



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

DESARROLLO DEL MODELO Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE ONDARA

AUTORA: MARIA DEL CARMEN TOMÁS PÉREZ

TUTORA: ELENA GÓMEZ SELLÉS

Curso Académico: 2018-19

Agradecimientos

“A mi familia,
a Juanjo,
a mi padre.”

RESUMEN

La combinación de factores y circunstancias que caracterizan la situación actual pone de manifiesto la necesidad de mejorar la eficiencia de los sistemas de producción, transporte y distribución de agua potable. La escasez de los recursos hídricos, ligada al aumento de la población, la creciente demanda energética mundial y la importancia de reducir los niveles de contaminación ambiental son las razones principales que justifican el estudio que se presenta en este trabajo.

El presente Trabajo Final de Máster desarrolla un estudio de optimización energética de la red de abastecimiento de agua potable del municipio de Ondara, localidad situada al noreste de la provincia de Alicante.

En este documento se presenta un estudio completo de optimización de una red de abastecimiento de agua, donde se muestran todas sus etapas; desde la fase de análisis de consumos hídricos y energéticos, desarrollo de un modelo matemático y la propuesta valorada de medidas que mejoren la eficiencia energética y el consumo de energías limpias de la instalación. Todo ello enfocado además desde una perspectiva económica ofreciendo alternativas que resulten viables para el organismo gestor de la instalación.

Por último, dentro del apartado de trabajos futuros, se presenta el Plan de Ahorro Energético existente en la provincia de Alicante, desde donde la Administración ofrece subvenciones para el tipo de propuestas de mejora planteadas en este trabajo, ofreciendo así facilidades para su implementación.

ABSTRACT

The current situation highlights the need to improve the efficiency of the systems of production, transport and distribution of drinking water. The scarcity of water resources, linked to the increase in population, the growing global energy demand and the importance of reducing the levels of environmental pollution are the main reasons that justify the study presented in this work.

This Master's Final Project develops an energy optimization study of the drinking water supply network of the municipality of Ondara, a town located northeast of the province of Alicante.

This document presents a complete study of optimization of a water supply network, where all its stages are shown; since the phase of water and energy consumption analysis, development of a mathematical model and the proposal of measures that improve energy efficiency and clean

energy consumption. All this also focused from an economic perspective offering alternatives that are viable for the managing body of the facility.

Finally, within the section of future works, the Energy Savings Plan existing in the province of Alicante is presented, from where the Administration offers grants for the type of improvement proposals raised in this work, thus offering facilities for its implementation.

RESUM

La combinació de factors i circumstàncies que caracteritzen la situació actual posa de manifest la necessitat de millorar l'eficiència dels sistemes de producció, transport i distribució d'aigua potable. L'escassetat dels recursos hídrics, relacionada amb l'augment de la població, la creixent demanda energètica global i la importància de reduir els nivells de contaminació ambiental són els principals motius que justifiquen l'estudi presentat en aquest treball.

Aquest Projecte Final de Màster desenvolupa l'estudi d'optimització d'energia de la xarxa d'abastament d'aigua potable del municipi d'Ondara, una localitat situada al nord-est de la província d'Alacant.

Aquest document presenta un estudi complet d'optimització d'una xarxa d'abastament d'aigua, on es mostren totes les seves etapes; des de la fase d'anàlisi del consum d'aigua i energia, desenvolupament d'un model matemàtic i la proposta valorada de mesures que milloren l'eficiència energètica i el consum d'energia neta de la instal·lació. Tot això també s'ha enfocat des d'una perspectiva econòmica oferint alternatives que siguen viables per a l'òrgan gestor de la instal·lació.

Finalment, dins de l'apartat de futures treballs, es presenta el Pla d'Estalvi Energètic que existeix a la província d'Alacant, des d'on l'Administració ofereix ajudes per al tipus de propostes de millora plantejades en aquest treball, oferint així facilitats per a la seva realització.

Índice general

I	MEMORIA	XI
1.	Planteamiento del proyecto	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Objetivos y alcance	4
1.3.	Antecedentes	5
2.	Descripción de la red de abastecimiento de agua	9
2.1.	Situación geográfica	9
2.2.	Funcionamiento hidráulico de la red de distribución en alta	10
2.3.	Descripción de las instalaciones	14
2.3.1.	Pozos Pamis I y Pamis II	15
2.3.2.	Pozo Granell	18
2.3.3.	Almacenamiento	21
2.3.4.	Potabilización	23
2.3.5.	Conducciones	25
2.3.6.	Estaciones de bombeo	25
2.4.	Estado de la red de distribución en alta	26
2.5.	Descripción de la red de distribución en baja	27
2.5.1.	Sectorización	28
3.	Modelado de la red en Epanet	33
3.1.	Modelado de la topología de la red	35
3.2.	Modelado de elementos en EPANET	36
3.2.1.	Puntos de captación	36
3.2.2.	Depósitos	37
3.3.	Modelado de la demanda en Epanet	38
3.3.1.	Demanda base de los nudos	39
3.3.2.	Curvas de demanda de la red	40
3.4.	Modelado de las fugas en Epanet	43
3.5.	Calibración del modelo matemático	46

3.5.1.	Ajuste de las fugas y regulación de la estación de bombeo	49
3.5.2.	Ajuste de la curva resistente del bombeo de los pozos	53
4.	Auditoría hídrica de la red	55
4.1.	Introducción	55
4.2.	Análisis de la evolución en el consumo de agua potable en Ondara	57
4.3.	Análisis de las necesidades hídricas actuales	61
4.4.	Balance hídrico del sistema	63
5.	Auditoría energética de la red	65
5.1.	Antecedentes	65
5.2.	Marco teórico de la auditoría energética a redes de distribución de agua	65
5.3.	Alcance	68
5.4.	Resultados auditoría energética Ondara	69
5.5.	Estudio de la facturación energética	73
5.5.1.	Términos de energía y potencia CUPS ES21000001282626QM	73
5.5.2.	Términos de energía y potencia ES0021000001282642QK	77
6.	Medidas de mejora: MAE 1	
	Sustitución bombas reelevación	81
6.1.	Justificación	81
6.2.	Funcionamiento actual de la Estación de Bombeo	82
6.3.	Selección de la nueva bomba a instalar	83
6.4.	Selección del nuevo caudalímetro	85
6.5.	Cálculo de consumos y ahorros energéticos	86
6.6.	Viabilidad económica de la inversión	88
7.	Medidas de mejora: MAE 2	
	Instalación placas solares fotovoltaicas	91
7.1.	Justificación	91
7.2.	Identificación del contador fiscal	92
7.3.	Localización de las instalaciones a mejorar	93
7.4.	Esquema de la instalación	95
7.5.	Posición óptima del generador fotovoltaico	96
7.6.	Dimensionado del generador fotovoltaico	96
7.6.1.	Energía diaria demandada por la instalación	97
7.6.2.	Dimensionado de la potencia mínima y el número mínimo de módulos a instalar	98
7.6.3.	Superficie ocupada por los módulos solares fotovoltaicos	100
7.7.	Dimensionado del inversor y selección del modelo comercial	103

7.8. Energía producida por la instalación fotovoltaica	104
7.9. Estudio energético, económico y medioambiental de la solución adoptada	108
7.10. Viabilidad económica de la inversión	109
8. Conclusiones y recomendaciones	113
8.1. Conclusiones generales del trabajo	113
8.2. Recomendaciones y trabajos futuros	114
8.2.1. Instalación de caudalímetros sectoriales telemedidos	114
8.2.2. Estudio del cambio de tarifa energética o potencia contratada	115
8.2.3. Ayudas públicas destinadas a proyectos de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones municipales	115
 II PRESUPUESTO	 121
 III ANEXOS	 131

Índice de figuras

1.1.1.Evolución del consumo de agua potable en el mundo. Fuente: Our World in Data. Global International Geosphere-Biosphere Programme (IGB)[6]	2
1.1.2.Evolución población mundial (1700-2019) y previsión de crecimiento hasta 2100. Fuente: Our World in Data based on HYDE, UN and UN Population Division (2019 revision).[5]	3
1.3.1.Ciclo natural del agua vs ciclo alterado del agua. Fuente: ITA UPV	6
2.1.1.Localización de la población de Ondara y su red de abastecimiento de agua potable	9
2.2.1.Esquema distribución en alta población de Ondara	12
2.2.2.Esquema producción y distribución en alta de Ondara de acuerdo al funcionamiento actual 2019.	14
2.3.1.Caseta Centro de Transformación y Pozos Pamis	15
2.3.2.Curva y características técnicas de diseño de la bomba instalada en el Pozo Pamis I y II. Fuente: Catálogo del fabricante	17
2.3.3.Medidas de campo realizadas en el Pozo Pamis II. Fuente: Elaboración propia . .	18
2.3.4.Variador de frecuencia de la bomba del Pozo Pamis II (izquierda) Arrancador de la bomba del pozo Pamis I, instalado en el centro de transformación de los pozos Pamis (derecha)	19
2.3.5.Caseta donde se ubica el pozo Granell	19
2.3.6.Medidas de campo realizadas en el Pozo Granell. Fuente: Elaboración propia . .	21
2.3.7.Vista aérea parcela Depósitos y Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP)	21
2.3.8.Depósitos de agua bruta y agua tratada de Ondara. Fuente: Aguas de Valencia . .	23
2.3.9.Vista de las instalaciones de la potabilizadora desde el camino de acceso al pozo Granell.	24
2.3.10 Estación de bombeo nueva. Bombeo desde depósito de agua potable a la población	26
2.3.11 Medidas de campo realizadas en la estación de Bombeo Nueva. Fuente: Elaboración propia	27
2.3.12 Características de las bombas instaladas en la Estación de Bombeo Nueva de Ondara. Fuente: Aguas de Valencia	28
2.5.1. Tipos de consumidores de la red de abastecimiento de Ondara	28

2.5.2.Red de distribución en baja Ondara - Vista de sectores	29
2.5.3.Vista en mapa de los sectores de Ondara con su nombre	30
2.5.4.Distribución de tipos de consumidores según sectores en Ondara	31
3.1.1.Modelización de las tuberías de la red de abastecimiento de agua potable a Ondara	36
3.3.1.Ejemplo asignación demanda base a cada tramo de tubería	40
3.3.2.Ejemplo asignación demanda base a cada nudo de la red	40
3.3.3.Ejemplo asignación demanda base a cada nudo de la red	41
3.3.4.Patrón de demanda promedio para cada mes. Promedio realizado a partir de las medidas cuartohorarias del contador instalado a la salida de la estación de bombeo nueva.	42
3.3.5.Patrón de demanda promedio para cada mes. Promedio realizado a partir de las medidas cuartohorarias del contador instalado a la salida de la estación de bombeo nueva.	43
3.3.6.Factor de demanda calculado para cada hora. Promedio realizado a partir de las medidas cuartohorarias del contador instalado a la salida de la estación de bombeo nueva.	44
3.4.1.Estrategias posibles para reducir las pérdidas reales.	45
3.4.2.Estimación de un primer valor para la presión media de la red. Comparación de este vaor con la presión de consigna a la salida de la estación de bombeo.	45
3.4.3.Asignación del coeficiente de descarga y el exponente del emisor para modelizar las fugas en Epanet	46
3.5.1.Calibración del modelo. Caudal y presión en cabecera. Situación inicial y primera prueba modificando el factor de demanda.	47
3.5.2.Calibración del modelo. Control del encendido y apagado de las bombas y de la velocidad de giro.	48
3.5.3.Calibración del modelo. Resultado después del cambio en la velocidad de giro. . .	48
3.5.4.Calibración del modelo. Evolución del caudal inyectado y la presión. Comparación modelo-realidad	50
3.5.5.Calibración del modelo. Evolución del caudal inyectado y la presión. Comparación modelo-realidad prueba 2.	51
3.5.6.Calibración del modelo. Evolución del caudal inyectado y la presión. Comparación modelo-realidad prueba 3.	52
3.5.7.Válvula creada en el modelo de Epanet para ajustar la curva resistente del bombeo del pozo Granell.	53
3.5.8.Pozo Pamis II en el modelo de Epanet y vista del punto de funcionamiento de la bomba del modelo.	54
4.1.1.Pantalla información SCADA de la red de abastecimiento de agua de Ondara . .	55

4.1.2.Datos generales de los volúmenes inyectados y facturados en el abastecimiento de Ondara	56
4.2.1.Evolución del número de habitantes censados en Ondara y poblaciones del entorno	57
4.2.2.Evolución de la producción y el consumo de agua en Ondara. Período 2010-2018. Fuente: Aguas de Valencia	58
4.2.3.Distribución del consumo facturado según usos. Período 2010-2018. Fuente: Aguas de Valencia	59
4.2.4.Distribución del consumo registrado por sectores en Ondara. Fuente: Aguas de Valencia	60
4.2.5.Distribución del consumo registrado por sectores en Ondara en el año 2018. Fuente: Aguas de Valencia	60
4.2.6.Datos generales de la producción y distribución en alta de Ondara	61
4.3.1.Ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Fuente: PHJ 2015-2021.	62
4.3.2.Estimación de dotaciones de agua suministrada según el PHJ (Datos 2012). Fuente: Plan Hidrológico del Júcar 2015-2021.	62
4.4.1.Balance para la auditoría hídrica. Fuente: AEAS	63
4.4.2.Balance hídrico para la población de Ondara, según los datos del año 2018. Fuente: Elaboración propia	64
5.2.1.Volumen de control y flujos de agua y energía que intervienen en el balance energético de una red de agua. Fuente: ITA-UPV	66
5.2.2.Balance energético obtenido a partir de la ecuación integral de la energía	69
5.4.1.Diagnóstico energético de una red de distribución de agua a presión. Fuente: “Towards Eco-Layout in water distribution systems”[2]	70
5.4.2.Resultados auditoría energética de la instalación de producción de agua potable en Ondara. Energía entregada a los usuarios.	71
5.4.3.Auditoría energética de la instalación de producción de agua potable en Ondara. Fuente: ITAEnergy	72
5.4.4.Reparto consumos energéticos de la instalación de producción de agua potable en Ondara. Fuente: ITAEnergy	73
5.5.1.Energía consumida CUPS 1: ES0021000001282626QM - Pozo Granell, ETAPs y grupos de bombeo a población	75
5.5.2.Energía consumida CUPS 2:ES0021000001282642QK - Pozos Pamis I y II.	78
5.5.3.Energía consumida conjunta CUPS 1 Y 2. Discriminación por períodos y distintos CUPS.	80
6.1.1.Imagen de la Estación de Bombeo en la que se plantea la mejora. Curvas teóricas de diseño y curvas actuales de la Bomba 1 y 2 de la EB Nueva Ondara. Fuente: Elaboración propia.	82

6.2.1. Curva característica actual de las bombas instaladas en la Estación de Bombeo Nueva	83
6.3.1. Imagen del modelo de bomba seleccionada: GRUNDFOS NBE 40-160/158 ASF2ABQQE. Fuente: Catálogo del fabricante	84
6.3.2. Curvas características de las nuevas bombas a instalar en la Estación de Bombeo Nueva. Modelo bomba: GRUNDFOS NBE 40-160/158 ASF2ABQQE	84
6.4.1. Caudalímetro comercial seleccionado para la salida de la estación de bombeo de Ondara. Fuente: Xylem Sensus	86
6.5.1. Tabla de resultados de ahorros esperados con el cambio de bombas propuesto en la Estación de Bombeo Nueva	87
6.6.1. Resumen presupuesto reemplazo estación de bombeo Ondara. Fuente: Catálogos fabricante	88
6.6.2. Análisis de viabilidad de la inversión para la nueva estación de bombeo en Ondara. Fuente: elaboración propia	89
7.3.1. Localización de las instalaciones a mejorar y previsión de la ubicación de los módulos fotovoltaicos.	94
7.4.1. Esquema de la instalación. Fuente: Elaboración propia.	95
7.5.1. $G_{dm}(\alpha, \beta)$: Irradiancia media diaria sobre plano fijo en Ondara. Valores obtenidos para diferentes ángulos de inclinación y orientación sur. Fuente: PVGIS	96
7.6.1. Energía demandada por la instalación durante las horas de diseño. Fuente: Elaboración propia	99
7.6.2. Módulo fotovoltaico TALE SUN Solar TP672P 330 Wp y presupuesto del equipo. Fuente: Catálogo del fabricante y generador de precios CYPE	100
7.6.3. Separación mínima entre placas solares de longitud L, inclinadas un ángulo β . Fuente: DIHMA UPV.	101
7.6.4. Distribución de los módulos solares instalados en el Depósito Cuadrado. Fuente: elaboración propia	103
7.7.1. Curva de eficiencia del Inversor HUAWEI SUN2000-20KTL y presupuesto del equipo. Fuente: Catálogo del fabricante	104
7.8.1. Irradiancia horaria del día tipo en invierno (diciembre) y verano (julio) en Ondara. Fuente: PVGIS	105
7.8.2. Tabla comparativa producción energética solar, demanda energética del día tipo y demanda no satisfecha por la instalación fotovoltaica. Fuente: elaboración propia	106
7.8.3. Producción solar de la instalación propuesta en invierno y verano en Ondara. Datos promedios del día tipo. Fuente: elaboración propia.	107
7.9.1. Tabla comparativa de los datos de producción y ahorros energéticos, económicos y medioambientales de la instalación nueva con respecto a la actual	109
7.10. Resumen presupuesto instalación fotovoltaica Ondara. Fuente: Catálogos fabricante	110

7.10.2. Análisis de viabilidad de la inversión para la instalación fotovoltaica para su uso en la instalación de producción y distribución de agua potable de Ondara. Fuente: elaboración propia. 111

8.1.1. Auditoría energética de la instalación de producción de agua potable en Ondara, una vez reemplazadas las dos bombas de la Estación de Bombeo. Fuente: ITAEnergy114

DOCUMENTO I

MEMORIA

Capítulo 1

Planteamiento del proyecto

1.1. Introducción

El agua es vital para la vida humana, las grandes civilizaciones se han erigido históricamente cerca de núcleos húmedos, como lagos, ríos o incluso el mar, usando este recurso natural para desarrollar las actividades más esenciales como la agricultura, ganadería, cocinar, beber, sanidad o higiene entre otras.

El agua y la energía son el motor para el desarrollo social y económico de cualquier población, y son elementos que están relacionados bidireccionalmente. La energía es necesaria para obtener agua, ya sea para elevarla desde un pozo, transportarla, potabilizarla para que sea apta para su consumo humano, distribuirla a los usuarios y depurarla. Y el agua en muchos casos también se utiliza para la producción energética, como es el caso de las centrales hidroeléctricas, donde los saltos de agua se utilizan para mover las turbinas que generan la energía eléctrica. Además, también se utiliza agua en el sector energético para usos más transversales pero también necesarios como por ejemplo la extracción de materias primas, los procesos de limpieza o la refrigeración de plantas termicas, los cuales requieren agua para su funcionamiento.

De hecho, estudios como “The United Nations World Water Development Report” indica que el sector energético utiliza el 8 % del total de agua dulce extraída en todo el mundo y hasta un 40 % en algunos de los países desarrollados. La importancia del agua para la generación de energía eléctrica es clara y evidente, ya que los datos indican que alrededor del 20 % de la electricidad mundial es generada a través de este proceso, siendo la fuente de energía comercial renovable más importante y económica del mundo (UNESCO, 2016[4]).

Reiterando la importancia de la energía en el ciclo integral del agua, los estudios indican que la energía representa entre un 60-80 % de los costes de transporte y tratamiento de agua. Según las Naciones Unidas, alrededor del 7 % del consumo total de energía en el mundo se utiliza para el suministro de agua.

El ahorro de agua, a menudo considerado simplemente como una medida de emergencia frente a una situación de sequía, ha tendido a convertirse en los últimos años en un conjunto de medidas

económica y ambientalmente atractivas para equilibrar los balances entre demandas y suministros urbanos. El ahorro de agua se englobaría en el concepto más amplio de conservación del agua, término surgido no hace muchos años para hacer frente a un ilimitado crecimiento de la demanda, con sus consecuencias de exigencia de mayores suministros, degradación de la calidad del agua y deterioro ambiental. El concepto en la actualidad incorpora todas aquellas técnicas que tienen por objeto el ahorro de agua o la mejor gestión de los recursos, tales como las actuaciones de modernización y rehabilitación de redes, tarificación volumétrica, equipamientos sanitarios de bajo consumo, desarrollo educativo e información pública, reutilización de aguas residuales, reciclado, cultivos y jardinería con menos exigencia de agua, etc.

El contexto actual pone de manifiesto la necesidad de mejorar la eficiencia en los sistemas de producción y transporte de agua a presión de las redes de abastecimiento de agua potable ante la escasez de los recursos hídricos, el compromiso con el medio ambiente y la creciente demanda energética de la población. Con el paso de los años y acelerado por el desarrollo industrial y el aumento demográfico, la demanda de agua por habitante ha ido aumentando progresivamente, tanto que según los estudios el uso del agua se ha multiplicado por 6 en los últimos 100 años (Wada et al, 2016[7]). En la figura 1.1.1 se muestra la gráfica de evolución del consumo de agua en el mundo en el último siglo.

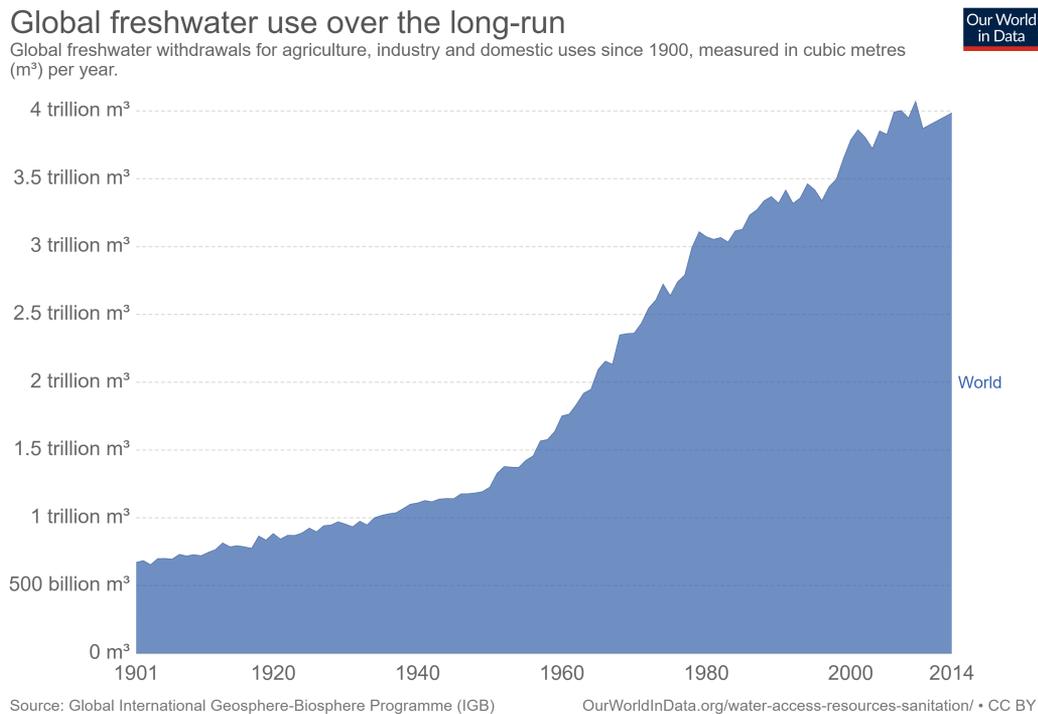


Figura 1.1.1: Evolución del consumo de agua potable en el mundo. Fuente: Our World in Data. Global International Geosphere-Biosphere Programme (IGB)[6]

La tasa de aumento en el consumo de agua ha sido de aproximadamente un 1 % anual en todo

el mundo desde los años 80 del siglo pasado, impulsado por una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando a un ritmo parecido hasta 2050, lo que representa un incremento del 20 al 30 % por encima del nivel actual de uso del agua, debido principalmente al aumento de la demanda en los sectores industrial y doméstico. Los datos de Naciones Unidas indican que la población seguirá creciendo durante todo este siglo, aunque a un ritmo menor del que lo ha hecho hasta ahora (figura 1.1.2)

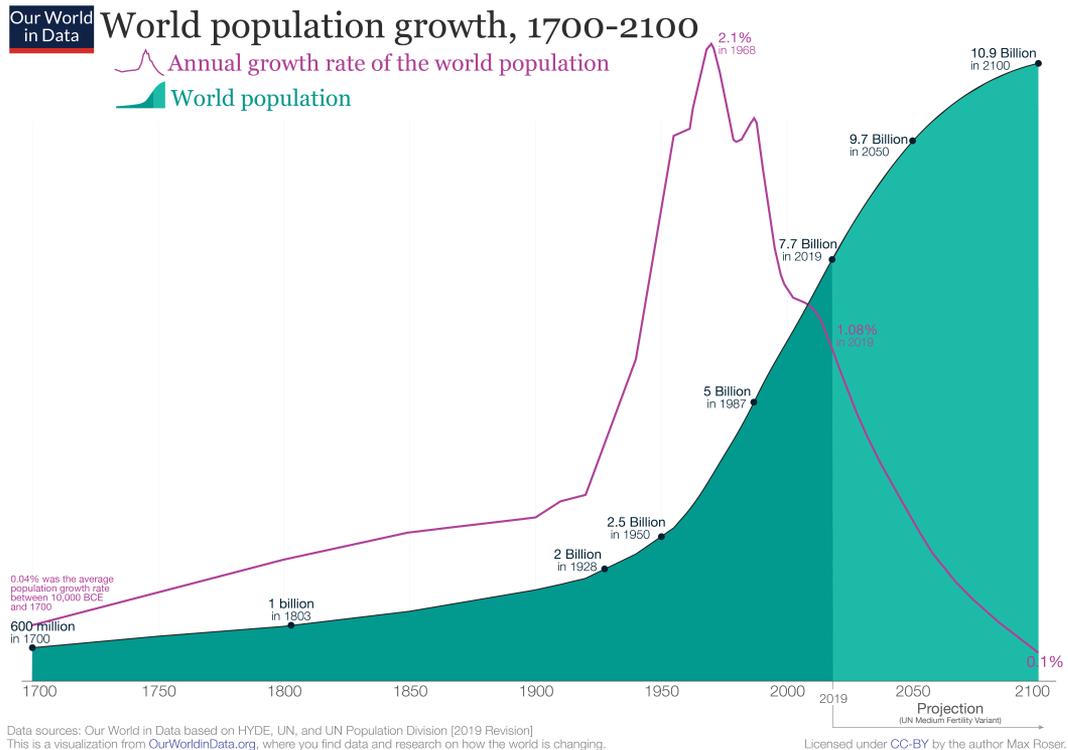


Figura 1.1.2: Evolución población mundial (1700-2019) y previsión de crecimiento hasta 2100. Fuente: Our World in Data based on HYDE, UN and UN Population Division (2019 revision).[5]

Pero además de la necesidad de ser eficientes utilizando los recursos hídricos, el marco actual demanda lograr también la eficiencia energética de las redes de transporte de agua a presión de manera global y la eficiencia energética de cada uno de los equipos que participan en este suministro. La situación en España, similar a la de otros países desarrollados, enfrenta una serie de retos sociales, económicos y medioambientales que obliga a centrar los esfuerzos en usar más eficientemente los recursos naturales. Estos retos se engloban en:

1. El aumento de la población
2. El aumento de la superficie cultivada
3. La urbanización del territorio

4. El aumento de la contaminación
5. El envejecimiento de las infraestructuras
6. El cambio climático
7. Las crisis económicas

Es por ello que, de acuerdo con la situación actual y con vistas al futuro, para mantener una gestión sostenible de las redes, es necesario centrar los esfuerzos y buscar estrategias que optimicen el uso de los recursos hídricos y energéticos, mejorando la eficiencia de los actuales sistemas de abastecimiento y garantizando un servicio de calidad, al mismo tiempo que se logren alcanzar los mismos niveles de exigencias conseguidos hasta el momento sin perder calidad en el producto final.

1.2. Objetivos y alcance

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Máster es el análisis de una red de abastecimiento de agua a una población en su conjunto y la propuesta de mejoras para optimizar la eficiencia energética de la instalación.

Para lograr este objetivo se ha realizado el modelo matemático de la red, que junto a las medidas experimentales realizadas en la instalación, ha permitido realizar la evaluación hídrica y energética de la red. Una vez conocida la eficiencia actual de la instalación y sus parámetros de operación, se han definido dos propuestas que lograrían una mayor eficiencia energética de la red, menores emisiones de CO_2 a la atmósfera, y a su vez ahorros económicos en la operación de la instalación.

Como metas o hitos particulares se han establecido los siguientes:

- Obtener un conocimiento fiable del consumo hídrico desde los puntos de captación
- Conocer y evaluar cada uno de los destinos del agua producida
- Obtener un conocimiento fiable del consumo energético y su coste
- Conocer y evaluar el reparto energético entre los diferentes consumidores
- Modelizar matemáticamente la red de producción y distribución de agua potable
- Detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro y diversificación de energía, así como su repercusión en coste energético y de mantenimiento.

A través de todo ello, los objetivos particulares que se pretenden lograr con este trabajo son:

- Mayor control sobre el uso del agua y la energía en las instalaciones de producción y distribución de agua potable

- La transición hacia consumo de energías más limpias
- Aumento de la eficiencia energética de las redes en general y equipos en particular
- Reducción de los costes de operación de las redes, gracias a un mayor conocimiento de la red
- Incentivar la importancia de una gestión adecuada de los recursos naturales

A nivel personal, con este trabajo que cierra mi formación para la obtención del título de Ingeniera Industrial, se pretende hacer uso de las competencias desarrolladas durante estos años de carrera. Su elaboración ha implicado, entre otras cosas, habilidades relacionadas con el análisis científico-técnico, organización de tiempo, priorización de tareas, habilidades interpersonales y toma de decisiones, muchos de los cuales se han adquirido durante mi formación en la UPV.

1.3. Antecedentes

La provincia de Alicante, es una de las zonas de España donde los aumentos demográficos y de consumo de agua han producido una explotación importante en los acuíferos y los niveles freáticos han disminuido generalizadamente. Debido al aumento del contenido en nitratos en el agua extraída de los pozos, en la zona de la Marina Alta, se han tenido que instalar Estaciones de Tratamiento de Agua Potable para adecuar el agua para el consumo humano antes de ser transportada hasta los usuarios. El hecho de realizar una ósmosis inversa hace que, por ejemplo, en Ondara, se extraiga entre un 15 y un 20 % más de agua de la que finalmente es distribuida a los usuarios. Además estas instalaciones tienen un consumo muy importante de energía, tanto es así que en una instalación tipo como la de este estudio, las ETAP son las principales consumidoras de energía de la instalación, representando el 45 % del consumo energético global de la instalación de captación y distribución de agua potable. Por conciencia social y poniendo la vista en un futuro cercano, se hace necesario el control exhaustivo de la gestión del agua potable, especialmente en estas zonas para garantizar el suministro sostenible y la calidad de vida a los usuarios.

El desarrollo urbanístico de las ciudades también contribuye negativamente a la sostenibilidad medioambiental en el aspecto de la recarga de acuíferos. El asfaltado de las calles modifica la permeabilidad del terreno dificultando al agua de lluvia penetrar en el terreno y así recargar los acuíferos. Además, la disminución de zonas verdes provoca una menor evapotranspiración del agua de lluvia, con lo que se altera el ciclo natural del agua, aumentando el porcentaje del agua de escorrentía en detrimento de la recarga de acuíferos y la evapotranspiración.



Figura 1.3.1: Ciclo natural del agua vs ciclo alterado del agua. Fuente: ITA UPV

En las últimas décadas, la gestión de las pérdidas de agua ha cobrado importancia. De hecho, organismos internacionales como el National Water Council del Reino Unido, el Deucher Verein des Gas un Wassferfaches (DVGW), el Banco Mundial, la American Water Works Association (AWWA) o la International Water Association (IWA) entre otros, han publicado en los últimos años diversas guías de trabajo e informes de cara a mejorar los sistemas de gestión de agua.

La directiva marco del agua de la UE (2000/60/CE) en adelante DMA tiene como objetivo establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas para prevenir todo deterioro adicional, proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos.

Por su parte, El Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transporte la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012 establece exigencias en el marco de la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia en el suministro de energía. Este Real Decreto obliga a las empresas encargadas de la gestión de abastecimientos de agua a tener auditadas energéticamente las instalaciones que supongan al menos el 85 % del consumo de energía.

El beneficio de las auditorías hídricas y energéticas radica en que permite a las organizaciones conocer su situación respecto al uso de los recursos naturales de los que disponen. Estas auditorías permiten detectar las operaciones dentro de los procesos que pueden contribuir al ahorro del agua o energía consumida, así como para optimizar la demanda energética de la instalación.

Puesto que la captación, producción y distribución de agua potable detrae los recursos hídricos

naturales para poder abastecer a la población y además consume importantes recursos energéticos, se hace necesario realizar este estudio, que permita una mejor gestión, más eficiente, con menor coste y menores emisiones a la atmósfera.

Capítulo 2

Descripción de la red de abastecimiento de agua

2.1. Situación geográfica

Ondara está situada en la comarca de la Marina Alta, al norte de la provincia de Alicante, a una distancia de 91 km de Alicante y 91 km de Valencia. El núcleo urbano principal se encuentra a 4 km de la costa mediterránea, a orillas del río Girona.

Su territorio es prácticamente plano, a excepción del sector noroeste del término que está ocupado por la Sierra de Segària. Limita al oeste con Beniarbeig, al norte con El Verger, al sur con Pedreguer, al este con Dénia y una pequeña franja de su término limita al noroeste con Benimeli. El acceso a esta localidad desde Alicante se realiza a través de la carretera N-332, o tomando la salida 62 de la autopista del Mediterráneo AP-7.

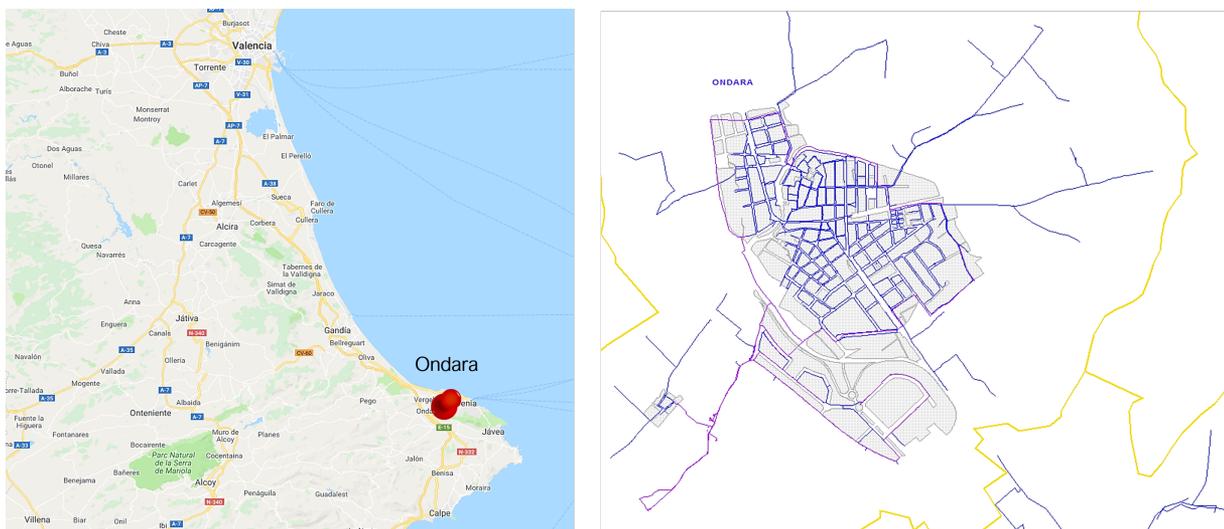


Figura 2.1.1: Localización de la población de Ondara y su red de abastecimiento de agua potable

La población total censada en 2018 asciende a 6.815 habitantes, asentada principalmente en el casco urbano, donde residen de forma habitual alrededor de 6045 habitantes.

Aunque el consumo de agua aumenta en época estival, la población no sufre un aumento significativo durante estos meses, ya que aquella que acude a Ondara durante las vacaciones se compensa con la local que se desplaza a otros municipios de costa.

En relación a la inmigración, alrededor de un 13,36 % de los habitantes censados son de nacionalidad extranjera según la encuesta del INE de 2018.

La economía es básicamente agrícola, principalmente de cítricos, pero su proximidad a núcleos turísticos importantes como Dénia o Jávea hace que juegue también un papel importante el sector servicios. La artesanía a base de mimbre y paja constituye su principal industria, al igual que ocurre en las localidades vecinas de Gata de Gorgos y Pedreguer.

Ondara tiene un clima típico del mediterráneo, con veranos calurosos e inviernos suaves. El mes más caluroso es agosto con una temperatura máxima promedio de 31,5 °C y una temperatura mínima promedio de 21,9 °C. El mes más frío del año es enero, con 16 °C de temperatura media máxima y 6,3 °C de temperatura media mínima. En relación a su pluviometría, el mes más seco es julio, con 7mm/m² mientras que diciembre es el más lluvioso del año, con una media de 87 mm/m².

El municipio de Ondara cuenta con tres puntos de abastecimiento de agua potable, que son los pozos Pamis I y II y el pozo Granell. También dispone de dos estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP I y II) que permiten adecuar el agua que se extrae del pozo Granell para el consumo humano. Para almacenamiento, esta localidad cuenta con un depósito de agua bruta donde vierte el pozo Granell, un depósito para el rechazo que sale de las plantas potabilizadoras y dos depósitos de almacenamiento de agua potable. Por último el sistema de producción de agua en alta termina en dos estaciones de bombeo que permiten aportar la presión necesaria para distribuir a toda la población.

2.2. Funcionamiento hidráulico de la red de distribución en alta

Como se ha introducido en la sección anterior, los puntos de abastecimiento del municipio de Ondara son los siguientes:

- Pozo Pamis I
- Pozo Pamis II
- Pozo Granell

Estos tres pozos están ubicados en la zona suroeste del casco urbano, al otro lado de la autopista AP-7 que cruza el término municipal. El agua que se extrae de estos pozos tiene un elevado contenido en nitratos por lo que, antes de ser distribuida a la población debe ser analizada y pretratada si es necesario.

Los pozos Pamis I y II se ubican en la misma parcela y comparten tanto centro de transformación como cuadro de protección y maniobra. No están preparados para funcionar a la vez, por lo que mientras uno opera el otro se queda de reserva.

Actualmente está trabajando solamente con el Pozo Pamis II, ya que resulta muy complicado operar con el Pamis I debido a que tiene problemas de arrastres.

Por ello, en sentido práctico se puede asumir que Ondara se abastece únicamente de los pozos Granell y Pamis II, y el Pamis I quedaría reservado para solventar situaciones singulares de demanda o mantenimiento del pozo Pamis II.

El agua que se extrae del pozo Granell es la que tiene un mayor contenido en nitratos, por lo que directamente es conducida al depósito de recepción de agua bruta, que es común a las dos plantas de tratamiento (ETAP I y II). El agua que proviene de los pozos Pamis I y II se analiza, y depende de los valores obtenidos se manda al depósito de recepción de agua bruta para ser tratada o bien se manda directamente a los depósitos de almacenamiento de agua potable.

Cuando el agua tratada sale de las ETAP es conducida hasta los depósitos de almacenamiento de agua potable. La ETAP I, que es la que dispone de dos líneas de tratamiento, envía el agua al Depósito Redondo. Por su parte, la ETAP II, envía el agua al Depósito Cuadrado.

Tanto el depósito de recepción de agua bruta, como las ETAP I y II, los depósitos de almacenamiento de agua potable cuadrado y redondo y el depósito de salmuera, se ubican en la misma parcela. Esta parcela está a apenas unos metros de la parcela donde se ubica en Pozo Granell.

Según el diseño original, el agua almacenada en el Depósito Redondo se conduce hasta la estación de bombeo Vieja, compuesta por dos bombas mas una de reserva, para ser distribuida a la población. Y el agua almacenada en el Depósito Cuadrado se conduce a la estación de bombeo Vieja, que consta de tres bombas mas una de reserva, y desde ahí se distribuye a la población.

El funcionamiento actual difiere un poco de este diseño, ya que la estación de bombeo Nueva tiene mejor rendimiento que la Vieja y capacidad suficiente para abastecer a prácticamente toda la población.

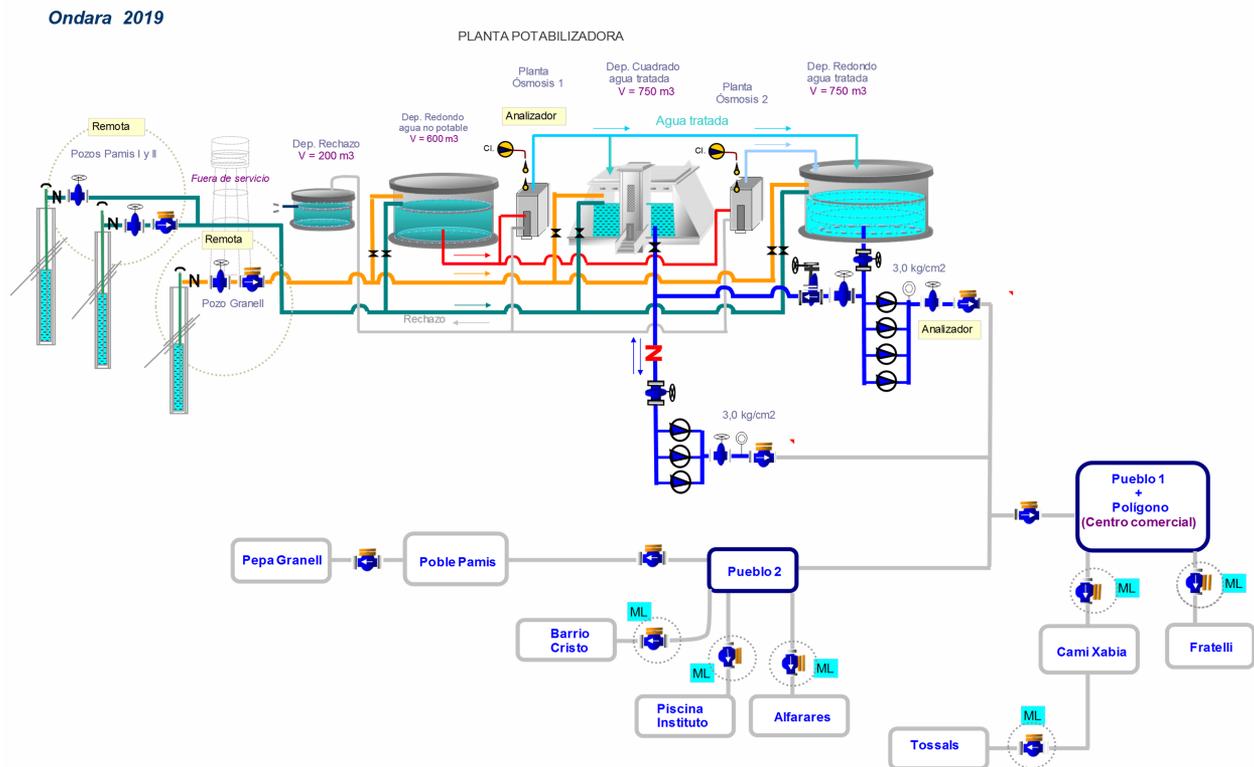


Figura 2.2.1: Esquema distribución en alta población de Ondara

Actualmente, los dos depósitos están interconectados y funcionan como uno sólo. El modo de operación consiste en pasar toda el agua del depósito Redondo al Cuadrado y desde allí ser conducido hasta la estación de bombeo Nueva para ser distribuido a la población.

Con respecto a las bombas instaladas en los Pozos Pamis II y Granell, existen diferentes normas establecidas con respecto a la regulación de su funcionamiento, que atienden básicamente a dos parámetros:

- La hora del día; para intentar optimizar el funcionamiento según el precio de la energía eléctrica.
- El nivel de la lámina de agua en los depósitos.

A principios del año 2018, se actualizó la regulación de las captaciones y se establecieron las siguientes normas de marcha o paro en función de la hora del día.

También se realiza una regulación diferente en los meses de verano que en los de invierno. Las leyes de marcha o paro de las bombas de los Pozos Pamis y Granell responde a los siguientes criterios:

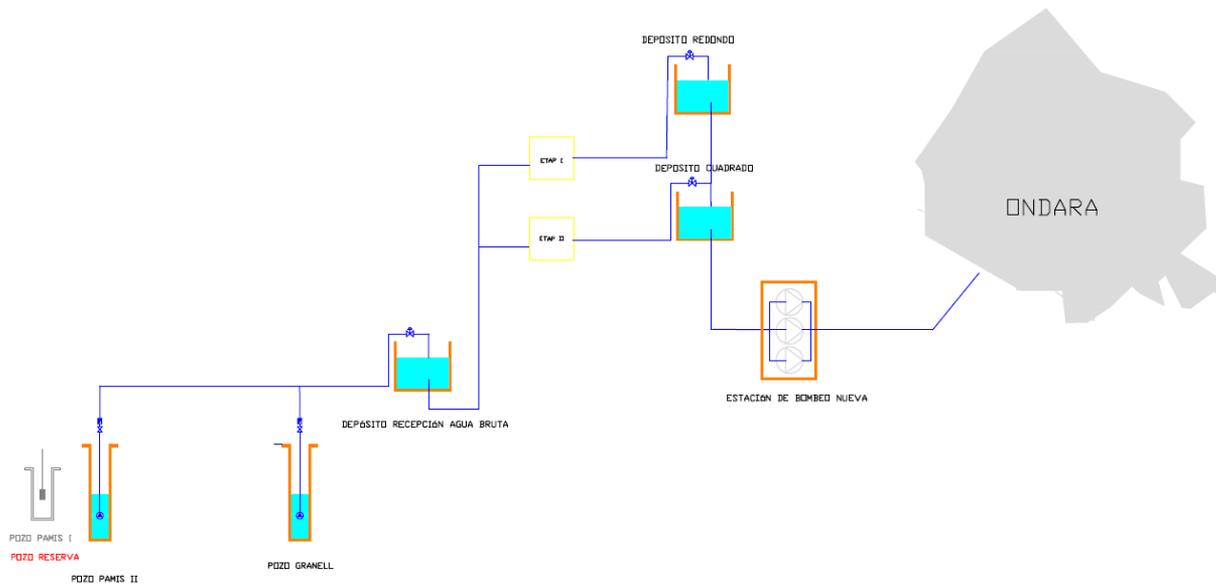
Como se ha mencionado en la sección 2.2, actualmente el grupo de presión del depósito antiguo

ONDARA	INVIERNO 2018	VERANO 2018
Pozos Pamis I y II	Prohibir de 09:50 a 23:10	Prohibir de 09:50 a 00:10
	Forzar a las 23:10	Forzar a las 00:10
	Arranque por emergencia: 2 horas	Arranque por emergencias: 2 horas
Pozo Granell	Prohibir de 17:10 a 00:10	
	Forzar de 15:00 a 16:50	Forzar a las 00:10
	Forzar a las 00:10	Forzar de 16:10 a 17:40
	Forzar a las 06:00	Arranque por emergencia: 2 horas
	Arranque por emergencias: 1 hora	

Tabla 2.2.1: Regulación bombeo de Pozos Pamis y Granell en Ondara

no se está utilizando y se funciona sólo con el grupo de presión del nuevo, que tiene capacidad suficiente y, teóricamente, mayores valores de eficiencia energética. El otro grupo de bombeo, situado a la salida del depósito antiguo, se mantiene como reserva para que pueda entrar en funcionamiento si fuera necesario, por ejemplo en caso de una avería o mantenimiento del otro. La estación de bombeo nueva, que es la que abastece actualmente a toda la población de Ondara, está formada por tres bombas, una de velocidad variable (BVV) y otras dos de velocidad fija (BVF). La BVV tiene una potencia nominal de 30 kW y el variador de frecuencia que incorpora trabaja con consigna de presión. Las otras dos bombas son de BVF y tienen una potencia nominal de 12,5 kW y 10 kW, respectivamente. Esta estación de bombeo trabaja con dos consignas de presión, por la noche la consigna es 25 mca y por el día es 31 mca.

La estación de bombeo está ubicada en una caseta muy cercana al depósito Cuadrado, del cual aspiran las bombas. El depósito Cuadrado es uno de los dos depósitos donde se almacena el agua potable. En el funcionamiento de diseño inicial, el agua del depósito Cuadrado se impulsaba desde esta estación de bombeo y el agua del depósito Redondo se impulsaba desde la estación de bombeo vieja. Como ésta última no está en funcionamiento, toda el agua del Depósito Redondo también es conducida hacia el Depósito Cuadrado para ser impulsada por la estación de bombeo Nueva. Es por ello, que a efectos prácticos, Ondara funciona con un depósito con volumen equivalente a la suma de los dos existentes, y con una estación de bombeo, ya que la otra sólo se pone en funcionamiento en momentos puntuales o de emergencia.



JULIO 2019

Figura 2.2.2: Esquema producción y distribución en alta de Ondara de acuerdo al funcionamiento actual 2019.

2.3. Descripción de las instalaciones

Respecto a las instalaciones que integran el abastecimiento de agua potable al municipio de Ondara, se pueden separar en cuatro bloques:

- **Captación:** Son las instalaciones encargadas de la incorporación del agua a la red desde su medio natural. El abastecimiento de agua potable a Ondara depende en la actualidad de tres captaciones: los pozos Pamis I y II (aunque el pozo Pamis I está de reserva), y el pozo Granell. Todos ellos se ubican al suroeste del casco urbano, al otro lado de la autopista AP-7 que cruza el término municipal.
- **Almacenamiento:** Consiste tanto en los depósitos que almacenan el agua bruta que se eleva de los pozos como los que almacenan el agua potable que sale de las estaciones de tratamiento de agua potable, más el depósito de rechazo de la salmuera de dichas ETAP.
- **Potabilización:** Se compone de las dos estaciones de tratamiento de agua potable que existen en este municipio. Son las encargadas de adecuar el agua extraída de los pozos para el consumo humano.

- **Conducciones:** Consiste en la red de tuberías que conectan la red de distribución en alta, desde los pozos hasta la tubería general que conduce el agua hasta el municipio.
- **Regulación:** Consiste en las dos estaciones de bombeo que regulan la presión y el caudal inyectado en el sistema. La estación de bombeo Nueva está compuesta por tres bombas y la estación de bombeo Vieja está compuesta por cuatro bombas.

Las curvas de altura-caudal y rendimiento de las bombas que se presentan en las siguientes subsecciones se han obtenido del catálogo del fabricante, pero conviene remarcar que, en cualquier instalación y debido al uso, el funcionamiento de las bombas se va alejando de los parámetros de diseño proporcionados por el fabricante. Por ello, a la hora de tomar medidas de cara a una auditoría energética de una instalación que ya está en funcionamiento, ha sido necesario realizar mediciones in situ y comprobar cómo de alejada está la bomba respecto de los parámetros de diseño. Para realizar este trabajo, se ha visitado la instalación y se han tomado las medidas de las variables hidráulicas y energéticas pertinentes.

2.3.1. Pozos Pamis I y Pamis II

El pozo Pamis I es el más antiguo, se construyó en 1985, mientras que el Pamis II se construyó en 1999. Estos dos pozos no son independientes, ya que sólo se puede operar un único pozo cada vez, quedando el otro en reserva. Comparten Centro de Transformación y cuadro de protección y maniobra. Esta instalación dispone de un variador de velocidad, que también da servicio alternativamente a los dos pozos.



Figura 2.3.1: Caseta Centro de Transformación y Pozos Pamis

En el año 2012, el pozo Pamis II tuvo un fallo en el encamisado de la perforación que provocó

el derrame de todo el lecho filtrante en la misma. Este fallo dejó completamente inutilizado el pozo y se tuvo que dejar de explotar. Pero a mediados del año 2013, se rehabilitó este pozo y en la actualidad el pozo Pamis II es el que se utiliza habitualmente junto con el pozo Granell, manteniéndose el Pozo Pamis I como pozo de reserva.

Las características de diseño de los pozos Pamis I y Pamis II y de los equipos de bombeo instalados en los mismos, se resumen en la tabla 2.3.1:

Las curvas de altura caudal y rendimiento de las bombas se han obtenido del catálogo del fabricante, y son las que se presentan en la figura 2.3.2. Respecto a las medidas reales realizadas, de los pozos Pamis I y II se ha decidido ensayar solo el Pamis II por ser el que se utiliza habitualmente, ya que el otro se mantiene como pozo de reserva y se ha considerado que no era conveniente presentar propuestas de mejora en una instalación que suma muy pocas horas de uso anual. En el Anexo I de este trabajo se proporcionan todas las medidas realizadas en el pozo Pamis II durante la visita a la instalación de Ondara.

POZO PAMIS I		Valor	POZO PAMIS II		Valor
INSTALACIÓN					
Acrónimo	INS02		Acrónimo	INS02	
Fecha instalación	No hay datos		Fecha instalación	No hay datos	
Denominación	Pozo Pamis I Ondara		Denominación	Pozo Pamis II Ondara	
Estado servicio	Operativo alternativo (Reserva)		Estado servicio	Operativo	
SONDEO					
Tipo sondeo	Pozo subterráneo		Tipo sondeo	Pozo subterráneo	
Diámetro sondeo (mm)	125		Diámetro sondeo (mm)	130	
Profundidad del sondeo (m)	135		Profundidad del sondeo (m)	135	
Profundidad de la bomba (m)	104,7		Profundidad de la bomba (m)	110	
Cota Brocal (mca)	40		Cota Brocal (mca)	40	
Propietario	Ayto de Ondara		Propietario	Ayto de Ondara	
BOMBA POZO PAMIS I					
SUMINISTRO ELÉCTRICO		Valor	BOMBA POZO PAMIS II		Valor
CUPS	ES0021000001282642QK		CUPS	ES0021000001282642QK	
Tarifa	3.1A		Tarifa	3.1A	
Potencias contratadas (kW)	P1=15, P2=15, P3=60		Potencias contratadas (kW)	P1=15, P2=15, P3=60	
BOMBA					
Fabricante	ATURIA		Fabricante	ALQUIND	
Modelo	XN8H6A		Modelo	ALX8-75-03	
Altura nominal (mca)	95		Altura nominal (mca)	35	
Caudal nominal (m ³ /h)	110		Caudal nominal (m ³ /h)	78	
Potencia nominal (kW)	55		Potencia nominal (kW)	11	
Nº rodetes	6		Nº rodetes	6	
Velocidad de giro (rpm)	2.900		Velocidad de giro (rpm)	2.900	
MOTOR					
Fabricante	ATURIA		Fabricante	ALQUIND	
Modelo	H8.75		Modelo	AM-6.17	
Potencia nominal (kW)	55		Potencia nominal (kW)	13	
Tensión de alimentación (V)	380		Tensión de alimentación (V)	380	
Intensidad (A)	80		Intensidad (A)	18	
Clase Eficiencia Energética	IE1		Clase Eficiencia Energética	IE1	
ARRANCADOR					
Fabricante	GE		Fabricante	POWER ELECTRONICS	
Tipo	Arrancador Estrella-Triángulo		Modelo	SD7003855	
Modelo	Desconocido		Potencia nominal (kW)	Desconocido	

Tabla 2.3.1: Tabla de parámetros de diseño de los pozos y las bombas de Pamis I y II

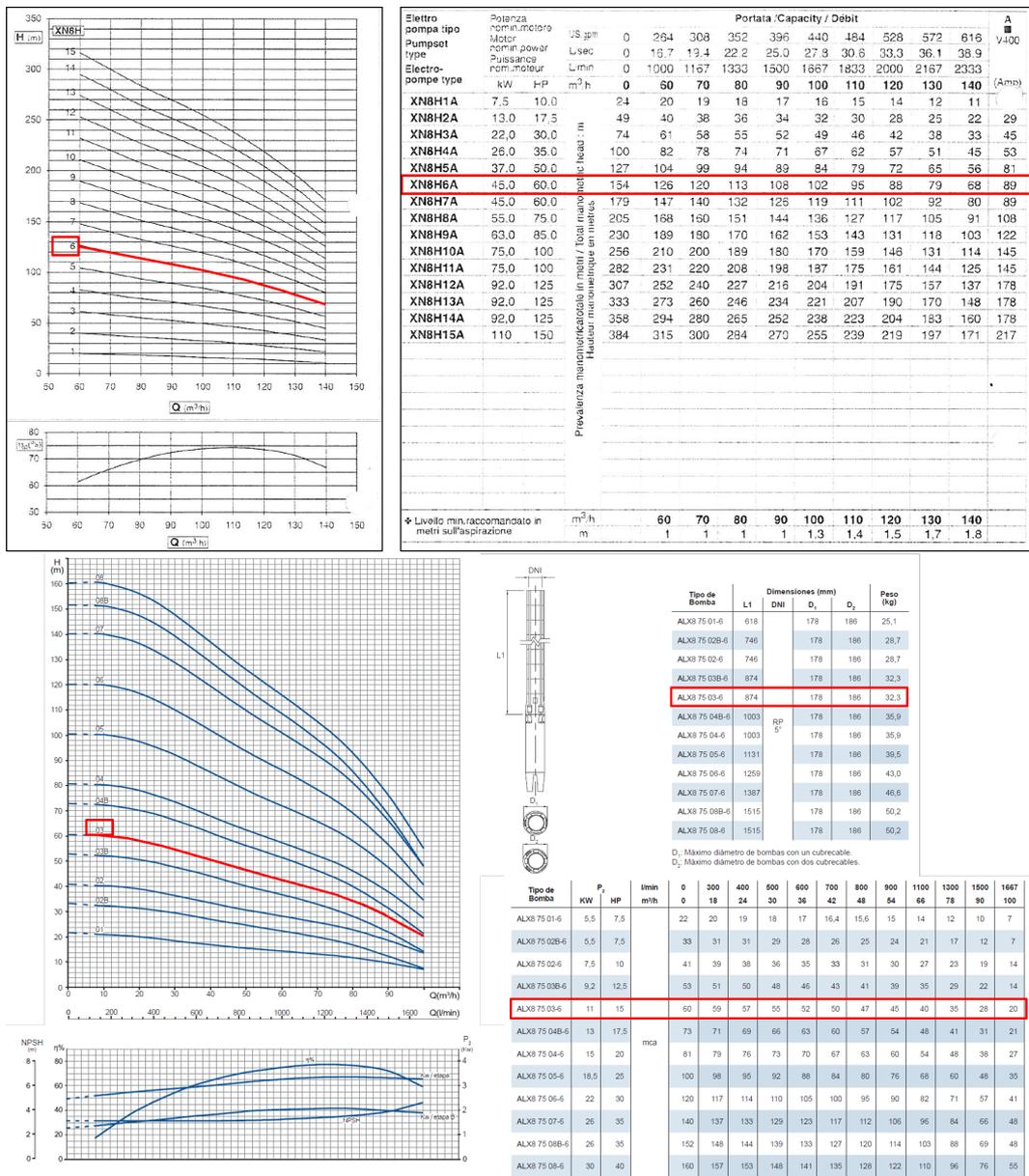


Figura 2.3.2: Curva y características técnicas de diseño de la bomba instalada en el Pozo Pamis I y II. Fuente: Catálogo del fabricante

En la figura 2.3.3 se muestra el resumen de las medidas realizadas extraído del Anexo I de este trabajo, donde se proporcionan los documentos con las medidas tomadas durante la visita a la instalación. En esta figura se muestra la curva real de la bomba instalada en el pozo Pamis II y el punto de funcionamiento actual de la bomba, mostrado sobre esa misma gráfica. Se puede ver que el punto no se encuentra sobre la curva de diseño del fabricante, primeramente porque funciona al 86% de su frecuencia nominal, pero incluso si se trazara la curva correspondiente a esta bomba con la reducción de velocidad correspondiente, el punto de funcionamiento sigue

estando situado por debajo de dicha curva. Por todo ello, la curva de rendimiento que especifica el fabricante tampoco es válida. De ahí que sea fundamental realizar medidas de campo para analizar instalaciones en funcionamiento, ya que debido al uso, las prestaciones de los equipos van disminuyendo. En este caso el rendimiento del conjunto bomba-variador-motor eléctrico se sitúa en el 39%, y el índice de bombeo calculado es de 6,94 Wh/m³.mca.

Bomba Pozo Pamis II	Medidas de Campo	
	Estado Normal	
Velocidad de giro	86%	
Potencia activa (kW)	9	
Potencia reactiva (kvar)	1,26	
Factor de potencia (FDP)	0,85	
Frecuencia (Hz)	43	
Caudal bomba (lpm)	1080	
Presion impulsión (mca)	5	
Sonda de nivel	95	
Parámetros cálculo		
Profundidad bomba	110	
Nivel dinámico (m)	15	
Altura bombeo (mca)	20	
Caudal bomba (m ³ /h)	64,8	
Caudal bomba (l/s)	18,0	
Potencia aportada fluido (kW)	3,53	
Rendimiento (n)	39%	
Índice de bombeo (Wh/m ³ .mca)	6,944	

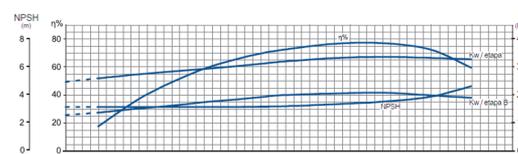
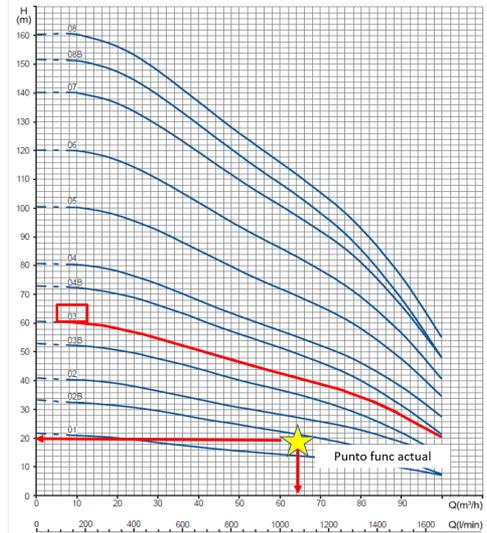


Figura 2.3.3: Medidas de campo realizadas en el Pozo Pamis II. Fuente: Elaboración propia

Además de la conducción principal que distribuye el agua a la población, hay una derivación que permite suministrar agua al propietario de la parcela colindante, que utiliza el agua para el riego de su campo. Esto se debe a un acuerdo existente entre el Ayuntamiento y el propietario de la parcela, ya que él también es el dueño de los terreno donde están las dos perforaciones. Aunque cuantitativamente, a efectos de consumo global de agua no es muy relevante, conviene tenerlo en cuenta a la hora de realizar la auditoría hídrica, para no confundirlo con un consumo no autorizado.

2.3.2. Pozo Granell

El pozo Granell es uno de los dos puntos de captación principal de la población de Ondara. Este pozo está situado dentro de una parcela que es propiedad privada y fue cedido por su dueño al Ayuntamiento. La perforación se sitúa a escasos 80 metros de la parcela donde se encuentran los depósitos y las dos estaciones de tratamiento de agua potable.

El agua que se extrae del pozo Granell, tiene un mayor contenido de nitratos que los pozos Pamis,



Figura 2.3.4: Variador de frecuencia de la bomba del Pozo Pamis II (izquierda) Arrancador de la bomba del pozo Pamis I, instalado en el centro de transformación de los pozos Pamis (derecha)

y por ello se realiza un tratamiento de ósmosis inversa antes de ser mezclada en los depósitos de distribución con la procedente de los Pozos Pamis.



Figura 2.3.5: Caseta donde se ubica el pozo Granell

El pozo Granell está ubicado a una cota de 38 metros sobre el nivel de mar. El diámetro de la perforación es de 100 mm y la profundidad del mismo es 58 metros. La bomba del pozo Granell está instalada a 32 metros de profundidad, pero la lámina de agua se sitúa entre 13 y 22 metros de profundidad, nivel estático y dinámico respectivamente. La bomba instalada es una ATURIA

XN10G2A de 37 kW de potencia nominal y el variador es un PDL ELECTRONICS UE-75D54 de 60 kW de potencia nominal.

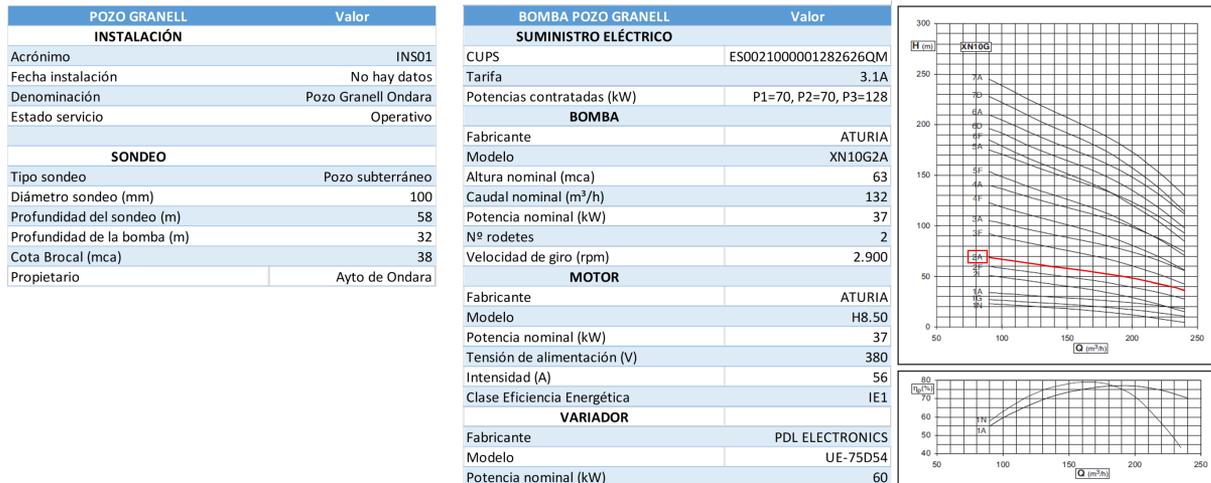


Tabla 2.3.2: Tabla de parámetros de diseño del pozo Granell y curva característica de la bomba instalada en el pozo. Fuente: Aguas de Valencia y catálogo del fabricante

La facturación energética del Pozo Granell se realiza conjuntamente con las dos estaciones de bombeo y las dos potabilizadoras. Debido a ello, se consideró oportuno realizar mediciones a los equipos que queríamos auditar para poder tener una referencia de los consumos energéticos aislados de cada uno de los equipos.

Las medidas obtenidas del pozo Granell se adjuntan en el Anexo I y se resumen en la figura 2.3.6. Esta bomba está funcionando a un 76% de su frecuencia nominal, aunque el punto medido se encuentra algo por debajo de lo que sería su correspondiente en la curva de diseño al 76% de su frecuencia nominal. A diferencia del Pozo Pamis II, el Pozo Granell mantiene unos valores de rendimiento bastante aceptables, ahora mismo está trabajando con un rendimiento del 56% incluyendo rendimiento de la bomba, mas el del variador, mas motor eléctrico. El índice de bombeo también muestra que los parámetros de rendimiento son bastante buenos, pues comparado con el pozo Pamis II, éste tiene un índice casi 2 Wh/m³.mca menor.

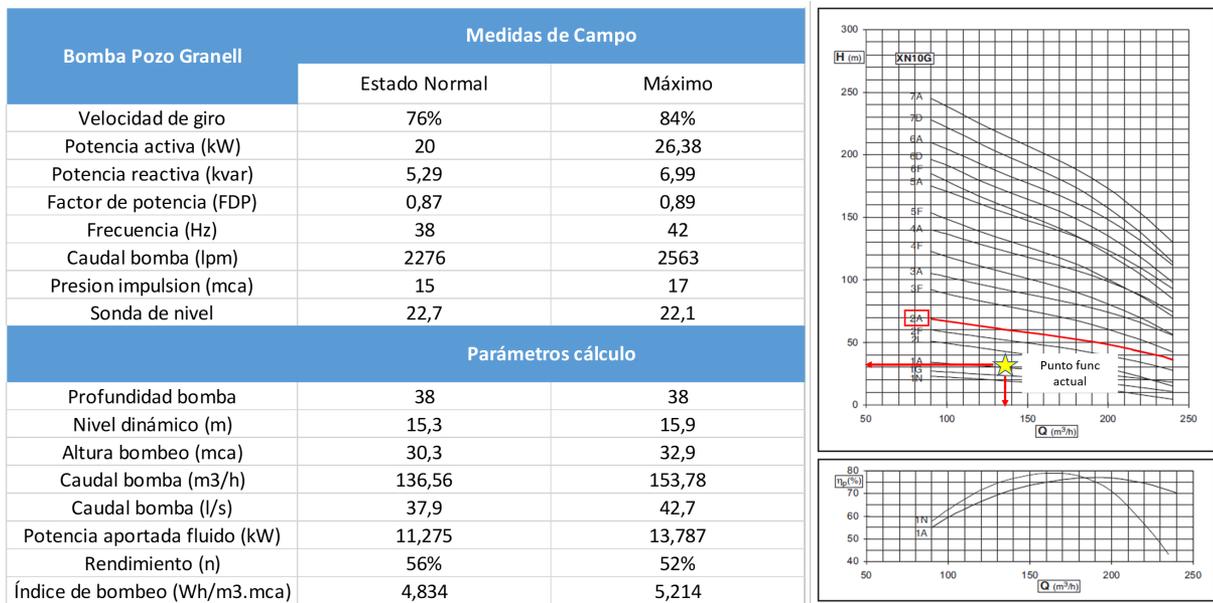


Figura 2.3.6: Medidas de campo realizadas en el Pozo Granell. Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Almacenamiento



Figura 2.3.7: Vista aérea parcela Depósitos y Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP)

El municipio de Ondara cuenta con dos depósitos destinados al almacenamiento de agua potable, y un depósito de recepción de agua bruta, donde se almacena el agua previamente a su entrada en las estaciones de tratamiento de agua potable.

El depósito de agua bruta recibe íntegramente el agua del Pozo Granell y parcialmente el agua

de los Pozos Pamis. Como se ha descrito al principio de la sección, los parámetros de control del agua de los Pozos Pamis no es tan crítico y no siempre es necesario el pretratamiento en la ETAP.

El agua que va a ser tratada en las plantas potabilizadoras es la que se almacena en el depósito de recepción de agua bruta, que es común a las dos plantas. El agua que proviene de los pozos Pamis I y II se analiza, y depende de los valores obtenidos se manda al depósito de recepción de agua bruta para ser tratada o bien se manda directamente a los depósitos de almacenamiento de agua potable.

A la salida de las ETAP, el agua es enviada a los depósitos de agua tratada. El depósito más antiguo es de base circular, con $1.200 m^3$ de capacidad. La ETAP 1, que también es la más antigua está conectada directamente a este depósito. El depósito nuevo es de geometría cuadrada y posee un único vaso de $1.285 m^3$. Éste recibe el agua desde la potabilizadora nueva, que se encuentra junto al mismo. La desinfección del agua se realiza a la entrada de cada depósito, para lo que a la salida de las potabilizadoras se dispone de su correspondiente panel de lectura de Cloro y pH, y bomba dosificadora de hipoclorito.

Las características constructivas de los depósitos de este municipio se muestran en la figura 2.3.8.



Figura 2.3.8: Depósitos de agua bruta y agua tratada de Ondara. Fuente: Aguas de Valencia

2.3.4. Potabilización

El agua captada por los pozos es salobre, y por ello es necesario un tratamiento previo que la adecúe para el consumo humano. Este proceso se realiza en dos estaciones de tratamiento de

agua potable (ETAP) que se encuentran en una parcela próxima al pozo Granell. Las funciones de las ETAP son el tratamiento y distribución del agua potable hasta los dos depósitos de agua tratada, para su posterior gestión y distribución en baja a la población de Ondara y pedanía. Las características operativas de las ETAP son las siguientes:

- La ETAP I o “Planta vieja” lleva operativa desde el año 2004. Dispone de dos líneas de tratamiento y una capacidad de $1.584 \text{ m}^3/\text{día}$. Las dos líneas de tratamiento son iguales y se componen de una unidad de ósmosis inversa con dosificador de reactivos, microfiltración a 5μ , bombeo de alta presión, grupo osmotizador, limpieza química y descarga.
- La ETAP II o “Planta nueva” dispone de una línea de tratamiento y una capacidad de $750 \text{ m}^3/\text{día}$. En cuanto al equipamiento, es de similares características al de la ETAP I.



Figura 2.3.9: Vista de las instalaciones de la potabilizadora desde el camino de acceso al pozo Granell.

El proceso de potabilización comienza impulsando el agua hacia los filtros de arena a presión. La planta ETAP I cuenta con 3 filtros de arena comunes a las dos líneas de membranas, mientras la ETAP II tiene su filtro de arena propio.

Tras esta fase el agua pasa a su respectivo microfiltro, propio de cada línea de de tratamiento. De ahí el agua ya perfectamente libre de material sólido, pasa a la bomba de alta y a las membranas de ósmosis inversa, que son las que posibilitan la eliminación de los nitratos. A la salida de la potabilizadora nueva se dispone además de desinfección por luz ultravioleta.

El agua de los pozos Pamis también puede llegar al depósito de agua bruta para ser tratada, en caso necesario. Si los parámetros son aceptables, se vierte directamente a los depósitos de agua potable donde se mezcla con el agua salida de las ETAP.

2.3.5. Conducciones

La conducción que discurre desde el pozo Granell hacia la potabilizadora es de Fibrocemento con un diámetro de $\phi 175$ mm. Como se ha comentado en la sección 2.3.2, a la salida del pozo existe también una pequeña tubería de PEAD para riego particular de la parcela en la que está ubicado el pozo, pero su consumo no es excesivamente significativo.

La conducción de distribución al casco urbano de Ondara es de PEAD, DN 225 en un primer tramo (que se renovó en la misma época en la que se ejecutó la potabilizadora) y $\phi 180$ en su tramo más antiguo. Esta conducción conecta con el anillo perimetral de PEAD $\phi 225$ mm, instalado en 2008.

2.3.6. Estaciones de bombeo

Ondara dispone de dos estaciones de bombeo, una a la salida del depósito Redondo y otra a la salida del depósito Cuadrado. La estación de bombeo Vieja es la que está a la salida del depósito Redondo y, actualmente, está fuera de servicio. La estación de bombeo Nueva está situada a la salida del depósito cuadrado y es la que alimenta en directo a toda la población de Ondara. La estación de bombeo Vieja dispone de tres bombas de 11kW, mas una de reserva de las mismas características.

La estación de bombeo Nueva dispone de dos bombas más una de reserva (BVV + 2 BVF). La bomba B1 se instaló en el año 2008 y tiene 11 kW de potencia nominal. Esta bomba dispone de un variador de frecuencia, de 15 kW de potencia nominal. Las bombas B2 y B3 se instalaron en el año 2003 y tienen 10 y 12,5 kW de potencia nominal, respectivamente. Las características detalladas de cada una de las bombas que componen la estación de bombeo nueva se muestran en la figura 2.3.12.

De las medidas obtenidas durante la visita a las instalaciones, se obtuvo que tanto la bomba 1 como la bomba 2 estaban funcionando en puntos bastante alejados de su curva nominal. En esta visita se ensayaron por separado las bombas 1 , 2 y 3 a su potencia nominal y también se ensayó la bomba 1 a diferentes velocidades de giro, ya que es la bomba que incorpora el variador de frecuencia. En la figura 2.3.11, se presentan los resultados obtenidos de las mediciones y se puede ver en el gráfico la comparación de los puntos de funcionamiento reales con la curva nominal proporcionada por el fabricante.

A la salida de las estaciones de bombeo Vieja y Nueva se dispone de caudalímetro, de diámetros 150 mm y 200 mm, respectivamente. En la visita a las instalaciones se ha observado que las medidas proporcionadas por el caudalímetro instalado a la salida de la estación de bombeo nueva, que es la que se utiliza principalmente, podrían no ser del todo fiables. Teóricamente, cuando se instala un caudalímetro se debe mantener un determinado tramo recto de tubería aguas arriba del mismo. La normativa especifica que cada fabricante determinará que distancia es la más adecuada para ese contador en concreto. En este caso, es un contador marca Sensus, y el fabricante especifica que se debe mantener un tramo recto como mínimo de tres veces el



Figura 2.3.10: Estación de bombeo nueva. Bombeo desde depósito de agua potable a la población

diámetro nominal del contador. En esta visita se vio que, por motivos de espacio en la caseta donde se ubican las bombas, no se ha respetado esta distancia y la distancia entre el codo y el contador es de escasos 25 o 30 centímetros, siendo el contador instalado de DN 200 mm. Es por ello que en este análisis se ha asumido una cierta incertidumbre en la medida de caudal de salida a la población.

2.4. Estado de la red de distribución en alta

El pozo Pamis II quedó hace unos años fuera de uso por rotura de la entubación de la cámara de bombeo, lo que provocó que el prefiltro de grava exterior a la misma rellenara parcialmente

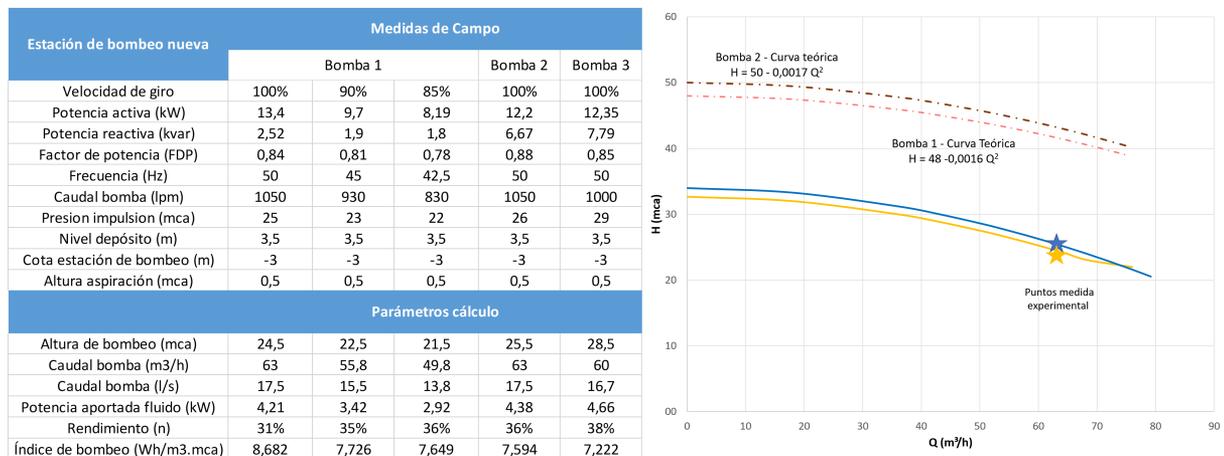


Figura 2.3.11: Medidas de campo realizadas en la estación de Bombeo Nueva. Fuente: Elaboración propia

el interior de ésta, imposibilitando un adecuado uso de la captación.

Por otro lado, el pozo Pamis I, situado a escasos metros del anterior se estuvo utilizando hasta 2013, pero en condiciones poco óptimas, al tener una rotura parcial de la entibación y presentar problemas de arrastre de finos.

Por tanto, desde el punto de vista de la producción el pozo Pamis II resultaba fundamental en el suministro de agua de calidad a la población, por lo que fue necesario llevar a cabo la rehabilitación del pozo Pamis II, que se finalizó a finales de 2013.

Respecto a la calidad del agua, el contenido de nitratos en el agua extraída de los pozos obliga a disponer de plantas de ósmosis inversa como las existentes, con capacidad de producción suficiente para cubrir toda la demanda actual en el caso de Ondara. La necesidad de tratamiento del agua en plantas potabilizadoras para distribuirla a la población con los parámetros de calidad exigidos es una problemática que comparten todos los pozos de la zona.

Este hecho afecta directamente a la conveniencia de auditar hídrica y energéticamente la red, ya que la intensidad energética para distribuir un metro cúbico de agua aumenta considerablemente cuando se ha de incluir un proceso de osmotización. Por ello, además de controlar el consumo energético de la planta se hace más viable económicamente el esfuerzo en conocer el destino de cada metro cúbico de agua producida.

Por último, cabe destacar que en el caso de Ondara, la distribución de agua potable a todo el municipio depende del correcto funcionamiento del grupo de presión ya que no se puede realizar la distribución a la población por gravedad.

2.5. Descripción de la red de distribución en baja

La población de Ondara tiene un total de 3.553 puntos de consumo de agua potable registrados. La mayor parte de estos puntos corresponden a consumidores domésticos, concretamente el 91 %

ESTACION DE BOMBEO NUEVA					
BOMBA B1		BOMBA B2		BOMBA B3	
Fabricante	KSB	Fabricante	Marelli	Fabricante	Marelli
Modelo	N2-50/200A/11	Modelo	65-50-200/B	Modelo	65-50-200/A
Denominación	(B1) Grupo de presión depósito cuadrado	Denominación	(B2) Grupo de presión depósito cuadrado	Denominación	(B3) Grupo de presión depósito cuadrado
Año de instalación	2008	Año de instalación	2003	Año de instalación	2003
Potencia nominal	11 kW	Potencia nominal	10 kW	Potencia nominal	12,5 kW
VARIADOR B1		ARRANCADOR B2		ARRANCADOR B3	
Fabricante	POWER ELECTRONICS	Fabricante	SCHNEIDER ELECTRIC	Fabricante	TELEMECANIQUE
Modelo	SD7003255	Modelo	LC1 D12	Modelo	LCQ D12 01
Tensión	400 V	Tipo arrancador	Contacto	Tensión	Contacto
Intensidad	32 A	Tensión	400 V	Intensidad	400 V
Potencia nominal	15 kW	Potencia nominal	-	Potencia nominal	-
MOTOR ELÉCTRICO B1		MOTOR ELÉCTRICO B2		MOTOR ELÉCTRICO B3	
Fabricante	MEB	Fabricante	ROTOS	Fabricante	MARELLI MOTORI
Modelo	MG 160M1-2	Modelo	MS132M2-2	Modelo	MA 132MB2-P B14
Potencia nominal	11 kW	Potencia nominal	11 kW	Potencia nominal	12,5 kW
Factor de potencia	0,89	Factor de potencia	0,89	Factor de potencia	0,81
Clase Efic. Energética	IE2	Clase Efic. Energética	IE1	Clase Efic. Energética	-

Figura 2.3.12: Características de las bombas instaladas en la Estación de Bombeo Nueva de Ondara. Fuente: Aguas de Valencia

de los mismos. Existen 274 acometidas de consumidores industriales, 40 municipales y 17 bocas de incendio.

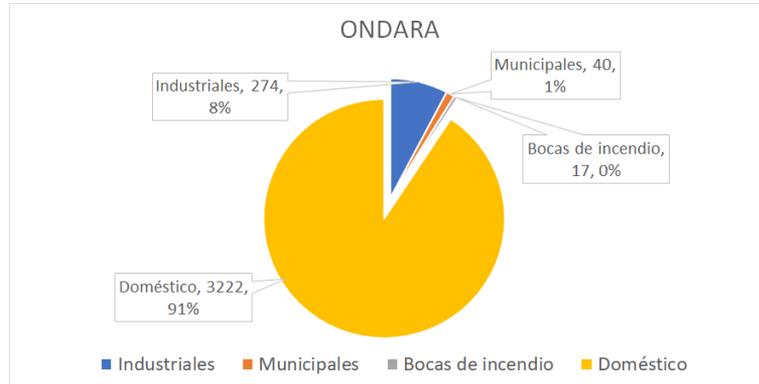


Figura 2.5.1: Tipos de consumidores de la red de abastecimiento de Ondara

2.5.1. Sectorización

Ondara está dividido en nueve sectores, que componen todo su término municipal. El casco urbano se reparte entre los sectores Barri Crist, Frateli, Poble 2 y Xàbia. Los sectores Alfatares, Pamis, Piscina Xèbic y Tossals componen las distintas áreas del diseminado de la población y, por último, el sector Polígono comprende el área del polígono industrial y centro comercial de Ondara.

Todos los sectores tienen la mayoría de sus consumidores de tipo doméstico, excepto el sector

Polígono donde se localizan prácticamente todos los consumidores de tipo industrial. En el año 2018 se registraron alrededor de 240.000 metros cúbicos de consumo en el sector Polígono, lo que equivale al 40 % del consumo total de la población. Por ello, se puede estimar que aproximadamente el 40 % del consumo total de agua potable de Ondara se destina a consumo del tipo industrial. Este volumen de consumo se debe en gran parte a la localización de un importante Centro Comercial en este sector. El centro comercial La Marina, con 40.000 metros cuadrados de superficie comercial, supone un consumo importante para un municipio de apenas 6.800 habitantes.

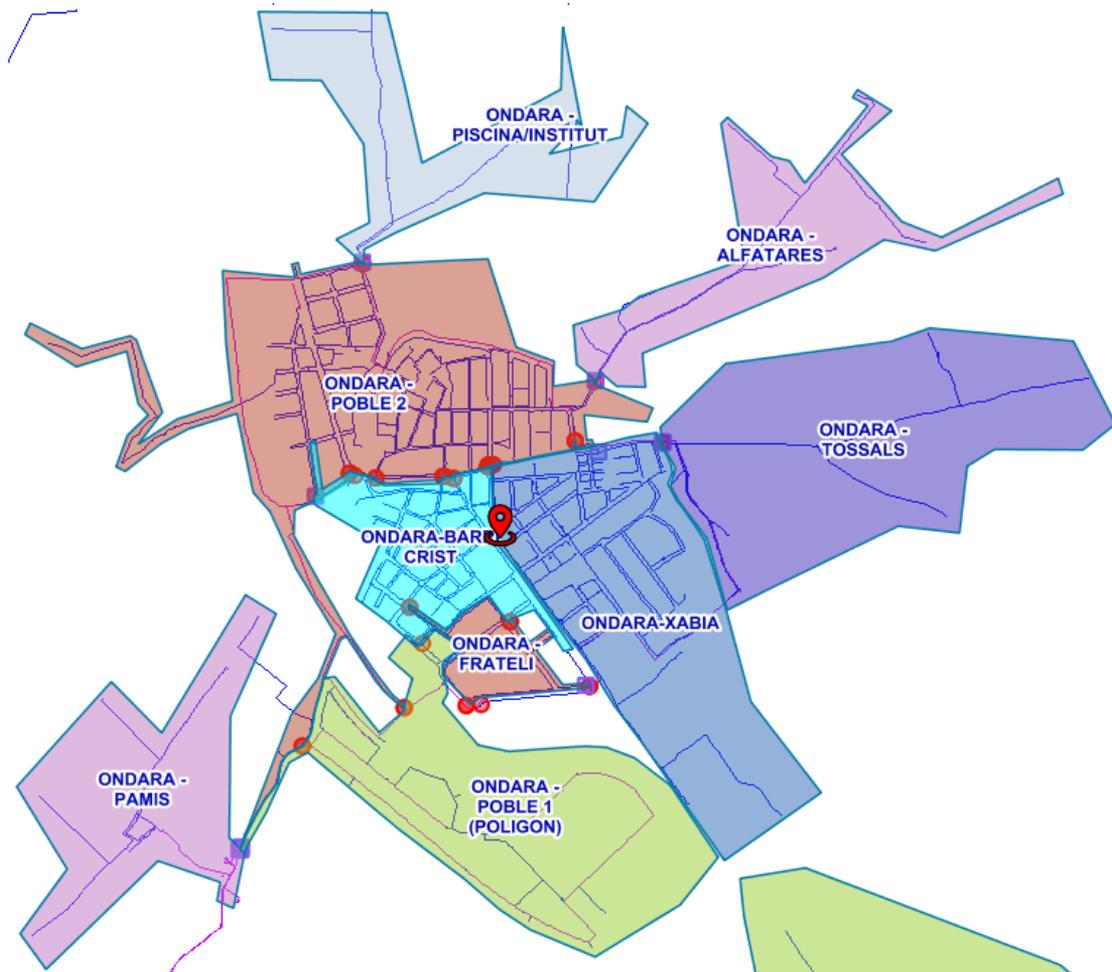


Figura 2.5.2: Red de distribución en baja Ondara - Vista de sectores

En la figura 2.5.3 se presentan los sectores en los que está dividido el abastecimiento de agua a la población de Ondara.

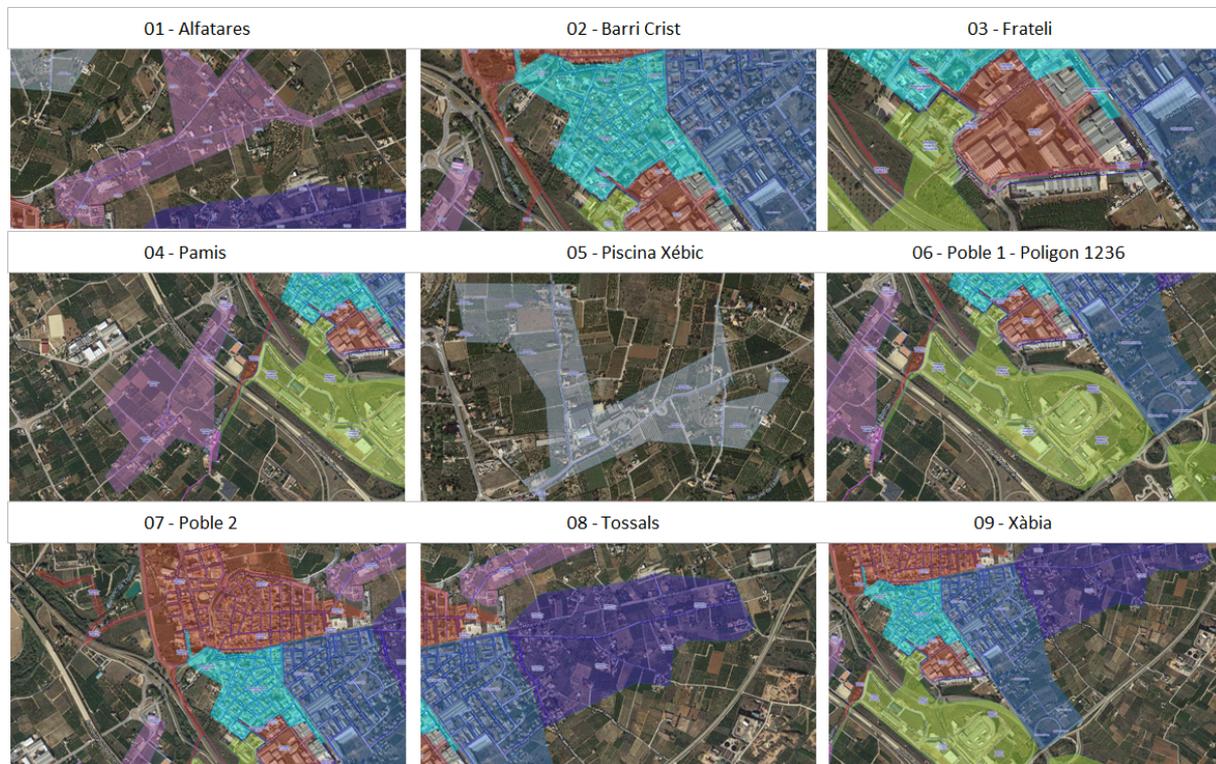


Figura 2.5.3: Vista en mapa de los sectores de Ondara con su nombre

El sector de Alfatares está ubicado a las afueras del núcleo urbano, en la zona noreste. Este sector está en parte delimitado por el Barranc de la Alberca y el Barranc de la Fusta. Consta de 35 acometidas y 35 clientes. La distribución de clientes por usos es de 5 usuarios industriales (15 %) y 30 usuarios domésticos (85 %).

La longitud de la red de tuberías de abastecimiento de agua potable en este sector es de 2,7 km. El sector Barri Crist engloba el barrio que lleva su nombre y está localizado en la zona sur del núcleo urbano de Ondara. La longitud de la red de abastecimiento en este sector es de 7,3 km y consta de 608 clientes consumiendo de 392 acometidas. En relación al desglose de clientes por usos, en este sector la mayoría de usuarios son domésticos abarcando el 94,7 % de los mismos. Los usuarios industriales son 25 y equivalen al 4,1 %, los municipals son 6 y equivalen al 1 % y también hay una boca de incendios que es el 0,2 %.

El sector Frateli es un sector pequeño pero con notable importancia industrial. Este sector da suministro a 63 clientes a través de 49 acometidas. La longitud de la red de abastecimiento de agua potable en este sector es de apenas 2,1 km. En relación a los consumos, este sector posee 34 usuarios domésticos y 27 usuarios industriales. Además da servicio también a 2 bocas de incendios.

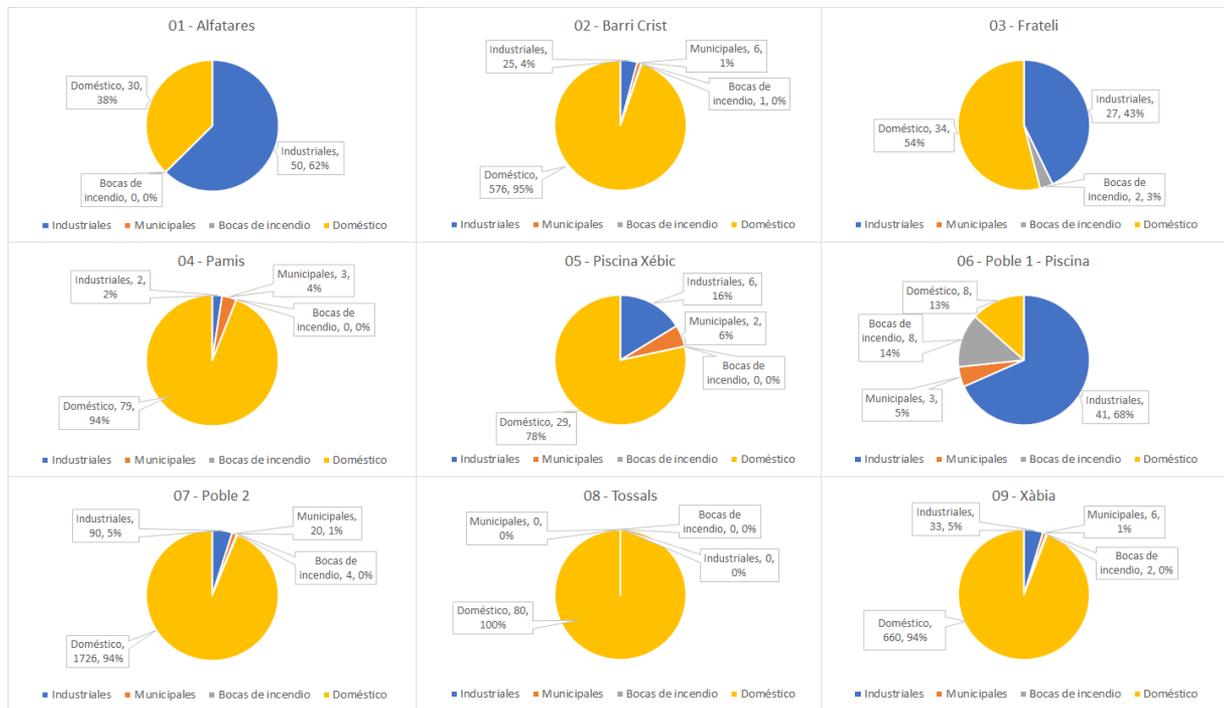


Figura 2.5.4: Distribución de tipos de consumidores según sectores en Ondara

El sector Pamis es el que abastece a toda la pedanía de Pamis, que pertenece al ayuntamiento de Ondara. Este sector es eminentemente doméstico, ya que de sus 84 clientes, 79 de ellos son usuarios domésticos. De los cinco clientes restantes, dos de ellos son industriales y tres son usuarios municipales. Estos usuarios son abastecidos a través de las 59 acometidas de las que dispone este sector.

La longitud de la red de abastecimiento de agua potable en este sector es de apenas 3,7 km. El diagrama sectorial de clientes que consumen de este sector se puede ver en la figura.

El sector Piscina Xébic está localizado a las afueras del núcleo urbano de Ondara, en la zona norte del término municipal del municipio, muy cerca de la localidad de El Verger. De este sector, cuya red de abastecimiento de agua potable tiene apenas 1,8 km, se abastecen 37 clientes, 29 de ellos domésticos, 6 industriales y 2 municipales. Estos usuarios se abastecen a través de las 36 acometidas que son las que engloba este sector.

El sector Poble 1 - Polígono 1236 abastece al polígono que está situado al sur del municipio de Ondara. Debido a ello su consumo es eminentemente industrial. Este sector consta de 30 acometidas y un total de 60 clientes. De estos clientes, 41 de ellos son industriales, apenas 8 de ellos son usuarios domésticos, 8 son bocas de incendios y 3 son municipales.

La longitud de tuberías de abastecimiento de agua potable que engloba este sector es de 5,2 km. El sector Poble 2 es el sector con mayor número de usuarios del municipio de Ondara. Es el que engloba toda la zona centro-norte de la población desde la Avda Marina Alta, incluyendo el casco antiguo, el ayuntamiento, centro de salud y otros establecimientos de servicio público d y

el norte de la misma. Este sector consta de 764 acometidas y da servicio a 1840 clientes, de los cuales 1726 son usuarios de tipo doméstico. Los usuarios industriales de este sector son 90, 20 son los usuarios municipales, y además da servicio a cuatro bocas de incendio.

La longitud de la red es de 18,3 km, con lo que también es el sector con mayor longitud de tubería en lo que al abastecimiento de agua potable se refiere. En el diagrama de la figura .. se puede ver la distribución de usuarios de este sector.

El sector Tossals es el que da servicio a toda la zona rural del Saladar y Tossals hasta el cruce con la carretera Ondara-Dénia. Este sector engloba 62 acometidas y da servicio a 80 clientes, todos ellos de tipo doméstico. La longitud de tuberías que está enmarcada dentro de este sector es de 3,0 km.

El sector de Xàbia está localizado en el núcleo urbano de Ondara, en la zona sureste del municipio de Ondara. La longitud de tuberías que están delimitadas por este sector es de 11 km. Este sector consta de 288 acometidas que dan suministro a 701 clientes. En relación a la distribución de clientes según sus usos, este sector consta de 660 usuarios domésticos, 33 usuarios industriales, seis municipales y dos bocas de incendios.

Capítulo 3

Modelado de la red en Epanet

La ventaja de disponer de un modelo matemático de la red es que permite simular diferentes situaciones y estudiar el comportamiento de la red ante las mismas. Las simulaciones pueden realizarse sobre escenarios que han ocurrido realmente, o que no han ocurrido pero, del estudio de las mismas se extrae la información que será posteriormente utilizada en la planificación y gestión de la red.

El proceso de elaborar un modelo matemático implica recopilar toda la información que exista de la red para posteriormente filtrarla, analizarla y prepararla para ser introducida al programa de análisis y simulación que se vaya a utilizar. Para este trabajo se ha utilizado el programa Epanet, desarrollado por la Environmental Protection Agency de EEUU, por ser de uso libre y uno de los más usados a nivel mundial.

La dificultad principal en la que nos encontramos a la hora de modelar las redes en servicio, es que los parámetros con los que se proyectó la red han ido modificándose por el propio funcionamiento de la misma. Realizar un pequeño estudio de cuales son los parámetros en qué circunstancias varían, son fundamentales a la hora de realizar una estimación. Algunos de estos parámetros son los siguientes:

- Diámetro y rugosidad de las conducciones: Estos parámetros se modifican a causa de la existencia de precipitados calcáreos y de sales y la presencia de óxidos, aumentando la pérdida de carga en las conducciones.
- Desconocimiento de las pérdidas menores producidas en juntas, codos, reducciones o ampliaciones, que son imposibles de cuantificar. Para tenerlas en cuenta se recurre al término de longitud equivalente.
- Pérdidas de carga en válvulas de cierre, que por diversas condiciones de funcionamiento, no quedan perfectamente cerradas o abiertas.
- Distribución de consumos en la red en un instante determinado, debido a la diversidad de la demanda. Los valores medios se obtienen de las facturaciones pero la modulación a lo

largo del día es difícil de predecir a nivel de acometidas. En este trabajo se ha modelizado la demanda por sectores, debido a la existencia de contadores sectoriales teledados, con frecuencias de lectura de 15 minutos.

- Desconocimiento del valor de las fugas, de su localización, y de los errores de los contadores, que añaden incertidumbre al reparto de demandas en la red.
- Errores de medida debido a los aparatos de medida.
- Errores en la determinación de la cota de los nudos, ya que el cálculo de la presión en el nudo se realiza a través del cálculo en la altura piezométrica. Si hay un error en la cota, este error se traslada directamente al valor de la presión en ese nudo.

Con respecto a las fases en el proceso de elaboración del modelo, son las siguientes:

1. Recopilación de la información
2. Modelado de la topología de la red. Es la simplificación de la red de tuberías real según la información disponible.
3. Modelado de elementos de la red. Consiste en traducir al modelo los elementos reales de aporte o regulación del caudal de la red, como los pozos, depósitos o bombas.
4. Modelado de la demanda. Es el análisis y asignación de consumos registrados. Consiste en repartir de manera coherente las demandas contabilizadas en los nudos del modelo.
5. Análisis y asignación de los consumos no registrados. Es necesario estudiar y asignar un valor a consumos no contabilizados como fugas, errores de contador, acometidas ilegales, fuentes ornamentales...

Cuando ya se tiene configurado el modelo, hay que proceder a su validación. Las siguientes etapas corresponden a los trabajos de corrección y ajuste de los parámetros de la red, para que el modelo la reproduzca con fiabilidad.

1. Toma de medidas de presión y caudal. Hay que elegir diferentes puntos de control de la red, para diferentes estados de carga, que sirven como valor de ajuste en la siguiente etapa.
2. Ajuste del modelo. Consiste en reproducir con el modelo los mismos estados de carga con el que se realizaron las mediciones. Se comparan los valores de presión y caudal medidos en la red, con los obtenidos del modelo y se ajustan los diferentes parámetros buscando que coincidan unos y otros.

La empresa que gestiona el abastecimiento de agua a Ondara ha sido la que ha proporcionado los datos relativos a la topografía, la producción de agua, el desglose de facturación a los usuarios y

las lecturas de cada cuarto horario de los caudalímetros de la red. Con estos datos se ha realizado el análisis y creado el modelo en el programa Epanet.

La empresa ha facilitado los datos de cada tubería, con sus diámetros y materiales, además de la identificación de la calle donde están instaladas.

Además, se ha partido de un modelo de esta red del que disponía la empresa. Este modelo comenzó a realizarse hace años pero quedó a mitad. Sólo se disponía de la topografía de la red, la cual había que verificar. En este proyecto se presenta el trabajo realizado para dicha verificación además del resto de tareas para introducir los distintos elementos de la red y las demandas de los nudos.

También se dispone de los datos de facturación trimestrales, organizado según las calles a las que pertenece cada abonado de esta población.

Partiendo de esta información, se han realizado los cálculos necesarios para poder asignar los consumos de dichos abonados y repartirlos entre los nudos correspondientes del modelo de Epanet.

3.1. Modelado de la topología de la red

La empresa gestora del abastecimiento, Aguas de Valencia, tiene desarrollado un software que permite obtener la topografía de una red en formato .inp a partir de los datos de GIS, para posteriormente definir los elementos, las leyes de comportamiento y las demandas.

En este trabajo se ha partido de este modelado donde ya estaban definidas las tuberías con su longitud y diámetro reales. También se disponía de un archivo para relacionar las ID de tubería en Epanet con el nombre de la calle correspondiente. Este archivo existente desde 2014 se ha comparado con el archivo actualizado a 2019 y con las ID de las tuberías en Epanet y se ha comprobado que las tuberías están cargadas en el modelo tal y como especifican dichos archivos. También se ha comprobado que las ID de tubería tuvieran los diámetros y la longitud correctas y que las cotas de los nudos también se correspondieran con las reales. Afortunadamente, Aguas de Valencia, dispone de esta información y ha sido relativamente sencillo solicitarla en un archivo Excel para su análisis. De este modo se ha verificado que la topografía del modelo estaba introducida correctamente.

Como se puede apreciar en la figura *figure 3.1.1*, se ha introducido el mapa de fondo de la población en Epanet a partir del plano de AutoCAD para facilitar la visualización de la red sobre la localidad.

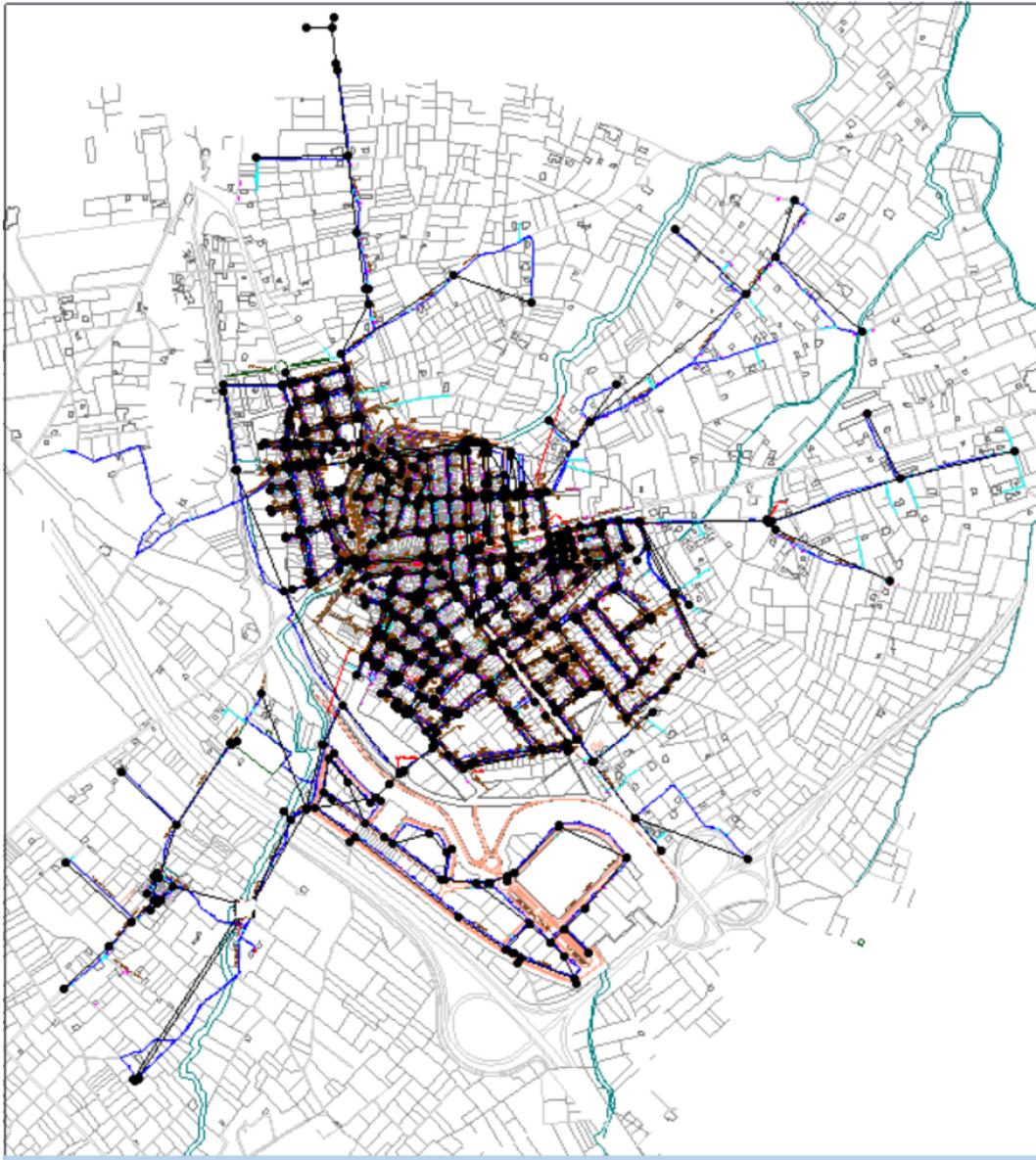


Figura 3.1.1: Modelización de las tuberías de la red de abastecimiento de agua potable a Ondara

3.2. Modelado de elementos en EPANET

3.2.1. Puntos de captación

Como se ha descrito anteriormente, los puntos de captación de Ondara son el Pozo Granell y los Pozos Pamis I y II. Para este trabajo se considera que los pozos Pamis I y II funcionan como un sólo pozo, ya que el pozo Pamis I se tiene como pozo de reserva y sólo se utiliza en condiciones muy particulares, cuando hay un consumo punta o cuando se realiza el mantenimiento del otro pozo.

Estos pozos se han modelizado en EPANET a través de embalses, debido a que éstos se entienden como elementos con una capacidad ilimitada de suministro de agua. Para su definición, se ha utilizado la cota a la que se sitúa la lámina de agua del pozo.

A la hora de modelizar un embalse, EPANET nos pide un valor llamado “Altura Total”. Para transformar los pozos en embalses y poder dar un valor realista a esta casilla, se ha restado la profundidad del nivel dinámico del pozo de la cota del terreno a la que se sitúa la perforación. Este valor es el que se ha asignado a la casilla “Altura Total” de EPANET.

Con ello, las alturas totales de los embalses que simulan los pozos del modelo han quedado del siguiente modo:

Elemento modelo	Embalse 1:	Embalse 2
Elemento real	Pozo Granell	Pozos Pamis I y II -
Cota boca del sondeo (msnm)	40	41,5
Profundidad bomba (m)	32	110
Nivel agua sobre bomba (Bomba OFF)	19	95
Nivel agua sobre bomba (Bomba ON)	10	80
Nivel estático (m)	13	15
Nivel dinámico (m)	22	30
Altura total EPANET (m)	18	11,5

Tabla 3.2.1: Cálculo altura total de los embalses que modelan los pozos en Epanet

Una vez cargados los pozos en el modelo, se han de introducir las bombas que dan servicio a estos pozos. Para ello se han utilizado las curvas de las bombas instaladas en los Pozos Granell y Pamis II por ser las más representativas del municipio. Remarcar que el pozo Pamis I se tiene como reserva y apenas se utiliza.

3.2.2. Depósitos

Para trabajar con un depósito en EPANET, es imprescindible fijar sus datos constructivos y operativos. Concretamente se han de definir los siguientes parámetros:

- Cota: nivel de fondo, del suelo del depósito.
- Diámetro: el programa modela los depósitos en forma cilíndrica, por defecto. Si el depósito en cuestión es de sección cuadrada, se debe calcular el diámetro equivalente del área del mismo.
- Nivel inicial: es el nivel piezométrico que se determina para el inicio de la simulación del modelo. Cabe destacar que el nivel inicial toma como cero el suelo del depósito y que este nivel debe estar comprendido entre el nivel mínimo y máximo que definamos.

- Nivel máximo: Nivel máximo que se permite que el agua alcance dentro del tanque. Cuando se llega a este valor se impide que entre más agua al depósito. Este valor toma como referencia el fondo del tanque, por lo que no hay que tener en cuenta la cota del depósito.
- Nivel mínimo: Nivel mínimo que se establece para operar el depósito. Al llegar el agua a este nivel, se para el suministro de agua hacia la red. Al igual que el nivel máximo, EPANET toma como referencia el fondo del tanque, por lo que no hay que tener en cuenta la cota del depósito.

Ondara dispone de dos depósitos, llamados Redondo y Cuadrado, de $1200m^3$ y $1285m^3$ de capacidad. Estos dos depósitos están interconectados para permitir que todo el volumen de agua disponible pueda salir por el depósito Cuadrado para así ser bombeado por el Estación de Bombeo nueva. Estos dos depósitos funcionan, a efectos prácticos, como uno sólo y por ello, al modelarlos en Epanet, se ha decidido simplificar y poner solo un depósito equivalente a los dos depósitos existentes. Se ha preferido mantener la altura de los depósitos para traspasar más fácilmente las leyes de marcha y paro de las bombas.

Con ello, el diámetro equivalente calculado, para convertir los dos depósitos en uno equivalente ha sido de 22 metros, y la altura de 5 metros, lo que aporta un volumen total de $1900m^3$ de capacidad, equivalente al 75 % de la suma de los volúmenes de los depósitos reales. Se ha preferido asumir este 25 % de minoración para hacer un cálculo conservador y porque probablemente se ajuste mejor al volumen útil real, teniendo en cuenta que el volumen de los depósitos no es el volumen útil si no el de construcción.

3.3. Modelado de la demanda en Epanet

En la fase de diseño del modelo matemático, una vez definida la configuración geométrica de la red, es necesario asignar la demanda de la población en el modelo. En EPANET la demanda se introduce a través de dos parámetros; las demanda base de los nudos y las curvas de demanda. Para calcular las demanda base de los nudos, se utiliza el dato de la demanda media en esa parcela o sector, obtenido a partir del estudio de dotaciones medias o de facturación. En este caso, las demandas base de los nudos se han calculado a partir del agua facturada a cada uno de los abonados, debido a que éste era el dato del que se disponía. Concretamente, Aguas de Valencia, ha proporcionado un archivo con la facturación de los abonados agrupada por la calle en la que se localiza la parcela o vivienda a abastecer.

Una vez definida la demanda base, hay que tener en cuenta que no se consume lo mismo a todas las horas del día. Por ello se establecen las curvas de demanda, que no es otra cosa que realizar una discriminación horaria a lo largo del día y decidir qué porcentaje de esa demanda base es la que se está consumiendo en cada momento.

Por último, se ha realizado un análisis de la fluctuación de la demanda a lo largo del año, para poder decidir si convendría realizar diferentes modelos según la época del año. En muchas

poblaciones, sobretodo en las ciudades costeras o localidades pequeñas del interior, se produce un incremento importante de la población durante la temporada estival o en fines de semana. Estos incrementos de población unidos al aumento habitual del consumo en los meses de verano pueden a veces duplicar o triplicar la demanda de agua de una población. En este trabajo se ha decidido realizar este análisis para decidir si es necesario modelizar la demanda en invierno y en verano por separado.

3.3.1. Demanda base de los nudos

Para el cálculo de la demanda base de los nudos, se partía de dos archivos: uno en el que se presenta el volumen facturado por trimestre y calle y otro en el que se relaciona el ID de cada tubería en EPANET con la calle en la que pertenece. Cruzando estos dos archivos se puede relacionar el consumo facturado de agua con los tramos de tubería en EPANET. Para el cálculo de la demanda base en los nudos se ha seguido el siguiente proceso:

1. Determinación de la demanda propia de cada calle: Esta es la información que proporciona el archivo de facturación. Se ha realizado la suma de los cuatro trimestres y se ha dividido por el número de horas para conseguir la demanda media horaria de cada calle.
2. Asignación de la demanda a cada ID de tubería: Cada tubería en EPANET tiene una identificación ID y en cada calle puede haber dos o más tramos de tubería por lo que cada calle está compuesta por varias ID de tubería. Para poder realizar una asignación realista, se ha calculado el porcentaje de longitud total de tubería que corresponde a cada tramo y se ha asignado la demanda proporcionalmente.
3. Asignación de la demanda de los nudos:
 - a) A partir del extracto de la red de EPANET conocemos el nudo inicial y final de cada tramo de tubería.
 - b) De cada tramo, se ha asignado la mitad de la demanda de ese tramo al nudo inicial y la otra mitad al nudo final.
 - c) Se ha realizado una suma de las demandas pertenecientes a cada nudo.

Por ejemplo: Carrer Alcalde Salvador Cabrera

- Longitud calle: 430 metros.
- Longitud tramo (columna Longitud).
- Porcentaje de cada tramo respecto al total de la calle (columna Coef mID/mcalle).
- Columna consumos y demanda base: es la demanda proporcional a los metros lineales de tubería de cada tramo.

ID	ASOCIADA	MATERIAL	LONGITUD	Diámetro (mm)	Longitud Tubería Calle (m)	Coef (mID/mcalle)	Consumo TRIM 1 (m3)	Consumo TRIM 2 (m3)	Consumo TRIM 3 (m3)	Consumo TRIM 4 (m3)	Demanda base (l/s)
40425742	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	2,17	96,80	430	0,005	1,35	1,23	1,17	1,27	0,00015942
40479316	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	1,88	96,80	430	0,004	1,17	1,07	1,02	1,10	0,00013844
40479326	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	48,16	96,80	430	0,112	30,02	27,33	25,99	28,23	0,00353782
40479415	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	61,20	96,80	430	0,142	38,15	34,73	33,02	35,87	0,00449568
40479528	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	11,20	96,80	430	0,026	6,98	6,36	6,04	6,57	0,00082286
40492216	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	48,76	96,80	430	0,113	30,40	27,68	26,32	28,58	0,00358238
40492260	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	1,25	96,80	430	0,003	0,78	0,71	0,67	0,73	0,00009167
40492267	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	0,86	96,80	430	0,002	0,53	0,49	0,46	0,50	0,00006305
40492377	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	51,38	96,80	430	0,120	32,03	29,16	27,73	30,12	0,00377473
40544198	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	35,83	96,80	430	0,083	22,33	20,33	19,33	21,00	0,00263208
40579977	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	46,07	96,80	430	0,107	28,72	26,15	24,86	27,01	0,00338475
40926512	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	48,85	96,80	430	0,114	30,46	27,73	26,36	28,64	0,00358908
40926519	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	8,31	96,80	430	0,019	5,18	4,71	4,48	4,87	0,00061016
40926529	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	17,68	96,80	430	0,041	11,02	10,04	9,54	10,37	0,00129909
40926535	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	11,14	96,80	430	0,026	6,94	6,32	6,01	6,53	0,00081836
40926564	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	14,98	96,80	430	0,035	9,34	8,50	8,08	8,78	0,00110031
41078630	ALCALDE SALVADOR CABRERA	POLIETILENO	9,86	96,80	430	0,023	6,15	5,60	5,32	5,78	0,00072470

Figura 3.3.1: Ejemplo asignación demanda base a cada tramo de tubería

Siguiendo con el ejemplo anterior, en la figura figure ??, se muestra el reparto al nudo inicial y final de cada tubería de la calle Alcalde Salvador Cabrera. El último paso es sencillo de realizar con la función SUMAR.SI de Excel, consiste en realizar un sumatorio de las demandas asociadas a cada uno de los nudos.

ID	ASOCIADA	Demanda base (l/s)	Nudo 1	1/2 Dem Tubería Nudo 1 (l/s)	Nudo 2	1/2 Dem Tubería Nudo 2 (l/s)
40425742	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00015942	J18	0,00008147	J363	8,14733E-05
40479316	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00013844	J291	0,00007075	J292	7,07541E-05
40479326	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00353782	J447	0,00180808	J291	0,001808077
40479415	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00449568	J45	0,00229761	J46	0,002297614
40479528	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00082286	J52	0,00042054	J45	0,00042054
40492216	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00358238	J307	0,00183085	J610	0,00183085
40492260	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00009167	J377	0,00004685	J378	4,68502E-05
40492267	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00006305	J377	0,00003222	J1080	3,22219E-05
40492377	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00377473	J103	0,00192916	J104	0,001929158
40544198	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00263208	J339	0,00134518	J46	0,001345181
40579977	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00338475	J753	0,00172985	J850	0,001729848
40926512	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00358908	J52	0,00183427	J298	0,001834275
40926519	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00061016	J298	0,00031184	J753	0,000311837
40926529	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00129909	J298	0,00066393	J377	0,000663929
40926535	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00081836	J752	0,00041824	J753	0,000418242
40926564	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00110031	J291	0,00056234	J181	0,000562339
41078630	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00072470	J447	0,00037037	J46	0,000370375
41078640	ALCALDE SALVADOR CABRERA	0,00075836	J666	0,00038758	J447	0,000387578

Figura 3.3.2: Ejemplo asignación demanda base a cada nudo de la red

Una vez asignada la demanda base de cada nudo, es posible asignar de nuevo las demandas a EPANET realizando unas pequeñas adaptaciones en el archivo de Excel.

3.3.2. Curvas de demanda de la red

Aguas de Valencia tiene instalado un caudalímetro a la entrada de cada uno de los grupos de presión, el nuevo y el viejo, localizados a la salida de los depósitos Cuadrado y Redondo respectivamente. Estas estaciones de bombeo son las que dan suministro al total de los consumidores de Ondara por lo que, su curva de modulación de caudal coincide con el patrón de demanda global de la población.

Nudo	Demanda Base calculada (l/s)
J1	0,005950822
J2	0,009798116
J3	0,001709834
J4	0,012890164
J5	0,001861673
J6	0,003933321
J7	0,001553615
J8	0,016722321
J9	0,01021352
J10	0,000184101
J11	0,016261513
J12	0,008402796
J13	0,004821136
J14	0,015181758
J15	0
J16	0,003664697
J17	0
J18	0,001427573
J19	0,007162621
J20	0,007784314
J21	0,022140921
J22	0,013990677
J23	0,015179551
J24	0,001287076
J25	0,009102772

Figura 3.3.3: Ejemplo asignación demanda base a cada nudo de la red

Para elegir la curva de demanda apropiada y decidir si es necesario realizar más de un modelo de la población, se han analizado los datos en bruto cuarto horarios de cada uno de los grupos de bombeo.

La justificación de este estudio es que Ondara es una localidad cercana a la costa, próxima a Dénia y Jávea, por lo que se hace necesario comprobar si tiene un consumo estacional o de fin de semana muy diferenciado. Por ello se ha realizado un promedio horario de cada mes y se han analizado los patrones de consumo.

Los resultados obtenidos muestran que, a nivel global, en Ondara no se aprecia una variación excesiva de la demanda el fin de semana o en los meses de verano. Es cierto que en julio y agosto se produce un ligero aumento del consumo de agua, pero esta evolución es más propia al aumento de consumo generalizado por habitante, habitual durante los meses de verano, que por un aumento pronunciado de la población en estos períodos. En vista a los resultados obtenidos a partir de los promedios mensuales, se ha decidido que los meses más representativos para calcular el patrón de demanda son mayo, junio y septiembre. Estos meses no tienen el consumo tan bajo como en invierno ni tampoco los picos de consumo e inestabilidad de patrones de demanda que

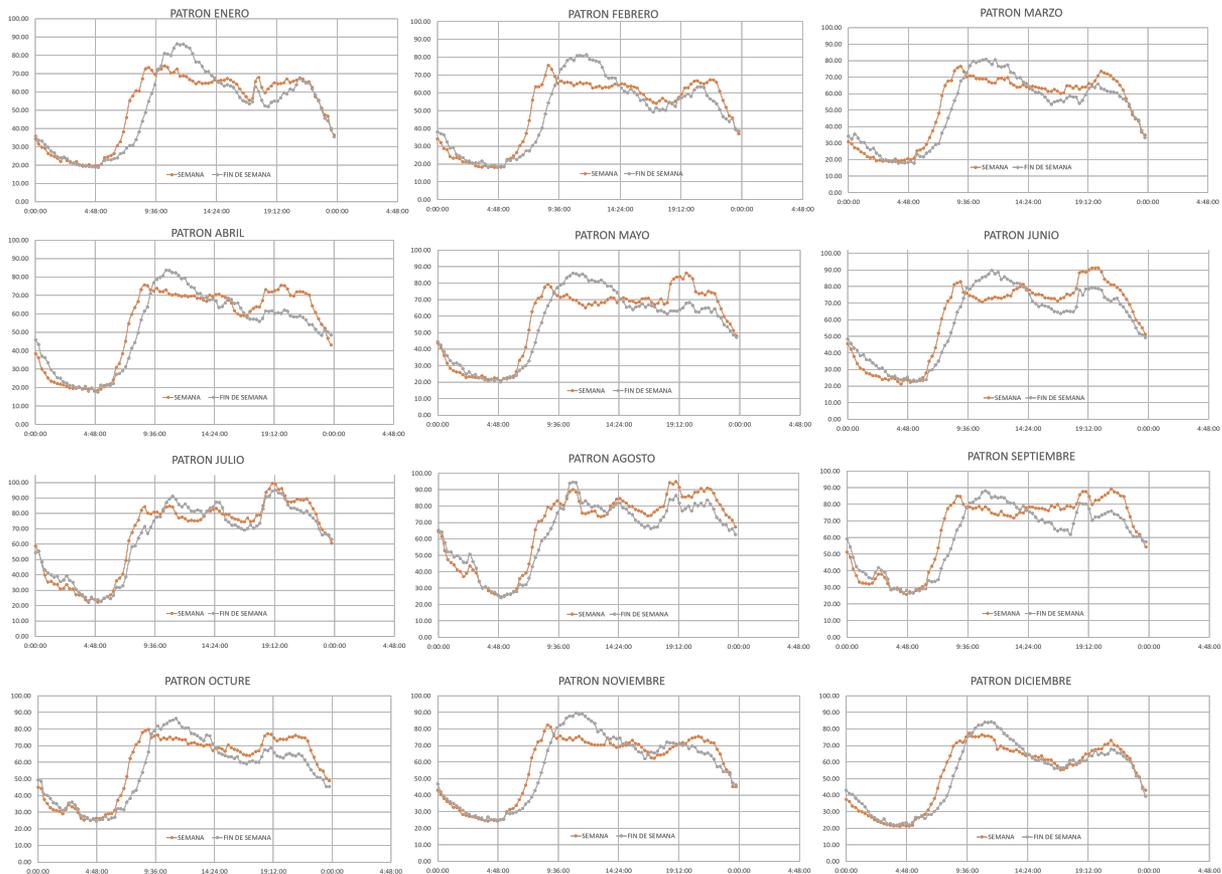


Figura 3.3.4: Patrón de demanda promedio para cada mes. Promedio realizado a partir de las medidas cuartohorarias del contador instalado a la salida de la estación de bombeo nueva.

caracterizan a los meses de verano. Por ello, se ha realizado un promedio del consumo de estos tres meses y también se ha realizado un promedio para tener solamente un valor cada hora, ya que las medidas se tienen cada cuarto de hora. Después de realizar este promedio, se ha redondeado el valor obtenido para tener el caudal sin decimales. Se ha considerado este un buen método para filtrar la señal de patrón de demanda, ajustándola lo máximo posible para que represente el comportamiento real de la población pero sin entrar demasiado al detalle puesto que este patrón es ligeramente diferente cada día y no es conveniente detallar más allá de la incertidumbre de la medida.

En la figura 3.3.5 se muestra el patrón de demanda filtrado que se ha utilizado para introducirlo en Epanet y en la última columna de la tabla se muestra el cálculo del factor de demanda, que se obtiene dividiendo cada uno de los caudales horarios entre el caudal medio diario. En la figura 3.3.6, se presenta el gráfico de barras del patrón de demanda expresado a través del factor de demanda, tal y como se ha importado en Epanet.

PATRÓN DE DEMANDA EPANET			
Hora del día	Caudal inyectado (m ³ /h)	Caudal inyectado (l/s)	Factor demanda (Qi/Qmed)
0	41	11	0,652
1	29	8	0,474
2	28	8	0,474
3	26	7	0,415
4	24	7	0,415
5	24	7	0,415
6	32	9	0,533
7	57	16	0,948
8	78	22	1,304
9	77	21	1,244
10	74	21	1,244
11	72	20	1,185
12	72	20	1,185
13	74	20	1,185
14	75	21	1,244
15	74	20	1,185
16	74	20	1,185
17	74	20	1,185
18	80	22	1,304
19	86	24	1,422
20	84	23	1,363
21	80	22	1,304
22	71	20	1,185
23	56	16	0,948
Caudal medio (l/s)	61	17	

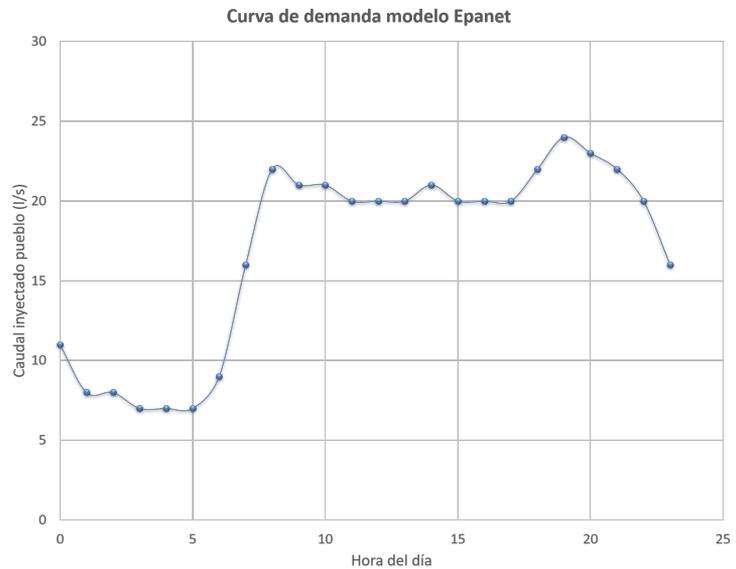


Figura 3.3.5: Patrón de demanda promedio para cada mes. Promedio realizado a partir de las medidas cuartohorarias del contador instalado a la salida de la estación de bombeo nueva.

3.4. Modelado de las fugas en Epanet

La diferencia entre el volumen de agua introducido en la red y el volumen de agua facturado a los usuarios, es decir las pérdidas del sistema, se denomina también volumen incontrolado.

Este volumen incontrolado se puede dividir a su vez entre pérdidas reales y pérdidas aparentes. Las pérdidas aparentes son las pérdidas asociadas a una estimación incorrecta en la facturación, a errores de medida del contador y a acometidas ilegales, pero es un volumen que finalmente ha sido consumido a pesar que la compañía no haya tenido constancia de ello.

Por otro lado están las pérdidas reales, que comunmente denominamos fugas. El volumen fugado es una pérdida real puesto que es agua inyectada en la red pero que se pierde por pequeñas grietas existentes en las tuberías.

El caudal que sale a través de una falla se comporta de acuerdo a la expresión de Torricelli, teniendo en cuenta que el área del orificio se corresponde con el área de la falla, A_f . El caudal que escapa a través de una fuga genérica (i), se expresa como:

$$Q_{fi} = A_{fi} \sqrt{2g \frac{p}{\gamma}} \tag{3.4.1}$$

Por su parte, el volumen fugado en un intervalo de tiempo considerado, será:

$$V_f = \sum A_{fi} \sqrt{2g \frac{p}{\gamma}} \Delta t \tag{3.4.2}$$

Por lo tanto, el volumen fugado en un sistema dependerá de tres factores: el tamaño de la falla A_{fi} , el tiempo de actividad, Δt , y la presión en el punto en el que se localiza la falla, p . El

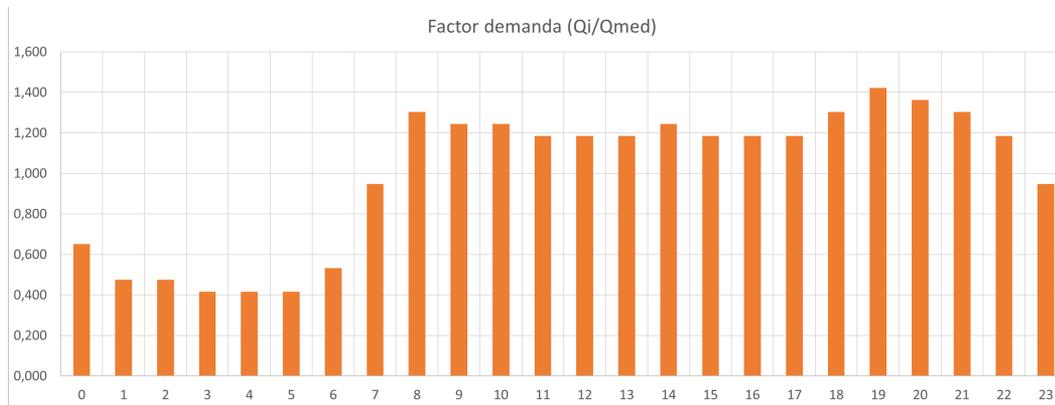


Figura 3.3.6: Factor de demanda calculado para cada hora. Promedio realizado a partir de las medidas cuartohorarias del contador instalado a la salida de la estación de bombeo nueva.

control de las fugas habrá que enfocarlo desde diferentes ópticas, para poder influir en cada uno de los factores determinantes que las gobiernan. En la figura 3.4.1, se muestra la síntesis que realizó Lambert y col., 1998 para representar las diferentes estrategias potenciales para reducir las pérdidas reales, que realmente es la expresión gráfica de la ecuación 3.4.2. De hecho se puede observar como cada acción incide en alguna de las variables de la referida expresión 3.4.2, que también se refleja en la figura 3.4.1.

Es necesario prestar especial atención a la gestión de la presión, ya que afecta de manera explícita al volumen fugado, pero también de manera implícita a través del área de descarga. Por un lado, a mayor presión, mayor será el área del orificio en la tubería, por lo que A_{fi} aumentará. Y por otro lado, la presión está explícita en la ecuación del volumen fugado, que indica que éste será proporcional a la raíz cuadrada de la presión.

Debido a ello, la presión afectará al volumen fugado de forma directa siendo proporcional a su raíz cuadrada, y de forma indirecta dependiendo de la elasticidad del material de la tubería donde se localiza dicha fuga.

En Epanet, las fugas se modelizan a través de los emisores. Según el manual de Epanet “Los emisores son mecanismos asociados a las conexiones que modelizan la descarga de caudal a la atmósfera a través de unos orificios. El caudal que atraviesa el emisor varía en función de la presión del nudo”:

$$q = C p^\gamma \quad (3.4.3)$$

En esta ecuación q es el caudal, p es la presión en el punto donde se sitúa el orificio, C es el coeficiente de descarga y γ es igual al exponente emisor. Estos emisores además de para modelizar las fugas también sirven para modelizar el caudal a través de rociadores o bocas de incendios.

En este trabajo, para asignar las fugas en el modelo se ha procedido del siguiente modo:

1. Estimar la presión media de la red. Se ha calculado el promedio de la presión diaria de

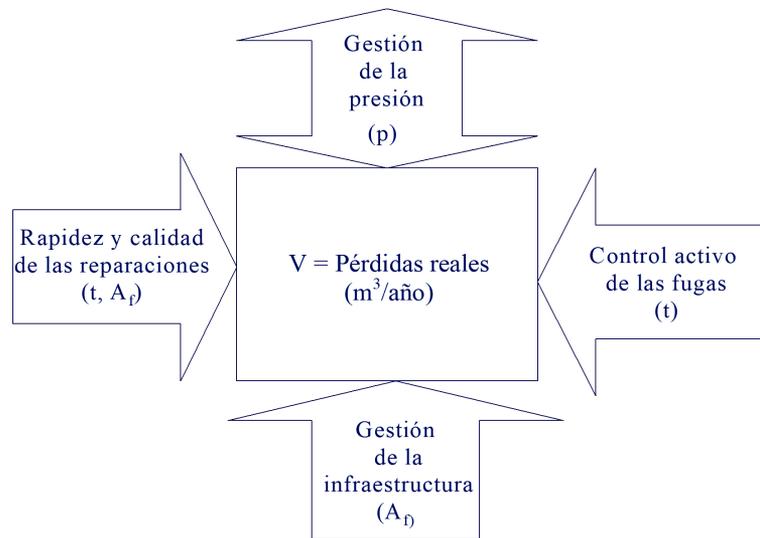


Figura 3.4.1: Estrategias posibles para reducir las pérdidas reales.

cada nudo en Epanet para cada franja horaria. Se ha tomado este valor como un dato aproximado de la presión media de la red.

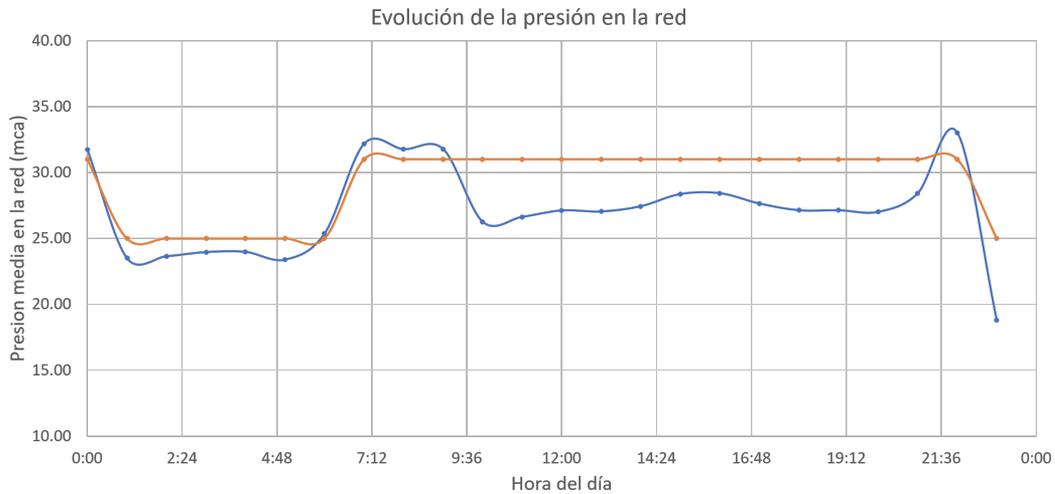


Figura 3.4.2: Estimación de un primer valor para la presión media de la red. Comparación de este vaor con la presión de consigna a la salida de la estación de bombeo.

2. Calcular la diferencia entre el volumen facturado y el volumen inyectado.
3. Asignar el 75 % de la diferencia entre volumen facturado e inyectado a las fugas, y el 25 % a pérdidas aparentes, asumido como válido para una primera aproximación (Almandoz. J. y col.)
4. Estimar el exponente emisor. Como se ha explicado previamente, este exponente será 0,5

Parámetro	Valor
Volumen anual inyectado (m^3)	501.239
Volumen anual facturado (m^3)	313.529
Diferencia anual volúmenes (m^3)	187.710
Caudal diferencia (l/s)	7,06
Caudal incontrolado consumido (l/s)	1,76
Caudal incontrolado fugado (l/s)	5,29

Tabla 3.4.1: Cálculo del caudal incontrolado.

ya que, como hemos visto, las fugas varían con el cuadrado de la presión más la parte correspondiente al material de la tubería. Diversos estudios concluyen que la influencia de la presión con el área de la grieta varía con p^x , siendo x un valor entre 0,5 y 2,5 dependiendo de la elasticidad del material de la tubería.

Propiedad	Valor
*ID Nudo de Caudal	J90
Coordenada X	761824.81
Coordenada Y	4302919.43
Descripción	J90
Etiqueta	0.0002
*Cota	25.009
Demanda Base	0.0558068962717169
Curva Modul. Demanda	Demand2
Tipos de Demanda	1
Coeficiente del Emisor	0.00003
Calidad Inicial	
Intensidad de la Fuente	
Demanda Actual	0.05
Altura Total	63.69
Presión	38.68
Calidad	0.00

Propiedad	Valor
Unidades de Caudal	LPS
Fórmula de Pérdidas	D-W
Peso Específico Relat.	1
Viscosidad Relativa	1
Máximo Iteraciones	40
Precisión	0.001
Caso de No Equilibrio	Continuar
Curva Modulac. por Defecto	1
Factor de Demanda	1.1
Exponente Emisores	1.05
Informe de Estado	No
Frecuencia de Chequeo	10
Máximas Iter. con Chequeo	10
Límite de Relajación	0

Figura 3.4.3: Asignación del coeficiente de descarga y el exponente del emisor para modelizar las fugas en Epanet

3.5. Calibración del modelo matemático

- Las válvulas que se han introducido para aumentar la resistencia hidráulica desde los pozos al depósito para que el pozo funcione en el mismo punto de funcionamiento que opera en la realidad.

- La regulación de la estación de bombeo, la regulación del variador de la BVV y el encendido y apagado de las bombas en el horario que lo hacen en la realidad.

- Ajustar el coeficiente del emisor para que el caudal y la presión se correspondan con los valores reales.

- 1er ajuste: a través de los caudales

Había que tener en cuenta también la presión, para ajustar ambos parámetros a la vez.

La primera prueba fue modificar el factor de demanda de 1,1 a 1 para ver como se comportaba el modelo, y como se puede ver en la figura 3.5.1, la diferencia entre el caudal inyectado real y el del modelo seguía siendo notable. Se decidió por ello dejar el factor de demanda en 1,1 para representar que existe un caudal incontrolado consumido, que sigue el mismo patrón de demanda que el caudal registrado por los contadores.

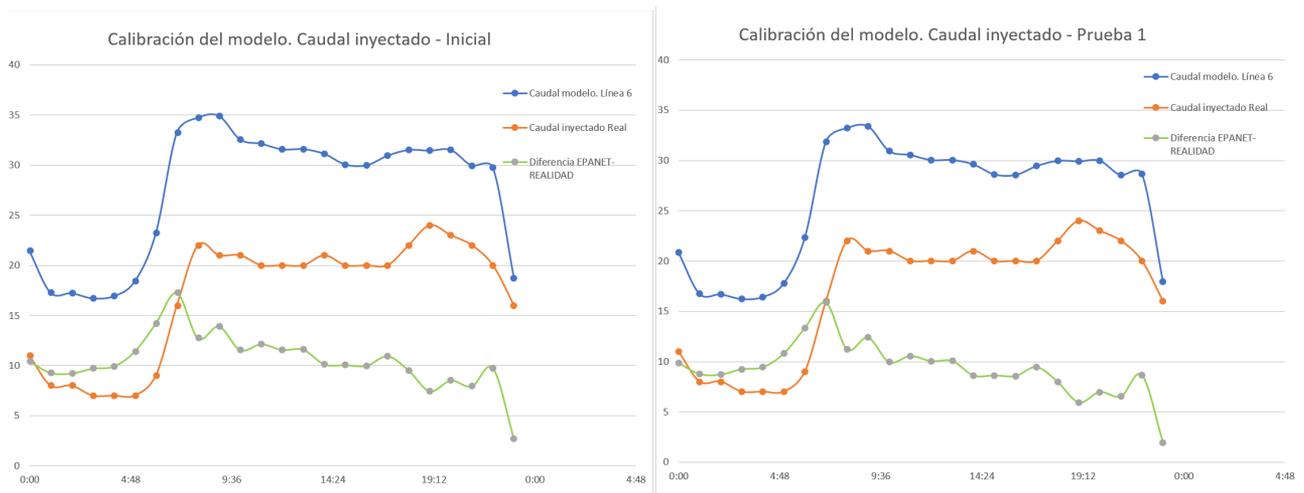


Figura 3.5.1: Calibración del modelo. Caudal y presión en cabecera. Situación inicial y primera prueba modificando el factor de demanda.

El siguiente paso se centró en modificar las leyes de control de las bombas de la estación de bombeo que se sitúa a la salida del depósito y que regula el caudal inyectado al sistema. Como se ha descrito en la sección 2.3.6, en Ondara hay dos estaciones de bombeo, la Nueva y la Vieja. La estación de bombeo Nueva tiene capacidad suficiente para satisfacer la demanda de la población, por lo que la estación Vieja no se utiliza de manera habitual y se mantiene como reserva para cuando se realiza mantenimiento de la otra estación. Por ello en Epanet, se ha modelado solamente la estación de bombeo Nueva. Esta estación consta de tres bombas conectadas en paralelo, una de ellas de velocidad variable y las otras dos de velocidad fija.

Epanet permite cambiar la velocidad de giro de las bombas y también su marcha y paro a través de las leyes de control. Para este trabajo se han utilizado las leyes de control simples, por ser suficientes para los controles que se necesitaban. Se ha visto que la sensibilidad de cambiar la velocidad de giro, arrancar o parar las bombas tiene una gran influencia en el caudal inyectado, pero también se ha comprobado que sólo se puede ajustar en un determinado rango, puesto

que al intentar seguir ajustando, alguna de las bombas se para o no puede dar la altura que se requiere.

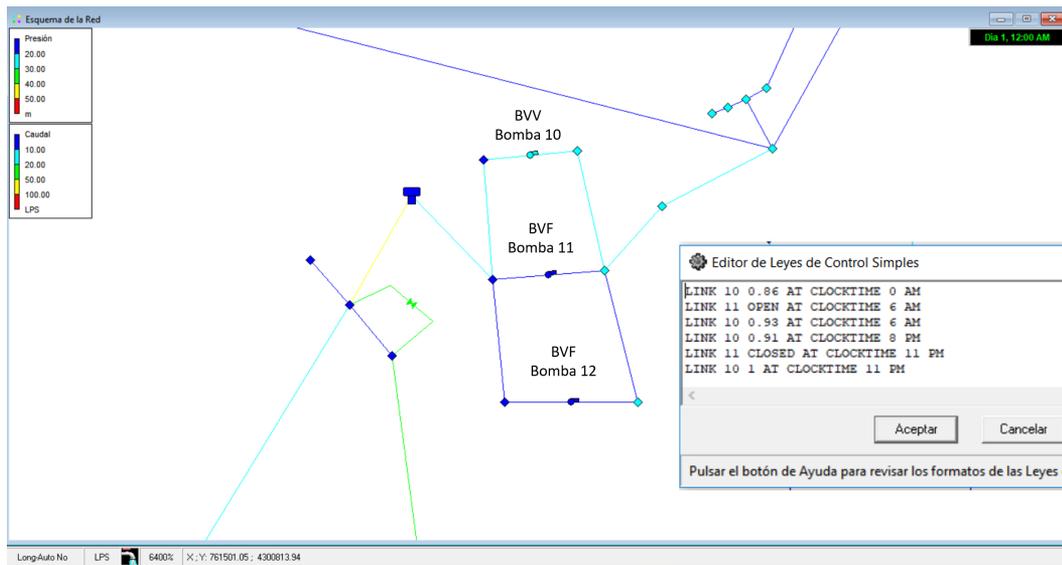


Figura 3.5.2: Calibración del modelo. Control del encendido y apagado de las bombas y de la velocidad de giro.

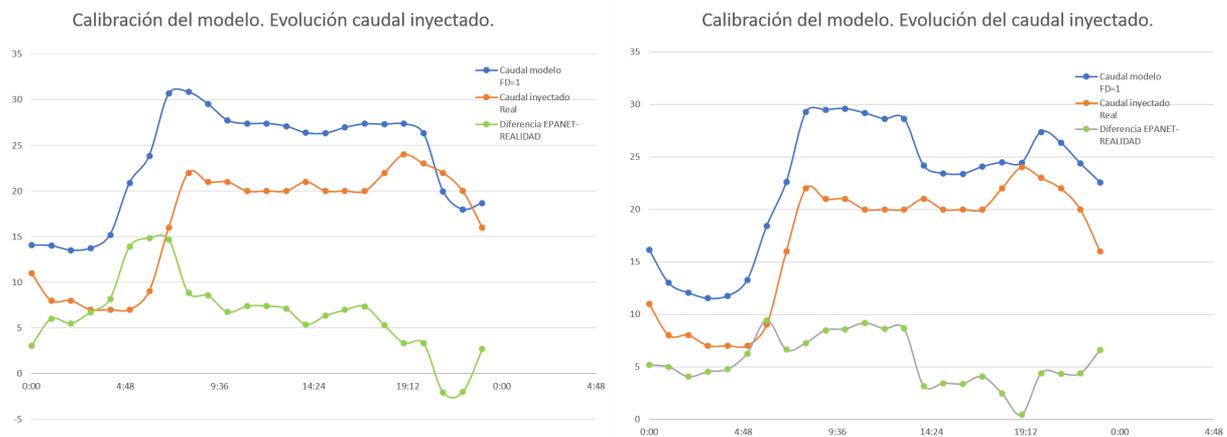


Figura 3.5.3: Calibración del modelo. Resultado después del cambio en la velocidad de giro.

Como se puede observar en la figura 3.5.3, ajustando la velocidad de giro de la bomba 10 modificamos ligeramente la forma de la curva de demanda. Esto nos permitirá realizar un ajuste fino cuando se hayan reducido los valores de demanda, porque éste es el problema principal, la demanda del modelo es superior a la real en prácticamente todas las franjas horarias.

Una vez realizado este estudio de sensibilidad, se ha visto que es necesario ajustar las fugas para que el caudal demandado por la instalación sea más realista. Para ello, se ha modificado el

coeficiente del emisor en los nudos de una forma empírica, para ver cómo influye en el caudal y presión en cabecera de la red.

3.5.1. Ajuste de las fugas y regulación de la estación de bombeo

Con el primer ajuste se ha conseguido una aproximación al funcionamiento real, pero el modelo necesita seguir ajustándose ya que, por un lado, está inyectando un caudal superior al real y, por otro lado, la presión en el modelo fluctúa bastante en algunas horas y se aleja de la presión de consigna. En esta instalación, la presión de consigna es 25 mca desde la 1 a las 6 de la mañana, y 31 mca el resto del día. Con las diferentes pruebas realizadas, se ha visto que el encendido y apagado de las bombas induce picos importantes en la presión a la salida. Por ello, se ha modificado la velocidad de giro antes de parar o encender alguna bomba para que esta transición sea menos abrupta. Los parámetros que se han utilizado para esta simulación han sido:

- Factor de demanda = 1,1
- Exponente emisor = 1,1
- Coeficiente del emisor uniforme en toda la red = 0.0003
- Regulación de la estación de bombeo: En el inicio de la simulación la bomba 10 está encendida y la bomba 11 está apagada.
 - 01:00 → Bomba 10 girando al 93 % de su velocidad nominal.
 - 08:00 → Encendido de la bomba 11 y bomba 10 girando al 100 % de su velocidad nominal.
 - 22:00 → Bomba 10 girando al 80 % de su velocidad nominal.
 - 23:00 → Apagado de la bomba 11.

En Epanet, se puede realizar el control con respecto a la hora del día o con respecto al tiempo que ha transcurrido desde el inicio de la simulación. Es importante tener esto en cuenta puesto que en las primeras 24 horas los dos controles funcionan igual, pero si no se especifica que el control se quiere hacer respecto a la hora del día, al pasar al día siguiente no se vuelven a repetir las leyes establecidas. Realizar este control es posible a través del comando `CLOCKTIME`.

Como se puede observar en la figura 3.5.4, es necesario ajustar mejor el caudal inyectado en la instalación y la presión de impulsión. En la segunda simulación, cuyos resultados se presentan en la figura 3.5.5, se ha decidido disminuir el coeficiente emisor para disminuir las fugas y de este modo conseguir que se reduzca el caudal demandado por la instalación. También se ha querido corregir la caída de la presión entre las 7 y las 8 de la mañana modificando la regulación en la estación de bombeo. Se ha decidido encender dos horas antes la bomba 11 y a la vez, reducir la velocidad de giro en la bomba 10. De este modo se ha conseguido mejorar el comportamiento del modelo. Los parámetros que se han utilizado para esta segunda simulación han sido:

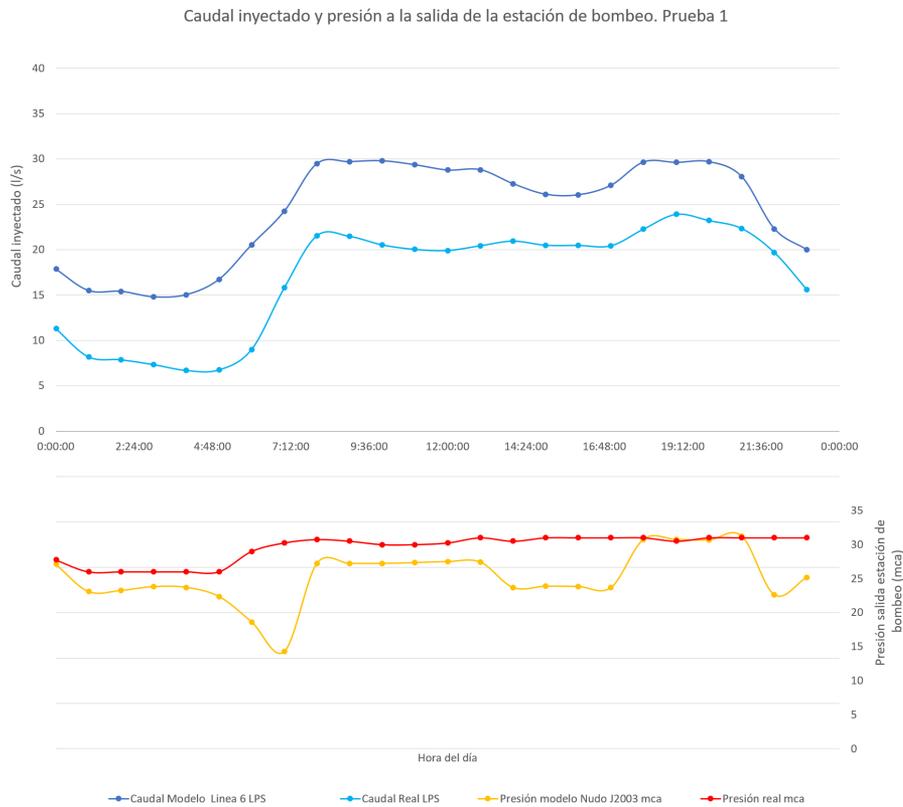


Figura 3.5.4: Calibración del modelo. Evolución del caudal inyectado y la presión. Comparación modelo-realidad

- Factor de demanda = 1,1
- Exponente emisor = 1,1
- Coeficiente del emisor uniforme en toda la red = 0.0001
- Regulación de la estación de bombeo: En el inicio de la simulación la bomba 10 está encendida y la bomba 11 está apagada.
 - 01:00 → Bomba 10 girando al 93 % de su velocidad nominal.
 - 06:00 → Encendido de la bomba 11 y bomba 10 girando al 80 % de su velocidad nominal.
 - 22:00 → Bomba 10 girando al 80 % de su velocidad nominal.
 - 23:00 → Apagado de la bomba 11.

Con este segundo ajuste, se ha conseguido representar la presión de consigna de la instalación real en el modelo, sin embargo, todavía el caudal inyectado sigue siendo algo superior al real. Por

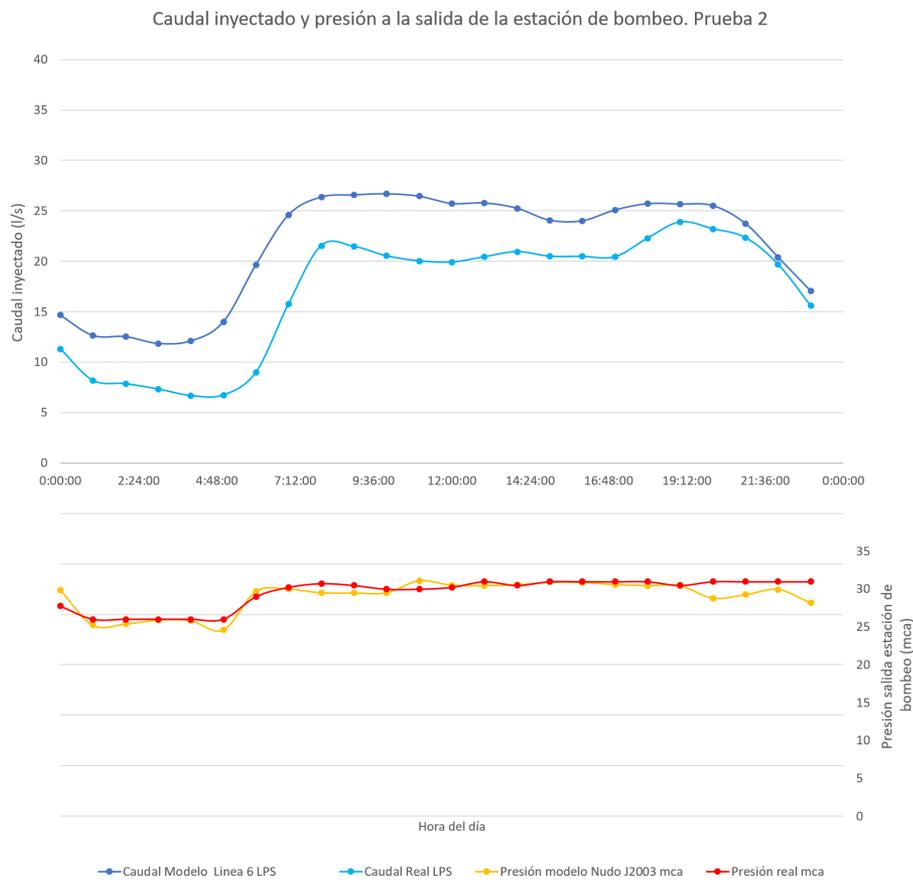


Figura 3.5.5: Calibración del modelo. Evolución del caudal inyectado y la presión. Comparación modelo-realidad prueba 2.

ello, se ha decidido seguir ajustando el coeficiente emisor y controlar con la estación de bombeo que la presión de consigna se mantiene en esos niveles.

En la tercera simulación, que se muestra en la figura 3.5.6, se ha conseguido ajustar el caudal y la presión a unos valores que representan suficientemente bien el comportamiento real. Llegados a este punto, no conviene continuar ajustando el modelo, porque hay que tener en cuenta que el patrón de demanda real ha sido obtenido a través de un promedio de los días laborables de los meses de mayo y septiembre, que se consideraron como los más representativos del consumo real. Pero en la realidad, la incertidumbre de la demanda considerada como real existe en la medida que cada día el consumo es ligeramente diferente. Por ello, a nivel representativo, se considera como válida la representación que realiza este modelo. Los parámetros que se han utilizado para esta tercera simulación han sido:

- Factor de demanda = 1,1
- Exponente emisor = 1,1

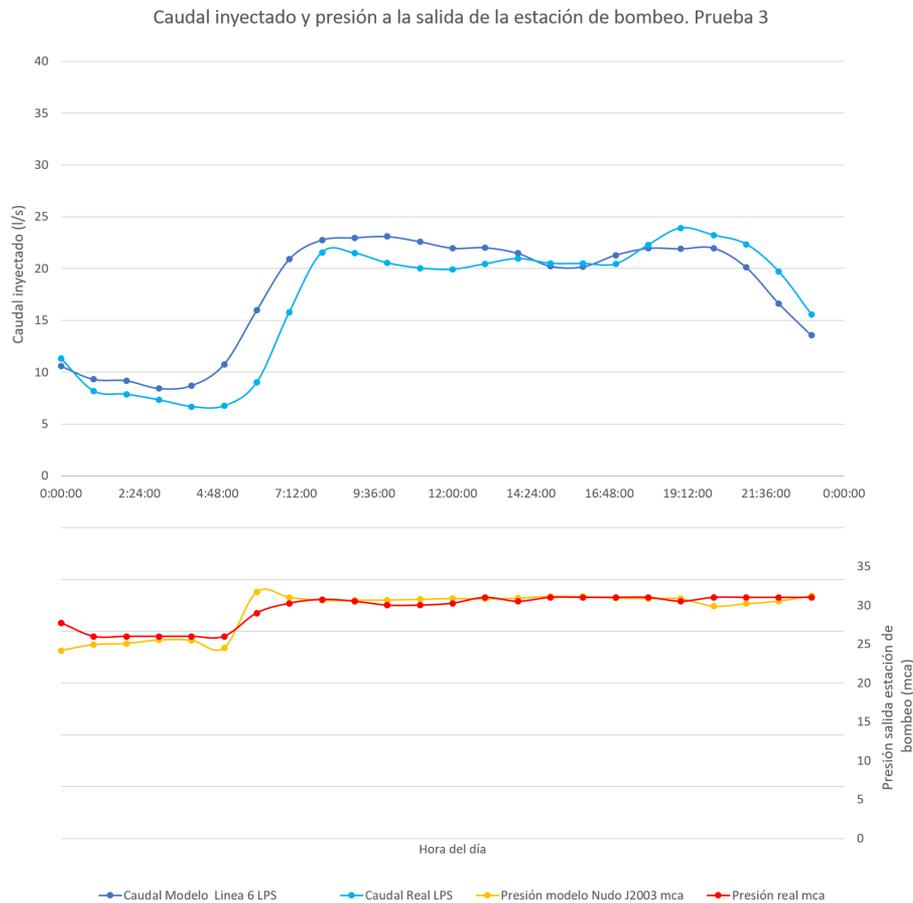


Figura 3.5.6: Calibración del modelo. Evolución del caudal inyectado y la presión. Comparación modelo-realidad prueba 3.

- Coeficiente del emisor uniforme en toda la red = 0.00003
- Regulación de la estación de bombeo: En el inicio de la simulación la bomba 10 está encendida y la bomba 11 está apagada.
 - 00:00 → Bomba 10 girando al 86 % de su velocidad nominal.
 - 06:00 → Encendido de la bomba 11 y bomba 10 girando al 93 % de su velocidad nominal.
 - 20:00 → Bomba 10 girando al 91 % de su velocidad nominal.
 - 23:00 → Apagado de la bomba 11 y bomba 10 girando al 100 % de su velocidad nominal.

3.5.2. Ajuste de la curva resistente del bombeo de los pozos

El agua extraída del pozo Granell no es apta para su consumo por tener un alto contenido en nitratos. Por ello antes de distribuirla a los puntos de consumo se trata en unas plantas potabilizadoras (ETAP I y II). El agua de los pozos Pamis no es necesario pretratarla y se traslada directamente al depósito de agua potabilizada, donde se mezcla con el agua producto del tratamiento.

En el modelo, que no deja de ser una representación simplificada de la realidad, no se han modelado las estaciones de tratamiento así como tampoco se ha representado el depósito de agua bruta. También hay que tener en cuenta que existen numerosos accesorios que añaden pérdidas de carga a las conducciones que trasladan el agua de los pozos hasta el depósito.

Como se han ensayado tanto el pozo Granell como el Pamis II, se conoce el punto de funcionamiento de las bombas de dichos pozos, con lo que se puede estimar la curva resistente de la instalación.

En Epanet se ha introducido una válvula de estrangulación en las líneas que conectan cada uno de los pozos con el depósito para introducir una pérdida de carga que ajuste la curva resistente de la instalación con la curva.

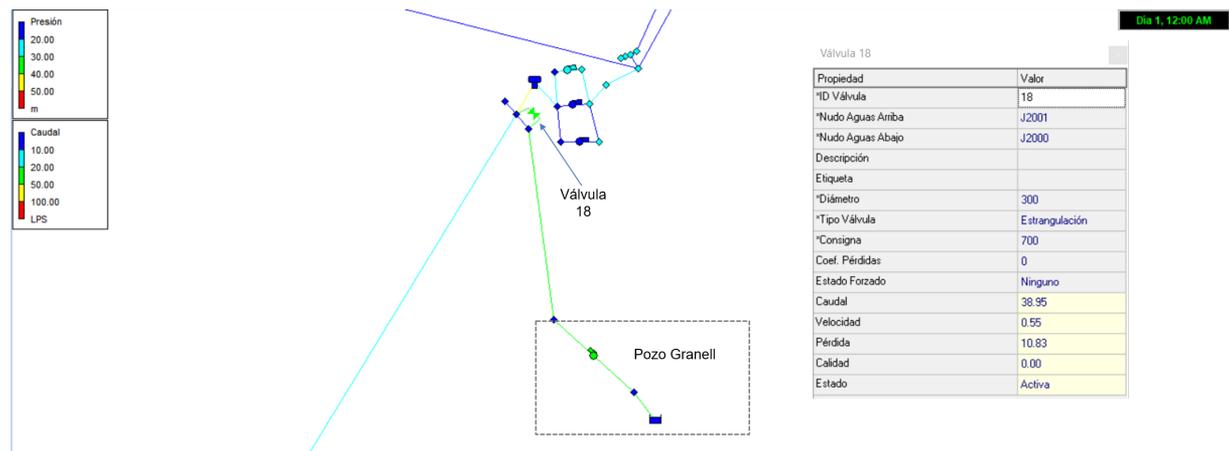


Figura 3.5.7: Válvula creada en el modelo de Epanet para ajustar la curva resistente del bombeo del pozo Granell.

A la hora de regular el funcionamiento de pozo Pamis, la resistencia hidráulica de la red de tuberías dibujada en Epanet se correspondía con el funcionamiento real. Por ello no ha sido necesario agregar ninguna válvula de estrangulación que introdujera pérdidas en el sistema y modificara el punto de funcionamiento de la bomba del pozo Pamis. En la figura 3.5.8 se puede ver el embalse y la bomba 4 que simulan el pozo Pamis II y los datos de caudal y altura de la bomba cuando el pozo está en marcha.

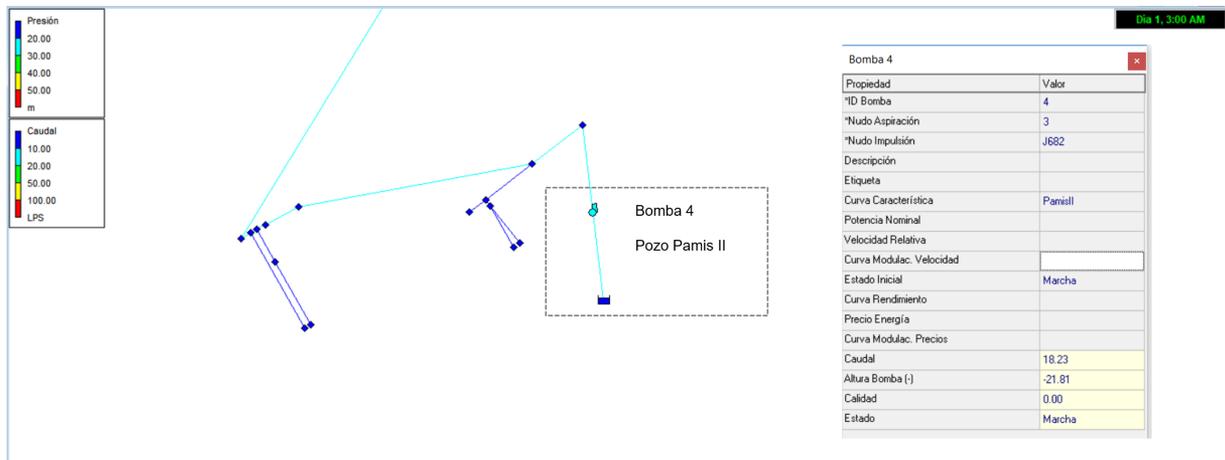


Figura 3.5.8: Pozo Pamis II en el modelo de Epanet y vista del punto de funcionamiento de la bomba del modelo.

Capítulo 4

Auditoría hídrica de la red

4.1. Introducción

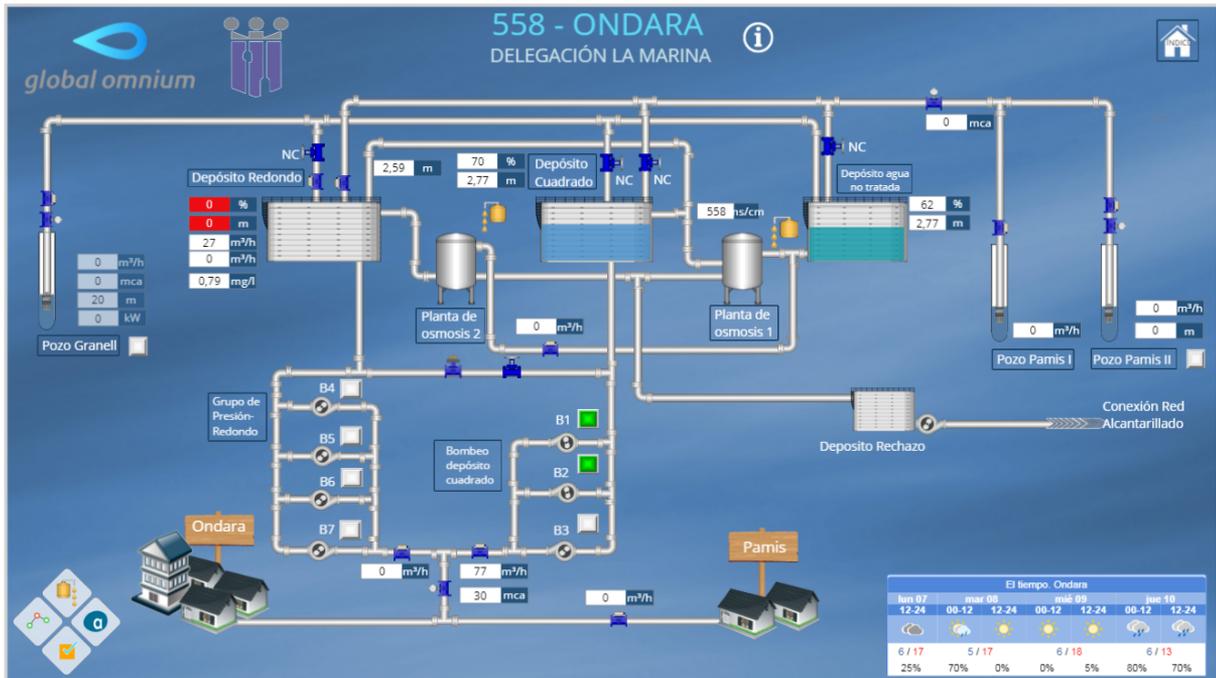


Figura 4.1.1: Pantalla información SCADA de la red de abastecimiento de agua de Ondara

Para realizar una gestión técnica adecuada en una red de distribución de agua es necesario conocer el destino final de toda el agua que se inyecta en el sistema. Tanto la extracción, transporte como la distribución de agua a presión exigen una cantidad significativa de energía, y esta energía necesaria va en aumento en la medida que los niveles de los acuíferos disminuyen y la calidad del agua empeora. Lo que no se mide, no se conoce y por ello es tan importante contabilizar los caudales globales inyectados, los de entrada a cada uno de los sectores de la red, salida de los depósitos, los contadores domiciliarios y cualquier consumo especial como por ejemplo, las

fuentes ornamentales. La auditoría hídrica consiste en analizar toda la información hídrica de los contadores existentes para determinar el destino del agua inyectada en el sistema desde sus diferentes fuentes.

Cuando una red tiene pérdidas de agua importantes es ineficiente desde los ámbitos ambiental, económico y social. Desde una perspectiva ambiental, se extrae una mayor cantidad de agua de la naturaleza y, por consiguiente se consume más energía, dado que toda el agua ha de potabilizarse y transportarse, aunque finalmente se pierda. Tanto en la extracción, como en la potabilización y en el transporte se consume energía y, por tanto, se generan gases de efecto invernadero (GEI) que altera nuestra atmósfera y acelera el cambio climático. Por tanto, las pérdidas de agua suponen un mal uso de ambos recursos, el agua y la energía.

En el ámbito económico, un aumento del consumo de agua debido a fugas conlleva un aumento directo en costes, tanto fijos como variables. Las fugas implican un aumento en los costes fijos de personal, y un aumento en los costes variables como la factura eléctrica, los reactivos o la compra de agua en alta.

Desde la óptica social, las pérdidas de agua propician que la imagen de la empresa gestora se deteriore, debido a que se transmite una sensación al usuario de falta de control sobre la actividad que se realiza. Por último, unas elevadas pérdidas de agua obliga a anticipar inversiones, puesto que todo el sistema queda infradimensionado, ya que la demanda es mayor a la de diseño y las instalaciones (captaciones, potabilizadoras, bombeos, etc.) pueden resultar insuficientes, aumentando la necesidad de nuevas inversiones a corto o medio plazo.

ONDARA 2018	
Número de habitantes	6.815
Volumen agua bruta extraída ($m^3/año$)	577.293
Volumen total inyectado en la red (m^3)	479.915
Volumen registrado (m^3)	362.305
Volumen facturado (m^3)	328.995
Volumen incontrolado (m^3)	117.610
Rendimiento volumétrico en alta (%)	83.1 %
Rendimiento volumétrico en baja (%)	75.5 %
Rendimiento volumétrico global (%)	62.7 %

Figura 4.1.2: Datos generales de los volúmenes inyectados y facturados en el abastecimiento de Ondara

En este capítulo se presentan los datos de producción y consumo de agua potable en la localidad de Ondara y su posterior análisis para ponerlo en contexto con su evolución temporal. También se ha realizado una comparativa con otras poblaciones de su entorno y características para enmarcarlo de manera adecuada. Como una vista preliminar de la situación, se presentan en la figura 4.1.2 los datos generales en lo que respecta al balance hídrico del abastecimiento de agua potable al municipio de Ondara.

4.2. Análisis de la evolución en el consumo de agua potable en Ondara

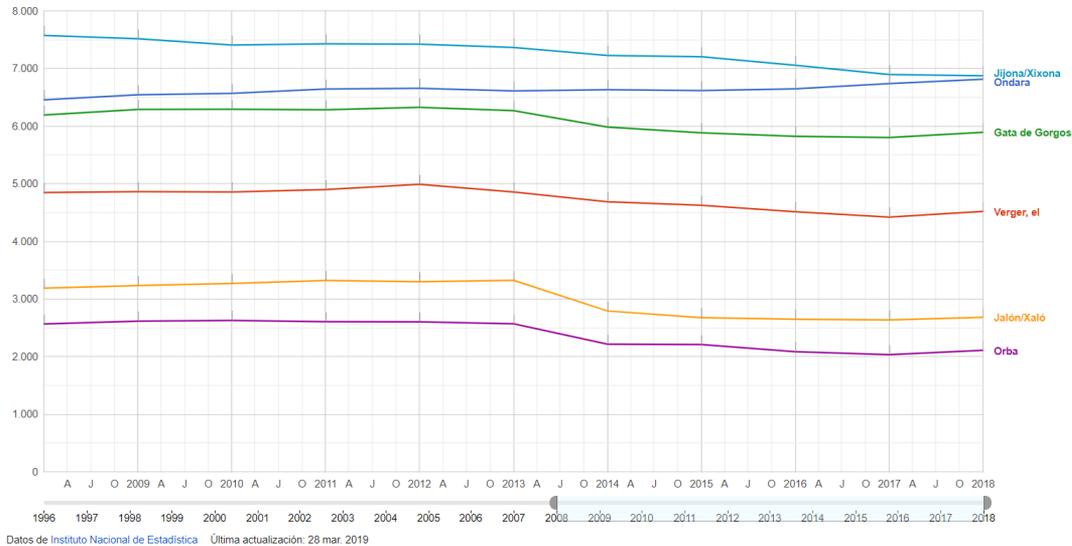


Figura 4.2.1: Evolución del número de habitantes censados en Ondara y poblaciones del entorno

El municipio de Ondara cuenta con una población de 6.815 (2018) habitantes según los últimos datos del INE disponibles. La población de esta localidad está bastante estabilizada, aunque es cierto que tiene una tendencia al alza. En los diez últimos años la población de Ondara ha aumentado alrededor de un 6 %, lo que supone un aumento moderado. Como se puede observar en el gráfico comparativo de la figura 4.2.1, esta localidad no experimentó una pérdida de población entre los años 2012 y 2013, como sí le pasó a otras poblaciones de la provincia de Alicante en este período.

Respecto a la evolución en el consumo de agua potable, en la figura 4.2.2 se representa el comportamiento experimentado en los últimos nueve años. Se observa que año tras año se va mejorando el rendimiento de la medida porque como se puede observar, la tendencia en el volumen producido es decreciente, mientras que la del volumen registrado es creciente. Como valores de referencia, al analizar los datos se obtiene que en el año 2010 el rendimiento de la medida fue tan sólo del 56 % y en el 2018 dicho rendimiento se situó ya en el 75 %. Si se pone el foco en el rendimiento de la facturación se observa una tendencia similar, en el 2010 la facturación supuso un 53 % del volumen total inyectado y en el 2018 el ratio entre volumen facturado y producido aumentó hasta suponer el 69 % del volumen inyectado en el sistema.

Si se realiza un análisis según el destino del agua, alrededor del 75 % del consumo total en Ondara es para uso doméstico. El otro 25 % corresponde a usos industriales, que están localizados principalmente dentro del sector Poligon Poble 1, ya que se allí es donde está ubicado el polígono y el centro comercial de la población. En cuanto a las cifras de consumo, en el año 2018 el

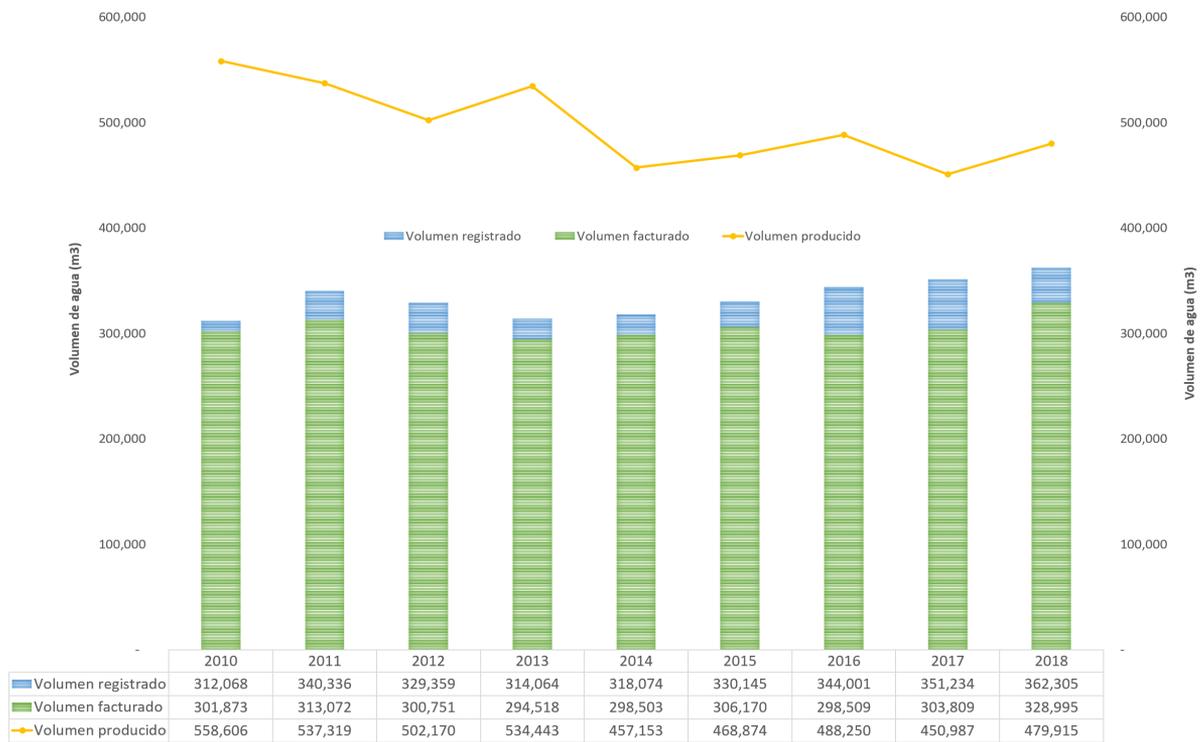


Figura 4.2.2: Evolución de la producción y el consumo de agua en Ondara. Período 2010-2018. Fuente: Aguas de Valencia

consumo de agua para uso doméstico fueron 258.812 y para uso industrial 70.183 metros cúbicos. Si se compara con las cifras obtenidas en el año 2010, se observa un aumento en el consumo pero la relación entre industrial y doméstico es muy similar. En el año 2010 se facturaron 242.706 metros cúbicos para uso doméstico y 59.167 metros cúbicos para uso industrial, lo que supone una relación del 24 % y 76 % respectivamente, solamente ha habido una subida de un punto porcentual del consumo industrial respecto al doméstico en nueve años. En la figura 4.2.3 se muestra la evolución del volumen facturado desde 2010 hasta 2018, según uso doméstico o industrial.

En cuanto al consumo registrado por los caudalímetros sectoriales, si se observa la tabla de la figura 4.2.4 lo primero que llama la atención es que la calidad de la medida ha aumentado considerablemente en los últimos años. Si se observan los datos de 2013 se puede ver que en cinco de los sectores no existía caudalímetro, y entre 2014 y 2015 se instalaron y registraron los contadores en los sectores Tossals 2, Piscina Xébic y Mollons. A partir de 2016 todos los sectores disponen de caudalímetro a la entrada, o al menos se puede obtener su consumo como resta de dos caudalímetros sucesivos. También conviene remarcar que no se ha realizado un estudio cuantitativo a partir de los datos de los caudalímetros sectoriales, porque el rendimiento de la medida no se ha considerado como suficientemente representativo del consumo total. Se observa una importante diferencia entre el volumen facturado y el volumen registrado por los

4.2. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN ONDARA59

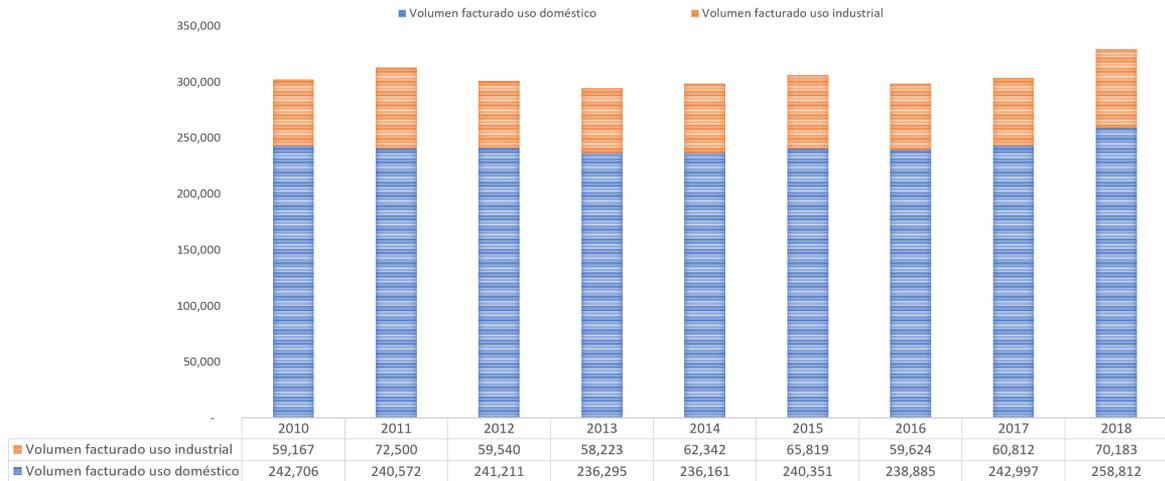


Figura 4.2.3: Distribución del consumo facturado según usos. Período 2010-2018. Fuente: Aguas de Valencia

caudalímetros sectoriales, por ello solo se ha realizado un estudio cualitativo para destacar la importancia de algunos sectores sobre otros, a nivel de consumo de agua potable.

Al analizar los datos de 2018, se observa que el volumen registrado por los contadores finales de los abonados (incluyendo el volumen que no se factura) es de 479.915 metros cúbicos, mientras que la suma del volumen registrado por los caudalímetros sectoriales es tan sólo de 295.888. Teniendo en cuenta estos datos, el rendimiento de la medida de los caudalímetros sectoriales es inferior al 61 %, por ello no se considera un valor apto para realizar un análisis cuantitativo.

En cuanto a la distribución del consumo por sectores, en la figura 4.2.5 se observa que el sector con mayor consumo es el Poligon Poble 1, que concentra prácticamente la mitad del consumo total de Ondara. La mayoría del consumo de tipo industrial se concentra en esta zona y además contiene un gran consumidor como es el Centro Comercial Portal de la Marina, con 40.000 metros cuadrados dedicados a restauración, moda, servicios y ocio. En la figura 4.2.5, se presenta cada sector con el porcentaje de consumo de agua potable sobre el total registrado por los caudalímetros sectoriales.

ONDARA	Volumen registrado sectores					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	m3	m3	m3	m3	m3	m3
S. Poligon Poble 1	205.873	234.330	221.962	116.926	69.843	152.368
S. Poble Pamis	11.764	13.765	20.273	19.071	17.687	16.433
S. Alfatares	17.090	9.704	11.116	8.505	10.937	6.172
S. Tossals	22.877	19.011	20.301	21.236	22.174	18.904
S. Tossals 2	0	3.424	5.881	6.050	7.885	7.042
S. Piscina Xébic	0	12.157	17.732	15.132	15.405	14.571
S.Mollons (Camí Xabia)	0	4.792	4.434	2.087	2.533	944
S. Fratelli	0	0	0	31.263	19.924	19.842
S. Barrio Cristo	0	0	0	53.783	60.533	61.106
Riego Pepa Granell	5.273	6.640	6.220	6.790	5.806	5.549
TOTAL Sectores	262.877	300.399	302.038	274.792	224.842	295.888

Figura 4.2.4: Distribución del consumo registrado por sectores en Ondara. Fuente: Aguas de Valencia

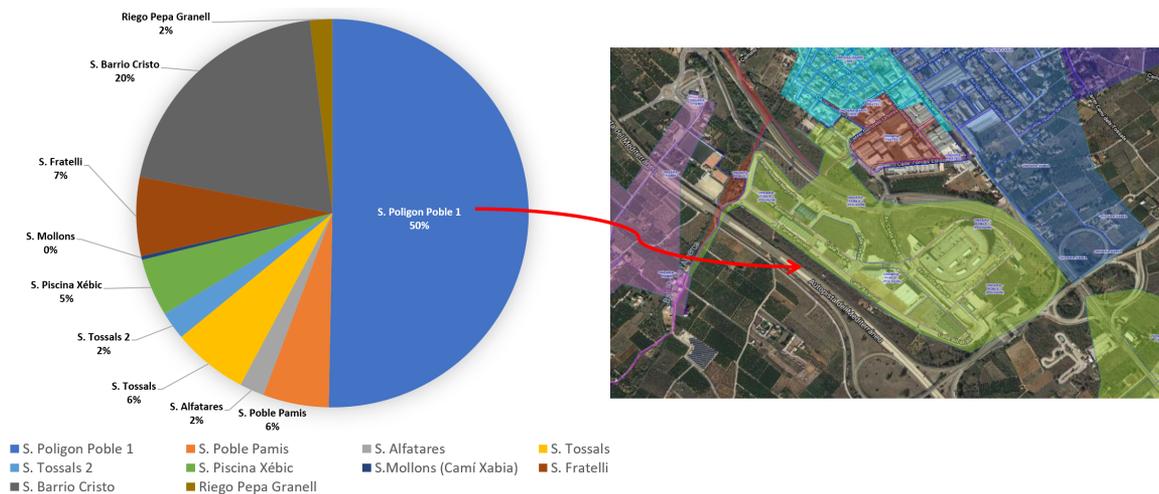


Figura 4.2.5: Distribución del consumo registrado por sectores en Ondara en el año 2018. Fuente: Aguas de Valencia

Los datos de producción de agua bruta y volumen inyectado en la red de distribución de baja en 2018 se presentan en la figura 4.2.6. Si se analizan dichos datos, existe una notable diferencia entre el volumen extraído de las captaciones y el volumen inyectado en la red, pero esto es debido a la necesidad de realizar un pretratamiento a toda el agua extraída del pozo Granell, que no es apta para su consumo directo. En las ETAP se realiza el tratamiento por ósmosis inversa, y en este proceso se pierde alrededor de un 15% del volumen de agua que entra en la planta, en forma de salmuera. En esta línea, si se observa en la figura 4.2.6, el volumen elevado total y se compara con el volumen inyectado en la red, se obtiene una diferencia de 97.000 metros cúbicos

anuales, lo que supone rendimiento volumétrico en alta del 83 %.

ONDARA 2018	Volumen elevado Granell (m3)	Volumen elevado Pamis I (m3)	Volumen elevado Pamis II (m3)	Volumen elevado total (m3)	Volumen inyectado Ondara (m3)
ENERO	29868,42	9,39	14506,97	44384,78	36656,85
FEBRERO	25224,84	0,00	16720,00	41944,84	31905,26
MARZO	23098,71	77,50	19089,42	42265,64	36844,24
ABRIL	27419,28	9,09	13508,28	40936,64	36661,69
MAYO	29340,75	0,00	20296,55	49637,29	40421,64
JUNIO	28243,40	0,00	25153,45	53396,85	41750,84
JULIO	29430,59	74,83	21198,66	50704,07	46442,37
AGOSTO	33714,15	0,00	23303,55	57017,69	47134,78
SEPTIEMBRE	33714,15	154,55	18766,55	52635,24	43396,54
OCTUBRE	28890,97	0,00	19759,21	48650,18	41036,87
NOVIEMBRE	30811,35	0,00	14760,00	45571,35	39766,08
DICIEMBRE	32467,49	0,00	17681,27	50148,77	37897,84
TOTAL	352.224,09	325,36	224.743,90	577.293,34	479.915,00

Figura 4.2.6: Datos generales de la producción y distribución en alta de Ondara

4.3. Análisis de las necesidades hídricas actuales

Según los datos de 2018, el volumen total inyectado en Ondara es de 479.915 metros cúbicos anuales. Teniendo en cuenta que en esta población residen (datos del INE, 2018) de manera permanente 6.815 personas, la dotación por habitante y día es de 193 l/hab.día. Hay que tener en cuenta que este dato está referido al volumen inyectado en la red, es decir, está medido a la salida de las ETAP. Desde la óptica del volumen total extraído del medio natural, se tiene que el volumen elevado de los pozos asciende a 577.293 metros cúbicos en 2018, por lo que la dotación por habitante y día de agua bruta sería de 232 l/hab.día. Pero estos datos de dotaciones por habitante tienen sentido solamente si se tiene un orden de magnitud de las dotaciones habituales en este tipo de poblaciones.

En el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, Anexo III, Ciclo de Planificación Hidrológica 2015-2021 se presentan los Usos y Demandas de Agua para dicha demarcación (figura 4.3.1) y período. Ondara entra dentro de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, y por ello se ha estudiado este informe y se ha tenido como referencia para analizar los resultados obtenidos.

En este informe se expone los “volúmenes de agua que demandan los diferentes usos en la Demarcación Hidrográfica del Júcar (DHJ), de acuerdo a lo establecido en la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), aprobada por la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre”. En estos usos está incluido el abastecimiento a poblaciones, que es el que concierne a este estudio.

Como se puede ver en la figura 4.3.1 donde se presentan las dotaciones de algunos municipios encuestados, el rango más repetido es el de 180-340 l/hab.día, por lo que en este sentido Ondara tendría unos valores bastante comunes en cuanto a dotación por habitante.

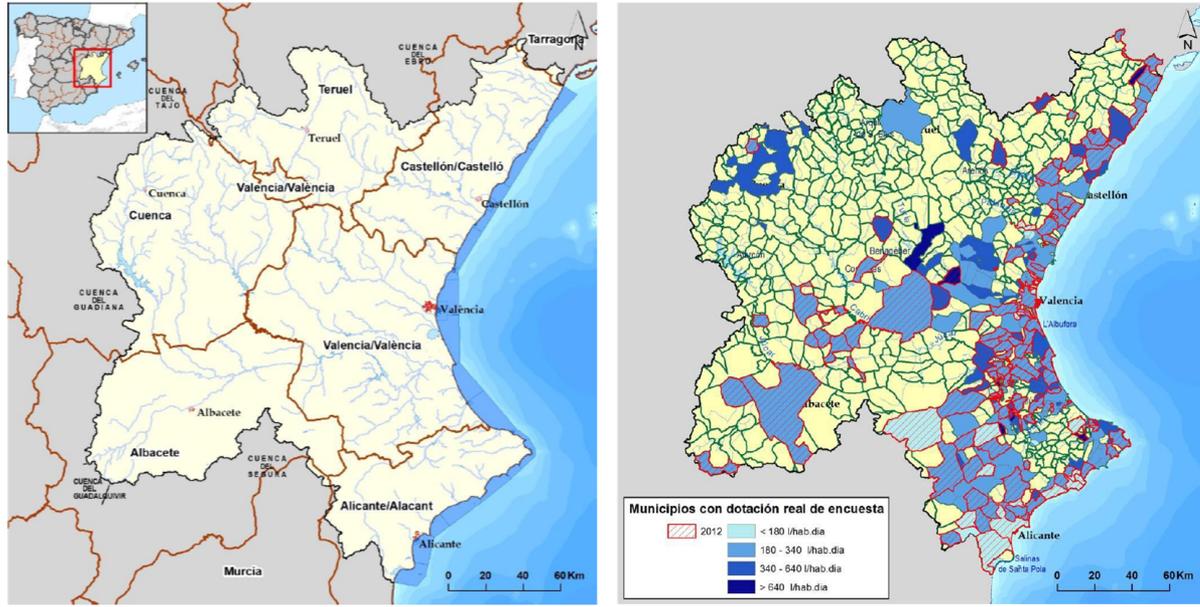


Figura 4.3.1: Ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Fuente: PHJ 2015-2021.

Población municipio	Municipios					IPH		Promedio dotaciones (l/heq.día)
	Muestra dentro de rango	Muestra	Total	Muestra dentro de rango %	Muestra %	Valor de referencia (l/hab.día)	Rango admisible (l/hab.día)	
Menos de 10.000	159	180	643	25%	28%	340	180-640	300
De 10.000 a 25.000	36	44	57	63%	77%			274
De 25.000 a 50.000	20	27	33	61%	82%			277
De 50.000 a 100.000	10	10	11	91%	91%	330	180-570	280
De 100.000 a 500.000	2	5	5	40%	100%	280	180-490	242
Más de 500.000	1	1	1	100%	100%	270	180-340	260
TOTAL	228	267	750	30%	36%			

Figura 4.3.2: Estimación de dotaciones de agua suministrada según el PHJ (Datos 2012). Fuente: Plan Hidrológico del Júcar 2015-2021.

Analizando más en detalle las poblaciones dentro de la demarcación, el PHJ realiza una subdivisión de las dotaciones típicas según el número de habitantes del municipio. En la tabla de la figura 4.3.2, se puede ver que para un municipio de menos de 10.000 habitantes, como es Ondara, el valor de referencia en cuanto a dotación es de 340 l/hab.día y el rango admisible va desde

180-640 l/hab.día. Se puede concluir entonces, que los valores de dotación en esta población son más que aceptables, ya que se enmarcan cerca del valor mínimo del rango admisible.

4.4. Balance hídrico del sistema

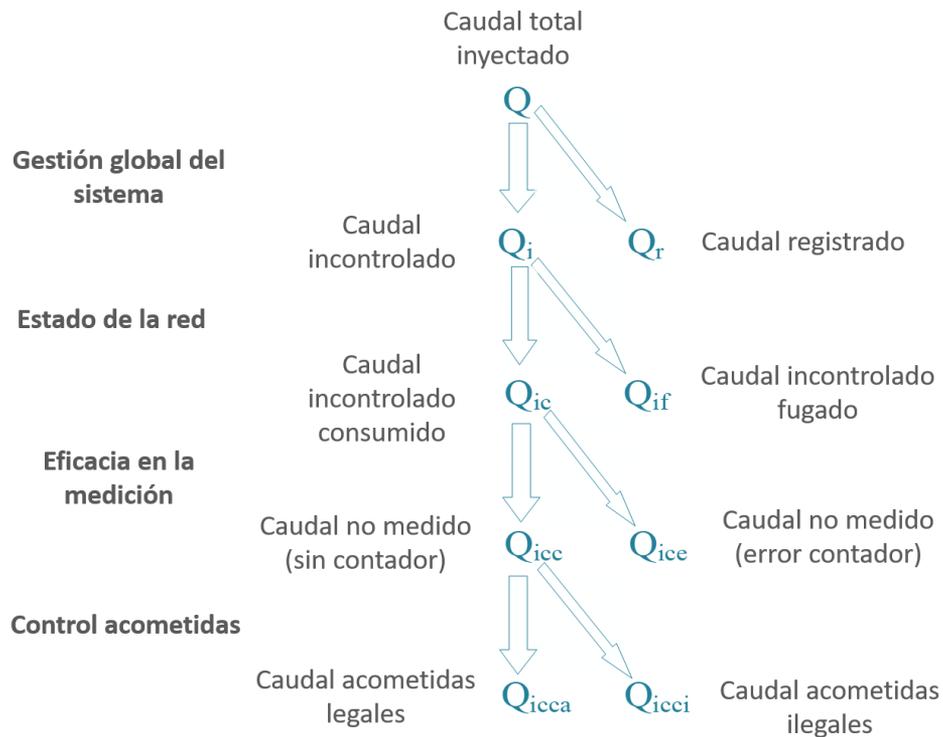


Figura 4.4.1: Balance para la auditoría hídrica. Fuente: AEAS

Fundamentalmente, la auditoría hídrica consiste en determinar qué cantidad de agua se introduce en el sistema y qué proporción de la misma es la que se entrega finalmente a los usuarios. En muchos balances hídricos, realizados de forma no exhaustiva, se realiza un diagnóstico del estado de su sistema a partir del porcentaje de volumen fugado con respecto al inyectado. Este volumen fugado es realmente el volumen no contabilizado, que suele corresponderse con la diferencia entre el volumen inyectado en el sistema y el facturado a los usuarios. Este dato puede diferir mucho del volumen fugado, ya que en la mayoría de abastecimientos existen consumos que no son registrados. Este consumo no registrado depende del tipo de abastecimiento y del contrato con el ayuntamiento pero, podría ser por ejemplo: el agua para riego de parques y jardines, fuentes ornamentales, sistema contra incendios, acometidas ilegales y errores de medida de los contadores domiciliarios. Por este motivo, en este trabajo se habla de volumen incontrolado, que comprende la suma del volumen realmente fugado (pérdidas reales) y el volumen incontrolado consumido (pérdidas aparentes).

Los diferentes caudales que componen el balance hídrico se pueden representar de diferentes formas. En la figura 4.4.1, se muestra el diagrama arbóreo que utiliza la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) para realizar el balance hídrico.

Este diagrama parte del caudal inyectado, Q , que es el medido por los contadores de entrada de agua en la red y va discriminando poco a poco para analizar tanto la gestión global del sistema, el estado de la red, la eficacia de la medición y el control de acometidas.

Para la red de abastecimiento de agua potable de la población de Ondara, el balance que se propone, figura 4.4.2, sigue la estructura propuesta por Almandoz et al, 2005 y es muy similar al que propone la IWA (Alegre et al., 2000). Es cierto que es más sencillo que el definido por la IWA, pero esto es debido a que en esta población se cumple el principio de la medición universal.

Caudal inyectado <i>Medido por los contadores de entrada</i> Q 479.915 m ³	Caudal Registrado <i>Medido por los contadores de los abonados del sistema</i> Q_R 362.305 m ³		Caudal Suministrado $Q_S = Q_R + Q_{IC}$ 450.512 m ³
	Caudal Incontrolado <i>No se conoce con precisión su destino final</i> Q_I 117.610 m ³	Caudal Incontrolado <i>Pérdidas aparentes</i> Q_{IC} 29.402 7 m ³	
			Caudal Incontrolado Perdido <i>Pérdidas reales</i> Q_{IF} 88.207 m ³

Figura 4.4.2: Balance hídrico para la población de Ondara, según los datos del año 2018. Fuente: Elaboración propia

Capítulo 5

Auditoría energética de la red

5.1. Antecedentes

De acuerdo con el Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, se obliga a las grandes empresas a efectuar auditorías energéticas de la mayor parte de sus instalaciones. Adicionalmente, dentro del área de servicios de Global Omnium se encuentra el Departamento de Gestión Energética. Una de las responsabilidades de este departamento es la supervisión de los consumos energéticos de la compañía. Por estas razones se decide abordar la auditoría energética de esta instalación desde este departamento, con la intención de realizar tanto la auditoría como el seguimiento de los Indicadores de Desempeño Energético.

5.2. Marco teórico de la auditoría energética a redes de distribución de agua

Como es sabido, la energía interviene en cada etapa de la operación de una red de distribución de agua. De cara a una evaluación del consumo energético, estas etapas comprenden desde la presurización del agua en cabecera de la red hasta el consumo en el interior de la vivienda, pasando por la distribución a través de la red de tuberías y el suministro al usuario en las acometidas.

Una evaluación del coste energético real en cada una de estas cuatro etapas, aporta una visión bastante completa de la energía consumida a lo largo de todo el proceso de captación y distribución de agua potable a una población. Para poder dar un juicio del desempeño de la red, se debe comparar el coste energético de cada etapa con el coste energético teórico que debería tener en dicha etapa una red de similares características, y evaluar el sobre coste energético en el que se está incurriendo.

El desarrollo realizado en “Energy Audit of Water Networks”[20], aplica la ecuación integral de la energía a un volumen de control limitado por una superficie atravesada por flujo hídricos y energéticos. El interés de la publicación mencionada para este trabajo radica en que en él se

presentan tanto las simplificaciones que se pueden asumir para una red de distribución de agua como las condiciones de contorno en este tipo de redes, para terminar con un balance de potencias referido a todo el sistema.

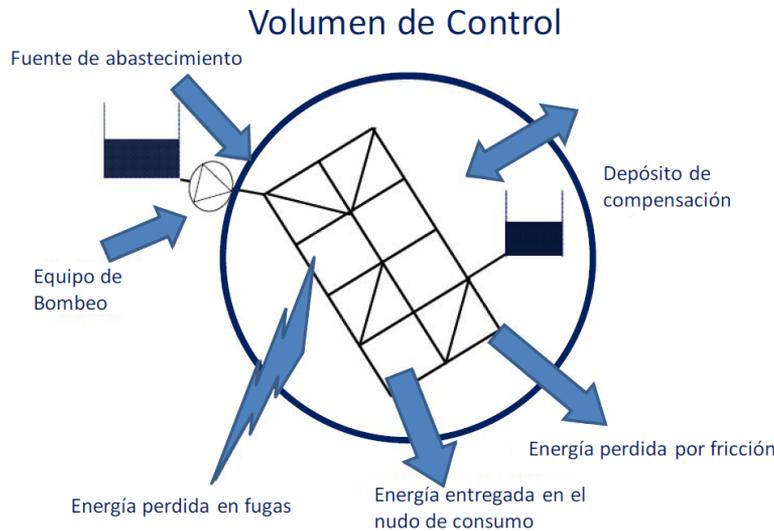


Figura 5.2.1: Volumen de control y flujos de agua y energía que intervienen en el balance energético de una red de agua. Fuente: ITA-UPV

Para aplicar la ecuación integral de la energía se necesitan conocer previamente los flujos hídricos y energéticos, por ello exige haber realizado el balance hídrico y conocer el modelo matemático de la red.

Respecto a la definición del volumen de control, se puede realizar según convenga. Los elementos internos son los que almacenan energía o la disipan, según sean depósitos o tuberías y válvulas, respectivamente. Por su parte, los elementos no integrados en el volumen de control contribuyen con energía “de flujo”. En el ejemplo presentado en la figura 5.2.1 existe un depósito externo (embalse) y otro interno (de compensación). Las bombas, que aportan trabajo de eje, se han considerado como externas al volumen de control, y la superficie de salida del sistema está compuesta por las acometidas de los usuarios y las fugas.

El balance de potencias que se extrae de aplicar la ecuación de la energía en su forma más general al volumen de control de la figura 5.2.1, se expresa del siguiente modo:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{dQ}{dt} + \frac{dW}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} e\rho dV + \iint_{SC} e\rho(\vec{v}\cdot d\vec{A}) \quad (5.2.1)$$

En la ecuación 5.2.1, $\frac{dE}{dt}$ representa la suma del intercambio térmico y de trabajo por unidad de tiempo entre el medio externo y el sistema, e es la energía total por unidad de masa, y ρ en este caso, es la densidad del agua. Concretando más hacia esta aplicación, si desarrollamos el término de energía unitaria obtenemos esta nueva forma para la ecuación:

$$\frac{dQ}{dt} + \frac{dW}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int \int \int_{VC} \left(gz + u + \frac{v^2}{2} \right) \rho dV + \int \int_{SC} \left(\frac{P}{\rho} + gz + u + \frac{v^2}{2} \right) \rho (\vec{v} \cdot d\vec{A}) \quad (5.2.2)$$

Para simplificar esta ecuación se puede admitir que:

1. El agua es incompresible por lo que su densidad es constante
2. El flujo de calor a través de las tuberías de la red es nulo ($\frac{\partial Q}{\partial t} = 0$). Esta hipótesis se puede asumir porque, generalmente, la diferencia de temperatura entre el terreno en el que está instalada la tubería y la del flujo que discurre por ella, es prácticamente la misma.
3. El trabajo aportado por las bombas es el trabajo de eje. ($\frac{dW_{eje}}{dt} = \sum_i^{np} \gamma Q_i H_{pi}$)
4. El término cinético es despreciable
5. El análisis energético que se plantea es cuasi-estático, en cada intervalo de cálculo la energía en el interior del volumen de control (tuberías) es constante y su variación temporal nula. Lo único que puede cambiar es energía almacenada en los depósitos internos del volumen de control.
6. El flujo en las superficies de entrada y salida del flujo es uniforme.

Teniendo en cuenta estas simplificaciones, la ecuación de la energía se escribe:

$$\sum_i^{np} \gamma Q_i H_{pi} = \rho g \frac{\partial}{\partial t} \int \int \int_{VC} z dV + \sum_{Salidas} Q_{si} \left[\frac{P_{si}}{\rho} + gz_{si} + u_{si} \right] - \rho Q_E \left[\frac{P_E}{\rho} + gz_E + u_e \right] \quad (5.2.3)$$

La aportación energética de los embalses se considera como una energía natural y la aportación de las bombas se considera como una aportación energética artificial. La aportación de un depósito también es de tipo natural, pero con una cota variable en el tiempo. Respecto a los caudales de salida a través de los nudos expresado a partir de energía unitaria, son las alturas piezométricas, de tal forma que para un nudo genérico de salida i se expresa como $H_{si} = \frac{P_{si}}{\gamma} + z_{si}$. Este valor depende del origen de cotas, por ello es razonable asignar como origen $z=0$, el nudo con menor cota de la red.

Según lo anterior, en un sistema que se alimenta desde n_N embalses, con n_p bombeos que aportan energía al sistema y con depósitos de compensación, la ecuación queda:

$$P_o = \sum_i^{n_N} \gamma Q_{Ni} H_{Ni} + \sum_i^{n_p} \gamma Q_{pi} H_{pi} = \sum_{Salidas} \gamma Q_{si} H_{si} + \rho \left[\sum_{Salidas} Q_{si} u_{si} - Q_N u_N \right] + \gamma \frac{\partial}{\partial t} \int \int \int_{VC} z dV \quad (5.2.4)$$

Esta misma ecuación puede expresarse de manera más compacta como:

$$P_N + P_P = P_U + P_P P_L + P_F \pm \Delta P_C \quad (5.2.5)$$

Dónde la relación entre términos de ambas ecuaciones es la siguiente:

- La potencia que los embalses y depósitos introducen en el sistema es la potencia natural, $P_N = \sum_i^{n_N} \gamma Q_{Ni} H_{Ni}$.
- La potencia que aportan las bombas es una potencia artificial, ya que depende de una fuente de alimentación externa. $P_p = \sum_i^{n_p} \gamma Q_{pi} H_{pi}$
- $\sum_{Salidas} \gamma Q_{si} H_{si}$ es la potencia que sale del sistema a través de los nudos de la red, suma de la potencia entregada a los usuarios más las fugas de la red.
- $\rho \left[\sum_{Salidas} Q_{si} u_{si} - Q_N u_N \right]$ representa la variación con el tiempo de la energía interna del agua en el interior del sistema. Como se ha considerado que no hay intercambio de calor con el entorno, ese aumento de la energía interna se corresponde con la potencia requerida para vencer la fricción entre el fluido y la tubería.
- Por último, el término $\Delta P_C = \gamma \frac{\partial}{\partial t} \int \int_{V_C} z dV$ representa la variación unitaria en el tiempo de la energía potencial de los depósitos que están dentro del sistema.

La interpretación de esta ecuación es sencilla; la potencia entregada a la red desde el exterior es igual a la potencia cedida a los usuarios, más la suma de las pérdidas (fugas y fricción), más el término de compensación del depósito de cola. Cabe destacar que, cuando el balance de energías se extiende a lo largo de un año, el término de compensación es despreciable.

5.3. Alcance

Se ha realizado un análisis de la instalación a lo largo del año 2018. Durante este periodo se han tenido en cuenta los consumos energéticos mensuales, así como los datos de producción. En el caso de Ondara, se audita la siguiente instalación:

- Pozo Pamis I y II (CUPS: ES0021000001282642QK)
- Pozo Granell, ETAP I y II, grupo de bombeo Nuevo. (CUPS: ES0021000001282626QM)

El agua potable producida por esta instalación da servicio a toda la población de Ondara, tanto a la población urbana como al diseminado. La red de distribución tiene una longitud de tuberías de 53 km y un total de 1748 acometidas.

ENERGÍA CONSUMIDA kWh	Energía útil	Energía útil entregada a los usuarios	$E_u(t_p) = \gamma \cdot \sum_{t_k=0}^{t_k=t_p} \left(\sum_{i=1}^n q_{ui}(t_k) \cdot h_i(t_k) \right) \cdot \Delta t_k$
	Pérdidas de energía	Energía perdida en fugas	$E_l(t_p) = \gamma \cdot \sum_{t_k=0}^{t_k=t_p} \left(\sum_{i=1}^n q_{li}(t_k) \cdot h_i(t_k) \right) \cdot \Delta t_k$
		Energía perdida por fricción	$E_f(t_p) = \gamma \cdot \sum_{t_k=0}^{t_k=t_p} \left(\sum_{j=1}^{nl} (q_{wj}(t_k) + q_{ij}(t_k)) \Delta h_j(t_k) \right) \cdot \Delta t_k$
		Energía perdida en estaciones de bombeo	$E_{wp}(t_p) = \gamma \cdot \sum_{t_k=0}^{t_k=t_p} \left(\sum_{i=1}^{wp} q_{pi}(t_k) \cdot h_{pi}(t_k) \cdot \left(1 - \frac{1}{\eta_{pi}(t_k)} \right) \right) \cdot \Delta t_k$
ENERGÍA ENTREGADA kWh	Energía suministrada por las bombas		$E_p(t_p) = \gamma \cdot \sum_{t_k=0}^{t_k=t_p} \left(\sum_{i=1}^n \frac{q_{pi}(t_k) \cdot h_{pi}(t_k)}{\eta_{pi}(t_k)} \right) \cdot \Delta t_k$
	Energía suministrada natural		$E_n(t_p) = \gamma \cdot \sum_{t_k=0}^{t_k=t_p} \left(\sum_{i=1}^n q_{mi}(t_k) \cdot h_m(t_k) \right) \cdot \Delta t_k$
		Energía de compensación	$\Delta E_c(t_p) = \frac{\gamma A}{2} (z^2(t_f) - z^2(t_i))$

Figura 5.2.2: Balance energético obtenido a partir de la ecuación integral de la energía

5.4. Resultados auditoría energética Ondara

A partir del modelo matemático generado en EPANET y a través de la aplicación ITAEnergy, se ha simulado el comportamiento de la red durante 5 días, con un intervalo de muestreo de 5 minutos y se han obtenido los resultados de consumo energético de la instalación.

El modelo matemático de esta red consta de 1174 tuberías, que conforman la longitud total de la red de distribución de agua potable de Ondara, con una longitud total de 53km. El modelo consta de 1037 nudos, mediante los que se representa el consumo de las 1748 acometidas de las que dispone la instalación.

En cuanto a la producción y almacenamiento de agua, el modelo contiene dos embalses y dos bombas que simulan los dos pozos de los que se abastece la población, tres bombas en paralelo que simulan la estación de bombeo que suministra en directo a la población y un depósito, que simula los dos depósitos de almacenamiento de agua potable que se encuentran interconectados. Sobre este sistema se ha analizado la energía entregada a los usuarios, la energía disipada por fricción y fugas, y la energía perdida en las bombas, tanto de los pozos como de la estación de bombeo. Con este estudio se pretende aproximar qué porcentaje de la energía total utilizada se ha aprovechado y cual se ha perdido, además de discretizar consumos para conocer en qué punto se está perdiendo mayor cantidad de energía. Con estos resultados se tendrá una idea más clara de sobre qué área se han de tomar medidas más inmediatas para mejorar la eficiencia de la instalación.

Además, dentro de la energía entregada a los usuarios se ha analizado qué parte de esta energía es la mínima requerida por los mismos, qué parte de ella es energía topográfica necesaria para vencer los desniveles geométricos de la red y alcanzar todos los puntos de suministro con garantías y qué parte es energía de exceso que se está suministrando a los usuarios. En la figura 5.4.1 se muestra esquemáticamente esta idea, donde se puede ver que para alcanzar la presión de servicio en el punto (h) se necesita aportar una energía mayor que para el resto de los puntos. A esta energía sobrante, necesaria por la orografía del terreno en una instalación ya diseñada se le llama energía topográfica.

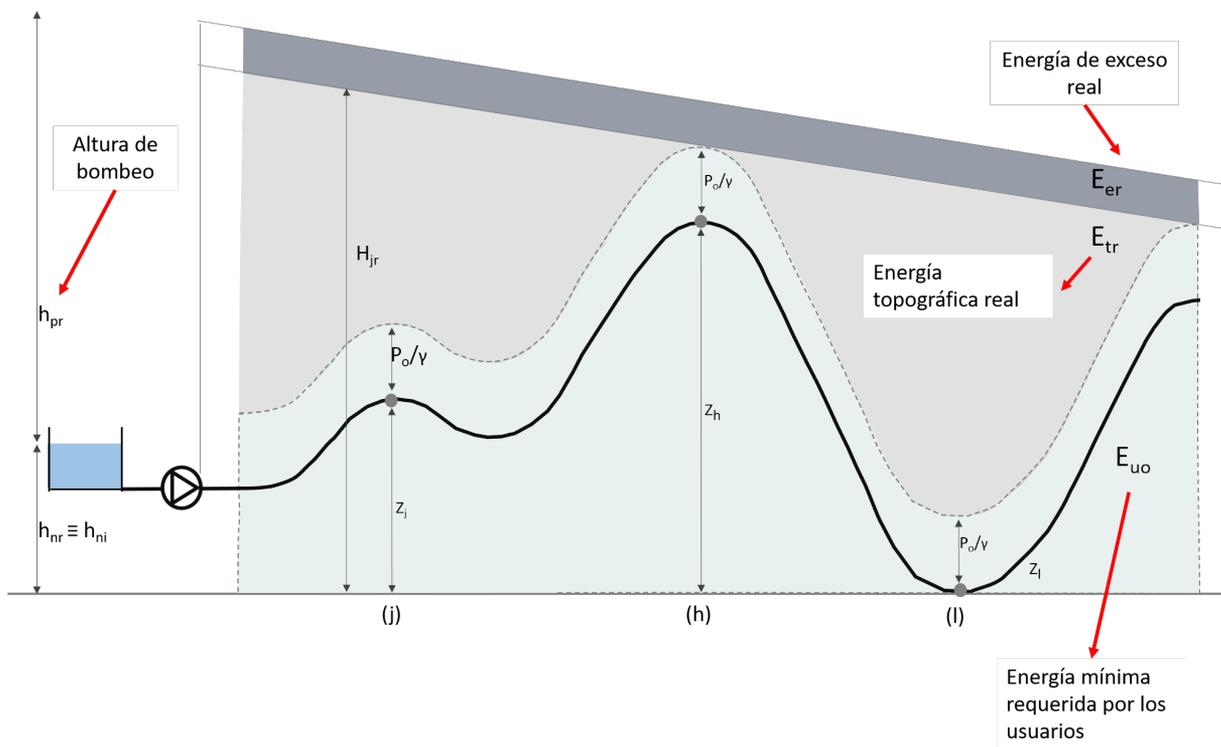


Figura 5.4.1: Diagnóstico energético de una red de distribución de agua a presión. Fuente: “Towards Eco-Layout in water distribution systems”[2]

En la instalación que estamos analizando y cuyos resultados se muestran en las figuras siguientes, la energía anual total entregada a los usuarios es 67.740 kWh/año. De ella, la energía topográfica representa el 18%, lo que supone alrededor de un 5% de la energía total consumida en la instalación. La explicación de este hecho radica en que Ondara es una población prácticamente llana, donde el desnivel entre el punto más bajo y el más alto son apenas 15 metros. La energía de exceso apenas representa un 2% de la energía suministrada por lo que se concluye que a nivel de gestión de la presión esta instalación es adecuada.

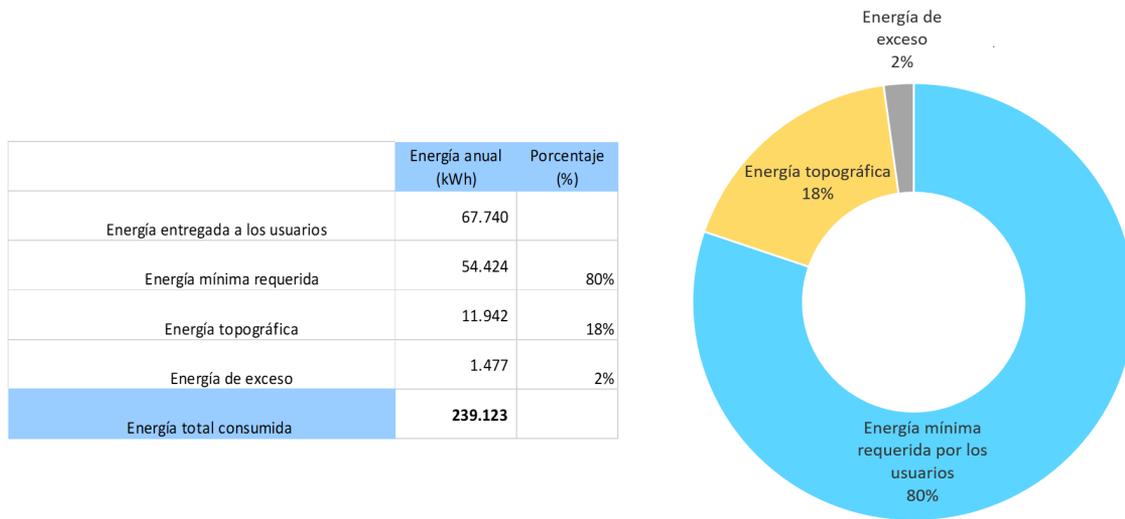


Figura 5.4.2: Resultados auditoría energética de la instalación de producción de agua potable en Ondara. Energía entregada a los usuarios.

La medida de la energía topográfica es indicativa de como de eficiente es el diseño de la instalación que se está analizando. Con otras palabras, si en una instalación el peso de la energía topográfica es muy significativo, se puede plantear cambiar el diseño de la instalación, ya sea construyendo un depósito intermedio o realizando rebombes o separando las zonas de suministro y bombeando con redes independientes. En este caso, los resultados de la simulación indican que la energía topográfica es un 5% de la energía suministrada, pero en este valor no están incluidos los consumos de las ETAP ni del bombeo de salmuera, ya que estos dos elementos no están incluidos en el modelo de EPANET. Teniendo en cuenta que el consumo de las ETAP mas el bombeo de salmuera ascendió en 2018 a 185.000 kWh, el peso de la energía topográfica en el sistema es de apenas un 2,9% por lo que se considera que el diseño de esta instalación es adecuado.

En la figura 5.4.3 se muestran los resultados completos de la auditoría energética realizada. Del modelo se ha obtenido que la energía entregada a los usuarios representa un 30% de la energía total utilizada en el sistema. En este análisis no se han tenido en cuenta las ETAP debido a que no se han incluido en el modelo de EPANET y por su complejidad de análisis. Se observa que las mayores pérdidas energéticas se deben a las bombas, concretamente a las de la Estación de Bombeo Nueva. La energía perdida en estas dos bombas representa un 33% de la energía total consumida, valor superior a la energía entregada a los usuarios. Por ello, la primera mejora se ha centrado en el reemplazo de estas dos bombas por unas de mayor rendimiento.

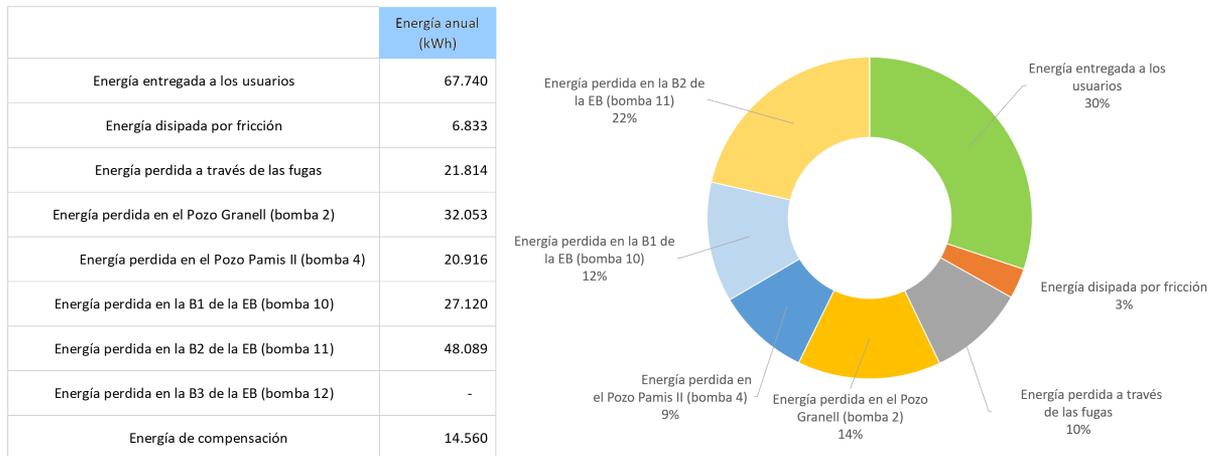


Figura 5.4.3: Auditoría energética de la instalación de producción de agua potable en Ondara. Fuente: ITAEnergy

Otro análisis que resulta de gran interés para la empresa explotadora Aguas de Valencia, es disponer de los datos de consumo energético desagregados. La factura energética proporciona el consumo conjunto de todos los equipos, pero gracias a las mediciones y al modelo matemático se ha obtenido los consumos de cada uno de los equipos de la instalación. En este gráfico se ha añadido a los resultados de EPANET el consumo del bombeo de salmuera que tiene un contador propio, y restando todos los consumos al total de la factura se ha obtenido el consumo de las dos ETAP. En la figura 5.4.4, se muestran la representación que tiene cada uno de los equipos en el total del consumo energético de la instalación. Se observa que las ETAP consumen una gran cantidad de energía, debido al necesario tratamiento por ósmosis inversa para adecuar el agua para el consumo humano.

Energía pozo Granell	72847 kWh/año	4380 h/año
Energía pozo Pamis II	34288 kWh/año	4380h/año
Estación de Bombeo Bomba 1	41722 kWh/año	8760 h/año
Estación de Bombeo Bomba 2	73983 kWh/año	5840 h/año
Estación de Bombeo Bomba 3	0 kWh/año	
Bombeo salmuera	6000 kWh/año	
ETAP I y II	178871 kWh/año	8760 h/año
Energía natural	16305 kWh/año	
TOTAL	407711 kWh/año	

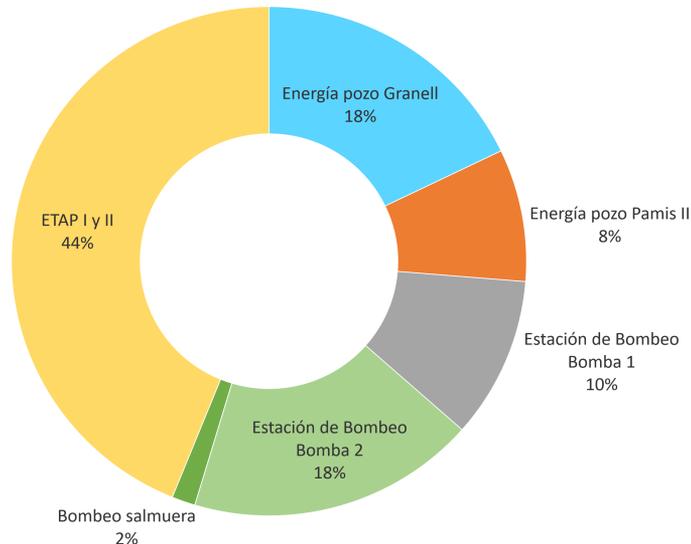


Figura 5.4.4: Reparto consumos energéticos de la instalación de producción de agua potable en Ondara. Fuente: ITAEnergy

5.5. Estudio de la facturación energética

En Ondara, la totalidad de la energía consumida en la instalación auditada procede de la compañía suministradora, no se dispone de ningún equipo auxiliar de energía. La facturación energética se realiza a través de dos CUPS diferentes, cada uno con unas potencias contratadas en P1, P2 y P3 diferentes. Con respecto al tipo de tarifa contratada es la ATR 3.1a para ambos CUPS. Las potencias contratadas en cada período son las siguientes:

- Pozo Pamis I y II (CUPS: ES0021000001282642QK)
 - P1: 15 kW
 - P2: 15 kW
 - P3: 60 kW
- Pozo Granell, ETAP I y II, grupo de bombeo Nuevo y Viejo. (CUPS: ES0021000001282626QM)
 - P1: 70 kW
 - P2: 70 kW
 - P3: 128 kW

5.5.1. Términos de energía y potencia CUPS ES21000001282626QM

Se ha realizado un estudio detallado de la facturación energética de la instalación. El mayor de los dos consumos es el relativo al CUPS ES21000001282626QM, que engloba los consumos del Pozo Granell, de las ETAP I y II y de los dos grupos de rebombeo para el suministro en directo a la población.

En términos porcentuales, el consumo de energía eléctrica de este CUPS equivale al 89 % del consumo total energético de la red de abastecimiento de agua potable de Ondara. En la tabla 5.5.1, se muestra el desglose de la factura eléctrica correspondiente a este CUPS, diferenciando el consumo acumulado en cada uno de los tres períodos de facturación. Además, en la figura 5.5.1, se ha representado el consumo energético de forma gráfica, mostrando el consumo mensual en cada período (gráfico de barras) y el consumo medio diario para cada mes y período (gráfico de línea).

TÉRMINO DE ENERGÍA (kWh)						
CUPS: ES0021000001282626QM						
Mes	P3	P2	P1	TOTAL	Coste energía	Coste (imp incluidos)
ene-18	15473	12651	5786	33910	2.673,11 €	2.809,78 €
feb-18	13160	10628	4661	28449	2.239,24 €	2.353,73 €
mar-18	12526	10335	4709	27570	2.174,05 €	2.285,20 €
abr-18	14731	11384	5746	31861	2.510,87 €	2.639,24 €
may-18	15635	12070	5972	33677	2.652,58 €	2.788,20 €
jun-18	15403	11836	5833	33072	2.604,12 €	2.737,27 €
jul-18	15759	13124	6625	35508	2.807,95 €	2.951,51 €
ago-18	18322	14628	7600	40550	3.202,70 €	3.366,44 €
sep-18	17909	14154	7042	39105	3.083,88 €	3.241,55 €
oct-18	15803	12454	6341	34598	2.729,61 €	2.869,16 €
nov-18	16166	12700	5961	34827	2.741,99 €	2.882,18 €
dic-18	16710	12427	5447	34584	2.711,78 €	2.850,43 €
TOTAL 2018	187.597	148.391	71.723	407.711	32.131,87 €	33.774,67 €

Tabla 5.5.1: Desglose factura eléctrica CUPS ES0021000001282626QM. Consumo relativo al Pozo Granell, las dos ETAP y el grupo de rebombeo a pueblo.

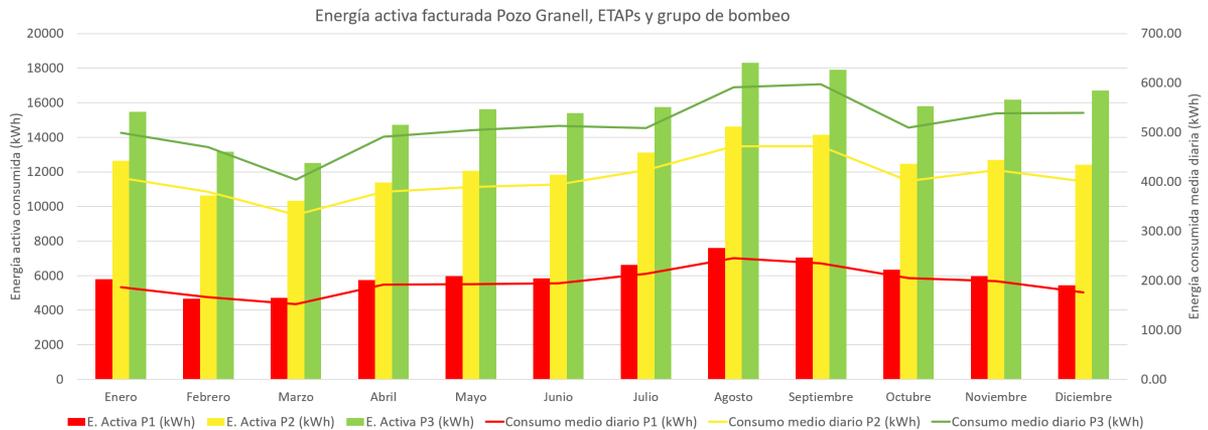


Figura 5.5.1: Energía consumida CUPS 1: ES0021000001282626QM - Pozo Granell, ETAPs y grupos de bombeo a población

Como se puede observar hay un consumo importante en el período punta, que supone el 18% del consumo energético total, valor que se debería intentar disminuir. En las visitas realizadas a la instalación, el personal de mantenimiento nos informó que hay consumos en período punta que no se pueden evitar. Por ejemplo, la estación de bombeo nueva consta de tres bombas en paralelo y suministra en directo a la población, por lo que la bomba 1 está en funcionamiento 24 horas al día para dar servicio a la población.

Debido a las necesidades energéticas de la instalación, actualmente no es posible consumir toda la energía en P3. Al disponer de capacidad de almacenamiento, los pozos si que están programados para que impulsen el agua en períodos valle tanto como sea posible, pero las ETAP no pueden funcionar así y deben estar operativas prácticamente las 24 horas del día, para poder abastecer a la población. Además, como no hay diferencia de cota se suministra en directo, por lo que la estación de bombeo también está funcionando las 24 horas del día. En futuros estudios cabría estudiar la posibilidad de parar las plantas en periodos punta y ayudarse de la capacidad de almacenamiento de los depósitos para abastecer de agua potable durante esas horas.

En relación a la potencia contratada, también salta a la vista que en P1 es bastante alta. Después de haber analizado la instalación, este dato también toma sentido. En este trabajo se realiza un estudio de optimización de la potencia contratada para evaluar si fuera económicamente favorable modificar la potencia contratada en alguno de los períodos. En la figura 5.5.2 se muestran los resultados del cálculo de la optimización de la potencia contratada teniendo en cuenta la factura energética de 2018. Se observa que incluso la optimización sobre el papel implicaría aumentar la potencia contratada en P1 y P2 e igualarla a la potencia contratada en P3. Los resultados son acordes a la explotación de la instalación, porque los grandes consumidores de energía están en funcionamiento durante todo el día, por lo que con este modo de operación no es rentable la opción de reducir la potencia contratada. Suponiendo que el consumo de 2018 se mantuviera en los siguientes años exactamente igual, se ahorrarían unos 1.700€ al año, lo que supone

alrededor de un 16% del coste anual del término de potencia de este CUPS. En este trabajo, y después de realizar el análisis de la potencia contratada, se ha considerado que un año no es suficientemente representativo como para tomar una decisión en este sentido, debido entre año y año hay diferencias notables en cuanto a las medidas de los máxímetros y por ello los ahorros obtenidos no serían reales. Pero dado que es un cambio sin coste de inversión por parte de la empresa operadora de la instalación, se considera que es un estudio con cierto interés para ser desarrollado más en detalle, con históricos de al menos 5 años y estudiando las previsiones de evolución de la demanda de esta población.

Potencia contratada										
P1			P2			P3				
70			70			128				
Total factura:			10.502,14 €							
ES0021000001282626QM	Potencia registrada (kW)			Potencia facturada (kW)			Coste Potencia (kW)			
mes	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
diciembre	12	93,00	90,00	80,00	132,00	123,00	108,80	662,90 €	381,30 €	77,57 €
noviembre	11	88,00	88,00	84,00	117,00	117,00	108,80	568,62 €	351,00 €	75,07 €
octubre	10	87,00	90,00	89,00	114,00	123,00	108,80	572,51 €	381,30 €	77,57 €
septiembre	9	92,00	92,00	88,00	129,00	129,00	108,80	626,94 €	387,00 €	75,07 €
agosto	8	95,00	99,00	92,00	138,00	150,00	108,80	693,04 €	465,00 €	77,57 €
julio	7	91,00	98,00	85,00	126,00	147,00	108,80	632,77 €	455,70 €	77,57 €
junio	6	71,00	64,00	64,00	70,00	70,00	108,80	340,20 €	210,00 €	75,07 €
mayo	5	65,00	65,00	89,00	70,00	70,00	108,80	351,54 €	217,00 €	77,57 €
abril	4	69,00	71,00	65,00	70,00	70,00	108,80	340,20 €	210,00 €	75,07 €
marzo	3	58,00	86,00	56,00	59,50	111,00	108,80	298,81 €	344,10 €	77,57 €
febrero	2	58,00	80,00	61,00	59,50	93,00	108,80	269,89 €	260,40 €	70,07 €
enero	1	62,00	71,00	65,00	70,00	70,00	108,80	351,54 €	217,00 €	77,57 €
							TOTAL		10.502,14 €	

P1	0,16200	€/kW día	Punta
P2	0,10000	€/kW día	Llano
P3	0,02300	€/kW día	Valle

Potencia optimizada					
P1		P2		P3	
87		86		85	
Total factura optimizada:		8.777,37 €			

ES0021000001282626QM	Potencia registrada (kW)			Potencia facturada (kW)			Coste Potencia (kW)			
mes	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
diciembre	12	93,00	90,00	80,00	97,00	85,71	84,76	487,13 €	265,71 €	60,44 €
noviembre	11	88,00	88,00	84,00	86,67	85,71	84,76	421,20 €	257,14 €	58,49 €
octubre	10	87,00	90,00	89,00	86,67	85,71	84,76	435,24 €	265,71 €	60,44 €
septiembre	9	92,00	92,00	88,00	94,00	96,00	84,76	456,84 €	288,00 €	58,49 €
agosto	8	95,00	99,00	92,00	103,00	117,00	98,00	517,26 €	362,70 €	69,87 €
julio	7	91,00	98,00	85,00	86,67	114,00	84,76	435,24 €	353,40 €	60,44 €
junio	6	71,00	64,00	64,00	73,67	72,86	72,05	358,02 €	218,57 €	49,71 €
mayo	5	65,00	65,00	89,00	73,67	72,86	84,76	369,96 €	225,86 €	60,44 €
abril	4	69,00	71,00	65,00	73,67	72,86	72,05	358,02 €	218,57 €	49,71 €
marzo	3	58,00	86,00	56,00	73,67	85,71	72,05	369,96 €	265,71 €	51,37 €
febrero	2	58,00	80,00	61,00	73,67	85,71	72,05	334,15 €	240,00 €	46,40 €
enero	1	62,00	71,00	65,00	73,67	72,86	72,05	369,96 €	225,86 €	51,37 €
									8.777,37 €	

Término de potencia					
P1		P2		P3	
0,16200		€/kW día		Punta	
0,10000		€/kW día		Llano	
0,02300		€/kW día		Valle	

Tabla 5.5.2: Potencia registrada, contratada y facturada en el año 2018 CUPS ES0021000001282626QM. Consumo relativo al Pozo Granell, las dos ETAP y el grupo de bombeo a pueblo.

5.5.2. Términos de energía y potencia ES0021000001282642QK

El otro grupo de facturación es el CUPS ES0021000001282642QK, que engloba los consumos de los pozos Pamis I y II. Este consumo supone el 11 % del consumo energético total y se debe únicamente al bombeo de uno de los pozos (ya que nunca se conectan los dos a la vez). En la figura 5.5.3 se muestran los consumos agrupados por meses y discriminados según correspondan al período valle, llano y punta. En esta factura sí que se observa una diferencia más pronunciada entre el consumo en P1 y en P3, 11 % y 59 % respectivamente, lo cual parece que se están operando los pozos minimizando sus horas de funcionamiento durante el período punta.

En la figura 5.5.2, se muestra de forma gráfica el consumo mensual en cada período (gráfico de barras) y el consumo medio diario para cada mes y período (gráfico de línea).

TÉRMINO DE ENERGÍA (kWh) CUPS: ES0021000001282626QM						
Mes	P3	P2	P1	TOTAL	Coste energía	Coste (imp incluidos)
ene-18	2056	165	71	2292	165,94 €	174,42 €
feb-18	1749	217	120	2086	152,90 €	160,72 €
mar-18	2327	658	148	3133	233,30 €	245,23 €
abr-18	2158	239	101	2498	182,05 €	191,36 €
may-18	2328	658	143	3129	232,93 €	244,84 €
jun-18	2249	1369	173	3791	289,52 €	304,33 €
jul-18	2916	2368	741	6025	471,19 €	495,28 €
ago-18	2623	2037	749	5409	423,42 €	445,07 €
sep-18	2033	1639	722	4394	345,86 €	363,54 €
oct-18	2822	1903	629	5354	415,60 €	436,84 €
nov-18	1828	1469	790	4087	323,17 €	339,69 €
dic-18	1008	736	718	2462	197,24 €	207,32 €
TOTAL 2018	26.097	13.458	5.105	44.660	3.433,13 €	3.608,66 €

Tabla 5.5.3: Desglose factura eléctrica CUPS ES0021000001282642QK. Consumo relativo a los pozos Pamis I y II.

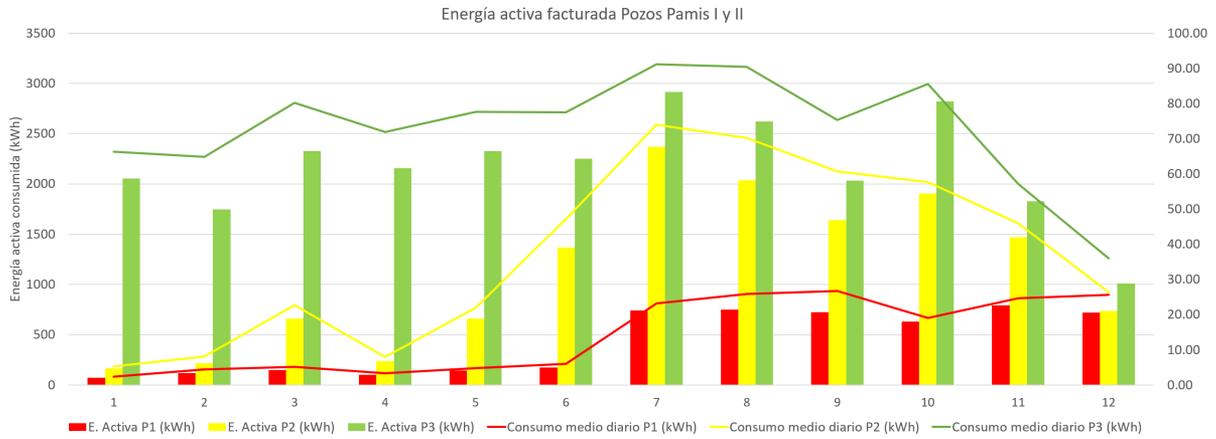


Figura 5.5.2: Energía consumida CUPS 2:ES0021000001282642QK - Pozos Pamis I y II.

En la figura 5.5.4, se presenta en la parte superior la potencia registrada por los maxímetros de los pozos Pamis en cada mes del año 2018. La potencia facturada se calcula en función de la registrada, comparandola con la contratada y estableciendo unos coeficientes correctores dependiendo si la registrada es superior o inferior a la contratada. Realizando este cálculo se obtiene la potencia facturada y a partir de ella el coste de la potencia teniendo en cuenta su precio, dependiendo si se trata de P1, P2 o P3. Igual que en el CUPS 1, se ha realizado el estudio de la optimización de la potencia contratada para esta instalación. En este caso vemos que el coste de 2018 de este CUPS con respecto a lo que hubiese costado estableciendo el óptimo para ese año, hubiese ahorrado apenas 300 €, por lo que se concluye que para este CUPS la potencia contratada está optimizada.

		Potencia contratada								
		P1	P2	P3						
		15	15	60						
		Total factura:			3.631,75 €					
ES0021000001282642QK		Potencia registrada (kW)			Potencia facturada (kW)			Coste Potencia (kW)		
mes		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
diciembre	12	9,00	13,00	9,00	12,75	15,00	51,00	64,03 €	46,50 €	36,36 €
noviembre	11	9,00	9,00	9,00	12,75	12,75	51,00	61,97 €	38,25 €	35,19 €
octubre	10	8,00	8,00	8,00	12,75	12,75	51,00	64,03 €	39,53 €	36,36 €
septiembre	9	54,00	48,00	12,00	130,50	112,50	51,00	634,23 €	337,50 €	35,19 €
agosto	8	8,00	8,00	8,00	12,75	12,75	51,00	64,03 €	39,53 €	36,36 €
julio	7	9,00	9,00	9,00	12,75	12,75	51,00	64,03 €	39,53 €	36,36 €
junio	6	44,00	49,00	9,00	100,50	115,50	51,00	488,43 €	346,50 €	35,19 €
mayo	5	15,00	15,00	60,00	15,00	15,00	60,00	75,33 €	46,50 €	42,78 €
abril	4	9,00	9,00	9,00	12,75	12,75	51,00	61,97 €	38,25 €	35,19 €
marzo	3	9,00	52,00	9,00	12,75	124,50	51,00	64,03 €	385,95 €	36,36 €
febrero	2	9,00	9,00	9,00	12,75	12,75	51,00	57,83 €	35,70 €	32,84 €
enero	1	9,00	9,00	9,00	12,75	12,75	51,00	64,03 €	39,53 €	36,36 €
								TOTAL	3.631,75 €	

P1	0,16200	€/kW día	Punta
P2	0,10000	€/kW día	Llano
P3	0,02300	€/kW día	Valle

		Potencia optimizada								
		P1	P2	P3						
		11	15	11						
		Total factura:			3.339,08 €					
ES0021000001282642QK		Potencia registrada (kW)			Potencia facturada (kW)			Coste Potencia (kW)		
mes		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
diciembre	12	9,00	13,00	9,00	9,00	13,00	9,00	45,20 €	40,30 €	6,42 €
noviembre	11	9,00	9,00	9,00	9,00	13,00	9,00	43,74 €	39,00 €	6,21 €
octubre	10	8,00	8,00	8,00	9,00	13,00	9,00	45,20 €	40,30 €	6,42 €
septiembre	9	54,00	48,00	12,00	139,76	111,88	13,76	679,26 €	335,65 €	9,50 €
agosto	8	8,00	8,00	8,00	9,00	13,00	9,00	45,20 €	40,30 €	6,42 €
julio	7	9,00	9,00	9,00	9,00	13,00	9,00	45,20 €	40,30 €	6,42 €
junio	6	44,00	49,00	9,00	109,76	114,88	9,00	533,46 €	344,65 €	6,21 €
mayo	5	15,00	15,00	60,00	22,76	15,29	157,76	114,32 €	47,41 €	112,49 €
abril	4	9,00	9,00	9,00	9,00	13,00	9,00	43,74 €	39,00 €	6,21 €
marzo	3	9,00	52,00	9,00	9,00	123,88	9,00	45,20 €	384,04 €	6,42 €
febrero	2	9,00	9,00	9,00	9,00	13,00	9,00	40,82 €	36,40 €	5,80 €
enero	1	9,00	9,00	9,00	9,00	13,00	9,00	45,20 €	40,30 €	6,42 €
								TOTAL	3.339,08 €	

		Término de potencia					
		P1	P2	P3			
		P1	0,16200	€/kW día	Punta		
		P2	0,10000	€/kW día	Llano		
		P3	0,02300	€/kW día	Valle		

Tabla 5.5.4: Potencia registrada, contratada y facturada en el año 2018. CUPS ES0021000001282642QK. Consumo relativo a los pozos Pamis I y II.

En la figura 5.5.3, se ha representado conjuntamente la energía mensual consumida por los dos CUPS en cada período. Como se puede observar el consumo del CUPS 1, que incluye la estación de bombeo a red, las dos plantas potabilizadoras y el pozo Granell, es muy superior al del otro CUPS, que solo contabiliza el consumo de los pozos Pamis.

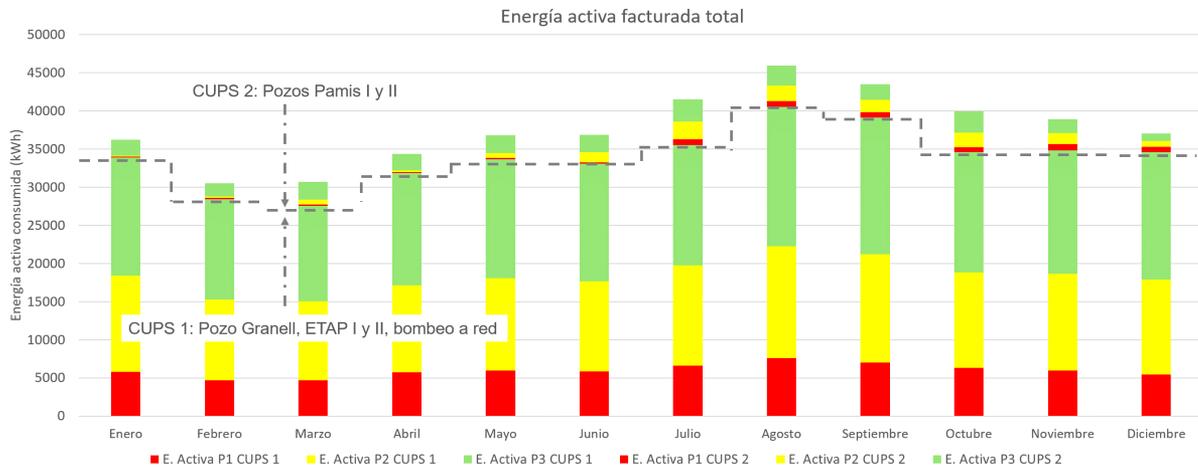


Figura 5.5.3: Energía consumida conunta CUPS 1 Y 2. Discriminación por períodos y distintos CUPS.

Como conclusión se observa, a partir de la facturación, que el grueso del consumo energético de la instalación se localiza en el CUPS 1. Por ello cualquier cambio que reduzca de forma porcentualmente significativa el consumo de este CUPS se va a traducir en un ahorro directo significativo en la instalación. También cabe remarcar que el CUPS 2 solamente incluye el pozo Pamis II, que después de realizar la auditoría se ha visto que su bomba funciona en un punto con rendimiento aceptable y que las leyes de control para ajustar el consumo a los períodos valle también funcionan correctamente. Además se ha visto que la potencia contratada es óptima en los dos CUPS, por lo que actualmente no se recomienda realizar ninguna mejora en esta parte de la instalación.

Sin embargo, si que se han observado deficiencias y posibles mejoras en los consumos incluidos en el CUPS 1, sobretodo en la estación de bombeo de reelevación. Este bombeo suministra en directo a toda la población, por lo que sus bombas trabajan todos los días del año de manera casi ininterrumpida y sufren un importante desgaste. Por ello se ha decidido estudiar como medida de mejora la viabilidad del reemplazo de dos de las tres bombas de la estación de bombeo de reelevación.

En lo que respecta a la factura energética por períodos del CUPS 2, se concluye que con la forma de operación actual no es posible reducir los términos de energía consumida en P1 y P2, ya que se deben a las ETAP y la estación de bombeo, que trabajan 24 horas al día.

Al considerarse imprescindible estos consumos en períodos punta, resulta interesante estudiar la posibilidad de instalar placas solares fotovoltaicas para reducir la compra de electricidad y mejorar así la sostenibilidad de la instalación. Económicamente resulta también interesante esta propuesta, puesto que las horas de sol se corresponden también con los períodos punta y llano, lo cual ayudará a amortizar la inversión más rápidamente.

Capítulo 6

Medidas de mejora: MAE 1

Sustitución bombas reelevación

6.1. Justificación

Con el funcionamiento actual, el suministro del agua a la población de Ondara se realiza en directo con un sistema de bombeo que tiene un rendimiento muy bajo. Esto supone un exceso en el suministro energético que hace que el sistema sea poco eficiente en su conjunto. Se ha planteado el cambio de dos de las tres bombas existentes en la Estación de Bombeo Nueva para mejorar la eficiencia energética del sistema, lo cual producirá a la vez un ahorro económico considerable. Desde la óptica medioambiental, conviene tomar consciencia y utilizar equipos con buen rendimiento, que permitan dar el servicio adecuado a los usuarios sin detraer en exceso el medio ambiente.

En la figura 6.1.1, se presentan las curvas de diseño comparadas con las curvas de funcionamiento actuales de las Bombas 1 y 2 instaladas en la Estación de Bombeo Nueva de Ondara. Como se puede observar, ambas están muy por debajo de su curva teórica de diseño y por ello son objeto de estudio para ver si resulta conveniente su reemplazo.

La consecuencia directa de estas diferencias entre la curva de funcionamiento teórica y real es su rendimiento. En la visita a la instalación, donde se midió el caudal, la presión y la potencia absorbida de estas bombas, se obtuvo que la Bomba 1 girando a su velocidad nominal trabajaba con un rendimiento del 31 % lo que equivale a un índice de bombeo de 8,68 Wh/m³.mca y la Bomba 2 con un rendimiento del 36 % que traducido al índice de bombeo aporta un valor de 7,59 Wh/m³.mca. Estos valores se encuentran muy alejados del 4 Wh/m³.mca que se considerara como valor óptimo estándar. Considerando que hoy en día las bombas pueden llegar a trabajar con rendimientos del 75 - 80 %, y que esta instalaciones la que suministra en directo todo el volumen de agua que abastece a la población de Ondara, se ha considerado su estudio como prioritario para este trabajo.

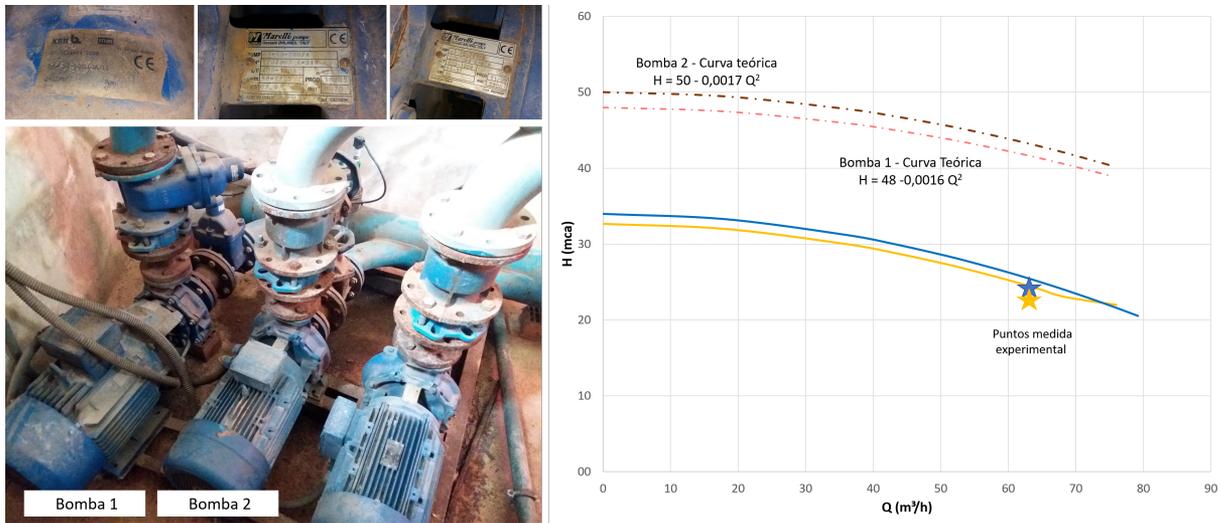


Figura 6.1.1: Imagen de la Estación de Bombeo en la que se plantea la mejora. Curvas teóricas de diseño y curvas actuales de la Bomba 1 y 2 de la EB Nueva Ondara. Fuente: Elaboración propia.

6.2. Funcionamiento actual de la Estación de Bombeo

En lo referente a la regulación de la Estación de bombeo, la presión a la salida se mantiene prácticamente constante, con dos niveles de presión dependiendo de la hora del día. La presión de consigna es de 25 mca entre la 1 y las 7 de la mañana, y de 31 mca el resto del día. Para realizar esta regulación, la Bomba 1 está dotada de variador de frecuencia y el sistema de un transductor de presión que recibe la presión a la salida de la bomba y lo compara con el valor de consigna que está programado en el equipo de control. Este dará orden al variador que acelere la bomba si la presión está cayendo, (es decir si el consumo está aumentando) o de que haga girar la bomba a menor velocidad cuando la presión supera la de consigna (disminución de consumo). En la figura 6.2.1 se han representado las curvas características actuales de las dos bombas de la instalación trabajando en paralelo junto con la curva de consigna de la instalación. Se muestran además, en línea discontinua las curvas a diferentes velocidades de giro de la Bomba 1.

Para determinar el ahorro energético y económico que se producirá con este cambio, es necesario conocer el número de horas anuales que están funcionando las bombas. La Bomba 1 de la estación de bombeo nueva funciona durante todo el día de forma ininterrumpida, y durante todo el año, excepto cuando ha de pasar una revisión o por una parada de emergencia. Por ello, a efectos de cálculos de diseño, se considera un uso de 8760 horas anuales. La Bomba 2, se pone en marcha sobre las 7 de la mañana y se para sobre la 1 de la madrugada. Por lo que a efectos de número de horas de funcionamiento anual se ha considerado un uso de 6570 horas. La curva de consigna de la instalación, representada en la figura figure 6.2.1, está controlada por un transductor de presión para que mantenga un valor constante de presión a la salida. Por el día mantiene la presión a 31 mca y por la noche, al disminuir el consumo, la presión mínima necesaria en cabecera es menor

y por ello la consigna de presión baja a 25. Con estos valores de consigna se regula la marcha y paro de las bombas y la velocidad de giro de la Bomba 1.

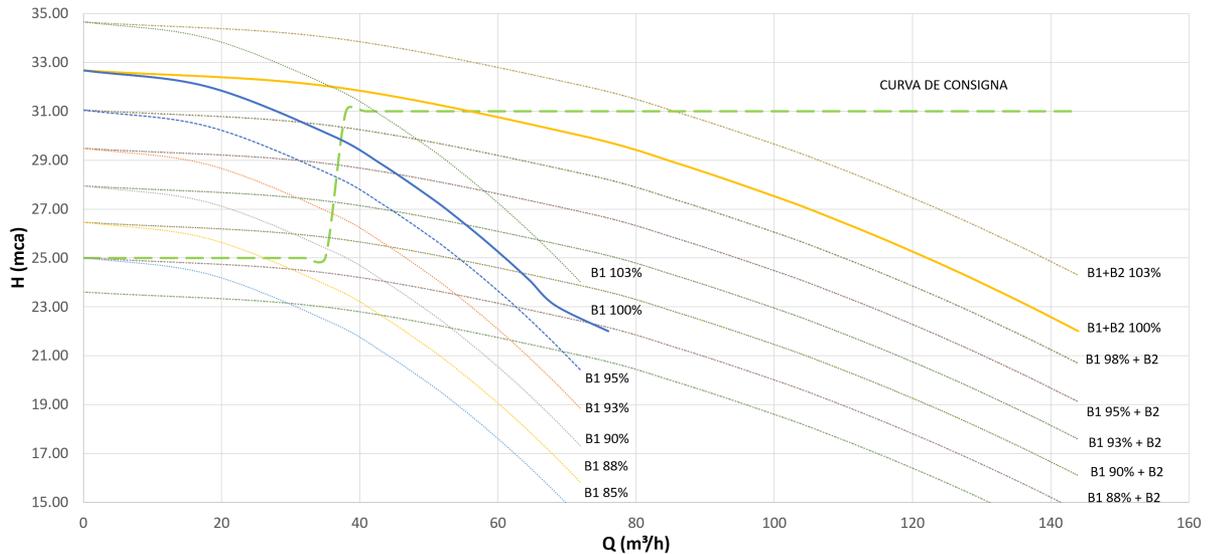


Figura 6.2.1: Curva característica actual de las bombas instaladas en la Estación de Bombeo Nueva

6.3. Selección de la nueva bomba a instalar

Se ha seleccionado a través de la búsqueda en catálogos de fabricantes, teniendo en cuenta los requerimientos de la misma. La bomba seleccionada ha sido el modelo NBE 40-160/158 ASF2ABQQE del fabricante GRUNDFOS. Para realizar la selección, ha sido de gran ayuda la herramienta online GRUNDFOS Product Center, que es gratuita y permite seleccionar y comparar varias bombas de dicho fabricante. Es una bomba centrífuga de voluta, no autocebante y de una etapa, diseñada para la impulsión de agua potable, de acuerdo con la norma ISO 5199, con dimensiones y rendimiento nominal de acuerdo con la norma EN 733 (10 bar). La bomba está acoplada directamente a un motor síncrono de imanes permanentes refrigerado por ventilador. El caudal nominal de la bomba es 43,97 m³/h y su altura resultante 25 mca, que es acorde a las necesidades de esta instalación. Se han seleccionado dos bombas iguales, siguiendo con la configuración original de la estación de bombeo, porque las características de la demanda hacen que generalmente en las horas de poco consumo una sola bomba es capaz de aportar el caudal y la altura demandados, y cuando la demanda aumenta las dos bombas también trabajan en un punto de funcionamiento adecuado. En la figura 6.3.2 se presenta de nuevo la curva de consigna de la instalación, esta vez con las curvas características de las bombas nuevas a instalar.

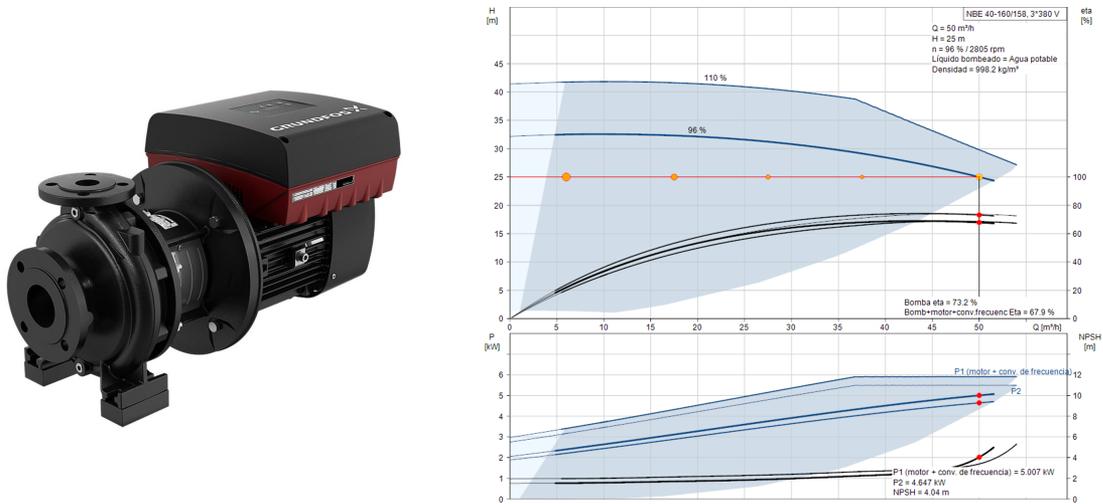


Figura 6.3.1: Imagen del modelo de bomba seleccionada: GRUNDFOS NBE 40-160/158 ASF2ABQQE. Fuente: Catálogo del fabricante

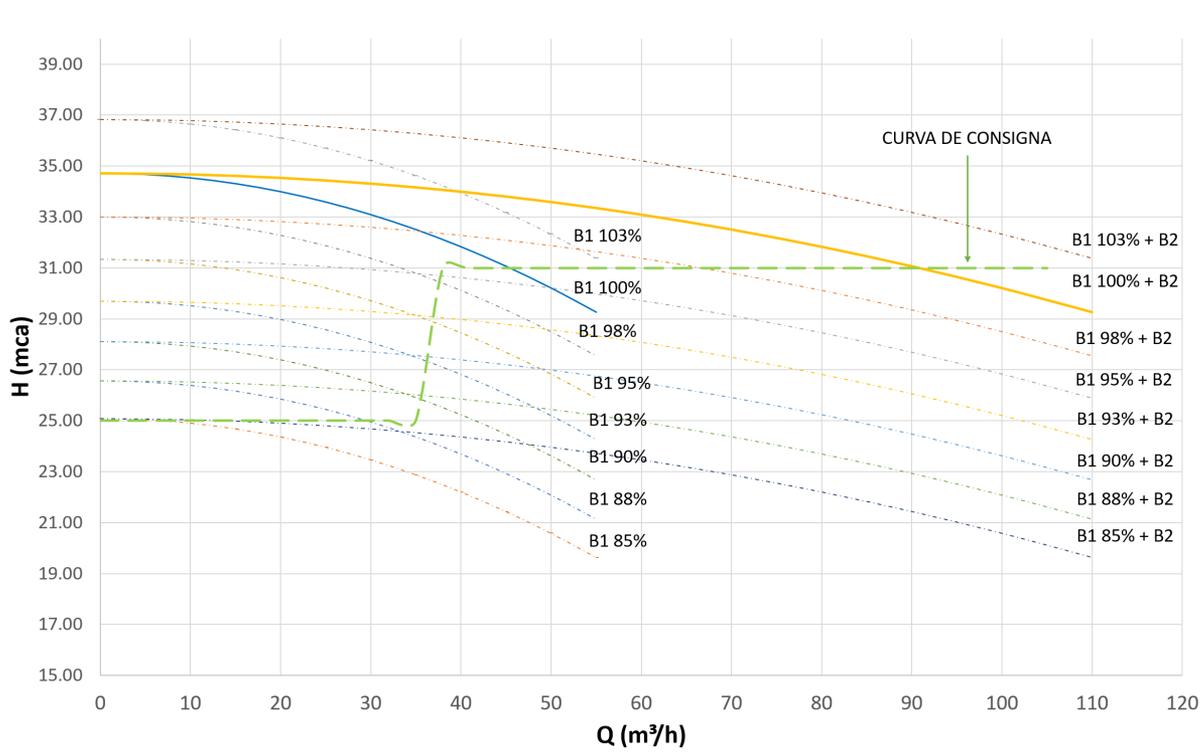


Figura 6.3.2: Curvas características de las nuevas bombas a instalar en la Estación dde Bombeo Nueva. Modelo bomba: GRUNDFOS NBE 40-160/158 ASF2ABQQE

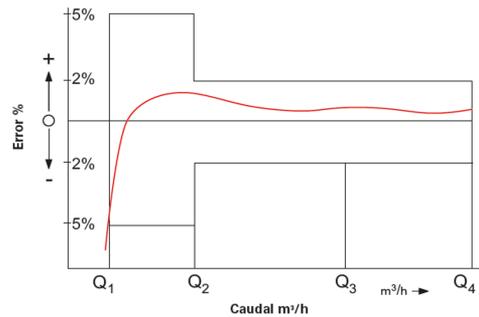
6.4. Selección del nuevo caudalímetro

Uno de los principales causantes de la incertidumbre en la medida de caudal de esta red es el mal estado del caudalímetro situado a la salida de la Estación de Bombeo Nueva. Este caudalímetro, como ya se comentó en el capítulo 3, es antiguo y además no cumple con las distancias mínimas de tramo recto que especifica el fabricante para asegurar la fiabilidad de la medida. Existen en el mercado actualmente una amplia variedad de caudalímetros, entre ellos algunos que no necesitan de tramo recto aguas arriba del contador. Este tipo de contador es idóneo para esta instalación, puesto que debido al poco espacio disponible, es complicado respetar estos tramos rectos. El hecho de reemplazar un contador no es una mejora de la eficiencia en sí misma y muchas veces se pasa por alto al no reportar beneficios directos sobre el papel. Pero una de las bases para poder realizar cualquier diagnóstico de una red es medir bien, porque proponer mejoras sobre algo que no se conoce es añadir mucha incertidumbre a los resultados. Debido a ello, y ya que se va a proponer el cambio de las bombas, se ha decidido sustituir el caudalímetro por uno nuevo. Esto mejorará el diagnóstico de la red en futuras auditorías energéticas.

El caudalímetro seleccionado es un SENSUS MeiStreamRF DN80. Este caudalímetro dispone de totalizador con comunicación radio integrada y registrador de datos, pantalla LCD para visualización de consumo y estado, transmisión segura con datos encriptados, posibilidad de instalación horizontal y vertical y no necesita de tramo recto aguas arriba del contador (U0D0 según OIML R49 e ISO 4064-1:2014). En la figura 6.4.1 se muestran las características principales del mismo. Se ha seleccionado el de diámetro nominal 80 por ser el que mejor se adecuaba a las características de la instalación. Su caudal punta es 200 m³/h, mayor al máximo registrado por la instalación y su caudal continuo es 120 m³/h que es más o menos el caudal punta habitual en esta instalación. El de diámetro 65 se ajusta más a los requerimientos actuales de la instalación, pero su caudal máximo es 120 m³/h, que es el caudal máximo actualmente en Ondara. Este municipio está experimentando aumentos en su consumo, sobretodo en su polígono industrial. Por ello, se ha preferido ponerlo de un diámetro mayor para que siga siendo válido aunque aumente el consumo. El coste de este caudalímetro según el catálogo del fabricante de 2019 es de 1519,31€.



Curva tipo de precisión



Características Técnicas de funcionamiento

	Diámetro Nominal	DN	40	50	65	80	100
Q ₄	Caudal punta máximo	m³/h	60	90	120	200	300
Q ₃	Caudal continuo	m³/h	40	50	70	120	230
Q _{2h}	Caudal de transición horizontal	m³/h	0,32	0,4	0,63	0,51	0,81
Q _{1h}	Caudal mínimo horizontal	m³/h	0,2	0,15	0,2	0,2	0,3
Q _{2v}	Caudal de transición vertical	m³/h	0,4	0,51	0,81	0,8	1,28
Q _{1v}	Caudal mínimo vertical	m³/h	0,25	0,28	0,4	0,5	0,5
	Caudal de arranque	m³/h	0,05	0,05	0,07	0,1	0,11

Características Técnicas según directiva 2014/32/EU (MID)

	Diámetro Nominal	DN	40	50	65	80	100
Q ₄	Caudal de sobrecarga según MID	m³/h	31,25	50	78,75	125	200
Q ₃	Caudal continuo según MID	m³/h	25	40	63	100	160
Q _{2h}	Caudal de transición horizontal según MID	m³/h	0,32	0,4	0,63	0,51	0,81
Q _{1h}	Caudal mínimo horizontal según MID	m³/h	0,2	0,25	0,39	0,32	0,51
Q _{2v}	Caudal de transición vertical según MID	m³/h	0,4	0,51	0,81	0,8	1,28
Q _{1v}	Caudal mínimo vertical según MID	m³/h	0,25	0,32	0,5	0,5	0,8
Q ₂ /Q ₁ h	Ratio máximo horizontal		125	160	160	315	315
Q ₂ /Q ₁ v	Ratio máximo vertical		63	100	100	125	160
Q ₃ /Q ₁	Marcado estándar		63	100	100	100	100
Δp	Pérdida de carga a Q ₃ según ISO 4064-1:2014	bar	0,1	0,16	0,32	0,16	0,34

Red de radio fija MeistreamRF - Acceso remoto & Monitorización

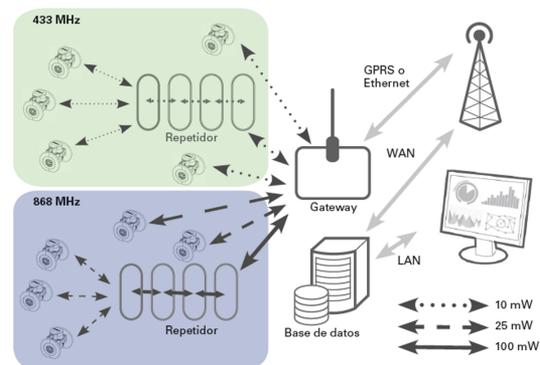


Figura 6.4.1: Caudalímetro comercial seleccionado para la salida de la estación de bombeo de Ondara. Fuente: Xylem Sensus

6.5. Cálculo de consumos y ahorros energéticos

El volumen de agua anual impulsado por esta Estación de Bombeo es igual al volumen total de agua potable producido en Ondara, puesto que es la encargada de abastecer a toda la población. En 2018, se bombearon un total de 479.915 m³ de agua potable mediante las bombas 1 y 2 de la Estación de Bombeo Nueva.

Realizando un reparto promediado según las horas de funcionamiento de cada una de las bombas, la bomba 1 habría impulsado 311.945 m³ y la bomba 2 167.970 m³, lo que equivale al 57% y 43% de la producción total, respectivamente.

Respecto al consumo energético de las bombas, al tener la facturación eléctrica conjunta con las dos ETAP y el pozo Granell, no se puede obtener directamente el consumo energético de la estación de bombeo a través de su factura eléctrica. Por ello, se ha realizado un cálculo aproximado teniendo en cuenta el consumo energético del día tipo, que es el día para el que se ha realizado el modelo de EPANET.

Para obtener la energía consumida, se ha partido del cálculo de la potencia útil aportada al

fluido en cada franja horaria, obtenido a partir del caudal y la altura que proporciona el modelo de EPANET. Además, por falta de más datos de rendimiento y por simplificar los datos, se ha supuesto un rendimiento medio constante de la estación de bombeo del 35 %. Este valor no se ha elegido de manera arbitraria, sino que se fue el valor que se obtuvo de las mediciones de campo realizadas durante la visita a la instalación, mientras se ensayaban las bombas al 100 % de su velocidad nominal en varios puntos de trabajo. Sumando la potencia media absorbida en cada franja horaria obtenemos la energía en kWh consumida en el día promedio. Este valor se ha multiplicado por 365 para obtener el valor aproximado del consumo energético anual de la Estación de Bombeo, 126.928 kWh/año.

Para diferenciar la energía consumida por la Bomba 1 y 2, se ha procedido de la misma forma que para el volumen de agua. Sabiendo que las bombas son de similares características, y que el 57 % del tiempo se estuvo funcionando con la Bomba 1 y el 43 % con la Bomba 2, se obtiene que la Bomba 1 consume alrededor de 72.530 kWh/año y la Bomba 2, 54.398 kWh/año.

Es importante remarcar que el objetivo de este cálculo no es conocer a ciencia cierta cuántos kWh se han consumido en cada bomba, puesto que el cálculo exacto sería demasiado complejo para abarcarlo en este estudio y tampoco serviría demasiado, porque entre un año y otro el consumo difiere. Sino que el objetivo es realizar un análisis para conocer la viabilidad de la inversión e implementar una propuesta que mejora la eficiencia energética de la instalación.

COMPARATIVA BOMBAS	ACTUAL B1	PROPUESTA B1	ACTUAL B2	PROPUESTA B2
Marca	KSB	GRUNDFOS	MARELLI	GRUNDFOS
Modelo	N2-50/200A/11	NBE 40-160/158	62-50-200/B	NBE 40-160/158
Año de instalación	2008	2019	2003	2019
Caudal (m ³ /h)	63	50	63	50
Altura (mca)	25	25	26	25
Potencia útil (kW)	4,21	3,406	4,464	3,406
Rendimiento (Cálculo)	31%	73%	33%	73%
Rendimiento (Catálogo)		73%	-	73%
Potencia absorbida (kW)	13,40	4,65	13,40	4,65
Rendimiento motor eléctrico (catálogo)	85%	93%	93%	93%
Potencia Motor (kW)	13,4	5,01	13,40	5,01
Índice de bombeo (Wh/m ³ /mca)	8,68	4,010	8,181	4,010
Producción (m³/año)	311.945	311.945	167.970	167.970
Energía consumida (kWh/año)	72.530	31.275	54.398	16.841
Consumo específico	0,2325	0,1003	0,3239	0,1003
Precio energía (€/kWh)	0,0825	0,0825	0,0825	0,0825
Coste (€)	5.981,47 €	2.579,22 €	4.486,10 €	1.388,81 €
Ahorro energético (kWh)		41.255,16		37.557,28
Ahorro medioambiental (kgCO₂/año)		15,68		14,27
Ahorro económico (€)		3.402,25 €		3.097,29 €

Figura 6.5.1: Tabla de resultados de ahorros esperados con el cambio de bombas propuesto en la Estación de Bombeo Nueva

6.6. Viabilidad económica de la inversión

Una vez conocidos los ahorros que se producirían con esta nueva instalación, es necesario conocer el coste de los nuevos equipos para así saber la cuantía de la inversión a realizar y el tiempo necesario para amortizar dicha inversión. Para conocer el coste de la bomba seleccionada, se ha recurrido al catálogo online de la marca GRUNDFOS, donde se proporciona el precio de la bomba junto a su ficha técnica completa. Las bombas suponen la cuantía principal de la inversión, pero también hay que tener en cuenta el coste del nuevo caudalímetro y de los equipos auxiliares necesarios para su instalación, tales como tramos de tubería nueva, conexiones y también la mano de obra. En la figura 6.6.1 se muestra el resumen del presupuesto para esta mejora:

RESUMEN PRESUPUESTO REEMPLAZO DOS BOMBAS Y CAUDALÍMETRO			
Elemento	Unidades	Precio	Total
Bomba GRUNDFOS NBE 40-160/158 ASF2ABQQE	2	5.478,00 €	10.956,00 €
Caudalímetro SENSUS MeStreamRF DN 80	1	1.519,31 €	1.519,31 €
Equipos auxiliares (tubería, cableado, conexiones...)	1	1.871,30 €	1.871,30 €
Mano de obra	10	20,00 €	200,00 €
Total			12.475,31 €

Figura 6.6.1: Resumen presupuesto reemplazo estación de bombeo Ondara. Fuente: Catálogos fabricante

Para analizar la rentabilidad de esta inversión, se ha calculado primeramente el período de retorno de la inversión que se basa en comparar la inversión total a realizar con el ahorro económico anual que se produce, para así saber cuánto tiempo costará amortizar la inversión.

Para conseguir el tiempo bruto de retorno de la inversión (TBR) se ha dividido el coste de inversión (I) entre el ahorro económico anual (o margen bruto, MB):

$$TBR = \frac{I}{MB}$$

$$TBR = \frac{12,475,31 \text{ €}}{6,499,94 \text{ €/año}} = 1,9 \text{ años}$$

Por último, se ha calculado la tasa de rentabilidad aritmética, que tiene en cuenta el ahorro anual respecto a la inversión ponderada con la vida útil del equipo, que en este caso se ha estimado en N=10 años:

$$TRA = \frac{(MB - I)/N}{I}$$

$$TRA = \frac{(6,499,94 - 12,475,31)/10}{12,475,31} = 48\%$$

Se observa que el período de retorno es apenas 1,9 años y que esta inversión aportaría un beneficio anual neto de 6.000€, lo cual traducido a la tasa de rentabilidad aritmética nos daría una rentabilidad del 48%. Todos los indicadores económicos apuntan a favor de la realización de esta inversión, además de contribuir al medio ambiente emitiendo 30 toneladas menos de CO_2 al año y aumentando considerablemente la eficiencia de la instalación.

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LA INVERSIÓN		
Propuesta de mejora	Reemplazo de dos bombas y caudalímetro de la estación de bombeo de reelevación de Ondara	
Escenario	ACTUAL	PROPUESTA
Consumo energético instalación (kWh/año)	126.928	48.116
Emissiones anuales (kgCO ₂)	48.867,35	18.524,56
Coste energía anual (€/año)	10.467,58 €	3.968,03 €
Ahorro energético anual (kWh/año)		78.812
Ahorro anual emisiones (kgCO ₂)		30.343
Ahorro económico anual (€/año)		6.499,54 €
Coste inversión		12.475,31 €
Período de retorno de la inversión		1,9 años
Vida útil de la instalación (años)		10 años
Beneficio anual neto (€/año)		6.000,53 €
Tasa de rentabilidad aritmética (TRA)		48%

Figura 6.6.2: Análisis de viabilidad de la inversión para la nueva estación de bombeo en Ondara. Fuente: elaboración propia

Capítulo 7

Medidas de mejora: MAE 2

Instalación placas solares fotovoltaicas

7.1. Justificación

Las instalaciones de energía solar fotovoltaica contribuyen a generar energía eléctrica de forma sostenible mediante el aprovechamiento de una fuente de energía natural e inagotable como es la energía que proviene del sol. Además, en la vertiente política y social, contribuyen a conseguir algunos de los objetivos que la Unión Europea marcó para el horizonte 2020, como por ejemplo:

- Obtener un 20 % de la energía del país a partir de fuentes renovables.
- Reducir las emisiones de efecto invernadero un 20 % como mínimo, respecto a los niveles de 1990.

Los sistemas de energía solar fotovoltaica cumplen además una labor social de concienciación respecto al cuidado del medio ambiente, tiene un reducido impacto ambiental, es una alternativa innovadora de fácil instalación y larga vida útil si se realiza un adecuado uso de las mismas. Por todo ello, resulta interesante realizar un predimensionado de este tipo de instalación como medida de mejora en la producción y distribución de agua en alta de la población de Ondara. En este estudio preliminar, no se pretende abordar todos los cálculos eléctricos necesarios para realizar la ejecución de la instalación ya que no es el objeto de este trabajo. Lo que se pretende con este estudio es evaluar las necesidades energéticas de la instalación que podrían ser cubiertas con placas solares y posteriormente realizar un estudio económico básico para tener un orden de magnitud de la inversión a realizar y del período de retorno de la instalación. Hay que tener en cuenta la importancia de los costes económicos a la hora de realizar cualquier mejora en una instalación, pero al mismo tiempo no descartar este tipo de alternativas, ya que en estos tiempos

es fundamental poner el foco en la reducción de emisiones a la atmósfera e intentar aprovechar al máximo los recursos naturales de los que disponemos.

Los sistemas fotovoltaicos están integrados por los siguientes elementos:

- Módulos fotovoltaicos
- Baterías y reguladores de carga (en caso de instalaciones con almacenamiento)
- Sistema convertidor de energía
- Otros elementos: cables eléctricos, dispositivos de protección, etc.

La tensión e intensidad que son capaces de proporcionar los paneles fotovoltaicos dependen del material semiconductor y de las condiciones de trabajo:

- Irradiancia solar incidente
- Temperatura de las células

Esta propuesta se basa en la mejora de la eficiencia energética mediante la instalación de placas solares fotovoltaicas para generación de electricidad destinada al autoconsumo directo sin acumulación. La energía producida con las placas solares instaladas se utilizará en el sistema de producción de agua potable en alta de la población de Ondara. El dimensionado de la instalación se ha realizado teniendo en cuenta que las bombas de la estación de reelevación han sido cambiadas acorde a la MAE 1, es decir, el análisis de la implementación de las mejoras se ha realizado de forma conjunta.

Es importante remarcar que este capítulo no trata de realizar un estudio completo de lo que sería un proyecto de instalación de placas solares fotovoltaicas, sino que se trata de un predimensionado y una valoración económica inicial que permita evaluar la viabilidad y la rentabilidad de esta propuesta. Teniendo en cuenta que el objeto de este proyecto es evaluar el estado y la eficiencia de la red, este capítulo va dirigido a estudiar una de las posibles alternativas de mejora para esta instalación.

7.2. Identificación del contador fiscal

Contador con (CUPS) ES0021000001282626QM

- El tipo de energía es trifásica
- La tarifa contratada es la 3.1a, de tres períodos.
- Pozo Granell, ETAP I y II, grupo de bombeo Nuevo y Viejo. (CUPS: ES0021000001282626QM)
 - P1: 70 kW

- P2: 70 kW
- P3: 128 kW

Los equipos que están alimentados a partir de este abastecimiento energético son los siguientes:

- Estación de bombeo Nueva: La estación de bombeo que suministra la presión necesaria para abastecer al municipio en directo, compuesta por dos bombas (1 de velocidad variable) más una de reserva.
- ETAP 1: La planta potabilizadora por ósmosis inversa Vieja
- ETAP 2: La planta potabilizadora por ósmosis inversa Nueva
- La bomba del Pozo Granell

7.3. Localización de las instalaciones a mejorar

El emplazamiento elegido para situar la instalación fotovoltaica es la parcela donde se ubican las potabilizadoras y los depósitos que abastecen Ondara. Se ha elegido esta parcela ser la misma parcela donde se ubican los consumos y por cumplir los principales condicionantes, como son:

- Es un espacio libre de obstáculos que puedan producir sombras sobre los paneles solares.
- No hay edificaciones próximas que puedan proyectar sombras, porque las placas se ubicarían en el techo de los depósitos y las ETAP, que son las construcciones más altas de la parcela y los alrededores.
- La propuesta permite mantener la distancia mínima entre módulos para que no se produzcan sombras entre ellos.



Figura 7.3.1: Localización de las instalaciones a mejorar y previsión de la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

El objetivo principal de esta nueva instalación es minimizar el consumo energético en los períodos punta y llano (P1 y P2 de la tarifa 3.1a). Con este diseño, no se pretende realizar una instalación que sea completamente autosuficiente, sino que aproveche al máximo la energía natural que proviene del sol a la vez que minimice la factura energética y permita consumir de la red eléctrica mayoritariamente en períodos valle.

7.4. Esquema de la instalación

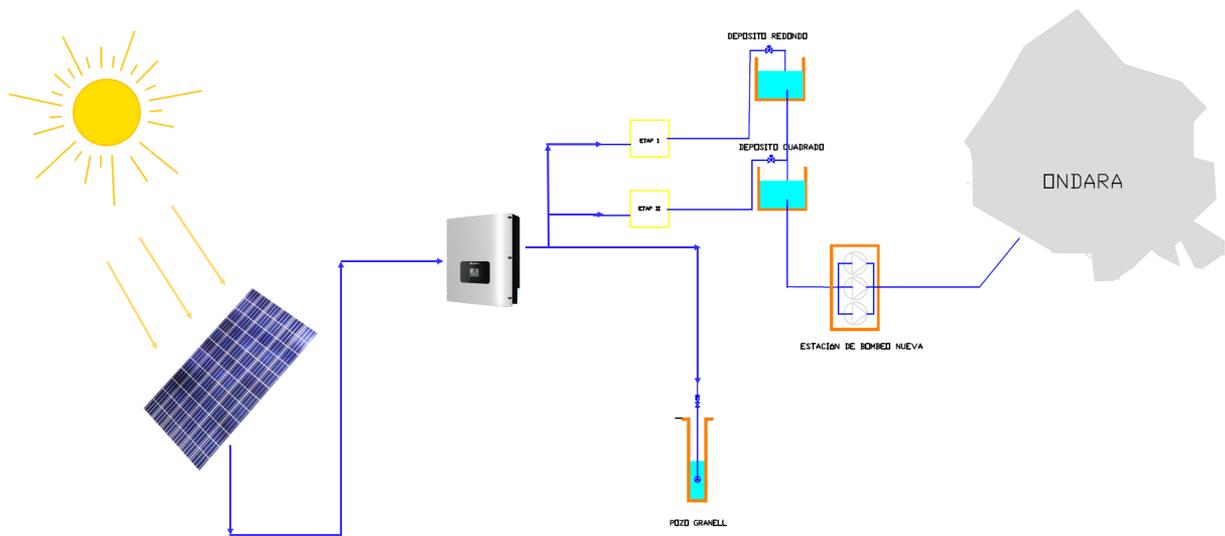


Figura 7.4.1: Esquema de la instalación. Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el tamaño del generador fotovoltaico se ha seguido el criterio de cubrir una determinada fracción del consumo energético, el equivalente a seis horas del consumo energético punta de la instalación. Esta energía corresponde aproximadamente con la mitad del consumo durante las horas de luz solar de dicha instalación. El consumo nocturno no se ha tenido en cuenta porque no se van a instalar baterías, además por la noche generalmente estamos en período valle y, tanto la energía como la potencia contratada, tienen un coste económico mucho menor. Cabe indicar que a la hora del dimensionado se ha buscado un equilibrio entre ahorro energético, medioambiental e inversión económica a realizar para obtener una propuesta viable, que ayude a la eficiencia energética de la instalación con un período de retorno aceptable para la empresa. En función de las necesidades de consumo y la radiación es necesario establecer un período de diseño que es el que se utiliza para realizar el dimensionado de la instalación fotovoltaica. Como esta instalación se ha diseñado para cubrir una parte del consumo energético, el período de diseño establecido ha sido todo el año, para maximizar así la producción anual de energía eléctrica. Los pasos que se han seguido para dimensionar el sistema fotovoltaico necesario son los siguientes:

1. Determinar la posición óptima del generador fotovoltaico
2. Dimensionado del generador fotovoltaico y selección de modelo comercial
3. Dimensionado del inversor y selección de modelo comercial
4. Cálculo de la energía producida con la instalación fotovoltaica
5. Estudio energético, económico y medioambiental de la solución adoptada

7.5. Posición óptima del generador fotovoltaico

Para determinar la posición óptima de los módulos fotovoltaicos, hay que tener en cuenta que al ser sistemas sin seguimiento solar, lo óptimo es orientar los paneles hacia el sur, es decir $\alpha=0^\circ$. Por otra parte, el ángulo óptimo de inclinación de los paneles depende de como se distribuye a lo largo del año la incidencia de la radiación solar en la localidad donde se va a realizar la instalación. En este caso, la localidad es Ondara en la provincia de Alicante cuyas coordenadas geográficas son, en grados decimales, las siguientes:

- Longitud: 0.012
- Latitud: 38.822

Mediante la herramienta de la Comisión Europea PVGIS, se ha obtenido la irradiancia media diaria mensual para los diferentes ángulos de inclinación. Para seleccionar el ángulo óptimo se ha seguido el método de la máxima colección anual de energía que, como se puede ver en la tabla de la figura 7.5.1, se sitúa entre los 30 y los 40 grados de inclinación. Después de un pequeño análisis cuantitativo, se ha decidido que con un ángulo de 30° de inclinación se obtiene un perfil de irradiación más adecuado a las necesidades energéticas de una red de abastecimiento de agua estándar como es la de Ondara. En este municipio el consumo de agua, y por tanto el consumo energético, aumenta considerablemente durante los meses de verano y por ello, una inclinación que ofrezca mayores valores de irradiancia en verano es positivo para esta instalación.

RADIACIÓN DIARIA MEDIA (kWh/m ²)								
Mes	H(0)	H(10)	H(20)	H(30)	H(40)	H(50)	H(60)	H(70)
Jan	2,384	2,961	3,484	3,903	4,226	4,452	4,548	4,516
Feb	3,207	3,750	4,214	4,571	4,786	4,929	4,929	4,786
Mar	4,452	4,935	5,290	5,516	5,613	5,581	5,387	5,065
Apr	5,567	5,833	5,967	5,967	5,867	5,600	5,200	4,700
May	6,806	6,903	6,871	6,677	6,323	5,871	5,258	4,548
Jun	7,533	7,567	7,400	7,067	6,600	6,000	5,267	4,400
Jul	7,484	7,548	7,452	7,161	6,742	6,161	5,452	4,613
Aug	6,419	6,645	6,742	6,677	6,452	6,065	5,548	4,903
Sep	4,900	5,300	5,567	5,733	5,733	5,600	5,333	4,933
Oct	3,516	4,000	4,419	4,710	4,903	4,968	4,903	4,710
Nov	2,527	3,063	3,533	3,900	4,200	4,367	4,433	4,400
Dec	2,081	2,626	3,116	3,516	3,871	4,097	4,194	4,194
Year	4,740	5,096	5,342	5,452	5,452	5,315	5,041	4,658

Figura 7.5.1: $G_{dm}(\alpha, \beta)$: Irradiancia media diaria sobre plano fijo en Ondara. Valores obtenidos para diferentes ángulos de inclinación y orientación sur. Fuente: PVGIS

7.6. Dimensionado del generador fotovoltaico

La energía eléctrica inyectada en la instalación procedente de las placas solares, se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}} \quad (7.6.1)$$

donde:

- $G_{dm}(0)$: Valor medio mensual y anual de la irradiancia diaria sobre superficie horizontal, expresado en $kWh/m^2.dia$.
- $G_{dm}(\alpha, \beta)$: Valor medio mensual y anual de la irradiancia diaria sobre el plano del generador, expresado en $kWh/m^2.dia$. Los parámetros α y β representan la orientación y la inclinación del generador fotovoltaico, respectivamente. En este caso, al establecer un período de diseño de todo el año con una inclinación de 30° , obtenemos un valor de irradiancia de diseño de $5,452 kWh/m^2.dia$.
- PR: rendimiento energético de la instalación o performance ratio. Es la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, y tiene en cuenta los siguientes factores:
 - La dependencia de la eficiencia del generador con la temperatura.
 - Las pérdidas del cableado
 - Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad
 - La eficiencia energética del inversor

Los valores típicos en sistemas con inversor se sitúan alrededor de $PR = 0,7$, y en sistemas con inversor y batería alrededor de $PR = 0,6$. En este caso, al ser un sistema sin baterías y por simplificar el cálculo se ha utilizado un valor constante e igual a 0, para todo el año.

- $G_{CEM} = 1 kWh/m^2$: Valor de la irradiancia solar en Condiciones Estándar de Medida (CEM).

7.6.1. Energía diaria demandada por la instalación

Para calcular la potencia pico mínima a instalar, es necesario conocer la energía promedio demandada diariamente por dicha instalación, E_D . Para obtener la energía demandada por la instalación se han tenido en cuenta varios factores:

- La estación de bombeo Nueva está compuesta por 2+1 bombas, una de ellas de velocidad variable. A partir de las 7 de la mañana empieza a aumentar el consumo y se pone en marcha la segunda bomba. Entonces la bomba 1 se regula de tal forma que se cubra la demanda que no es capaz de satisfacer la bomba 2.
- La planta potabilizadora 2 está encendida 24 horas al día.
- El pozo Granell está en funcionamiento desde las 12 de la noche hasta las 10 de la mañana.

- Las potencia instalada suma en total 63,65 kW, repartida en los siguientes equipos :
 - Estación de bombeo Nueva
 - Bomba 1: 4,65 kW (100 %)
 - Bomba 2: 4,65 kW (100 %)
 - Bomba 3: 12,35 kW (100 %)
 - Planta Potabilizadora 1: 31 kW
 - Planta Potabilizadora 2: 22 kW
 - Bomba Pozo Granell: 20 kW

- Durante las horas de mayor consumo, tanto la bomba 1 como la bomba 2 se puede asumir que funcionan a su velocidad nominal.

Con estos datos, y teniendo en cuenta un día medio de luz solar desde las 8 de la mañana hasta las 8 de la tarde, se ha elaborado la tabla de la figura 7.6.1. Se ha obtenido una energía demandada de diseño de $E_d = 239,1 \text{ kWh/m}^2$ y una potencia pico demandada por la instalación de $P_{m\acute{a}x} = 51,3 \text{ kW}$.

7.6.2. Dimensionado de la potencia mínima y el número mínimo de módulos a instalar

La potencia pico del generador P_{mp} , es el valor máximo de potencia que se puede obtener del panel y se obtiene del producto entre la tensión y la corriente de salida del panel. Este valor de potencia pico es el que obtenemos de la hoja de características del fabricante y viene dado generalmente en Condiciones Estándar de Medida (CEM).

$$P_{mp,min} = \frac{E_D \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR} \quad (7.6.2)$$

De acuerdo a las necesidades calculadas en el apartado anterior, obtenemos el siguiente valor de potencia pico mínima para esta instalación:

$$P_{mp,min} = \frac{239,1 \text{ kWh/m}^2 \cdot 1 \text{ kWh/m}^2}{5,452 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{día} \cdot 0,7} = 63 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta que la potencia máxima (W_p) de los módulos fotovoltaicos a instalar es de 330 W cada uno, obtenemos que se necesitarían como mínimo:

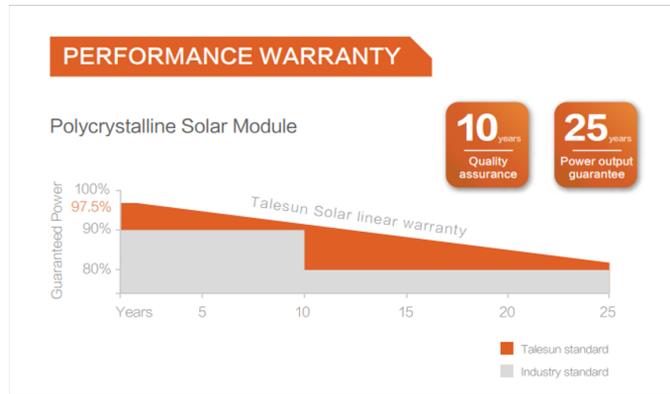
$$N_m = \frac{P_{mp}}{P_{mf}} = \frac{63 \text{ kW} \cdot 1000 \text{ W/kW}}{330 \text{ W}} = 190 \text{ módulos}$$

El modelo comercial seleccionado es el TP672P de la marca TALESUN Solar, de 330 W de potencia pico. Las características principales del módulo fotovoltaico son las siguientes:

HORAS	EB B1	EB B2	EB B3	PL OSM 1	PL OSM 2	P. GRANELL	Ed (kWh)
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	0	0	1	1	51,3
11	1	1	0	0	1	0	31,3
12	1	1	0	0	1	0	31,3
13	1	1	0	0	1	0	31,3
14	1	1	0	0	1	0	31,3
15	1	1	0	0	1	0	31,3
16	1	1	0	0	1	0	31,3
17	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
Ed (kWh)							239,1
P máx (kW)							51,3

Figura 7.6.1: Energía demandada por la instalación durante las horas de diseño. Fuente: Elaboración propia

- Tipo de célula: Silicio policristalino
- Dimensiones: 1960 x 992 x 40 mm
- Peso: 24 kg
- Voltaje de trabajo del panel solar: 24 V
- Tensión a máxima potencia: 37,3 V. Tensión en circuito abierto: 46,1 V
- Intensidad máxima de salida: 8,85A. Intensidad en cortocircuito: 9,27A
- Eficiencia del módulo: 17%
- Ciclo de vida del panel solar: 25 años.



Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
IEF001 Ud Módulo solar fotovoltaico.					
Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, modelo TP672P 330W 24V "TALESUN", potencia máxima (Wp) 330 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,7 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 8,76 A, tensión en circuito abierto (Voc) 45,9 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,27 A, eficiencia 17%					
1		Materiales			
mt35sol045byD	Ud	Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, modelo TP672P 330W 24V "TALESUN", potencia máxima (Wp) 330 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,7 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 8,76 A, tensión en circuito abierto (Voc) 45,9 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,27 A, eficiencia 17%, 72 células de 156x156 mm, vidrio exterior templado de 4 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 1954x982x45 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m², resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m², peso 29 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y	213,000	128,33	27.334,29 €
Subtotal materiales:					27.334,29 €
2		Mano de obra			
mo009	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	0,351	19,11	6,71 €
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	0,351	17,50	6,14 €
Subtotal mano de obra:					12,85 €
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	27347,14	546,94 €
Coste de mantenimiento decenal: 47,87€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		27.894,08 €

Figura 7.6.2: Módulo fotovoltaico TALESUN Solar TP672P 330 Wp y presupuesto del equipo. Fuente: Catálogo del fabricante y generador de precios CYPE

7.6.3. Superficie ocupada por los módulos solares fotovoltaicos

Para conocer la viabilidad de la , uno de los cálculos más importantes es saber cuánto espacio necesitará nuestra instalación. La superficie real de un módulo no coincide con él área que este ocupará en la instalación, habrá que tener en cuenta además que estará integrado con un soporte e inclinado, por lo que proyectará sombra sobre los módulos siguientes. Por ello es necesario respetar unas distancias mínimas que permitan al módulo trabajar en condiciones óptimas.

Para calcular la distancia mínima a mantener entre módulos, se han utilizado las fórmulas que

se muestran en la figura 7.6.3:

$$d = h / \tan(67^\circ - lat)$$

$$h = l \cdot \text{sen}(\beta)$$

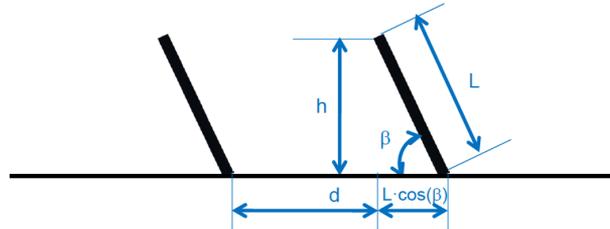


Figura 7.6.3: Separación mínima entre placas solares de longitud L , inclinadas un ángulo β . Fuente: DIHMA UPV.

Teniendo en cuenta que la longitud L del módulo comercial seleccionado es de 1,96 metros y las placas tendrán una inclinación de $\beta = 30^\circ$, se obtiene:

$$h(m) = 1,96 \cdot \text{sen}(30) = 0,98 \text{ m}$$

$$d = 0,98 / \tan(67^\circ - 38,8^\circ) = 1,82 \text{ m}$$

La distancia de separación medida entre los apoyos de la placa será igual a la distancia de separación mas la longitud de la placa por el coseno del ángulo de inclinación:

$$D = d + L \cdot \cos(\beta) = 1,82 + 1,96 \cdot \cos(30) = 2,12 \text{ m}$$

La superficie de planta ocupada por las placas solares será igual al número de filas de módulos instalados por la superficie real que ocupa cada fila, que es igual a la distancia de separación entre módulos calculada, D . Para los módulos instalados en el depósito cuadrado, la superficie ocupada se calcula del siguiente modo:

$$Sm_{Depo} = (mf \cdot a) \times (f - 1) \cdot D$$

$$\text{Separación entre módulos : } D = 2,12 \text{ m}$$

$$\text{Anchura del módulo : } a = 0,996 \text{ m}$$

$$\text{Número de filas : } f = 9 \text{ filas}$$

$$\text{Número de módulos por fila : } mf = 17 \text{ módulos/fila}$$

$$Sm_{Depo} = 17 \cdot 0,996 \times 8 \cdot 2,12 = 287,48 \text{ m}^2$$

Con esta configuración se podrían instalar 153 módulos solares en la parte superior del depósito cuadrado. Se ha considerado un número adecuado ya que se respetan todas las distancias mínimas y la superficie real ocupada por los módulos mas la separación, 287 m² es menor que la superficie disponible en el depósito cuadrado, 306 m².

Como el número mínimo de módulos a instalar de acuerdo al dimensionado realizado es de 190 módulos, se necesita espacio adicional para instalar los módulos restantes. Se ha elegido colocarlos en la parte superior de la ETAP I por ser adyacente al depósito cuadrado y, al tener la misma altura, no se hace sombra una construcción a la otra.

Teniendo en cuenta la distancia D calculada previamente, y operando igual que para el depósito cuadrado, se obtiene la siguiente configuración:

$$Sm_{ETAP} = (mf \cdot a) \times (f - 1) \cdot D$$

$$\text{Separación entre módulos : } D = 2,12m$$

$$\text{Anchura del módulo : } a = 0,996m$$

$$\text{Número de filas : } f = 4 \text{ filas}$$

$$\text{Número de módulos por fila : } mf = 15 \text{ módulos/fila}$$

$$Sm_{ETAP} = 15 \cdot 0,996 \times 3 \cdot 2,12 = 95,12 m^2$$

En este prediseño se ha visto que en la cubierta de la ETAP 1 se pueden instalar un total de 60 módulos, que ocuparían 95 m² de superficie real contando las distancias mínimas a mantener. Este valor es inferior a la superficie de la cubierta, 135 m², por ello y aunque el número total de módulos es mayor que el resultante del predimensionado, se considera adecuado para esta instalación. Finalmente el número de módulos a instalar es de 213, repartidos entre el depósito cuadrado y la ETAP I. En la figura 7.6.4 se presenta la configuración elegida para esta instalación.

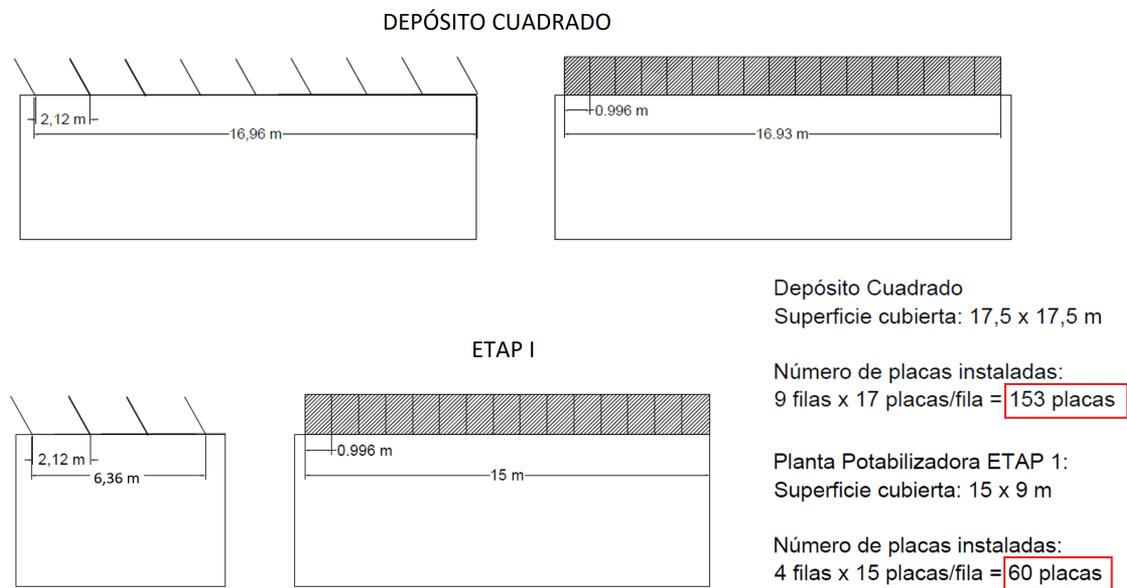


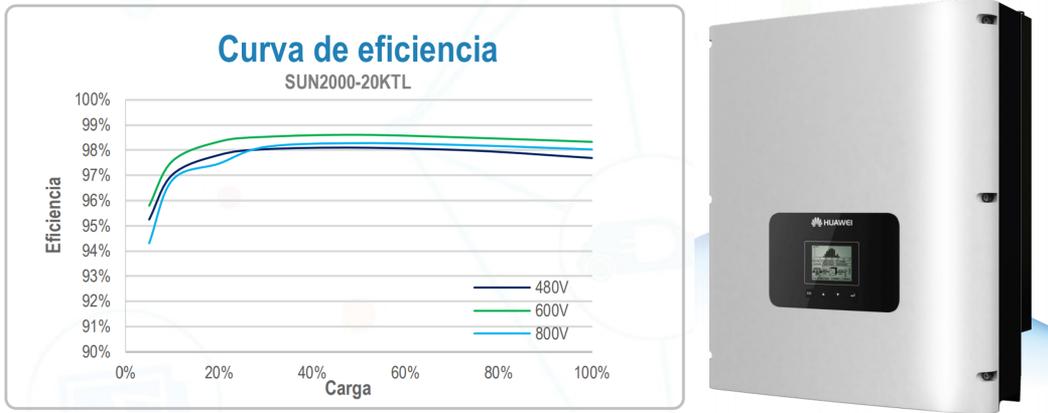
Figura 7.6.4: Distribución de los módulos solares instalados en el Depósito Cuadrado. Fuente: elaboración propia

7.7. Dimensionado del inversor y selección del modelo comercial

Para el dimensionado del inversor se ha considerado el perfil de consumo diario y se ha seleccionado la potencia de acuerdo a la potencia máxima demandada por la instalación. La potencia máxima en este caso es de 62,3 kW, por ello, y considerando un margen de seguridad del 15 %, se ha decidido proponer la instalación de cuatro inversores de 20 kW de potencia nominal cada uno.

El modelo comercial seleccionado ha sido el HUAWEI SUN2000-20KTL Trifásico, de 20 kW de potencia nominal de salida. Las características principales del inversor seleccionado son las siguientes:

- Voltaje de trabajo del inversor: 230 V
- Potencia de salida continuada: 20 kW
- Peso: 49 kg
- Rango de funcionamiento del MPP: 200-950 V
- Eficiencia del inversor: 98 %
- Dimensiones: 520 x 610 x 266 mm.
- Número de inversores a instalar: 4



Inversor HUAWEI SUN2000-20KTL está preparado para trabajar en instalaciones trifásicas de conexión a red sin baterías. Incorpora dos MPPT que ofrece más flexibilidad y eficiencia al sistema y una pantalla LCD que facilita el control y consulta del inversor en tiempo real. La , potencia máxima de entrada 22 kW, voltaje de entrada máximo 1000 V, potencia nominal de salida 20 kW, potencia máxima de salida 22 kW, eficiencia máxima 98,6%.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Inversor central trifásico para conexión a red, HUAWEI SUN2000-20KTL preparado para trabajar en instalaciones trifásicas de conexión a red sin baterías. Potencia máxima de entrada 22 kW, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, potencia nominal de salida 20 kW, potencia máxima de salida 22 kW, eficiencia máxima 98,6%. Tensión nominal de entrada: 620 V, con inversor compacto sinusoidal PWM, procesador de señales digitales DSP, pantalla gráfica LCD, puertos RS-232 y RS-485, dispositivo MaxControl para alarma automática, supervisión del inversor y evaluación de datos de rendimiento.	4,000	2076,00	8.304,00 €
		Subtotal materiales:			8.304,00 €
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1º electricista.	0,602	19,11	11,50 €
	h	Ayudante electricista.	0,602	17,50	10,54 €
		Subtotal mano de obra:			22,04 €
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	8326,04	166,52 €
Coste de mantenimiento decenal: 2.742,97€ en los primeros 10 años.					
			Costes directos (1+2+3):		8.492,56 €

Figura 7.7.1: Curva de eficiencia del Inversor HUAWEI SUN2000-20KTL y presupuesto del equipo. Fuente: Catálogo del fabricante

7.8. Energía producida por la instalación fotovoltaica

Una vez se ha realizado el predimensionado de la instalación, el siguiente paso es conocer cuánta energía solar se podrá aprovechar para satisfacer la demanda de la instalación. Previo al cálculo de la energía producida es necesario aclarar las estimaciones que se han realizado para poder modelar tanto la demanda como la producción solar, dos parámetros que varían según la hora del día y que prácticamente todos los días son diferentes. Para poder realizar un cálculo aproximado, se han hecho dos simulaciones: una de julio, que es el mes con más demanda del año en Ondara, y otra en diciembre que es el mes con menos producción solar en esta zona. Estos dos escenarios se tomarán como el día tipo de verano y de invierno, y con ello se realizará el cálculo de la energía

promedio anual producida en Ondara gracias a la instalación fotovoltaica.

Primeramente, se ha obtenido la irradiancia de estos dos días tipo elegidos, como se puede ver en la figura 7.8.1.

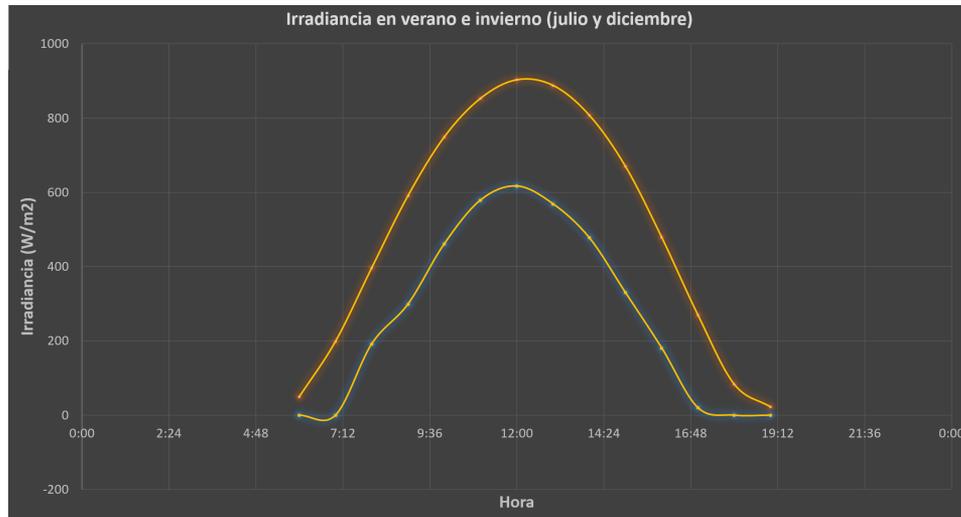


Figura 7.8.1: Irradiancia horaria del día tipo en invierno (diciembre) y verano (julio) en Ondara. Fuente: PVGIS

Conocida la irradiancia horaria de los días tipo y las características de la instalación propuesta, se puede calcular la producción solar horaria en esos días tipo (figura 7.8.2). Para estimar la demanda de esos meses, se ha tenido en cuenta que el horario de funcionamiento del pozo Granell difiere entre invierno y verano y también que las necesidades hídricas en diciembre son alrededor de un 30% inferiores que en julio. Con estos resultados se ha obtenido la demanda energética cubierta de los días tipo que se cubriría con energía solar (figura 7.8.3).

DÍA	HORA	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Producción verano		Producción invierno	
		G (W/m2)	G (W/m2)	Demanda verano (kW)	Demanda invierno (kW)	Producción solar (kW)	Demanda no satisfecha (kW)	Producción solar (kW)	Demanda no satisfecha (kW)
Día tipo	0:00	0	0	55,0	38,5	0,0	55,0	0,0	38,5
	1:00	0	0	55,0	38,5	0,0	55,0	0,0	38,5
	2:00	0	0	55,0	38,5	0,0	55,0	0,0	38,5
	3:00	0	0	55,0	38,5	0,0	55,0	0,0	38,5
	4:00	0	0	55,0	38,5	0,0	55,0	0,0	38,5
	5:00	0	0	55,0	38,5	0,0	55,0	0,0	38,5
	6:00	50	0	55,4	38,8	3,2	52,2	0,0	38,8
	7:00	199	0	55,4	38,8	12,7	42,7	0,0	38,8
	8:00	397	192	60,3	42,2	25,4	34,9	12,3	29,9
	9:00	591	299	60,3	42,2	37,8	22,5	19,1	23,1
	10:00	749	461	60,3	42,2	47,9	12,4	29,5	12,7
	11:00	853	579	62,3	43,6	54,5	7,8	37,0	6,6
	12:00	903	617	62,3	43,6	57,7	4,6	39,4	4,2
	13:00	888	569	62,3	43,6	56,7	5,6	36,4	7,2
	14:00	808	478	62,3	43,6	51,6	10,7	30,5	13,1
	15:00	670	330	62,3	43,6	42,8	19,5	21,1	22,5
	16:00	479	181	62,3	43,6	30,6	31,7	11,6	32,0
	17:00	270	0	62,3	43,6	17,3	45,0	0,0	43,6
	18:00	84	0	53,0	37,1	5,4	47,6	0,0	37,1
	19:00	23	0	53,0	37,1	1,5	51,5	0,0	37,1
	20:00	0	0	53,0	37,1	0,0	53,0	0,0	37,1
	21:00	0	0	31,0	21,7	0,0	31,0	0,0	21,7
	22:00	0	0	31,0	21,7	0,0	31,0	0,0	21,7
	23:00	0	0	31,0	21,7	0,0	31,0	0,0	21,7
TOTAL (kWh)				1309,6	916,7	445,1	864,5	236,8	679,8

Figura 7.8.2: Tabla comparativa producción energética solar, demanda energética del día tipo y demanda no satisfecha por la instalación fotovoltaica. Fuente: elaboración propia

En la figura 7.8.3 se muestra la energía solar producida por la instalación fotovoltaica en cada franja horaria del día tipo de verano y se compara con la demanda energética de ese mismo día. El resultado es que se producirían, con esta instalación, alrededor de 445 kWh/día, lo que equivale al 51,47% de la energía total demandada en ese día. También se muestra la misma información para el día tipo de invierno. Los resultados obtenidos son que, con la instalación propuesta, se producirían en invierno alrededor de 237 kWh/día, lo que quivale al 34,86% de la energía demandada en ese día tipo.

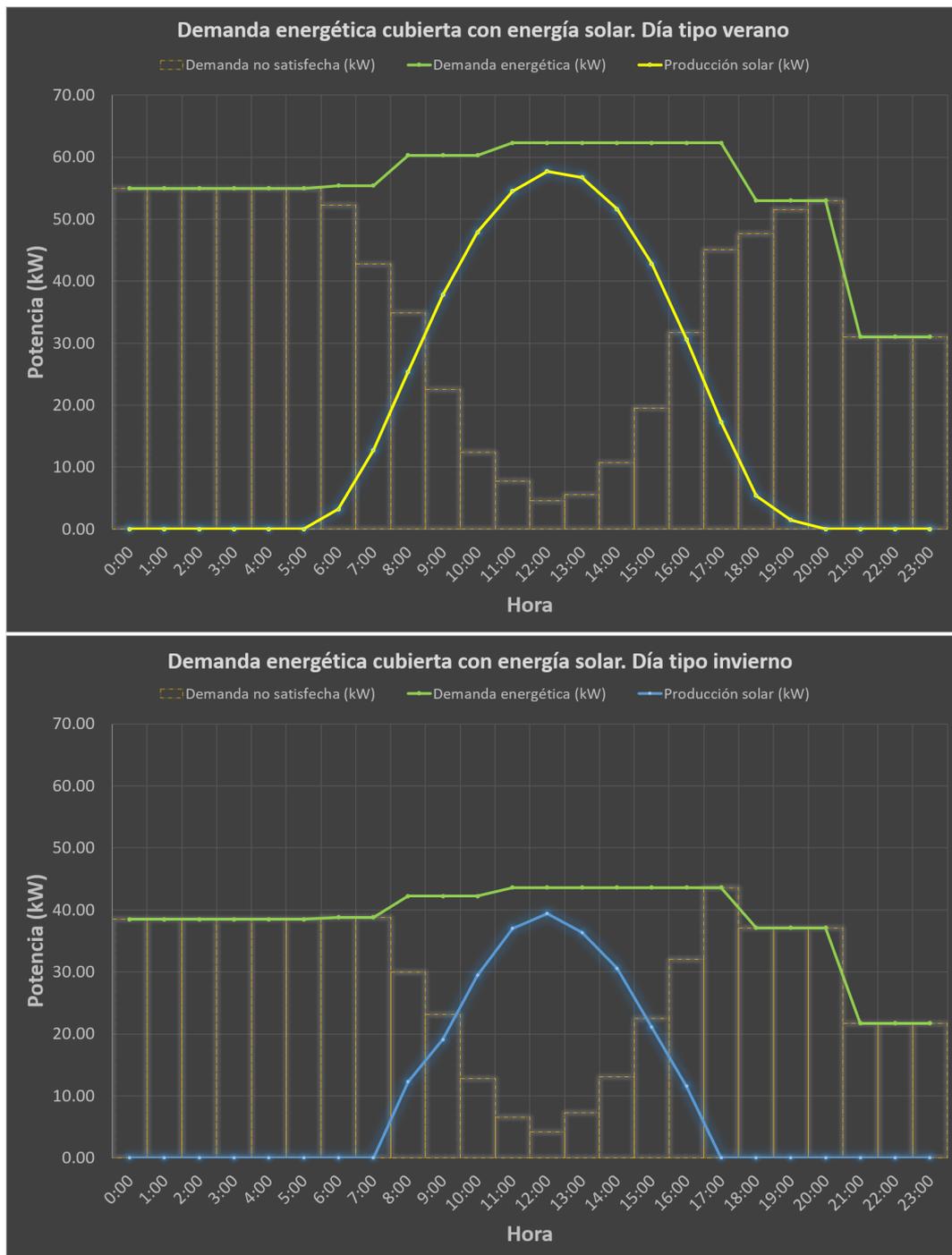


Figura 7.8.3: Producción solar de la instalación propuesta en invierno y verano en Ondara. Datos promedios del día tipo. Fuente: elaboración propia.

7.9. Estudio energético, económico y medioambiental de la solución adoptada

Con todo ello, y realizando un promedio anual donde la mitad de los días fueran del día tipo de invierno y la otra mitad del día tipo de verano resultaría una energía anual producida de 124.446 kWh anuales. Este resultado sería válido si todos los días del año fueran soleados, pero no es así por lo que hay que tener en cuenta los días promedio soleados anuales.

En España y concretamente en la zona de Alicante hay, según la Agencia Estatal Meteorológica, unos 320 días soleados al año, que equivalen al 87,6%. Realizando un cálculo en base a este porcentaje, se producirían un total de 109.015 kWh/año con la instalación fotovoltaica propuesta. Teniendo en cuenta que la demanda energética anual de esta instalación fue en 2018 de 407.711 kWh, esta instalación cubriría el 26,7% de la demanda energética anual si se implementara de manera aislada. En este trabajo se ha considerado el caso en el que se implementaran las dos medidas, por ello la demanda energética es menor, debido al ahorro de energía que se produce utilizando las bombas nuevas en la estación de bombeo de reelevación. Este ahorro se traduciría en unos 78.800 kWh, tomando siempre como referencia el consumo de 2018.

Por ello, se ha tomado como consumo anual de la instalación base para el cálculo de ahorros de esta propuesta, los 328.900 kWh que resultan como diferencia de los 407.711 kWh consumidos en 2018 y el ahorro producido con la implementación de la MAE 1. Tomando en consideración este nuevo consumo energético y la misma producción solar anual, 109.015 kWh/año, esta instalación produciría mediante energía solar el 33% de su energía consumida.

Además, evaluando el aspecto económico, las horas de producción solar coinciden en los días laborables con los períodos P1 y P2 de la tarifa 3.1a, por lo que el ahorro económico es mayor que si esta energía se produjera en período valle.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	ACTUAL (con cambio de bombas realizado)	PROPUESTA
Módulo fotovoltaico		TALESUN TP672P 330W
Número de módulos		213
Superficie ocupada (m ²)		382,6
Potencia de generación instalada (kW)		70
Demanda pico instalación (kW)	62,3	62,30
Potencia inversor instalada (kW)		80
Consumo anual instalación (kWh/año)	328.899	328.899
Producción solar anual (kWh/año)		109.015
Porcentaje energía renovable (%)	38,4% (*REE 2018)	70,8%
Electricidad comprada anual (kWh/año)	328.899	219.884
Emisiones CO2 mix eléctrico (g/kWh)	385	385
Emisiones CO2 instalación (kgCO ₂ /año)	126.626	84.655
Ahorro medioambiental (kgCO ₂ /año)		41.971
Precio energía promedio (€/Kwh)	0,0825 €	0,0825 €
Coste energía anual (€/año)	27.134,13 €	18.140,39 €
Ahorro económico (€/año)		8.993,74 €

Figura 7.9.1: Tabla comparativa de los datos de producción y ahorros energéticos, económicos y medioambientales de la instalación nueva con respecto a la actual

7.10. Viabilidad económica de la inversión

Respecto a la inversión a realizar para realizar esta instalación, los principales equipos serían: los módulos fotovoltaicos, el inversor y los equipos auxiliares. De acuerdo al catálogo de los fabricantes y estimando el coste de los equipos auxiliares como un 20% del coste total, el coste de inversión ascendería a 35.719,29€. El resumen del presupuesto elaborado se presenta en la figura 7.10.1.

RESUMEN PRESUPUESTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA				
Elemento	Unidades	Precio		Total
Módulo fotovoltaico TALESUN TP672P 330W	213	128,33 €		27.334,29 €
Inversor HUAWEI SUN200020-KTL	4	2.076,00 €		8.304,00 €
Contador eléctrico	1	80,00 €		80,00 €
Equipos auxiliares (conexiones, cableado, protecciones...)	1	7.143,66 €		7.143,66 €
Ingeniería, estudio preliminar	1	800,00 €		800,00 €
Mano de obra	46	18,31 €		842,03 €
Costes directos complementarios (CDC)	2%	44.503,98 €		890,08 €
Total				45.394,06 €

Figura 7.10.1: Resumen presupuesto instalación fotovoltaica Ondara. Fuente: Catálogos fabricante

Al igual que se ha hecho con la otra medida, se ha analizado la rentabilidad económica de la inversión calculando primeramente el período de retorno de la inversión que se basa en comparar la inversión total a realizar con el ahorro económico anual que se produce.

Para conseguir el tiempo bruto de retorno de la inversión (TBR) se ha dividido el coste de inversión (I) entre el ahorro económico anual (o margen bruto, MB):

$$TBR = \frac{I}{MB}$$

$$TBR = \frac{45,394,06 \text{ €}}{8,993,74 \text{ €/año}} = 5 \text{ años}$$

Por último, se ha calculado la tasa de rentabilidad aritmética, que tiene en cuenta el ahorro anual respecto a la inversión ponderada con la vida útil del equipo, que en este caso se ha estimado en N=10 años:

$$TRA = \frac{(MB - I)/N}{I}$$

$$TRA = \frac{(8,718,74 - 35,718,29)/10}{8,993,74} = 15 \%$$

Se observa que el período de retorno es de 5 años y que esta inversión aportaría un beneficio anual neto de 6.908,98€, lo cual traducido a la tasa de rentabilidad aritmética aporta una rentabilidad del 15%. Teniendo en cuenta que las instalaciones fotovoltaicas tienen períodos de retorno bastante elevados, esta inversión se considera muy interesante para la instalación en cuestión. Se podría aportar alrededor de un 30% con energía 100% renovable lo que, con el contexto actual de impulso por la reducción de emisiones de dióxido de carbono es un paso muy importante hacia el consumo energético responsable. Según los indicadores económicos esta inversión es viable y

económicamente rentable, además de contribuir al medio ambiente reduciendo en 42 toneladas el CO_2 emitido al año.

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LA INVERSIÓN		
Propuesta de mejora	Instalación fotovoltaica para suministro a ETAP I y II, Pozo Granell y Estación de Bombeo reelevación	
Escenario	ACTUAL	PROPUESTA
Demanda energética instalación (kWh/año)	328.899	328.899
Demanda satisfecha con producción solar (kWh/año)	0	109.015
Porcentaje energía origen renovable (%)	38,4% (*REE 2018)	70,8%
Emisiones anuales (kgCO ₂ /kWh)	126.626	84.655
Ahorro anual emisiones (kgCO ₂ /kWh)		41.971
Coste energía anual (€/año)	27.134,13 €	18.140,39 €
Coste mantenimiento anual (10 primeros años)		275,00 €
Ahorro económico anual (€/año)		8.718,74 €
Coste inversión		45.394,06 €
Período de retorno de la inversión		5 años
Vida útil de la instalación		25 años
Beneficio anual neto (€/año)		6.902,98 €
Tasa de rentabilidad aritmética (TRA)		15%

Figura 7.10.2: Análisis de viabilidad de la inversión para la instalación fotovoltaica para su uso en la instalación de producción y distribución de agua potable de Ondara. Fuente: elaboración propia.

Capítulo 8

Conclusiones y recomendaciones

8.1. Conclusiones generales del trabajo

El presente Trabajo Fin de Master ha servido para realizar un análisis en profundidad y una evaluación global de una red de producción y distribución de agua potable a un municipio. Tras estudiar la instalación, realizar el modelo matemático y finalizar el estudio hídrico y energético de la red actual, se han planteado una serie de escenarios para mejorar la eficiencia de la red, estudiando dos de ellos para conocer su repercusión energética, económica y medioambiental. De esta manera se pueden extraer una serie de conclusiones frente al estudio realizado:

- Se han empleado los datos proporcionados por la empresa Aguas de Valencia, operadora de la instalación, para su gestión y análisis, que han sido la base para extraer todos los resultados reflejados en este proyecto.
- El modelo de EPANET ha permitido realizar la auditoría energética y además se podrá utilizar en el futuro para realizar simulaciones de diferentes escenarios de consumo o realizar el prediseño de nuevos depósitos o probar cambios en el modo de operación.
- De la auditoría hídrica se extrae que el nivel de fugas en la red de distribución se sitúa alrededor del 18%.
- De la evaluación hídrica se extrae también que el rendimiento volumétrico de la medida se sitúa en el 75%, que supone un aumento porcentual del 19% respecto a los datos de 2010. Lo cual indica que ha habido una fuerte inversión en equipos de medida en esta instalación.
- Con respecto a la auditoría energética, en la red actual se ha detectado una gran pérdida de energía en la estación de bombeo, debido al bajo rendimiento de las bombas. Mediante la mejora propuesta, se ha conseguido reducir en un 12% el nivel de pérdidas energéticas.
- Con la instalación de las nuevas bombas, las pérdidas en la estación de bombeo se reducirían en 57.338 kWh/año lo que supone una reducción porcentual del 14% de la energía

total consumida en la instalación. Como consecuencia de ello, el porcentaje de energía entregada a los usuarios ha pasado de representar un 30% a un 42% de la energía total anual suministrada a la instalación, excluyendo el consumo de las ETAPs (figura 8.1.1).

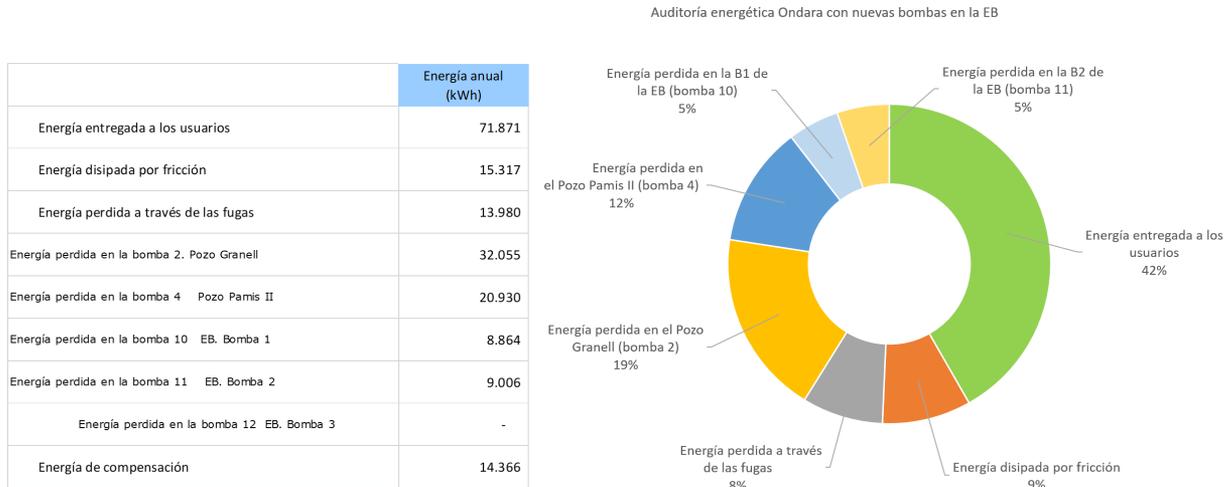


Figura 8.1.1: Auditoría energética de la instalación de producción de agua potable en Ondara, una vez reemplazadas las dos bombas de la Estación de Bombeo. Fuente: ITAEnergy

8.2. Recomendaciones y trabajos futuros

8.2.1. Instalación de caudalímetros sectoriales teledados

La incertidumbre en la medida, la falta de consistencia entre mismos datos consultados en distintas fuentes y la falta de registros de caudales o presiones son dificultades habituales que se enfrentan a la hora de realizar auditorías en redes de abastecimiento de agua. Con el amplio despliegue de dispositivos electrónicos que se ha producido en las redes en los últimos años, los esfuerzos a realizar por parte del personal de gestión y mantenimiento han aumentado encarecidamente. El mantenimiento de las redes es costoso, debido principalmente a su gran extensión y a los entornos, a veces de difícil acceso, donde están instalados los sistemas de medida. Pero cuando se apuesta por realizar una gestión eficiente de las redes, los esfuerzos porque unos datos de partida de calidad son fundamentales.

En esta localidad, gracias a la existencia de caudalímetros teledados y al adecuado mantenimiento que se realiza de todo el sistema, se han podido obtener los datos reales de extracción de agua anual, inyección en red y facturación de una forma fiable y consistente. En el caso de los caudalímetros sectoriales, sin embargo, los datos de consumo obtenidos solo se han podido utilizar a nivel cualitativo pero no se han realizado balances debido a una importante falta de registros. Sería muy útil para futuras auditorías la instalación de caudalímetros sectoriales teledados para poder realizar una versión más realista del modelo matemático, con respecto a la

asignación de agua no registrada en cada sector. Si se tiene un registro lo suficientemente fiable, se pueden realizar balances entre el agua que se inyecta en el sector y el agua facturada en el mismo, se puede saber con más certeza en qué áreas se tienen más fugas o más consumo no registrado y poder definir actuaciones más localizadas y precisas.

8.2.2. Estudio del cambio de tarifa energética o potencia contratada

Para estudios futuros de esta red se propone contemplar un posible cambio de operación, en el que aprovechando el almacenamiento de agua potable disponible permita operar las ETAP mayoritariamente en períodos valle. Este cambio, en caso de ser posible, aportaría beneficios económicos a la instalación en términos de ahorro de energía y por permitir la disminución de la potencia contratada.

En este trabajo se ha preferido no modificar la potencia contratada, a pesar de ser una herramienta muy recurrente a la hora de realizar auditorías energéticas. Este cambio suele ser muy interesante porque aporta beneficios económicos a costa de una nula inversión, todo el esfuerzo se resume en una llamada telefónica. Pero hay que tener en cuenta que las demandas varían cada mes y cada año, por lo que hay que ser algo cauto a la hora de proponer una disminución de la potencia contratada. En esta instalación, al realizar el cálculo se ha visto que la potencia contratada está bastante bien optimizada y que, los ahorros que se producirían sobre el papel teniendo en cuenta los datos de 2018 no son suficientes para cambiar ninguna de las potencias contratadas.

Otro motivo por el que se ha preferido no proponer cambios en la potencia contratada es el cambio de estructura tarifaria que está previsto que entre en vigor en 2020, de acuerdo al Real Decreto RD 1/2019 del día 11 de enero. Mediante este RD el gobierno, de acuerdo a directivas europeas transfirió competencias a la CNMC para que, entre otras, pudiera definir la estructura y metodología para el cálculo de la parte de los peajes de acceso a las redes de electricidad destinados a cubrir la retribución del transporte y distribución.

La CNMC mediante circular del pasado 25 de julio ha propuesto cambios tanto en estructura tarifaria como en cálculo de peajes, señalar que la estructura tarifaria y sus periodos lleva sin cambiar desde octubre de 2007 y los importes de los peajes desde febrero de 2014. Aun no se conocen el importe de los peajes, pero si la nueva estructura tarifaria y se prevé su puesta en marcha para el 01/01/20.

8.2.3. Ayudas públicas destinadas a proyectos de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones municipales

Para ayudar a mejorar la eficiencia energética de las instalaciones municipales, la Diputación de Alicante con la ayuda de la Agencia Provincial de la Energía puso en marcha, en 2012, el Plan Provincial de Ahorro Energético para ayudar a los municipios subvencionando inversiones para desarrollar las acciones contenidas en los Planes de Acción o compatibles con los mismos. Este

plan parte de la iniciativa europea “El Pacto de los Alcaldes” renombrada en 2015 como “El Pacto de los Alcaldes para el Clima y la Energía”. Esta iniciativa establece mecanismos directos entre la Comisión Europea y los Municipios de tal forma que los Ayuntamientos adheridos a la misma se comprometen a asumir los compromisos europeos en materia de sostenibilidad de la Unión Europea (antes 20/20/20 para 2020 y ahora el 40 % de reducción de emisiones de CO₂ para 2030) en sus términos municipales. En la provincia de Alicante ya son 135 municipios los que están adheridos a esta iniciativa y en estos momentos 131 de ellos ya han redactado y presentado el Plan de Acción de Energía Sostenible mayoritariamente con la ayuda de la Diputación de Alicante y la Agencia Provincial de la Energía.

Una de las líneas de inversión consiste en incrementar las instalaciones que permiten el autoconsumo en edificios municipales de la energía procedente de fuentes renovables. En esta línea se podría enmarcar la instalación fotovoltaica para dar servicio a la instalación de producción de agua potable del municipio.

Según la convocatoria, los proyectos a redactar por Diputación de Alicante se corresponderán con obras de un importe total máximo de 60.000 euros (IVA incluido) y entre las actuaciones subvencionables se encuentra:

“1.3.3.- Obras de instalaciones para el uso de las energías renovables: Instalaciones solares térmicas y geotérmicas de baja temperatura para ACS/Climatización en edificios municipales. Instalaciones solares fotovoltaicas de tipo 1 (según R.D. 900/2015) para autoconsumo en edificio municipal o instalaciones de bombeo de agua cuyo emplazamiento reciba al menos 1.300 horas solares equivalentes de funcionamiento al año. Instalación de microaerogeneradores para autoconsumo eléctrico en edificios municipales expuestos al viento como los que se encuentran en el frente litoral (por ejemplo en edificios de servicios municipales en paseos marítimos, etc.). El Periodo de Retorno Simple Conjunto de las actuaciones descritas en 1.3.3 podrá ser de hasta 25 años”.

Para ser beneficiario de estas ayudas, el municipio deberá cumplir los siguientes requisitos:

1. Estar adherido al Pacto de los Alcaldes y haber sido registrado oficialmente en la Oficina del Pacto de los Alcaldes en Bruselas.
2. Haber realizado el Plan de Acción de Energía Sostenible y haberlo presentado. Haber rellenado las fichas resumen del Inventario de Emisiones y del Plan de Acción de Energía Sostenible en la Web del Pacto de los Alcaldes.
3. Presentación de autorización a favor de la Agencia Provincial de la Energía de Alicante para que pueda acceder a los datos de consumo energético a través del comercializador/suministrador para monitorizar y verificar la reducción de los consumos energéticos producidos por las actuaciones de mejora de la eficiencia energética desarrolladas en proyecto.
4. Presentación de compromiso municipal de entrega de las copias de las facturas de los

consumos energéticos de las instalaciones que sean objeto de mejora en la actuación. Estas facturas recogerán los consumos de los últimos 12 meses anteriores a la fecha de comienzo de las actuaciones.

5. No hallarse incurso en alguna de las circunstancias que inhabilitan para obtener la condición de beneficiario de subvenciones públicas señaladas en el artículo 13.2 de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones.
6. Estar al corriente de sus obligaciones devengadas con anterioridad al 31 de diciembre del ejercicio inmediato anterior respecto de la Excm. Diputación Provincial de Alicante derivadas de cualquier ingreso.

Teniendo en cuenta estos requerimientos, ayuntamientos como el de Ondara podrían solicitar subvenciones en el marco del Plan Provincial de Ahorro Energético y optar por una ayuda para cubrir el coste total de la instalación fotovoltaica propuesta. Dar a conocer este tipo de iniciativas es importante para ayudar a la transición energética hacia el uso de energías renovables, más limpias y económicas y contribuir a la sostenibilidad ambiental.

Bibliografía

- [1] Cabrera, E., Pardo M.A., Cobacho R. and Cabrera E. Jr., 2010, “*Energy Audito of Water Networks*” Journal Water Resources Planning and Management. November 2010 pp 669-677 5.2
- [2] E. Cabrera, M.ASCE, E. Gomez, J. Soriano, and R. Del Teso, 2019, “*Eco-Layouts in Water Distribution Systems*”. J. Water Resour. Plann. Manage.. (document), 5.4.1
- [3] Elena Gómez, Roberto del Teso, Enrique Cabrera, Enrique Cabrera Jr. and Javier Soriano, 2018, “*Labeling Water Transport Efficiencies*” MDPI, Water.
- [4] United Nations World Water Assessment Programme, 2014, “The United Nations World Water Development Report Water and Energy”. UNESCO. 1.1
- [5] Max Roser (2019) - “World Population Growth, 1700-2100”. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from “<https://ourworldindata.org/world-population-growth>”, [Online Resource]. (document), 1.1.2
- [6] Flörke et al. 2013; aus der Beek et al. 2010; alcamo et al. 2003. Global International Geosphere-Biosphere Programme (IGB) “Global freshwater use over the long-run”. Retrieved from “<https://ourworldindata.org/world-population-growth>”[Online Resource] (document), 1.1.1
- [7] Wada, Y., Flörke, N. Hanasaki, S. Eisner, G. Fischer, S. Tramberend, Y. Satoh, M.T.H. van Vliet, P. Yilia, C. Ringler, and D. Wiberg, 2016: “Modeling global water use for the 21st century: Water Futures and Solutions (WFas) initiative and its approaches. Geosci. Model Dev. 1.1
- [8] Roundtable on Science and Technology for Sustainability, “Addressing the Energy-Water Nexus: 2013-2014 Meetings in Brief”, National Academy Press.
- [9] US Department of Energy, “The Water-Energy Nexus: Challenges and Opportunities”, 2014, US Energy.
- [10] Almandoz J., Cabrera E., Gil J., Pellejero, I. 2003, “Evaluation of leakage by means of night flow measurements and analytical discrimination. A comparative study.”

- [11] E. Gomez, UPV, 2016, “Caracterización y mejora de la eficiencia energética del transporte de agua a presión”, Tesis Doctoral.
- [12] E. Cabrera, M.ASCE; E. Gómez; E. Cabrera Jr.; J. Soriano; and V. Espert, 2015, “Energy Assessment of Pressurized Water Systems” *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE.
- [13] E. Cabrera, ITA UPV, “Una aproximación a la problemática de las pérdidas de agua en redes urbanas”, Universitat Politècnica de Valencia.
- [14] Javier Almandoz; Enrique Cabrera, M.ASCE; Francisco Arregui; Enrique Cabrera Jr.; and Ricardo Cobacho, 2005, “Leakage Assesment throuth Water Distribution Network Simulation”, ASCE.
- [15] UN Water, 2019, “Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019”, Naciones Unidas.
- [16] Mario Berná, 2019, “Las nuevas tarifas eléctricas a partir de 2020. Un cambio mayúsculo para la transformación del mercado” <https://elperiodicodelaenergia.com/las-nuevas-tarifas-electricas-a-partir-de-2020-un-cambio-mayusculo-para-la-transformacion-del-mercado/>, [Online].
- [17] Hernández, E., Pardo, M.A., Cabrera, E. and Cobacho, R., 2010, “Energy Assesment of Water Networks, a case study”. WDSA, Tucson.
- [18] Enrique Cabrera, Elena Gómez, Vicent Espert, Enrique Cabrera Jr, 2017, “Strategies to improve the energy efficiency of pressurized water systems”, XVIII International Conference on Water Distribution Systems Analysis, WDSA2016, ELSEVIER.
- [19] UNE-EN 16480, 2016, Bombas. Eficiencia mínima requerida de las bombas de agua rotodinámicas, Norma Europea, AENOR.
- [20] Ministerio para la Transición Ecológica, 2019, “Factores de Emisión. Registro de huella dde carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono”, MITECO.

DOCUMENTO II

PRESUPUESTO

Contenido del presupuesto

En este capítulo se detallan los costes derivados del estudio hídrico y energético realizado, así como los de la implementación de las propuestas de ahorro y eficiencia energética analizadas. Los costes derivados de la realización de este proyecto son debidos a los recursos humanos y el uso de instalaciones y equipos.

Para la realización del presupuesto se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

1. En los Costes Directos Complementarios (CDC) se incluyen los costes difícilmente cuantificables, que son imponderables a la ejecución de cada unidad. Para el objeto de este proyecto se ha presupuestado un CDC de 2 %.
2. En el presente proyecto no se han considerado con los Costes Indirectos.
3. En el resumen del presupuesto se ha incluido el concepto GASTOS GENERALES, cuantificado como un 13 % del Presupuesto de Ejecución Material, donde se incluyen los conceptos de electricidad consumida, uso de internet y teléfono, material de oficina, etc.
4. Respecto al BENEFICIO INDUSTRIAL, se ha cuantificado como un 6 % del Presupuesto Total de Ejecución.

El presupuesto elaborado, corresponde al coste total del proyecto, IVA incluido y consta de los siguientes capítulos:

- CAPÍTULO I: Elaboración del modelo matemático
- CAPÍTULO II: Estudio hídrico y energético de la red
- CAPÍTULO III: Renovación Estación de Bombeo
- CAPÍTULO IV: Instalación solar fotovoltaica
- CAPÍTULO V: Ingeniería, administración y trámites

Formato y presentación del presupuesto

A1 Elaboración del modelo matemático

Creación de un modelo matemático de la red de distribución de agua potable de la población de Ondara, a partir de los datos de los caudalímetros telemedidos situados en la cabecera de la red y de los contadores de los abonados. Para la elaboración del modelo se ha utilizado el software EPANET.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1.1		Trabajo preliminar. Filtrado y análisis de los datos de los caudalímetros de cabecera, disponibles en NEXUS y SAP. Análisis de los datos de facturación de los abonados.			
	h	Ingeniero Industrial Junior	80,000	20,00	1600,00
			Subtotal:		1600,00
1.2		Creación del modelo matemático. Definición de la red en Epanet, introducción de parámetros hidráulicos y validación del modelo.			
	h	Ingeniero Industrial Junior	80,000	20,00	1600,00
			Subtotal:		1600,00
1.3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	3200,00	64,00
			Costes directos (1+2+3):		3264,00

A2 Estudio hidráulico y energético de la red

Medición de parámetros de consumo energético real de la instalación, análisis de resultados del modelo matemático y estudio energético general.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
2.1		Medidas experimentales de consumo energético en la instalación.			
	h	Ingeniero Industrial Junior	16,000	20,00	320,00
	h	Responsable mantenimiento mecánico instalación	2,000	20,00	40,00
	h	Responsable mantenimiento eléctrico instalación	2,000	20,00	40,00
			Subtotal:		400,00
2.2		Creación del modelo matemático. Definición de la red en Epanet, introducción de parámetros hidráulicos y validación del modelo.			
	h	Ingeniero Industrial Junior	80,000	20,00	1600,00
			Subtotal:		1600,00
2.3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	1640,00	32,80
			Costes directos (1+2+3):		2032,80

A3 Renovación estación de bombeo

Reemplazo de bomba y caudalímetro de la Estación de Bombeo de reelevación en cabecera de la red de abastecimiento de agua potable de Ondara.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
2.1		Reemplazo de dos bombas de la estación de bombeo			
	Ud	Bomba GRUNDFOS NBE 40-160/158 ASF2ABQQE	2,000	5478,00	10956,00
	Ud	Medios auxiliares (cableado, conexiones, soporte)	1,000	1271,30	1271,30
		Subtotal:			12227,30
2.1		Reemplazo del caudalímetro de la estación de bombeo			
	Ud	Caudalímetro SENSUS MeiStreamRF DN 80	1,000	1519,31	1519,31
	Ud	Medios auxiliares (cableado, conexiones, soporte)	1,000	600,00	600,00
		Subtotal:			2119,31
2.2		Mano de obra			
	h	Oficial electromecánico	10,000	20,00	200,00
		Subtotal:			200,00
2.3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	800,00	16,00
		Costes directos (1+2+3):			14546,61

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
4.1		Estudio preliminar: evaluación necesidades energéticas susceptibles de suplir con energía solar, disponibilidad de espacio para ubicar los paneles y evolución de la incidencia solar anual en la zona.			
	h	Ingeniero Industrial Junior	40,000	20,00	800,00
		Subtotal:			800,00
4.2		Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, modelo TP672P 330W 24V "TALESUN"			
	Ud		213,000	128,33	27334,29
	Ud	Inversor central trifásico para conexión a red, HUAWEI SUN2000-20KTL	4,000	2076,00	8304,00
		Subtotal:			35638,29
4.2		Medios auxiliares (conexiones, cableado, protecciones, contador...)			
	Ud		1,000	7223,66	7223,66
		Subtotal:			7223,66
4.3		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	15,000	19,11	286,65
	h	Ayudante instalador de captadores solares.	15,000	17,50	262,50
	h	Oficial 1ª electricista.	8,000	19,11	152,88
	h	Ayudante electricista	8,000	17,50	140,00
		Subtotal:			842,03
4.4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	44503,98	890,08
		Costes directos (1+2+3):			45394,06

A5 Elaboración de informes, costes de administración y trámites

Costes de redacción del proyecto, trámites necesarios para la implementación de las mejoras y costes de administración relacionados.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
5.1	h	Redacción de proyecto TFM Ingeniero Industrial Junior	40,000	20,00	800,00
			Subtotal:		800,00
5.2	Ud	Trámites industria	1,000	133,00	133,00
	Ud	Certificado final obra eléctrica	1,000	130,00	130,00
	Ud	Trámites ayuntamiento	1,000	200,00	200,00
			Subtotal:		463,00
5.3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	1263,00	25,26
			Costes directos (1+2+3):		1288,26

Resumen del presupuesto

RESUMEN PRESUPUESTO

Nombre	Cod	Descripción	Coste
CAPÍTULO I	A1	Elaboración del modelo matemático	3.264,00 €
CAPÍTULO II	A2	Estudio hidráulico y energético de la red	2.032,80 €
CAPÍTULO III	A3	Renovación estación de bombeo	14.546,61 €
CAPÍTULO IV	A4	Instalación solar fotovoltaica	45.394,06 €
CAPÍTULO V	A5	Elaboración de informes, costes de administración y trámites	1.288,26 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)			66.525,73 €
Gastos generales (GG) 13%			8.648,34 €
Beneficio industrial (BI) 6%			3.991,54 €
Suma			79.165,62 €
21% IVA			16.624,78 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)			95.790,40 €

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de NOVENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS NOVENTA EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS.

DOCUMENTO III

ANEXOS

Índice

1. Medidas de campo. Medida de parámetros de potencia y energía de los equipos consumidores de la instalación.
2. Catálogos equipos nuevos.
3. Estudio rendimiento sistema fotovoltaico conectado a red.
4. Convocatoria Plan Anual de Ahorro Energético. Diputación de Alicante.

Medidas de campo. Medida de
parámetros de potencia y energía de
los equipos consumidores de la
instalación

ZONA: POI VIEJA ONDARA

FECHA: 2-4-2019

EXPLORACION:

INSTALACION:

EQUIPO:

MEDICIONES ELECTRICAS

	INICIO (hh:mm):		FIN (hh:mm):		INICIO (hh:mm):		FIN (hh:mm):		INICIO (hh:mm):		FIN (hh:mm):								
	VTS	VRT	VRS	IT	IR	IS	N	Ptot	Qtot	Stot	FDP	Cos phi	F	THD V	Vrms	THD I	I	K	
Tensión entre fases (V)	390																		
Consumo por fase (A)	50.9																		
Potencia activa (kW)	31.34																		
Potencia reactiva (kVAR)	12.15																		
Potencia aparente (kVA)	34.84																		
Factor de Potencia (:1)	0.9																		
Cos phi	0.92																		
Frecuencia (Hz)	50 Hz																		
Distorsión armónica TENSIÓN																			
Distorsión armónica INTENSIDAD																			

LECTURAS CONTADOR ELECTRICO COMPAÑIA DISTRIBUIDORA

Tension entre fases (V) (Parám 327, 527, 727)			
Consumo (A) (Parámetros 317, 517, 717)			
Factor de potencia (:1) (Parám 337, 537, 737)			
Potencia activa (kW) (Parám 17)			
Potencia reactiva (kVAR) (Parám 37)			

MEDICIONES HIDRAULICAS

Apertura válvula (%)	%		%		%	
Caudal	Q	7.9 m ³ /h (mezcla)	Q	25 m ³ /h (permeado)	Q	
Presión aspiración (mca)	Pa		Pa		Pa	
Presión impulsión (mca)	Pi		Pi		Pi	
Nivel bomba por debajo del brocal (mca)	Nb		Nb		Nb	
Diámetro tubo impulsión (mm)	DN		DN		DN	
Nivel dinámico pozo (mca)	Np		Np		Np	
Nivel agua sobre bomba (mca)	Na		Na		Na	
Diferencia de niveles entre manómetros (mca)	Zi-Za		Zi-Za		Zi-Za	
Altura manométrica suministrada (mca)	Hm		Hm		Hm	

MEDICIONES TEMPERATURA

Aceite Transformador (T ₁) - Buchholtz	Tet		Tet		Tet	
--	-----	--	-----	--	-----	--

Qonhada (m³/h) = 45

Qlechado (m³/h) = 13

mezcla + permeado = productos

ZONA: **POI NUEVA ONDARA**

FECHA: **2-4-2019**

EXPLORACION:

INSTALACION:

EQUIPO:

MEDICIONES ELECTRICAS

	INICIO (hh:mm): 11:55		FIN (hh:mm): 12:00		INICIO (hh:mm):		FIN (hh:mm):	
	Tensión entre fases (V)	VTS	391	VTS		VTS		VTS
	VRT	392	VRT		VRT		VRT	
	VRS	390	VRS		VRS		VRS	
Consumo por fase (A)	IT	332	IT		IT		IT	
	IR	354	IR		IR		IR	
	IS	356	IS		IS		IS	
	N	14	N		N		N	
Potencia activa (kW)	Ptot	218	Ptot		Ptot		Ptot	
Potencia reactiva (kVAr)	Qtot	23	Qtot		Qtot		Qtot	
Potencia aparente (kVA)	Stot	237	Stot		Stot		Stot	
Factor de Potencia (:1)	FDP	0.92	FDP		FDP		FDP	
Cos phi	Cos phi	0.99	Cos phi		Cos phi		Cos phi	
Frecuencia (Hz)	F	50 Hz	F		F		F	
Distorsión armónica TENSIÓN	THD V		THD V		THD V		THD V	
	Vrms		Vrms		Vrms		Vrms	
Distorsión armónica INTENSIDAD	THD I		THD I		THD I		THD I	
	I		I		I		I	
	K		K		K		K	

LECTURAS CONTADOR ELECTRICO COMPAÑIA DISTRIBUIDORA

Tension entre fases (V) (Parám 327, 527, 727)			
Consumo (A) (Parámetros 317, 517, 717)			
Factor de potencia (:1) (Parám 337, 537, 737)			
Potencia activa (kW) (Parám 17)			
Potencia reactiva (kVAr) (Parám 37)			

MEDICIONES HIDRAULICAS

Apertura válvula (%)	%		%		%	
Caudal	Q		Q		Q	
Presión aspiración (mca)	Pa		Pa		Pa	
Presión impulsión (mca)	Pi	1.4 bar (salida de depa producto)	Pi		Pi	
Nivel bomba por debajo del brocal (mca)	Nb		Nb		Nb	
Diámetro tubo impulsión (mm)	DN		DN		DN	
Nivel dinámico pozo (mca)	Np		Np		Np	
Nivel agua sobre bomba (mca)	Na		Na		Na	
Diferencia de niveles entre manómetros (mca)	Zi-Za		Zi-Za		Zi-Za	
Altura manométrica suministrada (mca)	Hm		Hm		Hm	

MEDICIONES TEMPERATURA

Aceite Transformador (T#) - Bucholtz	Tet		Tet		Tet	
--------------------------------------	-----	--	-----	--	-----	--

$\delta \rightarrow Q_{ent} = 42'5 (m^3/h)$
 $Q_{rech} = 9'62 (m^3/h)$
 $Q_{mezcla} = 6'17 (m^3/h)$
 $Q_{productos} = 33'6 (m^3/h) \rightarrow$

ZONA: POZO GRANWELL - ONDARAZA

FECHA: 2-4-2019

EXPLORACION:

INSTALACION:

EQUIPO:

MEDICIONES ELECTRICAS

	INICIO (hh:mm):		FIN (hh:mm):		INICIO (hh:mm):		FIN (hh:mm):		INICIO (hh:mm):		FIN (hh:mm):	
	Tensión entre fases (V)	VTS	390	VTS	388	VTS		VTS		VTS		VTS
	VRT	389	VRT	386	VRT		VRT		VRT		VRT	
	VRS	388	VRS	386	VRS		VRS		VRS		VRS	
Consumo por fase (A)	IT	34'6	IT	44'6	IT		IT		IT		IT	
	IR	33'3	IR	43'3	IR		IR		IR		IR	
	IS	34'2	IS	44'7	IS		IS		IS		IS	
	N	1	N	1	N		N		N		N	
Potencia activa (kW)	Ptot	20	Ptot	26'38	Ptot		Ptot		Ptot		Ptot	
Potencia reactiva (kVAR)	Qtot	5'29 $\frac{1}{2}$	Qtot	6'99 $\frac{1}{2}$	Qtot		Qtot		Qtot		Qtot	
Potencia aparente (kVA)	Stot	20'22'82	Stot	20'54	Stot		Stot		Stot		Stot	
Factor de Potencia (:1)	FDP	0'87	FDP	0'89	FDP		FDP		FDP		FDP	
Cos phi	Cos phi	0'97	Cos phi	0'97	Cos phi		Cos phi		Cos phi		Cos phi	
Frecuencia (Hz)	F	76%	F	84%	F		F		F		F	
Distorsión armónica TENSIÓN	THD V		THD V		THD V		THD V		THD V		THD V	
	Vrms		Vrms		Vrms		Vrms		Vrms		Vrms	
Distorsión armónica INTENSIDAD	THD I		THD I		THD I		THD I		THD I		THD I	
	I		I		I		I		I		I	
	K		K		K		K		K		K	

LECTURAS CONTADOR ELECTRICO COMPAÑIA DISTRIBUIDORA

Tension entre fases (V) (Parám 327, 527, 727)				
Consumo (A) (Parámetros 317, 517, 717)				
Factor de potencia (:1) (Parám 337, 537, 737)				
Potencia activa (kW) (Parám 17)				
Potencia reactiva (kVAR) (Parám 37)				

MEDICIONES HIDRAULICAS

Apertura válvula (%)	%		%		%	
Caudal	Q	2276 lpm	Q	2563 lpm	Q	
Presión aspiración (mca)	Pa		Pa		Pa	
Presión impulsión (mca)	Pi	15 mca	Pi	17 mca	Pi	
Nivel bomba por debajo del brocal (mca)	Nb		Nb		Nb	
Diámetro tubo impulsión (mm)	DN		DN		DN	
Nivel dinámico pozo (mca)	Np		Np		Np	
Nivel agua sobre bomba (mca)	Na		Na		Na	
Diferencia de niveles entre manómetros (mca)	Zi-Za		Zi-Za		Zi-Za	
Altura manométrica suministrada (mca)	Hm		Hm		Hm	

MEDICIONES TEMPERATURA

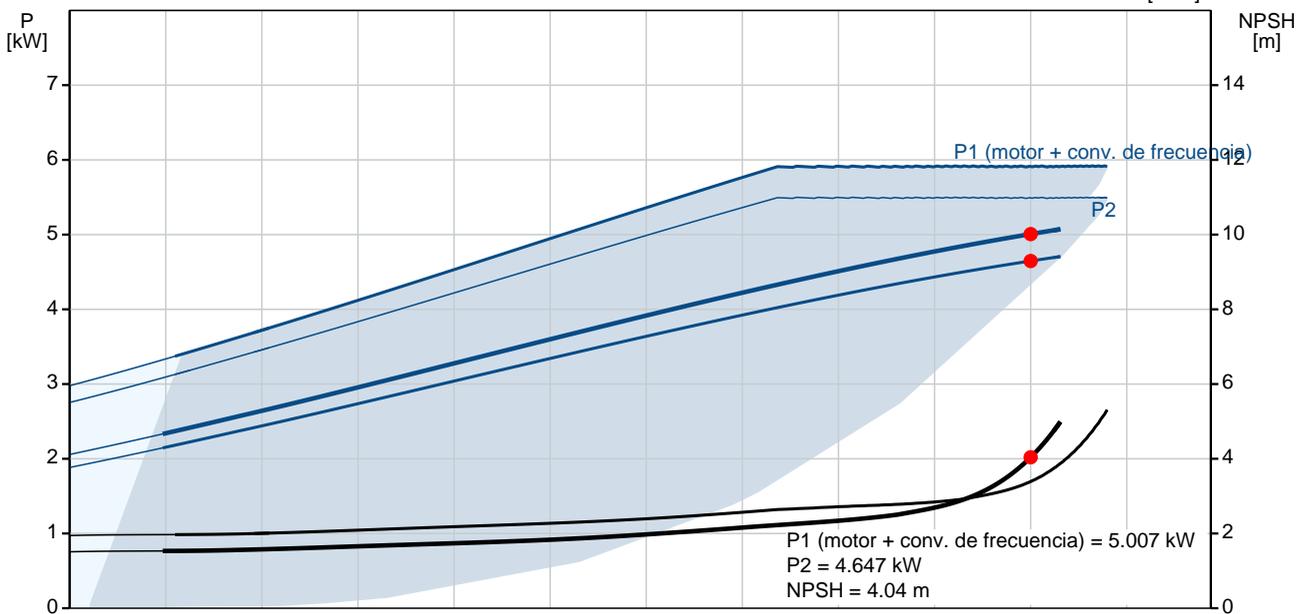
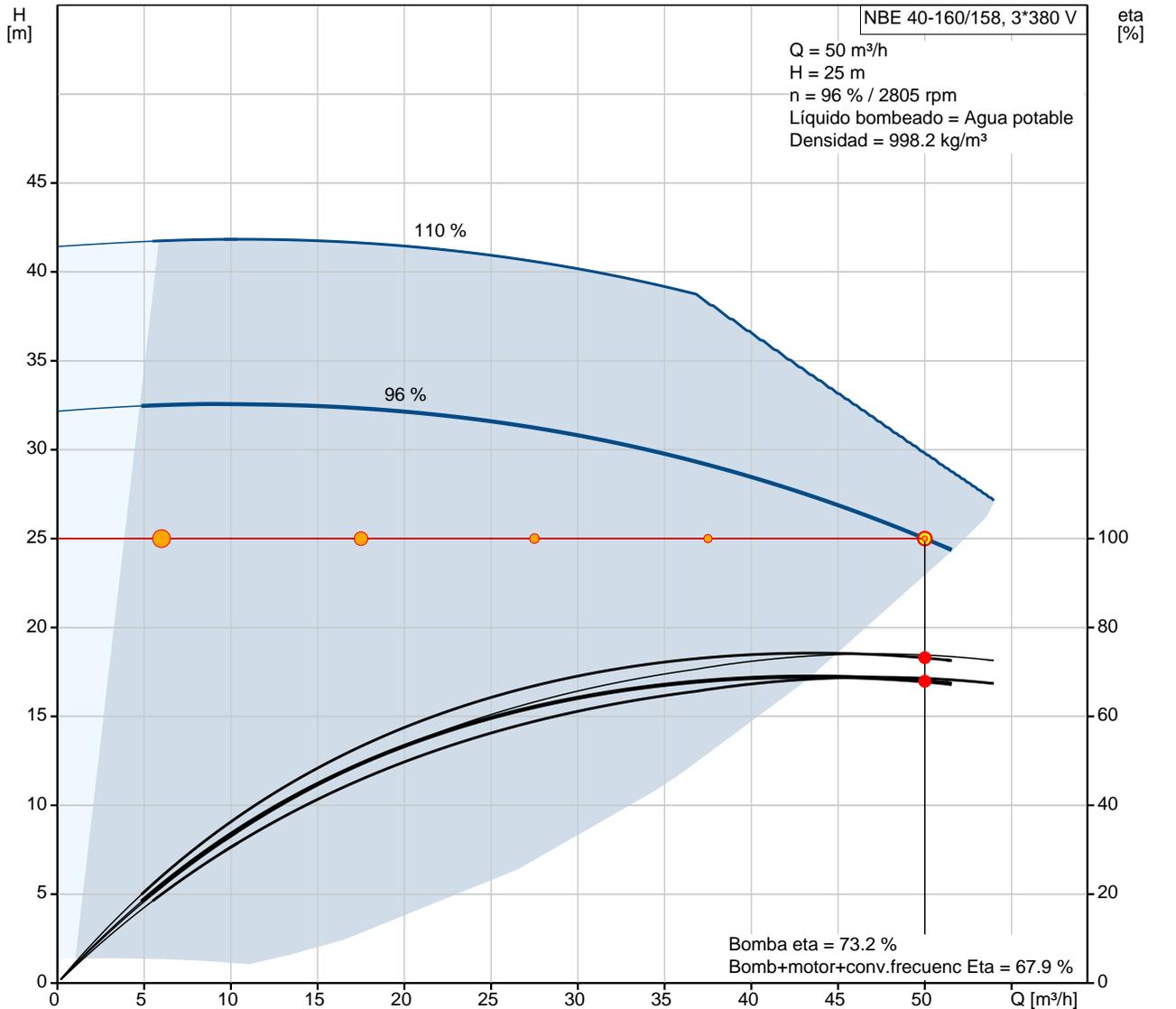
Acete: Transformador (T1) - Buchholtz	Tet		Tet		Tet	
		76%		84%		0% (estático)
Sonda nivel	22'7 m		22'1 m		22'3	

Catálogos equipos nuevos

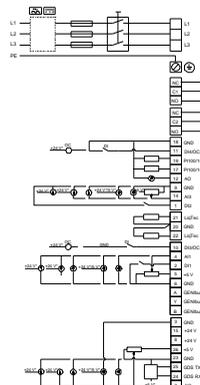
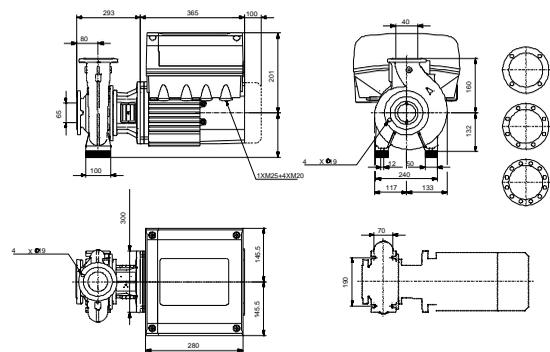
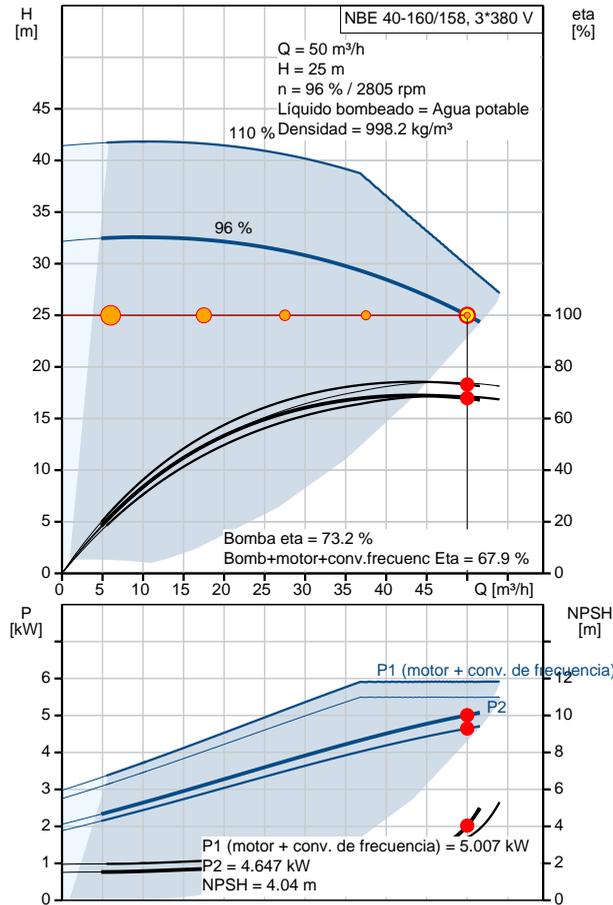
Contar	Descripción
1	<p>NBE 40-160/158 ASF2ABQQE</p>  <p style="text-align: center;">Adverta! la foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: 99100076</p> <p>Bomba centrífuga de voluta, no autocebante y de una etapa, diseñada de acuerdo con la norma ISO 5199, con dimensiones y rendimiento nominal de acuerdo con la norma EN 733 (10 bar). La bomba está acoplada directamente a un motor síncrono de imanes permanentes refrigerado por ventilador.</p> <p>El motor incluye un convertidor de frecuencia y un controlador PI en la caja de conexiones. Ello facilita el control variable y continuo de la velocidad del motor, lo cual, a su vez, permite adaptar el rendimiento a un determinado conjunto de requisitos.</p> <p>Paneles control: Convertidor de frecuencia: Built-in</p> <p>Líquido: Líquido bombeado: Agua potable Rango de temperatura del líquido: -25 .. 120 °C Densidad: 998.2 kg/m³</p> <p>Técnico: Velocidad predeterminada: 2898 rpm Caudal real calculado: 50 m³/h Caudal nominal: 43.97 m³/h Altura resultante de la bomba: 25 m Diámetro actual del impulsor: 158 mm Nominal impeller diameter: 160 mm Disp. de cierre: Single Código del cierre: BQQE Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B</p> <p>Materiales: Cuerpo hidráulico: Fundición Carcasa de la bomba: EN-GJL-250 ASTM class 35 Mat. de anillo de desgaste: Brass Impulsor: Cast iron EN-GJL-200 ASTM class 30 Eje: Stainless steel EN 1.4301 AISI 304</p> <p>Instalación: Temperatura ambiente máxima: 50 °C Presión de trabajo máxima: 16 bar Normativa de conexión de tubería: EN 1092-2 Tamaño de la conexión de entrada: DN 65 Tamaño de la conexión de salida: DN 40 Presión nominal para la conexión de la tubería: PN 16</p>

Contar	Descripción
	Pump housing with feet: Y Bloque de soporte: Y
	Datos eléctricos: Clase eficiencia IE: IE5 P2: 5.5 kW Frecuencia de red: 50 Hz Tensión nominal: 3 x 380-500 V Intensidad nominal: 10.3-8.20 A Tensión solicitada: 400 V Intensidad nominal con esta tensión: 9.95 A Cos phi - factor de potencia: 0.92-0.88 Velocidad nominal: 360-4000 rpm Eficiencia: 92.7% Eficiencia del motor a carga total: 92.7 % Grado de protección (IEC 34-5): IP55 Clase de aislamiento (IEC 85): F Motor N.º: 98971271
	Otros: Índice de eficiencia mínima, MEI : 0.70 Peso neto: 75 kg Peso bruto: 92 kg Volumen de transporte: 0.315 m³ País de origen.: HU Tarifa personalizada n.º: 84137051

99100076 NBE 40-160/158 ASF2ABQQE 50 Hz



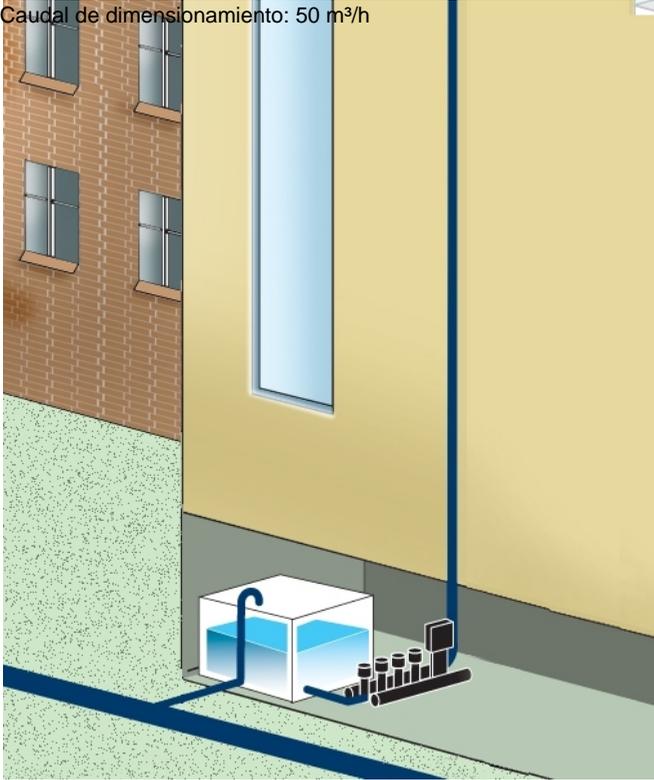
Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	NBE 40-160/158 ASF2ABQQE
Código::	99100076
Número EAN::	5712606756223
Precio:	5.478,00 EUR
Técnico:	
Velocidad predeterminada:	2898 rpm
Caudal real calculado:	50 m³/h
Caudal nominal:	43.97 m³/h
Altura resultante de la bomba:	25 m
Diámetro actual del impulsor:	158 mm
Nominal impeller diameter:	160 mm
Disp. de cierre:	Single
Diámetro del eje:	24 mm
Código del cierre:	BQQE
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba:	AS
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición
Carcasa de la bomba:	EN-GJL-250 ASTM class 35
Mat. de anillo de desgaste:	Brass
Impulsor:	Cast iron EN-GJL-200 ASTM class 30
Eje:	Stainless steel EN 1.4301 AISI 304
Código de material:	A
Código para caucho:	E
Instalación:	
Temperatura ambiente máxima:	50 °C
Presión de trabajo máxima:	16 bar
Normativa de conexión de tubería:	EN 1092-2
Tamaño de la conexión de entrada:	DN 65
Tamaño de la conexión de salida:	DN 40
Presión nominal para la conexión de la tubería:	PN 16
Pump housing with feet:	Y
Bloque de soporte:	Y
Código de conexión:	F2
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua potable
Rango de temperatura del líquido:	-25 .. 120 °C
Densidad:	998.2 kg/m³
Datos eléctricos:	
Clase eficiencia IE:	IE5
P2:	5.5 kW
Frecuencia de red:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 380-500 V
Intensidad nominal:	10.3-8.20 A
Tensión solicitada:	400 V
Intensidad nominal con esta tensión:	9.95 A
Cos phi - factor de potencia:	0.92-0.88
Velocidad nominal:	360-4000 rpm
Eficiencia:	92.7%
Eficiencia del motor a carga total:	92.7 %
Grado de protección (IEC 34-5):	IP55



Descripción	Valor
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protec de motor:	SÍ
Motor N.º:	98971271
Diseño del montaje según norma CEI 34-7:	IM V1/B5
Paneles control:	
Panel de control:	HMI300 - Advanced
Módulo función:	FM300 (avanzado)
Convertidor de frecuencia:	Built-in
Otros:	
Índice de eficiencia mínima, MEI :	0.70
Peso neto:	75 kg
Peso bruto:	92 kg
Volumen de transporte:	0.315 m³
País de origen.:	HU
Tarifa personalizada n.º:	84137051

Instalación y entrada

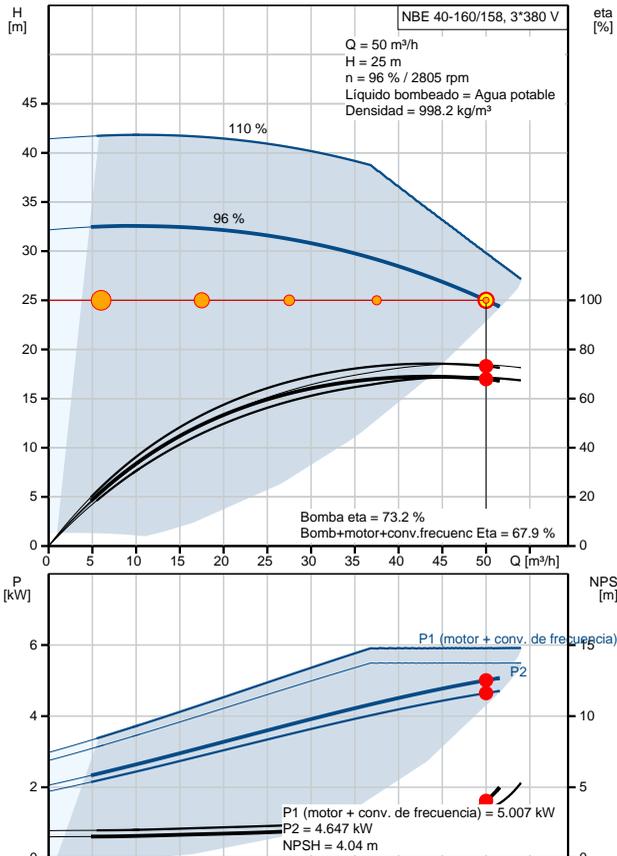
Caudal de dimensionamiento: 50 m³/h



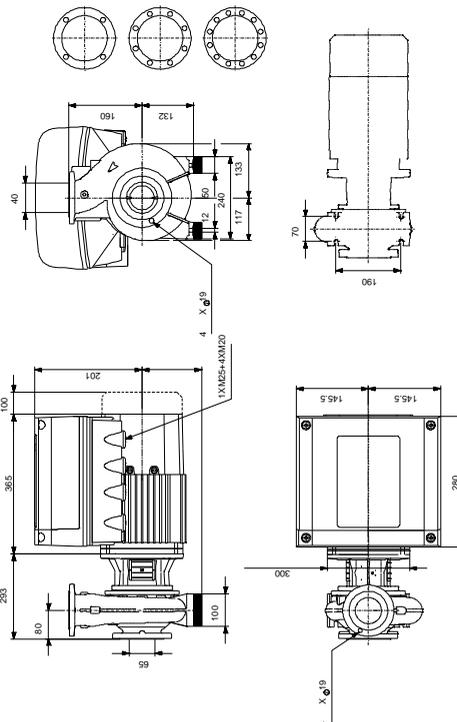
Resultados de dimensionamiento

Tipo	NBE 40-160/158
Cantidad * Motor	1 * 5.5 kW
Caudal	50 m ³ /h
H total	25 m
Pot. P1	5.007 kW
Pot. P2 requerida en el punto de trabajo	4.647 kW
BombaEta	73.2 %
Motor Eta	92.8 %
Bomb+motor Eta	67.9 % =Bomba Eta *motor Eta
Total Eta	67.9 %
Caudal tot	86800 m ³ /año
Consumo energía	11969 kWh/Año
Prec.	5.478,00 EUR
Cte ciclo vital	41216 EUR /10Años

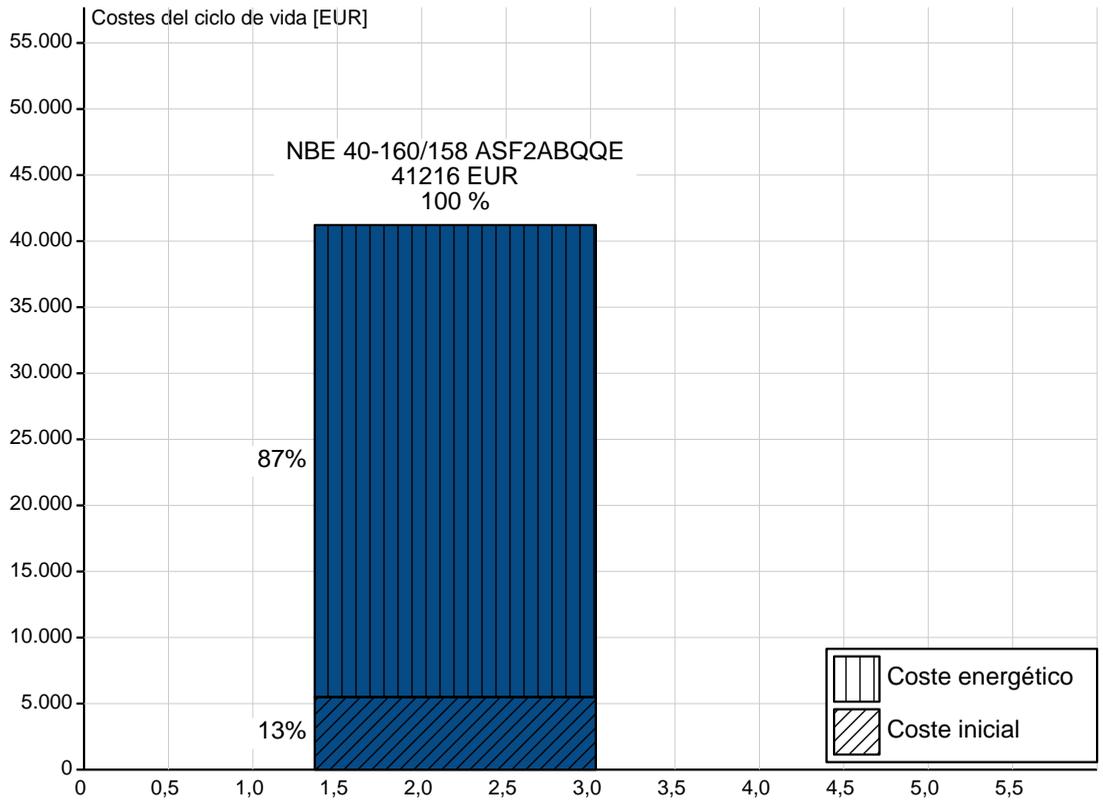
Curva de la bomba



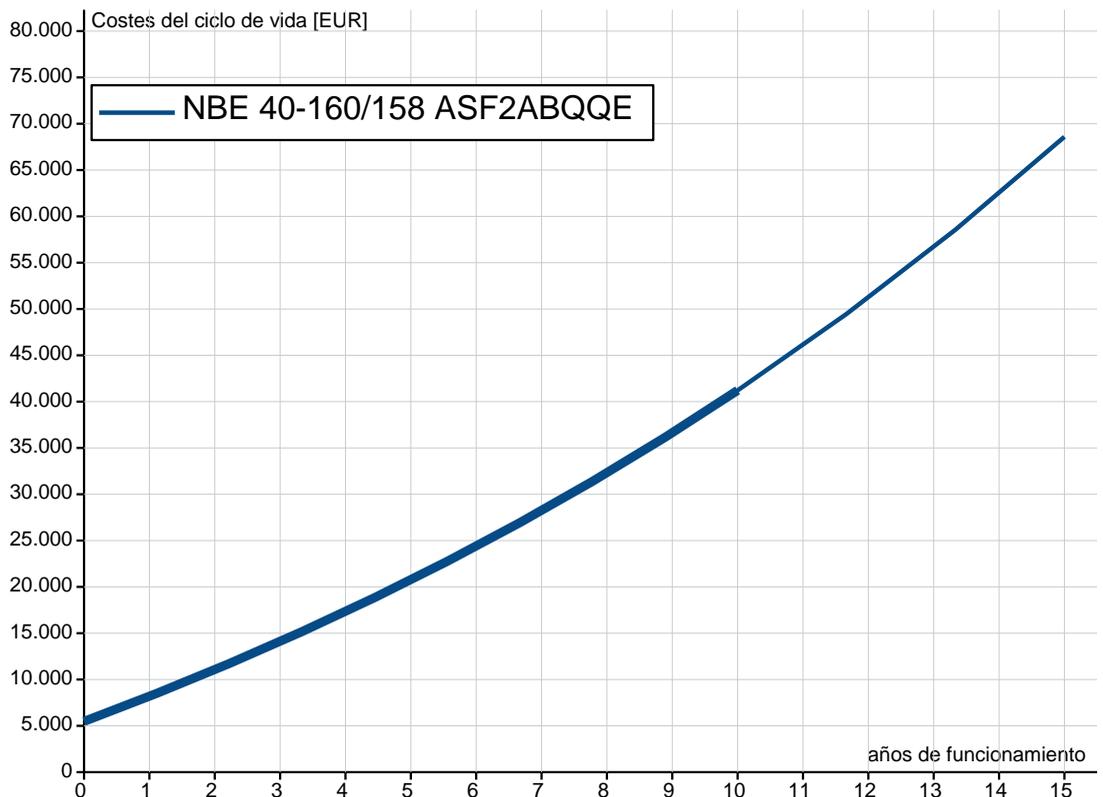
Dibujo de dimensionamiento



Costes del ciclo de vida - 10 años de funcionamiento



Periodo de amortización



Informe Cte CicloVital

Requisitos:	Datos general:	
Caudal: 50 m ³ /h Capacidad anual: 86800 m ³ /año Altura: 25 m	Precio energía (alto): 0.22 EUR/kWh	n - Vida en años: 10 i - Tipo interés: 0 % p - Inflación: 6 %

Entrada	A:	
Sistema	NBE 40-160/158 ASF2ABQQE	
	por año	total (vida)
Cte inversión inicial [EUR]		5478
Sistema bombeo [EUR]		5478
Inversión futura [EUR]		
Cte instalación/puesta en marcha [EUR]		
Cte energía [EUR]	2633	35738
Consumo energía [kWh/Año]	11969	
Energía especif [kWh/m ³]		
Cambio rendimiento por año [%/Año]		
Costes funcion [EUR/Año]		
[EUR/Año]		
Cte mantenim. rutinario [EUR/Año]		
Cte reparación [EUR/Año]		
Otros costes/año [EUR/Año]		
Ctes perdidas/paradas de producción [EUR/Año]		
Coste ambiental [EUR]		
Coste desmontaje y reciclaje [EUR]		

Salida		
Valor neto LCC [EUR]		41216
del cual los costes energ. son [EUR]		35738
y el coste mantenim es [EUR]		
del cual cte energía neto actual % es [%]		86.7
y cte mantenimiento % es [%]		0.0



Características principales

- Totalizador con comunicación radio integrada y registrador de datos
- LCD para visualización información de consumo y estado
- Transmisión segura con datos encriptados
- Contador con aprobación MID según anexo MI001
- Conjunto de inserción intercambiable con aprobación MID según anexo MI001
- Rango de medición excepcional; $Q_3/Q_1 \geq 100$
- Gran capacidad de sobrecarga
- Sin necesidad de tramo recto aguas arriba del contador (UOD0 según OIML R49 y ISO 4064-1:2014)
- Instalación en posición horizontal y vertical
- Cuerpos disponibles en longitud corta (WP) y larga (WS) según DIN 19625 y ISO 4064-1:2014
- El contador se puede sumergir; protección IP68
- Utilización de materiales resistentes a temperaturas de hasta 70 °C

Aplicación

- Contador de agua equipado con radio para aplicaciones de lectura walk-by/drive-by
- Endpoint de medida en Smart Water Networks basadas en radio
- Medición para facturación de agua fría potable hasta 50 °C
- Medición de caudales altos ej. en tuberías con bombeo
- Medición de caudales bajos ej. en periodos de carga mínima
- Ideal para control de fugas

Opciones

- Versión libre de aleación de cobre para uso en aguas agresivas
- Versión para alta presión hasta PN 40
- Comunicación radio en diferentes frecuencias disponibles
- Conexión de 1/4" para sensor de presión

Características Técnicas

Características Técnicas de funcionamiento

	Diámetro Nominal	DN	40	50	65	80	100
Q_s	Caudal punta maximo	m ³ /h	60	90	120	200	300
Q_3'	Caudal continuo	m ³ /h	40	50	70	120	230
Q_{2h}	Caudal de transición horizontal	m ³ /h	0,32	0,4	0,63	0,51	0,81
Q_{1h}'	Caudal mínimo horizontal	m ³ /h	0,2	0,15	0,2	0,2	0,3
Q_{2v}	Caudal de transición vertical	m ³ /h	0,4	0,51	0,81	0,8	1,28
Q_{1v}'	Caudal mínimo vertical	m ³ /h	0,25	0,28	0,4	0,5	0,5
	Caudal de arranque	m ³ /h	0,05	0,05	0,07	0,1	0,11

	Diámetro Nominal	DN	125	150	200	250	300
Q_s	Caudal punta maximo	m ³ /h	350	600	1200	1600	2000
Q_3'	Caudal continuo	m ³ /h	250	450	800	1250	1400
Q_{2h}	Caudal de transición horizontal	m ³ /h	1,02	1,6	4,0	6,3	16,0
Q_{1h}'	Caudal mínimo horizontal	m ³ /h	0,5	0,8	2,0	3,5	9,0
Q_{2v}	Caudal de transición vertical	m ³ /h	1,6	3,2	4,0	10,1	25,4
Q_{1v}'	Caudal mínimo vertical	m ³ /h	1	1,6	2,5	6,3	15,9
	Caudal de arranque	m ³ /h	0,15	0,3	1,5	3	8

Características Técnicas según directiva 2014/32/EU (MID)

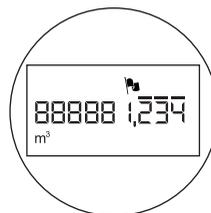
	Diámetro Nominal	DN	40	50	65	80	100
Q_4	Caudal de sobrecarga según MID	m ³ /h	31,25	50	78,75	125	200
Q_3	Caudal continuo según MID	m ³ /h	25	40	63	100	160
Q_{2h}	Caudal de transición horizontal según MID	m ³ /h	0,32	0,4	0,63	0,51	0,81
Q_{1h}	Caudal mínimo horizontal según MID	m ³ /h	0,2	0,25	0,39	0,32	0,51
Q_{2v}	Caudal de transición vertical según MID	m ³ /h	0,4	0,51	0,81	0,8	1,28
Q_{1v}	Caudal mínimo vertical según MID	m ³ /h	0,25	0,32	0,5	0,5	0,8
Q_3/Q_1 h	Ratio máximo horizontal		125	160	160	315	315
Q_3/Q_1 v	Ratio máximo vertical		63	100	100	125	160
Q_3/Q_1	Marcado estandar		63	100	100	100	100
Δp	Pérdida de carga a Q_3 según ISO 4064-1:2014	bar	0,1	0,16	0,32	0,16	0,34

	Diámetro Nominal	DN	125	150	200	250	300
Q_4	Caudal de sobrecarga según MID	m ³ /h	200	500	787,5	787,5	1250
Q_3	Caudal continuo según MID	m ³ /h	160	400	630	630	1000
Q_{2h}	Caudal de transición horizontal según MID	m ³ /h	1,02	1,6	4,03	8,06	25,4
Q_{1h}	Caudal mínimo horizontal según MID	m ³ /h	0,64	1	2,52	5,04	15,9
Q_{2v}	Caudal de transición vertical según MID	m ³ /h	1,6	3,2	4,03	10,1	25,4
Q_{1v}	Caudal mínimo vertical según MID	m ³ /h	1	2	5,52	6,3	15,9
Q_3/Q_1 h	Ratio máximo horizontal		250	400	250	125	63
Q_3/Q_1 v	Ratio máximo vertical		125	200	250	100	63
Q_3/Q_1	Marcado estandar		100	100	100	100	63
Δp	Pérdida de carga a Q_3 según ISO 4064-1:2014	bar	0,19	0,27	0,11	0,07	0,08

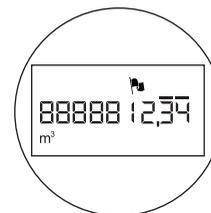
Totalizador

-  Alarma activada
-  Batería baja
-  Radio activada
-  Sistema en modo de ensayo hidráulico
- $\oplus \ominus$ Indica caudal positivo o negativo
- m^3 Indica las unidades

Diámetro nominal DN	Lectura mínima m^3	Lectura máx. m^3
40 ... 125	0,001	999.999,999
150 ... 300	0,01	9.999.999,99

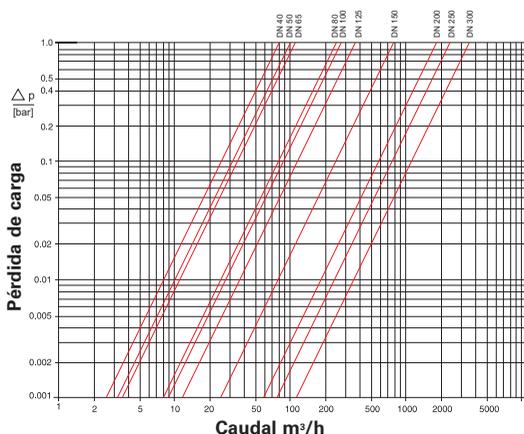


DN 40 ... 125

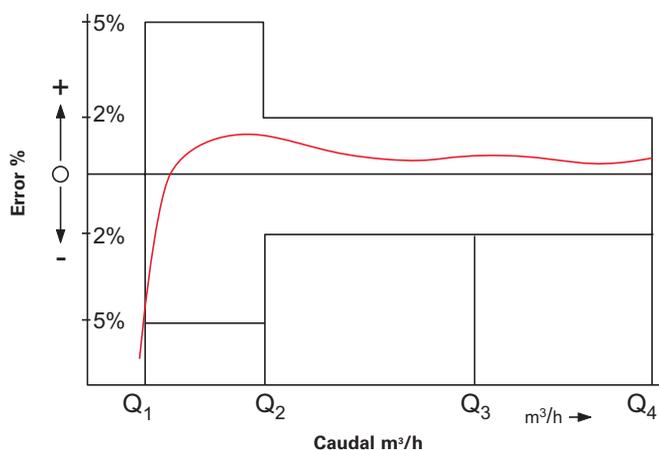


DN 150 ... 300

Ábaco tipo de pérdida de caga



Curva tipo de precisión



Instalación

Tuberías	horizontal vertical	
Totalizador	hacia arriba de lado	

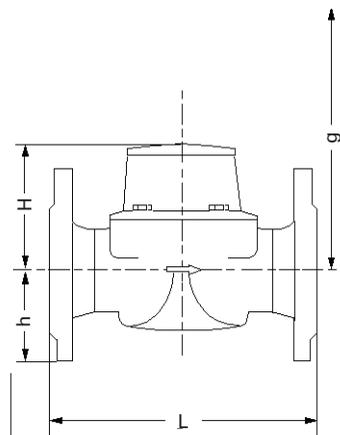
Requisitos de Instalación

- No requiere tramo recto de tubería aguas arriba del contador (0 x DN)
- No debe haber variación en la sección de tubería inmediatamente aguas abajo del contador

Materiales

Cuerpo	Fundición de hierro (PN16) Hierro dúctil (PN40)
Conjunto de insercion	Plástico
Rotor	Plástico
Batería	Litio
Oros materiales utilizados	Latón Acero inoxidable

Esquema de dimensiones



Longitudes disponibles

Diámetro nominal	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
Longitud total L WS (DIN / ISO) mm		270 / 300*	300	300 / 350*	360 / 350*		500			
Longitud total L WP (DIN / ISO) mm	220*	200	200*	225 / 200*	250	250*	300	350	450	500

* solo en PN16

Aprobación

Contador completo y conjunto de inserción intercambiable

Marcado CE M-XX* 0102

DN 40 ... 150 DE-09-MI001-PTB 010
DN 200 ... 300 DE-15-MI001PTB 014

* año de producción

Condiciones de entorno

Según ISO 4064-1:2014

Clase ambiental B

Temperatura ambiental 5-70 °C

Clase entorno electromagnético E1

Información de Pedido

MeiStream, DN 50, T50, PN16	Modelo
Bridas EN 1092 PN16	Diámetro nominal
Longitud 270 mm	Temperatura máxima del medio
eRegister / m ³	Presión nominal
Con conformidad MID	Brida
	Longitud
	Tipo de totalizador / Unidad
	Aprobación

Dimensiones y Pesos

Dimensiones

Diámetro nominal		DN	40	50	50	50	65	65
Longitud total	L	mm	220	200	270	300	200	300
Altura	H	mm	120	120	120	120	120	120
	h	mm	69	73	73	73	85	85
Altura desmontaje	g	mm	200	200	200	200	200	200

Diámetro nominal		DN	80	80	80	80	100	100	100
Longitud total	L	mm	200	225	300	350	250	350	360
Altura	H	mm	150	150	150	150	150	150	150
	h	mm	95	95	95	95	105	105	105
Altura desmontaje	g	mm	270	270	270	270	270	270	270

Diámetro nominal		DN	125	150	150	200	250	300
Longitud total	L	mm	250	300	500	350	450	500
Altura	H	mm	160	177	177	214	238	264
	h	mm	118	135	135	162	194	226
Altura desmontaje	g	mm	280	356	356	449	474	499

Peso PN16

Diámetro nominal		DN	40	50	50	50	65	65
Longitud total	L	mm	220	200	270	300	200	300
Contador completo		kg	7,5	7,8	9,6	9,9	10,1	12,0
Conjunto inserción		kg	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Cuerpo		kg	6,0	6,3	8,1	8,4	8,6	10,5

Diámetro nominal		DN	80	80	80	80	100	100	100
Longitud total	L	mm	200	225	300	350	250	350	360
Contador completo		kg	13,8	14,2	16,3	17,7	18,2	20,0	20,2
Conjunto inserción		kg	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Cuerpo		kg	10,6	11,0	13,1	14,5	15,0	16,8	17,0

Diámetro nominal		DN	125	150	150	200	250	300
Longitud total	L	mm	250	300	500	350	450	500
Contador completo		kg	20,7	35,9	44,2	56,9	79,4	103,8
Conjunto inserción		kg	3,2	5,9	5,9	9,6	9,6	9,6
Cuerpo		kg	17,5	30,0	38,3	47,3	69,8	94,2

Weight PN40

Diámetro nominal		DN	50	50	65	80	80	100	100	150	150
Longitud total	L	mm	200	270	300	225	300	250	360	300	500
Contador completo		kg	9,7	10,7	13,1	17	18,6	20,4	22,9	44,6	52,9
Conjunto inserción		kg	1,7	1,7	1,7	4	4	4	4	9,3	9,3
Cuerpo		kg	8	9	11,4	14,6	14,6	16,4	18,9	35,3	43,6

Infraestructura de MeistreamRF

El producto MeistreamRFC incorpora tecnología SensusRF integrada ofreciendo las ventajas de una arquitectura radio uni- y bi-direccional como se explica más adelante. SensusRF es un sistema radio optimizado para trabajar en el rango de licencias de libre uso con sensores de medida y repetidores de baterías. Escalable para lecturas móviles y remotas sin tener que cambiar ningún componente. Está disponible en 433 MHz y 868 MHz.

Compatible con **OMS**[®]

SensusRF ofrece dos modos de comunicación

1. Red de radio fija

- Asistente de auto configuración (el gateway busca los sensores de medida y repetidores automáticamente)
- Integración de repetidores (hasta 7 saltos en cadena)
- Red con búsqueda automática de rutas alternativas
- Lectura del sensor de medida transparente y local
- Alarmas de seguimiento rápido
- Captura DMA (captura de una red de agua para evaluación)
- Uso de tecnología TCP/IP para comunicación WAN
- Alto grado de seguridad de datos (encriptación end-to-end)
- Permite tecnologías de nube, FTP y otras aplicaciones de bases de datos remotas

2. Lectura móvil - Walk-by / Drive-by

- Telegramas uni-direccionales
- Comunicación bi-direccional
- Recepción espontánea sin ruta
- Configuración de los sensores de medida

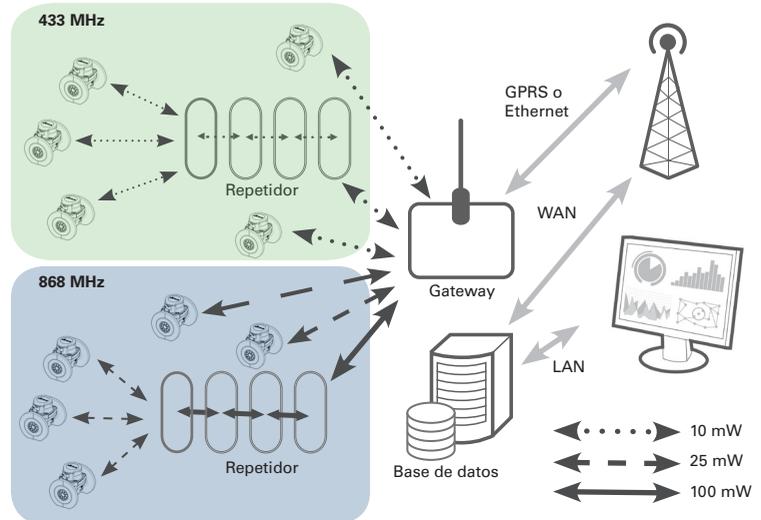
SIRT (Sensus Interface Radio Tool)

SIRT es un módem radio para SensusRF que se conecta a un terminal portátil vía Bluetooth y utiliza el software SensusRead con las siguientes características:

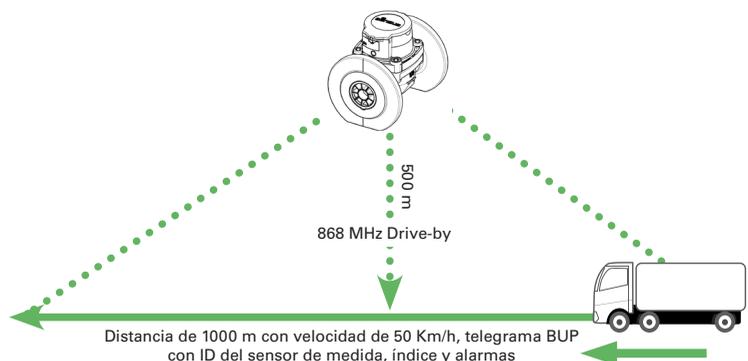
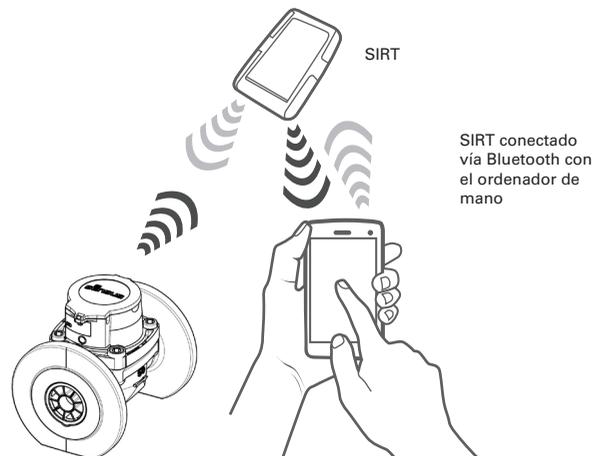
- Instalación y lectura de equipos
- Recepción de mensajes radio transmitidos frecuentemente por los sensores de medida radio SensusRF
- Solicitud de información adicional de los sensores de medida
- Modificación de la configuración de los sensores de medida (alarmas, parámetros, ...)

Para más información, ver el catálogo de SensusRF.

Red de radio fija MeistreamRF - Acceso remoto & Monitorización



Comunicación Uni-/Bi-direccional



qualityaustria Certified according to ISO 9001
Succeed with Quality Quality Management System Quality Austria Reg.no. 3496/0

Estudio rendimiento sistema fotovoltaico conectado a red

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

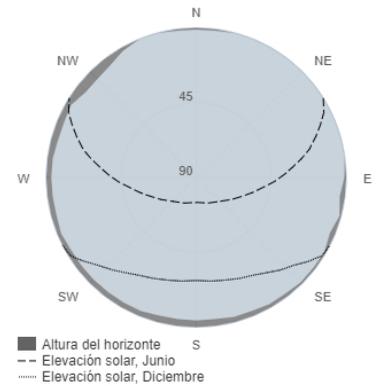
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.820, 0.013
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-CMSAF
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 300 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

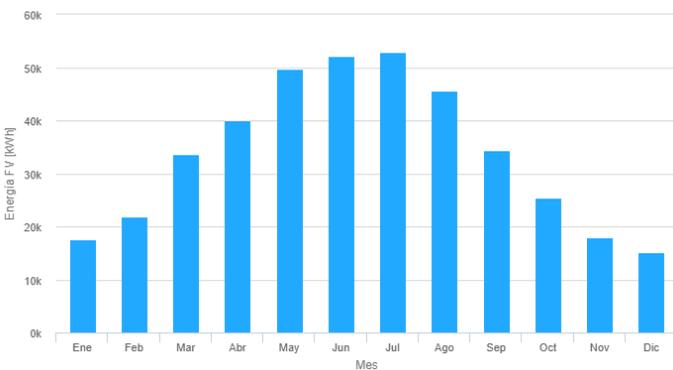
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 0 °
 Ángulo de azimut: 0 °
 Producción anual FV: 406000 kWh
 Irradiación anual: 1730 kWh/m²
 Variación interanual: 17000.00 %
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -3.6 %
 Efectos espectrales: 0.5 %
 Temperatura y baja irradiancia: -6.3 %
 Pérdidas totales: -22 %

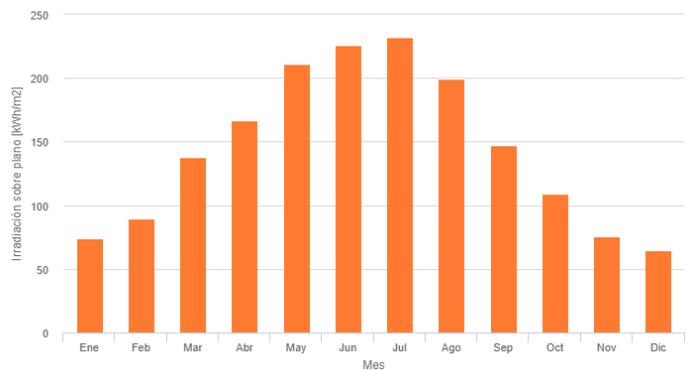
Perfil del horizonte:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	Em	Hm	SDm
Enero	17500	73.9	2040
Febrero	21800	89.8	2990
Marzo	33700	138	3820
Abril	40000	167	4050
Mayo	49700	211	4090
Junio	52100	226	2910
Julio	52900	232	2360
Agosto	45600	199	2280
Septiembre	34300	147	2910
Octubre	25500	109	2950
Noviembre	17900	75.8	2090
Diciembre	15100	64.5	1510

Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

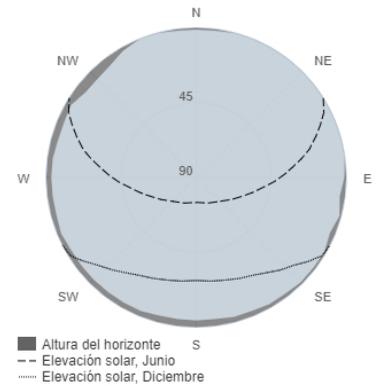
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.820, 0.013
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-CMSAF
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 300 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

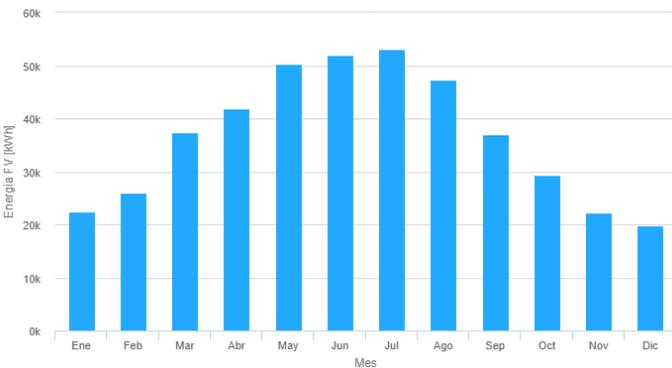
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 10 °
 Ángulo de azimut: 0 °
 Producción anual FV: 439000 kWh
 Irradiación anual: 1860 kWh/m²
 Variación interanual: 19500.00 %
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -3.1 %
 Efectos espectrales: 0.5 %
 Temperatura y baja irradiancia: -6.3 %
 Pérdidas totales: -21.5 %

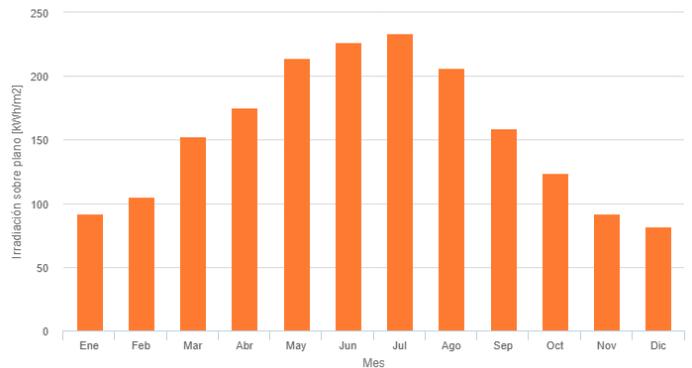
Perfil del horizonte:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	Em	Hm	SDm
Enero	22500	91.8	2890
Febrero	25900	105	3890
Marzo	37300	153	4540
Abril	41800	175	4380
Mayo	50300	214	4160
Junio	51900	227	2890
Julio	53100	234	2400
Agosto	47200	206	2410
Septiembre	37000	159	3280
Octubre	29400	124	3710
Noviembre	22300	91.9	2880
Diciembre	19900	81.4	2210

Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

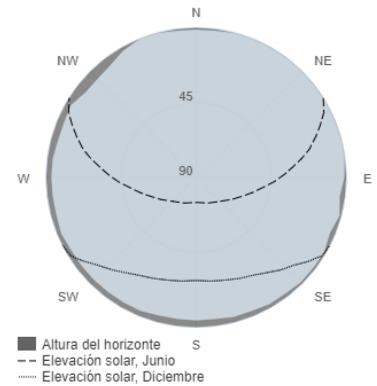
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.820, 0.013
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-CMSAF
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 300 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

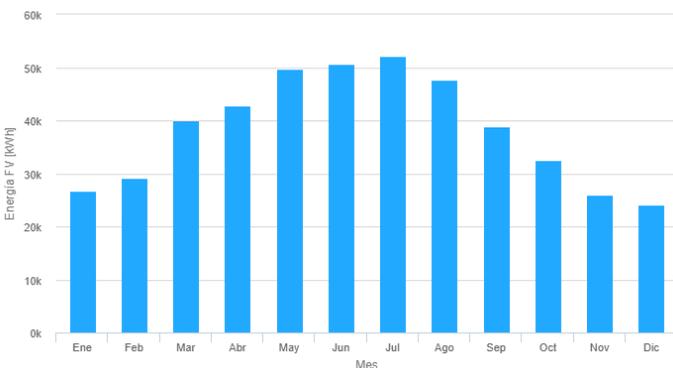
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 20 °
 Ángulo de azimut: 0 °
 Producción anual FV: 460000 kWh
 Irradiación anual: 1950 kWh/m²
 Variación interanual: 21300.00 %
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -2.9 %
 Efectos espectrales: 0.6 %
 Temperatura y baja irradiancia: -6.4 %
 Pérdidas totales: -21.3 %

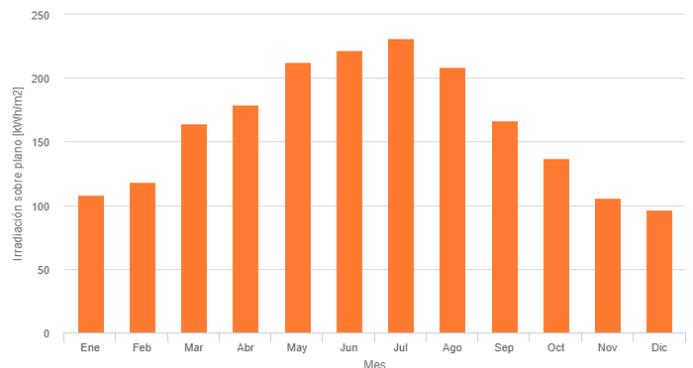
Perfil del horizonte:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	Em	Hm	SDm
Enero	26800	108	3620
Febrero	29200	118	4640
Marzo	40000	164	5110
Abril	42800	179	4580
Mayo	49800	213	4120
Junio	50700	222	2800
Julio	52200	231	2370
Agosto	47600	209	2460
Septiembre	38900	167	3560
Octubre	32500	137	4340
Noviembre	26000	106	3570
Diciembre	24100	96.6	2820

Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

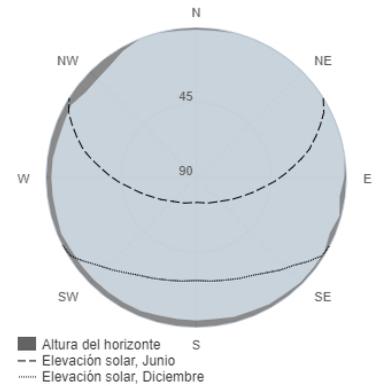
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.820, 0.013
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-CMSAF
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 300 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

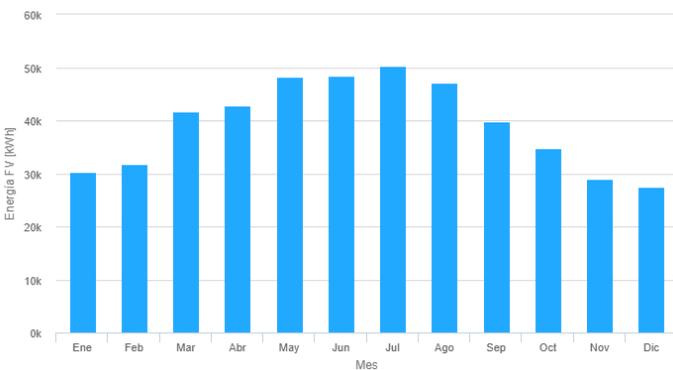
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 30 °
 Ángulo de azimut: 0 °
 Producción anual FV: 471000 kWh
 Irradiación anual: 1990 kWh/m²
 Variación interanual: 22500.00 %
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -2.7 %
 Efectos espectrales: 0.6 %
 Temperatura y baja irradiancia: -6.4 %
 Pérdidas totales: -21.1 %

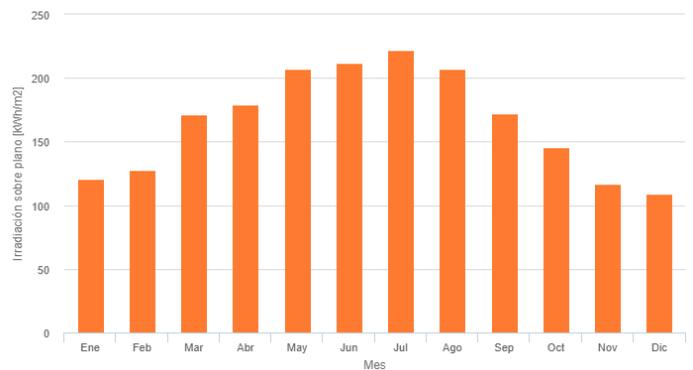
Perfil del horizonte:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	Em	Hm	SDm
Enero	30200	121	4220
Febrero	31700	128	5240
Marzo	41700	171	5530
Abril	42800	179	4660
Mayo	48300	207	3970
Junio	48400	212	2630
Julio	50200	222	2280
Agosto	47100	207	2450
Septiembre	39900	172	3740
Octubre	34700	146	4830
Noviembre	28900	117	4140
Diciembre	27500	109	3340

Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

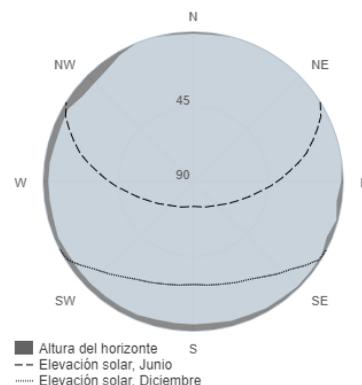
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.820, 0.013
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-CMSAF
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 300 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

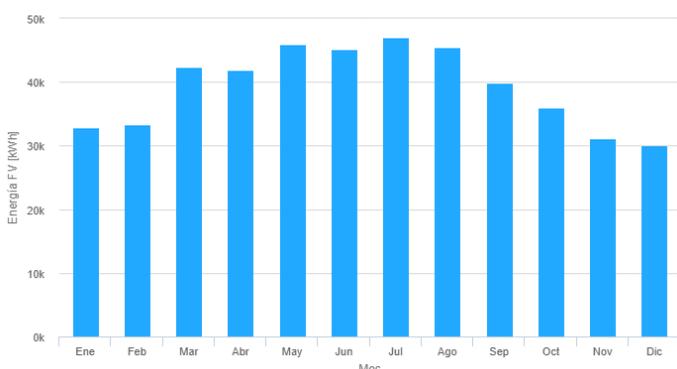
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 40 °
 Ángulo de azimut: 0 °
 Producción anual FV: 471000 kWh
 Irradiación anual: 1990 kWh/m²
 Variación interanual: 23100.00 %
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -2.6 %
 Efectos espectrales: 0.7 %
 Temperatura y baja irradiancia: -6.3 %
 Pérdidas totales: -21 %

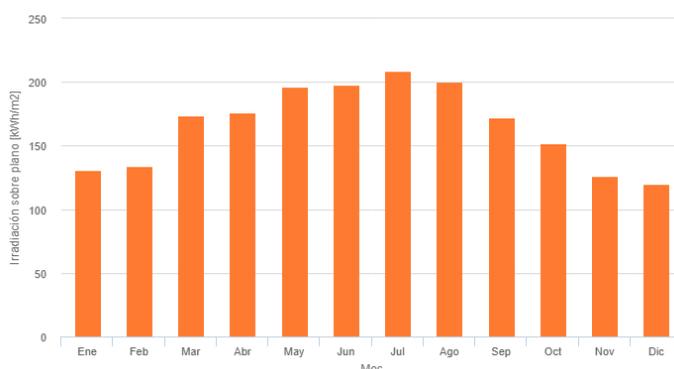
Perfil del horizonte:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	Em	Hm	SDm
Enero	32800	131	4680
Febrero	33400	134	5690
Marzo	42400	174	5790
Abril	41900	176	4610
Mayo	45900	196	3720
Junio	45100	198	2410
Julio	47100	209	2130
Agosto	45500	200	2380
Septiembre	39900	172	3810
Octubre	36000	152	5180
Noviembre	31100	126	4580
Diciembre	30100	120	3750

Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

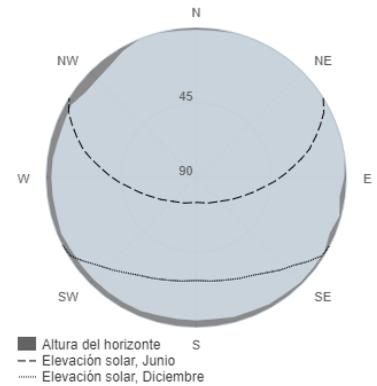
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.820, 0.013
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-CMSAF
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 300 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

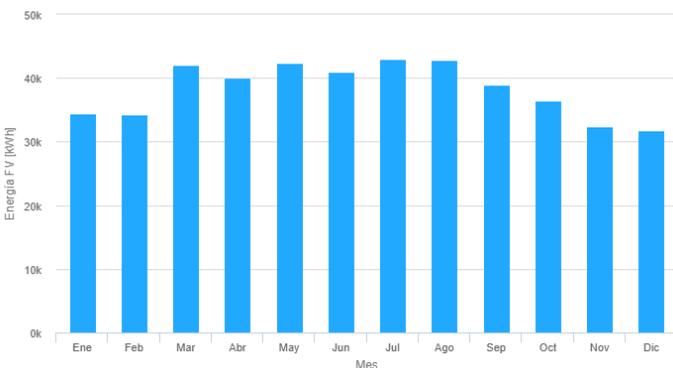
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 50 °
 Ángulo de azimut: 0 °
 Producción anual FV: 460000 kWh
 Irradiación anual: 1940 kWh/m²
 Variación interanual: 23100.00 %
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -2.7 %
 Efectos espectrales: 0.7 %
 Temperatura y baja irradiancia: -6.1 %
 Pérdidas totales: -20.9 %

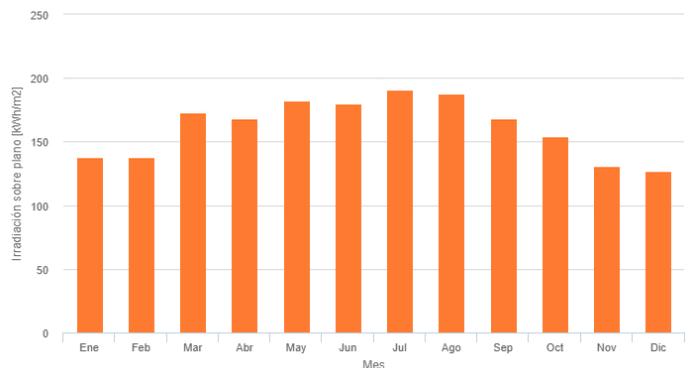
Perfil del horizonte:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	Em	Hm	SDm
Enero	34500	138	5010
Febrero	34300	138	5970
Marzo	42100	173	5880
Abril	40000	168	4440
Mayo	42400	182	3370
Junio	40900	180	2110
Julio	43000	191	1900
Agosto	42800	188	2240
Septiembre	39000	168	3780
Octubre	36500	154	5390
Noviembre	32400	131	4880
Diciembre	31800	127	4050

Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

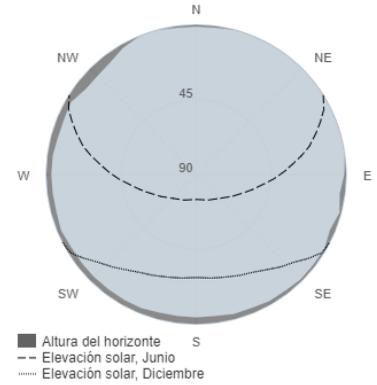
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.820, 0.013
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-CMSAF
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 300 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

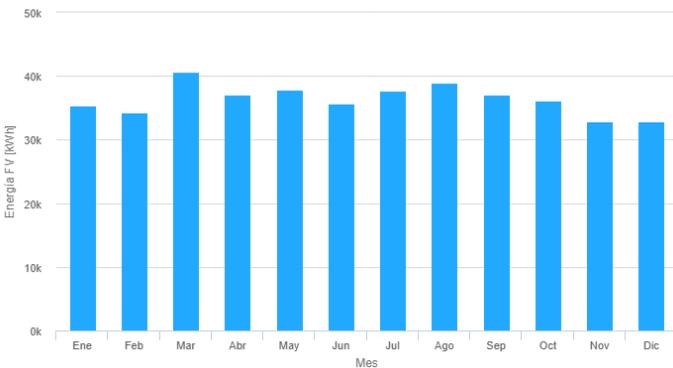
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 60 °
 Ángulo de azimut: 0 °
 Producción anual FV: 436000 kWh
 Irradiación anual: 1840 kWh/m²
 Variación interanual: 22400.00 %
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -3 %
 Efectos espectrales: 0.8 %
 Temperatura y baja irradiancia: -5.9 %
 Pérdidas totales: -20.9 %

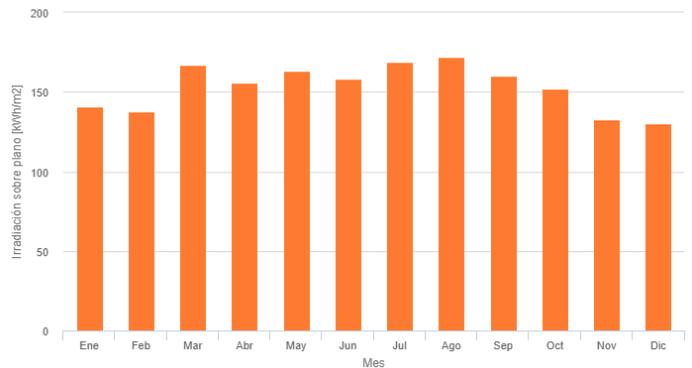
Perfil del horizonte:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	Em	Hm	SDm
Enero	35300	141	5200
Febrero	34300	138	6080
Marzo	40700	167	5790
Abril	37100	156	4130
Mayo	37800	163	2890
Junio	35600	158	1730
Julio	37700	169	1610
Agosto	39000	172	2020
Septiembre	37100	160	3650
Octubre	36100	152	5450
Noviembre	32900	133	5040
Diciembre	32800	130	4230

Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

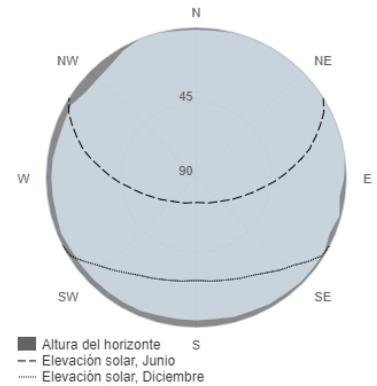
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.820, 0.013
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-CMSAF
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 300 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

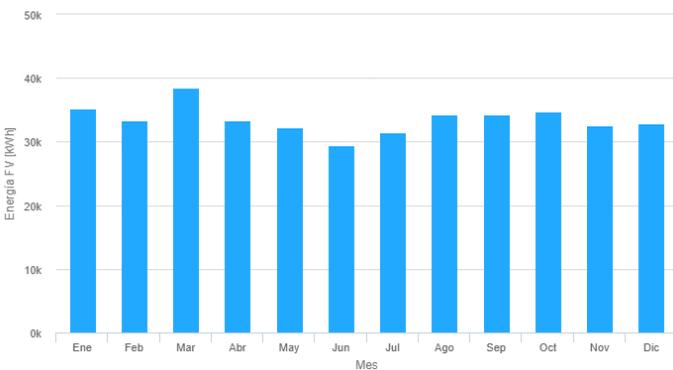
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 70 °
 Ángulo de azimut: 0 °
 Producción anual FV: 402000 kWh
 Irradiación anual: 1700 kWh/m²
 Variación interanual: 21000.00 %
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -3.5 %
 Efectos espectrales: 0.8 %
 Temperatura y baja irradiancia: -5.7 %
 Pérdidas totales: -21 %

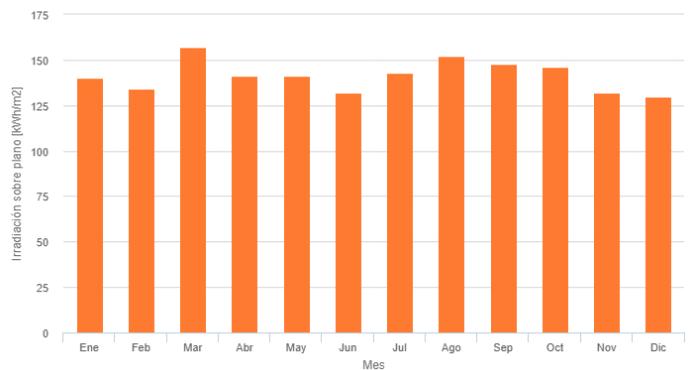
Perfil del horizonte:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	Em	Hm	SDm
Enero	35200	140	5250
Febrero	33400	134	6020
Marzo	38400	157	5530
Abril	33300	141	3690
Mayo	32300	141	2320
Junio	29400	132	1310
Julio	31500	143	1270
Agosto	34200	152	1720
Septiembre	34200	148	3400
Octubre	34700	146	5350
Noviembre	32500	132	5060
Diciembre	32800	130	4290

Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Convocatoria Plan Anual de Ahorro Energético. Diputación de Alicante.



III. ADMINISTRACIÓN LOCAL

DIPUTACIÓN PROVINCIAL ALICANTE

156 CONVOCATORIA DEL PLAN PROVINCIAL DE AHORRO ENERGÉTICO 2019. REDACCIÓN DE PROYECTOS

ANUNCIO

Que en el borrador del Acta de la sesión ordinaria celebrada por el Pleno de la Excm. Diputación Provincial de Alicante, el trece de diciembre de dos mil dieciocho, se aprobaron las Bases reguladores y Convocatoria anticipada que han de regir el Plan Provincial de Ahorro Energético 2019, y la concesión de subvenciones a favor de Ayuntamientos para la redacción de los proyectos, adoptandose la resolución que a continuación se publica a efectos de lo dispuesto en el art. 45 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del procedimiento administrativo común de las Administraciones Públicas:

“8º MEDIO AMBIENTE. Plan Provincial de Ahorro Energético 2019, y la concesión de subvenciones para la redacción de los proyectos. Convocatoria para la Anualidad 2019 y Bases. Aprobación.

Se examina el expediente relativo a la aprobación de la Convocatoria anticipada para la Anualidad 2019 y Bases reguladoras que han de regir el Plan Provincial de Ahorro Energético 2019, y la concesión de subvenciones para la redacción de los proyectos.

...//...

En consecuencia y de conformidad con el Dictamen de la Comisión de Medio Ambiente, Energía y Sectores Productivos, por mayoría de veintinueve votos a favor y una abstención, se acuerda :

Primero.- Aprobar las Bases reguladoras con su Anexo I, así como, la Convocatoria anticipada que ha de regir el Plan Provincial de Ahorro Energético de 2019 y la concesión de subvenciones a favor de Ayuntamientos, a ejecutar por la Excm. Diputación Provincial de Alicante para la Anualidad 2019, consistente en la redacción de proyectos de las obras incluidas en el Plan, cuyo texto es del siguiente tenor literal :



“BASES REGULADORAS DE LA CONVOCATORIA DEL PLAN PROVINCIAL DE AHORRO ENERGÉTICO 2019. REDACCIÓN DE PROYECTOS. (CONVOCATORIA ANTICIPADA PARA 2019).

ANTECEDENTES.

La Diputación de Alicante y los municipios de esta provincia llevan años trabajando en la sostenibilidad ambiental y energética a través de iniciativas europeas y planes de inversión provinciales.

La iniciativa europea “El Pacto de los Alcaldes” renombrada en 2015 como “El Pacto de los Alcaldes para el Clima y la Energía” establece mecanismos directos entre la Comisión Europea y los Municipios de tal forma que los Ayuntamientos adheridos a la misma se comprometen a asumir los compromisos europeos en materia de sostenibilidad de la Unión Europea (antes 20/20/20 para 2020 y ahora el 40% de reducción de emisiones de CO2 para 2030) en sus términos municipales.

En la provincia de Alicante ya son 135 municipios los que están adheridos a esta iniciativa y en estos momentos 131 de ellos ya han redactado y presentado el Plan de Acción de Energía Sostenible mayoritariamente con la ayuda de la Diputación de Alicante y la Agencia Provincial de la Energía. En la actualidad la provincia de Alicante es una referencia a nivel europeo y está entre las primeras provincias en adhesiones municipales y cumplimiento de objetivos.

Estos Planes de Acción de Energía definen las líneas de trabajo trazadas por el Municipio para conseguir reducir el consumo de energía y por tanto alcanzar los objetivos comprometidos en materia de reducción de emisiones de CO2 a nivel del término municipal.

En 2012 la Diputación de Alicante con la ayuda de la Agencia Provincial de la Energía puso en marcha el Plan Provincial de Ahorro Energético para ayudar a los municipios subvencionando inversiones para desarrollar las acciones contenidas en los Planes de Acción o compatibles con los mismos.

Las convocatorias 2012, 2013, 2014, 2015 y complementaria al 2015 han sido exitosas con una gran participación de los municipios, el volumen de inversión, entre todas, se acerca a los 16 millones de euros que ha conseguido ahorrar unos 20.300 Mwh/año, 2.800.000 euros/año y reducir la emisión de 4.800 Toneladas de CO2 a la atmósfera. La Convocatoria 2016 beneficiará, cuando se termine de ejecutar, a 64 municipios con una inversión total de 4,2 millones de euros.

Una vez que el Plan Provincial está consolidado es conveniente continuar trabajando en las líneas de los últimos años y también fomentar otras líneas no tan desarrolladas pero no menos importantes y necesarias para la consecución de los objetivos de sostenibilidad energética.



Una de las líneas a reforzar tiene que ver con la mejora de la movilidad sostenible en los municipios y con la capacidad de los Ayuntamientos para actuar contra la contaminación atmosférica en sus términos municipales evitando/limitando las emisiones de CO₂ y otros gases nocivos por los vehículos que transitan en red viaria municipal. Esta línea de subvención posibilitará la instalación de puntos de recarga eléctrica en la vía pública o espacios municipales de los cascos urbanos a fin de favorecer el uso del vehículo eléctrico en los municipios para reducir las emisiones de CO₂ y por tanto la contaminación atmosférica.

Otra línea consiste en incrementar las instalaciones que permiten el autoconsumo en edificios municipales de la energía procedente de fuentes renovables.

PRIMERA: ACTUACIONES OBJETO DE LA SUBVENCIÓN.

La ejecución de este Plan Provincial de Ahorro Energético se realizará mediante una primera convocatoria cuyo objeto será la redacción de los correspondientes proyectos y a través de posteriores convocatorias se procederá a la ejecución de los proyectos redactados.

1.1.- Las actuaciones objeto de esta subvención es la redacción de proyectos/proyectos simplificados/memorias valoradas para su inclusión en el Plan Provincial de Ahorro Energético de 2019 que se aprobará en la resolución de esta convocatoria para obras en terrenos, edificios e instalaciones de titularidad municipal. Las actuaciones objeto de subvención responden al ejercicio de la competencia provincial de asistencia y cooperación jurídica, económica y técnica a los municipios, de conformidad con el artículo 36.1.b) de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local y a la cooperación en el fomento del desarrollo económico y social establecida en el artículo 36.1.d) del mismo texto legal, así como con los artículos 33 y 50 de la Ley 8/2010, de 23 de junio, de Régimen Local de la Comunitat Valenciana.

1.2.- Los proyectos/proyectos simplificados/memorias valoradas subvencionados serán ejecutadas por la Excma. Diputación Provincial de Alicante: La Diputación de Alicante se encargará de la redacción de los proyectos/proyectos simplificados/memorias valoradas, de acuerdo a la Ley 9/2017 de 8 de noviembre de Contratos del Sector Público, junto con la documentación complementaria que los Servicios Técnicos estimen realizar para la adecuada tramitación del expediente.

1.3.- Los proyectos a redactar por Diputación de Alicante se corresponderán con obras de un importe total máximo de 60.000 euros (IVA incluido) y definirán actuaciones contenidas en las siguientes líneas de trabajo:



1.3.1.- Obras de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones municipales:

Alumbrado público, Iluminación interior en edificios municipales, mejora de la eficiencia en climatización/calefacción, sustitución/mejora de calderas, etc.

El Periodo de Retorno Simple Conjunto de las actuaciones descritas en 1.3.1 podrá ser de hasta 10 años.

1.3.2.- Obras de mejora del comportamiento térmico de las envolventes de los edificios municipales:

Aplacados exteriores y trasdosados interiores, rellenos aislantes en fábricas de ladrillo, mejora de la impermeabilidad térmica de ventanas y puertas, sistemas de protección del soleamiento, etc.

El Periodo de Retorno Simple Conjunto de las actuaciones descritas en 1.3.2 podrá ser de hasta 20 años.

1.3.3.- Obras de instalaciones para el uso de las energías renovables:

Instalaciones solares térmicas y geotérmicas de baja temperatura para ACS/Climatización en edificios municipales. Instalaciones solares fotovoltaicas de tipo 1 (según R.D. 900/2015) para autoconsumo en edificio municipal o instalaciones de bombeo de agua cuyo emplazamiento reciba al menos 1.300 horas solares equivalentes de funcionamiento al año. Instalación de microaerogeneradores para autoconsumo eléctrico en edificios municipales expuestos al viento como los que se encuentran en el frente litoral (por ejemplo en edificios de servicios municipales en paseos marítimos, etc.).

El Periodo de Retorno Simple Conjunto de las actuaciones descritas en 1.3.3 podrá ser de hasta 25 años.



1.3.4.- Instalación de puntos de recarga de vehículos eléctricos y/o instalación de sistemas de monitorización/medida/gestión de consumos energéticos municipales:

Instalaciones de puntos de recarga para vehículos eléctricos en vía pública o espacio municipal con sistema de telegestión (potencia mínima de 7,4 Kw en monofásica ó 22 Kw en trifásica, sin límite de potencia máxima), instalaciones de sistemas de monitorización/medida/gestión de consumos energéticos (incluyendo sensores, sistema de comunicación y programación, telecontrol, etc.).

Se considera punto de recarga para vehículos eléctricos a la plaza específica de estacionamiento de vehículos eléctricos en vía pública o espacio municipal destinada a la recarga de baterías y dotada de sistema de conexión del vehículo a la red correspondiente para la realización de la recarga y gestión de la misma. En este sentido serán subvencionables tanto la estación de recarga como la señalización horizontal y vertical de la plaza o espacio municipal, obras de conexión a red y sistemas de protección y maniobra. Las características técnicas quedarán recogidas en el pliego de condiciones del proyecto simplificado o memoria valorada. Todos los costes asociados a la gestión del punto de recarga, una vez instalado, correrán por cuenta del Ayuntamiento: Término de potencia, energía consumida, comunicación 3G/GPRS, etc.

Los costes asociados al mantenimiento y de la gestión de los sistemas de monitorización/medida/gestión de consumos energéticos municipales, una vez instalados, si los hubiere, correrán por cuenta del Ayuntamientos: Cuotas anuales de acceso a los datos, de uso de los programas de gestión, tarifas de los sistemas de comunicación, etc.

Para las actuaciones descritas en 1.3.4 no se tendrá en cuenta el Periodo de Retorno.

1.4.- Solicitud de varias actuaciones por parte del Municipio.

El Ayuntamiento podrá incluir diferentes tipos de actuaciones (1.3.1, 1.3.2, 1.3.3 y 1.3.4) en la misma solicitud dando origen en caso de resultar beneficiario a un solo proyecto/proyecto simplificado/memoria valorada.

En el caso de que el Ayuntamiento presente varios tipos de actuaciones contenidas en los diferentes epígrafes (1.3.1, 1.3.2, 1.3.3 y 1.3.4) deberá establecer un orden priorizado para las mismas. Este aspecto será utilizado en la fase de valoración de las solicitudes según los criterios expuestos más abajo en el proceso de resolución de la convocatoria.



1.5.- Ejecución de las actuaciones contenidas en los proyectos a través de posteriores convocatorias.

Las actuaciones integradas en los proyectos tendrán un presupuesto máximo de 60.000 euros (IVA incluido) y serán subvencionadas al 100 % por la Excma. Diputación Provincial de Alicante a través de posterior/es convocatoria/s para la ejecución de los proyectos y para aquellos Ayuntamientos que resulten beneficiarios de la/s convocatoria/s para la ejecución de los proyectos redactados en la presente convocatoria.

SEGUNDA: BENEFICIARIOS.

Podrán optar a la convocatoria todos los ayuntamientos de la provincia de Alicante que cumplan los siguientes requisitos:

2.1.- Estar adherido al Pacto de los Alcaldes y haber sido registrado oficialmente en la Oficina del Pacto de los Alcaldes en Bruselas.

2.2.- Haber realizado el Plan de Acción de Energía Sostenible y haberlo presentado. Haber rellenado las fichas resumen del Inventario de Emisiones y del Plan de Acción de Energía Sostenible en la Web del Pacto de los Alcaldes.

2.3.- Presentación de autorización a favor de la Agencia Provincial de la Energía de Alicante para que pueda acceder a los datos de consumo energético a través del comercializador/suministrador para monitorizar y verificar la reducción de los consumos energéticos producidos por las actuaciones de mejora de la eficiencia energética desarrolladas en proyecto.

2.4.- Presentación de compromiso municipal de entrega de las copias de las facturas de los consumos energéticos de las instalaciones que sean objeto de mejora en la actuación. Estas facturas recogerán los consumos de los últimos 12 meses anteriores a la fecha de comienzo de las actuaciones.

2.5.- No hallarse incurso en alguna de las circunstancias que inhabilitan para obtener la condición de beneficiario de subvenciones públicas señaladas en el artículo 13.2 de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones.

2.6.- Estar al corriente de sus obligaciones devengadas con anterioridad al 31 de diciembre del ejercicio inmediato anterior respecto de la Excma. Diputación Provincial de Alicante derivadas de cualquier ingreso.



TERCERA: IMPORTE DE LA SUBVENCIÓN.

3.1.- La presente convocatoria es objeto de tramitación anticipada, quedando el total de subvenciones no monetarias a otorgar a través del presente procedimiento limitado por la cuantía total máxima de 150.000,00 euros (IVA incluido). Esta cuantía tiene carácter estimado, quedando la concesión de las subvenciones condicionada a la existencia de crédito adecuado y suficiente en el Presupuesto Provincial de 2019, operando como límite global el crédito que inicialmente se consigne en las aplicaciones correspondientes de dicho Presupuesto.

3.2.- La subvención a otorgar a los ayuntamientos beneficiarios será del 100% del presupuesto máximo de la subvención, que será ejecutado por la Excma. Diputación Provincial de Alicante.

CUARTA: PRESUPUESTO MÁXIMO DE LAS ACTUACIONES A SUBVENCIONAR.

El presupuesto máximo de la subvención por actuación solicitada es de 2.500 € (IVA incluido). La subvención consiste en la redacción de Proyectos/Proyectos Simplificados/Memorias Valoradas necesarios.

QUINTA: SOLICITUDES, DOCUMENTACIÓN Y PLAZO DE PRESENTACIÓN.

5.1.- Las entidades locales efectuarán la presentación de la solicitud, suscrita por el Señor/a Alcalde/sa Presidente/a, en la Excma. Diputación Provincial de Alicante por el medio electrónico correspondiente, o en papel por cualquiera de los siguientes procedimientos:

En el Registro General de la Excma. Diputación Provincial.

En los registros de cualquier órgano administrativo, que pertenezca a la Administración General del Estado, a la de cualquier Administración de las Comunidades Autónomas, a la de cualquier Administración de las Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consejos Insulares, a los Ayuntamientos de los Municipios a que se refiere el artículo 121 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases del Régimen Local, o a la del resto de las entidades que integran la Administración Local si, en este último caso, se hubiese suscrito el oportuno convenio.

En las oficinas de Correos, en la forma que reglamentariamente se establezca.



En las representaciones diplomáticas u oficinas consulares de España en el extranjero.

En cualquier otro que establezcan las disposiciones vigentes.

5.2.- La solicitud habrá de estar ajustada al modelo que se incluye como Anexo I a la Convocatoria y en la misma se hará constar que se reúnen los requisitos exigidos en estas Bases específicas para ser beneficiario de la subvención y demás extremos requeridos en el artículo 13 de la Ordenanza General de Subvenciones.

5.3.- A la solicitud (Anexo I) se acompañará la siguiente documentación:

Memoria descriptiva/explicativa de las acciones solicitadas.

Declaración relativa a los siguientes extremos (se incluye en la solicitud):

Declaración de las subvenciones que, en su caso, se hubieran obtenido para la misma finalidad, concedentes e importes.

Declaración responsable de que, a la fecha de presentación de la solicitud, la entidad local peticionaria se encuentra al corriente de sus obligaciones devengadas con anterioridad al 31 del ejercicio inmediato anterior, respecto de esta Excma. Diputación Provincial, derivadas de cualquier ingreso de derecho público.

Declaración de reunir los requisitos específicos exigidos en la Convocatoria.

Declaración responsable de no estar incurso en ninguna de las circunstancias que impiden tener la condición de beneficiario, señaladas en el art. 13 de la Ley General de Subvenciones.

Declaración responsable de estar al corriente del cumplimiento de sus obligaciones tributarias y frente a la Seguridad Social o, en su caso, convenio de fraccionamiento o aplazamiento de deudas suscrito con la Administración correspondiente.

Compromiso relativo a los siguientes extremos (se incluye en la solicitud):

Compromiso de cumplir las condiciones de la subvención.

Compromiso de comunicar la obtención de cualquier subvención, procedentes de otros Departamentos de la Excma. Diputación Provincial de Alicante, sus organismos autónomos o de otros organismos públicos.

5.4. Si la solicitud o la documentación presentaran deficiencias u omisiones, se requerirá al Ayuntamiento para que en el plazo de diez días proceda a su subsanación, con indicación de que sí no lo hiciera se le tendrá por desistido de su petición, de acuerdo al art. 68 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.



5.5.- El plazo de presentación será de 20 DIAS HÁBILES, contados a partir del día siguiente al de la publicación del extracto de la Convocatoria en el Boletín Oficial de la Provincia. Sí el último día del plazo fuese sábado, domingo o festivo se trasladará al siguiente día hábil.

SEXTA: ÓRGANO CONTRATANTE

La Excma. Diputación Provincial mediante el procedimiento licitatorio adecuado, de conformidad con la normativa de contratación administrativa, tramitará la licitación para la redacción de los proyectos/proyectos simplificados/memorias valoradas.

SÉPTIMA: PROCEDIMIENTO Y CRITERIOS DE CONCESIÓN.

7.1.- Procedimiento de concesión.

La concesión de las subvenciones se efectuará mediante procedimiento ordinario en régimen de concurrencia competitiva en la modalidad de concurrencia ordinaria prevista en el artículo 11.1 a) de la Ordenanza General de Subvenciones y en la siguiente forma:

- 1.- Se examinarán en un único procedimiento todas las solicitudes presentadas en el plazo establecido y se resolverán en un único acto administrativo.
- 2.- La concesión de las ayudas se atenderá a criterios objetivos, teniendo siempre como límite las disponibilidades presupuestarias del ejercicio en cuestión.

7.2.- Criterios de concesión y su valoración:

En el caso de que el conjunto de las solicitudes presentadas supere el presupuesto total de la aplicación presupuestaria, se procederá a su valoración y selección. Las solicitudes presentadas serán objeto de examen y valoración por los servicios técnicos de la Excma. Diputación de Alicante, en base a circunstancias reales y a la motivación que sobre las mismas hayan efectuado las entidades solicitantes, al objeto de definir y determinar la subvención correspondiente. A tal efecto el servicio técnico del área de Medio Ambiente de la Diputación de Alicante podrá realizar visitas a los espacios municipales en los que el Ayuntamiento solicita intervenir al objeto de conocer en detalle naturaleza de la solicitud de cara a su valoración de acuerdo a los criterios que se exponen más abajo.

Los criterios de valoración serán los siguientes:

No haber sido beneficiario de la ejecución de obras en la convocatoria 2016 del Plan Provincial de Ahorro Energético. Puntuación 10 puntos.



Estar adheridos a la nueva iniciativa europea “El Pacto de los Alcaldes por el Clima y la Energía”. Puntuación 15 puntos.

Haber presentado en la solicitud una acción como prioritaria contenida en la siguiente relación: 35 puntos.

- Instalación de estaciones de recarga para vehículos eléctricos (1.3.4)

-Instalaciones para el uso de energías renovables (1.3.3)

-Obras de mejora del comportamiento térmico de las envolventes de los edificios (1.3.2)

Impacto/repercusión de las acciones de fomento del ahorro y la eficiencia energética, energías renovables y movilidad sostenible en el ámbito municipal. Puntuación 40 puntos.

-Para valorar este punto, el Ayuntamiento deberá presentar una memoria descriptiva/explicativa dónde reflejará cómo la ejecución de las acciones solicitadas en esta convocatoria favorecen la consecución de los objetivos de la planificación/estrategia/política municipal en materia de ahorro, eficiencia energética, implementación de las energías renovables y movilidad sostenible.

En el supuesto de que dos o más municipios obtengan igual puntuación en la valoración de los criterios anteriormente señalados, tendrán prioridad los municipios con menor población.

La actuación propuesta como prioritaria por el Ayuntamiento en su solicitud que haya sido objeto de valoración será vinculante en la redacción del proyecto/proyecto simplificado/memoria valorada en el caso de que dicho Ayuntamiento resulte beneficiario.

OCTAVA: RESOLUCIÓN DE LA CONVOCATORIA Y CONCESIÓN DE LAS SUBVENCIONES.

1.- Evaluadas las solicitudes y emitido informe por los Servicios Técnicos del Área de Medio Ambiente, el Sr. Diputado de Protección y Gestión del Territorio, como órgano instructor, formulará propuesta de resolución de la convocatoria en los términos que prevé el artículo 11.6 de la Ordenanza General de Subvenciones.

Previamente a la formulación de la propuesta de resolución, el órgano instructor comprobará que las entidades que puedan resultar beneficiarias cumplen los requisitos necesarios para ser beneficiario.

2.- La resolución de la Convocatoria, previo dictamen de la Comisión Informativa, es competencia del Pleno de la Excm. Diputación Provincial de Alicante y será motivada en base a los criterios de evaluación establecidos en estas Bases específicas, y



contendrá: la relación de las solicitudes a las que se concede subvención y su cuantía; y desestimación del resto de las solicitudes y el motivo por el que se deniega la subvención.

3.- El plazo máximo para resolver y notificar la resolución del procedimiento será de seis meses a partir de la publicación de la Convocatoria. El vencimiento de dicho plazo sin haberse notificado la resolución legitimará a los interesados para entender desestimada por silencio administrativo su solicitud.

4.- La resolución pondrá fin a la vía administrativa, y será notificada a los interesados conforme a los artículos 40 y 45 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas. A tal efecto, dicha resolución se publicará en el Boletín Oficial de la Provincia conforme a lo dispuesto en el art. 18 de la Ordenanza General de Subvenciones.

NOVENA: INCOMPATIBILIDAD CON OTRAS AYUDAS Y SUBVENCIONES.

Las ayudas objeto de las presentes bases serán incompatibles con otras subvenciones, ayudas, ingresos o recursos para la misma finalidad, procedentes de cualesquiera Administraciones o entes públicos o privados, nacionales, de la Unión Europea o de organismos internacionales.

DÉCIMA: OBLIGACIONES DE LOS BENEFICIARIOS.

Además de las establecidas en el art. 14 de la L.G.S. será obligación del beneficiario colaborar con la empresa adjudicataria de la realización de los proyectos/proyectos simplificados/memorias valoradas para la aportación de la información requerida al Ayuntamiento.

Difundir que la actuación está subvencionada por la Excma. Diputación Provincial de Alicante.

UNDÉCIMA: REVOCACIÓN DE LA AYUDA.

Las subvenciones concedidas podrán ser revocadas en el supuesto de que la entidad beneficiaria incumpla las obligaciones contenidas en las presentes Bases o se produjera cualquier alteración sustancial en las condiciones atendidas para la concesión de la subvención.



DÉCIMOSEGUNDA: CONTROL FINANCIERO Y RÉGIMEN DE INFRACCIONES Y SANCIONES.

Sin perjuicio de la comprobación documental de la justificación presentada y con carácter posterior al abono de la subvención, la Excma. Diputación Provincial de Alicante, podrá realizar cuantas actuaciones materiales y formales estime convenientes para la comprobación de la adecuada justificación de las subvenciones, la realización de su objeto y el cumplimiento de las condiciones a que quedan sujetas las mismas. Dichas actuaciones de comprobación serán realizadas mediante el control financiero ejercido por la Intervención de Fondos provinciales, de conformidad con la Instrucción de Control Interno de la Gestión Económico Financiera de la Excma. Diputación Provincial, el Texto Refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales, la Ley General de Subvenciones, su Reglamento de desarrollo y la Ordenanza General de Subvenciones de la Excma. Diputación Provincial de Alicante.

En materia de reintegro de subvenciones e infracciones y sanciones, y para aquellos extremos no previstos en las presentes bases, será aplicable la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones, su Reglamento de desarrollo y la Ordenanza General de Subvenciones de la Excma. Diputación Provincial de Alicante.

DÉCIMOTERCERA: NORMATIVA APLICABLE.

En todo lo no previsto expresamente en las presentes Bases específicas, se estará a lo dispuesto en la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones; Real Decreto 887/2006, de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley General de Subvenciones; en la Ordenanza General de Subvenciones de la Excma. Diputación Provincial de Alicante, publicada en el Boletín Oficial de la Provincia número 118, de fecha 27 de mayo de 2005; y en las Bases de Ejecución del Presupuesto de la Excma. Diputación Provincial de Alicante.



MEDIO AMBIENTE – ANEXO I – SOLICITUD - CONVOCATORÍA DEL PLAN PROVINCIAL DE AHORRO ENERGETICO 2019 - CONCESIÓN DE AYUDAS PARA LA REALIZACIÓN DE LA REDACCION DE LOS PROYECTOS SIMPLIFICADOS/MEMORIAS VALORADAS PAE-2019 (CONVOCATORIA ANTICIPADA PARA 2019)

1.- Datos del solicitante.

AYUNTAMIENTO	C.I.F.

2.- Datos del representante.

APELLIDOS Y NOMBRE DEL ALCALDE - PRESIDENTE	D.N.I. / N.I.E. / PASAPORTE

3.- Domicilio a efectos de notificaciones.

TIPO DE VIA			NOMBRE DE VIA				
NÚMERO	LETRA	BLOQUE	PORTAL	ESCALERA	PISO	PUERTA	CÓDIGO POSTAL
POBLACIÓN						PROVINCIA	
TELÉFONO DE CONTACTO		FAX		DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO			



4.- Objeto de la solicitud.

Solicita se admita la presente petición para el Plan Provincial de Ahorro Energético 2019 y para las ayudas no dinerarias consistentes en la redacción de los proyectos/proyectos simplificados/memorias valoradas (PAE-2019), así como la documentación que la acompaña y previos los trámites que correspondan, le sea concedida, al amparo de la Convocatoria de que se trata, cuyas Bases acepta en su integridad.

5.- Comprobación del cumplimiento de las obligaciones tributarias y de seguridad social.

Esta solicitud autoriza a la Diputación para que requiera telemáticamente los datos relativos a la comprobación del cumplimiento de las obligaciones tributarias y frente a la Seguridad Social. Si el solicitante deniega este consentimiento, estará obligado a aportar los correspondientes documentos en los términos exigidos por las normas reguladoras del procedimiento.

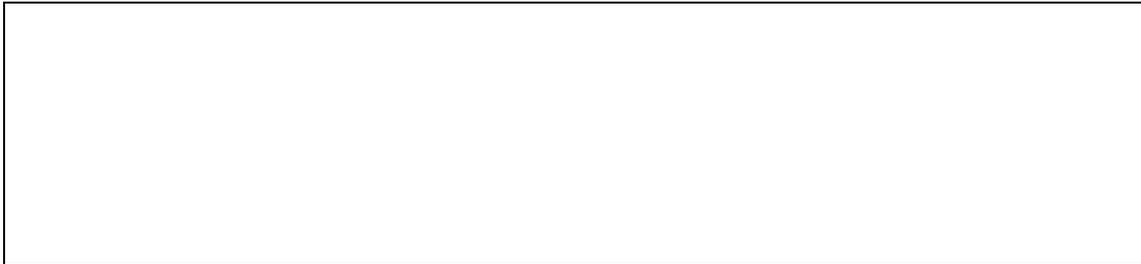
X Autorizo

No Autorizo

6.- Declaración responsable de la persona solicitante

Que a efectos de lo dispuesto en los artículos 13 y 14 de la Ordenanza General de Subvenciones de esa Excm. Diputación Provincial de Alicante y en la Base Segunda de las que rigen la Convocatoria declara bajo su responsabilidad que el Ayuntamiento al que representa:

- a) Reúne los requisitos específicos exigidos en la Convocatoria.
- b) No se halla incurso en ninguna de las circunstancias que impiden obtener la condición de beneficiario de subvenciones públicas señaladas en el artículo 13 de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones.
- c) Se halla al corriente en el cumplimiento de sus obligaciones con la Excm. Diputación Provincial de Alicante devengadas con anterioridad al 31 de diciembre del ejercicio inmediato anterior derivadas de cualquier ingreso.
- d) Está al corriente del cumplimiento de sus obligaciones tributarias y frente a la Seguridad Social. En caso de disponer de convenio de fraccionamiento o aplazamiento de deudas suscrito con la Administración correspondiente indicar a continuación:



7.- Declaración de ayudas solicitadas o recibidas para este mismo fin.

No dispone de otras subvenciones, ayudas, ingresos o recursos para la misma finalidad, otorgada por otro Organismo, Entidad o particular.

Dispone de las siguientes subvenciones, ayudas, ingresos o recursos para la actividad de que se trata otorgadas por las Administraciones Públicas o entes públicos o privados, que a continuación se indican:

ORGANISMO / ENTIDAD	IMPORTE CONCEDIDO

Asimismo, se compromete a:

- a) Cumplir las condiciones de la subvención.
- b) Comunicar a esa Excma. Diputación Provincial las subvenciones que para la misma finalidad pudiera obtener en el futuro.

Por lo expuesto, solicita se admita la presente petición (*INDICAR LA PRESTACION O PRESTACIONES SOLICITADAS [1, 2, 3 o 4] Según la Base 1.3 de la convocatoria, y de forma priorizada*).



Se adjunta memoria/s descriptiva/explicativa/s de las acciones solicitadas.

En _____ a ____ de _____ de 201

Fdo.:

El/la Alcalde/sa

SR. PRESIDENTE DE LA DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE

En cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, se le informa de que los datos personales facilitados serán incorporados y tratados en un fichero titularidad de la Diputación Provincial de Alicante. Estos datos podrán ser utilizados por el titular del fichero para el ejercicio de las funciones propias en el ámbito de sus competencias. Puede ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición mediante comunicación escrita dirigida al Registro de la Diputación Provincial de Alicante.”

Segundo.- Publicar las Bases reguladoras y sus Anexos por las que se regirá la Convocatoria en la Base de Datos Nacional de Subvenciones y un extracto de la misma en el Boletín Oficial de la Provincia.

Tercero.- Las Bases reguladoras y Convocatoria anticipada aprobadas en el punto primero quedan supeditadas a la existencia de crédito adecuado y suficiente en el presupuesto de la Excma. Diputación Provincial para el ejercicio 2019, por un importe estimado de 150.000,00 euros, momento en el que procederá la aprobación del gasto correspondiente.

Cuarto.- Sin perjuicio de la comprobación documental de la justificación presentada y con carácter posterior al abono de la subvención, la Excma. Diputación Provincial de Alicante, podrá realizar cuantas actuaciones materiales y formales estime convenientes para la comprobación de la adecuada justificación de las subvenciones, la realización de su objeto y el cumplimiento de las condiciones a que quedan sujetas las mismas. Dichas actuaciones de comprobación serán realizadas mediante el control financiero ejercido por la Intervención de Fondos provinciales, de conformidad con la Instrucción de Control Interno de la Gestión Económico Financiera de la Excma. Diputación Provincial, el Texto Refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas



Locales, la Ley General de Subvenciones, su Reglamento de desarrollo y la Ordenanza General de Subvenciones de la Excma. Diputación Provincial de Alicante.

En materia de reintegro de subvenciones e infracciones y sanciones, y para aquellos extremos no previstos en el presente acuerdo, será aplicable la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones, su Reglamento de desarrollo y la Ordenanza General de Subvenciones de la Excma. Diputación Provincial de Alicante.”

Que contra la presente resolución, que pone fin a la vía administrativa, se podrá interponer, potestativamente, en base al artículo 123 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, recurso de reposición ante el órgano de esta Corporación autor del acto, en el plazo de un mes a contar desde el día siguiente al de la recepción de la presente notificación, o bien, interponer directamente recurso contencioso administrativo ante el Juzgado de este orden de Alicante, en el plazo de dos meses a contar desde el día siguiente al de la recepción de la presente notificación, a tenor de lo previsto en el artículo 46 de la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa, advirtiéndose que tales recursos no suspenden la ejecución de esta resolución, y ello sin perjuicio de que pueda ejercitar cualquier otro que estime procedente.

Alicante, a 26 de Diciembre de 2018.

EL VICEPRESIDENTE 6º Y

DIPUTADO DE PROTECCIÓN

Y GESTIÓN DEL TERRITORIO,

Fdo.: Francisco Javier Sendra Mengual

EL SECRETARIO EN FUNCIONES,

Fdo.: José Manuel Baeza Menchón



III. ADMINISTRACIÓN LOCAL

DIPUTACIÓN PROVINCIAL ALICANTE

3454 *EXTRACTO DEL ACUERDO DE 1 DE MARZO DE 2017 DEL PLENO DE LA EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE, CELEBRADO EN SESIÓN ORDINARIA, POR EL QUE SE CONVOCA LA CONCESIÓN DE SUBVENCIONES A FAVOR DE AYUNTAMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DEL PLAN PROVINCIAL DE AHORRO ENERGÉTICO ANUALIDAD 2016*

EXTRACTO DEL ACUERDO DE 1 DE MARZO DE 2017 DEL PLENO DE LA EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE, CELEBRADO EN SESIÓN ORDINARIA, POR EL QUE SE CONVOCA LA CONCESIÓN DE SUBVENCIONES A FAVOR DE AYUNTAMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DEL PLAN PROVINCIAL DE AHORRO ENERGÉTICO DE LA ANUALIDAD 2016.

BDNS(Identif.):339805

De conformidad con lo previsto en los artículos 17.3.b y 20.8.a de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones, se publica el extracto de la convocatoria cuyo texto completo puede consultarse en la Base de Datos Nacional de Subvenciones (<http://www.pap.minhap.gob.es/bdnstrans/index>):

Primero.- Beneficiarios:

Podrán optar a estas ayudas los municipios de la provincia de Alicante que resultaron beneficiarios del Plan Provincial de Ahorro Energético de 2016 en cuanto a la redacción de proyecto.

Segundo.- Objeto:

Es objeto de la presente convocatoria la concesión de ayudas en el ejercicio de 2016, mediante el procedimiento de concurrencia competitiva ordinaria, para los gastos derivados en la ejecución de los proyectos incluidos en el acuerdo de resolución del Plan Provincial de Ahorro Energético de 2016, adoptado por el Pleno de la Excma. Diputación Provincial de Alicante en sesión ordinaria el día 20 de julio de 2016 y sus posteriores modificaciones, hasta agotar la disponibilidad presupuestaria.



Tercero.- Bases reguladoras:

Ordenanza General de Subvenciones aprobada por el Pleno de la Excma. Diputación Provincial de Alicante (publicada en BOP núm. 118, de 27 de mayo de 2005), Bases de Ejecución del Presupuesto de la Excma. Diputación Provincial de Alicante de 2017, y Bases específicas de la Convocatoria.

Cuarto.- Cuantía:

La dotación económica prevista asciende a la cantidad de 1.700.100,00 euros, imputándose las ayudas que se concedan con cargo a las aplicaciones 26.4252.6500200 y 26.4252.7620000 del Presupuesto Provincial para el ejercicio de 2017.

En cuanto a la cuantía subvencionable se establecen los siguientes tramos del importe máximo de la actuación solicitada de acuerdo con la población del municipio:

40.000 euros para municipios de hasta 500 habitantes.

50.000 euros para municipios de 501 a 2000 habitantes.

100.000 euros para municipios de 2001 a 5000 habitantes.

150.000 euros para municipios de 5001 a 10.000 habitantes.

240.000 euros para municipios de más de 10.000 habitantes.

Respecto a los porcentajes de financiación subvencionable, estarán basados en los siguientes criterios:

Municipios hasta 10.000 habitantes: 95%.

Municipios con más de 10.000 habitantes: los primeros 150.000,00 euros al 95% y el resto, hasta un máximo de 240.000,00 euros, al 50%.

Si la petición de un ayuntamiento superara el límite establecido en dichos parámetros en función de su número de habitantes, podría aceptarse, pero la financiación del exceso correría, en principio, íntegramente por cuenta municipal.

La subvención que se conceda a cada municipio vendrá determinada por el importe del proyecto que fue objeto de subvención en el Plan Provincial de Ahorro Energético de 2016 por acuerdo del Pleno de la Excma. Diputación Provincial de Alicante adoptado en sesión ordinaria de fecha 20 de julio de 2016 con sus modificaciones.



Quinto.- Plazo de presentación de solicitudes:

En cumplimiento de lo establecido en el artículo 17 de la Ley 38/2008, de 17 de noviembre, General de Subvenciones, el plazo de presentación de solicitudes será de UN MES, contado a partir del siguiente al de la publicación del extracto de la convocatoria en el Boletín Oficial de la Provincia. Si el último día del plazo fuese domingo o festivo se trasladará al siguiente día hábil.

Sexto.- Otros datos:

La documentación a aportar se detalla en el apartado 2 de la Base Cuarta de la Convocatoria, figurando en la misma un anexo como modelo de solicitud que incluye declaración responsable, compromisos que se adquieren y autorización para acceder a los datos de consumo energético a través del comercializador/suministrador para monitorizar y verificar la reducción de consumos producidos por las actuaciones de mejora de la eficacia energética desarrolladas en proyecto.

ALICANTE, 24/03/2017

EL VICEPRESIDENTE 6º Y DIPUTADO DE PROTECCIÓN Y GESTIÓN DEL TERRITORIO, D. FRANCISCO JAVIER SENDRA MENGUAL, EL OFICIAL MAYOR, P.D., D. JOSÉ VICENTE CATALÁ MARTÍ