 \text{ Nw/m}^3 * 1\text{m}^3 * 1\text{m} = 9810 \text{ Julios}$$
$$9810/3600 = 2,275 \text{ Wh.}$$

Resultando energía mínima específica necesaria;

$$\underline{2,725 \text{ Wh/m}^3/\text{m.c.a.}}$$

- Este valor sería válido para un sistema sin pérdidas, en nuestro caso tenemos pérdidas derivadas del rendimiento del motor eléctrico y en la bomba de agua.
- Se toma como rendimientos del motor eléctrico el 80%² y de la bomba de agua en torno al 80%, de tal manera que los 2,275 Wh/m³/m.c.a. pasan tras las correcciones de los rendimientos oportunos a un consumo energético de 4,25 Wh/m³/m.c.a. Es el resultado de dividir los 2,275 entre el rendimiento del motor y de la bomba.

Así pues, establecemos como índice de bombeo óptimo y alcanzable el valor:

$$\underline{\underline{4,25 \text{ wh/m}^3/\text{m.c.a.,}}}$$

Lo podemos definir como el consumo de energía (en Wh) de un grupo motor-bomba con un rendimiento del 64%, para elevar 1m³ de agua a 1m de altura.

² Los rendimientos de los motores eléctricos vienen regulados por el *reglamento (CE) nº 640/2009 de la comisión de 22 de julio de 2009, por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para los motores eléctricos*. Con la no aplicación del mismo en su Artículo nº1 apartado 2 a) motores diseñados para funcionar totalmente sumergidos en líquido.
Con lo que el 80% es dato obtenido por la experiencia adquirida en pozos de bombeo.

Para el consumo energético anual del grupo motor-bomba se lleva a cabo el cálculo del Índice de Bombeo. Este cálculo se realiza únicamente con el volumen de agua y la altura manométrica que se hallan en el cabezal de riego.

AÑO 2015	Índice de Bombeo (Wh/m ³ /m.c.a.)	Volumen agua bruta año 2015 (m ³)	Consumo Energético anual 2015 (MWh)	Altura Manométrica Bombeo (m.c.a.)
TOTAL	4,98	424578	226,1	112

Tabla 18. Resumen Índice de Bombeo KPi grupo AVSA

4.7.3.2 Eficiencia energética del sistema (%)

Se establece este indicador para evaluar la eficiencia energética en el proceso de bombeo. Este indicador da una visión del estado actual de los equipos y como estos evolucionan en el tiempo.

En esta instalación, este indicador se calcula como balance entre la energía hidráulica aprovechada en la distribución de riego (numerador) y la energía eléctrica consumida en dicho proceso (denominador).

$$EEi = Es/Ea * 100$$

$$Es = \gamma * V * H$$

Ea= Energía eléctrica consumida activa (kWh)

La energía hidráulica es la aportada al agua en punto de salida.

$$Es = \gamma * V * H = (\text{kWh})$$

Donde;

$\gamma = 9810 \text{ Nw/m}^3$

V en m³

H en mc.a.

La energía eléctrica consumida corresponde con la registrada en el contador eléctrico situado antes del transformador, ya que no hay más fuentes de aporte de energía. Por tanto, esta

energía contabiliza las pérdidas del transformador, línea eléctrica de distribución, variador de frecuencia y del conjunto motor-bomba.

Se lleva a cabo el cálculo de Eficiencia Energética para el mes con mayor volumen de agua bruta bombeada, septiembre. Se calcula la eficiencia energética para el periodo donde se concentra el 89% del volumen de agua bruta bombeada, correspondiente a los meses de marzo a noviembre de 2015.

Para ambos cálculos la consigna de altura manométrica de presión es la misma 112m.c.a. y varían los datos de volumen y de consumo de energía.

4.7.3.3 *Mes de Septiembre, mes mayor bombeo de agua bruta.*

El mes de septiembre representa el mes con un mayor volumen de agua bruta bombeada con un total de 56044 m³ (13% del total de agua bruta anual bombeada), el cual conlleva un consumo de energía de 29,63MWh.

$$EE_i = E_s / E_a * 100$$

$$E_s = \gamma * V * H / 3,6 * 10^6;$$

$$E_s = (9810 * 56044 * 112.) / 3,6 * 10^6 ; E_s = 17087 \text{ kWh}$$

$$EE_i = (17087 / 29,63 * 10^3) * 100.; EE_i = 57,66 \%$$

4.7.3.4 *Meses de Marzo a noviembre*

Estos meses constituyen el 89% de bombeo de agua bruta respecto al bombeo anual total. Con ello se pretende evaluar en los meses más representativos (mayor riego) el rendimiento de la instalación. Durante el periodo comprendido de marzo a noviembre se bombean un total de 375752m³ que conllevan un consumo de energía de 209,64MWh.

$$EE_i = E_s / E_a * 100$$

$$E_s = \gamma * V * H / 3,6 * 10^6;$$

$$E_s = (9810 * 375752 * 112.) / 3,6 * 10^6 ; E_s = 209,64 \text{ kWh}$$

$$EE_i = (17087 / 209,64 * 10^3) * 100.; EE_i = 54,70 \%$$

4.7.4 Resumen de los indicadores de eficiencia energética de bombeo del sistema de Sargueta.

En la siguiente tabla se va a realizar la comparación de los distintos escenarios y la comparación frente al sistema utilizado por el Grupo Aguas de Valencia.

Ensayos	Ensayo durante 6h	Mes Septiembre	9 meses; marzo a noviembre	Ensayo Grupo AVSA
Resultados Eficiencia energética bombeo	56,41 %	57,66 %	54,70 %	54 %

Tabla 19. Resumen de Eficiencia Energética según diferentes ensayos

Como se aprecia en la tabla nº 18 los resultados de Eficiencia energética son muy similares, tanto el calculado en el ensayo realizado durante un periodo de 6h, como los coeficientes calculados a través de los volúmenes de agua bruta y los datos de facturación de energía eléctrica.

4.7.5 Análisis termo-gráfico anteriores al 2015

La cámara termo-gráfica representa un instrumento esencial para localizar problemas que a simple vista no son detectables y constituye una herramienta muy eficaz para un mantenimiento predictivo. Con los ensayos realizados con la cámara termo-gráfica se logran localizar los siguientes diferentes fallos.

Como puede apreciarse en las siguientes ilustraciones, veremos las anomalías detectados durante la inspección a la instalación. La mayoría de los fallos que se suelen encontrar en las visitas corresponden con la distribución de cargas entre las tres fases o fallos de asilamiento y/o conexión de las líneas.

Equipo transformador

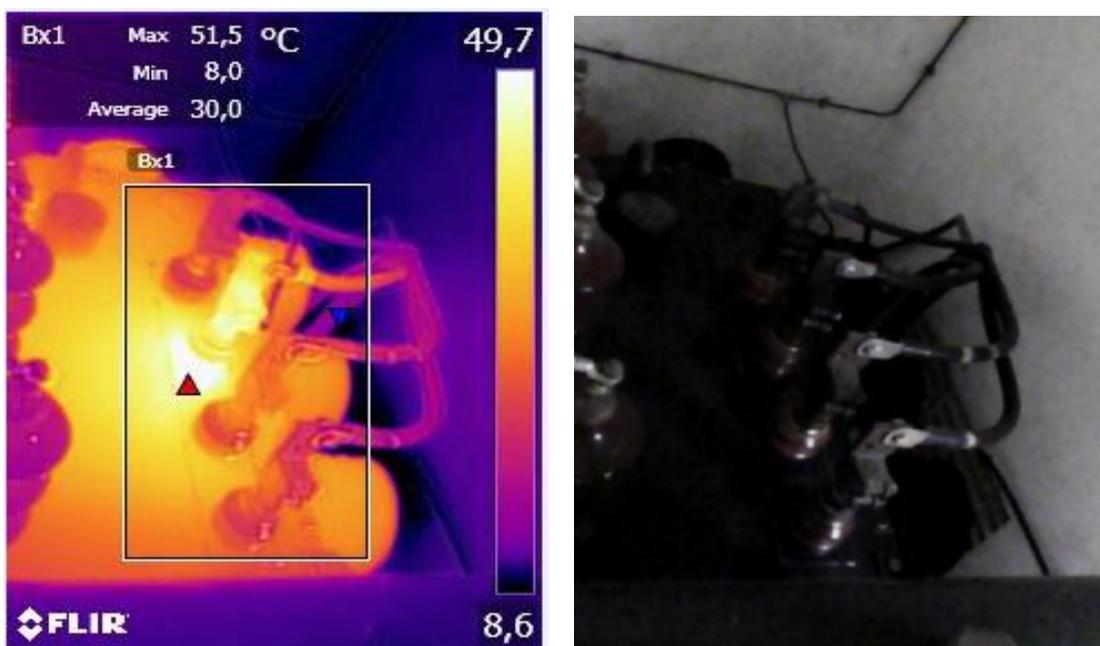


Ilustración 33. Detalle termo-gráfico del transformador

Como se aprecia en la imagen superior (Ilustración 32), se detecta un defecto en la conexión al transformador, lo cual hace que haya un incremento de temperatura respecto a las otras fases.

En la ilustración 33, se detecta un fallo en la conexión al igual que el caso anterior el cual provoca un incremento de temperatura y por lo tanto un menor rendimiento del sistema e incluso puede causar otros daños mayores.

Caja de conexiones

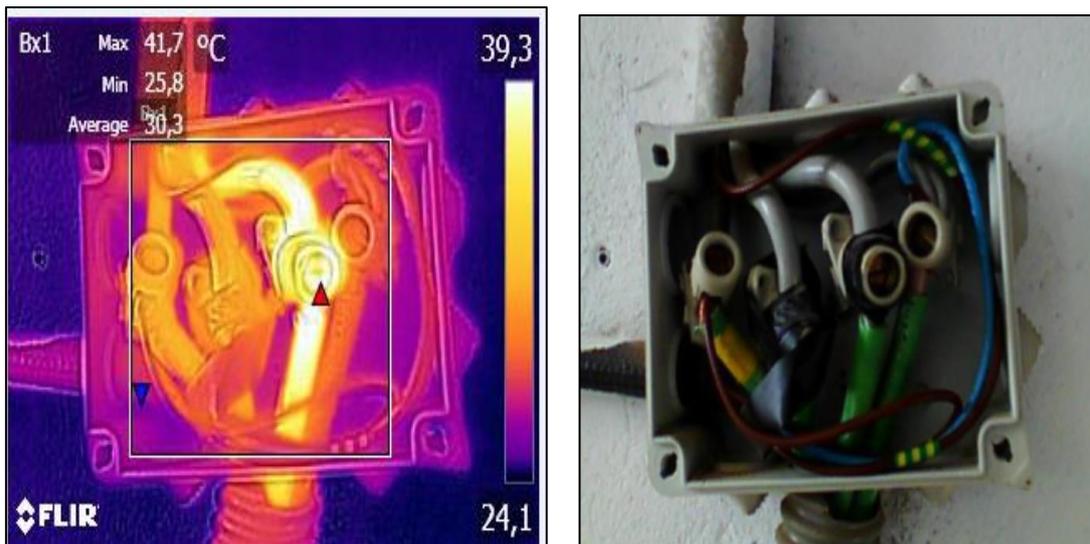


Ilustración 34. Detalle termo-gráfico de caja de conexiones, fase descompensada

4.8 Evaluación y calificación energética

En este apartado se lleva a cabo la evaluación energética de:

Gestión energética

Calificación energética de la comunidad de regantes

Calificación de la eficiencia del bombeo

Ha de tenerse en cuenta que los siguientes datos de partida.

a) Gestión energética

Proceso	Criterios de evaluación	Valoración
Mantenimiento periódico de los equipos consumidores de energía	0. Sólo en caso de averías 1. Sí, cada 1 o más años 2. Sí, más de una vez al año	1
Alcance de las revisiones periódicas	0. Cuando no hay revisiones periódicas 1. Algunos equipos cuando hay revisiones periódicas 2. A todos los equipos cuando hay revisiones periódicas	1
Tipo de revisiones	0. Sustitución de piezas averiadas y comprobación de funcionamiento 1. Sustitución periódica de elementos desgastados, engrasado, puesta a punto y revisión de puntos críticos	1
Personal encargado de las revisiones	0. Sólo personal propio sin dedicación específica 1. Personal propio y empresa especializada 2. Empresa especializada	2
Compensación del factor de potencia	0. Si es menor de 0,97 1. Mayor o igual a 097	1
Total Valoración		6

Tabla 20. Evaluación Gestión energética

Se detalla la calificación energética según los diferentes resultados publicados por el protocolo de auditoria energética en comunidades de regantes publicada por IDAE.

Calificación	Descripción	Especificaciones
Superíndice ++	Gestión Energética Excelente	$9 \leq GE \leq 10$
Superíndice +	Gestión Energética Buena	$6 \leq GE \leq 8$
Sin superíndice	Gestión Energética Aceptable	$4 \leq GE \leq 5$
Sin superíndice	Gestión Energética Deficiente	$0 \leq GE \leq 3$

Para la instalación del Pozo Sargueta calificación es SUPERINDICE + Gestión energética BUENA

b) Calificación energética de la comunidad de regantes

En este apartado se va a llevar a cabo el resumen de indicadores de energía para el 2015 del pozo Sargueta. Se añaden en la siguiente tabla nº21 los datos:

Nombre del indicador	Descripción	Resultado
Volumen de agua bruta (m ³)	Representa el agua bombeada bruta del sistema	424578
Volumen de agua contabilizada en suministros (m ³)	Representa el total de agua contabilizada en los puntos de suministro	296400
Rendimiento red hidráulica (%)	Representa la relación entre el agua bruta bombeada y el agua en los puntos de suministro.	68,88%
Consumo de Energía Activa (kWh)	Representa la energía consumida durante el periodo	226.100.000
Factor de Potencia	Representa el factor de potencia	0.98
Energía Unitaria (Kwh/m ³)	Representa los Kw consumidos por cada m ³ de agua bruta bombeada	0.53
Eficiencia Energética Bombeo EE(%)	Representa el cociente entre la potencia hidráulica suministrada por el bombeo y la potencia eléctrica absorbida.	54%

Tabla 21. Evaluación energética de la comunidad de regantes KPI's significativos

Se detallan la calificación energética según los diferentes resultados publicados por el protocolo de auditoria energética en comunidades de regantes publicada por IDAE.

Calificación	Descripción	Especificaciones
A	Eficiencia excelente	EEG > 50%
B	Eficiencia buena	40% ≤ EEG ≤ 50%
C	Eficiencia normal	30% ≤ EEG < 40%
D	Eficiencia aceptable	25% ≤ EEG < 30%
E	Eficiencia no aceptable	EEG < 25%

La calificación es de EEG>50% = A Eficiencia Excelente

c) Calificación de la eficiencia del bombeo

Este indicador se refiere al calculado en el apartado 4.7.4, en el que se calcula la eficiencia del bombeo respecto al cociente entre la potencia hidráulica suministrada por el bombeo y la potencia eléctrica absorbida. Según los ensayos realizados la EE. se sitúa dependiendo de los escenarios, entre el 50% y el 54% de rendimiento.

Se detallan la calificación energética según los diferentes resultados publicados por el protocolo de auditoría energética en comunidades de regantes publicada por IDEA.

Calificación	Descripción	Especificaciones
A	Eficiencia excelente	$EEB > 65\%$
B	Eficiencia buena	$60\% \leq EEB \leq 65\%$
C	Eficiencia normal	$50\% \leq EEB \leq 60\%$
D	Eficiencia aceptable	$45\% \leq EEB \leq 50\%$
E	Eficiencia no aceptable	$EEB < 45\%$

Con lo que según el protocolo obtiene una calificación C con una eficiencia de bombeo BUENA.

4.9 Propuesta de mejoras.

4.9.1 Ajuste consignas operación

Como se aprecia en la ilustración 35 se aprecia que los consumos de energía suelen caer en torno a las 10:00 y suelen aumentar entre las 15:00 y las 16:00. Tal y como se ve en el gráfico es posible que puedan mejorarse de algunas de las cargas, ya que se aprecia que algunos consumos de energía entran dentro del periodo horas punta (precio más elevado).

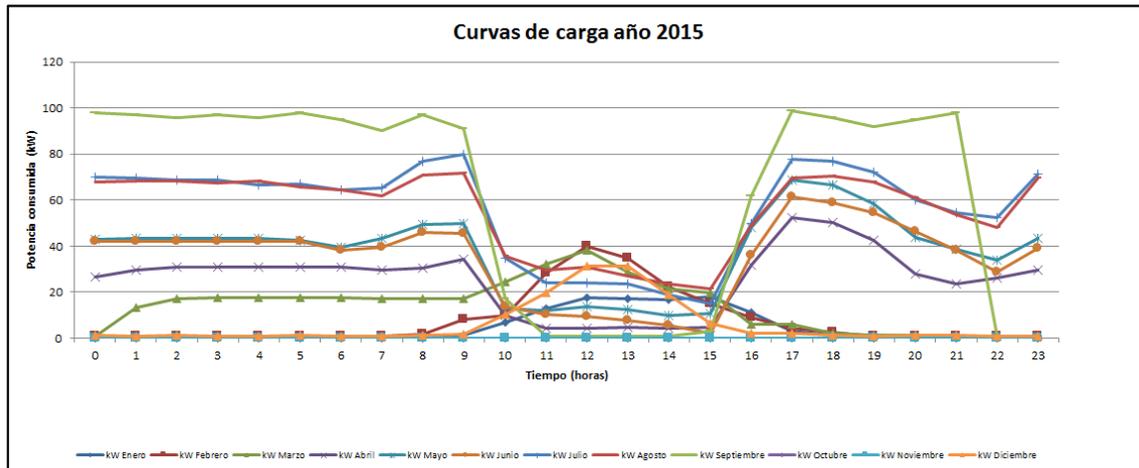


Ilustración 35. Gráfico de demanda de Potencia en función de la hora

El gráfico también indica que, el mayor número de curvas de carga se da en el P2, no siendo este el periodo económicamente más favorable, que sería P3.

Como ya se ha explicado anteriormente esto es debido a que culturalmente se riega preferentemente de día para poder observar fallos en la red de suministro. A su vez, se aprecia que en los meses cálidos la demanda de energía es mucho mayor que en los meses fríos, ya que el cultivo necesita mayor aporte de agua de riego.

4.9.1.1 Propuesta de cálculo económico por desplazamiento de las curvas de carga de P2 (periodo llano) a P3 (periodo valle).

Para llevar a cabo este cálculo se va a tener en cuenta la fig.32 y la tabla de precios para la tarifa 3.1.A. publicada por IDAE a junio de 2017 correspondiente a la ilustración 29.

Se plantean 3 escenarios distintos, tomando como referencia el escenario 0, que es el escenario real durante el periodo del 2015.

Se detallan en la tabla 22 los diferentes escenarios. Para ello, se han tenido en cuenta las potencias contratadas para cada periodo y el consumo en cada uno de las franjas horarias. Con todo ello, se ha llevado a cabo el cálculo del coste energético anual para cada uno de los escenarios planteados. Como conclusión, se incluye el ahorro de los escenarios respecto al escenario 0.

PERIODOS	P1	P2	P3	TOTAL
Escenario 0 o actual	1%	52%	47%	100%
Energía kWh	2261000	117572000	106267000	
Coste	32.884,82 €	1.503.892,17 €	830.418,06 €	2.367.195,06 €
ESCENARIOS PLANTEADOS				
Escenario 1 P2 al 10%	1%	10%	89%	100%
Energía kWh	2261000	22610000	201229000	
Coste	32.884,82 €	292.746,82 €	1.571.596,47 €	1.897.228,12 €
Escenario 2 P2 al 20%	1%	20%	79%	100%
Energía kWh	2261000	45220000	178619000	
Coste	32.884,82 €	581.114,76 €	1.395.125,42 €	2.009.125,01 €
Escenario 3 P3 al 30%	1%	30%	69%	100%
Energía kWh	2261000	67830000	156009000	
Coste	17.714,05 €	869.482,70 €	1.217.650,25 €	2.104.846,99 €

Tabla 22. Cálculo diferentes escenarios modulando la carga en periodo P2.

Ahorros respecto a los diferentes escenarios.

A) Escenario 1 cargando el periodo P2 al 10%;

El ahorro anual sería de **469.966,94 €**

B) Escenario 2 cargando el periodo P2 al 20%;

El ahorro sería de **358.070,05 €**

C) Escenario 3, cargando el periodo P2 al 30%;

El ahorro sería de **262.348,06 €**

Este estudio habría que desarrollarlo más en profundidad, ya que habría que tener en cuenta la diferentes estaciones (cálida y fría) y calcular de forma más rigurosa el ahorro por horas de funcionamiento en P2 y P3 que a su vez depende de en que época se realice el consumo de energía.

4.9.2 Instalación filtro activo armónicos

Se propone la realización de un estudio detallado para instalar un filtro activo, con el fin de atenuar la presencia de armónicos y sus daños.

Para la realización del estudio, se recomienda utilizar analizador de redes eléctricas con osciloscopio, para determinar los órdenes de armónicos que se generan.

Se recomienda dejar el ARE analizando un período de 7 días al menos.

Se recomienda la revisión de las tierras de la instalación.

Deberá realizarse el cálculo de la frecuencia de resonancia de la instalación.

- Se registra presencia de armónicos orden 5 en toda la instalación (Contaminación electromagnética, c.e.m.) (**detalle ANEXO 3** mediciones puntuales)
- THD V (%) > 5 % con pozo en marcha.
- THD I (%) > 30% con pozo en marcha.
- Factor de distorsión K > 2,5

EFFECTOS DE LOS ARMÓNICOS EN LA INSTALACIÓN:

- Factor de distorsión K > 2,5, posibles calentamientos en el transformador.
- THD V (%) > 5 %, sobrecalentamiento y vibraciones excesivas en los motores de las bombas

EFFECTOS GENERALES DE LOS ARMÓNICOS:

- Sobrecalentamiento y vibraciones en motores de bombas.
- Disminución de la eficiencia en los motores.
- Calentamiento dieléctrico, esfuerzo eléctrico, envejecimiento prematuro del aislamiento eléctrico (tierras y neutro) y en equipos electrónicos.

- Mal funcionamiento en equipos electrónicos (c.e.m.).
- Salto de protecciones por picos en corriente.
- Resonancia en condensadores.
- Vibraciones y acoplamientos en equipos electromecánicos.
- Erosión en rodamientos .
- Transformador: calentamientos excesivos, aumento pérdidas en resistencia arrollamientos y por corrientes parásitas.

Fuentes: CONELEC y MINER, NORMAS IEEE

4.9.3 Monitorización

Con el fin de tener preparada la instalación para poder evaluar en continuo la Eficiencia Energética de la misma y corregir sus desvíos a la mayor brevedad posible, conviene adecuar, cambiar o completar los equipos de medida instalados actualmente:

- Cambio manómetro presión a Clase I.
- Cambiar transductor de presión de conocida y determinada precisión.
- Aforo caudalímetro.
- Instalar y monitorizar ARE para el control y seguimiento consumo significativo Pozo.

4.9.4 Mejoras rendimiento red distribución

Mejorar el rendimiento hidráulico y reducir pérdidas de agua en la red conlleva la mejora del rendimiento energético, al reducir las pérdidas de energía del agua fugada.

La red es bastante plana y no presenta problemas de ineficiencias topográficas (sobrepresión de nudos bajos), y no se observa la necesidad de plantear instalar válvulas reductoras de presión VRP en red.

Teniéndolo en cuenta, se proponen las siguientes mejoras:

4.9.4.1 Válvulas de corte en red

Con el fin de sectorizar la red y minimizar pérdidas de agua provocadas por fugas y agilizar su posterior reparación, se propone la instalación de válvulas de corte en la tubería principal y ramales.

4.9.4.2 *Ventosas en red*

Para reducir fugas de agua provocadas por bolsas de aire contenido en las tuberías, se propone la instalación de ventosas en puntos altos, cambios topográficos o cada 200 / 300 m de trazado.

4.9.4.3 *Contadores tele-lectura en hidrantes*

Para evaluar convenientemente la eficiencia energética en el sistema, se propone el cambio a contadores hidráulicos con tele-lectura.

De esta forma, se tiene evaluado en continuo:

- Volumen de agua suministrada
- Energía suministrada/entregada al usuario (energía útil del sistema)

4.9.4.4 *Transductores de presión en hidrantes*

Para evaluar la eficiencia energética convenientemente en el sistema, se propone la instalación de transductores de presión que permitan registrar la presión de entrega en continuo.

De esta forma, se tiene evaluado en continuo:

- Presión de agua suministrada
- Energía suministrada/entregada al usuario (energía útil del sistema)

Y el seguimiento de estas mediciones permitirá observar a que hidrantes se les suministra sobrante de energía y permitirá evaluar la ejecución de otras medidas de ahorro energético (ej. Microturbina hidráulica)

4.9.4.5 *Mini-turbinas hidráulicas para generación eléctrica*

En aquellos hidrantes / acometidas que se registre exceso de presión (sobrepresión sobrante superior a la mínima de entrega), se pueden instalar mini o micro turbinas hidráulicas para generación de energía eléctrica.

Para tuberías DN 80-100, se dispone en mercado de microturbinas online que generan unos 20 W, con poca pérdida de presión (máximo 3 mca), que permite alimentar la monitorización del hidrante (contador, dataloggers,...)

5 REFERENCIAS

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2005). Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío. Madrid: Editorial Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2008). Protocolo de Auditoría Energética en Comunidad de Regantes, Madrid: Editorial Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales. Norma UNE-EN 16247-1. Aenor, 2014
- Auditorías energéticas. Parte 3: Procesos. Norma UNE-EN 16247-3, Aenor, 2014
- Francesc Fornieles (2009), *Armónicos: Efectos, diagnóstico y soluciones*. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona: Circuitor.
- Procedimientos para el estudio y análisis de perturbaciones armónicas. (2014). División PCF. Barcelona: Circuitor
- Informe sectorial derivat dels estudis energètics bàsics a comunitats de regants. (2006) Generalitat de Catalunya Departament d'Agricultura Alimentació i Acció Rural.
- Compensación de energía reactiva y monitoreo de la calidad de la potencia. (2016) Legrand, Chile: Catalogo Legrand.
- Datos Técnicos de Hidráulica. (2014). Bombas Ideal. Valencia: Publicación Bombas Ideal.
- R.D. 56/2016 de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. Madrid: BOE Nº 38
- R.D. 1164/2001 de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. Madrid: BOE 268.
- Orden IET/2735/2015 de 17 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2016 y se aprueban determinadas instalaciones tipo y parámetros

retributivos de instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Madrid BOE nº 302.

- REGLAMENTO (CE) No 640/2009 DE LA COMISIÓN de 22 de julio de 2009 por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para los motores eléctricos. Diario Oficial de la Unión Europea 191/26

6 ANEXO 1; Curvas de funcionamiento Q vs H conjunto motor-bomba.

Se ha llevado a cabo el estudio de las curvas de funcionamiento Q vs H a distintas frecuencias del conjunto motor-bomba. Se detalla a continuación la gráfica, en la cual se observan los distintos puntos de trabajo con la consigna de presión como premisa a la hora de funcionar el sistema. A su vez se gráfica el rendimiento de la bomba.

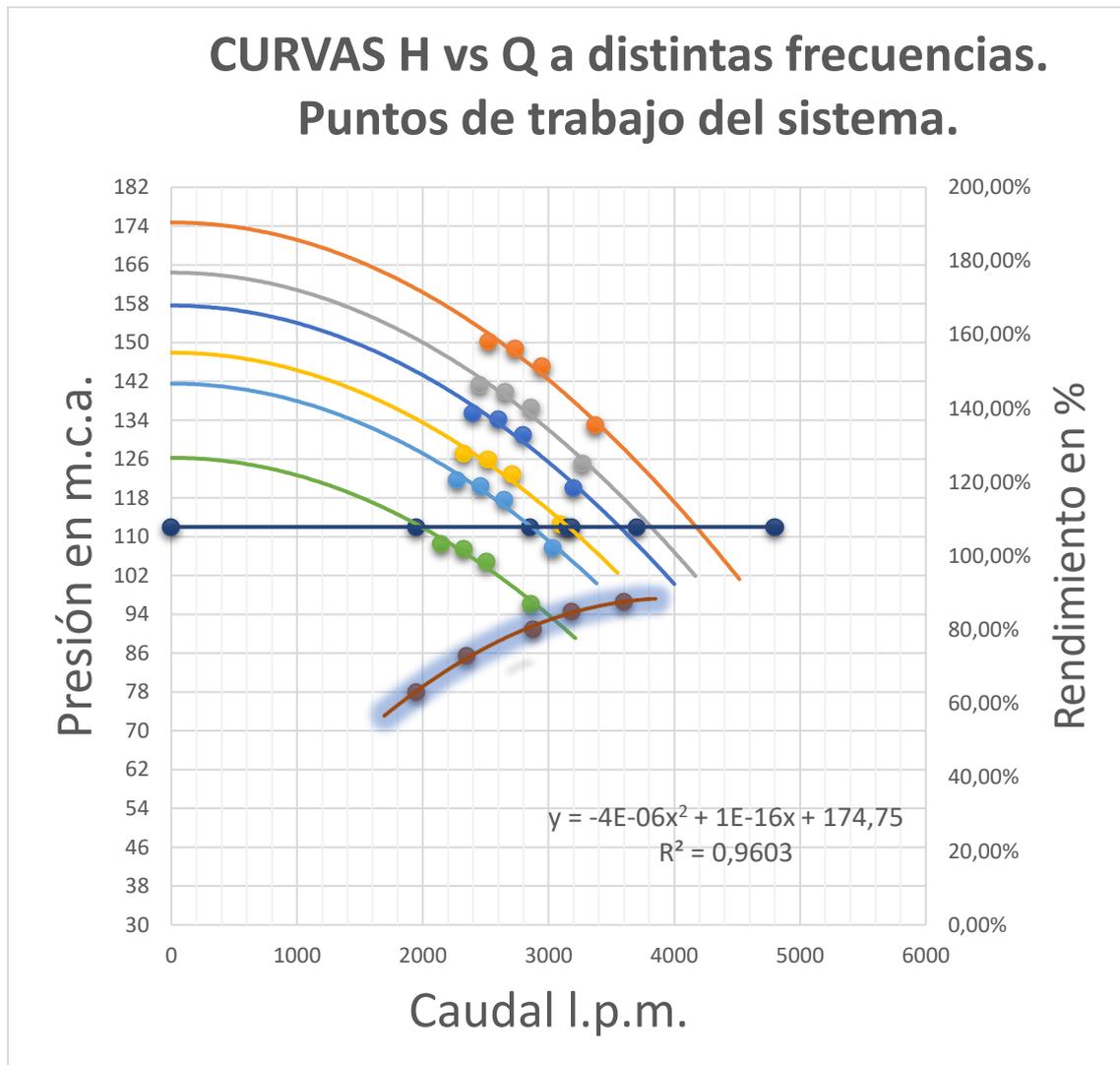


Ilustración 36. Curvas de trabajo de sistema motor-bomba

Se detalla asimismo en la siguiente tabla los puntos de trabajo y el rendimiento teórico de la bomba y el rendimiento calculado en función de la altura, caudal y potencia media consumida por el conjunto motor-bomba.

Puntos de trabajo	Caudal (l.p.m)	Presión (m.c.a.)	Frecuencia (Hz)	Potencia media (kW)	Rendimiento calculado*	Rendimiento teórico
P1	1947	112	45Hz	92,46	44,02%	63,00%
P2	2350	112	46Hz	103,92	47,28%	73,00%
P3	2875	112	47,5Hz	101,88	59,00%	80,00%
P4	3179	112	48,5Hz	102,06	65,12%	85,00%
P5	3600	112	50Hz	108,54	69,34%	87,50%

Tabla 23. Puntos de trabajo, rendimiento, frecuencia y Potencia media

*El rendimiento calculado corresponde al motor-bomba y variador de frecuencia, ya que se trata de cálculos realizados a través de los valores obtenidos en las mediciones.

7 ANEXO 2; Tabla suministros, superficie y uso de agua bruta.

Se detalla en la siguiente tabla cada suministro; la finalidad del agua bruta (industrial/agrícola), la superficie a la que afecta en m² y en porcentaje sobre el total de superficie. No se tienen en cuenta los suministros industriales respecto al total de superficie agrícola.

N.º DE CONTADOR/ SUMINISTRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TIPO DE SUMINISTRO	Agrícola	Industrial	Industrial	Industrial	Agrícola	Industrial	Agrícola											
TAMAÑO PARCELA m ²	88293	0	0	0	123184	0	143757	95923	99514	88599	112603	98483	160525	226089	231003	108294	103452	148964
Tamaño de la parcela en % respecto al total	4,83%	0,00%	0,00%	0,00%	6,74%	0,00%	7,86%	5,25%	5,44%	4,84%	6,16%	5,39%	8,78%	12,36%	12,63%	5,9%	5,7%	8,1%

Tabla 24. Suministros tamaño parcela y % respecto al total de superficie agrícola

8 ANEXO 3 Mediciones puntuales; sin carga y distintas frecuencias (50, 47,5, 45, 42,5Hz.).

FICHA RECOPIACION DATOS CAMPO PARA DIAGNOSTICO ENERGETICO										AE6-v1
ZONA:	NORTE				FECHA:					
EXPLOTACION:	SARGUETA				INSTALACIÓN: SARGUETA / RIBARROJA					
EQUIPO:										
MEDICIONES ELECTRICAS										
	100% 50 Hz		95% 47,5 Hz		90 % 45 Hz		85% 42,5 Hz		SIN CARGA	
	INICIO (hh:mm):	FIN (hh:mm):	INICIO (hh:mm):	FIN (hh:mm):	INICIO (hh:mm):	FIN (hh:mm):	INICIO (hh:mm):	FIN (hh:mm):	INICIO (hh:mm):	FIN (hh:mm):
Tensión entre fases (V)	VTS	383,7 V	VTS	383,3 V	VTS	383,1 V	VTS	382,7 V	VTS	385,3 V
	VRT	384,1 V	VRT	383,7 V	VRT	383,4 V	VRT	383,0 V	VRT	384,2 V
	VRS	382,2 V	VRS	381,4 V	VRS	381,1 V	VRS	380,9 V	VRS	383,6 V
Consumo por fase (A)	IT	193 A	IT	167 A	IT	144 A	IT	122 A	IT	0,41 A
	IR	194 A	IR	161 A	IR	146 A	IR	123 A	IR	0,36 A
	IS	190 A	IS	167 A	IS	142 A	IS	121 A	IS	0,32 A
	N		N		N		N		N	
Potencia activa (W)	Ptot	115,4 kW	Ptot	101,6 kW	Ptot	85,9 kW	Ptot	72,8 kW	Ptot	0,12 / 0,19 / 0,24
Potencia reactiva (kVAr)	Qtot	50,8 kVAr	Qtot	43,7 kVAr	Qtot	39,6 kVAr	Qtot	32,0 kVAr	Qtot	
Potencia aparente (kVA)	Stot	126,1 kVA	Stot	110,6 kVA	Stot	94,6 kVA	Stot	79,5 kVA	Stot	
Factor de Potencia (:1)	FDP	0,91	FDP	0,92	FDP	0,91	FDP	0,91	FDP	
Cos phi	Cos phi		Cos phi		Cos phi		Cos phi		Cos phi	
Frecuencia (Hz)	F		F		F		F		F	
Distorsión armónica TENSIÓN	THD	7,4 / 6,0 / 6,1	THD	6,2 / 7,3 / 6,1	THD	7,2 / 7,3 / 6,5	THD	7,5 / 7,6 / 6,9	THD	2,2 / 1,9 / 2,0
	Vrms	215,7 / 228,2 / 220,8	Vrms	228,5 / 222,4 / 221,9	Vrms	226,3 / 225,4 / 228,9	Vrms	229,5 / 222,6 / 220,8	Vrms	220,1 / 227,6 / 225,7
Distorsión armónica INTENSIDAD	THD	33,4 / 31,9 / 33,8	THD	32,5 / 33,4 / 32,9	THD	33,5 / 34,2 / 34,9	THD	33,8 / 33,9 / 34,2	THD	72,8 / 95,8 / 82,3
	I	194,8 / 196,3 / 189,7	I	167,1 / 161,2 / 166,1	I	144,8 / 147,4 / 141,5	I	122,9 / 123,8 / 120,6	I	0,36 / 0,38 / 0,35
	K		K		K		K		K	
LECTURAS CONTADOR ELECTRICO COMPANIA DISTRIBUIDORA										
Tension entre fases (V) (Parám 327, 1)	67,0 / 65,8 / 66,7		67,6 / 66,5 / 67,1		67,0 / 65,9 / 66,6		67,2 / 66,1 / 65,9		67,1 / 66,1 / 66,7	
Consumo (A) (Parámetros 317, 517, 1)	3,0 / 3,1 / 3,1		2,6 / 2,7 / 2,5		2,2 / 2,4 / 2,3		1,8 / 1,9 / 1,9		0,1 / 0,2 / 0,1	
Factor de potencia (:1) (Parám 337, 1)	0,97 / 0,98 / 0,96		0,98 / 0,97 / 0,96		0,97 / 0,97 / 0,96		0,96 / 0,97 / 0,96		0,18 / 0,62 / 0,67	
Potencia activa (kW) (Parám 17)	122,5 kW		105,65 kW		90,57 kW		80,98 kW		4,48 kW	
Potencia reactiva (kVAr) (Parám 37)	33,8 kVAr		27 kVAr		12,5 kVAr		6,4 kVAr		2,99 kVAr	
MEDICIONES HIDRAULICAS										
Apertura válvula (%)	%	100	%	100	%	100	%	100	%	100
Caudal	Q	174,2 m³/h	Q	166,2 m³/h	Q	139,4 m³/h	Q	125,4 m³/h	Q	0,0 m³/h
Presión aspiración (mca)	Pa		Pa		Pa		Pa		Pa	
Presión impulsión (mca)	Pi	35 mca	Pi	35 mca	Pi	35 mca	Pi	35 mca	Pi	35 mca
Nivel bomba por debajo del br	Nb		Nb		Nb		Nb		Nb	
Diámetro tubo impulsión (mm)	DN		DN		DN		DN		DN	
Nivel dinámico pozo (mca)	Np		Np		Np		Np		Np	
Nivel agua sobre bomba (mca)	Na		Na		Na		Na		Na	
Diferencia de niveles entre ma	Zi-Za		Zi-Za		Zi-Za		Zi-Za		Zi-Za	
Altura manométrica suministra	Hm		Hm		Hm		Hm		Hm	
MEDICIONES TEMPERATURA										
Aceite Transformador (T) - Bu	Tet		Tet		Tet		Tet		Tet	
53,9" para 3 m ³		56,9" para 3 m ³		71,6" para 3 m ³		80,6" para 3 m ³				

Tabla 25. Formulario medición puntual a distintas frecuencias de los parámetros del sistema.