



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

## ANÁLISIS Y REDISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE BOMBEO PARA RIEGO AGRÍCOLA CON SUMINISTRO ELÉCTRICO Y ESTUDIO DE UNA ALTERNATIVA MEDIANTE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA EN LA VALL D'UIXÓ (CASTELLÓN)

*TRABAJO FINAL DEL*

**Grado en Ingeniería Mecánica**

*REALIZADO POR*

**Blanca Lluch Ruiz**

*TUTORIZADO POR*

**Miguel Ángel Jiménez Bello**

**Juan Manzano Juárez**

**CURSO ACADÉMICO: 2020/2021**

## Resumen

Este proyecto tiene como objetivo la auditoría energética de una instalación de bombeo de balsa a balsa para riego agrícola con suministro eléctrico para la comunidad de regantes de La Vall d'Uixó. Para ello, se estudiará la instalación hidráulica actual, detectando sus limitaciones y condicionantes, e implementando posibles mejoras. Además, se estudiará la posibilidad de la implantación de un bombeo que funcione únicamente por energía solar. Para tal fin, se dimensionará la instalación fotovoltaica necesaria, así como la infraestructura y cambios pertinentes en la instalación para su adaptación al nuevo sistema. Por último se definirán planos, pliego de condiciones y presupuesto necesarios para el desarrollo del proyecto presentado.

**Palabras clave:** bombeo solar, instalación hidráulica, energía solar fotovoltaica, instalación fotovoltaica aislada, auditoría energética.

## Resum

Aquest projecte té com a objectiu l'auditoria energètica d'una instal·lació de bombament de bassa a bassa per a reg agrícola amb subministrament elèctric per a la comunitat de regants de La Vall d'Uixó. A propòsit d'això, s'estudiarà la instal·lació hidràulica actual, detectant les seues limitacions i condicionants, i implementant possibles millores. A més, s'estudiarà la possibilitat de la implantació d'un bombament que funcione únicament per energia solar. Per a tal fi, es dimensionarà la instal·lació fotovoltaica necessària, així com la infraestructura i canvis pertinents en la instal·lació per a la seua adaptació al nou sistema. Per últim es definiran plans, plec de condicions i pressupost necessaris per al desenvolupament del projecte presentat.

**Paraules clau:** bombament solar, instal·lació hidràulica, energia solar fotovoltaica, instal·lació fotovoltaica aïllada, auditoria energètica.

## Abstract

The aim of this project is the energy audit of a pond-to-pond pumping installation for agricultural irrigation with electricity supply for La Vall d'Uixó irrigation community. For this purpose, the current hydraulic installation will be studied, detecting its limitations and conditions, and implementing possible improvements. In addition to this, the possibility of the implementation of a pump that works solely by solar energy will be studied. For this purpose, the necessary photovoltaic installation will be dimensioned, as well as the infrastructure and pertinent changes in the installation for its adaptation to the new system. Lastly, plans, specifications and budget necessary for the development of the presented project will be defined.

**Key words:** solar pumping, hydraulic system, photovoltaics, solar energy, off-grid photovoltaic system, energy audit.

# Índice

<b>Índice de cuadros</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>9</b>
<b>Nomenclatura</b>	<b>10</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>14</b>
1.1. Objetivos . . . . .	14
1.2. Introducción al bombeo solar en explotaciones agrarias . . . . .	14
<b>2. Marco Legislativo</b>	<b>16</b>
<b>3. Memoria</b>	<b>18</b>
3.1. Objeto . . . . .	18
3.2. Justificación del proyecto . . . . .	18
3.3. Estudio de necesidades y factores a considerar: limitaciones y condicionantes . . . . .	18
3.3.1. Caracterización descriptiva de la instalación hidráulica . . . . .	18
3.3.2. Caracterización analítica de la instalación hidráulica . . . . .	20
3.3.2.1. Toma de datos . . . . .	20
3.3.2.2. Tratamiento de datos . . . . .	21
3.3.2.3. Curvas y punto de funcionamiento . . . . .	23
3.3.3. Auditoría energética . . . . .	26
3.3.4. Conclusiones del estudio de necesidades, limitaciones y condicionantes . . . . .	28
3.4. Planteamiento de soluciones alternativas y justificación de la solución adoptada . . . . .	29
3.4.1. Bombeo solar: tipos . . . . .	30
3.4.1.1. Según la forma de suministro del agua . . . . .	30
3.4.1.2. Según la forma de suministro de la energía . . . . .	30
3.4.2. Componentes hidráulicos . . . . .	31
3.4.2.1. Bomba y motor . . . . .	31
3.4.2.2. Sensor de agua de bajo nivel en la ubicación de la bomba (opcional) . . . . .	32
3.4.2.3. Sensor de agua de bajo nivel en la ubicación del depósito (opcional) . . . . .	32
3.4.3. Componentes instalación eléctrica . . . . .	32
3.4.3.1. Módulos fotovoltaicos . . . . .	32
3.4.3.2. Variador y controlador . . . . .	33
3.4.3.3. Tomas a tierra, cableado y elementos de protección . . . . .	34
3.4.4. Soluciones elegidas para el rediseño de la instalación y justificación . . . . .	34
3.5. Dimensionamiento de la instalación de bombeo solar . . . . .	35
3.5.1. Selección de la bomba y el motor . . . . .	35
3.5.1.1. Cálculo del caudal en el punto de trabajo . . . . .	35
3.5.1.2. Cálculo de la altura en el punto de trabajo . . . . .	39
3.5.2. Selección de los módulos fotovoltaicos . . . . .	44
3.5.3. Selección del variador . . . . .	47
3.5.3.1. Cálculo de la configuración de los módulos fotovoltaicos . . . . .	49
3.5.4. Cálculos y comprobaciones . . . . .	50

3.5.4.1.	Curvas Q-H y punto de funcionamiento de la instalación a velocidad variable	50
3.5.4.2.	Gráficas I-V y HSP en mes más crítico	52
3.5.4.3.	Transitorios: Cálculo del tiempo crítico y golpe de ariete	55
3.5.4.4.	Distancia entre módulos y extensión total necesaria para la planta fotovoltaica	57
3.5.5.	Descripción de los componentes de la nueva instalación de bombeo solar.	58
3.5.5.1.	Bomba	58
3.5.5.2.	Motor	58
3.5.5.3.	Módulos fotovoltaicos	59
3.5.5.4.	Variador de frecuencia	59
3.5.5.5.	Soporte de los módulos fotovoltaicos	59
3.5.5.6.	Sensores	60
3.5.5.7.	Valvulería	60
3.5.5.8.	Protecciones	61
3.5.5.9.	Tubería de conexión	61
<b>4.</b>	<b>Planos</b>	<b>62</b>
4.1.	Emplazamiento geográfico de las balsas	63
4.2.	Emplazamiento de la parcela de la balsa Llacuna y parcelas previstas para la instalación fotovoltaica	65
4.3.	Parcelas previstas para el emplazamiento de la instalación fotovoltaica	67
4.4.	P&ID	69
4.5.	Esquema en planta de la instalación fotovoltaica	71
<b>5.</b>	<b>Pliego de Condiciones</b>	<b>73</b>
5.1.	CAPÍTULO I: Alcance	73
5.1.1.	a) Objeto del Pliego de Condiciones	73
5.1.2.	b) Documentación del Proyecto	73
5.1.3.	c) Materiales, Equipos e Instalaciones	73
5.2.	CAPÍTULO II: Disposiciones Generales	74
5.2.1.	a) Condiciones Generales Facultativas	74
5.2.1.1.	CF1: Obligaciones y Derechos de los Contratistas	74
5.2.1.2.	CF2: Facultades de la Dirección de Obras	74
5.2.1.3.	CF3: Libro de Órdenes	74
5.2.1.4.	CF4: Replanteo	74
5.2.1.5.	CF5: Partidas Alzadas	74
5.2.1.6.	CF6: Periodo de Prueba	75
5.2.2.	b) Condiciones Generales Económicas	75
5.2.2.1.	CE1: Fianzas	75
5.2.2.2.	CE2: Revisión de precios	75
5.2.2.3.	CE3: Abono de los trabajos	75
5.2.2.4.	CE4: Penalizaciones	75
5.2.3.	c) Condiciones Generales Legales	76
5.2.4.	d) Condiciones Generales Técnicas	76
5.2.4.1.	CGT1	76
5.2.4.2.	CGT2	76
5.2.4.3.	CGT3	76

5.3. CAPÍTULO III: Disposiciones Particulares . . . . .	76
5.3.1. ARTÍCULO 1: Canalización para la Conexión entre Balsas . . . . .	76
5.3.2. ARTÍCULO 2: Soportes del Generador Fotovoltaico . . . . .	77
5.3.3. ARTÍCULO 3: Generador Fotovoltaico . . . . .	78
5.3.4. ARTÍCULO 4: Variador de Frecuencia . . . . .	79
5.3.5. ARTÍCULO 5: Cableado . . . . .	81
5.3.6. ARTÍCULO 6: Puesta a Tierra . . . . .	81
5.3.7. ARTÍCULO 7: Bomba Hidráulica . . . . .	81
5.3.8. ARTÍCULO 8: Motor . . . . .	82
<b>6. Presupuesto</b>	<b>83</b>
6.1. Presupuestos parciales desglosados . . . . .	83
6.2. Presupuesto general por partidas . . . . .	87
6.3. Presupuesto general total . . . . .	87
<b>7. Estudio Económico</b>	<b>88</b>
7.1. Estudio económico del proyecto . . . . .	88
7.2. Estudio económico de la renovación del grupo motobomba . . . . .	89
7.3. Conclusiones del estudio económico . . . . .	90
<b>8. Conclusiones</b>	<b>92</b>
<b>9. Bibliografía y Webgrafía</b>	<b>93</b>
<b>A. Anexo: Lectura de datos del analizador de redes</b>	<b>95</b>
<b>B. Anexo: Lectura de datos de presión</b>	<b>105</b>
<b>C. Anexo: Fichas técnicas</b>	<b>111</b>
<b>D. Anexo: Estudio económico, cálculos</b>	<b>146</b>
<b>Referencias</b>	<b>153</b>

## Índice de cuadros

1.	Altura manométrica y potencia útil medias de la instalación hidráulica actual. . . . .	23
2.	Rendimiento medio de la instalación hidráulica actual. . . . .	23
3.	Comparación entre potencia útil de catálogo y potencia útil real del bombeo Llacuna a 2983 l/min. . . . .	26
4.	HSP medias diarias por meses en alrededores de la balsa Llacuna. Fuente: [1], actualizado a 15/10/2019. . . . .	38
5.	Resultados del cálculo del caudal de diseño de la nueva bomba. . . . .	39
6.	Valores de cálculo y resultado de las pérdidas de carga en la tubería de la nueva instalación hidráulica. . . . .	41
7.	Valores de cálculo y resultado de la altura de diseño de la bomba de la nueva instalación hidráulica. . . . .	41
8.	Punto de diseño de la nueva bomba. . . . .	42
9.	Rendimientos del grupo motor y bomba a distintas cargas. . . . .	45
10.	Energía y potencia pico requeridas para la nueva instalación de bombeo. . . . .	46
11.	Voltajes mínimo y máximo de la instalación fotovoltaica. . . . .	50
12.	Configuración de la instalación fotovoltaica, datos de CC y potencia generada. . . . .	50
13.	RPM de funcionamiento de la bomba a distintas cargas de motor. . . . .	51
14.	Golpe de ariete y sobrepresión en la tubería de conducción. . . . .	57
15.	Distancia entre filas de módulos de la instalación fotovoltaica. . . . .	58
16.	Resumen del presupuesto por partidas. . . . .	87
17.	Resultados de VAN, TIR y payback del estudio económico. . . . .	90

## Índice de figuras

1.	Esquema de legislación fotovoltaica en España a 2021. . . . .	16
2.	Balsas Llacuna y Sequiota, Vall d’Uixó, Castellón. . . . .	18
3.	Zonas regables de la comunidad de regantes de la Vall d’Uixó. . . . .	19
4.	Balsa Llacuna. . . . .	19
5.	Bomba hidráulica de la balsa Llacuna. . . . .	20
6.	Mediciones sobre la instalación. Analizador de redes. . . . .	21
7.	Datos Q-H del bombeo Llacuna. . . . .	24
8.	Curva Q-H y punto de funcionamiento del bombeo Llacuna a 2900 RPM. . . . .	25
9.	Curvas NPSH y rendimiento del bombeo Llacuna a 2900 RPM. . . . .	25
10.	Curva motriz de catálogo de la bomba y punto de funcionamiento del bombeo Llacuna. . .	26
11.	Calificación del consumo energético de una comunidad de regantes según la procedencia del agua, sistema de riego y topografía. . . . .	27
12.	Esquema de componentes principales del bombeo solar. . . . .	29
13.	Esquema de componentes opcionales del bombeo solar. . . . .	30
14.	Esquema ejemplo de componentes de un cuadro de control para bombeo solar. . . . .	33
15.	Obtención de datos mediante programa PVGIS. . . . .	37
16.	Curvas del catálogo de la bomba seleccionada (VG 162/4F2-A/255-45/E-132). . . . .	42
17.	Tablas del catálogo de la bomba seleccionada (VG 162/4F2-A/255-45/E-132). . . . .	43
18.	Punto de trabajo de la bomba seleccionada, método gráfico. . . . .	43
19.	Especificaciones técnicas del motor seleccionado (SIEMENS SIMOTICS 1CV1312B - 315 M - IM V1 - 4p). . . . .	44
20.	Especificaciones técnicas del módulo seleccionado (A-395M GS). . . . .	46
21.	Especificaciones eléctricas del variador de frecuencia seleccionado (SD7SP0250 5). . . . .	48
22.	Curva resistente de la instalación y curva motriz de la bomba a distintas RPM. . . . .	52
23.	Irradiación global media diaria en el mes de agosto. . . . .	53
24.	Irradiación global media en el mes de agosto y HSP. . . . .	53
25.	Curva I-V del módulo A-360M GS en función de la irradiación recibida. . . . .	54
26.	Potencia media diaria por horas del mes de agosto en función de la irradiación. . . . .	55
27.	Cálculo de la distancia entre filas de módulos fotovoltaicos. . . . .	57
28.	Dimensiones de la parcela 667. . . . .	67
29.	Dimensiones de la parcela 668. . . . .	67

## Nomenclatura

$\alpha_{v_{P_{max}}}$	Coeficiente de temperatura de voltaje en el punto de máxima potencia
$\eta_{bomba,a,t}$	Rendimiento de la bomba actual en el punto t (dd/mm/aaaa - hh:mm)
$\eta_{mb}$	Rendimiento del grupo motor y bomba
$\frac{P_1}{\gamma}$	Presión en la superficie de la balsa Llacuna (aljibe)
$\frac{P_2}{\gamma}$	Presión en la superficie de la balsa Sequiota (depósito)
$\frac{P_a}{\gamma}$	Presión en la aspiración
$\frac{P_i}{\gamma}$	Presión en la impulsión
$\frac{v_1^2}{2g}$	Altura de velocidad en la tubería de Llacuna (aljibe)
$\frac{v_2^2}{2g}$	Altura de velocidad en la tubería de Sequiota (depósito)
$\frac{v_a^2}{2g}$	Altura de velocidad en la aspiración
$\frac{v_i^2}{2g}$	Altura de velocidad en la impulsión
$\gamma$	Peso específico del agua
$\nu$	Viscosidad cinemática del agua ( $1,1 \times 10^{-6} m^2/s$ )
$\varepsilon$	Rugosidad de las paredes interiores de la tubería (PVC=0,0015)
$A$	Es el área de la tubería de unión entre las dos balsas
$a$	Celeridad de la onda de presión en agua
$D$	Diámetro de la tubería de unión entre las dos balsas
$D_i$	Diámetro interior de la tubería de unión entre las dos balsas
$e$	Espesor de la tubería de unión entre las dos balsas
$E_h$	Energía hidráulica consumida por la bomba
$E_{elec}$	Energía eléctrica consumida por la bomba
$f$	Factor de fricción
$f$	Frecuencia eléctrica
$FF$	Medida del grado de "rectangularidad" de la curva I-V de un módulo fotovoltaico
$H_1$	Altura de la bomba inicial
$H_2$	Altura de la bomba final
$h_f$	Pérdidas por fricción en un circuito hidráulico
$h_m$	Pérdidas menores en un circuito hidráulico

$H_{c,n}$	Altura de cálculo de la nueva bomba
$H_{d,n}$	Altura de diseño de la nueva bomba
$H_{ga}$	Altura de presión que genera el cierre rápido de válvula en la instalación
$H_{geom,l,a}$	Diferencia de alturas geométrica entre el punto en el que se hace la medición de la impulsión y la lámina de agua de la balsa
$H_{geom}$	Diferencia de alturas geométricas entre las dos balsas
$H_{l,a,t}$	Altura de presión leída por el manómetro en la instalación actual en el punto t (dd/mm/aaaa - hh:mm)
$H_{man,a,t}$	Altura manométrica de la bomba actual en el punto t (dd/mm/aaaa - hh:mm)
$H_{man}$	Altura manométrica
$H_{sobrepresion}$	Altura de sobrepresión total que genera un cierre rápido de válvula en la instalación
$H_{trabajo,n}$	Altura de trabajo de la nueva bomba
$HSP_c$	Horas solares pico medias diarias en el mes más crítico
$I_{MPP}$	Intensidad del punto de máxima potencia en la gráfica I-V de un módulo fotovoltaico
$I_{sc}$	(Short Circuit Current) Punto de corriente de corto circuito en la gráfica I-V de un módulo fotovoltaico en STC
$k$	Coefficiente elástico del material de la tubería de unión entre las dos balsas
$k_t$	tasa de descuento para el cálculo del VAN
$L$	Longitud de la tubería de unión entre las dos balsas
$MPP$	(Maximum Power Point) Punto de máxima potencia en la gráfica I-V de un módulo fotovoltaico
$n$	RPM (revoluciones por minuto) de un motor
$n_1$	RPM de la bomba iniciales
$n_2$	RPM de la bomba finales
$n_t$	Número de periodos considerados para el cálculo del VAN
$N_{max,serie}$	Número máximo de módulos que pueden ir conectados en serie en la instalación fotovoltaica en función de las características del variador y el módulo fotovoltaico
$N_{modulo}$	Número de módulos necesario para la instalación eléctrica fotovoltaica
$N_{p,polos}$	Número de pares de polos de un motor
$P_{pico,m}$	Potencia pico característica del módulo fotovoltaico seleccionado
$P_{pico,n}$	Potencia pico que consume la nueva bomba
$P_{u,a,t}$	Potencia útil de la bomba actual en el punto t (dd/mm/aaaa - hh:mm)

$PR$	Performamce ratio, o rendimiento de los módulos solares
$Q_1$	Caudal de la bomba inicial
$Q_2$	Caudal de la bomba final
$Q_{b,a}$	Caudal bombeado por la bomba actual en el punto de funcionamiento
$Q_{d,n}$	Caudal de diseño de la nueva bomba
$Q_{diario,c}$	volumen crítico que necesita ser bombeado diariamente
$Q_{trabajo,n}$	Caudal de trabajo de la nueva bomba
$Re$	Número de Reynolds
$STC$	Standard Test Conditions para los módulos fotovoltaicos ( $25^{\circ}C$ , $1000 W/m^2$ , espectro AM 1,5)
$T_{cel,max/min}$	Temperatura máxima/mínima de la celda fotovoltaica
$T_{crit}$	Tiempo crítico para el cierre de válvula
$T_{STC}$	Temperatura STC (en Standard Test Conditions), $25^{\circ}C$
$v$	Velocidad del fluido dentro de la tubería de unión entre las dos balsas
$V_t$	Flujos de caja en cada periodo t para el cálculo del VAN
$V_{max,variador}$	Voltaje máximo de entrada que admite el variador
$V_{mp_{max/min,T}}$	Voltaje del punto de máxima potencia cuando la celda fotovoltaica está a temperatura máxima/mínima
$V_{MPP}$	Voltaje del punto de máxima potencia en la gráfica I-V de un módulo fotovoltaico
$V_{oc}$	(Open Circuit Voltage) Punto de voltaje de circuito abierto en la gráfica I-V de un módulo fotovoltaico en STC
$W_{total,t}$	Potencia leída por el analizador de redes consumida por la bomba en el punto t (dd/mm/aaaa - hh:mm)
$Z$	Suma de todas las pérdidas de carga en el circuito hidráulico
$z_1$	Altura en dirección de la gravedad desde la superficie de agua de Llacuna (aljibe) y referencia 0 m
$z_2$	Altura en dirección de la gravedad desde la superficie de agua de Sequiota (depósito) hasta la superficie de agua de Llacuna (aljibe)
$z_a$	Altura geométrica en dirección de la gravedad desde la toma de presión hasta la aspiración
$z_i$	Altura geométrica en dirección de la gravedad desde la toma de presión hasta la impulsión
CA	Corriente alterna
CC	Corriente continua
$g$	Valor de la gravedad terrestre ( $9,81 m/s^2$ )

HSP Número de Horas Solares Pico

I-V Intensidad - Voltaje

$Irr_t$  Irradiación global del sol en cada hora del día

MPPT (Maximum Power Point tracker) Algoritmo de búsqueda que utilizan los variadores para obtener la máxima potencia de la instalación fotovoltaica

Q-H Caudal-Altura

RPM Revoluciones por minuto

t Cada uno de los periodos de tiempo considerados para el cálculo del VAN

TMY (Typical Meteorological Year) Año Meteorológico Típico

VAN Valor Actual Neto

## 1. Introducción

### 1.1. Objetivos

El objetivo de este proyecto es el estudio de una instalación hidráulica en la Vall d'Uixó y la propuesta de una mejora de ésta con la incorporación de suministro eléctrico mediante energía solar fotovoltaica aislada. Se pretende con esto mejorar la eficiencia de la instalación a nivel de funcionamiento y a nivel económico.

### 1.2. Introducción al bombeo solar en explotaciones agrarias

De acuerdo con el Instituto Geográfico Nacional, la superficie de regadío total en España ocupa alrededor del 7% de la superficie total española, lo que equivale a algo más de 3.700.000 ha. De éstas, cerca de 1.000.000 son regadíos históricos anteriores al año 1950. [2] Este hecho deja patente la necesidad de modernizar los regadíos españoles.

La modernización de las instalaciones hidráulicas para el riego de cultivos puede aplicarse en distintos aspectos. Por una parte, para conseguir un consumo de agua más racional y eficiente, se están implementando sistemas como el riego por goteo o la microaspersión, aunque en la actualidad sólo el 65% del regadío español cuenta con algún tipo de sistema de regadío eficiente. [2] Otro de los aspectos que se puede mejorar es la selección de la fuente de obtención de la energía en los sistemas de bombeo.

Este último aspecto entra dentro de los objetivos para el cumplimiento del compromiso de España con el Protocolo de Kioto, un acuerdo entre gobiernos que entró en vigor en 2005, y que pretende la reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero de los principales países desarrollados y economías en transición. [3] Para contribuir al cumplimiento de los objetivos marcados por este protocolo desde el sector agrícola, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) agrupó distintas medidas enfocadas a este sector en la serie editorial "Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura". El documento nº 2 de esta serie, "Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de regadío", propone entre otras medidas el uso de la energía solar fotovoltaica para el accionamiento de sistemas de bombeo.

Además, en el Consejo de Ministros de 29 de julio de 2011 se aprobó el "Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020", dando cumplimiento a lo exigido por la Directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de abril de 2006, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos (Diario Oficial de la UE, 27.4.2006). [4] En este plan de acción se estimó un aumento del consumo de energía del sector agrícola de alrededor de un 45% respecto al año 2010 en tep (tonelada equivalente de petróleo). Sin embargo, con las medidas de ahorro propuestas se pretendía que este incremento se quedase únicamente en un 9%. Entre las medidas propuestas para el sector de la agricultura, se encuentra la mejora de la eficiencia energética en instalaciones de riego e impulso para la migración de sistemas de riego.

En definitiva, el bombeo solar se presenta como solución a un bombeo más eficiente y ecológico. Este tipo de bombeo está ampliamente extendido en instalaciones agrícolas y ganaderas de todo el mundo. Hay varios aspectos que hacen que el suministro solar fotovoltaico sea competitivo respecto a los sistemas de obtención de energía convencionales (red eléctrica o motores diésel (MEP)), como son:

- La dificultad del acceso a la red eléctrica convencional de algunas instalaciones hidráulicas de uso agrícola o ganadero por su ubicación, alejada de los núcleos urbanos. Esto hace más factible la instalación de sistemas de obtención de energía solar fotovoltaica aislados.
- La fiabilidad de los sistemas de bombeo solar es alta, y su coste de mantenimiento es bajo, así como también lo es el de operación.
- Larga vida útil, entre 20 y 25 años.
- Impacto ambiental mínimo.

Si bien es cierto que cuenta con numerosas ventajas, el bombeo solar también cuenta con algunos puntos negativos que es necesario tener en cuenta para minimizar su impacto. Estas son principalmente:

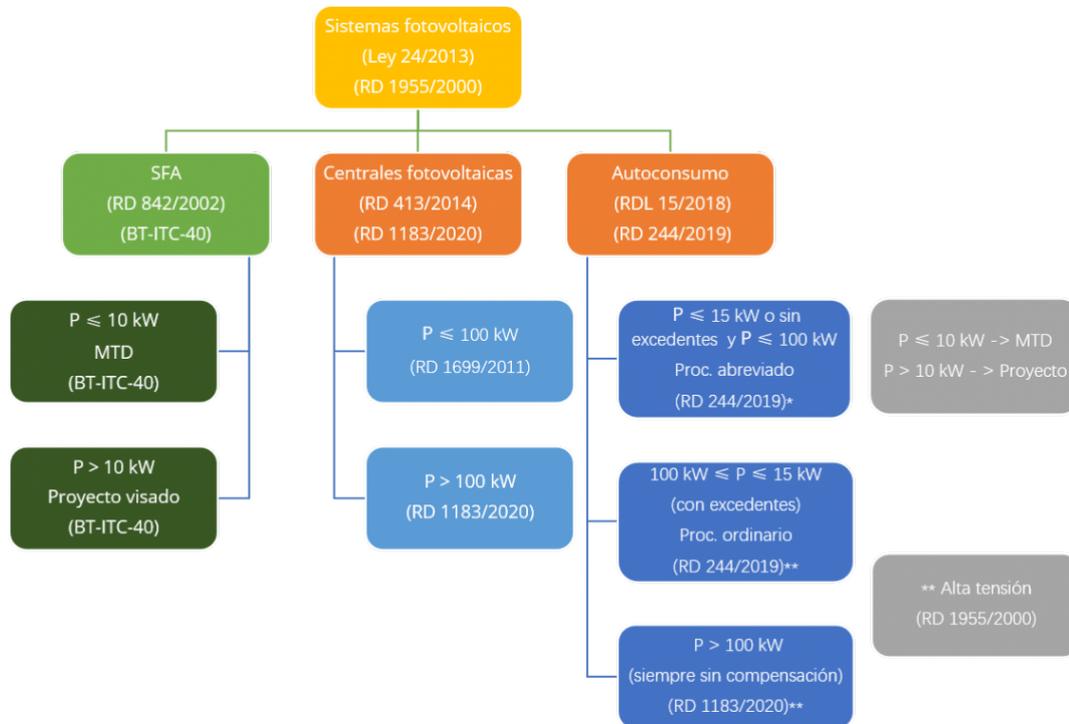
- Se requiere de una inversión inicial relativamente alta.
- La producción de agua es variable, y muy dependiente de las condiciones meteorológicas que se den en el lugar de la instalación.

Para seguir con el cumplimiento de los objetivos marcados por las instituciones respecto a la reducción de emisiones y la eficiencia en los regadíos, existen en Europa subvenciones a nivel regional, nacional y europeo que siguen impulsando el uso de sistemas más eficientes en la agricultura, como lo es el bombeo solar.

## 2. Marco Legislativo

A continuación, se presenta la normativa relativa al presente proyecto según su campo de aplicación.

Respecto a los sistemas fotovoltaicos, su legislación a nivel estatal se puede esquematizar como se muestra en la siguiente figura (1). [5]



**Figura 1:** Esquema de legislación fotovoltaica en España a 2021.

Las leyes que rigen todos los sistemas fotovoltaicos son, por una parte el Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT), y por otra parte el Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

El sistema de alimentación del proyecto a desarrollar, de acuerdo con el esquema presentado, se clasifica dentro de los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA), ya que no tiene conexión con la red eléctrica ni por tanto interacción con ella. El equipo, independientemente de su potencia, deberá cumplir con la norma ITC-BT-40. Además, al superar los 10 kW de potencia, será necesaria la tramitación de su visado.

Entrando más en detalle, cabe destacar los siguientes artículos del REBT antes de comenzar con el desarrollo del proyecto [6]:

- Según el punto 3.1, bombas de extracción o elevación de agua cuya potencia sea mayor a 10 kW se clasifican en el grupo b y precisan de elaboración de proyecto.
- Según el punto 4, la instalación requiere Memoria Técnica de Diseño.

Para la elaboración del pliego de condiciones de la instalación fotovoltaica se tendrá en cuenta el "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red" elaborado por el IDAE [7].

Relativas a la instalación completa de bombeo solar se tendrán en cuenta la norma UNE-EN 61702 sobre la evaluación de sistemas de bombeo fotovoltaico (FV) de acoplo directo, la UNE-EN 62253 sobre la cualificación del diseño y medidas de rendimiento de sistemas de bombeo fotovoltaico, y la UNE-EN ISO 14414 sobre la evaluación energética de los sistemas de bombeo.

## 3. Memoria

### 3.1. Objeto

El objeto de este proyecto es la mejora de la instalación hidráulica de bombeo de balsa a balsa situada en la balsa Llacuna (Vall d'Uixó, Castellón). Se pretende incorporar en la mejora un sistema de suministro eléctrico para la bomba mediante energía solar fotovoltaica.

### 3.2. Justificación del proyecto

La razón por la que se procede al desarrollo del presente proyecto es la mejora de la instalación hidráulica actual, ya que continuamente sufre averías en el motor.

### 3.3. Estudio de necesidades y factores a considerar: limitaciones y condicionantes

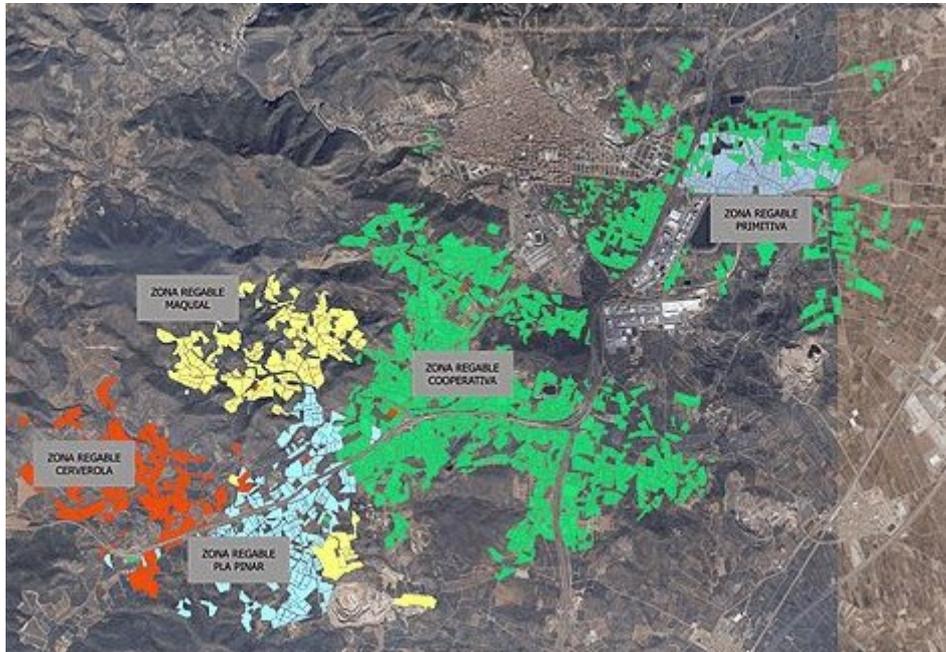
#### 3.3.1. Caracterización descriptiva de la instalación hidráulica

La instalación hidráulica a cuya descripción se procede se encuentra en la balsa Llacuna, de coordenadas  $39^{\circ}47'19.3''\text{N}$   $0^{\circ}14'35.2''\text{W}$ , aproximadamente 5 km al sur de la población de la Vall d'Uixó (Castellón) y con una altura de 104 msnm. El agua bombeada por la instalación en ella situada transporta el agua hasta otra balsa, Sequiota, de coordenadas  $39^{\circ}47'38.9''\text{N}$   $0^{\circ}14'04.7''\text{W}$ , aproximadamente a 4 km al sur de la Vall d'Uixó y con una altura de 160 msnm. Las balsas están separadas por una distancia de 1 km, como se muestra en la siguiente imagen (2).



Figura 2: Balsas Llacuna y Sequiota, Vall d'Uixó, Castellón.

Ambas balsas se encuentran en una de las cinco zonas regables con las que cuenta la Comunidad de regantes de la Vall d'Uixó, la "Zona regable Cooperativa" que está representada en verde en la imagen inferior (3). [8]



**Figura 3:** Zonas regables de la comunidad de regantes de la Vall d'Uixó.

La balsa Llacuna se alimenta desde una acequia. Su nivel de agua se mantiene prácticamente constante, ya que la entrada de agua es continua si se quiere. La balsa cuenta además con un aliviadero.



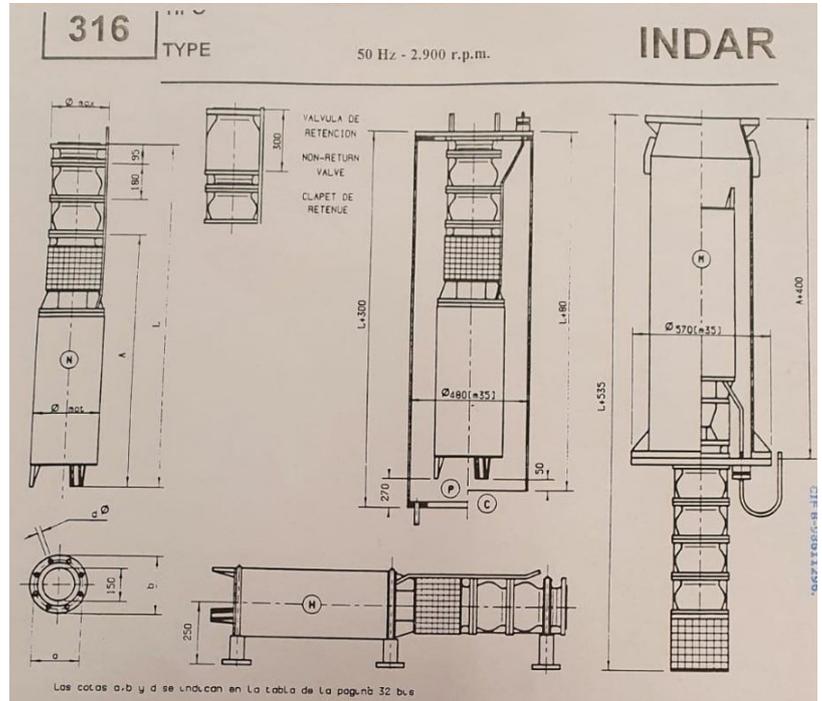
**Figura 4:** Balsa Llacuna.

Por otra parte, la balsa Sequiota tiene un volumen de  $20.000 \text{ m}^3$  y alimenta un cabezal de riego. El cabezal tiene actualmente 6 turnos de riego de 2 horas y 20 min, uno de ellos con presión de bomba, y los otros 5 turnos por gravedad. Cada día de riego, el cabezal consume entre  $3200 \text{ m}^3$  y  $3700 \text{ m}^3$  de agua, dependiendo del día, y su agua se utiliza principalmente para el riego de cultivos de cítricos.

La bomba actualmente instalada en la balsa Llacuna (bombeo Llacuna de ahora en adelante) es una bomba vertical sumergida con motor sumergido como el modelo que se muestra en los croquis de la siguiente imagen (5), pero de 3 fases. Es un modelo del año 1995.



(a) Bomba vertical sumergida balsa Llacuna.



(b) Plano bomba vertical sumergida 316 type.

**Figura 5:** Bomba hidráulica de la balsa Llacuna.

Las dimensiones de la bomba indicadas en la anterior imagen son: MAX. DIAM. = 250 mm, A = 1640 mm, L = 2275 mm.

La instalación sufre de averías que tienen siempre las mismas características: el bobinado del motor se encuentra derivado y sus cojinetes radiales muy dañados. Presentan daños además los retenes y la membrana de compensación.

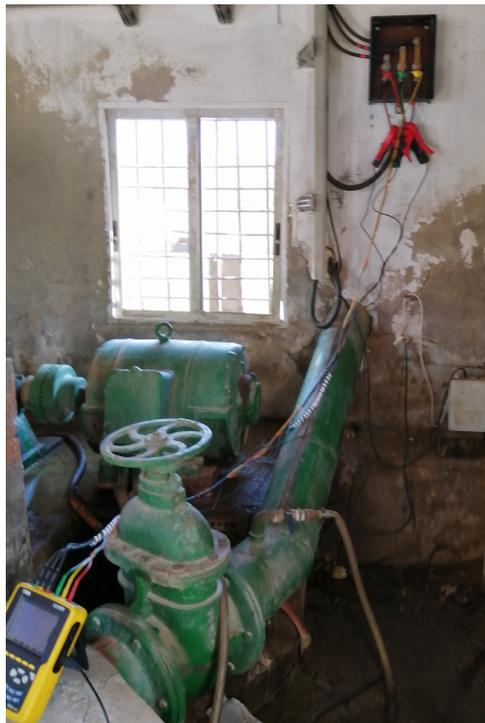
La bomba trabaja siempre en el mismo punto de funcionamiento, siendo el caudal impulsado de 2983 l/min a 61 mca de presión media aproximada. En el periodo de riego más crítico, del 15 de junio al 15 de septiembre, la bomba llega a trabajar 6 días a la semana, de 13 a 16 horas al día entre semana, y 24 horas al día si es fin de semana. El horario en que trabaja el resto del año es prácticamente siempre en horas de término de energía valle y en días alternos, dependiendo de factores como la época del año, la cantidad de lluvias, el momento de la campaña de riegos, etc. Su encendido y apagado están controlados por los técnicos de la instalación.

### 3.3.2. Caracterización analítica de la instalación hidráulica

#### 3.3.2.1. Toma de datos

Para caracterizar el funcionamiento de la instalación, fueron hechas distintas mediciones. Por una parte, con un analizador de redes fueron medidos distintos parámetros eléctricos de consumo de la bomba. Por otra parte, se midieron la presión en bares del agua bombeada y el caudal.

Con el analizador de redes C.A 8334 B [9] se tomaron los datos de la red eléctrica de la instalación los días 13, 14 y 15 de abril de 2021 como se muestra en la imagen inferior (6). Durante estos días, la bomba estuvo trabajando de 00:06 a 7:54. Se incluye la tabla completa de datos tomados por el analizador utilizados para los cálculos en el Anexo 1 (A). Para obtener la potencia consumida por la bomba, fueron utilizados los datos de potencia activa total ( $W_{total,t}$ ), suma de la potencia activa de la fase 1 ( $W_{1,t}$ ), potencia activa de la fase 2 ( $W_{2,t}$ ) y potencia activa de la fase 3 ( $W_{3,t}$ ) en cada punto medido.



**Figura 6:** Mediciones sobre la instalación. Analizador de redes.

Las mediciones de la altura del caudal bombeado se hicieron del día 26 de febrero de 2021 hasta el día 1 de marzo de 2021, periodo en el que la bomba trabajó los días 27 y 1 de marzo, ambos de 0:06 a 7:54. Algunos de los datos obtenidos en la medición se muestran en el Anexo 2 (B).

Por último se realizó la medición del caudal. Inicialmente se intentó medir con un caudalímetro de ultrasonidos, pero ante el desconocimiento del espesor del colector de salida y la no existencia de un tramo de tubería accesible, esta opción fue descartada. El caudal se obtuvo finalmente mediante un balance de alturas entre los dos depósitos. Durante 2 horas justas, el nivel de la balsa Llacuna bajó 18 cm para una superficie total de la balsa de  $1989 \text{ m}^2$ , lo que hace un volumen total bombeado de  $358 \text{ m}^3$  en 2 horas. Por tanto, el caudal bombeado es de  $179 \text{ m}^3/\text{h}$  mientras la bomba está en funcionamiento.

### 3.3.2.2. Tratamiento de datos

Ya que la bomba, los días que está en funcionamiento fuera de los meses de riego más críticos, trabaja

prácticamente siempre en el mismo horario, es posible relacionar los datos eléctricos con los datos de altura tomados en la instalación aunque las mediciones se hiciesen en distintos días. Junto con los datos del caudal, que es aproximadamente constante mientras la bomba trabaja en su punto de funcionamiento, se pueden obtener la potencia útil de la bomba y su rendimiento en cada punto de medición con las siguientes fórmulas:

$$P_{u,a,t} = \gamma \cdot Q_{b,a} \cdot H_{man,a,t} \quad (1)$$

Donde:

$P_{u,a,t}$  es la potencia útil de la bomba actual en el punto t (dd/mm/aaaa - hh:mm) (W).

$\gamma$  es el peso específico del agua (9810 N/m<sup>3</sup>).

$Q_{b,a}$  es el caudal bombeado por la bomba actual en el punto de funcionamiento (m<sup>3</sup>/s).

$H_{man,a,t}$  es la altura manométrica de la bomba actual en el punto t (dd/mm/aaaa - hh : mm).

La altura manométrica total impulsada por una bomba se puede definir como el aumento de la energía por unidad de peso que experimenta el fluido desde la entrada hasta la salida de la bomba. Se calcula mediante un balance de energías utilizando el principio de Bernoulli, para el que se asume viscosidad nula, caudal constante, flujo incompresible (densidad constante) y flujo laminar, quedando la siguiente expresión simplificada (2):

$$H_{man} = \frac{P_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} + z_i - \left( \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} + z_a \right) \quad (2)$$

Donde:

$H_{man}$  es la altura manométrica (m).

$\frac{P_x}{\gamma}$  es la presión en x (m).

$\frac{v_x^2}{2g}$  es la altura de velocidad en x (m).

$z_x$  es la altura geométrica en dirección de la gravedad desde la toma de la presión hasta x (m).

El subíndice  $i$  es la impulsión.

El subíndice  $a$  es la aspiración.

En esta ecuación aplicada a la instalación hidráulica de la Llacuna se eliminaría el término de la presión en la aspiración, ya que la aspiración se hace desde una balsa a presión atmosférica con una bomba sumergida, y se desprecian los términos de alturas de velocidad ya que tienen un valor insignificante respecto al total. Por tanto, la ecuación de la altura manométrica de la instalación queda:

$$H_{man,a,t} = H_{l,a,t} \cdot 10,2 + H_{geom,l,a} \quad (3)$$

Donde:

$H_{man,a,t}$  es la altura manométrica de la bomba actual en el punto t (dd/mm/aaaa - hh:mm) (m).

$H_{l,a,t}$  es la altura de presión leída por el manómetro en la instalación actual en el punto t (dd/mm/aaaa - hh:mm) (bar).

10,2 para convertir los bar a m (1bar = 10,2m).

$H_{geom,l,a}$  es la diferencia de alturas geométrica entre el punto en el que se hace la medición de la impulsión y la lámina de agua de la balsa (1,5m).

Haciendo el cálculo con la fórmula anterior (3) en todos los puntos de medición en los que la bomba

está en funcionamiento, se obtiene una altura manométrica media de la instalación. Los resultados de altura manométrica media y potencia útil media se muestran en la siguiente tabla (1):

Altura manométrica media ( $H_{man,a}$ )	Potencia útil media ( $P_{u,a}$ )
60,77 mca	29,57 kW

**Cuadro 1:** *Altura manométrica y potencia útil medias de la instalación hidráulica actual.*

Para obtener el rendimiento de la bomba, se utiliza la fórmula que se muestra a continuación.

$$\eta_{bomba,a,t} = \frac{P_{u,a,t}}{W_{total,t}} \cdot 100 \quad (4)$$

Donde:

$\eta_{b,a,t}$  es el rendimiento de la bomba actual en el punto t (dd/mm/aaaa – hh : mm).

$P_{u,a,t}$  es la potencia útil de la bomba actual en el punto t (dd/mm/aaaa - hh:mm) (W).

$W_{total,t}$  es la potencia leída por el analizador de redes consumida por la bomba en el punto t (dd/mm/aaaa - hh:mm) (W).

De la misma forma que antes, haciendo una media entre los rendimientos obtenidos de cada punto, se obtiene un rendimiento medio, que se muestra en la siguiente tabla (2):

Rendimiento de la bomba ( $\eta_{bomba,a}$ )
50,95 %

**Cuadro 2:** *Rendimiento medio de la instalación hidráulica actual.*

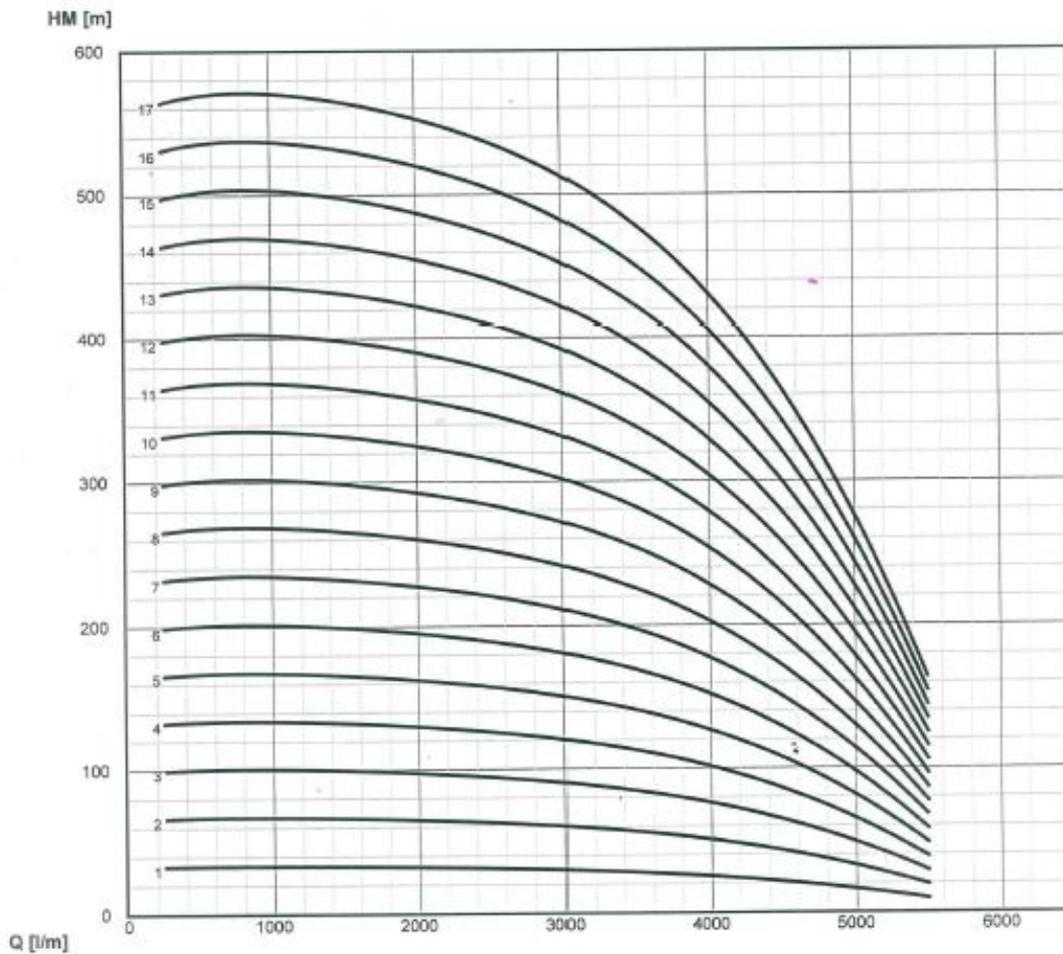
### 3.3.2.3. Curvas y punto de funcionamiento

En este apartado se procede a comparar las curvas de catálogo con el punto de funcionamiento de la bomba en su instalación.

En las siguientes imágenes, se muestran la tabla de los datos Q-H (caudal-altura) señalados en amarillo y la curva Q-H del catálogo de la bomba (7).

CODIGO CODE CODE	BOMBA PUMP POMPE	MOTOR MOTOR MOTEUR	POTENCIA POWER PLISSANCE		INST.	DIMENSIONES - DIMENSIONS (mm. - inch )				PESO WEIG. POIDS (kg. lb)	CAUDAL-CAPACITY-DEBIT ( l/min. - USGPM )				
			CV/HP	kW		DIAM. MOT.	MAX. DIAM.	A	L		3000	3500	4000	4500	5000
											793	925	1057	1190	1320
											ALTURA-HEAD-HAUTEUR ( m. - feet)				
911804031601	316-1	18-3/040	30	22	H+V	182	250	1408	1683	204	28	26	24	20	14
						7"1/4	9"7/8	55"1/2	66"1/4	450	92	85	79	66	46
911807631602	316-2	18-3/076	60	44	V	182	250	1778	2233	303	56	53	49	42	34
						7"1/4	9"7/8	70"	88"	668	184	174	161	138	112
912505031603	316-3	25-3/050	88	65	H+V	244	250	1640	2275	413	86	80	74	63	52
						9"5/8	9"7/8	64"5/8	89"5/8	910	282	262	243	207	171
912506031604	316-4	25-3/060	116	85	H+V	244	250	1740	2555	485	117	107	99	86	71
						9"5/8	9"7/8	68"1/2	100"5/8	1069	384	351	325	282	233
912508031605	316-5	25-3/080	145	107	H+V	244	252	1940	2935	590	146	135	125	109	89
						9"5/8	10"	76"3/8	115"5/8	1301	479	443	410	358	292
912510031606	316-6	25-3/100	172	126	V	244	252	2190	3365	700	175	163	150	130	106
						9"5/8	10"	86"1/4	132"1/2	1543	574	535	492	427	348
942512531607	316-7	25-3/125	202	149	V	244	254	2440	3795	835	204	190	175	152	123
						9"5/8	10"	96"	149"1/2	1841	768	623	574	499	404
942512531608	316-8	25-3/125	232	171	V	244	254	2440	3975	860	234	217	200	174	142
						9"5/8	10"	96"	156"1/2	1896	768	712	656	571	466
913506031609	316-9	35-1/060	260	191	H+V	335	335	1960	3675	980	263	243	225	196	160
						13"1/8	13"1/8	77"	145"	2160	863	797	738	643	525

(a) Tabla Q-H del catálogo del bombeo Llacuna a 2900 RPM.

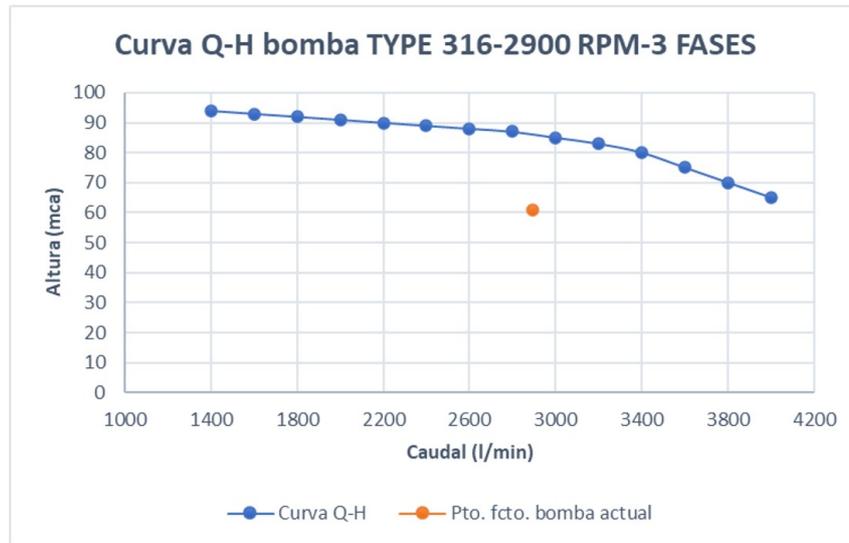


(b) Curvas Q-H del catálogo del bombeo Llacuna a 2900 RPM.

Figura 7: Datos Q-H del bombeo Llacuna.

En la siguiente imagen (8) está representada la curva Q-H de la bomba de 3 fases de catálogo, que

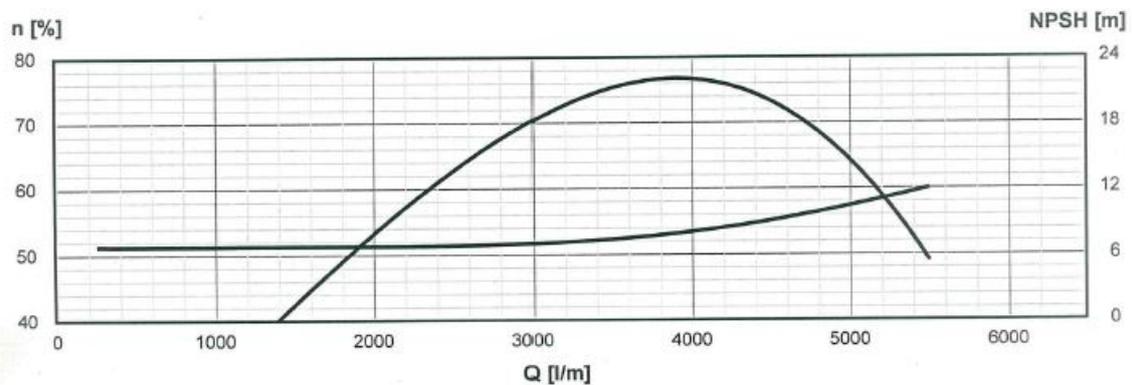
corresponde a la de la bomba de la instalación, junto con el punto en el que trabaja la bomba en la instalación de la balsa Llacuna.



**Figura 8:** Curva Q-H y punto de funcionamiento del bombeo Llacuna a 2900 RPM.

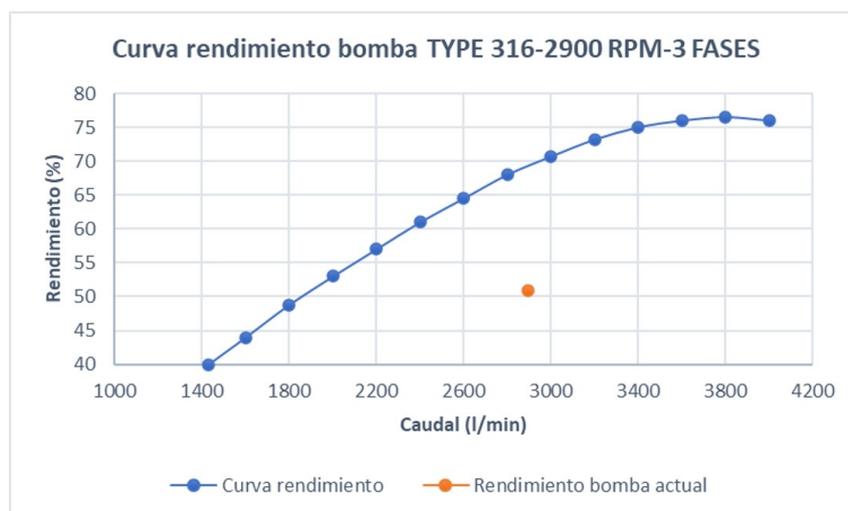
El punto de funcionamiento queda unos 25 mca por debajo de la altura esperable de acuerdo con las curvas de catálogo de la bomba.

A continuación se muestran las curvas de rendimiento y NPSH de catálogo de la bomba (9).



**Figura 9:** Curvas NPSH y rendimiento del bombeo Llacuna a 2900 RPM.

En la siguiente imagen (10), en la que se representa la curva de rendimiento de la bomba de catálogo junto con el rendimiento del punto de funcionamiento de la bomba en la instalación, se aprecia que la bomba tiene 13 puntos menos de rendimiento respecto al que debería tener según el catálogo.



**Figura 10:** Curva matriz de catálogo de la bomba y punto de funcionamiento del bombeo Llacuna.

De la curva Q-H de catálogo de la bomba y mediante la expresión de potencia útil (1) se puede obtener la potencia útil de la bomba según catálogo y compararla con la potencia útil real. En la siguiente tabla se muestran las potencias útiles a 2983 l/min.

Potencia útil de la bomba $P_{u,a,t}$	Potencia útil de la bomba según catálogo
29,57 kW	41,93 kW

**Cuadro 3:** Comparación entre potencia útil de catálogo y potencia útil real del bombeo Llacuna a 2983 l/min.

La potencia útil de la bomba es un 30 % menor de lo esperado según la información de catálogo.

El NPSH no se tiene en cuenta al tratarse de una bomba que está completamente sumergida.

### 3.3.3. Auditoría energética

Para la realización de la auditoría energética se utiliza la propuesta de Protocolo de Auditoría del IDAE "Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regantes", incluida en el fondo editorial del IDAE "Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura". Este protocolo se desarrolla con la finalidad de promover planes de mejoras energéticas dentro de las comunidades de regantes.

La Comunidad de Regantes de la Vall d'Uixó es una corporación de Derecho Público, esto es, una entidad autónoma con personalidad jurídica, que se encarga de la gestión del aprovechamiento de una parte de las aguas de la confederación hidrográfica del Júcar, a la que está adscrita. Las funciones básicas de las comunidades de regantes son administrar el funcionamiento y buen aprovechamiento de la concesión del recurso hidrográfico, y la distribución del agua de riego dentro de la comunidad del modo más eficaz posible y equitativo entre los miembros que la conforman.

Una de las medidas a tomar para la modernización de la instalación de la comunidad de regantes de la Vall d'Uixó sería sustituir las acequias usadas para la distribución de agua por tuberías a presión. Esto permitiría la eliminación de posibles pérdidas de agua por evaporación y minimizar las pérdidas de

infiltración, además de tener un mayor control de los consumos.

Respecto al consumo energético, los puntos críticos están ubicados en las estaciones de bombeo que suministran de presión a la red de distribución del agua. En la instalación en estudio en este proyecto, la procedencia del agua es superficial, el riego se hace a presión de bomba en uno de sus seis turnos de riego, y en el resto de turnos por gravedad (demanda energética nula). La cota del punto de captación respecto a la de la zona de consumo es negativa, y por tanto desfavorable, por lo que se necesita un aporte de energía o bombeo. Teniendo en cuenta estas 3 características y atendiendo a la tabla elaborada por el IDAE que se muestra en la imagen a continuación (11), la comunidad de regantes de La Vall d'Uixó se calificaría como "Poco consumidora".

**Tabla 2. Calificación del consumo energético de una comunidad de regantes, según procedencia del agua, sistema de riego y topografía**

Procedencia del agua	Sistema de Riego	Topografía	Calificación Energética
SUBTERRÁNEA	Aspersión	Desfavorable	Gran Consumidora
		Favorable	Gran Consumidora
	Goteo	Desfavorable	Gran Consumidora
		Favorable	Gran Consumidora
	Gravedad	Desfavorable	Consumidora
		Favorable	Consumidora
SUPERFICIAL	Aspersión	Desfavorable	Consumidora
		Favorable	Poco Consumidora
	Goteo	Desfavorable	Consumidora
		Favorable	Poco Consumidora
	Gravedad	Desfavorable	Poco Consumidora
		Favorable	No Consumidora

**Figura 11:** Calificación del consumo energético de una comunidad de regantes según la procedencia del agua, sistema de riego y topografía.

El IDAE propone medidas de ahorro y eficiencia energética en los equipos de bombeo, algunas de las cuales son de aplicación al desarrollo de este proyecto y se van a tener en cuenta para el diseño de la nueva instalación. Estas medidas son:

- Dimensionado de los grupos de bombeo para caudales de funcionamiento habitual en la instalación. Esto consiste en no sobredimensionar el caudal necesario, ni calcularlo para regar el 100 % de la superficie regable, ya que en la mayoría de ocasiones no se riega toda la superficie de la comunidad ni al mismo tiempo. Es por esto que sería necesario tener en cuenta un estudio de los consumos anuales de la comunidad para dimensionar la bomba adecuadamente.
- Instalar equipos de control electrónico para reducir la intensidad en el arranque de los motores. El arranque de los motores a un elevado par de arranque puede ser perjudicial, por lo que se recomienda usar un arranque estrella-triángulo. Los variadores de frecuencia también pueden ser usados para reducir el pico de intensidad en el arranque.
- Mantenimiento de los equipos. Además de inspecciones rutinarias por parte de los técnicos de la instalación que consistan en inspecciones oculares y auditivas, comprobación de los filtros, etc. o inspecciones más exhaustivas en las que se compruebe el buen alineamiento, sustitución de filtros en caso necesario, comprobación

del consumo eléctrico o cambio de los componentes de desgaste como los aros cierre, hay elementos cuya incorporación puede facilitar esta labor. Los sensores de presión, válvulas anti-rotura y presostatos son elementos de control que pueden enviar alarmas que, en caso de avería, permitan detectarla y resolverla con rapidez.

- Cambio en el manejo de los equipos según las necesidades.  
Para detectar variaciones en el funcionamiento de la bomba y en función de las condiciones de trabajo, es importante realizar comprobaciones de funcionamiento. Por ejemplo, el desgaste de los elementos mecánicos puede aumentar en agua con alto contenido en arena.

### 3.3.4. Conclusiones del estudio de necesidades, limitaciones y condicionantes

Tras el análisis de la instalación hidráulica actual y su posterior auditoría energética se llega a las siguientes conclusiones:

- La bomba no está trabajando en su punto de funcionamiento teórico, sino muy por debajo de éste, lo que hace que su rendimiento este muy por debajo del esperado.
- El rendimiento tan bajo de la bomba hace que se consuma aproximadamente un 30 % más de la energía que se consumiría si la bomba estuviese trabajando en un punto de trabajo adecuado.
- La bomba trabaja siempre al mismo caudal y altura, independientemente de las necesidades del regadío en cada momento o época del año. Por tanto, la energía que consume la bomba no está optimizada.
- El equipo de bombeo data del año 1995, tiene una antigüedad de 26 años. Es por esto que queda muy desfasado respecto a las características e innovaciones que hay hoy en día en el mercado para las instalaciones hidráulicas.

En esta instalación y debido a los problemas detectados mencionados anteriormente, además de las continuas averías de su motor, se determina la necesidad de renovar por completo el equipo de bombeo.

A continuación se procede a citar las limitaciones que se deben tener en cuenta para el nuevo diseño de la instalación. Por una parte, la calidad del agua y la cantidad de partículas en suspensión para la correcta selección de materiales en la bomba y componentes como filtros. A su vez también es conveniente tener en cuenta las medidas de la balsa Llacuna, en la que se ubicará la bomba, y su nivel de agua habitual, para así determinar la longitud máxima de bomba que puede ser instalada y la longitud de carrete y/o tramos de tubería que necesiten añadirse desde la impulsión para que la bomba quede sumergida en el agua. Se deben tener en cuenta también las características de la impulsión, y de la tubería instalada que conduce el agua hasta la balsa Sequiota, para considerar las pérdidas de carga que éstas ocasionarán, así como el trazado de la tubería de conexión entre las dos balsas. Por último, es importante considerar la demanda de agua de los regadíos que utilizan el agua de la balsa Sequiota y la capacidad de ésta para seleccionar un punto de funcionamiento correcto para la bomba y dimensionar los paneles fotovoltaicos acorde a la energía necesaria. Todos estos puntos serán tenidos en cuenta durante el proceso de selección de componentes y dimensionamiento del nuevo equipo de bombeo.

El principal factor condicionante para el diseño de la nueva instalación es la mejora de la eficiencia y funcionamiento del nuevo equipo de bombeo respecto al actualmente instalado. Además, se pretende que el nuevo equipo suponga un ahorro energético y económico para la comunidad de regantes de la Vall

d'Uixó.

Se decide tomar, de forma general, las siguientes medidas para la satisfacción de las necesidades, y el cumplimiento de las limitaciones y condicionantes anteriormente mencionados:

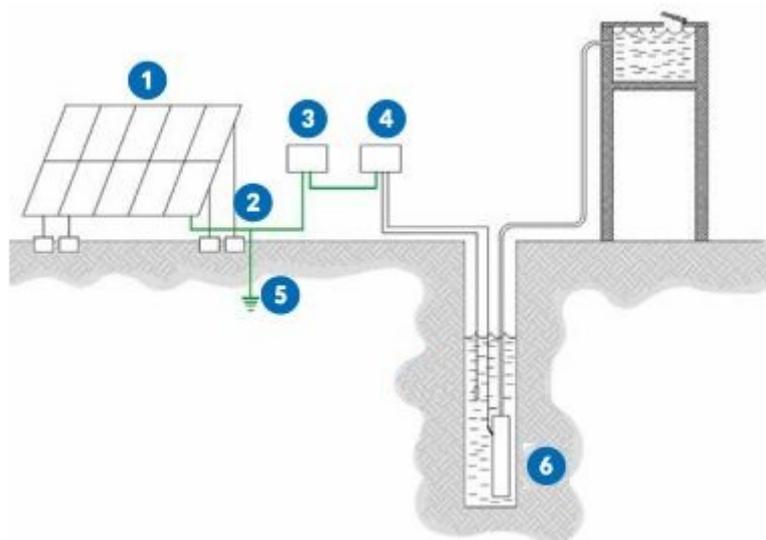
- Actualizar el equipo de bombeo, mejorando sus características y adaptándolo a las necesidades actuales de la comunidad de regantes.
- Renovar la bomba y su motor, instalando un nuevo equipo que funcione por energía solar.
- Incorporar las medidas de ahorro y eficiencia propuestas por el IDAE mencionadas en el apartado 3.3.3 "Auditoría energética" (3.3.3).

Estas medidas serán desarrolladas con mayor detalle a lo largo del desarrollo del proyecto.

### 3.4. Planteamiento de soluciones alternativas y justificación de la solución adoptada

En la siguiente sección se procede a describir de forma más detallada y técnica cuáles son las características de una instalación de bombeo solar, de sus componentes y sus alternativas aplicables a la instalación en estudio.

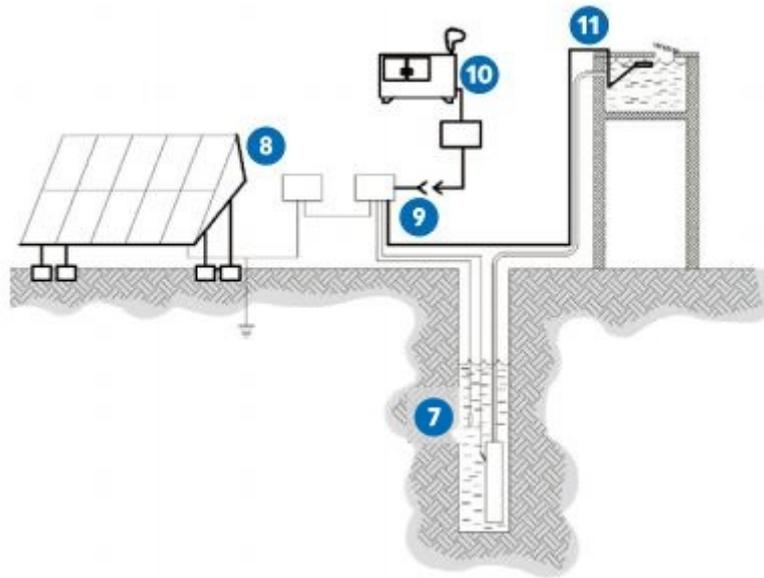
Como introducción a la descripción, se muestra a continuación un esquema (12) de los elementos básicos del bombeo solar: un convertidor de energía solar o módulos fotovoltaicos (n.1), una bomba hidráulica (n.6) accionada por dicho convertidor y un cuadro de control de la bomba (n.4). Están también representados los soportes de los paneles (n.2), el cuadro de protección con fusibles (n.3) y la toma a tierra (n.5). La balsa Llacuna estaría representada en este esquema por el pozo en el que se ubica la bomba, mientras que el tanque correspondería a la balsa Sequiota.



**Figura 12:** Esquema de componentes principales del bombeo solar.

A los elementos principales citados anteriormente, se les pueden incorporar distintos elementos que mejorarán el funcionamiento de la instalación, como son: actuadores en los soportes de los módulos que controlen la orientación de los módulos fotovoltaicos en función de la posición del sol para una generación óptima de energía (n.8) [10], entrada para generador de energía de emergencia (n.9), generador

de energía permanente para emergencias (n.10), sensor de nivel de agua en su almacenamiento para el arranque/parada automática de la bomba en función del nivel predefinido (n.11) y un sensor de nivel de agua en la ubicación de la bomba para arranque/parada automáticos de la bomba en situación de nivel bajo del agua (n.7). Se muestra un esquema de estos componentes incorporados a la instalación en la siguiente imagen (13):



**Figura 13:** Esquema de componentes opcionales del bombeo solar.

### 3.4.1. Bombeo solar: tipos

El bombeo solar se puede clasificar atendiendo a la forma de suministro de agua y atendiendo a la forma de suministro de energía [11].

#### 3.4.1.1. Según la forma de suministro del agua

Esto es, en función del recorrido del agua desde que sale de la bomba hasta su llegada a las explotaciones agrícolas.

- Suministro a balsa:
 

El agua es bombeada desde un pozo o balsa a un depósito, donde se almacena para su uso posterior, en este caso de estudio el riego agrícola. Al ser agua bombeada únicamente para su almacenamiento, no es necesario asegurar una presión concreta con un horario fijo, por lo que el funcionamiento de la bomba, estando correctamente dimensionada, podrá depender exclusivamente de la energía que proporcionen las placas en cada momento del día.
- Suministro directo:
 

El agua es bombeada directamente a las zonas de riego. Las exigencias de este tipo de suministro en cuanto a presión requerida y tiempos de funcionamiento son más altas. Es por ello que, este tipo de suministro, presenta mayor número de inconvenientes a la hora de llevarse a cabo.

#### 3.4.1.2. Según la forma de suministro de la energía

En función de la cantidad y tipos de fuentes de energía de una instalación hidráulica, ésta se puede clasificar entre los siguientes tipos:

- **Suministro aislado:**  
En los sistemas aislados, la energía que la bomba utiliza procede exclusivamente de los paneles fotovoltaicos. De esta forma, la bomba podrá trabajar únicamente en horas de sol y cuando la energía captada por los paneles sea suficiente para el arranque de la bomba. La presión suministrada por la bomba dependerá únicamente de la potencia proporcionada por los módulos, que en definitiva, depende del potencial solar derivado de las condiciones meteorológicas en cada momento.
- **Suministro híbrido eléctrico:**  
En este tipo de suministro eléctrico, la energía procede de más de una fuente. Las fuentes de energía serían una fotovoltaica, y otra que puede ser de red, grupo electrógeno o combustible, dependiendo del tipo de bomba escogido para la instalación. El cometido de la segunda fuente de energía es complementar a la primera, supliendo las faltas de potencia necesaria derivadas de condiciones meteorológicas, pudiendo así proporcionar presiones constantes y horarios más precisos de funcionamiento.
- **Suministro híbrido hidráulico:**  
Consiste en la instalación de dos bombas: una que funcione por suministro aislado, y otra que funcione por suministro de energía convencional. Siendo la bomba con suministro eléctrico fotovoltaico la principal, la otra bomba funcionaría como bomba auxiliar, supliendo las carencias de potencia de la primera.

### 3.4.2. Componentes hidráulicos

#### 3.4.2.1. Bomba y motor

La bomba hidráulica es una turbomáquina generadora. En ella se produce la cesión de energía del rodete de la máquina al fluido mediante la variación de su momento cinético, dotándolo a éste de mayor presión. En el intercambio de energía, el fluido no experimenta cambios de densidad apreciables.

Las bombas que pueden ser utilizadas en instalaciones de bombeo solar son:

- **Bombas centrífugas no sumergidas:**  
Son bombas que se sitúan en la superficie exterior. Su factor limitante es la altura de aspiración o distancia respecto a la lámina de agua, por lo que, para evitar problemas de cavitación, se suelen usar en alturas de aspiración nulas o positivas (cuando el pozo o tanque de suministro se encuentra a una cota superior a la de la bomba.). Las bombas más utilizadas de este tipo para la aplicación de riego son bombas con cuerpo de rodamientos en posición horizontal o vertical, bombas de cámara partida y bombas verticales de tipo multicelular. Este tipo de bombas pueden instalarse tanto con motores de combustión interna alternativos como con motores eléctricos.
- **Bombas centrífugas verticales sumergidas con motor no sumergible:**  
Estas son bombas centrífugas verticales de tipo multietapa. Son bombas muy versátiles, ya que aumentando o reduciendo su número de rodetes se pueden ajustar a la presión necesaria. Es por esto, además de por su reducido coste económico respecto a las bombas no sumergibles, que son muy utilizadas para riego. Ya que el motor se sitúa en el exterior del agua, se le pueden acoplar motores tanto eléctricos como de combustión. En las bombas verticales hay que tener en cuenta la sumergencia mínima, para que no trabajen mucho tiempo en seco. En el caso de las bombas

más largas, en las que el agua tarda más tiempo en recorrer todo el cuerpo de bomba y por tanto en refrigerar, se incorporan válvulas para que las bombas queden llenas aunque ya no estén en funcionamiento.

- **Bombas centrífugas verticales sumergidas con motor sumergible:**

Son bombas como las del tipo anterior, con la diferencia de que el motor está sumergido, por lo que sólo puede ser eléctrico. Se usan cuando se necesita mucha longitud para sumergir la bomba porque su montaje es más fácil al no tener que contar con distintos ejes que conectarían el del motor en la superficie con el de la bomba sumergida. Sin embargo, la refrigeración de estos motores es más mala al tener que asegurar su estanqueidad por estar sumergidos en el agua, por lo que suelen durar menos.

#### **3.4.2.2. Sensor de agua de bajo nivel en la ubicación de la bomba (opcional)**

La falta de agua en el pozo o balsa donde se ubica la bomba es importante tenerla en cuenta tanto en bombas no sumergibles, ya que aumentaría de forma negativa su altura de aspiración, como en bombas sumergibles, para que no trabajen en seco. Para evitar estas situaciones, una posible solución es colocar un sensor conectado mediante una sonda con el que se impediría que la bomba trabajase cuando la altura de la lámina de agua fuese inferior a la de la localización del sensor.

#### **3.4.2.3. Sensor de agua de bajo nivel en la ubicación del depósito (opcional)**

La ubicación de un sensor de nivel de agua en el depósito permitiría el arranque automático de la bomba cuando la lámina de agua fuese inferior al nivel en el que se ubica el sensor, aprovechando así al máximo el potencial solar disponible en cada momento y evitando que se bombee agua cuando el depósito ya está lleno. Pueden usarse "sensores de contacto de voltaje libre", que como un interruptor se abrirían o cerrarían alcanzado el nivel señalado. Otra opción es el uso de "sondas potenciométricas", sensores capaces de medir el nivel del agua y mostrar el resultado en una pantalla, además de poder activar o desactivar la bomba con la ayuda de los sensores anteriormente mencionados.

#### **3.4.3. Componentes instalación eléctrica**

Los componentes eléctricos que completarían la instalación de bombeo solar se listan a continuación.

##### **3.4.3.1. Módulos fotovoltaicos**

Los módulos fotovoltaicos son una unidad formada por distintas celdas fotovoltaicas, diseñados para generar corriente continua bajo la luz solar no concentrada. Su material principal es el silicio. Se diferencian fundamentalmente en el modo de fabricación, pudiendo encontrar los siguientes tipos:

- **Monocristalino:**

El material semiconductor de las celdas es el silicio puro fundido y dopado con boro. Presentan un color azul homogéneo. Son el tipo de mejor eficiencia, hasta un 20%, aunque también son los más caros.

- **Policristalino:**

El material semiconductor de las celdas es el silicio pero con menos fases de cristalización, por lo que presenta muchos granos de cristal. Su superficie es de distintos tonos azules. Aunque menos eficientes, son más baratos.

- Amorfo:

El silicio se deposita en forma de lámina delgada sobre un sustrato como vidrio o plástico. No existe conexión visible entre las células fotovoltaicas. Es el de menor eficiencia, por debajo del 10%.

Los módulos fotovoltaicos están sustentados por soportes, que pueden ser fijos o móviles:

- Soportes fijos:

Diseñados para una inclinación óptima de los módulos, que depende de su localización geográfica, y que se mantiene fija. Las estructuras pueden ser de aluminio, acero galvanizado, o acero pintado para resistir a la corrosión.

- Soportes de seguimiento solar:

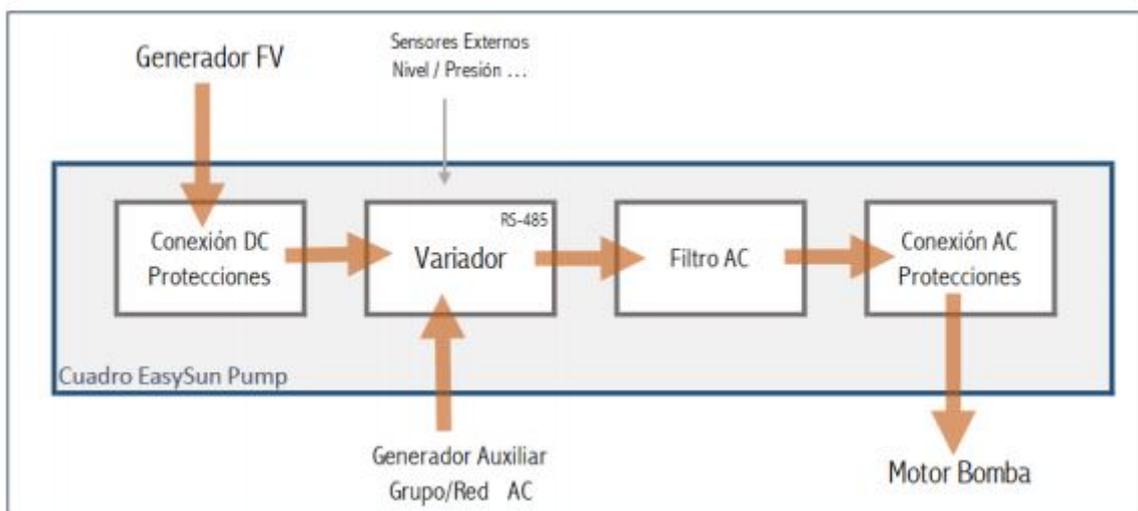
Están completamente automatizados, buscando la perpendicular de los módulos que sustentan con los rayos del sol en todo momento para así obtener el máximo beneficio de la fuente de energía solar.

- Soportes de modificación manual:

Son soportes cuya inclinación puede cambiar de forma manual para una mejor adaptación de los módulos en función de la estación o la temporada del año en la que se encuentre la instalación. Permite por tanto un aumento en la eficiencia de los módulos.

### 3.4.3.2. Variador y controlador

Existen cuadros especiales que incorporan sistemas de control, y protecciones específicamente diseñados para bombeo fotovoltaico. Estos sistemas tienen previstos los problemas típicos que aparecen en las instalaciones de bombeo solar, como por ejemplo las variaciones de potencia. Un esquema ilustrativo del funcionamiento de un cuadro de control es el siguiente (14):



**Figura 14:** Esquema ejemplo de componentes de un cuadro de control para bombeo solar.

La energía procedente de los módulos fotovoltaicos, tras pasar por las protecciones llega al variador, que junto con la información de los sensores externos gestiona la potencia recibida. En caso de disponer de un generador auxiliar añade además la potencia necesaria de éste, y la energía llega finalmente al motor tras ser transformada en alterna. Los variadores se encuentran en potencias desde los 1 kW hasta

los 280 kW de forma estándar, y su tensión nominal es de 230 V o 400 V.

Algunas de las funciones que pueden incorporar los controladores diseñados para bombeo solar son:

- Seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) del generador solar, optimizando la potencia obtenida de los paneles en cada momento.
- Protección frente al "paso de nubes", ya que pueden provocar variaciones bruscas en el funcionamiento de la bomba, como arranques repentinos o paradas bruscas que podrían dañar la instalación hidráulica.
- Entrada AC para equipo auxiliar de alimentación.
- Detección de nivel de agua en el pozo.
- Detección de nivel de agua en depósito.

#### 3.4.3.3. Tomas a tierra, cableado y elementos de protección

Además de las protecciones incluidas en el cuadro de control, se debe contar con conexiones a tierra de los siguientes equipos:

- Paneles solares
- Soportes de los paneles solares
- Cuadro de control y variador
- Motor

Además, para proteger la instalación de posibles aumentos en la cantidad de agua bombeada o en su presión respecto a los valores máximos establecidos, lo que provocaría un mal funcionamiento de la bomba y un sobrecalentamiento del motor, se puede añadir en la instalación un presostato, sensores de presión o válvulas anti-rotura. El presostato eléctrico iría conectado al cuadro de control, de forma que cortaría el circuito eléctrico cuando la presión superase la máxima establecida en su configuración. La válvula anti-rotura o limitadora limita los caudales que circulan por ella a un caudal máximo prefijado, independientemente de la presión de este caudal. El sensor de presión tiene la misma función que un presostato pero su instalación es distinta.

Por otra parte, el cableado utilizado en la instalación debe ser lo suficientemente resistente como para soportar las condiciones ambientales y meteorológicas a la intemperie.

#### 3.4.4. Soluciones elegidas para el rediseño de la instalación y justificación

Se procede a describir las soluciones elegidas para el rediseño de la instalación y a razonar el por qué de dichas decisiones.

Para comenzar con la selección de la bomba, se debe tener en cuenta que la instalación hidráulica de la balsa Llacuna realiza el transporte de agua de balsa a balsa. Es por esto que las variaciones de potencia que se dan en un suministro únicamente fotovoltaico no serían tan importantes, lo que posibilita la instalación de un sistema aislado. Éste es el suministro seleccionado por ser el más rentable, al evitarse el coste adicional que conllevaría un segundo suministro de energía conectado a la red eléctrica o por consumo

de combustibles fósiles.

El tipo de bomba seleccionada es una bomba vertical sumergida con motor no sumergido, para mejorar la refrigeración y durabilidad del motor respecto a la bomba que ya hay instalada, y así también mejorar su funcionamiento. Además, el mantenimiento de la bomba con el motor no sumergido es más sencillo.

Se considera añadir un sensor de agua de bajo nivel en la balsa Sequiota (depósito), para así optimizar el uso de la energía solar captada por los módulos fotovoltaicos e intentar mantener siempre llena la balsa Sequiota. De esta forma, la falta de potencia suficiente en determinado momento, debida a condiciones climáticas por ejemplo, no sería problema si se hace un buen dimensionamiento de la instalación. No se añade un sensor de agua de bajo nivel en el depósito para que la bomba no trabaje con bajo nivel de agua, ya que la balsa Llacuna se mantiene ya siempre al mismo volumen gracias al uso de una boya de nivel, que controla el agua procedente de la acequia que llena la balsa. De esta forma, la bomba nunca trabajará en seco.

Los módulos fotovoltaicos instalados serán los de tipo monocristalino, al ser los que mejor aprovechan la energía solar por tener una mayor eficiencia. A estos módulos se les incorporarán soportes fijos, ya que son los más sencillos y fáciles de mantener.

El cuadro de control de la instalación será especial, para adaptarse mejor a las necesidades del bombeo solar y mejorar el funcionamiento de la instalación.

Respecto a las protecciones, se incluirán válvulas especiales y elementos de medida para proteger a la instalación de posibles sobrepresiones que pudiesen darse por picos de potencia en la instalación fotovoltaica, y que no fuesen detectados en filtros anteriores si se diese algún fallo en la instalación eléctrica.

### 3.5. Dimensionamiento de la instalación de bombeo solar

Este apartado se dedica al dimensionamiento y selección de todos los elementos de la instalación hidráulica y fotovoltaica.

#### 3.5.1. Selección de la bomba y el motor

Para la selección de la bomba, son necesarios los siguientes datos:

- La altura en el punto de trabajo, que es la presión que tendrá que proporcionar la bomba para que el agua llegue a la balsa Sequiota.
- El caudal nominal, que dependerá de la cantidad de agua consumida por la comunidad de regantes. Éste puede variar dependiendo de la temporada de riego, el tipo de riego y la cantidad de hectáreas a regar. A su vez también dependerá de la cantidad de agua que sea capaz de almacenar la balsa Sequiota.

##### 3.5.1.1. Cálculo del caudal en el punto de trabajo

Como dicho anteriormente, la cantidad de agua que se necesita para el riego de terrenos de regadío varía a lo largo del año, dependiendo de la estación o de la cantidad de lluvias en una época determinada. Es por eso que, con la selección de la bomba, se deben de poder cubrir todos los casos, tanto los más favorables como los más desfavorables. Al tratarse de una instalación de bombeo solar aislado, en la que no es posible controlar las horas de funcionamiento de la instalación ya que estas dependerán de las horas de sol disponibles cada día, se seleccionará una bomba que, en su punto nominal, trabaje para el caso más desfavorable. Éste se daría en verano, cuando los días de riego son más frecuentes.

Los datos disponibles para el cálculo del volumen de agua que necesita bombear la instalación en los meses de verano son los siguientes:

- La balsa depósito (Sequiota) tiene una capacidad de  $22.000 \text{ m}^3$ .
- Cada día de riego, se consumen entre  $3.200$  y  $3.700 \text{ m}^3$ .
- En periodo de verano, se llega a regar 6 días a la semana.
- El periodo de riego de verano transcurre del 15 de junio al 15 de septiembre.
- La bomba actual, en periodo de verano, bombea  $179 \text{ m}^3/\text{h}$  durante 13 - 16 horas al día entre semana y 24 horas al día los fines de semana.

Para el cálculo del volumen diario que debe ser bombeado por la bomba, se utiliza la siguiente ecuación (5), en la que se calculan el número de balsas consumidas en todo el periodo de riego más crítico, y el volumen diario que debe bombear la bomba para abastecer todas esas balsas consumidas en ese mismo periodo.

Se tiene en cuenta que se consumen de la balsa  $3.700 \text{ m}^3/\text{día}$  6 días a la semana, y que el periodo de riego en verano crítico consta de 13 semanas (91 días en total).

$$Q_{\text{diario},c} = \frac{3700 \cdot 6 \cdot 13}{91} \quad (5)$$

Donde:

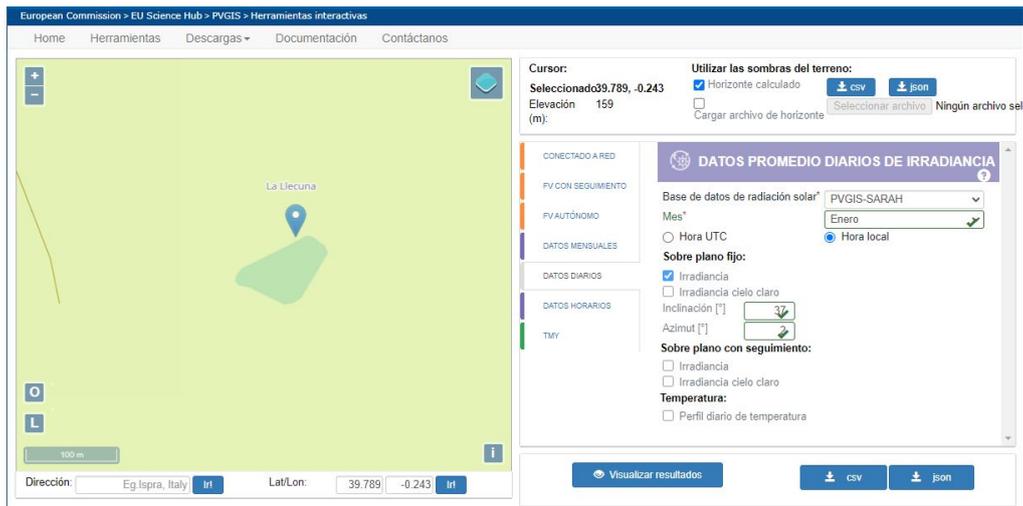
$Q_{\text{diario},c}$  es el volumen crítico que necesita ser bombeado diariamente ( $\text{m}^3/\text{día}$ ).

Se obtiene un resultado de  $3.171,4 \text{ m}^3/\text{día}$  en la ecuación anterior, para reponer las balsas vaciadas, que son 13,1 en total.

Para mayor seguridad, se comprueba que en el caso más restrictivo de funcionamiento del bombeo Llacuna (funcionamiento de 16 horas al día 4 días entre semana y 24 horas al día durante todo el fin de semana) en el punto de trabajo de la bomba actual ( $179 \text{ m}^3/\text{h}$ ), el caudal bombeado es igual o superior al obtenido con la ecuación anterior (5). Se obtienen  $3.273 \text{ m}^3/\text{día}$ , que sería suficiente como para llenar 13,5 balsas en el periodo de verano. Por tanto, el caudal diario crítico que se toma para el diseño de la instalación es de  $3.273 \text{ m}^3/\text{día}$ .

Para el cálculo del caudal también es necesario saber la cantidad de energía de la que se dispondrá de media a lo largo de un día. La irradiación del sol va variando en función de la hora del día, por lo que es útil usar el término de "horas solares pico" (HSP) para los cálculos. Las horas solares pico son el número de horas al día en las que los paneles recibirían irradiación si ésta fuese constante e igual a  $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ . La base de datos de la web creada por la Comisión Europea y su herramienta "PVGIS" (Photovoltaic Geographical Information System) [1] permite obtener una gran cantidad de datos sobre los recursos

solares en función del lugar geográfico seleccionado. Esta base de datos trabaja con lo que se llama el año meteorológico típico (TMY), que lo conforman el conjunto de valores obtenidos para distintas variables meteorológicas tras su medición durante 10 años o más. El TMY de la base de datos del PVGIS sigue el procedimiento descrito en la norma ISO 15927-4 (Comportamiento higrótico de edificios. Cálculo y presentación de datos climáticos. Parte 4: Datos horarios para la evaluación de la energía anual utilizada en calefacción y refrigeración.). Para obtener las HSP con las que se podrá contar en la instalación en cada mes, se utiliza la pestaña "Datos promedio diarios de irradiancia" mostrada en las siguientes imágenes (15). Las coordenadas que se usan para los cálculos en el programa son latitud 39,789 y longitud -0,243.



European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Herramientas interactivas

Home Herramientas Descargas Documentación Contáctanos

Cursor: Seleccionado 39.789, -0.243  
Elevación 159 (m)

Utilizar las sombras del terreno:  
 Horizonte calculado  
 Cargar archivo de horizonte

CONECTADO A RED

FV CON SEGUIMIENTO  
FV AUTÓNOMO

DATOS MENSUALES

DATOS DIARIOS

DATOS HORARIOS

TMY

Datos promedio diarios de irradiancia

Base de datos de radiación solar: PVGIS-SARAH  
Mes: Enero  
 Hora UTC  
 Hora local

Sobre plano fijo:  
 Irradiancia  
 Irradiancia cielo claro  
Inclinación [°]  
Azimut [°]

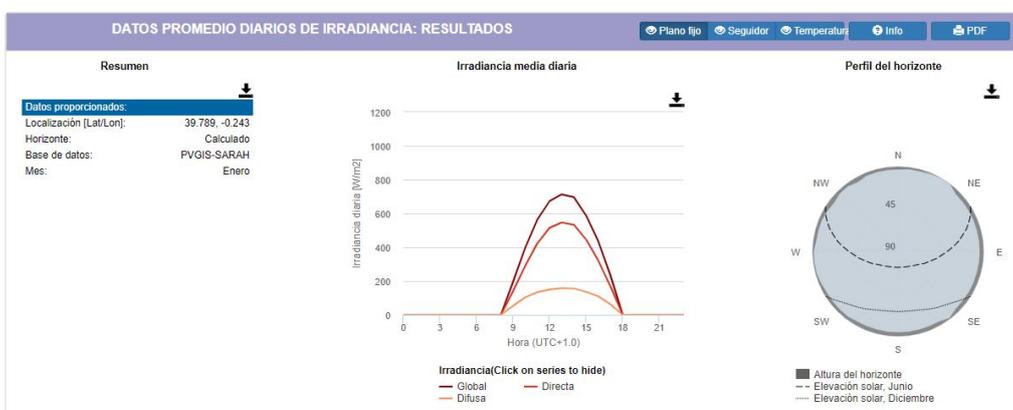
Sobre plano con seguimiento:  
 Irradiancia  
 Irradiancia cielo claro

Temperatura:  
 Perfil diario de temperatura

Dirección: Eg Ispra, Italy Lat/Lon: 39.789, -0.243

Visualizar resultados

(a) Datos introducidos en PVGIS.



(b) Resultados de irradianción obtenidos en PVGIS.

Figura 15: Obtención de datos mediante programa PVGIS.

Con esta herramienta se obtienen los datos de la irradianción media diaria global en cada mes, y con ellos las HSP medias diarias de cada mes, utilizando la fórmula mostrada a continuación (6). La inclinación y azimut de las placas solares aplicadas son óptimas, y son calculadas previamente también con el programa PVGIS para la ubicación de la instalación fotovoltaica.

$$HSP = \frac{\sum Irr_t}{1000} \quad (6)$$

Donde:

$HSP$  son el número de horas solares pico ( $h$ ).

$Irr_t$  es la irradianción global del sol en cada hora del día ( $Wh/m^2$ ).

1000 son las unidades de irradiación de referencia ( $W/m^2$ ).

Se toma  $1.000 W/m^2$  como unidad de referencia debido a que los módulos solares suelen ofrecer sus características técnicas calculadas en base a ese valor. Esto implica que cuando la irradiación global del sol sobre los paneles es de  $1.000W/m^2$ , la potencia que ofrecerán los módulos es el 100 % la establecida en sus especificaciones técnicas.

Las HSP disponibles en cada mes se muestran en la tabla a continuación (4).

Mes	Irradiación diaria global en plano fijo ( $W/m^2$ )	HSP (h)
Enero	4.489,8	4,5
Febrero	5.037,28	5
Marzo	5.796,17	5,8
Abril	6.286	6,3
Mayo	6.561,09	6,6
Junio	6.886,9	6,9
Julio	6.987,43	7
Agosto	6.778,4	6,8
Septiembre	6.116,24	6,1
Octubre	5.275,56	5,3
Noviembre	4.562,24	4,56
Diciembre	4.261,94	4,3

**Cuadro 4:** HSP medias diarias por meses en alrededores de la balsa Llacuna. Fuente: [1], actualizado a 15/10/2019.

Se toma agosto como mes más crítico para el dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica, al ser respecto a junio y julio el de menor número de HSP disponibles y ser menos lluvioso que septiembre. Además, el volumen de agua utilizado para riego en los meses de julio y agosto es considerablemente mayor al del resto de meses (de octubre a mayo), por lo que se consume mayor cantidad de energía.

Para obtener el caudal necesario en el punto de trabajo de la bomba, se utiliza la siguiente ecuación (7):

$$Q_{d,n} = \frac{Q_{diario,c}}{HSP_c} \quad (7)$$

Donde:

$Q_{d,n}$  es el caudal de diseño de la nueva bomba ( $m^3/h$ ).

$Q_{diario,c}$  es el volumen crítico que necesita ser bombeado diariamente ( $m^3/dia$ ).

$HSP_c$  son las horas solares pico medias diarias en el mes más crítico (h).

Sustituyendo en la ecuación anterior (7) los datos de agosto, se obtiene un caudal de diseño de  $481,3 m^3/h$  ( $0,13 m^3/s$ ,  $8.022 l/min$ ,  $133,7 l/s$ ).

El resultado obtenido para el caudal de diseño de la bomba se muestra en la siguiente tabla (5):

Caudal diario bombeado en el mes de riego crítico ( $Q_{diario,c}$ )	HSP en el mes de riego crítico ( $HSP_c$ )	Caudal de diseño nueva bomba ( $Q_{d,n}$ )
3.273 m <sup>3</sup> /día	Agosto: 6,8 h	481,3 m <sup>3</sup> /h

**Cuadro 5:** Resultados del cálculo del caudal de diseño de la nueva bomba.

### 3.5.1.2. Cálculo de la altura en el punto de trabajo

La altura de servicio de la bomba o altura de bombeo es el aporte energético que tendrá que proporcionarle la máquina al fluido. Ésta altura se puede calcular con la siguiente expresión (8), procedente de la ecuación de Bernoulli:

$$H_{c,n} = \left[ \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right] - \left[ \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right] + Z \quad (8)$$

Donde:

$H_{c,n}$  es la altura de cálculo de la nueva bomba ( $m$ ).

$\frac{P_n}{\gamma}$  es la presión en la superficie de  $n$  ( $m$ ).

$\frac{v_n^2}{2g}$  es la altura de velocidad en la tubería de  $n$  ( $m$ ).

$z_n$  es la altura geométrica en dirección de la gravedad desde la superficie de agua de la balsa Llacuna (aljibe) hasta  $n$  ( $m$ ).

El subíndice 1 es la balsa Llacuna (aljibe).

El subíndice 2 es la balsa Sequiota (depósito).

$Z$  es la suma de todas las pérdidas de carga en el circuito hidráulico ( $mca$ ).

La altura de bombeo obtenida será la energía mínima expresada en altura que deberá vencer la bomba para hacer llegar el agua a la balsa Sequiota. Las pérdidas de altura de velocidad serán tenidas en cuenta en la tubería de conexión. La  $Z$  representa las pérdidas de carga generadas por todos los elementos resistentes de la instalación.

Las pérdidas de carga de la instalación en estudio pueden clasificarse de forma general en dos grupos:

- Pérdidas por fricción:

Se producen a lo largo de las tuberías debido al rozamiento mecánico de las partículas del fluido a través de la misma, especialmente con la superficie de las paredes de la conducción. Se pueden calcular mediante la ecuación de Darcy-Weisbach (9) mostrada a continuación.

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

Donde:

$h_f$  son las pérdidas por fricción ( $m$ ).

$f$  es el factor de fricción, que representa la interacción física entre las partículas del fluido y las paredes de la tubería.

$L$  es la longitud de la tubería de unión entre las dos balsas ( $m$ ).

$D$  es el diámetro de la tubería de unión entre las dos balsas ( $m$ ).

$v$  es la velocidad del fluido dentro de la tubería de conexión entre las dos balsas ( $m/s$ ).

$g$  es el valor de la gravedad terrestre ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Para realizar el cálculo de la fricción entre el agua y la tubería, debe establecerse primero si el flujo circulante es laminar o turbulento. Para ello, se calcula el número de Reynolds ( $Re$ ), y el flujo se considerará laminar si éste es inferior a 2300 y turbulento si supera los 2300.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (10)$$

Donde:

$Re$  es el número de Reynolds.

$v$  es la velocidad del fluido dentro de la tubería de conexión entre las dos balsas ( $m/s$ ).

$D$  es el diámetro de la tubería de unión entre las dos balsas ( $m$ ).

$\nu$  es la viscosidad cinemática del agua ( $1,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/s$ ).

Al obtenerse un valor de  $Re$  de 348.071, el flujo que circula por la tubería es turbulento. Se usa la simplificación de Swamee y Jain (11) de la expresión de Colebrook y White para el cálculo del factor de fricción en flujo turbulento.

$$f = \frac{0,25}{[\text{Log}(\frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}})]^2} \quad (11)$$

Donde:

$f$  es el factor de fricción.

$\epsilon$  es la rugosidad de las paredes interiores de la tubería ( $PVC=0,0015$ ).

$D$  es el diámetro de la tubería de unión entre las dos balsas ( $m$ ).

$Re$  es el número de Reynolds.

Para el cálculo de la velocidad del fluido se usa el caudal bombeado y el área interior de la tubería, con la siguiente expresión (12):

$$v = \frac{Q_{d,n}}{A} \quad (12)$$

Donde:

$v$  es la velocidad del fluido dentro de la tubería de conexión entre las dos balsas ( $m/s$ ).

$Q_{d,n}$  es el caudal de diseño de la nueva bomba ( $m^3/s$ ).

$A$  es el área de la tubería de unión entre las dos balsas ( $m^2$ ).

Ya que el caudal de diseño ha incrementado notablemente respecto al caudal de la bomba de la instalación actual (2,7 veces mayor), el diámetro actual de la tubería de conexión no es lo suficientemente grande, ya que la velocidad del fluido que circula por ella pasaría de los  $1,2 \text{ m/s}$  actuales a ser de  $3,7 \text{ m/s}$ . Este aumento de la velocidad produce un gran incremento en las pérdidas por fricción en la tubería de transporte, de  $10,2 \text{ mca}$  actuales a  $68,35 \text{ mca}$  con el nuevo caudal de diseño. Es por esto que se considera necesario aumentar el diámetro de la tubería de conexión de DN230 a DN450  $mm$  (PN 16). Con este aumento en el diámetro se consigue reducir la velocidad del fluido con el nuevo caudal de diseño a  $0,89 \text{ m/s}$ , reducir por tanto las pérdidas por fricción, y de paso también la sobrepresión que pudiese producirse ante un golpe de ariete.

Los valores usados en los cálculos y el valor final de las pérdidas por fricción se adjuntan en la

siguiente tabla (6).

Factor de fricción ( $f$ )	Longitud de tubería ( $L$ )	Diámetro de tubería ( $D$ )	Velocidad del fluido ( $v$ )	Pérdidas por fricción ( $h_f$ )
0,028	1.003 m	0,45 m ( $e = 9,9$ mm)	0,89 m/s	2,64 m

**Cuadro 6:** Valores de cálculo y resultado de las pérdidas de carga en la tubería de la nueva instalación hidráulica.

■ Pérdidas menores:

Se producen cuando el fluido atraviesa elementos accesorios de la instalación como válvulas, acoplamientos, entradas a depósito, instrumentos de medición, etc. Estas pérdidas se producen debido a la turbulencia que estos componentes generan en el fluido tras su paso por ellos. Las pérdidas menores suelen ser menores en magnitud respecto a las de fricción.

Se considera 1,5 m de altura para cubrir las pérdidas causadas por los elementos accesorios.

Finalmente, se calculan las pérdidas de carga totales utilizando la siguiente ecuación (13):

$$Z = h_f + h_m \quad (13)$$

Donde:

$h_f$  son las pérdidas por fricción ( $m$ ).

$h_m$  son las pérdidas menores ( $m$ ).

La ecuación (14), con la que obtener la altura de cálculo de la bomba, resulta de simplificar la ecuación para el cálculo de la altura anterior (8).

$$H_{c,n} = H_{geom} + \frac{v^2}{2g} + Z \quad (14)$$

Donde:

$H_{c,n}$  es la altura de cálculo de la nueva bomba ( $m$ ).

$H_{geom}$  es la diferencia de alturas geométricas entre las dos balsas ( $m$ ).

$v^2/2g$  es la altura de velocidad ( $m$ ).

$Z$  son las pérdidas de carga ( $m$ ).

Los valores de cada uno de los términos de la anterior ecuación (14) y el resultado final de la altura de diseño de la bomba se muestran en la siguiente tabla (7).

Altura geométrica ( $H_{geom}$ )	Altura de velocidad ( $v^2/2g$ )	Pérdidas de carga ( $Z$ )	Altura de cálculo ( $H_{c,n}$ )
56 m	0,04 m	4,14 m	60,18 m

**Cuadro 7:** Valores de cálculo y resultado de la altura de diseño de la bomba de la nueva instalación hidráulica.

Ya que la potencia suministrada por una fuente de energía fotovoltaica es variable, y puede ser menor a la potencia necesaria para que los módulos ofrezcan su potencia máxima (calculada para 1000 W/m<sup>2</sup> de radiación), en instalaciones de bombeo solar se recomienda sobredimensionar la altura de bombeo.

De esta forma, en casos en los que la bomba trabaje a menor potencia, el agua será capaz de llegar a la balsa destino con un caudal suficientemente grande como para cubrir las necesidades de los regantes y compensar los momentos en los que la bomba haya trabajado en un punto de trabajo de menor caudal. Se sobredimensiona la altura de diseño un 20%. El punto de diseño final de la nueva bomba se muestra en la siguiente tabla (8).

Caudal de diseño ( $Q_{d,n}$ )	Altura de diseño ( $h_{d,n}$ )
481,3 m <sup>3</sup> /h	72 m

Cuadro 8: Punto de diseño de la nueva bomba.

Para seleccionar la bomba, se busca en el catálogo del fabricante una bomba vertical que proporcione un caudal mínimo de 8022 l/min a una altura mínima de 72 m. Ha de tenerse en cuenta que el motor de la bomba funcionará a frecuencia variable, por lo que conviene que el punto de trabajo quede en la curva Q-H a la derecha o lo más a la derecha posible del punto de máximo rendimiento en la curva de rendimiento de la bomba.

Del catálogo de bombas verticales de Bombas Ideal [12], se selecciona la bomba VG 162/4F2-A/255-45/E-132, de 4 fases, que a 8000 l/min da una altura de 76 m, con un rendimiento del 82,7% aproximadamente y un consumo de potencia en el eje de 130 kW según catálogo. Se muestran las curvas de la bomba en la siguiente imagen (16).

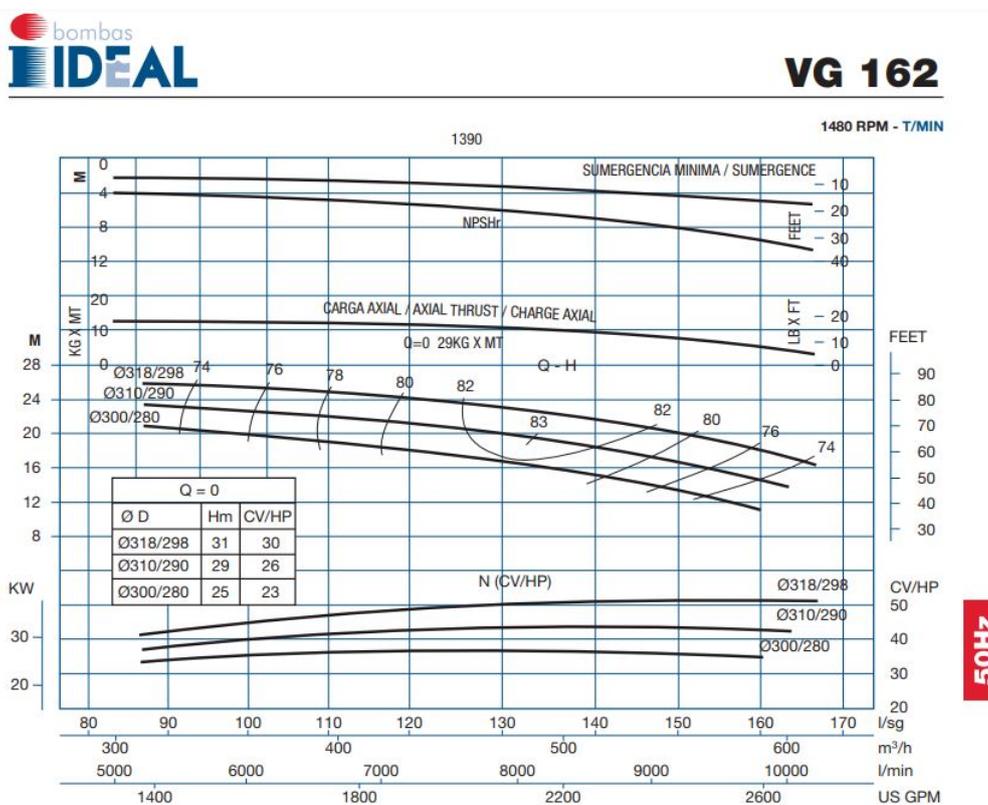


Figura 16: Curvas del catálogo de la bomba seleccionada (VG 162/4F2-A/255-45/E-132).

Bomba Pump Pompe	M. electrico		Caudal / Capacity / Debit							
	Electric M.		l/min	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000
	M. electrique		m <sup>3</sup> /h	396	420	480	540	600	660	720
	CV/HP	KW	l/seg	100	117	133	150	167	183	200
		US GPM	1588	1852	2117	2381	2646	2911	3175	
VG 162/1F1-A/255-40/E-37	50	37	H	22	20	19	18	16	14	
			P	41,0	41,9	45,8	47,4	47,2	47,1	
VG 162/1F-A/255-40/E-45	60	45	H	25	23	22	20	18	16	
			P	47,0	48,9	52,5	54,4	54,1	54,0	
VG 162/2F2E-A/255-40/E-55	75	55	H	33	32	29	27	24	21	
			P	65,1	67,1	69,6	72,1	71,9	71,6	
VG 162/2F1-A/255-40/E-75	100	75	H	44	42	39	36	32	28	
			P	81,7	83,6	89,6	92,8	92,3	92,2	
VG 162/2F-A/255-40/E-90	125	90	H	51	48	45	41	37	32	
			P	90,2	94,9	101,9	105,5	104,8	104,8	
VG 162/3F2-A/255-40/E-90	125	90	H	59	55	53	48	42	37	
			P	104,2	109,3	117,4	121,5	121,1	120,8	
VG 162/3F1-A/255-40/E-110	150	110	H	69	65	62	56	50	44	
			P	122,0	128,0	137,4	142,4	141,7	141,4	
VG 162/3F-A/255-45/E-132	180	132	H	77	73	69	62	56	49	
			P	135,6	142,3	152,8	158,3	157,4	157,1	
VG 162/4F2-A/255-45/E-132	180	132	H	85	80	76	69	61	54	
			P	149,4	156,8	168,3	174,3	173,5	173,1	
VG 162/4F-A/255-45/E-160	220	160	H	103	98	92	83	75	66	
			P	180,8	189,7	203,7	211,1	209,9	209,5	
VG 162/5F1-A/255-50/E-200	270	200	H	128	122	114	103	93	82	
			P	223,7	235,3	252,5	260,2	260,2	256,4	
VG 162/6F2-A/255-50/E-250	340	250	H	154	147	138	125	113	99	
			P	271,2	284,6	305,6	316,2	314,9	314,3	
			NPSHr	4	5	6	7,5	8,5	10	
			m							

Figura 17: Tablas del catálogo de la bomba seleccionada (VG 162/4F2-A/255-45/E-132).

La curva Q-H del catálogo de la bomba (curva motriz) se puede representar junto con la curva de la altura de diseño de la instalación (curva resistente, con y sin el incremento del 20% en la altura considerado) (8) para obtener el punto de funcionamiento de la bomba de forma gráfica. En la siguiente imagen (18) se muestran ambas curvas representadas.

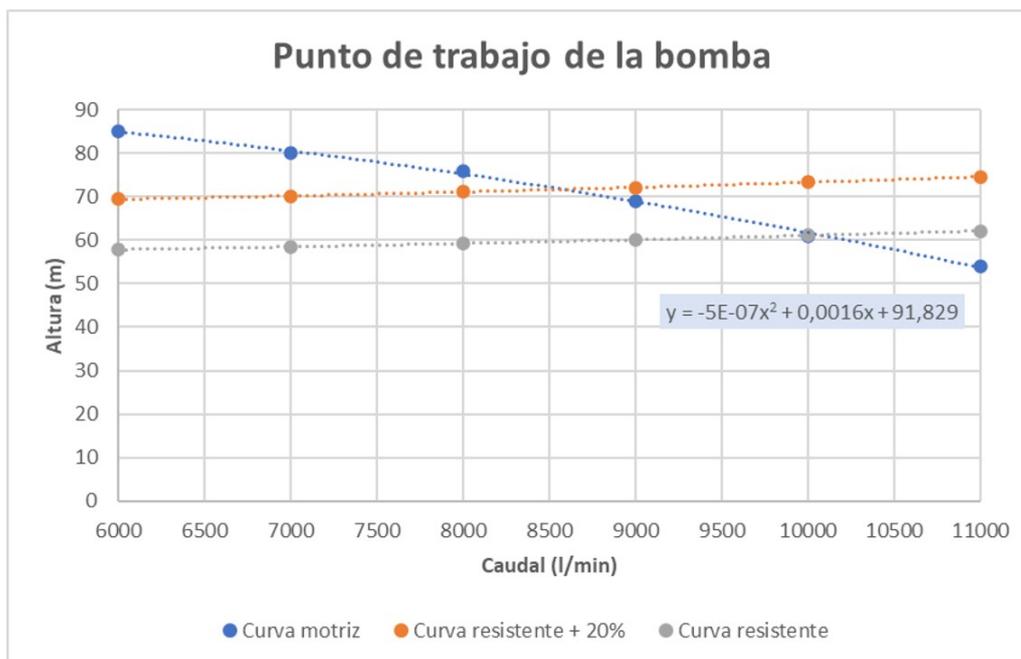


Figura 18: Punto de trabajo de la bomba seleccionada, método gráfico.

De la ecuación de la curva motriz de la bomba se obtiene que a 8022 l/min la altura de la bomba es

de 72 mca. El punto de caudal 8022 l/min queda por encima de los cruces de la curva motriz con ambas curvas de altura resistente, por lo que la bomba seleccionada es la correcta.

Para poder cubrir la potencia necesaria por la bomba, a esta bomba le corresponde un motor de 130 kW. Ya que el suministro de energía procede de un inversor alimentado por fotovoltaica, es necesario seleccionar un motor inverter-duty. Este tipo de motores están preparados para soportar los cambios de frecuencia procedentes del controlador VFD (variable frequency drive), pudiendo funcionar a velocidades muy bajas sin sobrecalentarse. La refrigeración del motor seleccionada es IC411, que consiste en la refrigeración interna por aire gracias a un ventilador montado en el eje del motor. Esta refrigeración es compatible con el tipo de protección seleccionado, que es IP56. La protección IP56 no permite la entrada de polvo ni la de fuertes chorros de agua. El tipo de construcción del motor es IM V1, de posición vertical y con brida para el acoplamiento a la bomba.

El modelo de motor que cumple con todas estas características es el motor de jaula de ardilla trifásico SIMOTICS 1CV1312B - 315 M - IM V1 - 4p [13], que presenta las especificaciones técnicas mostradas en la siguiente imagen (19).

Datos eléctricos / Electrical data										Safe Area							
U	$\Delta / Y$	f	P	P	I	n	M	$\eta$ <sup>3)</sup>			$\cos\phi$ <sup>3)</sup>			$I_x/I_N$	$M_x/M_N$	$M_K/M_N$	IE-CL
[V]		[Hz]	[kW]	[hp]	[A]	[1/min]	[Nm]	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	$I_x/I_N$	$T_x/T_N$	$T_B/T_N$	
220	$\Delta$	50,4	130,00	-/-	435,00	1500	827,0	94,4	-/-	-/-	0,84	-/-	-/-	-/-	-/-	3.1	-/-
380	Y	50,4	130,00	-/-	250,00	1500	827,0	94,4	-/-	-/-	0,84	-/-	-/-	-/-	-/-	3.1	-/-
440	Y	60,4	152,00	-/-	250,00	1800	806,0	94,6	-/-	-/-	0,85	-/-	-/-	-/-	-/-	2.9	-/-
IM V1 / IM 3011			F5 315 M		760 kg		IP56	IEC/EN 60034			IEC, DIN, ISO, VDE, EN			$n_{max}$ 2600 1/min			
Condiciones ambientales / Environmental conditions : -20 °C - +40 °C / 1000 m																	

**Figura 19:** Especificaciones técnicas del motor seleccionado (SIEMENS SIMOTICS 1CV1312B - 315 M - IM V1 - 4p).

### 3.5.2. Selección de los módulos fotovoltaicos

Para seleccionar el número de módulos fotovoltaicos y sus especificaciones técnicas, se ha de tener en cuenta la energía eléctrica que deben suministrar para que la bomba funcione.

Mediante la ecuación mostrada a continuación (15), se obtiene la energía eléctrica diaria necesaria para que la bomba funcione en su punto de trabajo.

$$E_{elec} = \frac{E_h}{\eta_{mb}} \quad (15)$$

Donde:

$E_{elec}$  es la energía eléctrica consumida por la bomba (Wh/día).

$E_h$  es la energía hidráulica consumida por la bomba (Wh/día).

$\eta_{mb}$  es el rendimiento del conjunto motor y bomba.

Para el cálculo de la energía hidráulica ( $E_h$ ), se usa la ecuación (1) pero con el caudal en  $m^3/día$  y dividiendo entre 3600 s para que el resultado quede en Wh, usando los datos del punto de funcionamiento

de la nueva bomba.

Para obtener el rendimiento del conjunto motor y bomba ( $\eta_{mb}$ ) se han de tener en cuenta tanto el rendimiento del motor como el de la bomba a distintas cargas. En la tabla siguiente (9) se muestran los rendimientos de la bomba y motor al 100 %, 75 % y 50 %. Los rendimientos al 75 % y 50 % de carga del equipo motobomba se estiman del 65 % al no contar con los rendimientos del motor ni de la bomba a cargas del 75 % ni del 50 %.

	Al 50 % de carga	Al 75 % de carga	Al 100 % de carga
Rendimiento del motor $\eta_{mot}$	-	-	94,4 %
Rendimiento de la bomba $\eta_b$	-	-	82,5 %
Rendimiento del conjunto motor y bomba $\eta_{mb}$	65 %	65 %	78 %

**Cuadro 9:** Rendimientos del grupo motor y bomba a distintas cargas.

Se toma como valor más crítico del equipo el 65 % para calcular la energía consumida por la bomba. Se obtiene un valor de 642.162,6 Wh/día consumidos por la bomba. Con el rendimiento del equipo motobomba, la instalación deberá proporcionar una energía diaria de 987.942,5 Wh/día.

Para la selección de los módulos es preciso también obtener la potencia pico necesaria por la bomba, que se calcula mediante la siguiente ecuación (16). Esta potencia pico se comparará con la potencia pico del panel elegido, que será la potencia máxima proporcionada por los módulos en condiciones estándar. Con la potencia pico se obtiene la cantidad de paneles que se necesitan en la instalación eléctrica.

$$P_{pico,n} = \frac{E_{elec}}{HSP_c \cdot PR} \quad (16)$$

Donde:

$P_{pico,n}$  es la potencia pico que consume la nueva bomba (Wp).

$E_{elec}$  es la energía eléctrica consumida por la bomba (Wh/día).

$HSP_c$  son las horas solares pico medias diarias en el mes más crítico (h).

$PR$  es el performance ratio, o rendimiento de los módulos solares.

Para el cálculo de la potencia pico hay que tener en cuenta el performance ratio de los módulos solares ( $PR$ ) [14], que es su coeficiente de rendimiento. Este coeficiente representa el rendimiento de la instalación fotovoltaica. El  $PR$  depende del sumatorio de un conjunto de pérdidas, que son las siguientes:

- Pérdidas por reflexión: pueden ser del 0,5 % al 4 % del rendimiento total. Dependen del ángulo de incidencia de los rayos solares, y se deben a que parte de la radiación que llega al módulo solar es reflejada y no absorbida.
- Pérdidas por luz de poca intensidad: van del 0,5 % al 5 %.
- Pérdidas por desajuste: tienen una magnitud que varía dependiendo de la causa en el desajuste de voltaje-intensidad. Se producen por distintas causas y muy variadas, como son:

- Iluminación no uniforme en los módulos, que puede deberse a sombras, suciedad o posado de aves.
- La degradación de los distintos materiales.
- Altas temperaturas

Este tipo de pérdidas son causa de pérdida de potencia y puntos calientes en la placa, que podrían llegar a quemarla.

- Pérdidas debidas al MPP (maximum power point): depende de la configuración de las placas. Estas pérdidas son mayores cuanto mayor sea el número de módulos que se conectan en paralelo, al aumentar las pérdidas óhmicas.

El sumatorio de todas estas pérdidas pueden ir del 20 % al 30 % de media, por lo que se toma un PR crítico del 76 %.

Con todo esto, se obtiene un resultado de potencia pico necesario para la instalación, mostrado en la siguiente tabla (10).

Energía hidráulica $E_h$	Energía eléctrica $E_{elec}$	Potencia pico requerida $P_{pico}$
642.163 Wh/día	987.943 Wh/día	191,165 kW

**Cuadro 10:** Energía y potencia pico requeridas para la nueva instalación de bombeo.

Se procede ahora a la selección de los módulos fotovoltaicos para el diseño de la instalación fotovoltaica, que deberán cubrir los 191,165 kWp necesarios para el funcionamiento del equipo motobomba. La marca Atersa, del grupo Elecnor [15], ofrece módulos fotovoltaicos monocristalinos individuales en el rango de potencias de 180 W hasta los 550 W. Ya que la potencia pico que ha de proporcionar el conjunto de los módulos es relativamente grande, se selecciona un panel de potencia igual a 395 W. En la siguiente imagen (20) se muestran los parámetros técnicos específicos del módulo seleccionado A-395M GS.

**A-xxxM GS (ES)** (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas	A-380M GS	A-385M GS	A-390M GS	A-395M GS	A-400M GS
Potencia Máxima (Pmax)	380 W	385 W	390 W	395 W	400 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	40.50 V	40.80 V	41.10 V	41.40 V	41.70 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	9.39 A	9.44 A	9.49 A	9.55 A	9.60 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	48.90 V	49.10 V	49.30 V	49.50 V	49.80 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	9.75 A	9.92 A	10.12 A	10.23 A	10.36 A
Eficiencia del Módulo (%)	19.16	19.42	19.67	19.92	20.17
Tolerancia de Potencia (W)			0/+5		
Máxima Serie de Fusibles (A)			15		
Máxima Tensión del Sistema (IEC)			DC 1000 V		
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)			45±2		

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.  
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).  
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

**Figura 20:** Especificaciones técnicas del módulo seleccionado (A-395M GS).

En una primera estimación, para obtener el número de paneles necesarios con este módulo para alcanzar la potencia pico requerida por la instalación, se utiliza la siguiente fórmula (17). Alrededor de 484 paneles de estas características serían necesarios para la instalación eléctrica fotovoltaica. Su configuración dependerá del variador seleccionado.

$$N_{\text{modulos}} = \frac{P_{\text{pico},n}}{P_{\text{pico,modulo}}} \quad (17)$$

Donde:

$N_{\text{modulo}}$  es el número de módulos necesario para la instalación eléctrica fotovoltaica.

$P_{\text{pico},n}$  es la potencia pico que consume la nueva bomba ( $Wh/dia$ ).

$P_{\text{pico},m}$  es la potencia pico característica del módulo fotovoltaico seleccionado ( $Wp$ ).

### 3.5.3. Selección del variador

Para la selección del variador de frecuencia, se tiene en cuenta que sea apto para motor trifásico, para la potencia del motor (180 CV) y que permita la entrada de la potencia necesaria para el funcionamiento de la instalación, que son 191,165 kWp. El modelo elegido es el SD7SP0250 5 de Power Electronics, a través de catálogo de variadores de velocidad SERIE SD700 [16]. Sus principales características eléctricas se muestran en la siguiente imagen (21).

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

ENTRADA	Rango de potencia	1,5kW - 560kW <sup>[1]</sup>
	Tensión	380-500Vca, 3 fases ( $\pm 10\%$ ) 540-900Vcc (830Vcc para tallas 1 y 2)
	Alimentación híbrida	Sí, conexión simultánea
	Frecuencia de entrada	50Hz/60Hz $\pm 6\%$
	Tecnología rectificador de entrada	Tiristor-diodo
	DPF= $\cos \phi$ / Factor de potencia	$\geq 0.98$ / $\geq 0.91$
	Filtro de entrada EMC	Tallas 1 y 2: Primer entorno (C2 estándar); Tallas 3 a 11: Segundo entorno (Industrial) (C3 estándar); Primer entorno (C2 Opcional). C1 consultar con Power Electronics. Filtro IT opcional
	THDi (%) corriente / Filtro de armónicos	$\leq 40\%$ / Bobinas de entrada 3% impedancia
	Regenerativo	No
	SALIDA	Frecuencia de salida <sup>[2]</sup>
Capacidad de sobrecarga		Par constante/carga pesada: 150% durante 60s a 50°C
Eficiencia (a corriente y tensión nominal)		$\geq 98\%$
Frecuencia de modulación		4 a 8kHz - PEWave
Filtro dV/dt de salida		500 a 800V/ $\mu s$ <sup>[3]</sup>
Longitud cable de salida <sup>[4]</sup>		No apantallado 300m, Apantallado 150m

TALLA	CÓDIGO	400Vca - 565Vcc				
		Temperatura de trabajo 50°C ALIMENTACIÓN CA			ALIMENTACIÓN CC @565Vcc	
		I(A) Nominal	Potencia motor (kW) a 400VCA	150% Sobrecarga (A)	Entrada I(A) CC	Entrada I(A) CC 120% Sobrecarga
1	SD7SP0006 5	6	2,2	9	4	5
	SD7SP0009 5	9	4	14	7	8
	SD7SP0012 5	12	5,5	18	10	12
	SD7SP0018 5	18	7,5	27	13	16
	SD7SP0024 5	24	11	36	19	23
2	SD7SP0032 5	32	15	48	27	32
	SD7SP0038 5	38	18,5	57	33	39
	SD7SP0048 5	48	22	72	39	47
3	SD7SP0060 5	60	30	90	53	64
	SD7SP0075 5	75	37	113	65	79
	SD7SP0090 5	90	45	135	80	96
	SD7SP0115 5	115	55	173	97	117
4	SD7SP0150 5	150	75	225	133	159
	SD7SP0170 5	170	90	255	159	191
5	SD7SP0210 5	210	110	315	195	234
	SD7SP0250 5	250	132	375	234	280
	SD7SP0275 5	275	150	413	265	319
6	SD7SP0330 5	330	160	495	283	340
	SD7SP0370 5	370	200	555	354	425
	SD7SP0460 5	460	250	690	442	531
7	SD7SP0580 5	580	315	870	558	669
	SD7SP0650 5	650	355	975	628	754
	SD7SP0720 5	720	400	1080	708	850

Figura 21: Especificaciones eléctricas del variador de frecuencia seleccionado (SD7SP0250 5).

Este variador cuenta con funciones específicas para bombeo solar, cumpliendo así con los requerimientos establecidos en el apartado de soluciones elegidas para el nuevo diseño de la instalación (3.4.4).

Algunas de las funciones que incorpora este variador exclusivas para bombeo solar son:

- Regulación de la presión y el caudal bombeado.
- Función "sleep" y "wake up" dependiendo de la presión y el caudal.
- Control del golpe de ariete.
- Visualización del tiempo de funcionamiento y número de arranques.
- Compatible con caudalímetros de pulsos.

- Detección de cavitación, presión mínima, flujo nulo.
- Respuesta estable ante variaciones de carga.
- Arranques y paros suaves.

Para que sea posible la realización de todas las funciones mencionadas anteriormente, el variador dispone de 6 entradas digitales programables, 2 entradas y salidas configurables analógicas, 3 salidas de relés configurables, y 3 comparadores temporizados destinados a modificar la respuesta del variador o proporcionar información al usuario.

El algoritmo de búsqueda que utiliza el MPPT del variador busca de forma automática el punto de máxima potencia en todo el rango de voltaje disponible del variador.

### 3.5.3.1. Cálculo de la configuración de los módulos fotovoltaicos

Se procede ahora al diseño de la configuración de los módulos fotovoltaicos. Para el correcto funcionamiento de la instalación, la configuración de paneles en serie será tal que la tensión que ofrezcan quede dentro del rango de tensiones en el que funciona el variador, que es entre 540 V y 900 V. Ya que el voltaje de los módulos es máximo cuando la temperatura ambiente es baja (mejor rendimiento) y mínimo cuando la temperatura es alta, se utilizan la máxima temperatura de funcionamiento para calcular el voltaje mínimo (75 °C) y la temperatura de funcionamiento mínima de -20 °C (considerando que el módulo está recibiendo radiación solar y en funcionamiento) para calcular el voltaje máximo. La ecuación que se utiliza para los cálculos se muestra a continuación (18).

$$V_{mp_{max/min,T}} = V_{mp_{STC}} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{v_{p_{max}}}}{100} \cdot (T_{cel,max/min} - T_{STC})\right) \quad (18)$$

Donde:

$V_{mp_{max/min,T}}$  es el voltaje del punto de máxima potencia cuando la celda fotovoltaica está a temperatura máxima/mínima (V).

$V_{mp_{STC}}$  es el voltaje en el punto de máxima potencia de la curva I-V (intensidad-voltaje) de la celda fotovoltaica (V).

$\alpha_{v_{p_{max}}}$  es el coeficiente de temperatura de voltaje a máxima potencia (%/°C).

$T_{cel,max/min}$  es la temperatura máxima/mínima de la celda fotovoltaica (°C).

$T_{STC}$  es la temperatura STC (en Standard Test Conditions), 25°C.

Los resultados de los cálculos hechos con la fórmula anterior (18) se muestran en la tabla a continuación (11). Se obtiene un voltaje mínimo ofrecido por el módulo fotovoltaico de 33,74 V y un máximo de 45 V.

Voltaje de máxima potencia $V_{mpSTC}$	Coeficiente de temperatura de voltaje $\alpha_{VPmax}$	Temperaturas de las celdas		Voltajes	
		41,4 V	-0,37 %/°C	$T_{cel,max}$	75 °C
		$T_{cel,min}$	-20 °C	$V_{mpmax,T}$	45 V

**Cuadro 11:** Voltajes mínimo y máximo de la instalación fotovoltaica.

El número de celdas en serie mínimo y máximo se obtiene de dividir los límites de voltaje en los que funciona el variador entre los voltajes mínimo y máximo ofrecido por los módulos obtenidos en la tabla anterior (11). Se obtiene un número de módulos recomendado de entre 20 y 16 módulos. Ahora se ha de comprobar que este rango no supera el límite máximo del variador cuando los módulos ofrecen el máximo voltaje ( $V_{oc}$ ) mediante la siguiente ecuación (19):

$$N_{max,serie} = \frac{V_{max,variador}}{V_{oc,modulo}} \quad (19)$$

Donde:

$N_{max,serie}$  es el número máximo de módulos que pueden ir conectados en serie en la instalación fotovoltaica en función de las características del variador y el módulo fotovoltaico.

$V_{max,variador}$  es el voltaje máximo de entrada que admite el variador (V).

$V_{oc}$  es el voltaje a corriente 0 (máximo voltaje) de la celda fotovoltaica en STC.

El límite máximo obtenido con la ecuación anterior (19) es de 18 módulos. Por tanto, el número de paneles solares conectadas en serie tiene que estar entre los 16 y 18.

Por otra parte, también ha de calcularse el número máximo de módulos conectados en paralelo para no superar la intensidad máxima de entrada del convertidor. Este número se obtiene de dividir la intensidad máxima de entrada del convertidor entre la intensidad máxima del módulo fotovoltaico ( $I_{sc}$ ). De esta comparación se obtiene un número máximo de 27 ramas de módulos conectados en paralelo.

En la tabla inferior (12) se muestra cómo queda la configuración final de los módulos.

Módulos en serie		Módulos en paralelo		Número total de módulos	
Número:	Voltaje MPP en STC:	Número:	Intensidad MPP en STC:	Número:	Potencia en STC:
18	745,2 V	27	257,85 (A)	486	191.970 Wp

**Cuadro 12:** Configuración de la instalación fotovoltaica, datos de CC y potencia generada.

Siendo la superficie total de cada módulo, marco incluido, de aproximadamente 2 m<sup>2</sup>, la superficie total de módulos que se necesitan para alimentar a la bomba es de 972 m<sup>2</sup>.

### 3.5.4. Cálculos y comprobaciones

#### 3.5.4.1. Curvas Q-H y punto de funcionamiento de la instalación a velocidad variable

Ya que las condiciones en las que trabajan las instalaciones fotovoltaicas no son siempre las mismas, dependiendo de factores como la cantidad de nubes, la radiación solar o la temperatura ambiente, la

potencia que éstas proporcionan también es variable. Es por esto que es necesario tener en cuenta que a velocidades menores de las que proporciona la frecuencia máxima de funcionamiento, la bomba siga cumpliendo con las condiciones mínimas necesarias para que la instalación pueda seguir funcionando.

La instalación en estudio, al tratarse de un bombeo de balsa a balsa, tiene exigencias en cuanto a presión y caudal requeridos de la bomba más laxas, lo que facilita el uso de alimentación solar fotovoltaicas aislada.

El motor de la instalación es un motor de 4 polos, que a 50,4 Hz ofrece 1500 RPM. Para calcular las RPM a distintas frecuencias, se usa la siguiente ecuación (20):

$$N_{p,polos} = \frac{f}{n/60} \quad (20)$$

Donde:

$N_{p,polos}$  es el número de pares de polos del motor.

$f$  es la frecuencia eléctrica Hz.

$n$  son las RPM (revoluciones por minuto) del motor.

De la ecuación anterior (20), se obtienen los siguientes resultados de RPM, a las que será estudiada la bomba. La velocidad de la curva motriz de catálogo es 1480 RPM.

Porcentaje de carga del motor	Frecuencia $f$	RPM
100 %	50 Hz	1500
90 %	45 Hz	1350
80 %	40 Hz	1200
70 %	35 Hz	1050
60 %	30 Hz	900
50 %	25 Hz	750

**Cuadro 13:** RPM de funcionamiento de la bomba a distintas cargas de motor.

Para el cálculo de la curva motriz de la bomba a distintas RPM se ha de usar el criterio de semejanza. El criterio de semejanza consiste en que, al cambiar las RPM de la bomba, el caudal varía linealmente y la altura varía con el cuadrado de la relación del número de revoluciones. Las ecuaciones de lo anteriormente dicho se muestran a continuación (21):

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2}; \frac{n_1^2}{n_2^2} = \frac{H_1}{H_2} \quad (21)$$

Donde:

$n_1$  son las RPM de la bomba iniciales.

$n_2$  son las RPM de la bomba finales.

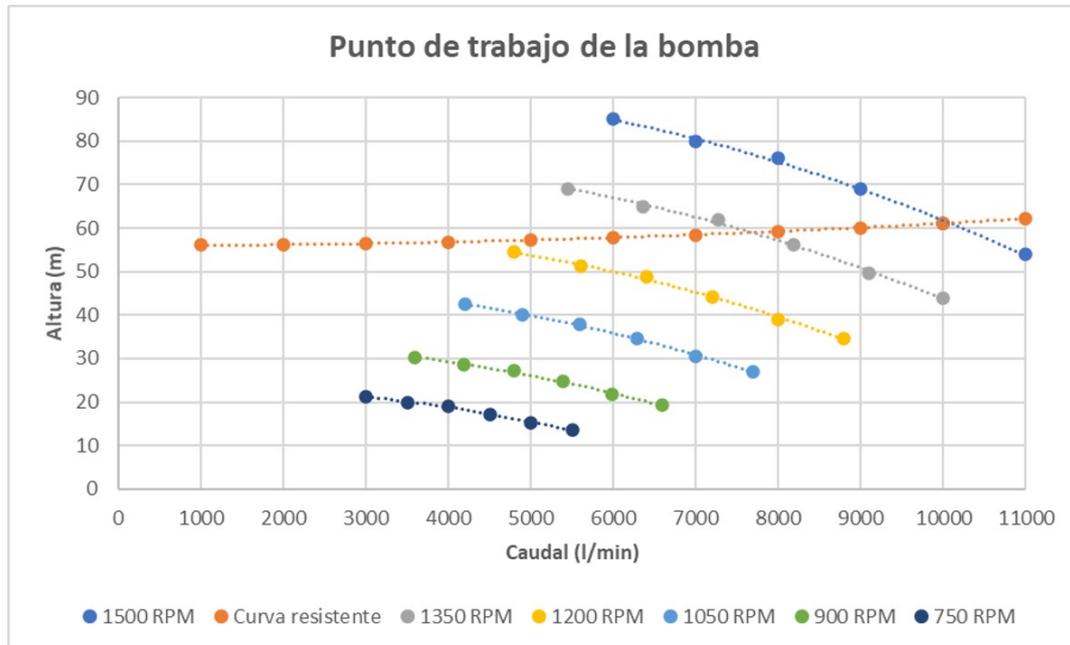
$Q_1$  es el caudal de la bomba inicial  $l/min$ .

$Q_2$  es el caudal de la bomba final  $l/min$ .

$H_1$  es la altura de la bomba inicial  $m$ .

$H_1$  es la altura de la bomba final  $m$ .

En la siguiente imagen (22) se muestra la curva motriz de la bomba a distintas velocidades junto con la curva resistente de la instalación.



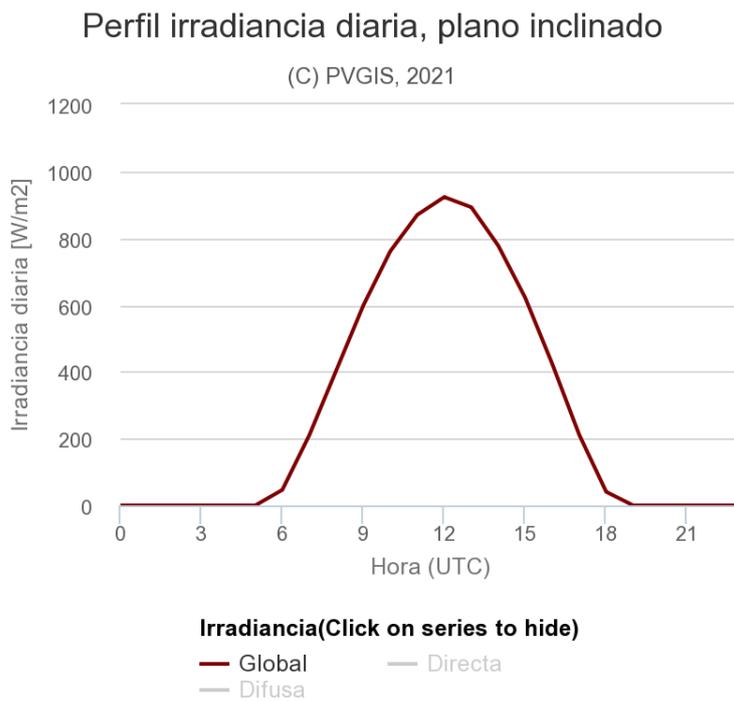
**Figura 22:** Curva resistente de la instalación y curva motriz de la bomba a distintas RPM.

En la figura anterior (22), se aprecia que el último cruce de la curva motriz con la resistente de la instalación se daría cuando la bomba funcionase a 1200 RPM. Con esto se concluye que, cuando la frecuencia del motor sea inferior a 40 Hz, la instalación deberá dejar de funcionar, ya que la bomba no proporcionaría la altura suficiente al fluido como para poder superar la altura resistente de la instalación, y por tanto el agua no llegaría a la balsa.

#### 3.5.4.2. Gráficas I-V y HSP en mes más crítico

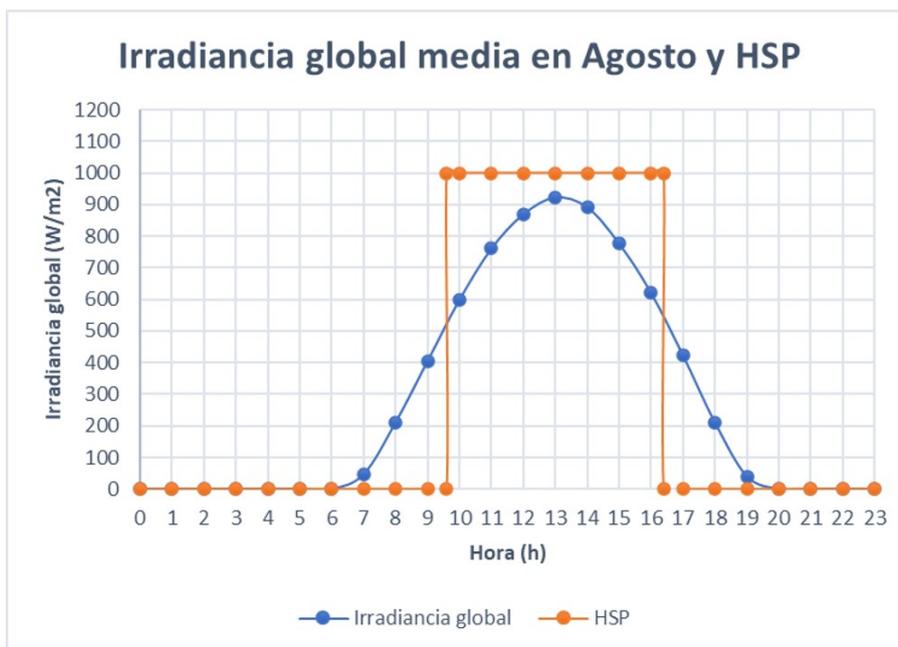
A continuación, se pretende estudiar el aporte de energía de la instalación fotovoltaica para el mes de riego más crítico, que como anteriormente se ha mencionado es agosto.

La irradiación media global de agosto según datos del "PVGIS" (Photovoltaic Geographical Information System) [1], se muestra en la siguiente imagen (23).



**Figura 23:** Irradiación global media diaria en el mes de agosto.

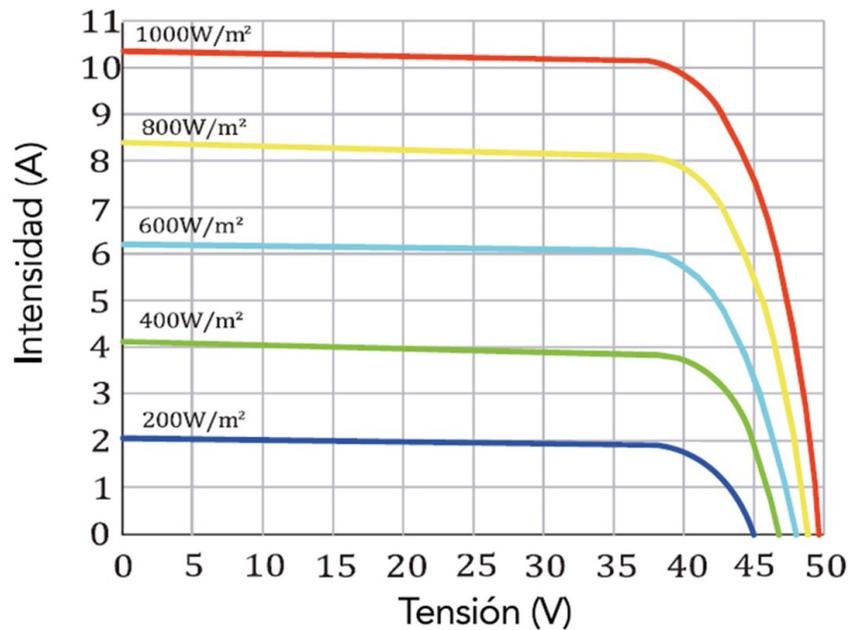
A continuación, se incluye la representación de las HSP, calculadas previamente en el apartado de "Cálculo del caudal en el punto de trabajo" (3.5.1.1), junto con la irradiación global media diaria en el mes de agosto (24).



**Figura 24:** Irradiación global media en el mes de agosto y HSP.

Como se puede observar en la imagen anterior, la irradiación a lo largo de un día es variable, por lo que los paneles no estarán ofreciendo su potencia nominal (a  $1000 \text{ W/m}^2$ ) durante todas las horas del día. Es por eso que se procede a realizar un cálculo de la potencia ofrecida por la instalación fotovoltaica en función de la hora del día y la irradiación del sol a esa hora. Para ello, es necesario el siguiente gráfico

de las especificaciones técnicas del módulo, en el que se muestran las distintas curvas I-V del módulo fotovoltaico seleccionado para la instalación en función de la irradiación global recibida (25).



**Figura 25:** Curva I-V del módulo A-360M GS en función de la irradiación recibida.

Para hacer un cálculo aproximado de la potencia dada por la instalación fotovoltaica a distintas irradiaciones, se usa la siguiente ecuación (22):

$$MPP = (I_{sc} \cdot V_{oc}) \cdot FF \quad (22)$$

Donde:

$MPP$  (Maximum Power Point) es el punto de máxima potencia en la gráfica I-V de un módulo fotovoltaico (W).

$I_{sc}$  (Short Circuit Current) es el punto de corriente de corto circuito en la gráfica I-V de un módulo fotovoltaico (A).

$V_{oc}$  (Open Circuit Voltage) es el punto de voltaje de circuito abierto en la gráfica I-V de un módulo fotovoltaico (V).

$FF$  (Fill Factor) es una medida del grado de "rectangularidad" de la curva I-V de un módulo fotovoltaico.

El  $FF$  se calcula mediante la siguiente ecuación (23):

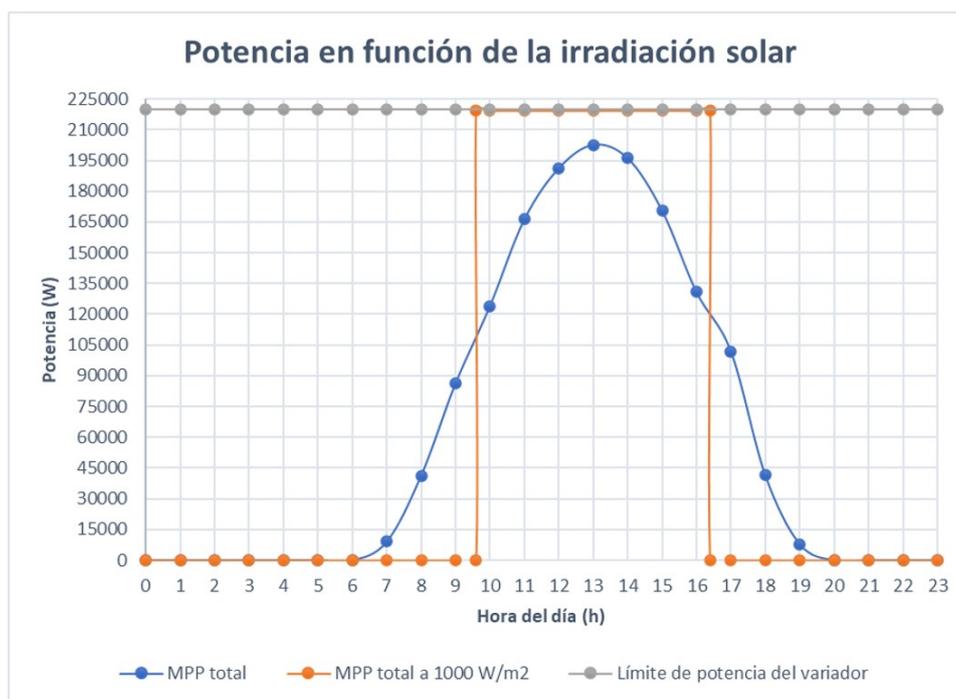
$$FF = \frac{V_{MPP} \cdot I_{MPP}}{V_{OC} \cdot I_{SC}} \quad (23)$$

Donde:

$V_{MPP}$  es el voltaje del punto de máxima potencia en la gráfica I-V de un módulo fotovoltaico (V).

$I_{MPP}$  es la intensidad del punto de máxima potencia en la gráfica I-V de un módulo fotovoltaico (A).

Como resultado del  $FF$  para los módulos solares se obtiene 0,78. Las distintas potencias para la instalación en función de las horas del día del mes de agosto y la irradiación media en cada una de ellas se muestra en la gráfica (26) a continuación:



**Figura 26:** Potencia media diaria por horas del mes de agosto en función de la irradiación.

El gráfico muestra que la potencia máxima suministrada por la instalación fotovoltaica es de 202.686 W.

### 3.5.4.3. Transitorios: Cálculo del tiempo crítico y golpe de ariete

El régimen transitorio hidráulico de la instalación es aquel en el que el tiempo influye en el comportamiento del fluido que por ella circula, afectando a la presión que éste ejerce sobre las tuberías. Fenómenos como el arranque y parada de las bombas o cierre de válvulas puede afectar negativamente a la instalación si el cambio del movimiento del fluido es rápido o muy rápido. Para que esto no suceda, se procede a continuación al estudio del tiempo crítico y del golpe de ariete.

En conducciones por gravedad, el golpe de ariete puede evitarse cerrando gradualmente la válvula, de forma que se actúa directamente sobre el tiempo de parada del fluido. En una instalación hidráulica de bombeo, los momentos en los que las condiciones de trabajo son más severas son el arranque y el paro de bomba, momentos en los que la instalación funciona en régimen transitorio. En la instalación en estudio, se impulsa el fluido por una tubería de conducción a un caudal y una altura determinados. Al parar la bomba, el fluido, por inercia, sigue ascendiendo, pero a su vez empieza a descender por gravedad en cierto punto. La válvula de retención, situada junto a la bomba, evita que el fluido siga descendiendo. En este tramo desde la válvula de retención hasta el depósito, comienza un proceso de transformación alternativa de la energía del fluido de cinética a elástica de presión. Esta energía elástica de presión puede provocar cambios bruscos en el perfil de la tubería, tanto por sobrepresiones como por depresiones, así como provocar su colapso.

El cálculo del golpe de ariete permitirá determinar el correcto dimensionamiento de la instalación, de forma que las capacidades estructurales de la tubería de conducción seleccionada sean suficientes como para soportar las presiones máximas que se produzcan en ella. Este fenómeno se estudia en régimen es-

tático o cuasi-estático (de validez instantánea). El golpe de ariete será distinto en función de si el cambio de régimen es brusco o no (lento o rápido) determinando el tiempo crítico ("tiempo de fase" o "periodo de la tubería"), que es el tiempo que tarda la onda de presión generada por la bomba en ir y volver desde el inicio hasta el final de la conducción. Este tiempo definirá el que debería transcurrir desde que se inicia la parada de la bomba o cierre de la válvula, hasta que la velocidad del fluido es igual a 0.

Para el cálculo del tiempo crítico, interviene la celeridad de la onda, que es la velocidad a la que viajan las perturbaciones generadas en el fluido por cambios en la instalación. La celeridad de la onda depende de la elasticidad del fluido y la del material por la que éste viaja. Para su cálculo con agua como fluido, se utiliza la siguiente expresión (24):

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \cdot \frac{D_i}{e}}} \quad (24)$$

Donde:

$a$  es la celeridad de la onda de presión en agua ( $m/s$ ).

$k$  es el coeficiente elástico del material de la tubería (33.3 en el caso del PVC).

$D_i$  es el diámetro interior de la tubería ( $mm$ ).

$e$  es el espesor de la tubería ( $mm$ ).

$$T_{crit} = \frac{2 \cdot L}{a} \quad (25)$$

Donde:

$T_{crit}$  es el tiempo crítico para el cierre de válvula/parada de bomba ( $s$ ).

$L$  es la longitud de la tubería de unión entre las dos balsas ( $m$ ).

$a$  es la celeridad de la onda de presión en agua ( $m/s$ ).

Para el cálculo de la sobrepresión que provocaría un cierre de válvula rápido, se utiliza la ecuación de Allievi (26):

$$H_{ga} = \frac{P_{ga}}{\gamma} = \frac{a \cdot v}{g} \quad (26)$$

Donde:

$H_{ga}$  es la altura de presión que genera el cierre rápido de válvula en la instalación ( $mca$ ).

$a$  es la celeridad de la onda de presión en agua ( $m/s$ ).

$v$  es la velocidad del fluido dentro de la tubería de conexión entre las dos balsas ( $m/s$ ).

$g$  es el valor de la gravedad terrestre ( $9,81m/s^2$ ).

La sobrepresión total que tendrá que soportar la tubería será la suma de la presión de golpe de ariete más la presión estática de la instalación.

Los resultados obtenidos en las distintas ecuaciones para el cálculo de la sobrepresión se muestran en la siguiente tabla (14):

Celeridad de la onda de presión $a$	Tiempo crítico $T_{crit}$	Altura del golpe de ariete $H_{ga}$	Altura de sobrepresión $H_{sobrepresion}$
256 m/s	7,83 s	23 mca	79 mca

**Cuadro 14:** Golpe de ariete y sobrepresión en la tubería de conducción.

La sobrepresión total que sufriría la tubería de conducción tras un cierre rápido es de 79 mca, que equivalen a 7,7 bar. Al haberse seleccionado una tubería PN 16, la tubería podría soportar un golpe de ariete sin llegar a colapsar. Se comprueba por tanto que la tubería está correctamente dimensionada.

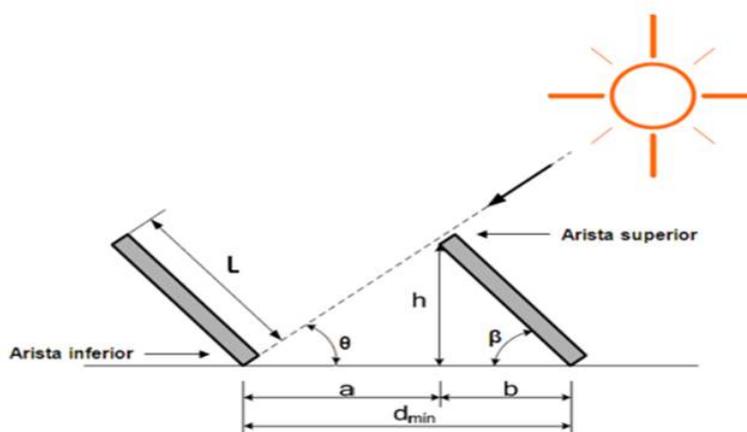
#### 3.5.4.4. Distancia entre módulos y extensión total necesaria para la planta fotovoltaica

Para la compra o alquiler del terreno donde se ubicará la planta fotovoltaica, se han de tener en cuenta sus dimensiones. El ancho de los paneles, así como el largo que ocupan tras su inclinación, y la separación entre sus filas y las vallas que los cercan, son las distancias a tener en cuenta para el cálculo del área total necesaria evitando la generación de sombras de unos elementos sobre otros.

El ancho mínimo del parque fotovoltaico es el del ancho de los paneles en serie más una distancia mínima a cada lado de 3 veces el alto de la valla que los cerca. Considerando una valla de 2 m de alto, y que cada panel tiene un ancho (marco incluido) de 1004 mm el ancho mínimo de la instalación solar es de 30 m aproximadamente.

El largo mínimo de la instalación fotovoltaica es la suma del largo de los paneles solares inclinados, la distancia entre ellos para evitar que se produzcan sombras, y la distancia a la valla que los cerca por cada lado.

Para el cálculo de la distancia mínima para evitar las sombras, se utiliza el siguiente cálculo (27):



**Figura 27:** Cálculo de la distancia entre filas de módulos fotovoltaicos.

$$h = \sin(\beta) \cdot L; \quad a = \frac{h}{\tan(\phi)}; \quad b = \cos(\beta) \cdot L \quad (27)$$

Donde:

$$\beta = 37^\circ$$

$$L = 1.981 \text{ mm}$$

$$\phi = 25^\circ (\text{crítico en función de lat/lon: } 39.789/-0.243, \text{ inclinación})$$

Los resultados obtenidos en la ecuación anterior (27) se muestran en la siguiente tabla (15). Para asegurar la sombra, se recomienda un margen de seguridad de un 20 % respecto a la distancia calculada (a+b).

$h$	$a$	$b$	Distancia mínima entre filas de módulos	Distancia recomendada entre filas de módulos
1.192 mm	2.557 mm	1.582 mm	4.139 mm	4.966 mm

**Cuadro 15:** *Distancia entre filas de módulos de la instalación fotovoltaica.*

Para la colocación de los módulos en paralelo se necesita por tanto una distancia mínima de 134 m aproximadamente.

Por tanto, la superficie de terreno mínima necesaria para la colocación de la instalación solar fotovoltaica es de 4.033 m<sup>2</sup> aproximados (4,033 km<sup>2</sup>, 403,3 hectáreas, 4,84 hanegadas).

### 3.5.5. Descripción de los componentes de la nueva instalación de bombeo solar.

El presente apartado pretende hacer una recopilación de todos los elementos necesarios para la nueva instalación de bombeo solar, así como definir sus principales características técnicas.

#### 3.5.5.1. Bomba

El tipo de bomba seleccionado es una vertical de 4 fases, modelo VG 162/4F2-A/255-45/E-132 de la empresa Bombas Ideal, que trabaja a 1480 RPM (50 Hz).

Se selecciona el tipo A (con cabezal estándar, rodetes en hierro y colador), al no encontrarse ubicada en un ambiente agresivo para su funcionamiento y materiales. La impulsión se realiza mediante un cabezal estándar de 10" de impulsión, por lo que se requerirá junto con su instalación el cambio de las tuberías de la caseta a 10" de diámetro interior. Se añade además un tramo de columna entre el cabezal y la bomba de longitud estándar para asegurar la sumergencia completa de la bomba en la balsa.

Se incluyen las hojas de datos técnicos de la bomba en el Anexo de fichas técnicas (C).

#### 3.5.5.2. Motor

El motor seleccionado es un Siemens de jaula de ardilla trifásico SIMOTICS - 1CV1312B - 17036.

El tipo de servicio de motor es S9, por tanto el motor está preparado para que su carga y velocidad varíen de forma no periódica dentro del rango de operación permitido, y para sobrecargas aplicadas con frecuencia que superen en gran medida la carga de referencia. Para su protección, incluye un termómetro de resistencia Pt1000.

Se incluyen las hojas de datos técnicos del motor en el Anexo de fichas técnicas (C).

#### 3.5.5.3. Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos seleccionados son modelo Mono PERC A-395M GS de la empresa Atersa, Grupo Elecnor.

Cada uno de los módulos incluye el marco y la caja de conexiones.

Se incluyen las hojas de datos técnicos de los módulos fotovoltaicos en el Anexo de fichas técnicas (C).

#### 3.5.5.4. Variador de frecuencia

El variador de la instalación es el modelo SD7SP0250 5 de la empresa Power Electronics.

A su instalación se incorpora una caja de conexiones y plataforma.

Se incluyen las hojas de datos técnicos del variador en el Anexo de fichas técnicas (C).

#### 3.5.5.5. Soporte de los módulos fotovoltaicos

La estructura de los soportes deberá estar construida en perfiles metálicos a medida para adaptarse a la disposición requerida por el diseño de la instalación.

La marca Solarstem [17], especialistas en soportes para placas solares, ofrece soluciones a medida de soportes para módulos de instalaciones fotovoltaicas. A través de su página web se seleccionan los distintos elementos necesarios para conformar la estructura de sujeción.

Los elementos de la estructura y sus características son:

- Soportes triangulares:  
Son perfiles en aluminio EN AW- 6082-T6 utilizados para dar la inclinación necesaria a los módulos. Disponibles hasta los 45° de inclinación. Incluyen tornillería en acero inoxidable A2-70 para su instalación.
- Perfiles estructurales:  
Son perfiles de aluminio EN AW- 6082-T6 que se utilizan para soportar la estructura triangular.
- Riostras:  
Es perfiles de aluminio EN AW- 6063-T6, son utilizadas para dar mayor rigidez a la unión de los perfiles estructurales. Incluyen tornillos autoperforantes de acero inoxidable A2 para su instalación.

- **Conexión lineal:**  
Perfiles de aluminio EN AW 6082-T6 utilizados para la conexión lineal entre los perfiles estructurales. Incluyen tornillos y tuercas para posibilitar la unión.
- **Unión cruzada:**  
Perfiles de aluminio EN AW 6082-T6 utilizados para la conexión de los perfiles estructurales cruzados. Incluyen tornillería de acero inoxidable A2 para su instalación.
- **Bridas módulos:**  
Estas piezas hechas en aluminio EN AW- 6082-T6 se utilizan para la unión de los módulos a los soportes. Incluyen tornillería de acero inoxidable A2 para su instalación.
- **Tirafondos de doble rosca:**  
De acero inoxidable A2. Utilizado para anclar toda la estructura de los soportes a una base de hormigón, sobre la que se situarían los soportes. Para su uso, se debe incluir un taco químico.
- **Taco químico:**  
Para el anclaje del tirafondos de doble rosca al hormigón. Se puede seleccionar un taco químico especial para hormigón de la marca HILTI [18] o similar.

Se incluyen las hojas de datos técnicos de los distintos componentes de los soportes de los módulos en el Anexo de fichas técnicas (C).

#### 3.5.5.6. Sensores

Para impedir que la bomba funcione cuando la balsa depósito está llena, es necesaria la instalación de una sonda de nivel o interruptor, que evite que la balsa desborde. Ya que la balsa depósito está ubicada a aproximadamente 1 kilómetro de la bomba, se selecciona la sonda "Medium Range Wireless Control Switch System (MRWSS)", de Remote Control Technology [19], que funciona a una distancia de hasta 3 *km* y utiliza las ondas de radio para su comunicación.

Para su funcionamiento, se ha de conectar un interruptor o cualquier dispositivo con cierre de contacto seco a las entradas del transmisor (bloque de terminales). Cuando se cierra un contacto, el transmisor envía inmediatamente una transmisión "ON" al receptor, cambiando el estado de la salida del receptor seleccionado de 0 VCC a 12 VCC a 1 amperio. La salida del receptor se puede utilizar para activar el relé situado en el variador de velocidad. Si el contacto se abre, el transmisor enviará una transmisión "OFF" al receptor, cambiando el estado de la salida seleccionada de 12 VCC a 0 VCC.

El interruptor propuesto para el funcionamiento del sensor es el interruptor de nivel horizontal de 1 contacto de la marca Roth [20]. Se incluye su hoja de datos técnicos en el Anexo de fichas técnicas (C).

#### 3.5.5.7. Valvulería

A la instalación hidráulica se le van a añadir los siguientes componentes:

- **Válvula de retención o unidireccional:**  
Se sitúa inmediatamente después de la bomba. Permite el paso del agua en un sentido de la canalización donde se coloca, mientras bloquea el paso en el otro sentido. Su principal función es impedir

el retorno del agua al lugar del que procede.

Se ha seleccionado la válvula antirretorno de la marca Keckley [21].

- Válvula de mariposa motorizada:

Se coloca inmediatamente después de la válvula de retención para facilitar el mantenimiento de ésta. Su función es regular o interrumpir el flujo de un fluido en una canalización.

Se ha seleccionado la válvula de mariposa motorizada de la marca Honeywell [22] para permitir su control automático.

- Válvula de alivio:

Se utiliza para reducir la presión de la instalación cuando el fluido supera la presión de trabajo preestablecida.

Se ha seleccionado la válvula de alivio de la marca Flomatic [23].

- Caudalímetro:

Permite tener un control sobre el caudal bombeado, así como obtener información sobre el funcionamiento de la instalación.

Se ha seleccionado el caudalímetro electromagnético de la marca Siemens [24].

Todos los instrumentos seleccionados son para tubería DN250 (10").

Se incluyen las hojas de datos técnicos de las distintas válvulas y el caudalímetro en el Anexo de fichas técnicas (C).

### 3.5.5.8. Protecciones

Caja de combinación con protección frente a sobretensiones en DC mediante fusibles e interruptores seccionadores. Para la conexión de 1 a 6 strings, PVN1M1I3SXFV1O0TXPX10. Permite la conexión directa de los strings al inversor.

Se incluye la hoja de datos técnicos de la caja de protección en el Anexo de fichas técnicas (C).

### 3.5.5.9. Tubería de conexión

La tubería de conexión seleccionada es de la marca Molecor a través de la página web de Mundoriego [25].

Se incluyen las hojas de datos técnicos de la tubería de conexión en el Anexo de fichas técnicas (C).

## 4. Planos

A continuación, se presentan los siguientes planos:

- Emplazamiento geográfico de las balsas.
- Emplazamiento de la parcela de la balsa Llacuna y parcelas previstas para la instalación fotovoltaica.
- Parcelas previstas para el emplazamiento de la instalación fotovoltaica.
- P&ID.
- Esquema de la instalación fotovoltaica.

#### 4.1. Emplazamiento geográfico de las balsas



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

# SIGPAC

## ORTOFOTO Y PARCELARIO SUPERPUESTO

DATUM

WGS84

HUSO

30

ESCALA

1 : 9000

FECHA DE IMPRESIÓN

23/08/2021

735.500

736.000

736.500

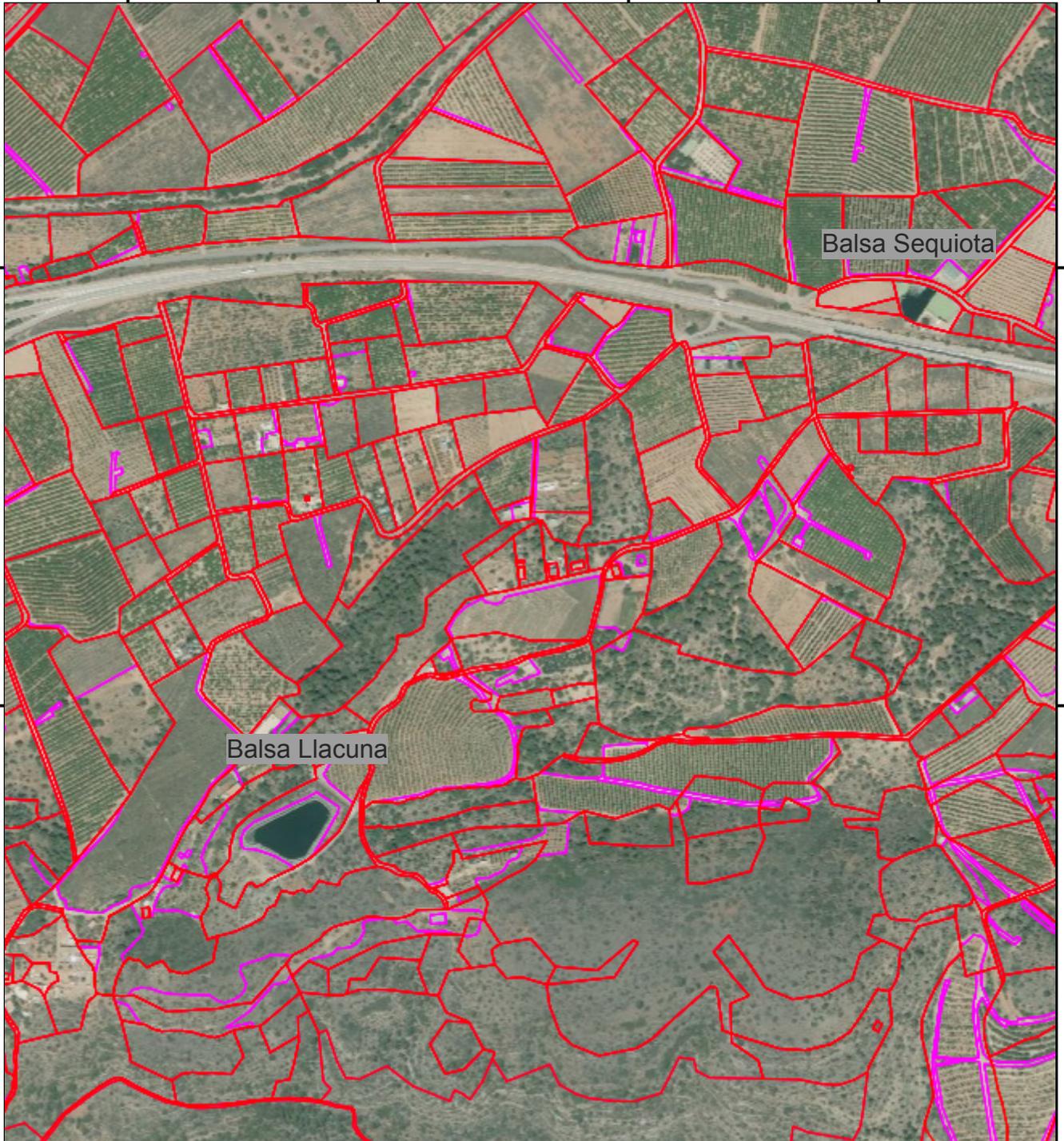
737.000

4.408.000

4.408.000

4.407.500

4.407.500



735.500

736.000

736.500

737.000

## 4.2. Emplazamiento de la parcela de la balsa Llacuna y parcelas previstas para la instalación fotovoltaica



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE HACIENDA Y FUNCIÓN PÚBLICA

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO



Provincia de CASTELLÓN  
Municipio de LA VALL D'UIXO  
Coordenadas U.T.M. Huso: 30 ETRS89

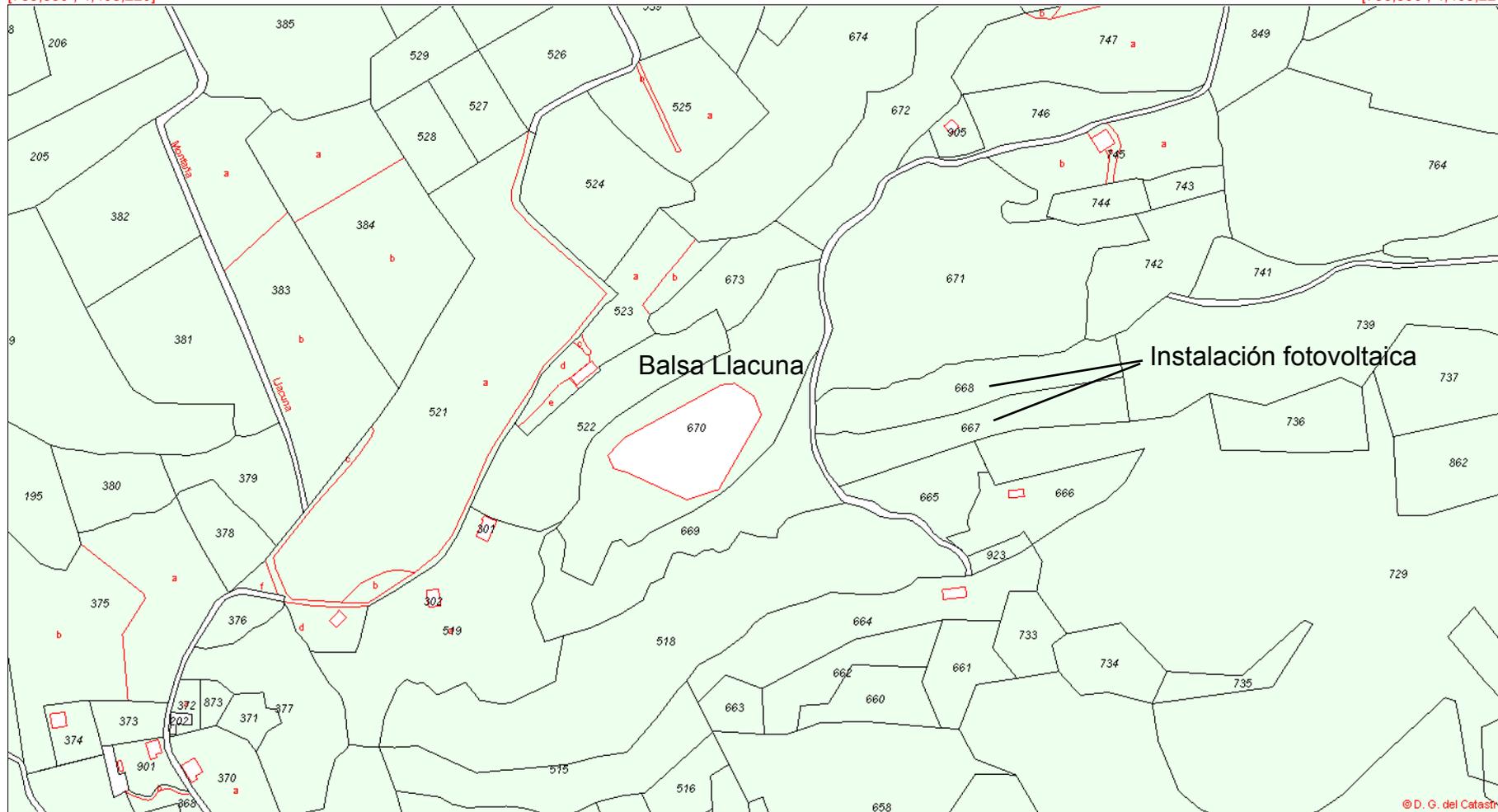
ESCALA 1:4,000



### CARTOGRAFÍA CATASTRAL

[735,630 ; 4,408,220]

[736,590 ; 4,408,220]



[735,630 ; 4,407,700]

[736,590 ; 4,407,700]

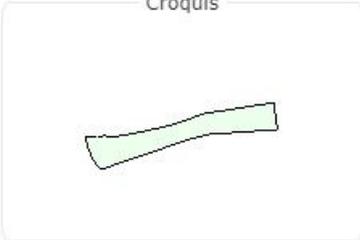
© D. G. del Catastro

## 4.3. Parcelas previstas para el emplazamiento de la instalación fotovoltaica


 Información de parcelas e inmuebles

**PARCELA CATASTRAL 12126A00700667**

Croquis



Fotografía fachada



FOTOGRAFÍA NO DISPONIBLE

Polígono 7 Parcela 667  
CABELL NEGRE. LA VALL D'UIXO (CASTELLÓN)  
5.014 m<sup>2</sup>

**Más información de la parcela** ▼

**INFORMACIÓN DE LOS INMUEBLES** ⓘ

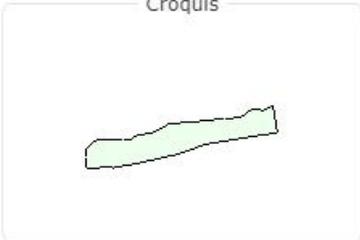
**12126A007006670000FK**  
Agrario | | 0

Figura 28: Dimensiones de la parcela 667.


 Información de parcelas e inmuebles

**PARCELA CATASTRAL 12126A00700668**

Croquis



Fotografía fachada



FOTOGRAFÍA NO DISPONIBLE

Polígono 7 Parcela 668  
CABELL NEGRE. LA VALL D'UIXO (CASTELLÓN)  
5.313 m<sup>2</sup>

**Más información de la parcela** ▼

**INFORMACIÓN DE LOS INMUEBLES** ⓘ

**12126A007006680000FR**  
Agrario | | 0

Figura 29: Dimensiones de la parcela 668.

# Parcelas 667 y 668. Ubicación módulos fotovoltaicos.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE HACIENDA Y FUNCIÓN PÚBLICA

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

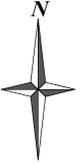
DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO



Sede Electrónica del Catastro

Provincia de CASTELLÓN  
Municipio de LA VALL D'UIXO  
Coordenadas U.T.M. Huso: 30 ETRS89

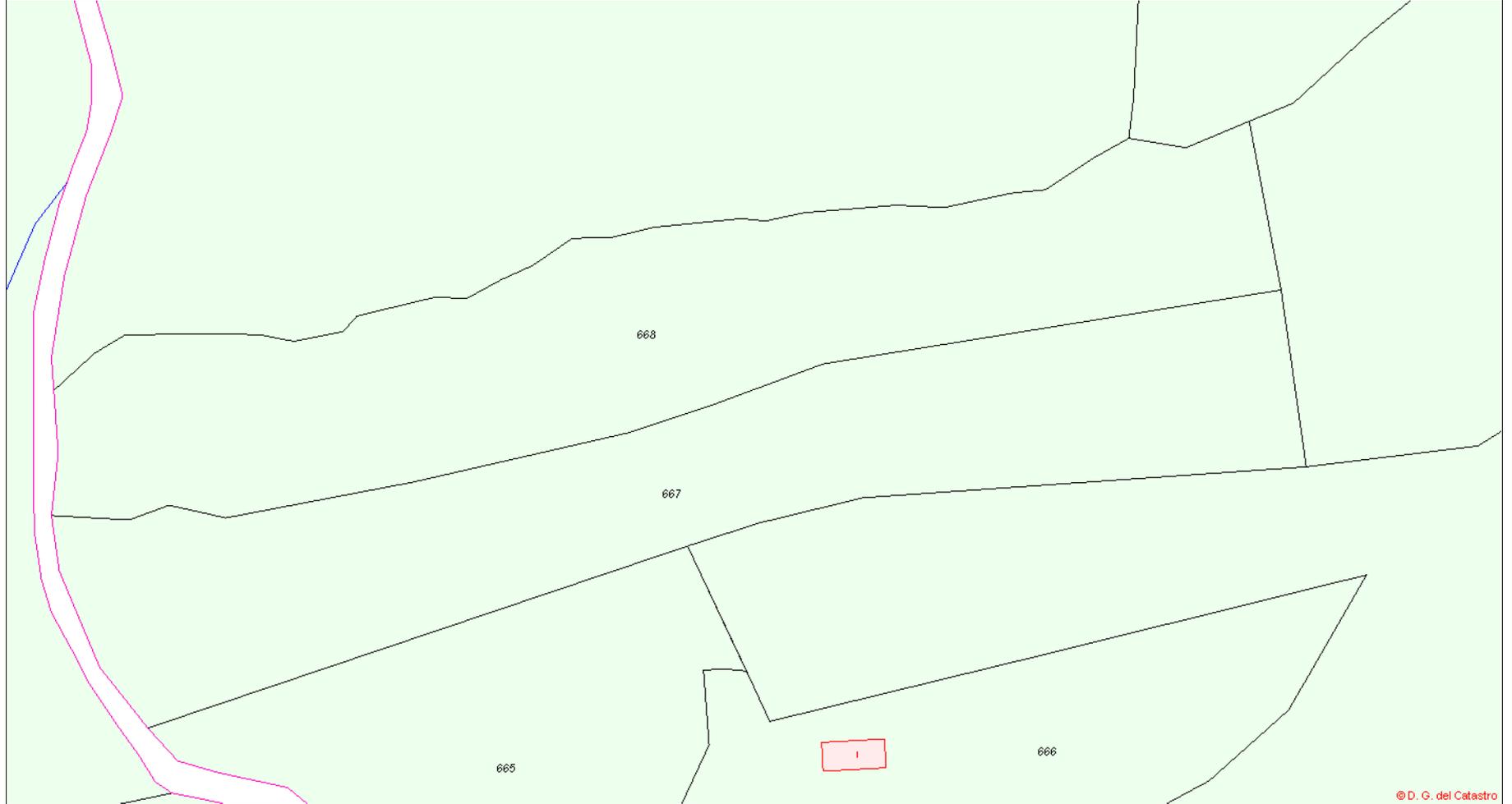
ESCALA 1:1,000



## CARTOGRAFÍA CATASTRAL

[736,139 ; 4,408,028]

[736,379 ; 4,408,028]

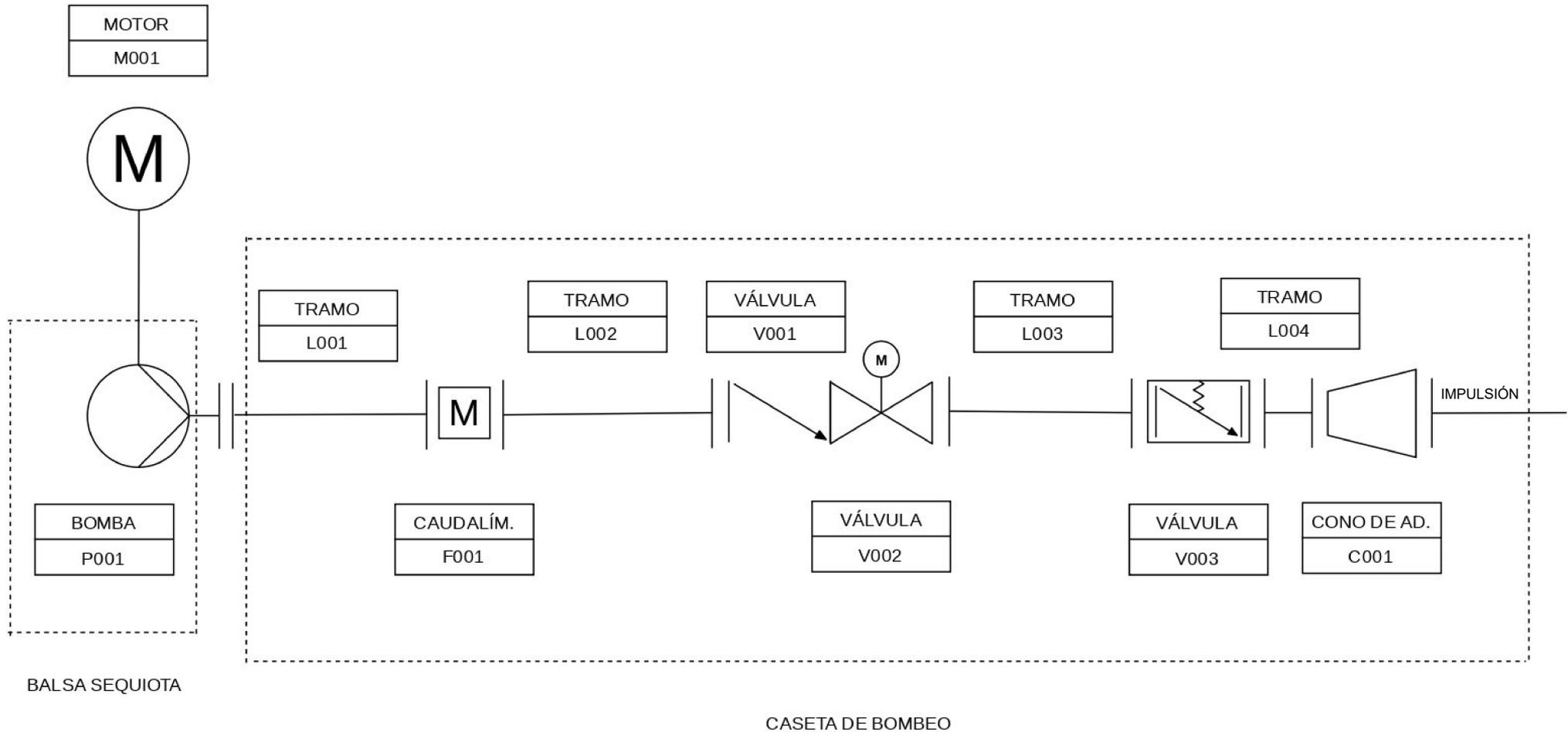


[736,139 ; 4,407,898]

[736,379 ; 4,407,898]

© D. G. del Catastro

#### 4.4. P&ID



**MOTORES:**

M001: Motor de jaula de ardilla SIMOTICS 1CV1312B-315M-IMV1-4p 17036, S9 - SIEMENS

**BOMBAS:**

P001: Bomba vertical VG 162/4F2A/255-45/E132 a 50 Hz - Bombas Ideal

**TRAMOS DE TUBERÍA:**

L001, L002, L003, L004: Tuberías de GG-25, DN 250, con bridas a los extremos para su acoplamiento.

**CAUDALÍMETROS:**

F001: Caudalímetro electromagnético

**VALVULAS:**

V001: Valvula de retención DN250

V002: Valvula de mariposa motorizada DN250

V003: Valvula de alivio DN250

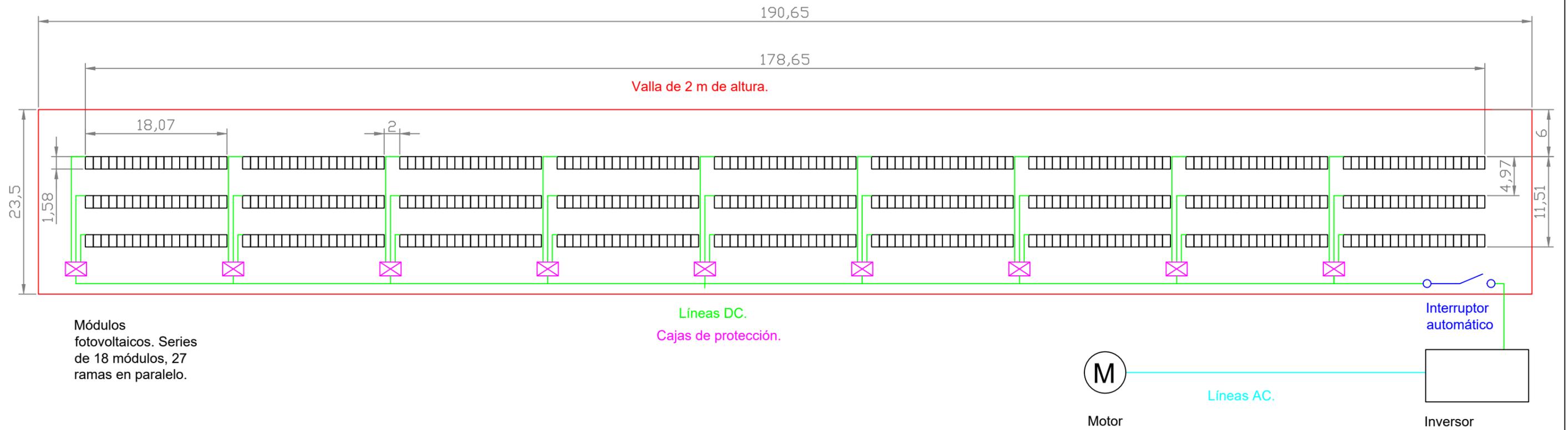
**CONOS DE ADAPTACIÓN:**

C001: Codo de adaptación DN250 - DN450

\*Codo de adaptación a tubería de conexión de PVC DN450, PN16.

	FECHA:	NOMBRE:	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
DIBUJADO:	23/08/2021	B. Lluch	
COMPROBADO:	23/08/2021	B. Lluch	
ESCALA:	NOMBRE DEL PLANO:		PROYECTO:
-	P&ID (Piping and instrumentation diagram) Diagrama de tuberías e instrumentación		Diseño de una instalación de bombeo para riego agrícola con suministro eléctrico fotovoltaico en la Vall d'Uixó.
			Nº DE PLANO: PID-A-REV00
			SUSTITUYE A:

#### 4.5. Esquema en planta de la instalación fotovoltaica



Las dimensiones aproximadas del conjunto de las parcelas en las que se ubica la instalación fotovoltaica son 191 m de largo por 55 m de ancho (10327 m<sup>2</sup>) de superficie total.

\*El conjunto inversor y el motor no estan a escala.

	FECHA:	NOMBRE:	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
DIBUJADO:	23/08/2021	B. Lluch	
COMPROBADO:	23/08/2021	B. Lluch	
ESCALA:	NOMBRE DEL PLANO:	PROYECTO:	
1:500 en m	Esquema en planta de la instalación fotovoltaica	Diseño de una instalación de bombeo para riego agrícola con suministro eléctrico fotovoltaico en la Vall d'Uixó.	
		Nº DE PLANO: E-FV-A-REV00	
		SUSTITUYE A:	

## 5. Pliego de Condiciones

### 5.1. CAPÍTULO I: Alcance

#### 5.1.1. a) Objeto del Pliego de Condiciones

El presente Pliego de Condiciones Técnicas, Facultativas, Legales y Económicas pretende recoger los requisitos tanto generales como particulares exigidos a los contratistas, para llevar a cabo la realización del proyecto "Instalación de bombeo para riego agrícola con suministro eléctrico mediante energía solar fotovoltaica aislada en la Vall d'Uixó (Castellón)".

#### 5.1.2. b) Documentación del Proyecto

Se presenta a continuación una lista de los distintos documentos que conforman el desarrollo del proyecto:

DOCUMENTO 0: Índices del proyecto, tablas y figuras incluidas.  
DOCUMENTO 0: Nomenclatura  
DOCUMENTO 1: Introducción  
DOCUMENTO 2: Marco legislativo  
DOCUMENTO 3: Memoria  
DOCUMENTO 4: Planos  
DOCUMENTO 5: Pliego de condiciones  
DOCUMENTO 6: Presupuesto  
DOCUMENTO 7: Estudio económico  
DOCUMENTO 8: Conclusiones

#### 5.1.3. c) Materiales, Equipos e Instalaciones

El presente Pliego de Condiciones se estructurará en su apartado de condiciones particulares (5.3) en distintos artículos, correspondientes a los distintos materiales, equipos e instalaciones que conforman el proyecto. Éstos son:

ARTÍCULO 1: Obra Civil Canalización y Tubería  
ARTÍCULO 2: Obra Civil Generador Fotovoltaico y Soportes  
ARTÍCULO 3: Generador Fotovoltaico  
ARTÍCULO 4: Variador de Frecuencia  
ARTÍCULO 5: Cableado  
ARTÍCULO 6: Puesta a Tierra  
ARTÍCULO 7: Grupo Motobomba  
ARTÍCULO 8: Componentes de la Instalación Hidráulica

## 5.2. CAPÍTULO II: Disposiciones Generales

### 5.2.1. a) Condiciones Generales Facultativas

#### 5.2.1.1. CF1: Obligaciones y Derechos de los Contratistas

Los contratistas tienen como obligaciones:

- El conocimiento de las leyes que se aplican a su ámbito de ocupación.
- El conocimiento del proyecto en el que participan en su totalidad.
- Esperar para su actuación a la autorización del Ingeniero Director a través del Libro de Órdenes.
- Poner todos los medios que sean necesarios para el correcto desarrollo del proyecto.

Los contratistas tienen como derechos:

- La recepción de una copia del proyecto.
- La asistencia del Ingeniero Director en cuántos problemas puedan surgir en el desarrollo del proyecto.
- El suministro de materiales y medios auxiliares que se estipulen en el contrato para la realización de la obra.

#### 5.2.1.2. CF2: Facultades de la Dirección de Obras

La máxima autoridad en la Obra es el Ingeniero Director. Es necesaria su autorización para cualquier tarea.

#### 5.2.1.3. CF3: Libro de Órdenes

El libro de Órdenes pretende ser un registro de las comunicaciones entre el Ingeniero Director y los contratistas.

El libro de Órdenes debe constar de tres hojas autocopiativas: la original debe quedar en posesión de los Contratista, y las copias son para el Director y el colegio profesional.

#### 5.2.1.4. CF4: Replanteo

El Ingeniero Director será supervisor del replanteo. Entre él, el Propietario y el Contratista, se firmará el Acta de Replanteo. Se establecerá entonces la fecha base para el comienzo de las obras.

#### 5.2.1.5. CF5: Partidas Alzadas

Las partidas Alzadas son unidades de obra que quedan parcialmente indefinidas, o definidas de forma global, al no contar con la suficiente información acerca de detalles del proyecto en el momento de su redacción.

Para dichas partidas, las partes acordarán cómo efectuar su valoración una vez los datos estén a disposición y sean conocidos por el Ingeniero Director.

#### **5.2.1.6. CF6: Periodo de Prueba**

El Propietario se reservará un periodo de garantía de entre seis meses y un año, para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación. Dicho periodo transcurre desde el final de la obra hasta la firma del acta de recepción definitiva. Durante el mismo se retendrá la fianza al Contratista.

### **5.2.2. b) Condiciones Generales Económicas**

#### **5.2.2.1. CE1: Fianzas**

La fianza inicial consiste en el 10% de retención del valor de las unidades de obra certificadas por el Ingeniero Director, en su recepción provisional, con defectos que deberán ser resueltos por el Contratista.

#### **5.2.2.2. CE2: Revisión de precios**

Previa petición de las partes que conforman el Contrato del Proyecto, será posible solicitar una revisión de precios siempre y cuando la variación oficial de éstos sea superior a un 5% al alza o a la baja.

En caso de revisión de precios, en el "Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las Administraciones Públicas." [26], se establecen distintas fórmulas de revisión de precios en función del tipo de obra. De estas fórmulas, las que se adecúen a cada partida del presupuesto serán usadas para la revisión de precios del presente proyecto.

Los índices utilizados para las fórmulas anteriormente mencionadas serán los correspondientes a los de última publicación en la página del Instituto Nacional de Estadística, en el apartado "Índices de precios de materiales, nacional de la mano de obra y de componentes de transporte de viajeros por carretera" [27].

#### **5.2.2.3. CE3: Abono de los trabajos**

Los pagos serán efectuados por el Propietario en los plazos previamente acordados.

#### **5.2.2.4. CE4: Penalizaciones**

Las penalizaciones podrán ser impuestas por el Propietario en base a lo acordado en el contrato motivadas por:

- Demora en la ejecución de las obras.
- Incumplimiento del contrato.

- Mala ejecución.

El Contratista no podrá imponer penalizaciones, como retrasos en las obras, motivadas por el retraso en los pagos del Propietario. Las penalizaciones en este caso vendrán predefinidas en el contrato.

### 5.2.3. c) Condiciones Generales Legales

Establecidas en el "DOCUMENTO 2: Marco legislativo" (2).

### 5.2.4. d) Condiciones Generales Técnicas

**5.2.4.1. CGT1** La instalación de bombeo solar deberá contar con un caudalímetro que mida el caudal de agua bombeada.

**5.2.4.2. CGT2** Las pérdidas por fricción en los elementos de la instalación hidráulica serán inferiores al 10% de la energía hidráulica útil total proporcionada por el sistema motobomba.

**5.2.4.3. CGT3** La instalación del generador fotovoltaico deberá contar con protecciones ante sobretensiones en sus strings y con una protección general previa a su conexión al variador.

## 5.3. CAPÍTULO III: Disposiciones Particulares

Cada uno de los artículos presentados a continuación presentará la siguiente estructura:

- 1. Objeto
- 2. Condiciones de los materiales
- 3. Condiciones de la ejecución
- 4. Prueba de servicio

### 5.3.1. ARTÍCULO 1: Canalización para la Conexión entre Balsas

#### A1.1.

El objeto del ARTÍCULO 1 del Pliego de Condiciones es definir las condiciones particulares en cuanto a materiales, ejecución y prueba de servicio de la Canalización para la Conexión entre Balsas.

#### A1.2.

Se requiere que las tuberías que conforman la instalación sean de PVC orientado (PVC-O), DN450 mm, PN16 bar.

La tubería seleccionada deberá cumplir con la norma UNE-ISO 16422:2015 "Tubos y uniones de poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión. Especificaciones".

La tubería seleccionada debe cumplir con lo establecido en el Real Decreto 140/2003: "Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano".

Cada tubería deberá contar con su propio sistema de estanquidad, que asegure la inexistencia de pérdidas en la canalización tras su ensamblaje y puesta en funcionamiento.

El resto de condiciones del material no mencionadas en este punto deberán ser iguales o similares a las de la tubería seleccionada (3.5.5.9), cuya ficha técnica se adjunta en el Anexo de fichas técnicas (C).

#### **A1.3.**

Durante la instalación de la canalización deberá asegurarse la estanquidad entre cada par de elementos instalados.

#### **A1.4.**

Las uniones de las tuberías, tras su ensamblaje, deberán ser capaces de resistir una presión interna máxima de 29 *bar* durante 2 horas asegurando su estanquidad.

Las uniones de las tuberías, tras su ensamblaje, deberán ser capaces de resistir una presión interna mínima de -0,8 *bar* durante 2 horas asegurando su estanquidad.

Las uniones de las tuberías, tras su ensamblaje, deberán ser capaces de resistir una presión interna cíclica que oscile de 8 a 16 *bar* a 20° durante 24.000 ciclos asegurando su estanquidad.

### **5.3.2. ARTÍCULO 2: Soportes del Generador Fotovoltaico**

#### **A2.1.**

El objeto del ARTÍCULO 2 del Pliego de Condiciones es definir las condiciones particulares en cuanto a materiales, ejecución y prueba de servicio de los Soportes del Generador Fotovoltaico.

#### **A2.2.**

La estructura de los soportes y sus fijaciones deben estar diseñadas previendo las posibles dilataciones térmicas que puedan sufrir en su ubicación de instalación, sin que éstas produzcan cargas adicionales que puedan dañar la instalación, y en concreto a los módulos fotovoltaicos.

El conjunto instalado de soporte y módulos debe prever la resistencia a sobrecargas por viento y nieve en función de su ubicación de acuerdo a lo que se indica en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Se debe tener en cuenta en el diseño de la estructura la facilidad de montaje y desmontaje para permitir su mantenimiento y posibles sustituciones de piezas.

La estructura será diseñada para una inclinación de 37°.

En ningún caso los elementos de sujeción generarán sombras sobre los módulos fotovoltaicos.

La estructura debe ser de acero galvanizado o de aluminio 6082-T6.

La tornillería debe ser de acero inoxidable A2-70 o superior (A4), aunque en el caso de utilizar acero galvanizado para la estructura de los soportes, se permitirá tornillería de acero galvanizado en sus uniones.

La tornillería de sujeción de los módulos a los soportes será en cualquier caso de acero galvanizado.

Se exige a la empresa fabricante de los componentes de los soportes el Certificado ISO 9001.

El resto de condiciones del material no mencionadas en este punto deberán ser iguales o similares a las de los elementos de los soportes seleccionados (3.5.5.5), cuyas fichas técnicas se adjuntan en el Anexo de fichas técnicas (C).

#### **A2.3.**

En caso de utilizar perfiles de acero galvanizado, estos deberán cumplir con la norma UNE-EN ISO 1461:2010 "Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo".

#### **A2.4.**

Los ensayos realizados sobre los componentes que conforman la estructura de soporte de los módulos serán los especificados en la norma UNE-EN ISO 1461:2010.

### **5.3.3. ARTÍCULO 3: Generador Fotovoltaico**

#### **A3.1.**

El objeto del ARTÍCULO 3 del Pliego de Condiciones es definir las condiciones particulares en cuanto a materiales, ejecución y prueba de servicio de los Generadores Fotovoltaicos.

#### **A3.2.**

Se requiere el cumplimiento de las especificaciones de la norma UNE-EN 61215-1:2017 "Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Parte 1: Requisitos de ensayo" para los módulos fotovoltaicos.

Todos los módulos instalados serán del mismo modelo y mismas especificaciones técnicas para evitar fallos por incompatibilidad (mismatch).

Para permitir la identificación de cada uno de los módulos, éstos llevarán de forma visible e indeleble el modelo de módulo junto con el nombre/logotipo del fabricante, fecha de fabricación y número de serie trazable a esta última.

Para evitar averías provocadas en las células y sus circuitos por sombreados parciales, los módulos contarán con diodos de derivación protegidos con un grado IP65 o superior.

Los marcos laterales de los módulos deberán ser de aluminio o acero inoxidable.

Tanto la potencia máxima como la corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 5\%$  respecto a los valores nominales correspondientes que aparecen en catálogo.

Los módulos recepcionados no deberán presentar ninguno de los defectos mencionados a continuación: roturas, manchas, faltas de alineación en las células, burbujas en el encapsulante.

En el caso de que las tensiones nominales en CC fuesen superiores a 48 V, la estructura del generador y los marcos estarán conectados a una toma de tierra, que será la misma para toda la instalación.

Para posibilitar la desconexión de las ramas del generador, se instalarán los elementos que permitan la desconexión de éstas de forma independiente y en ambos terminales.

El resto de condiciones del material no mencionadas en este punto deberán ser iguales o similares a las del módulo fotovoltaico seleccionado (3.5.5.3), cuya ficha técnica se adjunta en el Anexo de fichas técnicas (C).

### **A3.3.**

Las condiciones de fabricación deberán ajustarse a lo mencionado en la norma UNE-EN IEC 61730-1:2019 "Cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV). Parte 1: Requisitos de construcción".

### **A3.4.**

Los procedimientos de ensayo deberán ajustarse a lo establecido en las normas UNE-EN 61215-2:2017 "Módulos fotovoltaicos (FV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Parte 2: Procedimientos de ensayo" y UNE-EN IEC 61730-2:2019 "Cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV). Parte 2: Requisitos para ensayos".

## **5.3.4. ARTÍCULO 4: Variador de Frecuencia**

### **A4.1.**

El objeto del ARTÍCULO 4 del Pliego de Condiciones es definir las condiciones particulares en cuanto a materiales, ejecución y prueba de servicio del Variador de Frecuencia.

### **A4.2.**

El variador deberá ser apto para la generación de energía en isla y específicamente diseñado para su uso en instalaciones de bombeo solar, contando con las funciones propias de este tipo de variadores

(regulación de presión y caudal, funciones "Sleep" y "Wake up" en función de la presión y caudal proporcionados, control del golpe de ariete, compensación de sub y sobrepresiones, detección de cavitación, etc.).

La eficiencia mínima a plena carga será del 98 %.

Se habrá de consultar la incorporación de un filtro adicional en el variador con el fabricante del mismo en los casos en los que el cable de salida del variador al motor sea no apantallado y de longitud superior a 300 m, o apantallado y de longitud superior a 500 m.

El variador debe cumplir con los requisitos establecidos en las siguientes directivas:

- Directiva 2014/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- Directiva 2014/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética (refundición).

El variador deberá estar correctamente identificado con, por lo menos, la siguiente información:

- Potencia nominal ( $VA$ ).
- Tensión nominal de entrada ( $V$ ).
- Tensión ( $V_{RMS}$ ) y frecuencia ( $Hz$ ) nominales de salida.
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.
- Polaridad y terminales.

El resto de condiciones del material no mencionadas en este punto deberán ser iguales o similares a las del variador seleccionado (3.5.5.4), cuya ficha técnica se adjunta en el Anexo de fichas técnicas (C).

#### A4.3.

En cuanto al diseño y construcción del variador, se requiere el cumplimiento de las siguientes normativas:

- IEC/EN 61800-2:2015 "Requisitos generales. Especificaciones de dimensionamiento para sistemas de accionamiento de potencia de velocidad variable de corriente alterna y baja tensión"
- UNE-EN 61800-5-1:2007/A1:2017 "Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable. Parte 5-1: Requisitos de seguridad. Eléctricos, térmicos y energéticos"
- IEC/EN 60146-1-1:2010 "Convertidores de semiconductores. Especificaciones comunes y convertidores conmutados por red. Parte 1-1: Especificaciones de los requisitos técnicos básicos"

#### A4.4.

Los métodos de ensayo se ajustarán a lo establecido en la norma UNE-EN IEC 61800-3:2018 "Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable. Parte 3: Requisitos CEM y métodos de ensayo específicos" y en la norma UNE-EN 60068-2-6:2008 "Ensayos ambientales. Parte 2-6: Ensayos. Ensayo Fc: Vibración (sinusoidal)".

### 5.3.5. ARTÍCULO 5: Cableado

#### A5.1.

El objeto del ARTÍCULO 5 del Pliego de Condiciones es definir las condiciones particulares en cuanto a materiales, ejecución y prueba de servicio del Cableado de la instalación.

#### A5.2.

Los cables a utilizar en la instalación deberán tener tal sección que reduzca al mínimo las caídas de tensión y los sobrecalentamientos. La caída de tensión deberá ser, para cualquier condición en la que la instalación trabaje, inferior al 1,5 % la tensión nominal CC del sistema.

Se evitará que los cables queden tensionados por el esfuerzo. Para ello, habrá de proporcionarse la longitud necesaria para cada uno de ellos. Se conducirán además por bandejas o soportes similares para reducir al mínimo posibles daños.

Los cables positivos y negativos de CC deberán ir por separado y correctamente señalizados, protegidos y diferenciados.

Todos los cables estarán protegidos, en función de si se ubican en la intemperie, enterrados o al aire libre siguiendo la norma IEC 60502 "Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas entre 1 kV hasta 30 kV".

#### A5.3.

Condiciones de ejecución en base a lo establecido en la norma UNE-EN 5068 "Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos".

#### A5.4.

Ensayos en base a lo establecido en la norma UNE-EN 5068.

### 5.3.6. ARTÍCULO 6: Puesta a Tierra

Las instalaciones cuyas tensiones nominales sean superiores a 48 V deberán incluir una toma a tierra.

Las masas conectadas a tierra de la parte de CC llevarán un único sistema de puesta a tierra que será independiente de la parte de CA.

### 5.3.7. ARTÍCULO 7: Bomba Hidráulica

#### A7.1.

El objeto del ARTÍCULO 7 del Pliego de Condiciones es definir las condiciones particulares en cuanto a materiales, ejecución y prueba de servicio de la Bomba Hidráulica.

**A7.2.**

La bomba hidráulica instalada deberá ser la seleccionada (3.5.5.1), cuya ficha técnica se adjunta en el Anexo de fichas técnicas (C).

Para las condiciones del material y demás especificaciones, atender a lo mencionado en el apartado (3.5.5.1) Descripción de los componentes de la nueva instalación de bombeo solar - Bomba.

**A7.3.**

No se requiere plan de pintura de la bomba especial, será suficiente el estándar del fabricante.

**A7.4.**

Será requerido un ensayo de funcionamiento de acuerdo a lo establecido en la norma ISO 9906:2012 "Bombas rotodinámicas. Ensayos de rendimiento hidráulico de aceptación. Niveles 1, 2 y 3", de grado 2B.

Será requerida una prueba hidrostática de acuerdo a lo establecido en la norma ISO 5199:2002 "Especificaciones técnicas para bombas centrífugas. Clase II."

**5.3.8. ARTÍCULO 8: Motor****A8.1.**

El objeto del ARTÍCULO 8 del Pliego de Condiciones es definir las condiciones particulares en cuanto a materiales, ejecución y prueba de servicio del motor.

**A8.2.**

El motor instalado deberá ser el seleccionado (3.5.5.2), cuya ficha técnica se adjunta en el Anexo de fichas técnicas (C).

**A8.3.**

Para las condiciones del material, ejecución y demás especificaciones, atender a lo mencionado en el apartado (3.5.5.2) Descripción de los componentes de la nueva instalación de bombeo solar - Motor, y en su ficha técnica y plano.

**A8.4.**

Será requerido un ensayo de rutina del motor de acuerdo a lo establecido en la norma IEC 60034-2 "Máquinas eléctricas rotativas. Parte 2: Métodos para la determinación de las pérdidas y del rendimiento de las máquinas eléctricas rotativas a partir de los ensayos (excepto para las máquinas de vehículos de tracción)".

## 6. Presupuesto

### 6.1. Presupuestos parciales desglosados

CAPÍTULO 1: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA					
Ref.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>SC11</b>	<b>Obra civil instalación fotovoltaica</b>				<b>39.527,12 €</b>
111	Acondicionamiento del terreno - Desbroce y limpieza de terreno con arbustos ADL010 Desbroce y limpieza del terreno con arbustos, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: arbustos, pequeñas plantas, tocones, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión. El precio no incluye la tala de árboles ni el transporte de los materiales retirados.	m <sup>2</sup>	4.912,6	1,76	8.646,1 €
112	Zanjas para la instalación DC - Excavación de zanjas y pozos ADE010 Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.	m <sup>3</sup>	175,0	16,69	2.920,8 €
113	Bases de plataformas de hormigón para la ubicación de los módulos - Encachado en caja para base de solera, con áridos reciclados ANE011 Encachado en caja para base de solera de 20 cm de espesor, mediante relleno y extendido en tongadas de espesor no superior a 20 cm de árido reciclado de hormigón de 40 a 80 mm de diámetro; y posterior compactación mediante equipo manual con bandeja vibrante, sobre la explanada homogénea y nivelada. El precio no incluye la ejecución de la explanada.	m <sup>2</sup>	770,0	7,13	5.490,1 €
114	Plataformas para la ubicación de los módulos - Solera de hormigón con áridos reciclados, para aplicaciones no estructurales Solera de 10 cm de espesor, realizada con hormigón HRM-25/B/20/I, con un porcentaje máximo de áridos reciclados del 50%, fabricado en central, y vertido desde camión, extendido y vibrado manual mediante regla vibrante, sin tratamiento de su superficie. Incluso panel de poliestireno expandido de 3 cm de espesor, para la ejecución de juntas de dilatación. El precio no incluye la base de la solera.	m <sup>2</sup>	770,0	10,78	8.300,6 €
115	Vallado del recinto del generador fotovoltaico y puerta El precio incluye envío y mano de obra	m	430,0	31,15	13.394,5 €
116	Costes directos complementarios	%	2,0		775,0 €
<b>SC12</b>	<b>Componentes del generador fotovoltaico y su instalación</b>				<b>126.832,95 €</b>
121	Módulos fotovoltaicos El precio incluye el envío.	Ud.	486,0	153,37 €	74.536,6 €
122	Componentes de la estructura de soportes de los módulos fotovoltaicos El precio incluye el envío.	Ud.	486,0	49,50 €	24.080,0 €
123	Variador de frecuencia El precio incluye el envío.	Ud.	1,0	8.900,00 €	8.900,0 €
124	Complementos del variador de frecuencia El precio incluye el envío.	Ud.	1,0	1.200,00 €	1.200,0 €
125	Cajas de protecciones-combiners de strings fotovoltaicos El precio incluye el envío.	Ud.	9,0	286,87 €	2.581,8 €
126	Protección general-interruptor de los módulos/ fotovoltaicos El precio incluye el envío.	Ud.	1,0	350,00 €	350,0 €
127	Armario de protecciones de la instalación fotovoltaica El precio incluye el envío.	Ud.	1,0	520,00 €	520,0 €
128	Cableado de los módulos a los combiners - Ø 4 mm <sup>2</sup> IEH015 Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x4 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Incluye mano de obra (Oficial 1ª electricista y ayudante electricista) y maquinaria.	m	515,7	1,30 €	670,4 €

## 6 PRESUPUESTO



129	Cableado de los combiners al interruptor general - Ø 35 mm <sup>2</sup> IEH015 Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x35 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Incluye mano de obra (Oficial 1ª electricista y ayudante electricista) y maquinaria.	m	156,4	3,51 €	548,8 €
1210	Cableado de los combiners al interruptor general - Ø 50 mm <sup>2</sup> IEH015 Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x50 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Incluye mano de obra (Oficial 1ª electricista y ayudante electricista) y maquinaria.	m	355,1	6,20 €	2.201,3 €
1211	Cableado de los combiners al interruptor general - Ø 95 mm <sup>2</sup> IEH015 Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x95 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Incluye mano de obra (Oficial 1ª electricista y ayudante electricista) y maquinaria. Incluye mano de obra (Oficial 1ª electricista y ayudante electricista) y maquinaria.	m	535,7	10,37 €	5.555,0 €
1212	Toma de tierra IEP021 Toma de tierra con una pica de acero cobreado de 2 m de longitud. Incluye la excavación, el relleno del trasdós, la mano de obra (oficial 1ª electricista, ayudante electricista y peón ordinario construcción).	Ud.	1,0	154,48 €	154,5 €
1213	Instalación de los módulos fotovoltaicos y las conexiones Incluye mano de obra (Oficial 1ª electricista y ayudante electricista)	h	40,0	37,60 €	1.504,0 €
1214	Instalación de los soportes de los módulos Incluye mano de obra (Oficial 1ª montador de estructura metálica y ayudante montador de estructura metálica) y maquinaria	h	40,0	38,59 €	1.543,6 €
214	Costes directos complementarios	%	2		2.486,9 €

## CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN HIDRÁULICA

Ref.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>SC21</b>	<b>Canalización conexión entre balsas y obra civil</b>				<b>74.747,99 €</b>
211	Tubería de conexión entre las balsas El precio incluye el envío.	Ud.	167	77,02 €	12.862,3 €
212	Accesorios para el ensamblaje de la tubería de conexión entre balsas El precio incluye el envío.	Ud.	34	60,00 €	2.040,0 €
213	Obra de canalización entre balsas Incluye mano de obra (Oficial 1ª construcción, peón ordinario construcción, oficial 1ª fontanero y ayudante fontanero) y maquinaria.	m	1400	41,70 €	58.380,0 €

## 6 PRESUPUESTO

214	Costes directos complementarios	%	2		1.465,6 €
<b>SC22</b>	<b>Grupo motobomba y su intalación</b>				<b>68.861,06 €</b>
221	Bomba hidráulica y complementos Incluye envío	Ud.	1	30.000,00 €	30.000,0 €
222	Motor Incluye envío	Ud.	1	32.000,00 €	32.000,0 €
223	Cableado del inversor al motor - $\varnothing$ 240 mm <sup>2</sup> Cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	m	200	25,30 €	5.060,0 €
224	Instalación del grupo motobomba Incluye mano de obra (Oficial 1ª fontanero, ayudante fontanero, oficial 1ª electricista, ayudante 1ª electricista) y maquinaria.	h	6	75,14 €	450,8 €
225	Costes directos complementarios	%	2		1.350,2 €
<b>SC23</b>	<b>Valvulería, demás componentes de la instalación hidráulica y su instalación</b>				<b>16.206,53 €</b>
231	Válvula de retención Incluye envío y complementos	Ud.	1	684,41 €	684,4 €
232	Válvula de mariposa motorizada Incluye envío	Ud.	1	500,00 €	500,0 €
233	Válvula de alivio Incluye envío	Ud.	1	8.116,97 €	8.117,0 €
234	Caudalímetro electromagnético Incluye envío	Ud.	1	1.589,67 €	1.589,7 €
235	Cono de adaptación Incluye envío	Ud.	1	700,00 €	700,0 €
236	Tramos de tubería embridados Incluye envío	Ud.	4	200,00 €	800,0 €
237	Sensor de nivel en depósito Incluye envío	Ud.	1	77,68 €	77,7 €
238	Sonda de comunicación para el sensor de nivel Incluye envío	Ud.	1	2.818,90 €	2.818,9 €
239	Instalación de toda la valvulería y complementos hidráulicos Incluye mano de obra (Oficial 1ª fontanero y ayudante fontanero) y maquinaria.	Ud.	16	37,57 €	601,1 €
2310	Costes directos complementarios	%	2		317,8 €

## CAPÍTULO 3: INGENIERÍA

Ref.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>SC31</b>	<b>Ingeniería</b>				<b>1.428,00 €</b>
311	Ingeniería del proyecto Incluye documentación requerida en el pliego de condiciones	Ud.	1	1.000,00 €	1.000,0 €
312	Ensayo de funcionamiento de la instalación	Ud.	1	400,00 €	400,0 €
313	Costes directos complementarios	%	2	28,00 €	28,0 €

## 6.2. Presupuesto general por partidas

<i>Ref.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Precio</i>
<b>CAPÍTULO 1: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA</b>		
SC11	Obra civil instalación fotovoltaica	39.527,12 €
SC12	Componentes del generador fotovoltaico y su instalación	126.832,95 €
<b>CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN HIDRÁULICA</b>		
SC21	Canalización conexión entre balsas y obra civil	74.747,99 €
SC22	Grupo motobomba y su instalación	68.861,06 €
SC23	Valvulería, demás componentes de la instalación hidráulica y su instalación	16.206,53 €
<b>CAPÍTULO 3: INGENIERÍA</b>		
SC31	Ingeniería	1.428,00 €
	<b>I.V.A. 21 %</b>	68.796,77 €
	<b>TOTAL</b>	<b>396.400,41 €</b>

Cuadro 16: Resumen del presupuesto por partidas.

## 6.3. Presupuesto general total

El presupuesto general del presente proyecto asciende a la cantidad expresada de TRESCIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL CUATROCIENTOS EUROS con CUARENTA Y UNO CÉNTIMOS.

## 7. Estudio Económico

### 7.1. Estudio económico del proyecto

En este apartado, se procede al estudio de la rentabilidad económica de la instalación propuesta en este proyecto. Para ello, se van a usar el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno), dos indicadores con los que es posible valorar los flujos de caja que generará el proyecto. También es útil el cálculo del payback, que indica el periodo de tiempo que pasa hasta que se recupera el capital inicial invertido.

Por una parte, el VAN indicará el valor actual de los netos que generará la inversión en el proyecto en un periodo de tiempo determinado. En el plazo establecido, si el VAN es superior a cero, significará que se ha recuperado la inversión. Teniendo en cuenta que el presente proyecto conlleva una gran inversión, al incluir no solo la planta fotovoltaica, sino también la renovación y modernización de la instalación hidráulica, se estudia el VAN en un periodo de 20 años. La fórmula para la obtención del VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (28)$$

Donde:

$VAN$  es el Valor Actual Neto (€).

$n_t$  es el número de periodos considerados.

$t$  representa a cada uno de los periodos de tiempo considerados (en este caso, los periodos considerados son de 1 año).

$V_t$  son los flujos de caja en cada periodo  $t$  (€).

$k_t$  es la tasa de descuento.

La tasa de descuento es el parámetro que permite determinar el valor actual de los flujos de caja futuros. La tasa de descuento que se va a aplicar es del 5 %.

Por otra parte, el TIR indica el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN tome un valor de 0. Este indicador permite obtener el porcentaje de beneficios o pérdidas que tendrá la inversión realizada en el proyecto.

También se ha calculado el payback, que permite el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión.

Los flujos de caja que se han considerado para el estudio económico son los siguientes:

Costes:

- Inversión inicial.
- Alquiler del terreno para la instalación fotovoltaica.
- Seguro para la instalación fotovoltaica.
- Mantenimiento y limpieza de la instalación fotovoltaica.
- Reposición de componentes de la instalación fotovoltaica.
- Consumo de red eléctrica (dentro de la caseta de bombeo, para la luz u otros usos auxiliares).

Beneficios:

- Factura de la electricidad (facturas por el consumo eléctrico de la bomba actualmente instalada que se dejan de pagar).
- Subvención.

Para todos los flujos de caja menos a los de reposición de componentes, se aplica una inflación del 1,76 %.

Existen distintas subvenciones a las que el proyecto podría acogerse en el caso de existir nuevas convocatorias para próximos años. Algunos ejemplos de estas son:

- Ayudas a la Modernización y Racionalización de Regadíos, de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. Consiste en la concesión de ayudas económicas a las comunidades de regantes y otras entidades de riego, para la optimización del uso y gestión tanto de los recursos hídricos como de los recursos energéticos. La ayuda consiste en la subvención del 50 % de la inversión máxima auxiliabile.
- Ayudas en materia de Energías Renovables y Biocarburantes, para impulsar las actuaciones encaminadas a la explotación de los recursos energéticos renovables y fomentar el uso de los biocarburantes en la Comunitat Valenciana, de la Generalitat Valenciana. Esta ayuda consiste en la subvención de hasta el 45 % del coste subvencionable del proyecto.
- Ayudas destinadas al Fomento de Instalaciones de Autoconsumo Eléctrico para Empresas y Entidades 2021, del Institut Valencià de Competitivitat Empresarial (IVACE). El objetivo de estas ayudas es el de facilitar el desarrollo de las instalaciones de autoconsumo en las empresas y entidades de la Comunitat Valenciana.

Teniendo en cuenta que el presupuesto del proyecto proporcional a la instalación hidráulica es aproximadamente el 50 % del precio final, y el otro 50 % correspondería a la instalación hidráulica, se supone una subvención del 20 % sobre el presupuesto final de la instalación dividida entre los 3 primeros años de funcionamiento de la instalación.

Los resultados del estudio económico del presente proyecto son:

- VAN = 97.333,32 €
- TIR = 7,97 %
- Payback: año 10

Los cálculos realizados para el estudio económico se adjuntan en el anexo D "Estudio económico. Cálculos".

## 7.2. Estudio económico de la renovación del grupo motobomba

Se ha realizado también el estudio económico del remplazamiento del grupo motobomba por uno nuevo, que trabaje en el mismo punto de funcionamiento que la bomba actual y el mismo número de horas mensuales. La renovación del grupo motobomba supondría un ahorro de energía eléctrica, ya que el nuevo equipo consumiría menos potencia para el mismo punto de funcionamiento.

La bomba seleccionada es una SD 2,4/2F2, que a 3000 l/min proporciona una altura de 61 mca.

Se han considerado la misma tasa de inflación para los flujos de caja (1,76 %) y misma tasa de actualización (5 %). Sin embargo, se ha considerado un periodo mucho menor de tiempo, 5 años, al tratarse de una inversión mucho menor.

Los flujos de caja que se han considerado para el estudio económico son los siguientes:

Costes:

- Inversión inicial: compra del equipo motobomba y su instalación.

Beneficios:

- Diferencia entre las facturas del consumo eléctrico de la bomba actual y el del nuevo grupo motobomba.

Los resultados del estudio económico de la sustitución del equipo motobomba son:

- VAN = 22.754,09 €
- TIR = 79,00 %
- Payback: año 2

Los cálculos realizados para el estudio económico se adjuntan en el anexo D "Estudio económico. Cálculos".

### 7.3. Conclusiones del estudio económico

Los dos estudios económicos y los parámetros de rentabilidad calculados permiten sacar conclusiones acerca de la viabilidad de los proyectos, y realizar una comparación entre ambos.

Los resultados obtenidos tras los cálculos se muestran en la tabla a continuación (17).

	VAN	TIR	Payback
Proyecto bombeo suministro solar fotovoltaica aislada	97.333,32€	7,97 %	10 años
Proyecto renovación grupo motobomba	22.754,09€	79,00 %	2 años

**Cuadro 17:** Resultados de VAN, TIR y payback del estudio económico.

Procediendo a analizar los resultados en el estudio económico para el proyecto de bombeo con suministro eléctrico mediante energía solar fotovoltaica aislada, se concluye, como era esperable, que se trata de una inversión a largo plazo, recuperando el dinero invertido en un plazo aproximado de 10 años. El VAN, de 97.333,32 a los 20 años, indica que en ese lapso de tiempo el valor creado por la inversión es del 25 % el valor de la cantidad invertida inicialmente. La tasa de interés a la que rinde la inversión inicial en el tiempo estimado obtenida es de un 7,95 %. Teniendo en cuenta que el TIR aceptable para las

instalaciones generadoras de electricidad por medio de energía solar fotovoltaica se fija en un 7,5% [28], se considera aceptable el TIR obtenido, ya que el proyecto no sólo reemplaza la fuente de energía, sino que además supone una completa renovación de la instalación hidráulica.

Aprovechando que, debido al mal funcionamiento de la bomba instalada actualmente en la Llacuna, se necesita una renovación del equipo, la inversión planteada en este proyecto es una buena oportunidad para incluir el suministro fotovoltaico. Incluir una fuente de autoconsumo con la utilización de energías renovables permite reducir la huella de carbono de la actividad agraria de la Comunidad de Regantes de la Vall d'Uixó, y su independencia de la industria eléctrica con el consiguiente ahorro que esto supone de forma indefinida, reduciendo así también los costes del cultivo.

En referencia a los valores de los indicadores de rentabilidad que se obtienen de analizar la renovación del equipo motobomba del bombeo Llacuna, estos indican que la inversión resultaría altamente rentable. Esta es una inversión cuyos resultados se pueden ver a corto plazo, ya que se recuperaría en 2 años, y supondría un gran ahorro para la comunidad de regantes, obteniendo un VAN más de 2,5 veces superior a la inversión inicial realizada y un TIR del 79%.

Pese a que los valores de rentabilidad de la renovación del equipo motobomba son notablemente mejores que los del proyecto de bombeo solar fotovoltaico, no es posible su comparación directa con la aplicación de los mismos criterios. La segunda inversión supone la independencia de la red eléctrica para la obtención de energía, y los gastos de mantenimiento de la instalación fotovoltaica estimados en condiciones normales con el paso de los años, no llegan a superar el coste que supondría mantener el consumo de la red eléctrica para el funcionamiento del equipo.

Se concluye por tanto la rentabilidad positiva del presente proyecto.

## 8. Conclusiones

A continuación, se recogen las conclusiones obtenidas a lo largo del desarrollo del proyecto.

- Se ha estudiado la instalación hidráulica actual en la balsa Llacuna. Respecto al funcionamiento de su bomba sumergida, se ha obtenido que el rendimiento al que trabaja es muy bajo, y consecuentemente su consumo de energía es excesivo.
- Se ha realizado una auditoría energética de la instalación, determinando varias medidas a adoptar para la modernización del bombeo, y concluyendo la necesidad de su renovación. Así mismo, se decide el uso de la energía solar fotovoltaica para su suministro eléctrico.
- Se han valorado las posibilidades disponibles para cada uno de los elementos que han de ser reemplazados o incorporados en la instalación hidráulica, concluyendo y argumentando cuál es la mejor opción para cada uno de ellos. De forma general, se determina el uso de una bomba vertical multifásica sumergida de motor no sumergido con suministro eléctrico mediante energía solar fotovoltaica aislada.
- Se han dimensionado cada uno de los elementos incorporados al rediseño, comprobando que cumplen con los requisitos de caudal demandado, de energía demandada o de presión en función de los componentes. Se concluye de este punto que el dimensionamiento de la instalación es el correcto.
- Se ha estudiado la viabilidad económica del proyecto tras la elaboración de su presupuesto y previsión de flujos de caja generados a futuro, comprobando que es un proyecto rentable.

Se concluye por consiguiente, que este proyecto cumple con su objeto propuesto inicialmente y es coherente con su justificación.

## 9. Bibliografía y Webgrafía

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), documento nº 2: *"Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío"*, Madrid: octubre 2005. ISBN: 84-86850-94-0.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), documento nº 9: *"Ahorro y eficiencia energética en las comunidades de regantes"*, Madrid: abril 2008. ISBN: 978-84-96680-27-2.

Bayod Rújula, Ángel Antonio, documento nº 9: *"Sistemas Fotovoltaicos. (Serie Energías Renovables)"*, Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza: 2009. ISBN: 978-84-92521-94-4.

Querol, Daniel; Nieto, Félix; Valiente, Rubén; Eralch, Reinaldo, *"Optimización de los componentes de un sistema de bombeo para comunidades rurales impulsado con energía solar"*, La Calera, 2016-06-12, Vol.14 (23), p.76-83, ISSN 1998-8850.

Edwin Rúa Ramírez, Saúl Hernández Moreno, Leonardo Cely, Adriana Granados Comba, Ángela María González Amarillo, Rafael Ramírez Alvarado, Andrés Aguirre, Joaquín Mancipe, Carlos Rojas, Edwin Torres Díaz, *"Sistema Fotovoltaico: Sistema portátil para irrigación de cultivos frutales de árboles"*, Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja: febrero 2020. ISBN: 978-958-5471-75-7.

Red Internacional de Acción contra el Hambre, *"Bombeo solar: pautas para el diseño del sistema eléctrico en la instalación de bombas solares. Guía."*, París, 2020.

Arnau Bayón Barrachina, *"Tema 1: Bombas centrífugas"*, apuntes de la asignatura: Ampliación de Máquinas Hidráulicas, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València, Valencia 2021.

Curso 2017-2018, *"Mecánica de Fluidos"*, apuntes de la asignatura, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València, Valencia.

Curso 2019-2020, *"Ingeniería de Fluidos"*, apuntes de la asignatura, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València, Valencia.

Curso 2020-2021, *"Building Integrated Photovoltaics"*, apuntes de la asignatura, Department of Civil Engineering, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby.

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, *"Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red"*, PCT-A-REV - febrero 2009, Madrid

Fuentes Bargues, José Luis, *"El documento Pliego de condiciones"*, fuente: Riunet, Departamento de Proyectos de Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universitat Politècnica de València, Valencia.

Curso 2017-2018, *"Mecánica de Fluidos"*, apuntes de la asignatura, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València, Valencia.

Curso 2018-2019, "*Oficina Técnica*", apuntes de la asignatura, Universitat Politècnica de València, Valencia.

Gobierno de España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, "*Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC)*", <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac-/default.aspx>.

CYPE Ingenieros, S.A., "*Generador de Precios. España*", <https://www.generadordeprecios.info>

inflation.eu-Worldwide inflation data, "*Inflación en España 2021*", <https://www.inflation.eu/es/tasas-de-inflacion/espana/inflacion-historica/ipc-inflacion-espana-2021.aspx>

Generalitat Valenciana; Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica "*Ayudas modernización y racionalización de regadíos*", <https://agroambient.gva.es/es/web/agricultura/ayudas>

Generalitat Valenciana, "*Ayudas en materia de Energías Renovables y Biocarburantes, para el ejercicio 2021*", [https://www.gva.es/es/inicio/procedimientos?id\\_proc=00764#p\\_2](https://www.gva.es/es/inicio/procedimientos?id_proc=00764#p_2)

IVACE-Institut Valencià de Competitivitat Empresarial, "*Ayudas destinadas al fomento de instalaciones de autoconsumo eléctrico para empresas y entidades 2021*", [https://www.ivace.es/index.php?option=com\\_content](https://www.ivace.es/index.php?option=com_content)

## A. Anexo: Lectura de datos del analizador de redes

---

Modelo: C.A 8334 Serie: 302830

---

Tendencia: AAA | Tipo de conexión: 3-Fases 3-Hilos

---

Día de empiece | Hora de empiece | Día de finalización | Hora de finalización

---

13/04/2021      20:52:00      15/04/2021      10:52:00

---

Fecha	Hora	Frec.	W1	W2	W3	W Total	Wh1	Wh2	Wh3	Wh Total
		Hz	W	W	W	W	Wh	Wh	Wh	Wh
13/04/2021	21:52:00	---	0	0	0	0	0	0	0	0
13/04/2021	0:04:00	---	0	0	0	0	0	0	0	0
13/04/2021	0:06:00	36,24	9496,06	10631,68	9406,75	29534,49	316,54	354,39	313,56	984,49
13/04/2021	0:08:00	50	13995,04	15577,57	13866,84	43439,45	783,04	873,64	775,79	2432,47
13/04/2021	0:10:00	50,01	15079,42	16652,73	14964,28	46696,43	1285,68	1428,73	1274,6	3989,01
13/04/2021	0:12:00	50,01	15919,28	17469,75	15785,35	49174,38	1816,33	2011,06	1800,77	5628,16
13/04/2021	0:14:00	50	18571,51	20108,35	18370,32	57050,18	2435,38	2681,34	2413,12	7529,84
13/04/2021	0:16:00	49,98	18952,21	20507,44	18722,83	58182,48	3067,12	3364,92	3037,21	9469,25
13/04/2021	0:18:00	49,99	18934,56	20492,96	18698,19	58125,71	3698,27	4048,02	3660,49	11406,78
13/04/2021	0:20:00	50	18929,41	20474,81	18663,97	58068,19	4329,25	4730,51	4282,62	13342,38
13/04/2021	0:22:00	50	18941,22	20483,8	18682,23	58107,25	4960,62	5413,3	4905,36	15279,28
13/04/2021	0:24:00	50,02	18917,02	20483,19	18676,49	58076,7	5591,19	6096,08	5527,91	17215,18
13/04/2021	0:26:00	50,02	18897,19	20481,63	18655,6	58034,42	6221,1	6778,8	6149,76	19149,66
13/04/2021	0:28:00	50,02	18887,01	20462,6	18635,29	57984,9	6850,66	7460,88	6770,94	21082,48
13/04/2021	0:30:00	49,98	18884,02	20452,4	18599,8	57936,22	7480,13	8142,63	7390,93	23013,69
13/04/2021	0:32:00	49,98	18868,1	20458,46	18599,73	57926,29	8109,07	8824,58	8010,92	24944,57
13/04/2021	0:34:00	50,01	18870,68	20456,38	18613,53	57940,59	8738,09	9506,46	8631,37	26875,92
13/04/2021	0:36:00	50,02	18864,45	20454,32	18608,3	57927,07	9366,91	10188,27	9251,65	28806,83
13/04/2021	0:38:00	50,02	18863,11	20466,12	18617,16	57946,39	9995,68	10870,47	9872,22	30738,37
13/04/2021	0:40:00	50,01	18862,92	20461,96	18586,93	57911,81	10624,44	11552,54	10491,79	32668,77
13/04/2021	0:42:00	50,01	18851,46	20436,92	18560,88	57849,26	11252,82	12233,77	11110,48	34597,07
13/04/2021	0:44:00	50,01	18872,43	20437,82	18564,2	57874,45	11881,9	12915,03	11729,29	36526,22
13/04/2021	0:46:00	50	18878,77	20443,44	18577,74	57899,95	12511,2	13596,48	12348,55	38456,23
13/04/2021	0:48:00	50,01	18903,93	20470,57	18585,72	57960,22	13141,33	14278,83	12968,07	40388,23
13/04/2021	0:50:00	50,02	18892,39	20469,21	18628,54	57990,14	13771,07	14961,14	13589,02	42321,23
13/04/2021	0:52:00	50,02	18922,79	20489,11	18606,26	58018,16	14401,83	15644,11	14209,23	44255,17
13/04/2021	0:54:00	50,02	18923,9	20492,44	18600,12	58016,46	15032,63	16327,19	14829,23	46189,05
13/04/2021	0:56:00	50	18897,42	20504,78	18604,22	58006,42	15662,54	17010,68	15449,38	48122,6
13/04/2021	0:58:00	50	18909,23	20484,99	18613,27	58007,49	16292,85	17693,51	16069,82	50056,18
14/04/2021	1:00:00	49,94	18899,61	20476,12	18580,85	57956,58	16922,84	18376,05	16689,18	51988,07
14/04/2021	1:02:00	49,95	18931,87	20469,2	18589,54	57990,61	17553,9	19058,36	17308,83	53921,09
14/04/2021	1:04:00	49,96	18954,86	20494,68	18622,66	58072,2	18185,73	19741,51	17929,59	55856,83
14/04/2021	1:06:00	49,97	18968,35	20517,23	18654,98	58140,56	18818,01	20425,42	18551,42	57794,85
14/04/2021	1:08:00	49,99	18966,63	20512,41	18678,51	58157,55	19450,23	21109,17	19174,04	59733,44
14/04/2021	1:10:00	50,01	18973,57	20525,43	18663,67	58162,67	20082,68	21793,35	19796,16	61672,19
14/04/2021	1:12:00	50,01	18945,29	20496,18	18649,28	58090,75	20714,19	22476,56	20417,8	63608,55
14/04/2021	1:14:00	50,01	18945,16	20503,2	18638,63	58086,99	21345,7	23160	21039,09	65544,79
14/04/2021	1:16:00	49,99	18929,2	20490,3	18634,18	58053,68	21976,67	23843,01	21660,23	67479,91
14/04/2021	1:18:00	50	18914,4	20506,59	18622,28	58043,27	22607,15	24526,56	22280,97	69414,68
14/04/2021	1:20:00	50	18908,28	20468,9	18647,36	58024,54	23237,42	25208,86	22902,55	71348,83
14/04/2021	1:22:00	50,01	18914	20454,3	18662,69	58030,99	23867,89	25890,67	23524,64	73283,2
14/04/2021	1:24:00	50,02	18910,25	20455,55	18678,49	58044,29	24498,23	26572,52	24147,26	75218,01
14/04/2021	1:26:00	50,01	18879,29	20409,28	18669,21	57957,78	25127,54	27252,83	24769,56	77149,93
14/04/2021	1:28:00	50,01	18897,96	20404,26	18644,35	57946,57	25757,47	27932,97	25391,04	79081,48
14/04/2021	1:30:00	49,99	18899,74	20375,37	18645,41	57920,52	26387,47	28612,15	26012,55	81012,17
14/04/2021	1:32:00	50	18894,48	20391,71	18633,94	57920,13	27017,28	29291,87	26633,69	82942,84
14/04/2021	1:34:00	50	18875,94	20367,68	18609,66	57853,28	27646,48	29970,79	27254,01	84871,28
14/04/2021	1:36:00	50	18877,6	20378,26	18623,07	57878,93	28275,73	30650,07	27874,78	86800,58
14/04/2021	1:38:00	50,01	18882,3	20396,4	18600,38	57879,08	28905,14	31329,95	28494,79	88729,88
14/04/2021	1:40:00	50,01	18886,05	20387,74	18600,08	57873,87	29534,68	32009,54	29114,79	90659,01
14/04/2021	1:42:00	50,02	18870,51	20406,18	18596,51	57873,2	30163,7	32689,75	29734,68	92588,13
14/04/2021	1:44:00	50,01	18874,55	20399,71	18590,32	57864,58	30792,85	33369,74	30354,35	94516,94
14/04/2021	1:46:00	50,02	18870,1	20399,22	18605,69	57875,01	31421,85	34049,71	30974,54	96446,1
14/04/2021	1:48:00	50,01	18847,82	20374,94	18642,44	57865,2	32050,11	34728,88	31595,96	98374,95
14/04/2021	1:50:00	50	18855,51	20358,09	18643,04	57856,64	32678,63	35407,48	32217,39	100303,5

Fecha	Hora	Frec.	W1	W2	W3	W Total	Wh1	Wh2	Wh3	Wh Total
		Hz	W	W	W	W	Wh	Wh	Wh	Wh
14/04/2021	1:52:00	50,01	18844,89	20382,17	18649,85	57876,91	33306,79	36086,88	32839,05	102232,72
14/04/2021	1:54:00	50,02	18859,1	20383,79	18640,24	57883,13	33935,43	36766,34	33460,39	104162,16
14/04/2021	1:56:00	50,01	18855,79	20374,06	18655,89	57885,74	34563,95	37445,48	34082,26	106091,69
14/04/2021	1:58:00	50,01	18848,29	20351,07	18670,83	57870,19	35192,23	38123,85	34704,62	108020,7
14/04/2021	2:00:00	49,97	18827,4	20324,02	18656,8	57808,22	35819,81	38801,32	35326,51	109947,64
14/04/2021	2:02:00	49,97	18815,47	20338,49	18649,35	57803,31	36446,99	39479,27	35948,16	111874,42
14/04/2021	2:04:00	49,97	18814,7	20323,92	18657,75	57796,37	37074,15	40156,73	36570,08	113800,96
14/04/2021	2:06:00	49,96	18819,28	20337,94	18642,84	57800,06	37701,46	40834,66	37191,51	115727,63
14/04/2021	2:08:00	49,96	18818,43	20323,91	18648,54	57790,88	38328,74	41512,12	37813,13	117653,99
14/04/2021	2:10:00	49,97	18823,53	20315,53	18653,71	57792,77	38956,19	42189,31	38434,92	119580,42
14/04/2021	2:12:00	49,99	18814,16	20289,31	18652,75	57756,22	39583,33	42865,62	39056,68	121505,63
14/04/2021	2:14:00	49,98	18812,1	20299,38	18645,82	57757,3	40210,4	43542,26	39678,2	123430,86
14/04/2021	2:16:00	49,97	18804,65	20271,02	18645,2	57720,87	40837,22	44217,97	40299,71	125354,9
14/04/2021	2:18:00	49,98	18794,74	20259,17	18624,21	57678,12	41463,71	44893,27	40920,52	127277,5
14/04/2021	2:20:00	49,98	18767,9	20252,29	18614,08	57634,27	42089,31	45568,35	41540,99	129198,65
14/04/2021	2:22:00	49,99	18776,94	20254	18616,79	57647,73	42715,21	46243,48	42161,55	131120,24
14/04/2021	2:24:00	49,99	18789,5	20247,13	18596,27	57632,9	43341,52	46918,38	42781,42	133041,32
14/04/2021	2:26:00	49,98	18795,99	20263,88	18585,75	57645,62	43968,06	47593,85	43400,95	134962,86
14/04/2021	2:28:00	49,98	18779,59	20256,3	18568,34	57604,23	44594,04	48269,06	44019,89	136882,99
14/04/2021	2:30:00	49,98	18770,79	20252,93	18542,63	57566,35	45219,74	48944,16	44637,98	138801,88
14/04/2021	2:32:00	49,98	18789,15	20257,43	18521,43	57568,01	45846,04	49619,4	45255,36	140720,8
14/04/2021	2:34:00	50	18786,77	20260,44	18547,49	57594,7	46472,27	50294,75	45873,61	142640,63
14/04/2021	2:36:00	50,01	18787,2	20245,05	18553,67	57585,92	47098,51	50969,59	46492,07	144560,17
14/04/2021	2:38:00	50,01	18805,98	20255,44	18555,62	57617,04	47725,37	51644,77	47110,59	146480,73
14/04/2021	2:40:00	50,01	18807,01	20251,46	18583,59	57642,06	48352,27	52319,82	47730,04	148402,13
14/04/2021	2:42:00	50,01	18784,33	20266,12	18576,38	57626,83	48978,42	52995,35	48349,25	150323,02
14/04/2021	2:44:00	50	18789,57	20274,11	18573,68	57637,36	49604,74	53671,16	48968,38	152244,28
14/04/2021	2:46:00	50	18781,13	20276,4	18561,89	57619,42	50230,77	54347,04	49587,11	154164,92
14/04/2021	2:48:00	49,99	18790,57	20268,65	18576,2	57635,42	50857,13	55022,66	50206,31	156086,1
14/04/2021	2:50:00	50	18791,16	20265,29	18575,75	57632,2	51483,5	55698,17	50825,5	158007,17
14/04/2021	2:52:00	50,01	18812,43	20288,14	18565,94	57666,51	52110,58	56374,44	51444,37	159929,39
14/04/2021	2:54:00	50,01	18812,34	20289,51	18569	57670,85	52737,66	57050,76	52063,33	161851,75
14/04/2021	2:56:00	50	18818,17	20273,56	18589,76	57681,49	53364,93	57726,54	52682,99	163774,46
14/04/2021	2:58:00	49,99	18815,71	20277,63	18604,92	57698,26	53992,12	58402,46	53303,16	165697,74
14/04/2021	3:00:00	49,97	18818,88	20257,45	18610,67	57687	54619,42	59077,71	53923,51	167620,64
14/04/2021	3:02:00	49,97	18835,22	20236,53	18623,17	57694,92	55247,26	59752,26	54544,29	169543,81
14/04/2021	3:04:00	49,98	18819,58	20231,16	18655,79	57706,53	55874,58	60426,63	55166,15	171467,36
14/04/2021	3:06:00	49,99	18816,87	20227,94	18676,66	57721,47	56501,81	61100,9	55788,7	173391,41
14/04/2021	3:08:00	49,99	18810,01	20231,73	18674,81	57716,55	57128,81	61775,29	56411,19	175315,29
14/04/2021	3:10:00	50	18806,4	20237,02	18661,16	57704,58	57755,69	62449,86	57033,23	177238,78
14/04/2021	3:12:00	50	18791,65	20242,95	18685,65	57720,25	58382,07	63124,62	57656,09	179162,78
14/04/2021	3:14:00	50	18807,65	20236,42	18685,36	57729,43	59009	63799,17	58278,93	181087,1
14/04/2021	3:16:00	50	18803,66	20250,52	18666,63	57720,81	59635,78	64474,19	58901,15	183011,12
14/04/2021	3:18:00	49,99	18802	20231,62	18678,94	57712,56	60262,52	65148,57	59523,79	184934,88
14/04/2021	3:20:00	49,99	18804,78	20222,13	18682,43	57709,34	60889,34	65822,65	60146,53	186858,52
14/04/2021	3:22:00	50	18785,95	20240,61	18684,42	57710,98	61515,54	66497,33	60769,35	188782,22
14/04/2021	3:24:00	49,99	18780,24	20233,64	18687,73	57701,61	62141,55	67171,79	61392,27	190705,61
14/04/2021	3:26:00	49,99	18782,4	20237,34	18685,1	57704,84	62767,63	67846,37	62015,11	192629,11
14/04/2021	3:28:00	49,98	18795,5	20217,35	18706,02	57718,87	63394,15	68520,28	62638,64	194553,07
14/04/2021	3:30:00	49,99	18822,69	20233,94	18725,24	57781,87	64021,57	69194,74	63262,82	196479,13
14/04/2021	3:32:00	49,99	18835,53	20222,57	18726,03	57784,13	64649,42	69868,83	63887,02	198405,27
14/04/2021	3:34:00	49,98	18847,21	20248,33	18697,61	57793,15	65277,66	70543,77	64510,27	200331,7
14/04/2021	3:36:00	49,98	18863,44	20240,25	18691,68	57795,37	65906,44	71218,45	65133,33	202258,22
14/04/2021	3:38:00	49,99	18869,37	20239,22	18708,21	57816,8	66535,42	71893,09	65756,93	204185,44
14/04/2021	3:40:00	50	18867,03	20232,1	18725,9	57825,03	67164,32	72567,49	66381,13	206112,94
14/04/2021	3:42:00	50,01	18871,87	20240,11	18723,82	57835,8	67793,39	73242,16	67005,26	208040,81

Fecha	Hora	Frec.	W1	W2	W3	W Total	Wh1	Wh2	Wh3	Wh Total
		Hz	W	W	W	W	Wh	Wh	Wh	Wh
14/04/2021	3:44:00	50	18879,46	20257,54	18694,04	57831,04	68422,7	73917,41	67628,39	209968,5
14/04/2021	3:46:00	50,01	18888,06	20270,7	18696,54	57855,3	69052,3	74593,1	68251,61	211897,01
14/04/2021	3:48:00	50,01	18886,32	20272,13	18701,51	57859,96	69681,85	75268,84	68875	213825,69
14/04/2021	3:50:00	50,01	18890,47	20255,47	18695,9	57841,84	70311,53	75944,02	69498,19	215753,74
14/04/2021	3:52:00	50	18890,94	20258,3	18690,67	57839,91	70941,23	76619,3	70121,21	217681,74
14/04/2021	3:54:00	50	18885,62	20241,03	18698,6	57825,25	71570,75	77294	70744,5	219609,25
14/04/2021	3:56:00	50	18862,85	20223,03	18689,37	57775,25	72199,51	77968,1	71367,48	221535,09
14/04/2021	3:58:00	50,01	18867,37	20225,92	18703,03	57796,32	72828,42	78642,3	71990,91	223461,63
14/04/2021	4:00:00	50	18865,96	20224,27	18703,38	57793,61	73457,29	79316,44	72614,36	225388,09
14/04/2021	4:02:00	50	18878,09	20254,4	18689,9	57822,39	74086,56	79991,59	73237,36	227315,51
14/04/2021	4:04:00	49,99	18867,85	20243,5	18692,51	57803,86	74715,48	80666,37	73860,44	229242,29
14/04/2021	4:06:00	50	18874,09	20260,8	18681,43	57816,32	75344,62	81341,73	74483,15	231169,5
14/04/2021	4:08:00	49,99	18882,1	20257,44	18664,43	57803,97	75974,02	82016,98	75105,3	233096,3
14/04/2021	4:10:00	49,99	18871,5	20253,15	18670,45	57795,1	76603,07	82692,08	75727,65	235022,8
14/04/2021	4:12:00	50	18870,16	20270,56	18657,16	57797,88	77232,08	83367,77	76349,56	236949,41
14/04/2021	4:14:00	50,02	18882,72	20298,36	18637,49	57818,57	77861,5	84044,38	76970,81	238876,69
14/04/2021	4:16:00	50,01	18854,9	20265,9	18680,49	57801,29	78490	84719,91	77593,49	240803,4
14/04/2021	4:18:00	50	18842,3	20281,7	18659,1	57783,1	79118,08	85395,97	78215,46	242729,51
14/04/2021	4:20:00	50	18851,77	20272,49	18665,79	57790,05	79746,47	86071,72	78837,65	244655,84
14/04/2021	4:22:00	50,01	18862,41	20282,65	18664,67	57809,73	80375,22	86747,81	79459,81	246582,84
14/04/2021	4:24:00	49,99	18855,26	20275,1	18644,08	57774,44	81003,72	87423,64	80081,28	248508,64
14/04/2021	4:26:00	49,99	18853,9	20271,95	18632,86	57758,71	81632,19	88099,37	80702,37	250433,93
14/04/2021	4:28:00	49,99	18849,46	20252,52	18649,17	57751,15	82260,5	88774,46	81324,01	252358,97
14/04/2021	4:30:00	50	18846,21	20277,81	18638,01	57762,03	82888,71	89450,38	81945,28	254284,37
14/04/2021	4:32:00	49,99	18837,87	20275	18641,92	57754,79	83516,64	90126,22	82566,68	256209,54
14/04/2021	4:34:00	49,98	18847,5	20248,09	18651,75	57747,34	84144,89	90801,15	83188,4	258134,44
14/04/2021	4:36:00	49,98	18833,43	20243,5	18646,54	57723,47	84772,67	91475,94	83809,95	260058,56
14/04/2021	4:38:00	49,98	18856,49	20247,59	18625,72	57729,8	85401,22	92150,86	84430,81	261982,89
14/04/2021	4:40:00	49,99	18846,96	20244,17	18637,35	57728,48	86029,45	92825,66	85052,05	263907,16
14/04/2021	4:42:00	49,99	18826,01	20253,54	18633,4	57712,95	86656,99	93500,78	85673,17	265830,94
14/04/2021	4:44:00	49,98	18809,95	20246,8	18642,92	57699,67	87283,98	94175,67	86294,6	267754,25
14/04/2021	4:46:00	49,99	18799,49	20266,86	18634,91	57701,26	87910,63	94851,24	86915,76	269677,63
14/04/2021	4:48:00	50	18818,25	20252,67	18645,68	57716,6	88537,91	95526,33	87537,28	271601,52
14/04/2021	4:50:00	49,99	18816,12	20229,56	18655,73	57701,41	89165,11	96200,64	88159,14	273524,89
14/04/2021	4:52:00	49,99	18799,88	20273,82	18642,53	57716,23	89791,78	96876,44	88780,56	275448,78
14/04/2021	4:54:00	50	18801,51	20281,82	18639,26	57722,59	90418,49	97552,5	89401,87	277372,86
14/04/2021	4:56:00	50	18793,31	20312,36	18627,29	57732,96	91044,94	98229,58	90022,78	279297,3
14/04/2021	4:58:00	50	18821,33	20278,28	18606	57705,61	91672,31	98905,52	90642,98	281220,81
14/04/2021	5:00:00	50,03	18819,99	20316,06	18600,11	57736,16	92299,65	99582,72	91262,98	283145,35
14/04/2021	5:02:00	50,02	18831,02	20337,29	18551,03	57719,34	92927,35	100260,63	91881,35	285069,33
14/04/2021	5:04:00	50	18836,63	20334,25	18533,77	57704,65	93555,24	100938,44	92499,14	286992,82
14/04/2021	5:06:00	50	18795,12	20356,67	18556,74	57708,53	94181,74	101617	93117,7	288916,44
14/04/2021	5:08:00	50	18816,65	20347,88	18541,21	57705,74	94808,96	102295,26	93735,74	290839,96
14/04/2021	5:10:00	50	18825,94	20341,2	18541,48	57708,62	95436,49	102973,3	94353,79	292763,58
14/04/2021	5:12:00	49,99	18822,48	20345,94	18506,18	57674,6	96063,91	103651,5	94970,66	294686,07
14/04/2021	5:14:00	49,99	18809,46	20332,67	18519,68	57661,81	96690,89	104329,25	95587,98	296608,12
14/04/2021	5:16:00	50,01	18818,44	20346,87	18526,57	57691,88	97318,17	105007,48	96205,54	298531,19
14/04/2021	5:18:00	50,01	18830,99	20343,81	18520,04	57694,84	97945,87	105685,61	96822,87	300454,35
14/04/2021	5:20:00	50	18824,66	20349,26	18510,39	57684,31	98573,36	106363,92	97439,88	302377,16
14/04/2021	5:22:00	50	18830,64	20323,92	18519,6	57674,16	99201,05	107041,38	98057,2	304299,63
14/04/2021	5:24:00	49,99	18829,42	20298,57	18521,4	57649,39	99828,7	107718	98674,58	306221,28
14/04/2021	5:26:00	50	18830,77	20296,99	18532,44	57660,2	100456,39	108394,57	99292,33	308143,29
14/04/2021	5:28:00	50,01	18822,86	20319,95	18533,27	57676,08	101083,82	109071,9	99910,11	310065,83
14/04/2021	5:30:00	49,99	18816,75	20299,05	18528,42	57644,22	101711,04	109748,53	100527,72	311987,29
14/04/2021	5:32:00	49,99	18804,73	20317,07	18518,1	57639,9	102337,87	110425,77	101144,99	313908,63
14/04/2021	5:34:00	49,99	18787,93	20316,35	18517,99	57622,27	102964,13	111102,98	101762,26	315829,37

Fecha	Hora	Frec.	W1	W2	W3	W Total	Wh1	Wh2	Wh3	Wh Total
		Hz	W	W	W	W	Wh	Wh	Wh	Wh
14/04/2021	5:36:00	49,99	18806,62	20306,94	18510,36	57623,92	103591,02	111779,88	102379,27	317750,17
14/04/2021	5:38:00	49,97	18789,73	20286,18	18495,79	57571,7	104217,34	112456,08	102995,8	319669,22
14/04/2021	5:40:00	49,97	18791,79	20267,85	18525,44	57585,08	104843,74	113131,68	103613,31	321588,73
14/04/2021	5:42:00	49,97	18805,03	20259,54	18525,08	57589,65	105470,57	113807	104230,81	323508,38
14/04/2021	5:44:00	49,98	18800,72	20270,02	18518,65	57589,39	106097,26	114482,66	104848,1	325428,02
14/04/2021	5:46:00	49,98	18793,5	20282,84	18517,11	57593,45	106723,71	115158,76	105465,34	327347,81
14/04/2021	5:48:00	49,98	18779,07	20277,95	18526,68	57583,7	107349,68	115834,69	106082,9	329267,27
14/04/2021	5:50:00	49,97	18776,01	20259,57	18531,44	57567,02	107975,55	116510,01	106700,61	331186,17
14/04/2021	5:52:00	49,96	18787,43	20271,24	18520,41	57579,08	108601,79	117185,72	107317,96	333105,47
14/04/2021	5:54:00	49,96	18782,79	20289,63	18502,28	57574,7	109227,89	117862,04	107934,7	335024,63
14/04/2021	5:56:00	49,97	18772,34	20306,77	18491,4	57570,51	109853,63	118538,93	108551,08	336943,64
14/04/2021	5:58:00	50,01	18783,84	20326,53	18493,48	57603,85	110479,76	119216,48	109167,53	338863,77
14/04/2021	6:00:00	50,06	18785,42	20348,48	18498,54	57632,44	111105,94	119894,76	109784,15	340784,85
14/04/2021	6:02:00	50,05	18805,25	20360,38	18465,25	57630,88	111732,78	120573,44	110399,66	342705,88
14/04/2021	6:04:00	50,01	18811,79	20385,79	18411,67	57609,25	112359,84	121252,97	111013,38	344626,19
14/04/2021	6:06:00	49,98	18782,72	20402,48	18408,44	57593,64	112985,93	121933,05	111626,99	346545,97
14/04/2021	6:08:00	49,99	18756,88	20433,5	18432,35	57622,73	113611,16	122614,17	112241,4	348466,73
14/04/2021	6:10:00	49,98	18758,14	20410,1	18450,67	57618,91	114236,43	123294,51	112856,43	350387,37
14/04/2021	6:12:00	49,99	18751,8	20403,04	18462,14	57616,98	114861,49	123974,61	113471,83	352307,93
14/04/2021	6:14:00	49,99	18757,94	20385,34	18474,82	57618,1	115486,76	124654,12	114087,66	354228,54
14/04/2021	6:16:00	49,99	18768,32	20382,49	18472,12	57622,93	116112,37	125333,53	114703,4	356149,3
14/04/2021	6:18:00	50	18786,99	20369,78	18467,26	57624,03	116738,6	126012,53	115318,97	358070,1
14/04/2021	6:20:00	49,99	18770,7	20392,81	18453,78	57617,29	117364,29	126692,29	115934,1	359990,68
14/04/2021	6:22:00	49,98	18754,85	20392,72	18467,25	57614,82	117989,45	127372,05	116549,67	361911,17
14/04/2021	6:24:00	49,97	18761,64	20381,8	18450,71	57594,15	118614,84	128051,44	117164,7	363830,98
14/04/2021	6:26:00	49,98	18749,49	20392,35	18476,03	57617,87	119239,82	128731,18	117780,56	365751,56
14/04/2021	6:28:00	49,99	18742,7	20391,44	18484,35	57618,49	119864,58	129410,9	118396,71	367672,19
14/04/2021	6:30:00	50	18788,99	20356,49	18483,7	57629,18	120490,88	130089,45	119012,83	369593,16
14/04/2021	6:32:00	50	18778,26	20381,9	18482,95	57643,11	121116,82	130768,84	119628,93	371514,59
14/04/2021	6:34:00	50,01	18774,12	20381,9	18487,79	57643,81	121742,63	131448,24	120245,19	373436,06
14/04/2021	6:36:00	50,01	18775,91	20366,54	18501,59	57644,04	122368,49	132127,13	120861,91	375357,53
14/04/2021	6:38:00	49,99	18780,5	20374,34	18476,35	57631,19	122994,51	132806,27	121477,79	377278,57
14/04/2021	6:40:00	50	18783,62	20382,36	18475,5	57641,48	123620,63	133485,68	122093,64	379199,95
14/04/2021	6:42:00	49,99	18780,56	20351,03	18476,66	57608,25	124246,65	134164,05	122709,53	381120,23
14/04/2021	6:44:00	49,99	18783,78	20370,06	18456,71	57610,55	124872,77	134843,05	123324,75	383040,57
14/04/2021	6:46:00	49,99	18807,79	20395,84	18443,86	57647,49	125499,7	135522,91	123939,55	384962,16
14/04/2021	6:48:00	49,98	18808,49	20386,12	18439,4	57634,01	126126,65	136202,45	124554,19	386883,29
14/04/2021	6:50:00	49,97	18799,06	20379,27	18454,62	57632,95	126753,28	136881,76	125169,35	388804,39
14/04/2021	6:52:00	49,97	18772,37	20396,15	18470,67	57639,19	127379,03	137561,63	125785,04	390725,7
14/04/2021	6:54:00	49,96	18778,05	20371,57	18469,25	57618,87	128004,96	138240,68	126400,68	392646,32
14/04/2021	6:56:00	49,99	18810,57	20353,75	18480,61	57644,93	128631,98	138919,14	127016,7	394567,82
14/04/2021	6:58:00	50,02	18844,3	20352,41	18498,89	57695,6	129260,13	139597,56	127633,33	396491,02
14/04/2021	7:00:00	50,06	18845,87	20368,69	18524,82	57739,38	129888,32	140276,51	128250,82	398415,65
14/04/2021	7:02:00	50,07	18877,84	20348,83	18512,49	57739,16	130517,58	140954,81	128867,9	400340,29
14/04/2021	7:04:00	50,05	18869,15	20340,74	18493,73	57703,62	131146,56	141632,83	129484,36	402263,75
14/04/2021	7:06:00	50,03	18855,04	20323,29	18503,7	57682,03	131775,06	142310,27	130101,15	404186,48
14/04/2021	7:08:00	50,02	18862,9	20377,4	18489,41	57729,71	132403,82	142989,52	130717,46	406110,8
14/04/2021	7:10:00	50	18885,46	20352,93	18465,99	57704,38	133033,34	143667,95	131333	408034,29
14/04/2021	7:12:00	49,98	18866,64	20361,9	18459,47	57688,01	133662,22	144346,68	131948,31	409957,21
14/04/2021	7:14:00	49,98	18850,82	20374,42	18463,57	57688,81	134290,58	145025,83	132563,77	411880,18
14/04/2021	7:16:00	50,01	18865,06	20388,82	18467,13	57721,01	134919,42	145705,46	133179,34	413804,22
14/04/2021	7:18:00	50,01	18847,88	20402,26	18470,89	57721,03	135547,68	146385,53	133795,03	415728,24
14/04/2021	7:20:00	50,02	18842,88	20412,81	18474,9	57730,59	136175,78	147065,96	134410,86	417652,6
14/04/2021	7:22:00	50,01	18904,75	20427,13	18415,16	57747,04	136805,94	147746,86	135024,7	419577,5
14/04/2021	7:24:00	50	18881,27	20458,98	18388,33	57728,58	137435,31	148428,83	135637,65	421501,79
14/04/2021	7:26:00	50	18909,4	20432,6	18391,15	57733,15	138065,63	149109,92	136250,68	423426,23

Fecha	Hora	Frec.	W1	W2	W3	W Total	Wh1	Wh2	Wh3	Wh Total
		Hz	W	W	W	W	Wh	Wh	Wh	Wh
14/04/2021	7:28:00	49,99	18872,88	20435,06	18423,1	57731,04	138694,72	149791,08	136864,79	425350,59
14/04/2021	7:30:00	49,99	18880,33	20364,54	18510,62	57755,49	139324,07	150469,9	137481,81	427275,78
14/04/2021	7:32:00	50,01	18876,66	20353,28	18539,56	57769,5	139953,29	151148,35	138099,79	429201,43
14/04/2021	7:34:00	50,01	18865,07	20384,04	18522,95	57772,06	140582,12	151827,81	138717,23	431127,16
14/04/2021	7:36:00	50,02	18862,35	20387,65	18519,16	57769,16	141210,87	152507,4	139334,53	433052,8
14/04/2021	7:38:00	50,01	18875,29	20356,29	18529,06	57760,64	141840,05	153185,95	139952,17	434978,17
14/04/2021	7:40:00	50	18888,17	20329,69	18533,22	57751,08	142469,65	153863,6	140569,94	436903,19
14/04/2021	7:42:00	50	18900,59	20323,13	18531,35	57755,07	143099,67	154541,04	141187,65	438828,36
14/04/2021	7:44:00	50,01	18887,72	20353,79	18521,12	57762,63	143729,26	155219,5	141805,02	440753,78
14/04/2021	7:46:00	50	18843,04	20368,62	18521,88	57733,54	144357,36	155898,45	142422,42	442678,23
14/04/2021	7:48:00	49,99	18859,09	20353,29	18513,77	57726,15	144986	156576,9	143039,54	444602,44
14/04/2021	7:50:00	49,98	18872,78	20344,23	18496,1	57713,11	145615,09	157255,04	143656,08	446526,21
14/04/2021	7:52:00	49,98	18847,94	20368,52	18491,88	57708,34	146243,36	157933,99	144272,48	448449,83
14/04/2021	7:54:00	45,4	17135,09	18549,62	16859,71	52544,42	146814,53	158552,31	144834,47	450201,31
14/04/2021	7:56:00	---	0	0	0	0	146814,53	158552,31	144834,47	450201,31
14/04/2021	0:04:00	---	0	0	0	0	146814,53	158552,31	144834,47	450201,31
14/04/2021	0:06:00	36,21	9508,22	10670,65	9481,74	29660,61	147131,47	158908	145150,53	451190
14/04/2021	0:08:00	49,96	14167,15	15807,6	14104,57	44079,32	147603,71	159434,92	145620,68	452659,31
14/04/2021	0:10:00	49,97	15290,75	16916,31	15190,33	47397,39	148113,4	159998,79	146127,02	454239,21
14/04/2021	0:12:00	49,98	16279,34	17895,81	16147,66	50322,81	148656,04	160595,32	146665,28	455916,64
14/04/2021	0:14:00	49,98	19211,92	20761,09	18949,53	58922,54	149296,44	161287,36	147296,93	457880,73
14/04/2021	0:16:00	49,97	19348,21	20898,33	19093,32	59339,86	149941,38	161983,97	147933,37	459858,72
14/04/2021	0:18:00	49,98	19343,92	20864,09	19069,29	59277,3	150586,18	162679,44	148569,02	461834,64
14/04/2021	0:20:00	49,97	19290,16	20848,12	19049,29	59187,57	151229,18	163374,37	149203,99	463807,54
14/04/2021	0:22:00	49,98	19275,76	20809,63	19042,43	59127,82	151871,71	164068,03	149838,74	465778,48
14/04/2021	0:24:00	50	19249,51	20814,62	19031,79	59095,92	152513,36	164761,85	150473,13	467748,34
14/04/2021	0:26:00	50,01	19227,13	20811,55	19015,52	59054,2	153154,26	165455,57	151106,98	469716,81
14/04/2021	0:28:00	50,02	19194,47	20794,21	19020,19	59008,87	153794,08	166148,71	151740,99	471683,78
14/04/2021	0:30:00	50,01	19168,64	20796,63	19003,69	58968,96	154433,03	166841,93	152374,45	473649,41
14/04/2021	0:32:00	50,01	19164,02	20792,26	19000,96	58957,24	155071,83	167535	153007,81	475614,64
14/04/2021	0:34:00	49,99	19146,73	20799,47	18993,21	58939,41	155710,06	168228,32	153640,92	477579,3
14/04/2021	0:36:00	50	19160,26	20813,66	18975,3	58949,22	156348,73	168922,11	154273,43	479544,27
14/04/2021	0:38:00	50,01	19153,51	20803,54	18975,36	58932,41	156987,18	169615,56	154905,94	481508,68
14/04/2021	0:40:00	50,01	19123,96	20765,38	18934,61	58823,95	157624,65	170307,74	155537,09	483469,48
14/04/2021	0:42:00	50,01	19140,36	20770,59	18896,38	58807,33	158262,66	171000,09	156166,97	485429,72
14/04/2021	0:44:00	50,01	19123,38	20769,06	18862,17	58754,61	158900,11	171692,39	156795,71	487388,21
14/04/2021	0:46:00	49,99	19115,17	20734,68	18864,84	58714,69	159537,28	172383,55	157424,54	489345,37
14/04/2021	0:48:00	50,01	19095,97	20730,67	18858,64	58685,28	160173,81	173074,57	158053,16	491301,54
14/04/2021	0:50:00	50,01	19070,43	20731,38	18876,18	58677,99	160809,49	173765,62	158682,37	493257,48
14/04/2021	0:52:00	49,99	19096,71	20723,98	18850,66	58671,35	161446,05	174456,42	159310,72	495213,19
14/04/2021	0:54:00	49,98	19104	20731,57	18801,74	58637,31	162082,85	175147,47	159937,45	497167,77
14/04/2021	0:56:00	50	19060,23	20709,89	18752,29	58522,41	162718,19	175837,8	160562,52	499118,51
14/04/2021	0:58:00	49,99	18992,67	20658,15	18698,11	58348,93	163351,28	176526,41	161185,79	501063,48
15/04/2021	1:00:00	49,96	18977,65	20649,47	18712,67	58339,79	163983,87	177214,72	161809,55	503008,14
15/04/2021	1:02:00	49,96	18973,61	20662,2	18703,85	58339,66	164616,32	177903,46	162433,01	504952,79
15/04/2021	1:04:00	49,96	18968,91	20666,42	18702,77	58338,1	165248,62	178592,34	163056,44	506897,4
15/04/2021	1:06:00	49,97	18979,56	20662,48	18710,14	58352,18	165881,27	179281,09	163680,11	508842,47
15/04/2021	1:08:00	49,98	18969,13	20657,55	18711,21	58337,89	166513,57	179969,68	164303,81	510787,06
15/04/2021	1:10:00	49,99	18971,54	20664,98	18709,26	58345,78	167145,96	180658,51	164927,46	512731,93
15/04/2021	1:12:00	49,99	18951,06	20675,96	18697,25	58324,27	167777,66	181347,71	165550,7	514676,07
15/04/2021	1:14:00	49,99	18948,1	20671,19	18684,35	58303,64	168409,26	182036,75	166173,51	516619,52
15/04/2021	1:16:00	49,99	18929,96	20670,63	18677,36	58277,95	169040,26	182725,77	166796,09	518562,12
15/04/2021	1:18:00	50	18901,4	20656,29	18688,74	58246,43	169670,31	183414,31	167419,05	520503,67
15/04/2021	1:20:00	50,01	18915,27	20630,76	18659,74	58205,77	170300,82	184102	168041,04	522443,86
15/04/2021	1:22:00	50,01	18898,91	20638,31	18656,92	58194,14	170930,78	184789,95	168662,94	524383,67
15/04/2021	1:24:00	50	18883,85	20646,27	18644,79	58174,91	171560,24	185478,16	169284,43	526322,83

Fecha	Hora	Frec.	W1	W2	W3	W Total	Wh1	Wh2	Wh3	Wh Total
		Hz	W	W	W	W	Wh	Wh	Wh	Wh
15/04/2021	1:26:00	49,99	18849,96	20642,62	18614,06	58106,64	172188,58	186166,24	169904,9	528259,72
15/04/2021	1:28:00	50	18858,14	20624,7	18616,65	58099,49	172817,18	186853,73	170525,45	530196,36
15/04/2021	1:30:00	49,98	18847,91	20603	18630,57	58081,48	173445,44	187540,5	171146,47	532132,41
15/04/2021	1:32:00	49,98	18848,54	20605,78	18626,2	58080,52	174073,73	188227,36	171767,34	534068,43
15/04/2021	1:34:00	50	18843,16	20604,45	18631,08	58078,69	174701,83	188914,17	172388,38	536004,38
15/04/2021	1:36:00	50	18838,92	20611,01	18626	58075,93	175329,8	189601,21	173009,25	537940,26
15/04/2021	1:38:00	50	18829,98	20594,96	18643,38	58068,32	175957,46	190287,71	173630,69	539875,86
15/04/2021	1:40:00	50,01	18813,25	20613,6	18617,65	58044,5	176584,57	190974,83	174251,28	541810,68
15/04/2021	1:42:00	50,02	18793,87	20613,17	18590,31	57997,35	177211,03	191661,93	174870,96	543743,92
15/04/2021	1:44:00	50,02	18783,03	20582,33	18612,51	57977,87	177837,14	192348,01	175491,38	545676,53
15/04/2021	1:46:00	50	18771,15	20570,71	18598,13	57939,99	178462,84	193033,7	176111,31	547607,85
15/04/2021	1:48:00	50	18779	20573,84	18589,99	57942,83	179088,81	193719,5	176730,98	549539,29
15/04/2021	1:50:00	49,99	18792,34	20560,14	18605,83	57958,31	179715,22	194404,83	177351,17	551471,22
15/04/2021	1:52:00	50,01	18797,3	20574,69	18605,94	57977,93	180341,8	195090,66	177971,37	553403,83
15/04/2021	1:54:00	50	18807,04	20585,99	18602,05	57995,08	180968,7	195776,86	178591,44	555337
15/04/2021	1:56:00	50,01	18800,17	20594,96	18615,86	58010,99	181595,37	196463,35	179211,97	557270,69
15/04/2021	1:58:00	50	18806,05	20598,79	18602,78	58007,62	182222,24	197149,98	179832,06	559204,28
15/04/2021	2:00:00	49,97	18788,57	20594,86	18597,15	57980,58	182848,52	197836,48	180451,97	561136,97
15/04/2021	2:02:00	49,98	18785,23	20587,87	18600,11	57973,21	183474,7	198522,74	181071,97	563069,41
15/04/2021	2:04:00	49,97	18784,7	20572,86	18607,33	57964,89	184100,85	199208,5	181692,21	565001,56
15/04/2021	2:06:00	49,98	18804,85	20559,53	18602,79	57967,17	184727,68	199893,82	182312,31	566933,81
15/04/2021	2:08:00	49,99	18830,42	20566,38	18580,51	57977,31	185355,36	200579,36	182931,66	568866,38
15/04/2021	2:10:00	50	18860,76	20564,21	18553,74	57978,71	185984,06	201264,84	183550,11	570799,01
15/04/2021	2:12:00	50,01	18863,64	20553,05	18560,37	57977,06	186612,84	201949,94	184168,79	572731,57
15/04/2021	2:14:00	50,02	18855,93	20577,28	18586,25	58019,46	187241,37	202635,85	184788,34	574665,56
15/04/2021	2:16:00	50,01	18854,76	20589,64	18570,07	58014,47	187869,87	203322,17	185407,34	576599,38
15/04/2021	2:18:00	50	18849,63	20584,32	18570,87	58004,82	188498,19	204008,31	186026,37	578532,87
15/04/2021	2:20:00	50,02	18847,57	20594,59	18560,3	58002,46	189126,44	204694,8	186645,04	580466,28
15/04/2021	2:22:00	50,01	18850,98	20576,04	18571,84	57998,86	189754,81	205380,67	187264,1	582399,58
15/04/2021	2:24:00	50,02	18837,73	20561,01	18579,08	57977,82	190382,73	206066,04	187883,41	584332,18
15/04/2021	2:26:00	50,02	18855,19	20575,48	18541,32	57971,99	191011,24	206751,89	188501,45	586264,58
15/04/2021	2:28:00	50,01	18838,75	20598,6	18546,4	57983,75	191639,2	207438,51	189119,66	588197,37
15/04/2021	2:30:00	49,99	18837,57	20599,9	18553,59	57991,06	192267,11	208125,17	189738,12	590130,4
15/04/2021	2:32:00	49,99	18830,04	20608,85	18555,21	57994,1	192894,78	208812,13	190356,62	592063,53
15/04/2021	2:34:00	50	18820,14	20600,48	18584,15	58004,77	193522,12	209498,81	190976,1	593997,03
15/04/2021	2:36:00	50,01	18841,74	20604,51	18575,55	58021,8	194150,18	210185,63	191595,28	595931,09
15/04/2021	2:38:00	50,02	18880,15	20620,41	18602,27	58102,83	194779,52	210872,98	192215,36	597867,86
15/04/2021	2:40:00	50,03	18886,99	20607,68	18591,52	58086,19	195409,08	211559,9	192835,07	599804,05
15/04/2021	2:42:00	50,03	18876,58	20603,43	18595,31	58075,32	196038,3	212246,68	193454,92	601739,9
15/04/2021	2:44:00	50,02	18872,4	20587,46	18588,85	58048,71	196667,38	212932,93	194074,55	603674,86
15/04/2021	2:46:00	50,02	18860,37	20601,93	18578,76	58041,06	197296,06	213619,66	194693,84	605609,56
15/04/2021	2:48:00	50,03	18899,42	20571,38	18578,93	58049,73	197926,04	214305,37	195313,14	607544,55
15/04/2021	2:50:00	50,03	18877,34	20585,63	18579,71	58042,68	198555,29	214991,56	195932,46	609479,31
15/04/2021	2:52:00	50,03	18877,13	20588,24	18562,7	58028,07	199184,52	215677,84	196551,22	611413,58
15/04/2021	2:54:00	50,03	18856,93	20579,11	18586,99	58023,03	199813,09	216363,81	197170,78	613347,68
15/04/2021	2:56:00	50,02	18844,54	20591,11	18590,03	58025,68	200441,24	217050,18	197790,45	615281,87
15/04/2021	2:58:00	50,02	18857,35	20600,57	18573,53	58031,45	201069,82	217736,86	198409,57	617216,25
15/04/2021	3:00:00	49,98	18859,06	20583,32	18545,86	57988,24	201698,45	218422,97	199027,76	619149,18
15/04/2021	3:02:00	49,97	18869,86	20576,88	18526,33	57973,07	202327,45	219108,87	199645,31	621081,63
15/04/2021	3:04:00	49,98	18864,59	20594,49	18537,47	57996,55	202956,27	219795,35	200263,22	623014,84
15/04/2021	3:06:00	49,97	18874,21	20563,27	18546,11	57983,59	203585,41	220480,79	200881,43	624947,63
15/04/2021	3:08:00	49,99	18869,79	20560,97	18570,52	58001,28	204214,4	221166,16	201500,44	626881
15/04/2021	3:10:00	49,98	18862,76	20574,51	18558,61	57995,88	204843,16	221851,98	202119,06	628814,2
15/04/2021	3:12:00	50	18869,46	20580,46	18558,49	58008,41	205472,14	222537,99	202737,68	630747,81
15/04/2021	3:14:00	49,99	18866,56	20574,24	18569,08	58009,88	206101,03	223223,8	203356,65	632681,48
15/04/2021	3:16:00	49,99	18867,64	20586,66	18570,92	58025,22	206729,95	223910,02	203975,68	634615,65

Fecha	Hora	Frec.	W1	W2	W3	W Total	Wh1	Wh2	Wh3	Wh Total
		Hz	W	W	W	W	Wh	Wh	Wh	Wh
15/04/2021	3:18:00	50	18870,33	20595,09	18577,41	58042,83	207358,96	224596,52	204594,93	636550,41
15/04/2021	3:20:00	50,01	18855,18	20608,48	18584,78	58048,44	207987,47	225283,47	205214,42	638485,36
15/04/2021	3:22:00	50	18854,02	20613,22	18578,93	58046,17	208615,93	225970,58	205833,72	640420,23
15/04/2021	3:24:00	50,01	18858,83	20613,25	18567,35	58039,43	209244,56	226657,69	206452,63	642354,88
15/04/2021	3:26:00	50,01	18853,84	20621,26	18564,66	58039,76	209873,02	227345,06	207071,45	644289,53
15/04/2021	3:28:00	49,99	18851,94	20622,53	18566,81	58041,28	210501,42	228032,48	207690,35	646224,25
15/04/2021	3:30:00	49,99	18859,26	20618,73	18540,31	58018,3	211130,06	228719,77	208308,36	648158,19
15/04/2021	3:32:00	49,98	18857,38	20614,77	18550,65	58022,8	211758,64	229406,93	208926,71	650092,28
15/04/2021	3:34:00	50,01	18868,81	20599,15	18578,1	58046,06	212387,6	230093,57	209545,98	652027,15
15/04/2021	3:36:00	50,01	18883,24	20596,19	18575,64	58055,07	213017,04	230780,11	210165,17	653962,32
15/04/2021	3:38:00	49,99	18869,43	20603,76	18582,39	58055,58	213646,02	231466,9	210784,58	655897,5
15/04/2021	3:40:00	49,99	18879,65	20613,22	18564,87	58057,74	214275,35	232154,01	211403,41	657832,77
15/04/2021	3:42:00	49,99	18868,27	20614,43	18572,55	58055,25	214904,29	232841,16	212022,5	659767,95
15/04/2021	3:44:00	50	18869,48	20620,24	18550,11	58039,83	215533,27	233528,5	212640,83	661702,6
15/04/2021	3:46:00	50	18872,9	20626,63	18572,57	58072,1	216162,37	234216,05	213259,92	663638,34
15/04/2021	3:48:00	50	18888,05	20617,88	18578,74	58084,67	216791,97	234903,32	213879,21	665574,5
15/04/2021	3:50:00	50	18879,45	20613,88	18583,01	58076,34	217421,28	235590,45	214498,64	667510,37
15/04/2021	3:52:00	50,01	18899,82	20617,32	18583,84	58100,98	218051,28	236277,69	215118,1	669447,07
15/04/2021	3:54:00	50	18879,04	20618,01	18602,36	58099,41	218680,58	236964,96	215738,18	671383,72
15/04/2021	3:56:00	50,01	18868	20631,6	18620,28	58119,88	219309,51	237652,68	216358,86	673321,05
15/04/2021	3:58:00	50,01	18877,53	20645,75	18604,99	58128,27	219938,76	238340,87	216979,03	675258,66
15/04/2021	4:00:00	50	18896,15	20629,71	18605,9	58131,76	220568,64	239028,52	217599,22	677196,38
15/04/2021	4:02:00	50,01	18898,78	20633,21	18610,63	58142,62	221198,6	239716,3	218219,58	679134,48
15/04/2021	4:04:00	50	18900,3	20639,62	18613,79	58153,71	221828,61	240404,29	218840,04	681072,94
15/04/2021	4:06:00	50,01	18901,67	20636,39	18638,56	58176,62	222458,66	241092,17	219461,32	683012,15
15/04/2021	4:08:00	50,01	18907,84	20637,1	18630,61	58175,55	223088,92	241780,07	220082,34	684951,33
15/04/2021	4:10:00	50,02	18906,76	20634,96	18640,37	58182,09	223719,15	242467,9	220703,69	686890,74
15/04/2021	4:12:00	50,02	18925,85	20638,53	18618,85	58183,23	224350,01	243155,85	221324,32	688830,18
15/04/2021	4:14:00	50	18929,21	20619,65	18621,76	58170,62	224980,98	243843,17	221945,04	690769,19
15/04/2021	4:16:00	49,98	18914,03	20622,65	18619,62	58156,3	225611,45	244530,59	222565,69	692707,73
15/04/2021	4:18:00	49,99	18881,99	20596,49	18623,27	58101,75	226240,85	245217,14	223186,47	694644,46
15/04/2021	4:20:00	50	18898,81	20568,69	18640,22	58107,72	226870,81	245902,77	223807,81	696581,39
15/04/2021	4:22:00	50	18896,47	20600,89	18624,5	58121,86	227500,69	246589,46	224428,63	698518,78
15/04/2021	4:24:00	50,01	18881,36	20604,96	18635,33	58121,65	228130,07	247276,3	225049,81	700456,18
15/04/2021	4:26:00	50,01	18890,39	20596,96	18632,25	58119,6	228759,75	247962,86	225670,88	702393,49
15/04/2021	4:28:00	50,01	18895,79	20598,12	18621,65	58115,56	229389,61	248649,47	226291,6	704330,68
15/04/2021	4:30:00	50,01	18894,39	20609,59	18631,06	58135,04	230019,42	249336,45	226912,64	706268,51
15/04/2021	4:32:00	49,99	18906,5	20611,76	18609,76	58128,02	230649,64	250023,51	227532,96	708206,11
15/04/2021	4:34:00	50	18919,73	20598,55	18612,94	58131,22	231280,3	250710,13	228153,39	710143,82
15/04/2021	4:36:00	50	18908,9	20598,71	18610,82	58118,43	231910,6	251396,75	228773,75	712081,1
15/04/2021	4:38:00	49,99	18903,14	20601,27	18608,69	58113,1	232540,7	252083,46	229394,04	714018,2
15/04/2021	4:40:00	50	18914,46	20606,41	18605,1	58125,97	233171,18	252770,34	230014,21	715955,73
15/04/2021	4:42:00	50	18906,25	20624,99	18613,71	58144,95	233801,39	253457,84	230634,67	717893,9
15/04/2021	4:44:00	50,01	18919,78	20626,56	18607,83	58154,17	234432,05	254145,39	231254,93	719832,37
15/04/2021	4:46:00	50	18943,39	20623,25	18578,82	58145,46	235063,5	254832,83	231874,23	721770,56
15/04/2021	4:48:00	50	18924,03	20623,24	18578,81	58126,08	235694,3	255520,28	232493,52	723708,1
15/04/2021	4:50:00	50,01	18922,82	20622,49	18586,9	58132,21	236325,06	256207,69	233113,08	725645,83
15/04/2021	4:52:00	50,02	18943,53	20609,49	18585,64	58138,66	236956,51	256894,68	233732,6	727583,79
15/04/2021	4:54:00	50	18929,71	20539,64	18549,9	58019,25	237587,5	257579,33	234350,93	729517,76
15/04/2021	4:56:00	49,99	18901,71	20569,61	18564,65	58035,97	238217,56	258264,98	234969,76	731452,3
15/04/2021	4:58:00	49,99	18893,35	20585,74	18546,85	58025,94	238847,33	258951,18	235587,98	733386,49
15/04/2021	5:00:00	50,02	18888,42	20584,27	18578,16	58050,85	239476,95	259637,32	236207,26	735321,53
15/04/2021	5:02:00	50,01	18912,19	20582,61	18549,7	58044,5	240107,35	260323,4	236825,58	737256,33
15/04/2021	5:04:00	50	18931,01	20557,15	18553,33	58041,49	240738,39	261008,64	237444,02	739191,05
15/04/2021	5:06:00	49,98	18915,44	20574,57	18543,76	58033,77	241368,9	261694,46	238062,15	741125,51
15/04/2021	5:08:00	49,98	18921,73	20568,39	18537,9	58028,02	241999,63	262380,08	238680,08	743059,79

Fecha	Hora	Frec.	W1	W2	W3	W Total	Wh1	Wh2	Wh3	Wh Total
		Hz	W	W	W	W	Wh	Wh	Wh	Wh
15/04/2021	5:10:00	49,97	18916,3	20550,16	18565,6	58032,06	242630,17	263065,08	239298,93	744994,18
15/04/2021	5:12:00	49,98	18938,91	20600,45	18548,59	58087,95	243261,47	263751,76	239917,22	746930,45
15/04/2021	5:14:00	50	18948,25	20595,4	18563,92	58107,57	243893,08	264438,28	240536,02	748867,38
15/04/2021	5:16:00	50,01	18942,46	20603,93	18557,81	58104,2	244524,49	265125,07	241154,61	750804,17
15/04/2021	5:18:00	49,99	18929,61	20616,82	18553,82	58100,25	245155,48	265812,3	241773,07	752740,85
15/04/2021	5:20:00	50	18920,62	20630,14	18559,19	58109,95	245786,17	266499,97	242391,71	754677,85
15/04/2021	5:22:00	50	18938,25	20608,04	18554,16	58100,45	246417,44	267186,91	243010,18	756614,53
15/04/2021	5:24:00	50	18940,1	20613,9	18520,72	58074,72	247048,78	267874,04	243627,54	758550,36
15/04/2021	5:26:00	50,01	18921,06	20621,41	18515,27	58057,74	247679,48	268561,42	244244,72	760485,62
15/04/2021	5:28:00	50,01	18937,13	20591,17	18523,98	58052,28	248310,72	269247,79	244862,18	762420,69
15/04/2021	5:30:00	50,01	18948,1	20570,58	18544,75	58063,43	248942,32	269933,48	245480,34	764356,14
15/04/2021	5:32:00	50,01	18927,3	20548,74	18564,51	58040,55	249573,23	270618,43	246099,16	766290,82
15/04/2021	5:34:00	50	18932,86	20557,58	18554,85	58045,29	250204,33	271303,69	246717,65	768225,67
15/04/2021	5:36:00	49,99	18943,47	20556,85	18534,91	58035,23	250835,77	271988,91	247335,48	770160,16
15/04/2021	5:38:00	49,99	18945,8	20581,57	18500,4	58027,77	251467,3	272674,97	247952,16	772094,43
15/04/2021	5:40:00	49,99	18931,97	20578,89	18517,05	58027,91	252098,37	273360,93	248569,4	774028,7
15/04/2021	5:42:00	50	18924,66	20589,33	18528,65	58042,64	252729,19	274047,24	249187,02	775963,45
15/04/2021	5:44:00	50,01	18934,89	20580,42	18509,38	58024,69	253360,35	274733,25	249804	777897,6
15/04/2021	5:46:00	50,02	18930,24	20564,03	18518,21	58012,48	253991,36	275418,72	250421,27	779831,35
15/04/2021	5:48:00	50,01	18941,58	20581,82	18495,09	58018,49	254622,75	276104,78	251037,78	781765,31
15/04/2021	5:50:00	50	18940	20572,88	18501,13	58014,01	255254,08	276790,55	251654,48	783699,11
15/04/2021	5:52:00	50	18919,64	20556,2	18524,39	58000,23	255884,73	277475,75	252271,96	785632,44
15/04/2021	5:54:00	49,99	18925,71	20557,93	18501,12	57984,76	256515,59	278161,02	252888,66	787565,27
15/04/2021	5:56:00	50,01	18922,42	20540,37	18527,03	57989,82	257146,34	278845,69	253506,23	789498,26
15/04/2021	5:58:00	50,02	18925,68	20541,96	18517,18	57984,82	257777,19	279530,43	254123,47	791431,09
15/04/2021	6:00:00	50,05	18908,88	20549,23	18541,66	57999,77	258407,49	280215,4	254741,53	793364,42
15/04/2021	6:02:00	50,05	18928,78	20522,76	18521,03	57972,57	259038,45	280899,49	255358,89	795296,83
15/04/2021	6:04:00	50,02	18920,8	20529,21	18511,04	57961,05	259669,14	281583,8	255975,93	797228,87
15/04/2021	6:06:00	50	18903,1	20517,11	18501,59	57921,8	260299,25	282267,7	256592,65	799159,6
15/04/2021	6:08:00	49,99	18928,69	20528,13	18466,33	57923,15	260930,2	282951,97	257208,19	801090,36
15/04/2021	6:10:00	49,99	18938,47	20495,42	18473,67	57907,56	261561,49	283635,16	257823,98	803020,63
15/04/2021	6:12:00	49,98	18921,86	20496,86	18490,21	57908,93	262192,21	284318,38	258440,32	804950,91
15/04/2021	6:14:00	49,98	18928,34	20501,82	18479,93	57910,09	262823,16	285001,78	259056,32	806881,26
15/04/2021	6:16:00	49,99	18947,05	20503,71	18458,14	57908,9	263454,73	285685,23	259671,59	808811,55
15/04/2021	6:18:00	50	18965,09	20473,21	18432,08	57870,38	264086,9	286367,67	260285,99	810740,56
15/04/2021	6:20:00	49,99	18951,19	20445,12	18442,48	57838,79	264718,6	287049,18	260900,74	812668,52
15/04/2021	6:22:00	49,98	18935,73	20452,6	18452,88	57841,21	265349,79	287730,93	261515,84	814596,56
15/04/2021	6:24:00	49,98	18929,29	20470,54	18444,28	57844,11	265980,77	288413,28	262130,65	816524,7
15/04/2021	6:26:00	49,98	18950,29	20468,16	18435,91	57854,36	266612,45	289095,56	262745,18	818453,19
15/04/2021	6:28:00	49,98	18969,63	20441,11	18464,3	57875,04	267244,77	289776,93	263360,65	820382,35
15/04/2021	6:30:00	49,98	18981,49	20413,02	18474	57868,51	267877,48	290457,36	263976,45	822311,29
15/04/2021	6:32:00	49,98	18963,95	20420,09	18482,67	57866,71	268509,62	291138,03	264592,54	824240,19
15/04/2021	6:34:00	50	18943,62	20425,14	18467,12	57835,88	269141,07	291818,87	265208,11	826168,05
15/04/2021	6:36:00	50,01	18920,84	20432,92	18447,66	57801,42	269771,76	292499,97	265823,04	828094,77
15/04/2021	6:38:00	49,99	18906,07	20452,3	18467,97	57826,34	270401,97	293181,71	266438,64	830022,32
15/04/2021	6:40:00	49,97	18925,44	20422,12	18461,91	57809,47	271032,81	293862,45	267054,03	831949,29
15/04/2021	6:42:00	49,98	18910,38	20437,31	18468,37	57816,06	271663,16	294543,69	267669,64	833876,49
15/04/2021	6:44:00	49,98	18912,96	20462,2	18427,9	57803,06	272293,59	295225,76	268283,91	835803,26
15/04/2021	6:46:00	49,99	18914,99	20480,51	18427,21	57822,71	272924,09	295908,45	268898,15	837730,69
15/04/2021	6:48:00	49,98	18894,84	20494,11	18438,36	57827,31	273553,92	296591,58	269512,76	839658,26
15/04/2021	6:50:00	49,98	18899,8	20463,97	18465,89	57829,66	274183,91	297273,72	270128,29	841585,92
15/04/2021	6:52:00	49,98	18864,8	20452,46	18502,91	57820,17	274812,74	297955,46	270745,05	843513,25
15/04/2021	6:54:00	49,97	18853,62	20462,45	18512,93	57829	275441,19	298637,55	271362,15	845440,89
15/04/2021	6:56:00	49,99	18863,73	20463,21	18508,21	57835,15	276069,99	299319,65	271979,09	847368,73
15/04/2021	6:58:00	50	18856,19	20470,38	18524,51	57851,08	276698,53	300002	272596,57	849297,1
15/04/2021	7:00:00	50,04	18894,96	20465,23	18529,11	57889,3	277328,36	300684,17	273214,21	851226,74

Fecha	Hora	Frec.	W1	W2	W3	W Total	Wh1	Wh2	Wh3	Wh Total
		Hz	W	W	W	W	Wh	Wh	Wh	Wh
15/04/2021	7:02:00	50,05	18883,41	20481,43	18530,17	57895,01	277957,8	301366,89	273831,88	853156,57
15/04/2021	7:04:00	50,04	18899,94	20437,72	18538,5	57876,16	278587,8	302048,14	274449,83	855085,77
15/04/2021	7:06:00	50,03	18868,78	20438,77	18549,56	57857,11	279216,76	302729,44	275068,15	857014,35
15/04/2021	7:08:00	50,02	18890,49	20422,96	18530,14	57843,59	279846,44	303410,2	275685,82	858942,46
15/04/2021	7:10:00	50	18909,66	20401,32	18517,23	57828,21	280476,77	304090,25	276303,06	860870,08
15/04/2021	7:12:00	50	18894,41	20424,55	18508,33	57827,29	281106,58	304771,07	276920,01	862797,66
15/04/2021	7:14:00	50,01	18897,4	20427,45	18514,13	57838,98	281736,49	305451,98	277537,15	864725,62
15/04/2021	7:16:00	50	18888,84	20443,43	18494,66	57826,93	282366,12	306133,43	278153,64	866653,19
15/04/2021	7:18:00	49,99	18887,56	20426,01	18500,36	57813,93	282995,71	306814,29	278770,31	868580,31
15/04/2021	7:20:00	49,98	18903,56	20418,41	18496,3	57818,27	283625,83	307494,91	279386,86	870507,6
15/04/2021	7:22:00	49,98	18956,95	20393,11	18461,66	57811,72	284257,72	308174,68	280002,25	872434,65
15/04/2021	7:24:00	49,98	18956,33	20411,63	18446,28	57814,24	284889,6	308855,07	280617,12	874361,79
15/04/2021	7:26:00	50	18934,47	20397,32	18479,16	57810,95	285520,75	309534,98	281233,09	876288,82
15/04/2021	7:28:00	49,99	18899,23	20400,87	18496,88	57796,98	286150,72	310215,01	281849,66	878215,39
15/04/2021	7:30:00	50	18905,05	20363,32	18530,66	57799,03	286780,89	310893,78	282467,35	880142,02
15/04/2021	7:32:00	49,99	18880,65	20334,79	18554,35	57769,79	287410,25	311571,61	283085,82	882067,68
15/04/2021	7:34:00	50	18882,54	20386,18	18509,07	57777,79	288039,67	312251,15	283702,79	883993,61
15/04/2021	7:36:00	49,99	18882,17	20403,06	18487,36	57772,59	288669,07	312931,25	284319,04	885919,36
15/04/2021	7:38:00	50	18871,54	20459,12	18479,87	57810,53	289298,12	313613,22	284935,03	887846,37
15/04/2021	7:40:00	49,99	18863,83	20459,15	18484,75	57807,73	289926,92	314295,19	285551,19	889773,3
15/04/2021	7:42:00	49,98	18856,67	20435,85	18517,23	57809,75	290555,47	314976,39	286168,43	891700,29
15/04/2021	7:44:00	49,98	18853,58	20446,38	18518,04	57818	291183,93	315657,93	286785,7	893627,56
15/04/2021	7:46:00	49,99	18844,33	20464,51	18501,19	57810,03	291812,07	316340,08	287402,41	895554,56
15/04/2021	7:48:00	49,99	18869,41	20471,19	18498,82	57839,42	292441,05	317022,46	288019,03	897482,54
15/04/2021	7:50:00	49,98	18891,42	20442,9	18496,41	57830,73	293070,77	317703,89	288635,58	899410,24
15/04/2021	7:52:00	49,98	18866,97	20459,66	18489,19	57815,82	293699,66	318385,88	289251,89	901337,43
15/04/2021	7:54:00	45,39	17181,67	18632,78	16891,61	52706,06	294272,39	319006,97	289814,94	903094,3
15/04/2021	7:56:00	- - -	0	0	0	0	294272,39	319006,97	289814,94	903094,3

## B. Anexo: Lectura de datos de presión

---

Unidad de medida: bar			
Día de empiece	Hora de empiece	Día de finalización	Hora de finalización
26/02/2021	0:00	02/03/2021	00:00

---

(Datos mostrados del día 26/02/2021 a las 00:00 hasta el día 01/03/2021 a las 8:14).

FECHA Y HORA	PRESIÓN bar	FECHA Y HORA	PRESIÓN bar	FECHA Y HORA	PRESIÓN bar
26/02/2021 0:00	0	27/02/2021 0:20	5,82	27/02/2021 1:54	5,81
26/02/2021 0:02	0,31	27/02/2021 0:22	5,81	27/02/2021 1:56	5,82
26/02/2021 0:04	0,32	27/02/2021 0:24	5,85	27/02/2021 1:58	5,83
...	...	27/02/2021 0:26	5,86	27/02/2021 2:00	5,83
26/02/2021 10:58	0,29	27/02/2021 0:28	5,9	27/02/2021 2:02	5,88
26/02/2021 11:00	0,3	27/02/2021 0:30	5,85	27/02/2021 2:04	5,84
...	...	27/02/2021 0:32	5,83	27/02/2021 2:06	5,81
26/02/2021 11:58	0,28	27/02/2021 0:34	5,84	27/02/2021 2:08	5,83
26/02/2021 12:00	0,28	27/02/2021 0:36	5,82	27/02/2021 2:10	5,81
...	...	27/02/2021 0:38	5,86	27/02/2021 2:12	5,83
26/02/2021 12:52	0,28	27/02/2021 0:40	5,84	27/02/2021 2:14	5,81
26/02/2021 12:54	0,27	27/02/2021 0:42	5,81	27/02/2021 2:16	5,77
...	...	27/02/2021 0:44	5,87	27/02/2021 2:18	5,86
26/02/2021 14:52	0,26	27/02/2021 0:46	5,81	27/02/2021 2:20	5,85
26/02/2021 14:54	0,27	27/02/2021 0:48	5,86	27/02/2021 2:22	5,85
...	...	27/02/2021 0:50	5,87	27/02/2021 2:24	5,8
26/02/2021 15:48	0,25	27/02/2021 0:52	5,85	27/02/2021 2:26	5,81
26/02/2021 15:50	0,26	27/02/2021 0:54	5,86	27/02/2021 2:28	5,9
...	...	27/02/2021 0:56	5,87	27/02/2021 2:30	5,88
26/02/2021 16:40	0,24	27/02/2021 0:58	5,79	27/02/2021 2:32	5,85
26/02/2021 16:42	0,25	27/02/2021 1:00	5,91	27/02/2021 2:34	5,83
...	...	27/02/2021 1:02	5,81	27/02/2021 2:36	5,85
26/02/2021 17:32	0,23	27/02/2021 1:04	5,9	27/02/2021 2:38	5,84
26/02/2021 17:34	0,23	27/02/2021 1:06	5,82	27/02/2021 2:40	5,87
...	...	27/02/2021 1:08	5,88	27/02/2021 2:42	5,82
26/02/2021 18:28	0,22	27/02/2021 1:10	5,86	27/02/2021 2:44	5,84
26/02/2021 18:30	0,22	27/02/2021 1:12	5,81	27/02/2021 2:46	5,82
...	...	27/02/2021 1:14	5,86	27/02/2021 2:48	5,86
26/02/2021 20:10	0,22	27/02/2021 1:16	5,84	27/02/2021 2:50	5,78
26/02/2021 20:12	0,22	27/02/2021 1:18	5,83	27/02/2021 2:52	5,81
...	...	27/02/2021 1:20	5,83	27/02/2021 2:54	5,81
26/02/2021 21:42	0,21	27/02/2021 1:22	5,82	27/02/2021 2:56	5,84
26/02/2021 21:44	0,21	27/02/2021 1:24	5,84	27/02/2021 2:58	5,87
...	...	27/02/2021 1:26	5,87	27/02/2021 3:00	5,8
26/02/2021 22:20	0,19	27/02/2021 1:28	5,84	27/02/2021 3:02	5,85
26/02/2021 22:22	0,19	27/02/2021 1:30	5,86	27/02/2021 3:04	5,83
...	...	27/02/2021 1:32	5,88	27/02/2021 3:06	5,83
26/02/2021 23:46	0,18	27/02/2021 1:34	5,85	27/02/2021 3:08	5,82
26/02/2021 23:48	0,19	27/02/2021 1:36	5,86	27/02/2021 3:10	5,84
...	...	27/02/2021 1:38	5,86	27/02/2021 3:12	5,84
27/02/2021 0:06	2,85	27/02/2021 1:40	5,83	27/02/2021 3:14	5,88
27/02/2021 0:08	3,27	27/02/2021 1:42	5,88	27/02/2021 3:16	5,82
27/02/2021 0:10	3,7	27/02/2021 1:44	5,8	27/02/2021 3:18	5,83
27/02/2021 0:12	5,68	27/02/2021 1:46	5,74	27/02/2021 3:20	5,81
27/02/2021 0:14	5,85	27/02/2021 1:48	5,84	27/02/2021 3:22	5,86
27/02/2021 0:16	5,84	27/02/2021 1:50	5,84	27/02/2021 3:24	5,81
27/02/2021 0:18	5,89	27/02/2021 1:52	5,83	27/02/2021 3:26	5,85

FECHA Y HORA	PRESIÓN bar	FECHA Y HORA	PRESIÓN bar	FECHA Y HORA	PRESIÓN bar
27/02/2021 3:28	5,88	27/02/2021 5:02	5,82	27/02/2021 6:36	5,83
27/02/2021 3:30	5,8	27/02/2021 5:04	5,83	27/02/2021 6:38	5,82
27/02/2021 3:32	5,83	27/02/2021 5:06	5,83	27/02/2021 6:40	5,82
27/02/2021 3:34	5,81	27/02/2021 5:08	5,88	27/02/2021 6:42	5,78
27/02/2021 3:36	5,81	27/02/2021 5:10	5,82	27/02/2021 6:44	5,83
27/02/2021 3:38	5,84	27/02/2021 5:12	5,85	27/02/2021 6:46	5,82
27/02/2021 3:40	5,84	27/02/2021 5:14	5,87	27/02/2021 6:48	5,79
27/02/2021 3:42	5,87	27/02/2021 5:16	5,84	27/02/2021 6:50	5,81
27/02/2021 3:44	5,88	27/02/2021 5:18	5,83	27/02/2021 6:52	5,8
27/02/2021 3:46	5,85	27/02/2021 5:20	5,81	27/02/2021 6:54	5,78
27/02/2021 3:48	5,88	27/02/2021 5:22	5,79	27/02/2021 6:56	5,85
27/02/2021 3:50	5,82	27/02/2021 5:24	5,81	27/02/2021 6:58	5,84
27/02/2021 3:52	5,83	27/02/2021 5:26	5,84	27/02/2021 7:00	5,81
27/02/2021 3:54	5,81	27/02/2021 5:28	5,8	27/02/2021 7:02	5,77
27/02/2021 3:56	5,85	27/02/2021 5:30	5,89	27/02/2021 7:04	5,8
27/02/2021 3:58	5,84	27/02/2021 5:32	5,89	27/02/2021 7:06	5,77
27/02/2021 4:00	5,81	27/02/2021 5:34	5,82	27/02/2021 7:08	5,83
27/02/2021 4:02	5,84	27/02/2021 5:36	5,81	27/02/2021 7:10	5,83
27/02/2021 4:04	5,81	27/02/2021 5:38	5,84	27/02/2021 7:12	5,84
27/02/2021 4:06	5,81	27/02/2021 5:40	5,83	27/02/2021 7:14	5,78
27/02/2021 4:08	5,8	27/02/2021 5:42	5,87	27/02/2021 7:16	5,84
27/02/2021 4:10	5,8	27/02/2021 5:44	5,83	27/02/2021 7:18	5,81
27/02/2021 4:12	5,81	27/02/2021 5:46	5,87	27/02/2021 7:20	5,85
27/02/2021 4:14	5,81	27/02/2021 5:48	5,84	27/02/2021 7:22	5,81
27/02/2021 4:16	5,78	27/02/2021 5:50	5,79	27/02/2021 7:24	5,81
27/02/2021 4:18	5,85	27/02/2021 5:52	5,85	27/02/2021 7:26	5,79
27/02/2021 4:20	5,86	27/02/2021 5:54	5,83	27/02/2021 7:28	5,82
27/02/2021 4:22	5,81	27/02/2021 5:56	5,81	27/02/2021 7:30	5,81
27/02/2021 4:24	5,79	27/02/2021 5:58	5,83	27/02/2021 7:32	5,83
27/02/2021 4:26	5,82	27/02/2021 6:00	5,8	27/02/2021 7:34	5,79
27/02/2021 4:28	5,84	27/02/2021 6:02	5,81	27/02/2021 7:36	5,81
27/02/2021 4:30	5,84	27/02/2021 6:04	5,83	27/02/2021 7:38	5,79
27/02/2021 4:32	5,85	27/02/2021 6:06	5,85	27/02/2021 7:40	5,81
27/02/2021 4:34	5,82	27/02/2021 6:08	5,86	27/02/2021 7:42	5,81
27/02/2021 4:36	5,86	27/02/2021 6:10	5,84	27/02/2021 7:44	5,83
27/02/2021 4:38	5,77	27/02/2021 6:12	5,84	27/02/2021 7:46	5,86
27/02/2021 4:40	5,85	27/02/2021 6:14	5,83	27/02/2021 7:48	5,82
27/02/2021 4:42	5,86	27/02/2021 6:16	5,87	27/02/2021 7:50	5,81
27/02/2021 4:44	5,85	27/02/2021 6:18	5,82	27/02/2021 7:52	5,82
27/02/2021 4:46	5,88	27/02/2021 6:20	5,86	27/02/2021 7:54	5,82
27/02/2021 4:48	5,82	27/02/2021 6:22	5,84	27/02/2021 7:56	0,92
27/02/2021 4:50	5,84	27/02/2021 6:24	5,84	27/02/2021 7:58	0,6
27/02/2021 4:52	5,8	27/02/2021 6:26	5,81	27/02/2021 7:59	0,53
27/02/2021 4:54	5,86	27/02/2021 6:28	5,84	27/02/2021 8:00	0,49
27/02/2021 4:56	5,87	27/02/2021 6:30	5,8	27/02/2021 8:01	0,46
27/02/2021 4:58	5,84	27/02/2021 6:32	5,86	27/02/2021 8:02	0,44
27/02/2021 5:00	5,82	27/02/2021 6:34	5,85	27/02/2021 8:03	0,43

FECHA Y HORA	PRESIÓN bar	FECHA Y HORA	PRESIÓN bar	FECHA Y HORA	PRESIÓN bar
27/02/2021 8:04	0,42	27/02/2021 15:46	0,24	28/02/2021 13:54	0,07
27/02/2021 8:05	0,41	...	...	28/02/2021 13:56	0,08
27/02/2021 8:06	0,41	27/02/2021 16:46	0,22	...	...
27/02/2021 8:08	0,39	27/02/2021 16:48	0,23	28/02/2021 15:58	0,06
27/02/2021 8:10	0,39	...	...	28/02/2021 16:00	0,07
27/02/2021 8:12	0,38	27/02/2021 17:56	0,21	...	...
...	...	27/02/2021 17:58	0,21	28/02/2021 18:52	0,05
27/02/2021 8:16	0,38	...	...	28/02/2021 18:54	0,05
27/02/2021 8:18	0,37	27/02/2021 18:54	0,2	...	...
...	...	27/02/2021 18:56	0,2	28/02/2021 21:18	0,04
27/02/2021 8:24	0,37	...	...	28/02/2021 21:20	0,05
27/02/2021 8:26	0,36	27/02/2021 21:14	0,19	...	...
...	...	27/02/2021 21:16	0,19	28/02/2021 22:38	0,03
27/02/2021 8:28	0,36	...	...	28/02/2021 22:40	0,04
27/02/2021 8:30	0,35	27/02/2021 22:10	0,18	...	...
27/02/2021 8:32	0,34	27/02/2021 22:12	0,18	01/03/2021 0:00	0,03
27/02/2021 8:34	0,34	...	...	01/03/2021 0:02	0,03
27/02/2021 8:36	0,33	27/02/2021 23:00	0,17	01/03/2021 0:04	0,03
27/02/2021 8:38	0,33	27/02/2021 23:02	0,17	01/03/2021 0:06	0,81
27/02/2021 8:40	0,32	...	...	01/03/2021 0:08	1,22
27/02/2021 8:42	0,32	28/02/2021 0:18	0,16	01/03/2021 0:10	1,84
...	...	28/02/2021 0:20	0,17	01/03/2021 0:12	2,54
27/02/2021 9:26	0,32	...	...	01/03/2021 0:14	3,12
27/02/2021 9:28	0,31	28/02/2021 2:16	0,15	01/03/2021 0:16	3,55
...	...	28/02/2021 2:18	0,15	01/03/2021 0:18	4,66
27/02/2021 9:53	0,3	...	...	01/03/2021 0:20	5,86
27/02/2021 9:54	0,31	28/02/2021 5:16	0,14	01/03/2021 0:22	5,83
...	...	28/02/2021 5:18	0,15	01/03/2021 0:24	5,81
27/02/2021 10:22	0,29	...	...	01/03/2021 0:26	5,83
27/02/2021 10:24	0,29	28/02/2021 6:42	0,13	01/03/2021 0:28	5,84
...	...	28/02/2021 6:44	0,14	01/03/2021 0:30	5,82
27/02/2021 10:52	0,28	...	...	01/03/2021 0:32	5,87
27/02/2021 10:54	0,28	28/02/2021 7:36	0,12	01/03/2021 0:34	5,8
...	...	28/02/2021 7:38	0,12	01/03/2021 0:36	5,81
27/02/2021 11:20	0,27	...	...	01/03/2021 0:38	5,81
27/02/2021 11:22	0,27	28/02/2021 8:26	0,11	01/03/2021 0:40	5,83
...	...	28/02/2021 8:28	0,12	01/03/2021 0:42	5,8
27/02/2021 12:02	0,26	...	...	01/03/2021 0:44	5,82
27/02/2021 12:04	0,26	28/02/2021 10:24	0,1	01/03/2021 0:46	5,83
...	...	28/02/2021 10:26	0,1	01/03/2021 0:48	5,82
27/02/2021 12:46	0,25	...	...	01/03/2021 0:50	5,84
27/02/2021 12:48	0,25	28/02/2021 11:34	0,09	01/03/2021 0:52	5,82
...	...	28/02/2021 11:36	0,09	01/03/2021 0:54	5,85
27/02/2021 13:36	0,24	...	...	01/03/2021 0:56	5,81
27/02/2021 13:38	0,25	28/02/2021 12:58	0,08	01/03/2021 0:58	5,83
...	...	28/02/2021 13:00	0,08	01/03/2021 1:00	5,83
27/02/2021 15:44	0,23	...	...	01/03/2021 1:02	5,84

<u>FECHA Y HORA</u>	<u>PRESIÓN</u> bar	<u>FECHA Y HORA</u>	<u>PRESIÓN</u> bar	<u>FECHA Y HORA</u>	<u>PRESIÓN</u> bar
01/03/2021 1:04	5,8	01/03/2021 2:38	5,81	01/03/2021 4:12	5,85
01/03/2021 1:06	5,82	01/03/2021 2:40	5,83	01/03/2021 4:14	5,78
01/03/2021 1:08	5,81	01/03/2021 2:42	5,81	01/03/2021 4:16	5,84
01/03/2021 1:10	5,87	01/03/2021 2:44	5,85	01/03/2021 4:18	5,8
01/03/2021 1:12	5,79	01/03/2021 2:46	5,85	01/03/2021 4:20	5,83
01/03/2021 1:14	5,85	01/03/2021 2:48	5,81	01/03/2021 4:22	5,78
01/03/2021 1:16	5,83	01/03/2021 2:50	5,79	01/03/2021 4:24	5,81
01/03/2021 1:18	5,82	01/03/2021 2:52	5,82	01/03/2021 4:26	5,83
01/03/2021 1:20	5,83	01/03/2021 2:54	5,81	01/03/2021 4:28	5,8
01/03/2021 1:22	5,85	01/03/2021 2:56	5,8	01/03/2021 4:30	5,81
01/03/2021 1:24	5,84	01/03/2021 2:58	5,83	01/03/2021 4:32	5,8
01/03/2021 1:26	5,79	01/03/2021 3:00	5,79	01/03/2021 4:34	5,82
01/03/2021 1:28	5,84	01/03/2021 3:02	5,82	01/03/2021 4:36	5,8
01/03/2021 1:30	5,8	01/03/2021 3:04	5,85	01/03/2021 4:38	5,81
01/03/2021 1:32	5,84	01/03/2021 3:06	5,83	01/03/2021 4:40	5,8
01/03/2021 1:34	5,82	01/03/2021 3:08	5,83	01/03/2021 4:42	5,83
01/03/2021 1:36	5,82	01/03/2021 3:10	5,83	01/03/2021 4:44	5,79
01/03/2021 1:38	5,84	01/03/2021 3:12	5,83	01/03/2021 4:46	5,76
01/03/2021 1:40	5,83	01/03/2021 3:14	5,81	01/03/2021 4:48	5,8
01/03/2021 1:42	5,84	01/03/2021 3:16	5,78	01/03/2021 4:50	5,83
01/03/2021 1:44	5,83	01/03/2021 3:18	5,81	01/03/2021 4:52	5,81
01/03/2021 1:46	5,83	01/03/2021 3:20	5,81	01/03/2021 4:54	5,81
01/03/2021 1:48	5,84	01/03/2021 3:22	5,81	01/03/2021 4:56	5,81
01/03/2021 1:50	5,84	01/03/2021 3:24	5,82	01/03/2021 4:58	5,8
01/03/2021 1:52	5,84	01/03/2021 3:26	5,84	01/03/2021 5:00	5,77
01/03/2021 1:54	5,81	01/03/2021 3:28	5,81	01/03/2021 5:02	5,81
01/03/2021 1:56	5,83	01/03/2021 3:30	5,81	01/03/2021 5:04	5,82
01/03/2021 1:58	5,78	01/03/2021 3:32	5,78	01/03/2021 5:06	5,8
01/03/2021 2:00	5,81	01/03/2021 3:34	5,77	01/03/2021 5:08	5,8
01/03/2021 2:02	5,79	01/03/2021 3:36	5,8	01/03/2021 5:10	5,8
01/03/2021 2:04	5,81	01/03/2021 3:38	5,82	01/03/2021 5:12	5,81
01/03/2021 2:06	5,84	01/03/2021 3:40	5,84	01/03/2021 5:14	5,82
01/03/2021 2:08	5,82	01/03/2021 3:42	5,81	01/03/2021 5:16	5,8
01/03/2021 2:10	5,82	01/03/2021 3:44	5,81	01/03/2021 5:18	5,83
01/03/2021 2:12	5,8	01/03/2021 3:46	5,81	01/03/2021 5:20	5,79
01/03/2021 2:14	5,83	01/03/2021 3:48	5,83	01/03/2021 5:22	5,78
01/03/2021 2:16	5,82	01/03/2021 3:50	5,81	01/03/2021 5:24	5,81
01/03/2021 2:18	5,82	01/03/2021 3:52	5,81	01/03/2021 5:26	5,82
01/03/2021 2:20	5,8	01/03/2021 3:54	5,8	01/03/2021 5:28	5,84
01/03/2021 2:22	5,82	01/03/2021 3:56	5,8	01/03/2021 5:30	5,83
01/03/2021 2:24	5,82	01/03/2021 3:58	5,84	01/03/2021 5:32	5,78
01/03/2021 2:26	5,78	01/03/2021 4:00	5,8	01/03/2021 5:34	5,86
01/03/2021 2:28	5,83	01/03/2021 4:02	5,82	01/03/2021 5:36	5,84
01/03/2021 2:30	5,85	01/03/2021 4:04	5,83	01/03/2021 5:38	5,83
01/03/2021 2:32	5,8	01/03/2021 4:06	5,84	01/03/2021 5:40	5,84
01/03/2021 2:34	5,8	01/03/2021 4:08	5,79	01/03/2021 5:42	5,84
01/03/2021 2:36	5,82	01/03/2021 4:10	5,83	01/03/2021 5:44	5,84

FECHA Y HORA	PRESIÓN bar	FECHA Y HORA	PRESIÓN bar
01/03/2021 5:46	5,8	01/03/2021 7:20	5,84
01/03/2021 5:48	5,82	01/03/2021 7:22	5,83
01/03/2021 5:50	5,81	01/03/2021 7:24	5,81
01/03/2021 5:52	5,78	01/03/2021 7:26	5,82
01/03/2021 5:54	5,83	01/03/2021 7:28	5,81
01/03/2021 5:56	5,83	01/03/2021 7:30	5,82
01/03/2021 5:58	5,79	01/03/2021 7:32	5,8
01/03/2021 6:00	5,81	01/03/2021 7:34	5,81
01/03/2021 6:02	5,77	01/03/2021 7:36	5,81
01/03/2021 6:04	5,82	01/03/2021 7:38	5,83
01/03/2021 6:06	5,82	01/03/2021 7:40	5,78
01/03/2021 6:08	5,78	01/03/2021 7:42	5,77
01/03/2021 6:10	5,79	01/03/2021 7:44	5,8
01/03/2021 6:12	5,85	01/03/2021 7:46	5,78
01/03/2021 6:14	5,82	01/03/2021 7:48	5,83
01/03/2021 6:16	5,81	01/03/2021 7:50	5,81
01/03/2021 6:18	5,8	01/03/2021 7:52	5,78
01/03/2021 6:20	5,82	01/03/2021 7:54	5,81
01/03/2021 6:22	5,8	01/03/2021 7:56	0,9
01/03/2021 6:24	5,79	01/03/2021 7:58	0,59
01/03/2021 6:26	5,78	01/03/2021 8:00	0,48
01/03/2021 6:28	5,81	01/03/2021 8:02	0,44
01/03/2021 6:30	5,81	01/03/2021 8:04	0,41
01/03/2021 6:32	5,8	01/03/2021 8:06	0,4
01/03/2021 6:34	5,81	01/03/2021 8:08	0,39
01/03/2021 6:36	5,77	01/03/2021 8:10	0,39
01/03/2021 6:38	5,8	01/03/2021 8:12	0,38
01/03/2021 6:40	5,81	01/03/2021 8:14	0,38
01/03/2021 6:42	5,8		
01/03/2021 6:44	5,84		
01/03/2021 6:46	5,81		
01/03/2021 6:48	5,8		
01/03/2021 6:50	5,83		
01/03/2021 6:52	5,82		
01/03/2021 6:54	5,81		
01/03/2021 6:56	5,81		
01/03/2021 6:58	5,83		
01/03/2021 7:00	5,83		
01/03/2021 7:02	5,85		
01/03/2021 7:04	5,78		
01/03/2021 7:06	5,77		
01/03/2021 7:08	5,83		
01/03/2021 7:10	5,82		
01/03/2021 7:12	5,78		
01/03/2021 7:14	5,82		
01/03/2021 7:16	5,81		
01/03/2021 7:18	5,78		

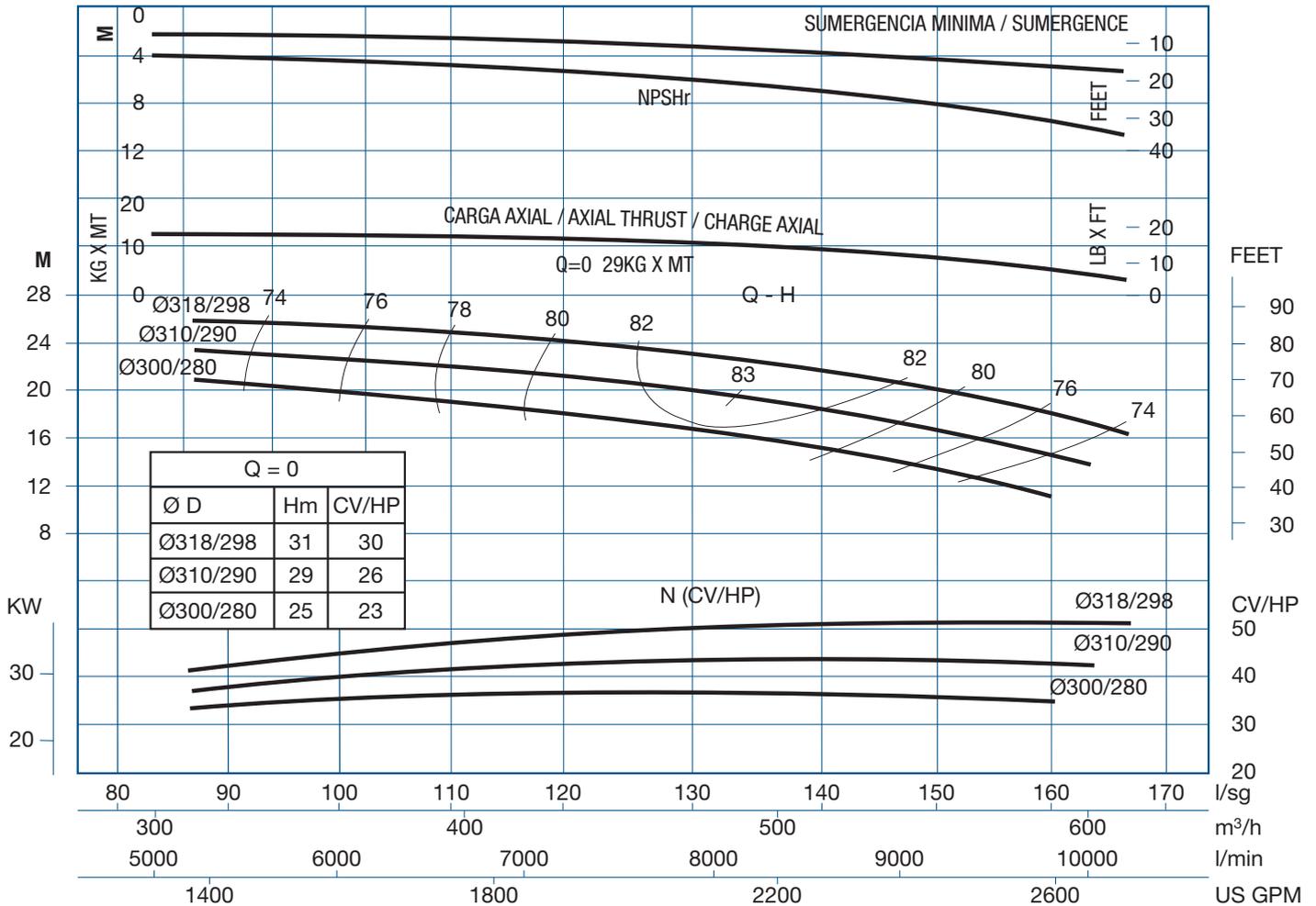
## C. Anexo: Fichas técnicas

A continuación, se muestran las fichas técnicas de los componentes principales de la instalación hidráulica y fotovoltaica.

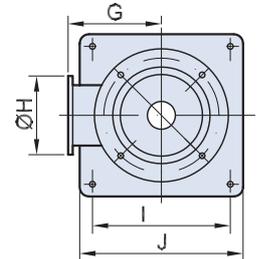
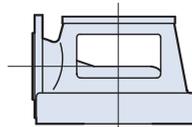
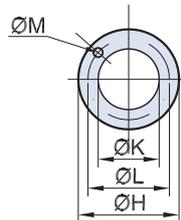
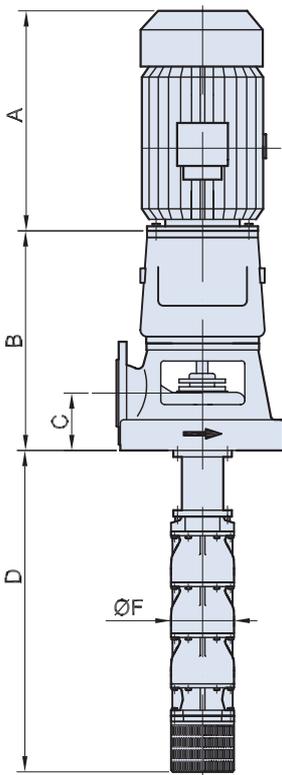
Bomba Pump Pompe	M. electrico Electric M. M. electrique		Caudal / Capacity / Debit							Dimensiones / Dimensions											Motor Moteur		Peso Weight Poids		
			I/min	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000												Tipo Type		KW	S/Motor
			m <sup>3</sup> /h	396	420	480	540	600	660	720															
			I/seg	100	117	133	150	167	183	200															
CV/HP	KW	US GPM	1588	1852	2117	2381	2646	2911	3175	A	B	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M				
VG 162/1F1-A/255-40/E-37	50	37	H	22	20	19	18	16	14		690	880	220	1392	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	225	37	584 kg
			P	41,0	41,9	45,8	47,4	47,2	47,1																
VG 162/1F-A/255-40/E-45	60	45	H	25	23	22	20	18	16		690	880	220	1392	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	225	45	584 kg
			P	47,0	48,9	52,5	54,4	54,1	54,0																
VG 162/2F2E-A/255-40/E-55	75	55	H	33	32	29	27	24	21		875	880	220	1762	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	250	55	694kg
			P	65,1	67,1	69,6	72,1	71,9	71,6																
VG 162/2F1-A/255-40/E-75	100	75	H	44	42	39	36	32	28		875	880	220	1762	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	280	75	694kg
			P	81,7	83,6	89,6	92,8	92,3	92,2																
VG 162/2F-A/255-40/E-90	125	90	H	51	48	45	41	37	32		875	980	220	1762	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	280	90	694kg
			P	90,2	94,9	101,9	105,5	104,8	104,8																
VG 162/3F2-A/255-40/E-90	125	90	H	59	55	53	48	42	37		1150	980	220	2132	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	280	90	804 kg
			P	104,2	109,3	117,4	121,5	121,1	120,8																
VG 162/3F1-A/255-40/E-110	150	110	H	69	65	62	56	50	44		1150	980	220	2132	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	315	110	804 kg
			P	122,0	128,0	137,4	142,4	141,7	141,4																
VG 162/3F-A/255-45/E-132	180	132	H	77	73	69	62	56	49		1150	980	220	2132	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	315	132	804 kg
			P	135,6	142,3	152,8	158,3	157,4	157,1																
VG 162/4F2-A/255-45/E-132	180	132	H	85	80	76	69	61	54		1180	980	220	2132	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	315	132	914 kg
			P	149,4	156,8	168,3	174,3	173,5	173,1																
VG 162/4F-A/255-45/E-160	220	160	H	103	98	92	83	75	66		1205	980	220	2502	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	315	160	914 kg
			P	180,8	189,7	203,7	211,1	209,9	209,5																
VG 162/5F1-A/255-50/E-200	270	200	H	128	122	114	103	93	82		1205	1040	220	2872	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	315	200	1024 kg
			P	223,7	235,3	252,5	260,2	260,2	256,4																
VG 162/6F2-A/255-50/E-250	340	250	H	154	147	138	125	113	99		1205	1080	220	3242	400	305	405	540	600	250	355	4xM24/8x027	315	250	1134 kg
			P	271,2	284,6	305,6	316,2	314,9	314,3																
			NPSHr m	4	5	6	7,5	8,5	10																

50HZ

1390



50Hz



**Datos de servicio según ISO 9906 Gr2B / Service data according to ISO 9906 Gr2B / Données de service selon ISO 9906 Gr2B**

**Corrección según nro. de fases / Correction according to nber of stages / Correction selon nro d'étages**

Nro fases / Nber stages / Nro etages	1	2	3	4	5	6
Rendimiento / Efficiency / Rendement	0,96	0,98	1	1	1	1
Altura / Head / Auteur	0,96	0,98	1	1	1	1

Materiales / Materials / Matériaux	Tipo / Type / Type			
	A	B	C	D
Cuerpos/Bowls/Corps	GG25		Acero carbono/Carbon steel/Acier carbone	
Rodete/Impeller/Roues	GG25	A-316	GG25   A-316	
Soporte base/Discharge head/Support bas	GG25		Acero carbono/Carbon steel/Acier carbone	
Columnas/Columns/Colonnes	Acero carbono/Carbon steel/Acier carbone			
Colador estándar/Standard strainer/Crepine estándar	Galvanizado/Galvanized/Galvanisé			

# Hoja de datos de motores de jaula de ardilla trifásicos SIMOTICS

Data sheet for three-phase Squirrel-Cage-Motors



Tipo de motor / Motor type : 1CV1312B

- 315 M - IM V1 - 4p

Código del motor 17036

Número de pedido del cliente / Client order no.	número de item / Item-No.	Número de oferta / Offer no.
Nº. de pedido Siemens / Order no.	Número de envío / Consignment no.	Proyecto / Project

Nota / Remarks

## Datos eléctricos / Electrical data

## Safe Area

U [V]	Δ / Y	f [Hz]	P [kW]	P [hp]	I [A]	n [1/min]	M [Nm]	η <sup>3)</sup>			cos φ <sup>3)</sup>			I <sub>A</sub> /I <sub>N</sub> I <sub>I</sub> /I <sub>N</sub>	M <sub>A</sub> /M <sub>N</sub> T <sub>I</sub> /T <sub>N</sub>	M <sub>K</sub> /M <sub>N</sub> T <sub>B</sub> /T <sub>N</sub>	IE-CL
								4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4				
220	Δ	50,4	130,00	-/-	435,00	1500	827,0	94,4	-/-	-/-	0,84	-/-	-/-	-/-	-/-	3.1	-/-
380	Y	50,4	130,00	-/-	250,00	1500	827,0	94,4	-/-	-/-	0,84	-/-	-/-	-/-	-/-	3.1	-/-
440	Y	60,4	152,00	-/-	250,00	1800	806,0	94,6	-/-	-/-	0,85	-/-	-/-	-/-	-/-	2.9	-/-

IM V1 / IM 3011	FS 315 M	760 kg	IP56	IEC/EN 60034	IEC, DIN, ISO, VDE, EN	n <sub>max</sub> 2600 1/min
-----------------	----------	--------	------	--------------	------------------------	-----------------------------

Condiciones ambientales / Environmental conditions : -20 °C - +40 °C / 1000 m

Se trata de valores calculados. En caso de pedido se determinan los datos finales para la placa de características  
 Los valores de eficiencia y clase de eficiencia según Directiva Europe son válidos para potencias nominales y condiciones estándar.  
 These values are calculated. The final rating plate data will be calculated when the order is placed  
 The efficiency values and efficiency class according to EuP directive are valid for standard power ratings under standard conditions.

## Datos mecánicos / Mechanical data

Nivel sonoro (LpA / LwA) a 50Hz/60Hz Sound level (SPL / SWL) at 50Hz/60Hz	79 / 94 dB(A) <sup>2)</sup>	82 / 96 dB(A) <sup>2)</sup>	Nivel de intensidad de vibración Vibration severity grade	A
Momento de inercia Moment of inertia	2,2000 kg m <sup>2</sup>		Aislamiento Insulation	155(F) a 155(F) 155(F) to 155(F)
Tamaño de rodamiento LA   LB Bearing DE   NDE	6319 C3	6319 C3	Tipo de servicio Duty type	S9
Intervalo/Cantidad de relubricación DE   NDE Relubrication intervall/quantity DE   NDE	40 g   40 g 6000 h		Sentido de giro Direction of rotation	ambas direcciones bidirectional
Lubricante Lubricants	Esso Unirex N3		Material de la carcasa Frame material	fundición gris cast iron
Dispositivo de relubricación Regreasing device	Sí (estándar) Yes (standard)		Datos del tiempo de parada del calentador Data of anti condensation heating	-/- V, -/- W
Boquilla de engrase Grease nipple	M10x1 DIN 3404 A		Pintura Coating (paint finish)	Pintura normal C2 Standard paint finish C2
Tipo de rodamientos Type of bearing	Rodamiento fijo en LCA/NDE Locating bearing NDE		Color Color, paint shade	RAL7030
Agujeros drenaje de condensado Condensate drainage holes	Sí (estándar) Yes (standard)		Protección del motor Motor protection	1 termómetro de resistencia Pt1000 (2 bornes) (K) 1 Pt1000 resistance thermometer (2 terminals)
Borne de tierra externo External earthing terminal	No No		Método de refrigeración Method of cooling	IC411 - ventilación propia, refrigeración superficial IC411 - self ventilated, surface cooled

## Datos del variador / Converter data

Alimentación Feeding	lazo abierto (SINAMICS: Basic Infeed/Smart Infeed) SINAMICS with uncontrolled supply	Tipo de convertidor recomendado Recommended converter	6SL32101PE325AL0
		Base load current IL (50 Hz) Base load current IL (50 Hz)	-/-

## Caja de bornes / Terminal box

Posición de la caja de conexiones Terminal box position	arriba top	Sección de conductor, máx. Max. cross-sectional area	240 mm <sup>2</sup>
Material de la caja de bornes Material of terminal box	Fundición gris cast iron	Diámetro de cable de... a... Cable diameter from ... to ...	38 mm - 45 mm
Tipo Type of terminal box	TB1 Q01	Entrada de cable Cable entry	2xM63x1,5-2xM20x1,5
Rosca del tornillo de contacto Contact screw thread	M12	Pasacables Cable gland	4 tapones 4 plugs

## Observaciones:

I<sub>A</sub>/I<sub>N</sub> = corriente de arranque / nominal 1) L10mh según DIN ISO 281 10/2010 3) Solo válido para servicio DOL con velocidad de giro fija en servicio refrigerante IC411  
 M<sub>A</sub>/M<sub>N</sub> = par de arranque / nominal 2) con potencia asignada / a plena carga

responsable dep. DI MC LVM	technical reference	created by DT Configurator	approved by	Datos técnicos de pedido sujetos a cambios sin previo aviso. Pueden haber discrepancias entre los valores calculados y los datos de placa!			
	document type datasheet	document status released		customer			
	title 1LE1592-3AB22-1GK4-Z H00+H22	document number					
© Siemens AG 2021	rev. 01	creation date 2021-08-01 21:57	language es/en	Página 1/2			

# Hoja de datos de motores de jaula de ardilla trifásicos SIMOTICS

Data sheet for three-phase Squirrel-Cage-Motors



Tipo de motor / Motor type : 1CV1312B

- 315 M - IM V1 - 4p

Código del motor 17036

## Versiones especiales / Special design

H00	Cubierta protectora Canopy	H22	Grado de protección IP 56 IP 56 degree of protection
-----	-------------------------------	-----	---

### Observaciones:

responsible dep. DI MC LVM	technical reference	created by DT Configurator	approved by	<i>Datos técnicos de pedido sujetos a cambios sin previo aviso. Pueden haber discrepancias entre los valores calculados y los datos de placa!</i>	
	document type datasheet	document status released		customer	
	title 1LE1592-3AB22-1GK4-Z H00+H22	document number			
© Siemens AG 2021	rev. 01	creation date 2021-08-01 21:57	language es/en	Página 2/2	





**ptimum**  
*nueva gama*



Módulo solar (72 células 6") Mono PERC  
**A-xxxM GS** (380/385/390/395/400 W)

- ➔ **Optimice sus instalaciones.**
- ➔ **Alta eficiencia** del módulo y potencia de salida estable, basado en una tecnología de proceso innovadora.
- ➔ **Funcionamiento eléctrico excepcional** en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- ➔ Facilidad de instalación gracias a un **diseño de ingeniería innovador.**
- ➔ **Riguroso control de calidad** que cumple con los más altos estándares internacionales.
- ➔ **Garantía, 10 años** contra defectos de fabricación y **25 años** en rendimiento (80% potencia de salida).



**A-xxxM GS (ES)** (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas	A-380M GS	A-385M GS	A-390M GS	A-395M GS	A-400M GS
Potencia Máxima (Pmax)	380 W	385 W	390 W	395 W	400 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	40.50 V	40.80 V	41.10 V	41.40 V	41.70 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	9.39 A	9.44 A	9.49 A	9.55 A	9.60 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	48.90 V	49.10 V	49.30 V	49.50 V	49.80 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	9.75 A	9.92 A	10.12 A	10.23 A	10.36 A
Eficiencia del Módulo (%)	19.16	19.42	19.67	19.92	20.17
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5				
Máxima Serie de Fusibles (A)	15				
Máxima Tensión del Sistema (IEC)	DC 1000 V				
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45±2				

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.  
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).  
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

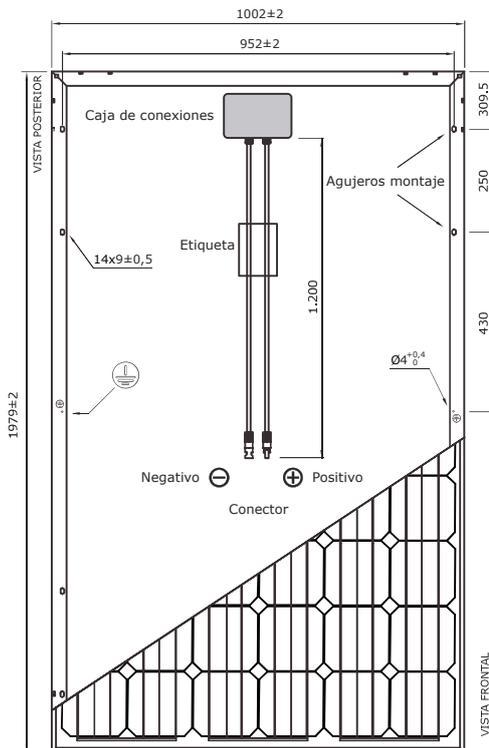
**Especificaciones mecánicas**

Dimensiones (± 2 mm.)	1979x1002x40 mm.
Peso (± 5 %)	22.5 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	2400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa

**Materiales de construcción**

Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*)	Cristal templado alta transmisión/bajo nivel hierro/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	72 pzas (6x12)/Mono PERC/158.75 x 158.75 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado /plata
Caja de conexiones (grado de protección)	IP67/3 diodos
Cable (longitud/seción) / Conector	1.200 mm. /4 mm <sup>2</sup> /MC4 compatible/IP67

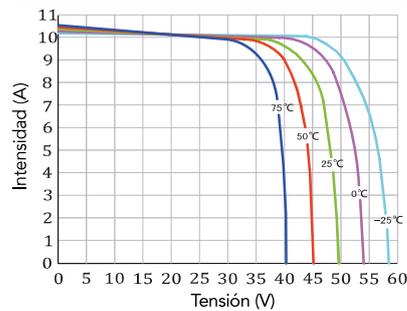
(\*) Con capa anti-reflectante

**Vista genérica construcción módulo**

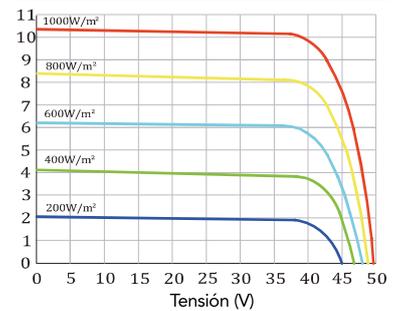
NOTA: El dibujo no está a escala.

**Características de temperatura**

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.048% /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.28% /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.37% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 to +85 °C

**Temperatura Varía (A-400M GS)****Embalaje**

Módulos/palé	27 pzas
Palés/contenedor 40' HQ	22 palés
Módulos/contenedor 40' HQ	594 pzas
Palés/contenedor 20'	8 palés
Módulos/contenedor 20'	216 pzas

**Irradiación Varía (A-360M GS)**

NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

➔ [www.atersa.com](http://www.atersa.com) • [atersa@elecnor.com](mailto:atersa@elecnor.com)  
Madrid (España) +34 915 178 452 • Valencia (España) +34 961 038 430

Revisado: 16/12/19  
Ref.: MU-6M 6x12 GS (ES)(3)-B  
© Atersa SL, 2016



IEC 61215  
IEC 61730



# SD700SP

VARIADOR DE VELOCIDAD PARA BOMBEO SOLAR

- 
**IP54**    **ELECTRÓNICA SELLADA SIN FILTROS**
- 
**ELECTRÓNICA BARNIZADA**
- 
**FILTROS DE ARMÓNICOS Y RFI**
- 
**MODULARIDAD**
- 
**OPERACIÓN 50°C SIN REDUCCIÓN DE POTENCIA**
- 
**FILTRO dV/dt 500V/μs-800V/μs DE SERIE  
HASTA 300M CABLE NO APANTALLADO**
- 
**ACCESO FRONTAL A TODOS LOS COMPONENTES**
- 
**MÁXIMO CUIDADO DEL MOTOR**
- 
**AHORRO DE ENERGÍA**
- 
**SISTEMA DE VENTILACIÓN iCOOL**
- 
**MÚLTIPLES APLICACIONES Y COMUNICACIONES**
- 
**ALTA CALIDAD Y SOBREDIMENSIONAMIENTO**
- 
**SEGURIDAD FUNCIONAL Y ELÉCTRICA**
- 
**CONTROL PRECISO Y FLEXIBLE**

## REDUZCA LOS COSTES ELÉCTRICOS O DE DIESEL DE SUS BOMBEO INTEGRANDO SD700SP

Power Electronics tiene como objetivo reducir los costes de explotación de sus instalaciones de bombeo, ofreciendo cada día soluciones más avanzadas de ahorro y eficiencia energética. Hemos aprovechado las sinergias de nuestra división industrial y solar para lanzar el sistema de bombeo solar de alta potencia SD700SP SOLAR PUMPING. Este producto único saca partido a las más avanzadas prestaciones de nuestro variador SD700, y permite usar como fuente de energía solamente los paneles solares (sistema aislado), o los paneles solares y la red/generador simultáneamente (sistema híbrido).

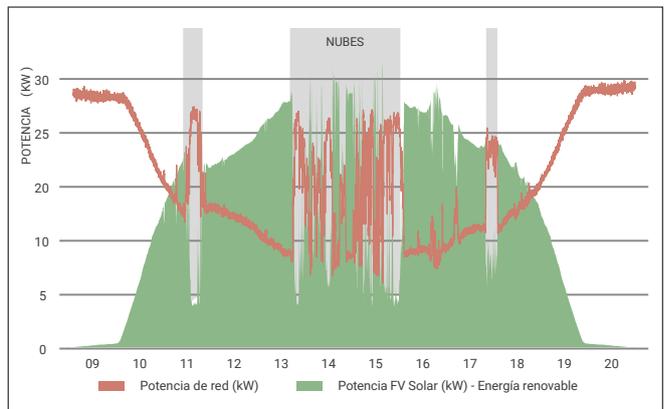
SD700SP es una solución compacta que integra un variador SD700 especial, protecciones de corriente continua y software de control mejorado. Set que permite una instalación y puesta en marcha rápida y sencilla. Tras un primer agrupamiento, las series de paneles solares del campo fotovoltaico y la red/generador se conectan directamente al SD700SP. El funcionamiento del puente inversor y las magníficas prestaciones de salida a motor no se ven alteradas, pudiendo operar el variador y el motor sin restricciones (curvas de arranque, protecciones de motor, protecciones de bombas, etc...).

## SISTEMA HÍBRIDO

El variador SD700SP se conecta simultáneamente a la red/generador (CA) y el campo fotovoltaico (CC). La tensión de CA impone la tensión de corriente CC y por tanto la tensión MPPT. Tratar de ajustar el punto de máxima potencia del sistema FV a esa tensión dependerá del número de paneles en serie. El número de paneles en paralelo se determinará en función de la potencia de la bomba.

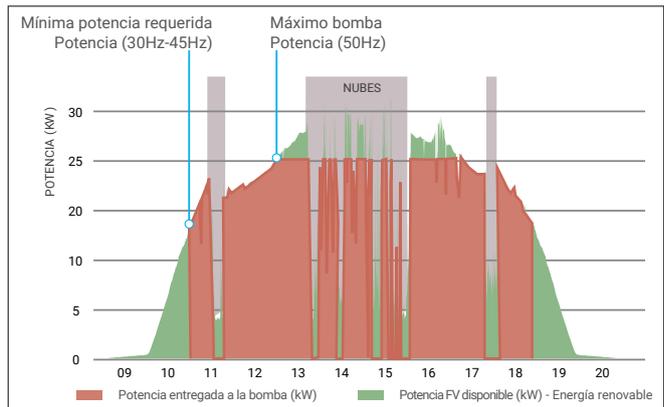
La figura muestra el funcionamiento de una bomba en continuo. Durante el día, la energía generada por los paneles FV (área verde) se inyecta al motor. Esta energía FV ayuda a reducir proporcionalmente la corriente CA absorbida por la red (línea roja). Cuando una nube tapa parcialmente los paneles, el variador absorberá más corriente de la red de forma instantánea con el objetivo de mantener el balance de potencia constante.

Power Electronics ha desarrollado un sistema que es capaz de usar toda la energía CC disponible y tomar alimentación CA sólo la potencia complementaria. Este sistema conecta/desconecta la entrada CA del cableado, por lo que evita la necesidad de tener una fuente de energía en modo espera. SD700SP toma toda la energía posible del campo fotovoltaico para el bombeo de agua necesario, y en caso de que sea suficiente, SD700 complementa con energía CA para cumplir con el requerimiento del motor. Una vez que la energía fotovoltaica disponible es mayor que la requerida por el motor, SD700 desconecta la entrada CA. Esta característica es especialmente importante cuando la fuente de energía CA se trata de un generador diésel ya que puede estar parado si no es necesaria energía CA.

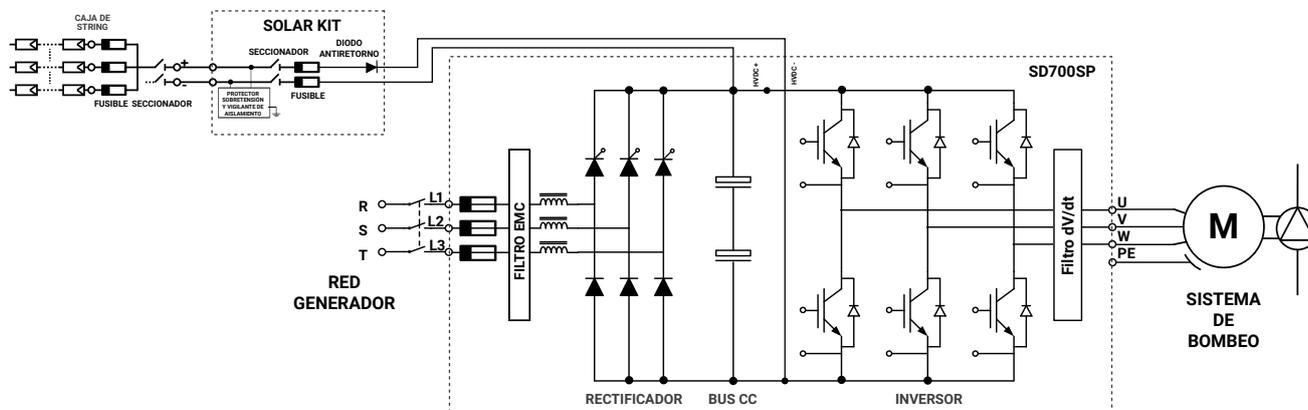


## SISTEMA AISLADO

El variador SD700SP sólo está conectado al campo FV, generando la potencia mínima para arrancar y acelerar la bomba. Esta potencia de arranque depende de las curvas hidráulicas de la bomba y el sistema. Una simulación del sistema le permitirá determinar la frecuencia mínima (30Hz y 45Hz) que asegura el mínimo caudal de operación de la bomba. Al mismo tiempo el rango de frecuencia determina el mínimo umbral de potencia y el dimensionamiento del sistema FV. Con el algoritmo de búsqueda dinámica de MPPT desarrollado por Power Electronics, SD700SP busca automáticamente en punto de potencia máxima, por tanto, el campo FV siempre entrega la máxima energía disponible, independientemente de si es verano o invierno, ni la intensidad de radiación.



## DIAGRAMA OPERACIONAL



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

<b>ENTRADA</b>	<b>Rango de potencia</b>	1,5kW - 560kW <sup>[1]</sup>
	<b>Tensión</b>	380-500Vca, 3 fases (±10%) 540-900Vcc (830Vcc para tallas 1 y 2)
	<b>Alimentación híbrida</b>	Sí, conexión simultánea
	<b>Frecuencia de entrada</b>	50Hz/60Hz ± 6%
	<b>Tecnología rectificador de entrada</b>	Tiristor-diodo
	<b>DPF=cos φ / Factor de potencia</b>	≥ 0.98 / ≥ 0.91
	<b>Filtro de entrada EMC</b>	Tallas 1 y 2: Primer entorno (C2 estándar); Tallas 3 a 11: Segundo entorno (Industrial) (C3 estándar); Primer entorno (C2 Opcional). C1 consultar con Power Electronics. Filtro IT opcional
	<b>THDi (%) corriente / Filtro de armónicos</b>	≤ 40% / Bobinas de entrada 3% impedancia
<b>SALIDA</b>	<b>Regenerativo</b>	No
	<b>Frecuencia de salida</b> <sup>[2]</sup>	0...200Hz
	<b>Capacidad de sobrecarga</b>	Par constante/carga pesada: 150% durante 60s a 50°C
	<b>Eficiencia (a corriente y tensión nominal)</b>	≥ 98%
	<b>Frecuencia de modulación</b>	4 a 8kHz - PEWave
	<b>Filtro dV/dt de salida</b>	500 a 800V/μs <sup>[3]</sup>
<b>Longitud cable de salida</b> <sup>[4]</sup>	No apantallado 300m, Apantallado 150m	
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>	<b>Temperatura operación/almacenamiento</b>	-20°C a +50°C / -40°C a +70°C
	<b>Altitud/Reducción de potencia por altitud</b> <sup>[1]</sup>	1000m / >1000m, 1% PN(kW) por 100m; 4000m máximo
	<b>Humedad relativa</b>	<95%, sin condensación
	<b>Grado de protección</b>	IP20, IP54
<b>ENTRADAS Y SALIDAS</b>	<b>Entradas digitales</b>	6 programables, activas a nivel alto (24Vcc), Alimentación aislada, 1 entrada PTC
	<b>Salidas digitales</b>	3 relés conmutados configurables (250Vca, 8A o 30Vcc, 8A)
	<b>Entradas analógicas</b>	2 programables y diferenciales: 0-20mA, 4-20mA, 0-10Vcc y ±10Vcc (Aislado ópticamente)
	<b>Salidas analógicas</b>	2 salidas configurables aisladas: 0-20mA, 4-20mA, 0-10Vcc y ±10Vcc
	<b>Entradas encoder (opcional)</b>	2 entradas encoder diferenciales. Tensiones de entrada desde 5 a 24Vcc
	<b>Alimentación de usuario</b>	+24Vcc alimentación de usuario (Máx. 180mA) regulada y protegida frente a cortocircuitos +10Vcc alimentación de usuario (Máx. 2 potenciómetros R=1kΩ) regulada y protegida frente a cortocircuitos
	<b>Tarjeta de expansión E/S (opcional)</b>	4 digitales: Entradas programables y activas a nivel alto (24Vcc). (Aislado ópticamente) 1 entrada analógica: Entrada programable y diferencial. 5 salidas digitales: Relés programables multifunción. 1 salida analógica: Salida programable en tensión /corriente.
	<b>Alimentación externa (opcional)</b>	24V Alimentación externa, Relé de fallo integrado
<b>COMUNICACIONES</b>	<b>Protocolo estándar</b>	Modbus-RTU
	<b>Protocolo opcional</b>	Profibus-DP, DeviceNet, Ethernet (Modbus TCP), Ethernet IP, CANopen, N2 Metasys Gateway
<b>REGULACIÓN</b>	<b>Certificaciones</b>	CE, cTick, UL <sup>[5]</sup> , cUL <sup>[5]</sup> , GL <sup>[6]</sup>
	<b>Compatibilidad electromagnética</b>	Directiva EMC (2004/108/CE), IEC/EN 61800-3
	<b>Diseño y construcción</b>	Directiva LVD (2006/95/CE), IEC/EN 61800-2, IEC/EN 61800-5-1, IEC/EN 60146-1-1, IEC60068-2-6, IEC/EN 61800-5-2(STO) TÜV Rheinland Certified

[1] Otra configuración, consultar con Power Electronics.

[2] Consultar para frecuencias de funcionamiento superiores a 100Hz.

[3] Dependiendo de la potencia nominal, tensión de entrada y conforma a las recomendaciones de instalación de Power Electronics.

[4] Siga las recomendaciones de instalación de Power Electronics.

Para longitudes de cable superiores y Primer entorno consultar.

[5] En proceso de certificación.

[6] Serie SD700 desde talla 5 en adelante. Consultar para más información.

## TABLA DE CONFIGURACIÓN

SD700SP		Corriente de salida <sup>[1]</sup>		Tensión de entrada		Grado de protección		Plataformas <sup>[2]</sup>		Filtro EMC		Tierra flotante		Kit Solar	
SD7SP	SOLAR PUMPING	0006	6A	5	380Vca-500Vca	2	IP20	-	Estándar	-	Segundo entorno	-	Sin tierra flotante	-	-
		0100	100A			5	IP54	20	Altura total 2000mm	E	Primer entorno <sup>[3]</sup>	T	Con tierra flotante	K	Incluido
		...	...					22	Altura total 2200mm	M	Filtro IT opcional				
		990	990A												

[1] Verificar la corriente nominal de la placa del motor para garantizar la compatibilidad con el variador seleccionado.

[2] SD700 talla 4 disponible con altura estándar y altura total de 1712mm.

[3] Variador con tierra flotante no disponible con filtro de primer entorno.

Para más información sobre contacte con el departamento comercial de Power Electronics.

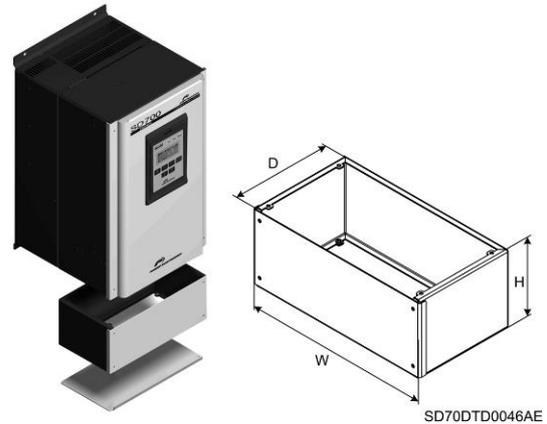
## MODELOS NORMALIZADOS 400VCA - 565VCC

TALLA	CÓDIGO	400Vca - 565Vcc				
		Temperatura de trabajo 50°C ALIMENTACIÓN CA			ALIMENTACIÓN CC @565Vcc	
		I(A) Nominal	Potencia motor (kW) a 400VCA	150% Sobrecarga (A)	Entrada I(A) CC	Entrada I(A) CC 120% Sobrecarga
1	SD7SP0006 5	6	2,2	9	4	5
	SD7SP0009 5	9	4	14	7	8
	SD7SP0012 5	12	5,5	18	10	12
	SD7SP0018 5	18	7,5	27	13	16
	SD7SP0024 5	24	11	36	19	23
2	SD7SP0032 5	32	15	48	27	32
	SD7SP0038 5	38	18,5	57	33	39
	SD7SP0048 5	48	22	72	39	47
3	SD7SP0060 5	60	30	90	53	64
	SD7SP0075 5	75	37	113	65	79
	SD7SP0090 5	90	45	135	80	96
	SD7SP0115 5	115	55	173	97	117
4	SD7SP0150 5	150	75	225	133	159
	SD7SP0170 5	170	90	255	159	191
5	SD7SP0210 5	210	110	315	195	234
	SD7SP0250 5	250	132	375	234	280
	SD7SP0275 5	275	150	413	265	319
6	SD7SP0330 5	330	160	495	283	340
	SD7SP0370 5	370	200	555	354	425
	SD7SP0460 5	460	250	690	442	531
7	SD7SP0580 5	580	315	870	558	669
	SD7SP0650 5	650	355	975	628	754
	SD7SP0720 5	720	400	1080	708	850

Disponibles potencias superiores. Consultar con Power Electronics.

## 12.2. Caja de Conexiones

TALLA	CÓDIGO	Dimensiones (mm)		
		W	H	D
1	SD7EB1	189	122	161
2	SD7EB2	295	122	161
3	SD7EB3	300	151	168



SD70DTD0046AE

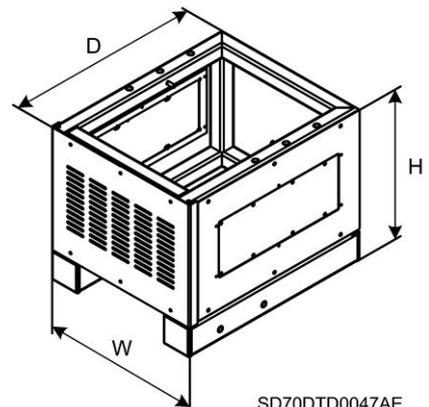
Figura 12.1 Dimensiones de la caja de conexiones

## 12.3. Plataformas

TALLA	CÓDIGO	Dimensiones (mm)			Altura Total del Variador (mm)
		W	H	D	
4	SD7PL0417	320	464	438.5	1712
5	SD7PL0520	431	413.5	529	2000
	SD7PL0522	431	613.5	529	2200
6	SD7PL0620	786	413.5	529	2000
	SD7PL0622	786	613.5	529	2200
7	SD7PL0720	1132	413.5	529	2000
	SD7PL0722	1132	613.5	529	2200
8	SD7PL0820	1482	413.5	529	2000
	SD7PL0822	1482	613.5	529	2200
9	SD7PL0920	3 x SD7PL0620			2000
	SD7PL0922	3 x SD7PL0622			2200
10	SD7PL1020	3 x SD7PL0720			2000
	SD7PL1022	3 x SD7PL0722			2200
11	SD7PL1120	3 x SD7PL0820			2000
	SD7PL1122	3 x SD7PL0822			2200

Explicación del código: SD7PL0520

SD7	PL05	20
Serie SD700	Plataforma para talla 5	Altura total 2000mm

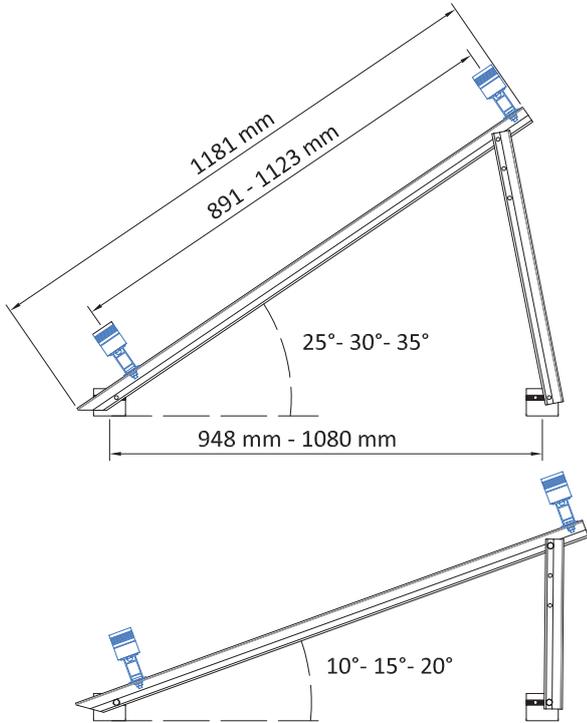


SD70DTD0047AE

Figura 12.2 Dimensiones de las Plataformas

# Soportes

## Soporte triangular (sin base) 1181mm 10° -35°

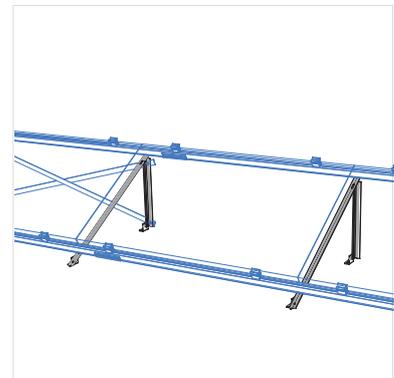
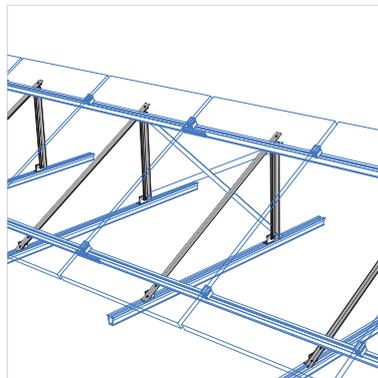


- Dos versiones estándar: soporte de 20° y soporte de 35°.
- Pata posterior marcada y taladrada para poderse cortar a inclinaciones intermedias, bajo pedido se pueden servir cortadas.
- Diseño de perfiles ASYM para conseguir mayor eficiencia con el menor peso.
- Fabricados completamente en aluminio de alta calidad 6082-T6.
- Tornillería de acero inoxidable A2-70
- Aplicación que facilita el cálculo de los elementos necesarios en función de la cantidad de módulos<sup>(1)</sup> a instalar y su ubicación.

(1) Medidas máximas de los módulos 1.65x1m.

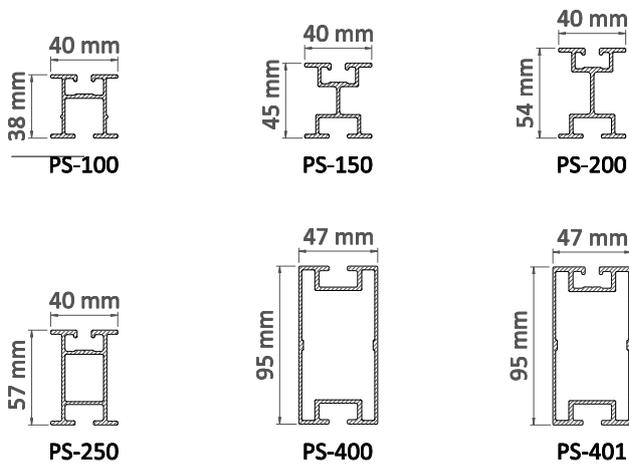


Referencia	Denominación
1.07.0013-10	Soporte triangular (sin base) 10º dintel 1181mm
1.07.0013-15	Soporte triangular (sin base) 15º dintel 1181mm
1.07.0013-20	Soporte triangular (sin base) 10º,15º o 20º dintel 1181mm
1.07.0013-25	Soporte triangular (sin base) 25º dintel 1181mm
1.07.0013-30	Soporte triangular (sin base) 30º dintel 1181mm
1.07.0013-35	Soporte triangular (sin base) 25º,30º o 35º dintel 1181mm



# Perfiles de aluminio sin mecanizar

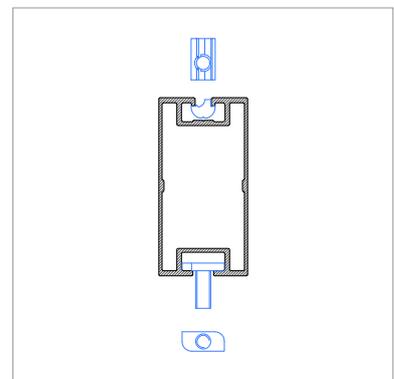
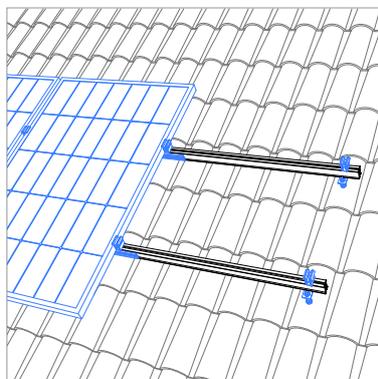
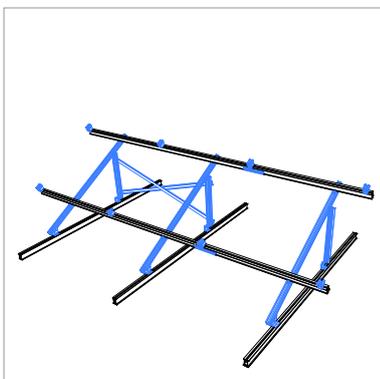
## Perfiles serie PS estándar



- Amplia gama para cubrir la mayoría de necesidades.
- Posibilidad de cortarlos a largos de hasta 12m con una tolerancia para medidas pequeñas de hasta 0,1mm
- Guía carril para tuercas y tornillos T-Slot y tuercas y tornillos 28/15
- Fabricados en aluminio de alta calidad 6082-T6

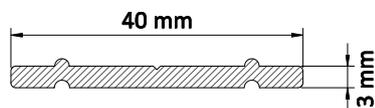
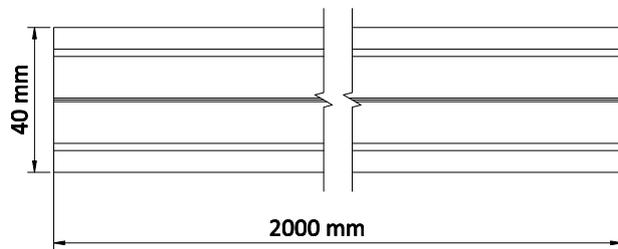


Referencia	Denominación
1.01.0010-0	Perfil aluminio largo sin mecanizar serie PS100
1.01.0008-0	Perfil aluminio largo sin mecanizar serie PS150
1.01.0004-0	Perfil aluminio largo sin mecanizar serie PS200
1.01.0005-0	Perfil aluminio largo sin mecanizar serie PS250
1.01.0006-0	Perfil aluminio largo sin mecanizar serie PS400
1.01.0007-0	Perfil aluminio largo sin mecanizar serie PS401



# Riostras

## Conjunto riostra

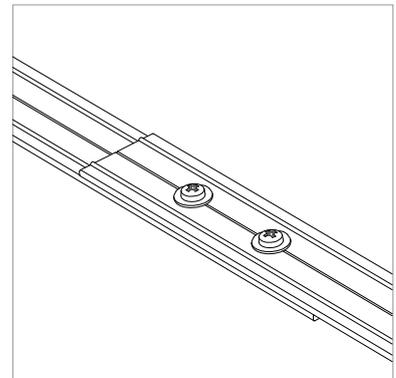
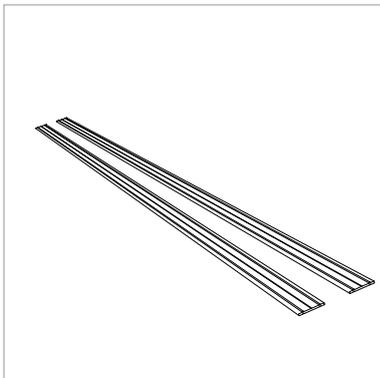


- Riostras para la absorción de los esfuerzos laterales que afectarán a la estructura.
- Dispone de sistema que facilita el guiado para ampliar la longitud conectando perfiles entre ellos.
- Ranura de centrado para perforación.
- Fabricado en aluminio 6063-T5.
- Aplicación que facilita el cálculo de la cantidad de riostras necesarias para cada instalación.
- Incluye tornillos auto-perforantes de Acero Inoxidable.

Al 6082    Inox A2



Referencia	Denominación
1.03.0000-2000	Conjunto riostra 2000mm + 2 tornillos auto-perforantes

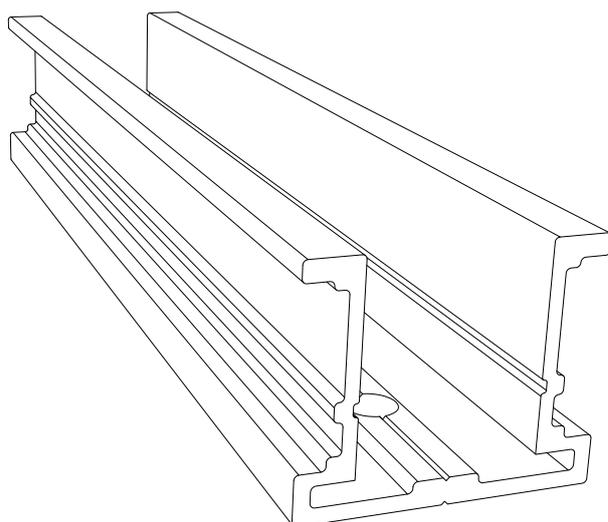


# CONEXIÓN LINEAL

## JOINING RAIL

ESPAÑOL

ENGLISH



1.09.0002-200



1.18.0008-00

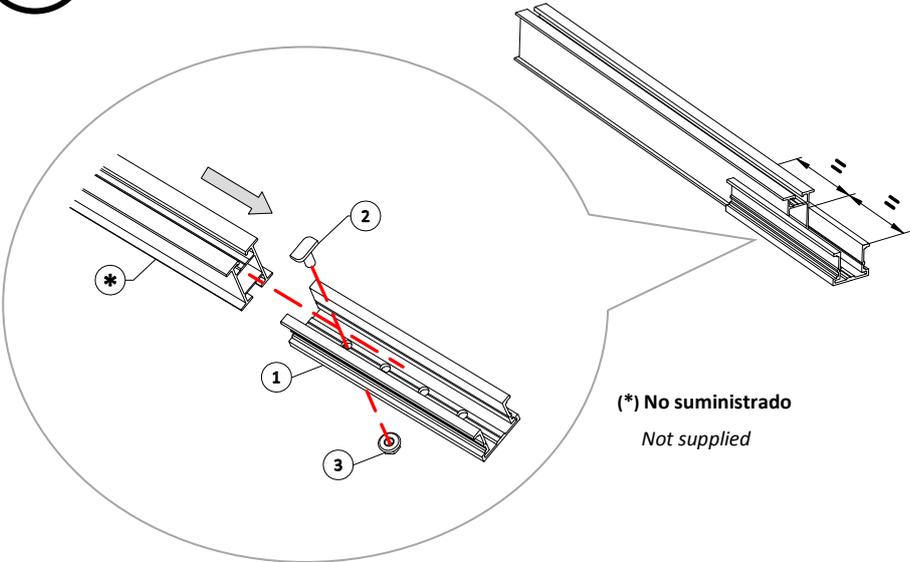
IT-051-1

1

 solarstem

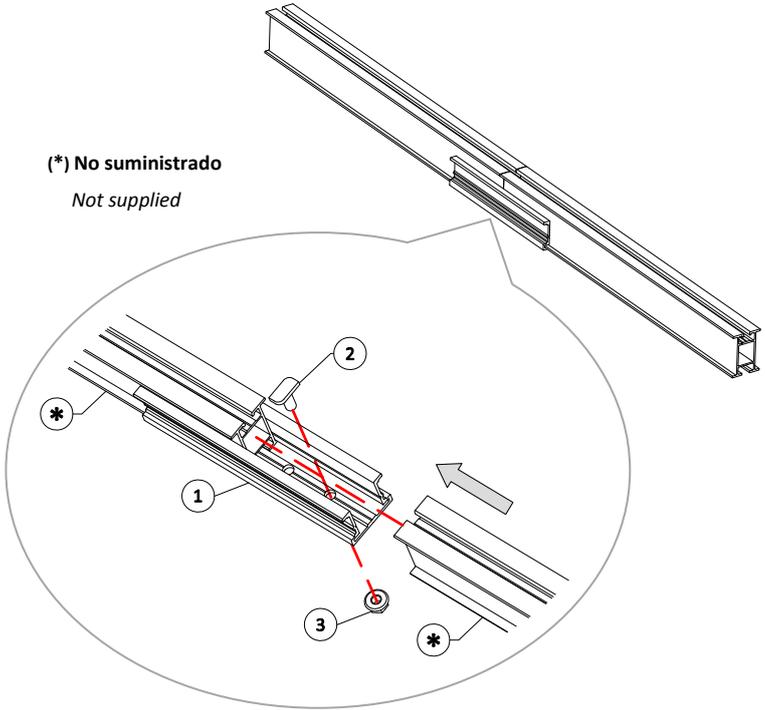
1A

**CONEXIÓN DE CONTINUIDAD / CONTINUITY JOINT**



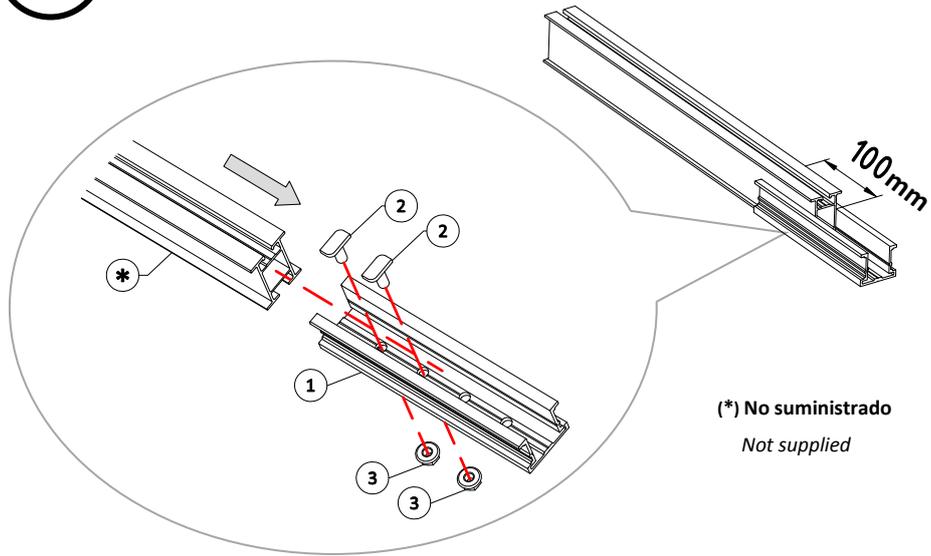
2A

(\*) No suministrado  
Not supplied



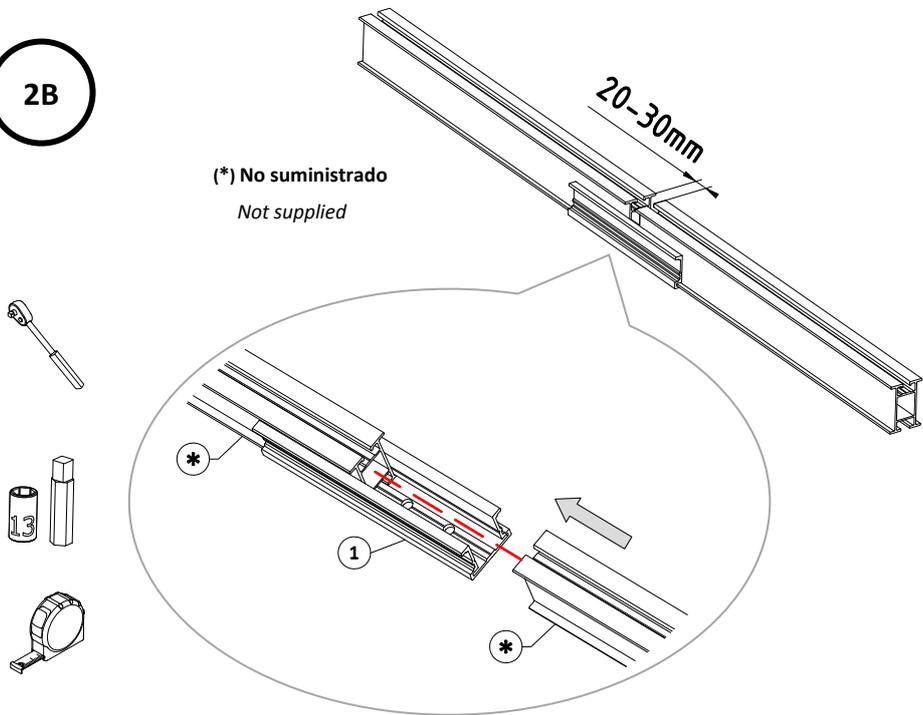
1B

**JUNTA DE DILATACIÓN / EXPANSION JOINT**



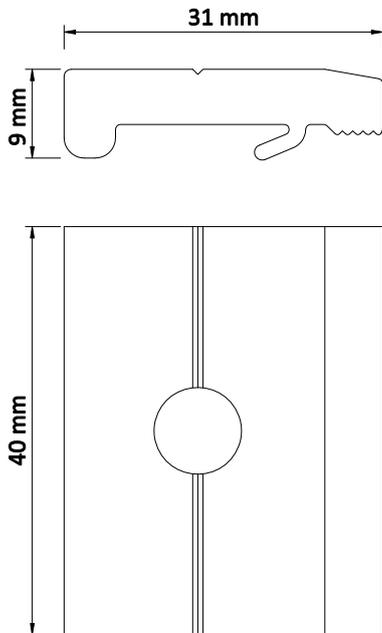
2B

(\*) No suministrado  
Not supplied



# Uniones de perfiles

## Unión cruzada

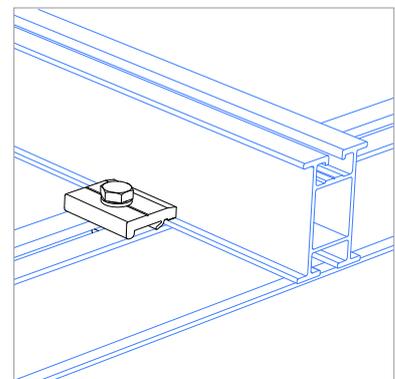
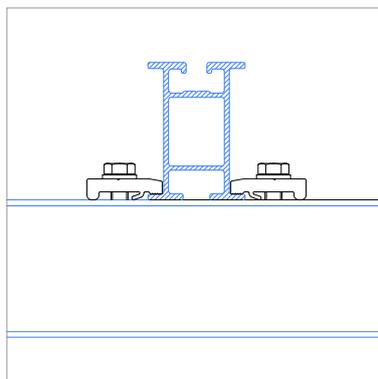
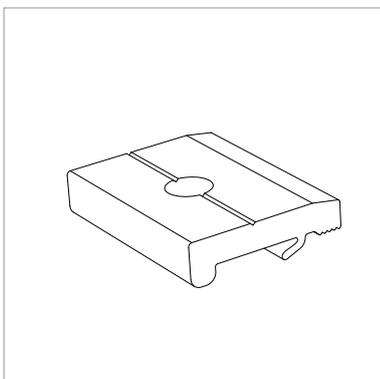


- Guía de unión para conectar perpendicularmente perfiles de la serie PS.
- Fabricadas en aluminio de alta calidad 6082-T6.
- Tornillería de acero inoxidable incluida.
- Sistema de pre-apriete que facilita el montaje.
- Aplicación que permite el cálculo de la cantidad de conexiones necesarias para cada instalación.

Al 6082  
Inox A2

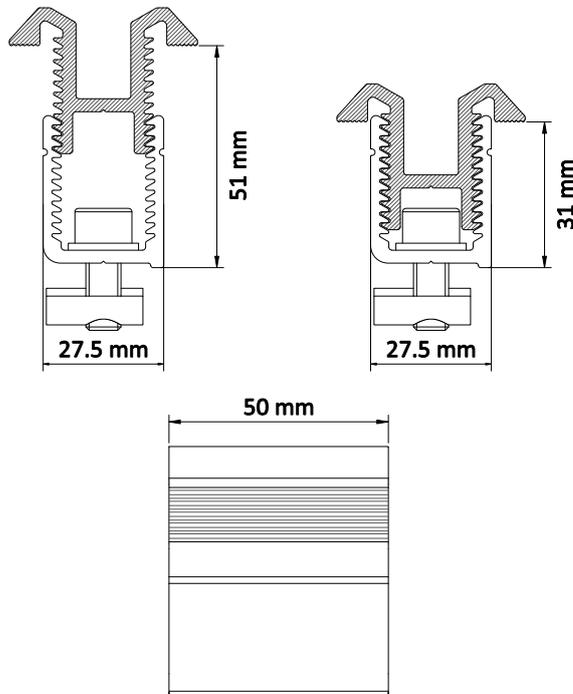


Referencia	Denominación
1.09.0005-40	Conjunto unión cruzada perfiles PS



# Bridas

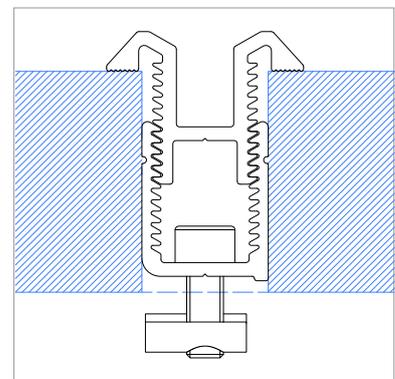
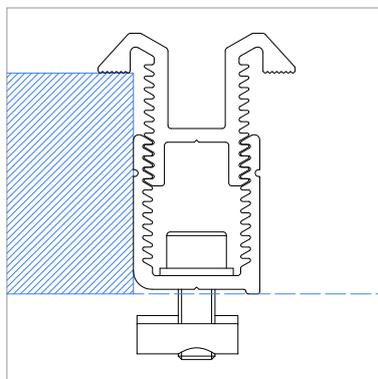
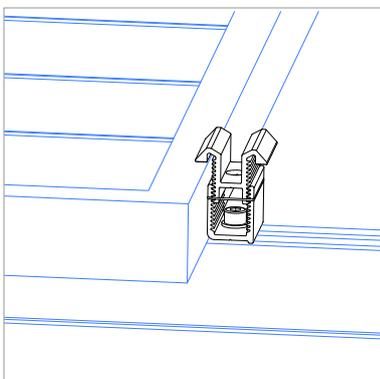
## Brida universal 31-50mm



- Brida universal para módulos con marco entre 31y 50mm de espesor. Las bridas se pueden graduar fácilmente sin ningún tipo de herramienta.
- Pueden usarse como bridas extremo o como bridas intermedias.
- Fabricadas en aluminio de alta calidad 6082-T6.
- Tornillería de acero inoxidable incluida.
- Aplicación que facilita el cálculo de la cantidad de bridas necesarias para cada instalación.

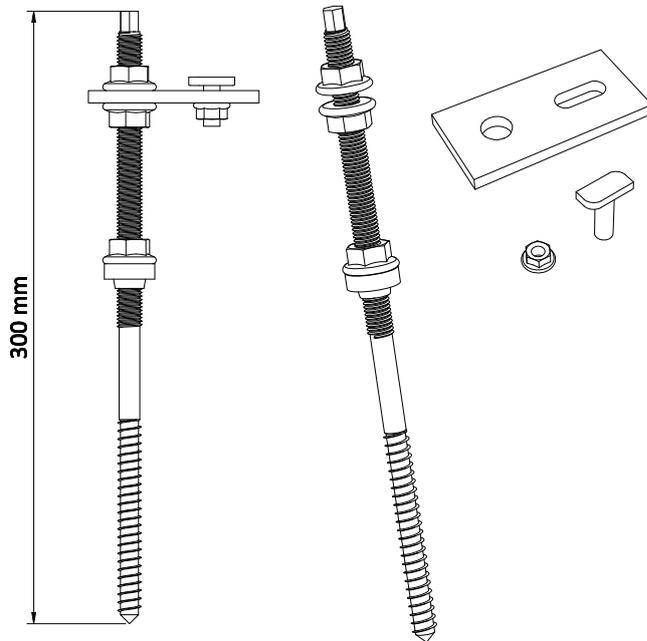


Referencia	Denominación
1.08.0007-50	Conjunto brida universal 50mm para módulos con marco de 31-50mm



# Fijaciones a cubierta

## Tirafondos M12x300mm SW9

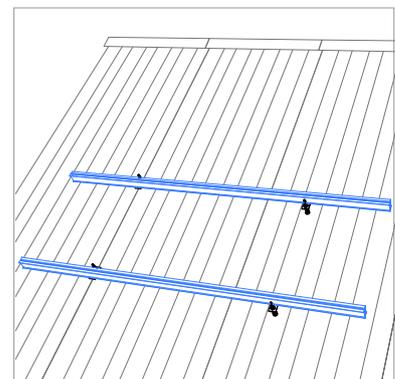
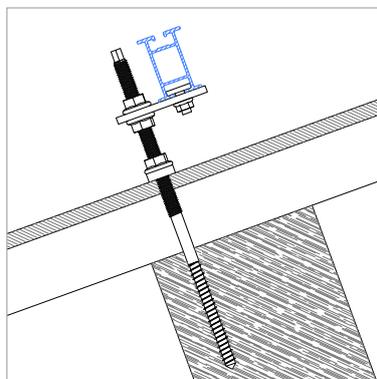


- Fijación completa con junta de EPDM y tornillería de acero inoxidable pre-montado.
- Homologado DIBT Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-14.4-602
- Incluye pletina 83x40mm con taladro coliso de 9x15 para fijar cualquier tipo de perfil y tornillos para fijar perfiles de la Serie 2.
- Apta para atornillarse en bases de madera o mediante un taco insertarse en bases de hormigón.
- Aplicación que facilita el cálculo de los anclajes necesarios para cada instalación.

Inox A2 EPDM



Referencia	Denominación
1.06.0014-M12300	Dowel screw A2 M 12X300 SW9 with DIN6923 M12
1.06.0021-1230083	Fijación doble rosca M12x50-11,5-300 EPDM pletina 83mm



# INTERRUPTOR DE NIVEL HORIZONTAL DE 1 CONTACTO

Ref. 1540800024



EL INCUMPLIMIENTO DE ESTAS INDICACIONES DE MONTAJE ANULA LA GARANTÍA Y EXIME A ROTH DE LOS DAÑOS Y PERJUICIOS QUE PUDIERAN DERIVARSE DE ESE

Apto para agua y aceite. Para otros líquidos consultar al departamento técnico.

## FUNCIONAMIENTO

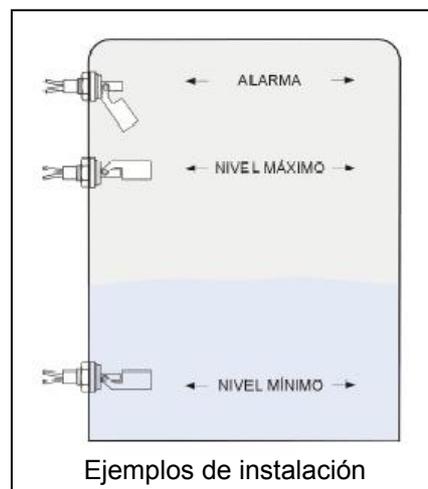
El interruptor magnético de nivel se instala horizontal en una de las paredes del depósito, dependiendo del sistema standard de accionamiento del flotador.

Consiste en un flotador basculante con campo magnético y un microinterruptor accionado magnéticamente.

INVERSIÓN DE LA ACCIÓN DE CONMUTACIÓN:  
GIRAR 180° LA POSICIÓN DEL SENSOR,  
OBSERVANDO EL INDICADOR DE POSICIÓN.

## VENTAJAS

La transmisión magnética permite tener un dispositivo totalmente estanco desprovisto de juntas o prensaestopas en el interior del líquido. Su gran robustez y su inexistente mantenimiento permiten obtener un excelente servicio. Son sistemas adecuados para funcionar a temperaturas elevadas.



## CONTACTOS



CONTACTO ABIERTO



CONTACTO CERRADO

Para prolongar la vida de los contactos REED en los controles de nivel magnéticos es aconsejable la utilización de grupos **RC** para aplicaciones en corriente alterna y de **diodos** en corriente continua.

## DATOS TÉCNICOS

- Material: polipropileno
- Adaptación mecánica: racor M 16 x 2
- Posición de montaje: horizontal
- Conexión eléctrica: por cable (1 m)
- Temperatura máxima: 60 °C
- Temperatura mínima: -30 °C
- Capacidad de corte: 50 W/VA
- Tensión de corte: 230 VCA
- Intensidad máxima: 0,5 A
- Resistencia de aislamiento:  $10^{11}\Omega$
- Densidad mínima: 0,7 g/cm<sup>3</sup>
- Clase de protección: IP65

## Style DD

Carbon Iron (ASTM A 126, Class B)  
125 lb.

Carbon Steel (ASTM A 216, Grade WCB)  
150 lb. Thru 1500 lb.

Stainless Steel (ASTM A 351, Grade CF8M)  
150 lb. Thru 1500 lb.



## Style DL



## Style DF



## Wafer Double Disc Check Valve

### APPLICATIONS

Liquid or gas where protection from flow reversal in a pipeline is required.

### CONSTRUCTION

The Keckley Wafer Double Disc Check Valves are constructed from rugged castings that are machined to exacting specifications. Reference individual technical data pages for standard disc, shaft, spring, and elastomer seat.

### FEATURES

- A short face-to-face dimension.
- Lighter weight, by 80-90% than non-conventional full-body check valves.
- Spring-loaded, double disc design has a low cracking pressure.
- The tension spring performs a lifting motion on the disc to prevent excessive wear on the “heel” area of the elastomer seat.
- The independent, dual shaft design allows interchangeability of shafts. The stop shaft stabilizes the discs during high flow rates.
- Epoxy coating is standard.
- Field serviceable without the need for special tools.

### INSTALLATION

The Keckley Wafer Double Disc Check Valves are used in both vertical and horizontal applications. For horizontal flow applications the shaft should be vertically oriented. Contact Keckley for downward vertical flow installations.

### ORDERING

Reference page [C2](#) for Keckley Check Valve Product Numbers.

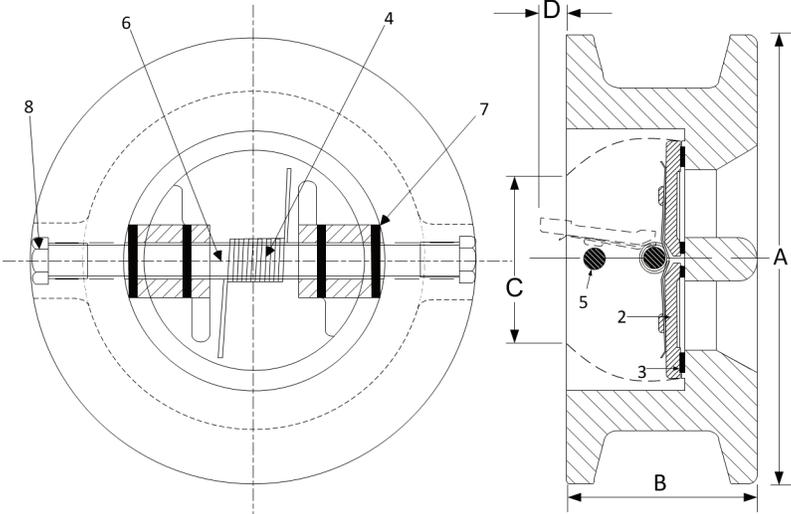
### WORKING PRESSURES - NON SHOCK

NOM. RATING	BODY MATERIAL	MEDIA	2" to 12"	14" to 24"
125#	CAST IRON (ASTM A 126, CLASS B)	W.O.G.	200 PSI @ 150°F	150 PSI @ 150°F
NOM. RATING	BODY MATERIAL	MEDIA	2" to 24"	
150#	CARBON STEEL (ASTM A 216, GRADE WCB)	W.O.G.	285 PSI @ 100°F	
	STAINLESS STEEL (ASTM A 351, GRADE CF8M)	W.O.G.	275 PSI @ 100°F	
NOM. RATING	BODY MATERIAL	MEDIA	2" to 24"	
300#	CARBON STEEL (ASTM A 216, GRADE WCB)	W.O.G.	740 PSI @ 100°F	
	STAINLESS STEEL (ASTM A 351, GRADE CF8M)	W.O.G.	720 PSI @ 100°F	

## Style DD

Wafer Body

**Double Disc Check Valve, 125 lb.**  
**Cast Iron (ASTM A 126, Class B)**



PARTS LIST		
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL
1	Body	Cast Iron (ASTM A 126, Class B)
2	Disc	Stainless Steel (ASTM A 351, Grade CF8M)
3	Seat	Buna-N
4	Spring	Stainless Steel (ASTM A 182, 316)
5	Stop Pin	Stainless Steel (ASTM A 182, 304)
6	Hinge Pin	Stainless Steel (ASTM A 182, 304)
7	Thrust Washer	Teflon
8	Plug	Carbon Steel (ASTM A 307, B)

Above "Standard" Product Number - **DD1F-CI-34136**  
Other Options - Reference **C2** for available materials.  
**Note:** Available in Pressure Class Ranges 125 - 1500 lb.

SIZE		DIMENSIONS								WEIGHTS	
		A		B		C*		D			
in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	lbs	kgs
2	50	4-1/8	105	2-1/8	54	2-1/16	52	-	-	4	2
2-1/2	65	4-7/8	124	2-1/8	54	2-15/32	63	-	-	6	3
3	80	5-3/8	137	2-1/4	57	3-1/16	78	5/8	16	7	3
4	100	6-7/8	175	2-1/2	64	4	102	1	25	12	6
5	125	7-3/4	197	2-3/4	70	5	127	1-5/16	33	15	7
6	150	8-3/4	222	3	76	6-1/16	154	1-15/16	35	20	9
8	200	11	279	3-3/4	95	8	203	3-7/16	54	40	18
10	250	13-3/8	340	4-1/4	108	10	254	3-3/8	70	65	29
12	300	16-1/8	410	5-5/8	143	11-15/16	303	3-9/16	83	110	50
14	350	17-3/4	451	7-1/4	184	12-1/2	318	3-1/16	83	183	83
16	400	20-1/4	514	7-1/2	191	15	381	4-1/4	113	255	116
18	450	21-5/8	549	8	203	16-7/8	429	5-3/8	137	315	143
20	500	23-7/8	606	8-3/8	213	18-3/16	478	6-3/16	160	380	172
24	600	28-1/4	718	8-3/4	222	22-5/8	575	8-1/4	210	575	261
30	750	34-3/4	883	12	305	29-1/4	743	9-9/16	229	1070	486
36	900	41-1/4	1048	14-1/2	368	35	889	12-5/16	303	1962	890
42	1050	48	1219	17	432	41	1041	15	381	2800	1270
48	1200	54-1/2	1384	20-5/8	524	47	1194	16-3/4	425	3920	1778

\*Minimum companion flange bore.

Size 30" and larger fit **Series A** flanges.

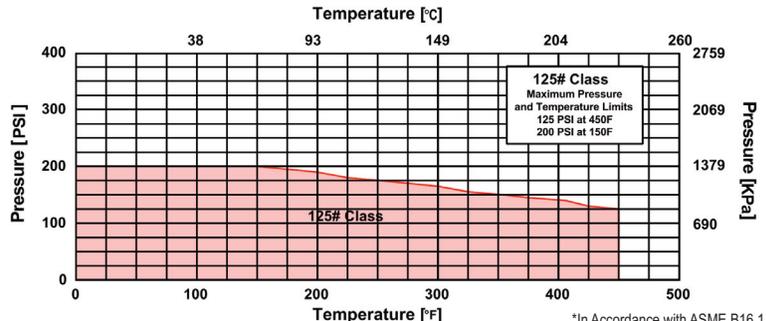
Seat Material	Operating Temperature**	
	°F	°C
Buna-N	-20 to 250	-29 to 121
Viton	-20 to 400	-29 to 204
EPDM	-40 to 300	-40 to 149

\*\*Subject to limitations of body material.

Applicable Standards
• Design ASME B16.1
• Testing API 598
• Conforms to API 594 & 6D
• MSS SP-6
• MSS SP-25
• MSS SP-55

### PRESSURE vs. TEMPERATURE CHART

125# Cast Iron (ASTM A 126, Class B)



\*In Accordance with ASME B16.1

### FLOW COEFFICIENTS

Size	2"	2-1/2"	3"	4"	5"	6"
C <sub>v</sub>	48	98	170	290	495	720
Size	8"	10"	12"	14"	16"	18"
C <sub>v</sub>	1800	2600	4300	5500	7200	9400
Size	20"	24"	30"	36"	42"	48"
C <sub>v</sub>	12600	19000	37500	60000	89000	124000

## V5422L / V5422E ACTUATED BUTTERFLY VALVES

### SPECIFICATION DATA



### FEATURES

- With factory-mounted electric actuator
- Centric butterfly valve with elastomer liner
- Wide DN range (DN250 through DN300)
- For heating water containing up to 50% glycol
- Wafer body
- For modulating and floating control
- Maintenance-free control drive
- Mechanical setting indicator
- Manual adjustment wheel and declutch button
- Ample reserve torque
- Sizable terminal compartment for cabling
- Long unit lifetime

### SPECIFICATIONS

#### Valves

Sizes	DN250...DN300
Nominal pressure rating	PN10
Shut-off pressure	10 bar
Tightness	bubble-tight
Temperature of medium	-10...+120 °C
Body	Wafer, ductile iron GGG40
Liner	EPDM
Disc	ductile iron GGG40 coating: DeltaMagni
Shaft	Stainless steel 1.4021

#### Actuators

Motor voltage	230 Vac ( $\pm 10\%$ ), 50 to 60 Hz
Current, running time	See Table 1
Angle of rotation	90°
Duty cycles	max. 30% (class S4 IEC60034)
Running noise	65 dBA
Ambient temperature	-20...+70 °C
Motor insulation	class F according to VDE 0530
Protection class	IP67 as per DIN 40050
Cable gland	M20, cable $\varnothing$ 9...16 mm

### GENERAL

The V5422L and V5422E Actuated Butterfly Valves are suitable for heating and cooling applications as well as in boiler management systems. They can also be employed for general services, water treatment, etc.

The V5422L series is equipped with floating-control actuators (230 V, three-point).

The V5422E series is equipped with modulating-control actuators with a standard control signal of 0...10 V (2...10 V, 0...20 mA, and 4...20 mA also possible).

The actuators and valves are delivered factory-mounted. The position control and the end stops are completely justified.

**Table 1. Type list for different valve sizes and corresponding data**

floating version	modulating version	actuator current (A)		run time (sec)	actuator torque (Nm)	valve size (DN)	Kvs (m <sup>3</sup> /h)	weight (kg)
		nominal	start					
V5422L1006	V5422E1001	0.8	1.6	30	250	250	5070	37.4
V5422L1014	V5422E1019	1.2	1.7	30	600	300	7430	45.5

## GENERAL CHARACTERISTICS

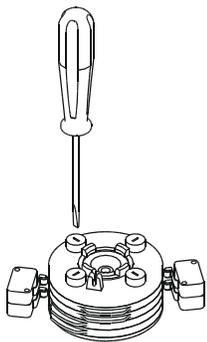
### Position Indication and Running Status

The actuator's position is indicated by a mechanical pointer located behind a window on the actuator's cover.

The actuator's running status is indicated by three LED's located on the main PCB:

- The green LED (Op) is lit when the valve has been opened.
- The red LED (Cl) is lit when the valve has been closed.

### Angle Limitation



The angle at the drive shaft can be adjusted to between 0° and 90°.

The end position is limited both electrically and mechanically. The electrical limitation can be adjusted by pressing and turning (with a screwdriver) the adjustment screws situated on the white and black cams.

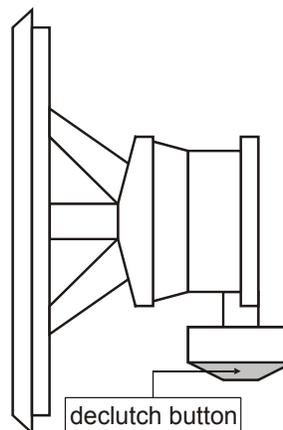
The end position is factory-set to -2° and +92°. As a rule, it is not necessary to alter this value.

### Manually Adjusting Valve

#### **⚠ CAUTION**

**Before manually adjusting the valve, you must first disconnect the power supply!**

The valve can be manually adjusted using the manual adjustment wheel and declutch button (see Fig. 1).



**Fig. 1. Manual adjustment wheel and declutch button**

The manual safety wheel is disengaged automatically when the motor is running. To use the manual safety wheel, it must therefore first be re-engaged using the declutch button.

### Motor and Gear Protection

The actuator motor is protected against overheating by a bimetal temperature monitor.

The motor and gear train are also protected against mechanical overload by a torque limiter switch. The yellow LED (Tq) is lit when the torque limiter has been activated.

### Maintenance

The actuators are maintenance-free. They are lubricated for a minimum of 100,000 operations.

If it becomes necessary to renew the grease completely, use a lubricant complying with the following specifications:

- temperature range: -30...+135 °C
- penetration: ASTM 265/295 at 25 °C
- drop point: 180 °C

E.g. ELF Expecta 250, TOTAL Multis EP2, SHELL alvania EP2, MOBIL Mobilux EP2, or ESSO Beacon EP2.

# Specifications

- C401 - Full Port Globe Style
- CA401- Full Port Angle Body Globe
- CF401 - Reduced Port Globe Style
- CFA401-Reduced Port Angle Body Globe Style

## Sizes

- 1 1/4" - 3" Threaded NPT / BSPP
- 1 1/2" - 36" Flanged

## Temperature Rating

- Water up to 180° F (82°C)

## Pressure Rating

Pressure Class							
ANSI Standard B16.1				British Standard BS4504			
Ductile Iron Grade	150 lb	300lb	NPT Threaded	Ductile Iron Grade	PN10/16	PN 25	BSPP Threaded
ASTM A536	250	400	400	BS 2789	250	400	400

## Standard Materials

Component	Material		
	Sizes 1 1/4" - 4"	Sizes 6" - 10"	Sizes 12" - 36"
Body & Cover	Ductile Iron	Ductile Iron	Ductile Iron
Intermediate Chamber	Ductile Iron	Ductile Iron	Ductile Iron
Coating	Fusion Epoxy	Fusion Epoxy	Fusion Epoxy
Spool & Diaphragm Plate	Unleaded Bronze	Ductile Iron	Ductile Iron
Seat Ring & Seat Plate	Unleaded Bronze	Unleaded Bronze	Stainless Steel
Cover Bushing	Bronze	Bronze	Bronze
Disc Seal	Buna-N	Buna-N	Buna-N
Diaphragm	Nitrile Nylon	Nitrile Nylon	Nitrile Nylon
Stem, Nuts & Spring	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel

## Options

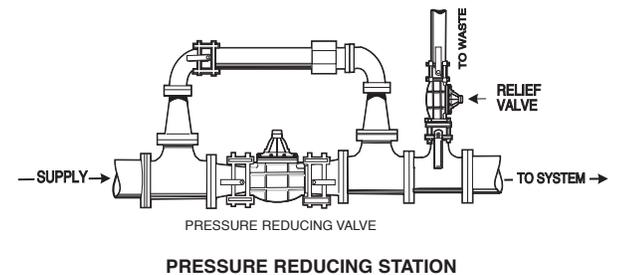
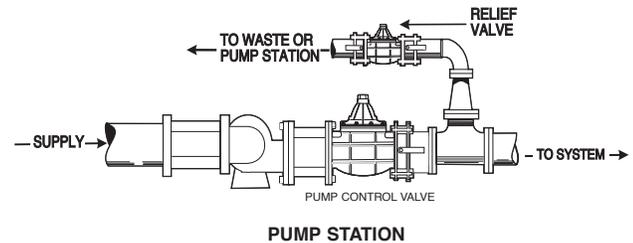
- Stainless Steel Seat Trim (Standard 12" and larger sizes)
- Heavy Spring for Vertical Installation
- Viton Disc Seal
- Stainless Steel Stem Bushing
- Indicator Rod Sizes 1 1/2" thru 4" (Standard 6" and larger sizes)

### WARRANTY

**LIMITED THREE YEAR WARRANTY:** Fromatic Valves warrants that its Automatic Hydraulic Control Valves are free from defects in material and workmanship for a period of three (3) years after shipment. Fromatic Valves will repair or replace any parts or components found to be defective within three years from the date of shipment. All removal and installation of equipment or parts shall be at buyer's expense. Fromatic Valves shall not under any circumstances be liable for special or consequential damages. This warranty will be void if the valve or its controls have been modified without factory authorization or if it is subjected to unusual operating conditions which were not described or specified at the time of purchase.

## Typical Installation

A Relief Valve, which discharges to waste (atmosphere) should have a main line shut off valve at the **outlet side** as well as the inlet side to facilitate closure and avoid waste of a large volume of water when the relief valve is placed in service.



Note: Australian and Japanese Flange Connections are Available



Also Available with Full Port Angle Body Globe Style (CA401)

(Model CFA401 Reduced Ported)

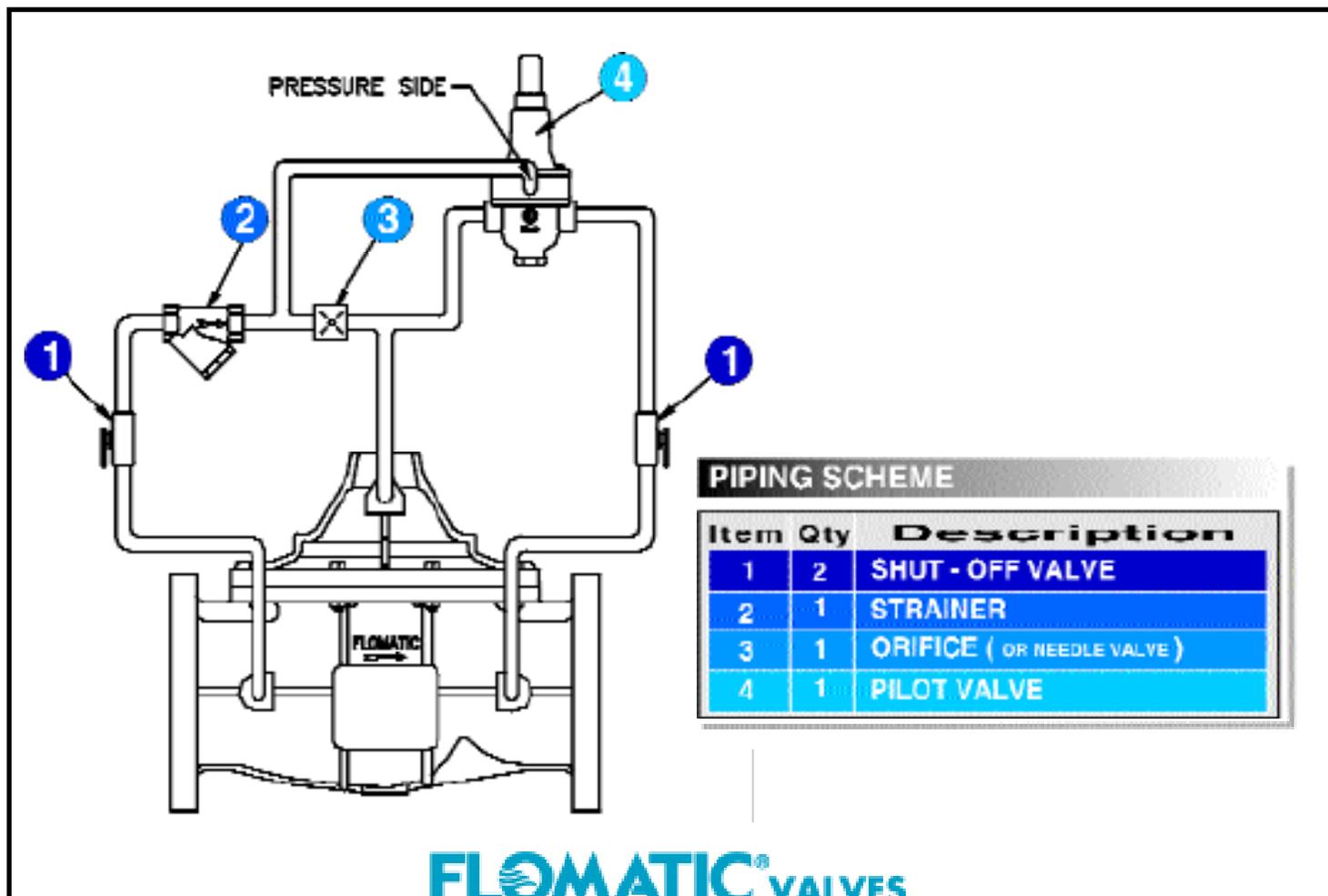
## -sizing GUIDE for THROTTLING VALVES

In order to insure pressure control and avoid excessive noise and maintenance expense, extreme care must be taken when sizing the throttling valve for a specific application. Although both pressure conditions and flow (velocity) are contributing factors, field experience has determined that flow rate is the most critical factor and that proper valve sizing can be attained through consideration of the flow rate alone.

The maximum flow rates in tables below for Model C (Full ported valves) are based on a velocity of 15 feet per second, fps or (4.6 meter per second, m/s). The throttling valve is capable of handling larger flows for short periods of time; however, the increase in maximum flow should be limited to 25% of the above values. Minimum flow rates are based on 0.5 feet/second flow rate (0.15 meter per second, m/s). Valve should be selected to be opened between 20-80% for best efficiencies and service life. The flow values for Model CF (Reduce ported valves) in the table below are less as they have smaller valve orifice or seat areas.

The tables below indicate the desired throttling valve size (inches) for designated maximum and minimum flow rates in gallons per minute (GPM):

Valve Body Type (Inch)	Flow	1 1/2"	2"	2 1/2" *	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	30"	36"
Model C Full Ported	Min	2.5	4	7	11	20	40	80	120	180	240	300	400	500	700	1,000	-
	Max	90	160	230	340	600	1,300	2,400	3,700	5,200	7,200	9,500	12,000	14,000	21,000	32,000	-
Model CF Reduced Ported	Min	-	-	-	7	11	30	40	80	120	180	240	300	400	500	700	900
	Max	-	-	-	160	340	600	1,300	2,400	3,700	5,200	7,200	9,500	12,000	14,000	21,000	32,000
Model CI Diaphragm	Min	-	2	2	2	5	8	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Max	-	110	132	132	264	1,020	1,790	-	-	-	-	-	-	-	-	-



### Sinopsis



El SITRANS FM MAG 5100 W es un sensor de caudal electromagnético diseñado para satisfacer las necesidades de las aplicaciones de aguas subterráneas, agua potable, aguas residuales, aguas cloacales y lodos residuales.

### Beneficios

- DN 15 a DN 1200/2000 (½" a 48"/78")
- El programa de MAG 5100 W en stock garantiza un plazo de entrega muy corto
- Bridas de unión EN 1092-1 (DIN 2501), ANSI, AWWA, AS y JIS
- Revestimiento de goma dura NBR y goma dura de ebonita para todas las aplicaciones de agua
- Revestimiento EPDM homologado para agua potable
- Electrodo de puesta a tierra y de medición Hastelloy integrados
- Alta precisión a caudal bajo para la detección de fugas de agua, gracias a revestimiento cónico.
- Homologaciones para agua potable
- Apto para zanjas e inmersión constante
- Homologación para transacciones con verificación (transferencia de custodia)
- Longitud en estado montado según ISO 20456; la norma incluye tamaños de hasta DN 400
- Fácil puesta en marcha, unidad SENSORPROM que carga automáticamente los ajustes y valores de calibración.
- Diseñado para poder realizar en el emplazamiento la verificación patentada. Con la huella dactilar SENSORPROM.
- Opción para transacciones con verificación (transferencia de custodia) para facturación de consumos de agua, con homologación de tipos según OIML R 49 y verificada según MI-001. Instalación de entrada 0D/salida 0D
  - Homologación OIML R 49
  - Conforme a ISO 4064 y EN 14154 para caudalímetros mecánicos
  - PTB K7.2
  - Homologación para agua Kiwa
- Caudalímetro FM Fire Service (número de clase 1044) para sistemas automáticos de protección contra incendios.
- Cumple las directivas CEE: Directiva de equipos a presión DEP 2014/68/UE para bridas EN 1092-1
- El sensor de medida estándar puede equiparse de forma sencilla in situ o en fábrica para IP68 / NEMA 6P
- Homologación de tipo de equipos marítimos (ABS, Bureau Veritas, DNV-GL, Lloyd's Register)

### Campo de aplicación

Los sensores electromagnéticos de caudal SITRANS FM se aplican principalmente en los siguientes campos:

- Captación de aguas
- Tratamiento de aguas
- Red de distribución de agua (gestión de detección de fugas)
- Contadores de agua con transacción con verificación
- Riego
- Depuración de aguas residuales
- Plantas de filtración (p. ej. ósmosis inversa o ultrafiltración)
- Aplicaciones de agua industrial.

### Modo de operación

El principio de la medición de caudales se basa en la ley de inducción electromagnética de Faraday, según la cual el sensor convierte el caudal en una tensión eléctrica proporcional a la velocidad del mismo.

### Integración

El caudalímetro completo consta de un sensor de caudal y el transmisor SITRANS FM MAG 5000, MAG 6000 o MAG 6000 I correspondiente.

El flexible concepto de comunicación USM II permite integrar y actualizar con gran facilidad un sinfín de sistemas de buses de comunicación industriales, tales como HART, DeviceNet, PROFIBUS DP y PA, FOUNDATION Fieldbus H1 o Modbus RTU/RS 485.

**Medición de caudal**

SITRANS FM (electromagnéticos)

Sensores de caudal

**MAG 5100 W****Datos técnicos**

<b>Característica del producto</b>	<b>MAG 5100 W (7ME6520) Principalmente para el mercado europeo</b>	<b>MAG 5100 W (7ME6580) Principalmente para mercados no europeos</b>
	<b>Revestimiento EPDM o NBR</b>	<b>Revestimiento de ebonita</b>
Diseño y tamaño nominal	Sensor cónico (revestimiento octagonal): DN 15 ... 40 (½" ... 1½") Sensor cónico: DN 50 ... 300 (2" ... 12") Sensor de paso integral: DN 350 ... 1200 (14" ... 48")	Sensor de paso integral: DN 25 ... 2000 (1" ... 78")
<b>Principio de medición</b>	Inducción electromagnética	Inducción electromagnética
Frecuencia de excitación (alimentación eléctrica: 50/60 Hz)	DN 15 ... 65 (½" ... 2½"): 12,5 Hz/15 Hz DN 80 ... 150 (3" ... 6"): 6,25 Hz/7,5 Hz DN 200 ... 300 (8" ... 12"): 3,125 Hz/3,75 Hz DN 350 ... 1200 (14" ... 48"): 1,5625 Hz/1,875 Hz	DN 25 ... 65 (1" ... 2½"): 12,5 Hz/15 Hz DN 80 ... 150 (3" ... 6"): 6,25 Hz/7,5 Hz DN 200 ... 300 (8" ... 12"): 3,125 Hz/3,75 Hz DN 350 ... 2000 (14" ... 78"): 1,5625 Hz/1,875 Hz
<b>Conexión al proceso</b>		
Bridas <sup>1)</sup>		
• EN 1092-1	PN 10 (145 psi): DN 200 ... 300 (8" ... 12"), planas  PN 10 (145 psi): DN 350 ... 1200 (14" ... 48"), con resalte <sup>3)</sup> PN 16 (232 psi): DN 50 ... 300 (2" ... 12"), planas <sup>3)</sup> PN 16 (232 psi): DN 350 ... 1200 (14" ... 48"), con resalte	Con resalte <sup>3)</sup> (EN 1092-1, DIN 2501 y BS 4504 tienen las mismas dimensiones de contacto) PN 6 (87 psi): DN 1400 ... 2000 (54" ... 78") PN 10 (145 psi): DN 200 ... 2000 (8" ... 78") PN 16 (232 psi): DN 65 ... 600 (2½" ... 24")
• ANSI B16.5	PN 40 (580 psi): DN 15 ... 40 (½" ... 1½") planas Clase 150: ½" ... 12", planas; 14" ... 24", con resalte	PN 40 (580 psi): DN 25 ... 50 (1" ... 2") Clase 150: 1" ... 24"; con resalte
• AWWA C-207	Clase D: 28" ... 48", planas	Clase D: 28" ... 78", planas
• AS4087	PN 16 (232 psi): DN 50 ... DN 300 (2" ... 12"), planas; DN 350 ... DN 1200 (14" ... 48"), con resalte	PN 16 (232 psi): DN 50 ... DN 1200 (2" ... 48"), con resalte
• JIS B 2220:2004	K10 (1" ... 24") -	K10 (1" ... 24")
<b>Condiciones nominales de aplicación</b>		
Temperatura ambiente		
• Sensor	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)	-40 ... +70 °C (-4 ... +158 °F)
• Compacto con transmisor MAG 5000/6000 <sup>4)</sup>	-20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F)	-20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F)
Presión de servicio (abs) [bar abs.] (máxima presión de servicio dependiendo del estándar de brida; disminuye cuando aumenta la temperatura de servicio)	DN 15 ... 40 (½" ... 1½"): 0,01 ... 40 bar (0.15 ... 580 psi) DN 50 ... 300 (2" ... 12"): 0,03 ... 20 bar (0.44 ... 290 psi) DN 350 ... 1200 (14" ... 48"): 0,01 ... 16 bar (0.15 ... 232 psi)	DN 25 ... 50 (1" ... 2"): 0,01 ... 40 bar (0.15 ... 580 psi) DN 65 ... 1200 (2½" ... 48"): 0,01 ... 16 bar (0.15 ... 232 psi) DN 1400 ... 2000 (54" ... 78"): 0,01 ... 10 bar (0.15 ... 145 psi)
Clasificación de la carcasa		
• Estándar	IP67 según EN 60529/NEMA 4X/6 (1 mH <sub>2</sub> O durante 30 minutos)	IP67 según EN 60529/NEMA 4X/6 (1 mH <sub>2</sub> O durante 30 minutos)
• Opcional	IP68 según EN 60529 / NEMA 6P (10 mH <sub>2</sub> O continuamente)	IP68 según EN 60529 / NEMA 6P (10 mH <sub>2</sub> O continuamente)
Caída de presión	DN 15 y 25 (½" y 1"): Máx. 20 mbar (0.29 psi) a 1 m/s (3 ft/s) DN 40 ... 300 (1½" ... 12"): Máx. 25 mbar (0.36 psi) a 3 m/s (10 ft/s) DN 350 ... 1200 (14" ... 48"): Insignificante	Insignificante
Presión de ensayo	1,5 x PN (si corresponde) FM Fire Service: 2 x PN	1,5 x PN (si corresponde)
Carga mecánica (vibración)	18 ... 1000 Hz aleatoria en dirección X, Y, Z durante 2 horas según EN 60068-2-36 Sensor: 3,17 g RMS Sensor con transmisor MAG 5000/6000, montaje compacto: 3,17 g RMS Sensor con transmisor MAG 6000 I, montaje compacto: 1,14 g RMS	18 ... 1000 Hz aleatoria en dirección X, Y, Z durante 2 horas según EN 60068-2-36 Sensor: 3,17 g RMS Sensor con transmisor MAG 5000/6000, montaje compacto: 3,17 g RMS Sensor con transmisor MAG 6000 I, montaje compacto: 1,14 g RMS
<b>Condiciones del fluido</b>		
Temperatura del fluido		
• NBR	-10 ... +70 °C (14 ... 158 °F)	-
• EPDM	-10 ... +70 °C (14 ... 158 °F)	-
• EPDM (MI-001)	0,1 ... 30 °C (32 ... 76 °F)	-
• Ebonita	-	-10 ... +70 °C (14 ... 158 °F)
CEM	2014/30/UE	2014/30/UE

## PVN1M1I3SXFV100TXPX10

**Weidmüller Interface GmbH & Co. KG**  
 Klingenbergstraße 26  
 D-32758 Detmold  
 Germany

www.weidmueller.com



PV Next: PV-Next, toma de enchufe de generador PV para la combinación de 1-6 cadenas (lado de entrada y salida) y la conexión al inversor. Diseño innovador inteligente individualizado para cada aplicación de cliente. Protección de sobretensión avanzada, fusibles opcionales e interruptores seccionadores que optimizan el funcionamiento y la seguridad del sistema. Además, todas las tomas de enchufe de generador PV cumplen con los requisitos de la norma IEC/EN 61439-2, lo que garantiza la máxima fiabilidad de todos los componentes.

### Datos generales para pedido

Versión	Fotovoltaico, Combinador, 1000 V, 1 MPPT, 3 entradas/3 salidas por MPPT, Protección contra sobretensiones I/II, Prensaestopas
Código	<a href="#">2683110000</a>
Tipo	PVN1M1I3SXFV100TXPX10
GTIN (EAN)	4050118699722
Cantidad	1 Pieza
Piezas de repuesto	<a href="#">2530600000</a> <a href="#">2534300000</a>

Fecha de creación 26 de agosto de 2021 19:57:05 CEST

## PVN1M1I3SXFV100TPX10

**Weidmüller Interface GmbH & Co. KG**

Klingenbergstraße 26

D-32758 Detmold

Germany

www.weidmueller.com

## Datos técnicos

### Dimensiones y pesos

Profundidad	175 mm	Profundidad (pulgadas)	6,89 inch
Altura	330 mm	Altura (pulgadas)	12,992 inch
Anchura	186 mm	Anchura (pulgadas)	7,323 inch
Peso neto	3.816 g		

### Temperaturas

Temperatura ambiente	-25 °C...+50 °C
----------------------	-----------------

### Conformidad medioambiental del producto

REACH SVHC	Lead 7439-92-1
------------	----------------

### Caja

Cadena de tipo de conexión	Terminal interno (con prensaestopas pasante)	Ejecución de interruptor separador	sin interruptor
Fijación de caja	Mediante los cuatro orificios situados debajo de los tornillos de la tapa	Materiales aislantes	Polyester glass-fibre reinforced, Polycarbonate
Tapa	con tapa, extraíble	Tipo de montaje	Montaje en pared

### Características eléctricas

Corriente continua nominal por conexión	Corriente nominal	10 A	
	Temperatura ambiente	-25 °C...+50 °C	
	Cortocircuito en salida principal	Factor	1.25 * I <sub>nc</sub>
		Duración	10 h
Tensión nominal DC	1.000 V DC		

### Datos generales

Lugar de instalación	Área exterior protegida (>1 km del mar)	Normas	IEC 61439-2 ed 2.0, EN 61439-2:2011
Tipo de protección	IP65		

### Entradas

Cantidad de seguimiento de puntos de alimentación máxima 1 MPPT

Conector de tierra funcional	Entrada de cable	Número de entradas de cable	1
		Diámetros de cable, min.	5 mm
		Diámetros de cable, max.	10 mm
		Prensaestopas	M 16
	Conexión de conductor	Tipo de conexión	Conexión brida-tornillo
		Flexible, máx. H05(07) V-K	25 mm <sup>2</sup>
		con terminal tubular, DIN 46228 pt 1, máx.	16 mm <sup>2</sup>

Fecha de creación 26 de agosto de 2021 19:57:05 CEST

## Normativa aplicable

- **UNE-ISO 16422:2015** (España) "Tubos y Uniones de poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión".
- **NF T54-948:2010** (Francia) "Tubes en poly(chlorure de vinyle) orienté biaxial (PVC-BO) et leurs assemblages".
- **SANS 16422:2007** (Sudáfrica) "Pipes and joints made of oriented unplasticized pol(vinyl) chloride (PVC-O) for the conveyance of water under pressure".
- **NOM-001-CONAGUA-2011** (México) "Sistema de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario – Hermeticidad – Especificaciones y métodos de prueba", norma de referencia ISO 16422.



## Gama y dimensiones

Tubería		TOM®								
Clase de Material		PVC-O 500								
Presión Nominal (bar)		PN12,5		PN16		PN20		PN25		
Diámetro Nominal (DN)	Diámetro Exterior (DE)		Diámetro Interior (DI)	Espesor Nominal (e)						
	min.	max.								
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
90	90,0	90,3	-	-	84,0	2,0	84,0	2,5	82,2	3,1
110	110,0	110,4	104,4	2,2	104,0	2,4	103,2	3,1	101,4	3,8
125	125,0	125,4	118,8	2,5	117,8	2,8	117,0	3,5	115,2	4,3
140	140,0	140,5	133,0	2,8	132,4	3,1	131,2	3,9	129,2	4,8
160	160,0	160,5	152,0	3,2	151,4	3,5	150,0	4,4	147,6	5,5
200	200,0	200,6	190,0	4,0	189,2	4,4	187,4	5,5	184,4	6,9
225	225,0	225,7	213,6	4,5	212,8	5,0	210,8	6,2	207,4	7,7
250	250,0	250,8	237,4	5,0	236,4	5,5	234,2	6,9	230,6	8,6
315	315,0	316,0	299,2	6,3	298,0	6,9	295,2	8,7	290,6	10,8
355	355,0	356,1	337,4	7,1	336,0	7,8	332,4	9,8	327,2	12,2
400	400,0	401,2	379,8	8,0	378,4	8,8	374,8	11,0	369,0	13,7
450	450,0	451,4	427,6	8,9	426,0	9,9	421,4	12,4	415,0	15,4
500	500,0	501,5	474,6	9,9	472,8	11,0	468,6	13,7	461,2	17,1
630	630,0	631,9	597,8	12,6	595,8	13,8	590,4	17,3	581,0	21,6
710	710,0	712,0	674,8	14,2	671,4	15,4	665,6	19,2	654,6	24,4
800	800,0	802,0	760,4	16,3	757,8	17,4	750,4	21,6	-	-

Las tuberías de PVC-O TOM® se suministran en longitudes totales (incluyendo la longitud marcado tope) de 5,95 metros. Para otros diámetros y presiones nominales, consultar. Los diámetros interiores pueden estar sujetos a variación según tolerancias de fabricación.

Disponible en color azul (abastecimiento), morado (reutilización) y blanco (resistente a los rayos UV). Otros colores, consultar.

## Embalaje

DN	Tubos/ Palet	Palet/ Camión	Tubos/ Camión	Metros <sup>(1)</sup> / Camión	Anchura Palet	Altura Palet	Longitud Palet	Kg/Palet			
								PN12,5	PN16	PN20	PN25
mm	tubos	palet	tubos	m	mm	mm	mm	kg	kg	kg	kg
90	81	16	1296	7711	1220	670	6110	-	590	590	750
110	76	12	912	5426	1220	850	6130	715	775	775	940
125	60	12	720	4284	1220	850	6135	630	725	790	960
140	45	12	540	3213	1220	850	6140	590	690	745	905
160	33	12	396	2356	1220	800	6150	570	650	715	870
200	24	12	288	1714	1220	870	6185	630	695	800	970
225	14	16	224	1333	1220	700	6190	480	525	605	730
250	11	12	132	785	1100	800	6215	465	510	585	705
315	13	8	104	619	2200	700	6260	860	950	1090	1320
355	11	6	66	393	2200	800	6295	925	1020	1165	1410
400	11	6	66	393	2400	850	6325	1165	1285	1475	1785
450	5	10	50	298	2200	550	6330	685	755	860	1060
500	4	8	32	190	1950	600	6335	675	740	850	1025
630	3	6	18	107	1950	730	6410	795	875	1005	1220
710	3	6	18	107	2200	810	6425	1005	1105	1270	1535
800	3	6	18	107	2200	900	6425	1270	1400	1605	-

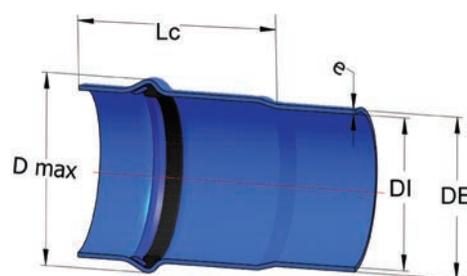
(1) Metros nominales (5,95 metros por tubo). Para obtener los metros efectivos se debe restar la longitud marcado tope. Otros embalajes o longitudes, consultar.

## TUBERÍA DE PVC ORIENTADO (PVC-O) • • •

### Sistema de unión y junta de estanqueidad

El sistema de unión se realiza mediante la introducción del macho del tubo en la embocadura de otro en el que se encuentra una junta elástica. La junta de estanqueidad está compuesta por un anillo de polipropileno y un labio de caucho sintético que hacen que forme parte integral del tubo, impidiendo que se desplace de su alojamiento o que sea arrollada en el montaje.

Diámetro Nominal (DN)	Longitud Copa (Lc)	Diámetro máximo Copa (D max)	Longitud marcado tope (1)			
			PN12,5	PN16	PN20	PN25
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
90	160	117	132	131	131	127
110	180	140	146	145	145	141
125	185	154	160	160	158	154
140	190	174	149	149	146	141
160	200	197	169	166	163	158
200	235	243	195	192	188	181
225	240	271	197	194	190	182
250	265	301	221	217	212	204
315	310	374	260	256	250	239
355	345	419	281	277	270	258
400	375	472	317	312	304	291
450	380	527	319	313	303	288
500	385	587	330	324	312	295
630	460	734	384	376	360	340
710	475	815	392	383	369	342
800	475	925	385	375	359	329



(1) Las tuberías TOM® llevan incorporado en un extremo liso una marca de tope de enchufe para asegurar la estanqueidad del conjunto copa- cabo.

### Conformidad sanitaria y para uso con agua potable

- Ensayos de conformidad con el **Real Decreto 140/2003**: “Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano” - España.
- Certificación **ACS** de la tubería (Attestation de Conformité Sanitaire) conforme a la legislación del ministerio de sanidad francés - Francia.
- Certificado **WRAS** (Water Regulations Advisory Scheme) y **DWI** (Drinking Water Inspectorate) según legislación en Reino Unido.
- Certificación **HYDROCHECK** conforme a los requerimientos belgas emitido por Belgaqua (Federation Belge du Secteur de l'eau).

### Marcado de la tubería

Todas las tuberías están marcadas para garantizar la trazabilidad:

	Marca N	Marca NF
Empresa fabricante y Marca comercial	MOLECOR TOM	MOLECOR TOM
Certificación de producto <sup>(1)</sup>	AENOR  001/006537	72/01
Material y Clase	PVC - O 500	PVC - BO
Diámetro, espesor y presión nominal	200 x 4,4 - PN 16	200 PN 16 BARS
Coefficiente de servicio C	C 1,4	-
Fecha - Hora - Lote	14/7/18 13:07 35065	14/07/18 13:07 35065
Norma de referencia	UNE-ISO 16422 SANS 16422	NF -T54-948



(1) En las referencias que se encuentren certificadas. Los certificados actualizados se pueden descargar en [www.molecor.com](http://www.molecor.com)

## D. Anexo: Estudio económico, cálculos

## HORAS DE TRABAJO DE LA BOMBA ACTUAL Y PRECIO DEL CONSUMO

### HORAS DE TRABAJO SEMANALES

de la bomba clasificadas por meses.

MES	Número TOTAL de horas semanales
Enero	24
Febrero	48
Marzo	56
Abril	75
Mayo	90
Junio	115
Julio	123
Agosto	123
Septiembre	90
Octubre	56
Noviembre	24
Diciembre	12

HORAS DE TRABAJO SEMANALES de la bomba clasificadas por meses y horario según el precio del **TÉRMINO DE ENERGÍA (€/kWh)**.

FIN DE SEMANA (48 h)	ENTRE SEMANA (120 h)			
	Horas VALLE 24 h	Horas VALLE de 0 a 8	Horas LLANO de 8 a 10, de 14 a 18, de 18 a 22	Horas PUNTA de 10 a 14, de 22 a 00
24				
48				
48	8			
48	27			
48	40	2		
48	40	27		
48	40	35		
48	40	35		
48	40	2		
48	8			
24				
12				

HORAS DE TRABAJO SEMANALES de la bomba clasificadas por meses y horario según el precio del **TÉRMINO DE POTENCIA (kW)**.

FIN DE SEMANA (48 h)	ENTRE SEMANA (120 h)		
	Horas VALLE de 0 a 23:59	Horas VALLE de 0 a 8	Horas PUNTA de 8 a 0
24			
48			
48	8		
48	27		
48	40	2	
48	40	27	
48	40	35	
48	40	35	
48	40	2	
48	8		
24			
12			

**PRECIOS kWh MENSUALES** del grupo motobomba clasificados por horario según el precio del **TÉRMINO DE ENERGÍA** (kWh).

**PRECIOS KW DÍA MENSUALES** del grupo motobomba clasificados por horario según el precio del **TÉRMINO DE POTENCIA** (kW).

MES	CONSUMO MEDIO BOMBA (kW)	VALLE (€/kWh)	LLANO (€/kWh)	PUNTA (€/kWh)	VALLE (€/kW día)	PUNTA (€/kW día)	TÉRMINO P+ TÉRMINO E	Impuesto electricidad	TP + TE + Impuesto	TP + TE + Impuesto+IVA 21%
	<b>57,93</b>	<b>0,1033</b>	<b>0,145</b>	<b>0,2421</b>	<b>0,0701</b>	<b>0,1156</b>		<b>5,11269632%</b>		
Enero	57,93	635,95	0,00	0,00	141,25	0,00	777,20	39,74	816,94	988,49
Febrero	57,93	1.148,96	0,00	0,00	127,58	0,00	1.276,54	65,27	1.341,81	1.623,59
Marzo	57,93	1.483,88	0,00	0,00	141,25	0,00	1.625,13	83,09	1.708,22	2.066,95
Abril	57,93	1.923,16	0,00	0,00	136,70	0,00	2.059,86	105,31	2.165,17	2.619,86
Mayo	57,93	2.331,82	74,39	0,00	141,25	232,93	2.780,39	142,15	2.922,54	3.536,28
Junio	57,93	2.256,51	1.004,25	0,00	136,70	225,42	3.622,88	185,23	3.808,10	4.607,81
Julio	57,93	2.331,82	1.301,81	0,00	141,25	232,93	4.007,81	204,91	4.212,72	5.097,39
Agosto	57,93	2.331,82	1.301,81	0,00	141,25	232,93	4.007,81	204,91	4.212,72	5.097,39
Septiembre	57,93	2.256,51	74,39	0,00	136,70	225,42	2.693,01	137,69	2.830,70	3.425,15
Octubre	57,93	1.483,88	0,00	0,00	141,25	0,00	1.625,13	83,09	1.708,22	2.066,95
Noviembre	57,93	615,41	0,00	0,00	136,70	0,00	752,11	38,45	790,56	956,58
Diciembre	57,93	317,97	0,00	0,00	141,25	0,00	459,23	23,48	482,71	584,07
									<b>TOTAL</b>	<b>32.670,49</b>

(Precio medio 2021 del kWh en mes de septiembre)

Precio anual de la luz

## CÁLCULO DEL VAN Y EL TIR

AÑOS	COSTES						BENEFICIOS		COSTES TOTALES	BENEFICIOS TOTALES	NETO
	INVERSIÓN INICIAL	ALQUILER TERRENO (0,5 ha)	SEGURO PLANTA FV	MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA	REPOSICIÓN DE COMPONENTES	LUZ	AHORRO EN LA LUZ	SUBVENCIÓN			
0	396.400,41								396.400,41		-396.400,41
1		750,00	1.200,00	922,00		80,00	32.670,49	26.426,69	2.952,00	59.097,18	56.145,18
2		763,20	1.221,12	938,23		81,41	33.245,49	26.426,69	3.003,96	59.672,18	56.668,23
3		776,63	1.242,61	954,74		82,84	33.830,61	26.426,69	3.056,82	60.257,31	57.200,48
4		790,30	1.264,48	971,54		84,30	34.426,03		3.110,62	34.426,03	31.315,41
5		804,21	1.286,74	988,64	350,00	85,78	35.031,93		3.515,37	35.031,93	31.516,56
6		818,36	1.309,38	1.006,04	350,00	87,29	35.648,49		3.571,08	35.648,49	32.077,41
7		832,77	1.332,43	1.023,75	350,00	88,83	36.275,90		3.627,77	36.275,90	32.648,13
8		847,42	1.355,88	1.041,77	350,00	90,39	36.914,36		3.685,46	36.914,36	33.228,90
9		862,34	1.379,74	1.060,10	350,00	91,98	37.564,05		3.744,17	37.564,05	33.819,89
10		877,52	1.404,03	1.078,76	780,00	93,60	38.225,18		4.233,90	38.225,18	33.991,28
11		892,96	1.428,74	1.097,75	780,00	95,25	38.897,94		4.294,69	38.897,94	34.603,25
12		908,68	1.453,88	1.117,07	780,00	96,93	39.582,55		4.356,55	39.582,55	35.226,00
13		924,67	1.479,47	1.136,73	780,00	98,63	40.279,20		4.419,50	40.279,20	35.859,70
14		940,94	1.505,51	1.156,73	780,00	100,37	40.988,11		4.483,55	40.988,11	36.504,56
15		957,50	1.532,01	1.177,09	780,00	102,13	41.709,50		4.548,74	41.709,50	37.160,77
16		974,36	1.558,97	1.197,81	780,00	103,93	42.443,59		4.615,07	42.443,59	37.828,53
17		991,50	1.586,41	1.218,89	780,00	105,76	43.190,60		4.682,56	43.190,60	38.508,04
18		1.008,96	1.614,33	1.240,34	780,00	107,62	43.950,75		4.751,25	43.950,75	39.199,50
19		1.026,71	1.642,74	1.262,17	780,00	109,52	44.724,29		4.821,14	44.724,29	39.903,14
20		1.044,78	1.671,65	1.284,39	780,00	111,44	45.511,43		4.892,27	45.511,43	40.619,17

Tasa de  
actualización:  
5,00%

(Tasa de inflación: 1,76%)

97.333,32 €	7,97%
VAN	TIR

## CÁLCULO DEL PAYBACK

AÑOS	NETOS	PAYABACK
0	-396.400,41	-396.400,41
1	56.145,18	-340.255,23
2	56.668,23	-283.587,00
3	57.200,48	-226.386,52
4	31.315,41	-195.071,11
5	31.516,56	-163.554,55
6	32.077,41	-131.477,15
7	32.648,13	-98.829,02
8	33.228,90	-65.600,12
9	33.819,89	-31.780,23
10	33.991,28	2.211,04
11	34.603,25	36.814,29
12	35.226,00	72.040,29
13	35.859,70	107.899,99
14	36.504,56	144.404,55
15	37.160,77	181.565,31
16	37.828,53	219.393,84
17	38.508,04	257.901,88
18	39.199,50	297.101,38
19	39.903,14	337.004,52
20	40.619,17	377.623,69

## PRECIO DEL CONSUMO DE LA SUSTITUCIÓN DEL GRUPO MOTOBOMBA

**PRECIOS KWh MENSUALES** del grupo motobomba clasificados por horario según el precio del **TÉRMINO DE ENERGÍA (kWh)**.

**PRECIOS KW DÍA MENSUALES** del grupo motobomba clasificados por horario según el precio del **TÉRMINO DE POTENCIA (kW)**.

MES	CONSUMO MEDIO BOMBA (kW)	VALLE (€/kWh)	LLANO (€/kWh)	PUNTA (€/kWh)	VALLE (€/kW día)	PUNTA (€/kW día)	TÉRMINO P+ TÉRMINO E	Impuesto electricidad	TP + TE + Impuesto	TP + TE + Impuesto+IVA 21%
	45	0,1033	0,145	0,2421	0,0701	0,1156		5,11269632%		
Enero	45,00	494,01	0,00	0,00	108,66	0,00	602,66	30,81	633,47	766,50
Febrero	45,00	892,51	0,00	0,00	98,14	0,00	990,65	50,65	1.041,30	1.259,97
Marzo	45,00	1.152,68	0,00	0,00	108,66	0,00	1.261,33	64,49	1.325,82	1.604,25
Abril	45,00	1.493,91	0,00	0,00	105,15	0,00	1.599,06	81,76	1.680,82	2.033,79
Mayo	45,00	1.811,35	57,79	0,00	108,66	232,93	2.210,73	113,03	2.323,76	2.811,74
Junio	45,00	1.752,86	780,10	0,00	105,15	225,42	2.863,53	146,40	3.009,93	3.642,02
Julio	45,00	1.811,35	1.011,24	0,00	108,66	232,93	3.164,19	161,78	3.325,96	4.024,41
Agosto	45,00	1.811,35	1.011,24	0,00	108,66	232,93	3.164,19	161,78	3.325,96	4.024,41
Septiembre	45,00	1.752,86	57,79	0,00	105,15	225,42	2.141,21	109,47	2.250,69	2.723,33
Octubre	45,00	1.152,68	0,00	0,00	108,66	0,00	1.261,33	64,49	1.325,82	1.604,25
Noviembre	45,00	478,05	0,00	0,00	105,15	0,00	583,20	29,82	613,02	741,75
Diciembre	45,00	247,00	0,00	0,00	108,66	0,00	355,66	18,18	373,84	452,35
									<b>TOTAL</b>	<b>25.688,78</b>

Precio anual de la luz

## CÁLCULO DEL VAN Y EL TIR

	COSTES	BENEFICIOS	
AÑOS	INVERSIÓN INICIAL	E GRUPO MB ACTUAL - NUEVO	NETO actualizado
0	-8.502,72		-8.502,72
1		6.981,71	6.981,71
2		7.104,59	7.104,59
3		7.229,63	7.229,63
4		7.356,87	7.356,87
5		7.486,35	7.486,35
(Tasa de inflación: 1,76%)			22.754,09
			79,00%
			VAN
			TIR

Tasa de actualización:  
5,00%

## CÁLCULO DEL PAYBACK

AÑOS	NETOS	PAYABACK
0	-8.502,72	-8.502,72
1	6.981,71	-1.521,01
2	7.104,59	5.583,58
3	7.229,63	12.813,21
4	7.356,87	20.170,08
5	7.486,35	27.656,43

## Referencias

- [1] "Jrc photovoltaic geographical information system (pvgis)." <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>.
- [2] Centro Nacional de Información Geográfica, Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, "Superficie de regadío." [https://www.ign.es/espmap/mapas\\_rural\\_bach/Rural\\_Mapas\\_06.htm](https://www.ign.es/espmap/mapas_rural_bach/Rural_Mapas_06.htm), 2021.
- [3] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, "Protocolo de kioto." <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contr-el-cambio-climatico/naciones-unidas/protocolo-kioto.aspx>, 2014.
- [4] I. para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), "Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-20 (2º plan de acción nacional de eficiencia energética de españa 2011-2020)," tech. rep., IDAE, Madrid, 2011.
- [5] Centro de Estudios de la Energía Solar (Censolar), "Legislación fotovoltaica en españa (2021)." <https://www.censolar.org/legislacion-fotovoltaica-2021/>, 2021.
- [6] M. de Ciencia y Tecnología, "Reglamento electrotécnico para baja tensión," Tech. Rep. RD 842/2002; BOE-A-2002-18099, Gobierno de España, Madrid, 2002.
- [7] I. para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), "Pliego de condiciones técnicas de instalaciones aisladas de red," Tech. Rep. PCT-A-REV, Madrid, 2019.
- [8] "Comunidad de regantes de vall de Uxó." <http://www.cgrvalldeuxo.org/>, 2014.
- [9] Chauvin Arnoux, *Analizador de red eléctrica trifásico. C.A 8332B/4B*. Chauvin Arnoux Group, Paris, France, 2010.
- [10] Watt, Stephen Buce, *Dispositivo de bombeo alimentado por energía solar*. Patente, 2005.
- [11] V. V. López, "Bombeo solar (siv007-tecnología fotovoltaica)." UJI, Castellón, 2017.
- [12] BOMBAS IDEAL, S.A., *Bombas verticales. Datos Técnicos*. Massalfassar, España.
- [13] "Siemens - products and services- drive technology - motors." <https://new.siemens.com/global/en/products/drives/electric-motors.html>.
- [14] SMA Solar Technology AG, *Coeficiente de rendimiento: factor de calidad de la instalación fotovoltaica (información técnica)*, 2016.
- [15] Atersa-Grupo Elecnor, "Placas solares - atersa." [https://atersa.shop/paneles-solares-fotovoltaicos/?gclid=EAIAIQobChMImpSR3tbW8QIVsQIGABOYNAiNEAAYASAAEgIkHfD\\_BwE](https://atersa.shop/paneles-solares-fotovoltaicos/?gclid=EAIAIQobChMImpSR3tbW8QIVsQIGABOYNAiNEAAYASAAEgIkHfD_BwE), 2021.
- [16] Power Electronics, "Variadores de velocidad. serie sd700." [https://www.power-electronics.com/wp-content/uploads/Descargas/Spanish/Catalogos/Industrial/Catalogo\\_SD700\\_SERIES.pdf](https://www.power-electronics.com/wp-content/uploads/Descargas/Spanish/Catalogos/Industrial/Catalogo_SD700_SERIES.pdf).
- [17] Solarstem, "Soportes para placas solares y captadores térmicos." <https://solarstem.com/sistemas-de-montaje/soportes-para-paneles-solares/>.

- [18] HILTI, “Taco químico.” <https://www.hilti.es/content/hilti/E2/ES/es/productos/productos/herramientas-electricas-profesionales/sistemas-fijacion/resina-anclaje-quimico.html#id-anclajes-qui-micos-para-hormigo-n-childsection>.
- [19] Remote Control Technologies, “Medium range wireless control switch system.” <https://remotecontroltech.com/stationary-legacy-systems-27mhz/medium-range-wireless-remote-control-systems/>.
- [20] Roth, “Roth spain.” <https://www.roth-spain.com/es/default.htm>.
- [21] Ganger, “Válvula antirretorno keckley.” <https://www.grainger.com/product/KECKLEY-Check-Valve-45AL86>.
- [22] Honeywell, “Válvula mariposa motorizada dn250.” [https://partners.trendcontrols.com/trendproducts/cd/es/ecatdata/pg\\_gr-v5422.html](https://partners.trendcontrols.com/trendproducts/cd/es/ecatdata/pg_gr-v5422.html).
- [23] Flomatic, “Válvula de alivio flomatic.” <https://www.flomatic.com/valves/automatic-control-valves/surge-arrestor/c501-cf501/>.
- [24] Fluitronic, “Caudalímetro siemens.” <https://www.fluitronic.es/tubo-caudal%C3%ADmetro-dn250-pn10-7me6520--4vb13--2aa1>.
- [25] Mundo riego, riego profesional online, “Tubo pvc,diám. 450 mm, pn16.” <https://mundoriego.es/producto/tubo-pvc-orientado-450mm-16-atmosferas/>.
- [26] Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática, “Boletín oficial del estado.” <https://www.boe.es/>.
- [27] Instituto Nacional de Estadística, “Índices de precios de materiales y nacional de la mano de obra.” <https://www.boe.es/https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=8381>.
- [28] A. Asociación Nacional de Productores de Energía Fotovoltaica, “Anuario fotovoltaico 2020.” <https://anpier.org/wp-content/uploads/2020/09/ANUARIO-ANPIER-2020.pdf>.