



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

## UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

### ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

#### Grado en Ingeniería Eléctrica

**Riego solar: Uso de balsa frente a riego directo**

**Autor:**

**Hernández González, Gustavo**

**Tutor:**

**Frechoso Escudero,**

**Fernando Antonio**

**Ingeniería Eléctrica**

**Valladolid, junio, 2025**

## Resumen

Este trabajo de fin de grado tiene como principal objetivo la comparación de una instalación solar fotovoltaica con riego solar o con riego con balsa. Para ello se realizará un estudio para generar la suficiente energía eléctrica para cubrir las necesidades de agua que provienen de un pozo, que es subida mediante unas bombas para el crecimiento de nuestro cultivo. Este estudio tendrá cálculos relacionados con las alturas necesarias y las perdidas en cada caso, también hablaremos de los elementos más importantes para la instalación y las protecciones necesarias. Para finalizar se hará un pequeño estudio económico de ambas partes.

**Palabras clave:** riego, fotovoltaico, directo, balsa, renovables.

## Abstract

The main objective of this final degree project is to compare a solar photovoltaic installation with solar irrigation or irrigation with a raft. To do this, a study will be carried out to generate enough electrical energy to cover the water needs that come from a well, which is raised by means of pumps for the growth of our crop. This study will have calculations related to the necessary heights and the losses in each case, we will also talk about the most important elements for the installation and the necessary protections. Finally, we will make a small economic study of both parts.

**Key words:** irrigation, photovoltaic, direct, pond, renewables.

## Agradecimientos

Con este proyecto pongo fin al grado en ingeniería eléctrica. Querría agradecer primero de todo a mi familia. En especial, a mis padres por haber hecho el esfuerzo de darme la oportunidad de poder estudiar esta carrera fuera de casa.

Dar las gracias a mi tutor, Fernando Antonio Frechoso Escudero el cual me ha apoyado y guiado a lo largo de este aprendizaje.

También me gustaría acordarme de todos mis amigos y compañeros de clase que han contribuido a que hoy este finalizando esta etapa tan costosa, pero a la vez tan maravillosa y a mis profesores, que me han formado y han contribuido a mi desarrollo académico.

# Índice

Resumen.....	1
Abstract .....	1
Agradecimientos.....	1
1.Introducción .....	5
1.1 Objetivos.....	5
1.2 Sistema eléctrico.....	6
1.2.1 Que es la energía eléctrica y de donde se obtiene .....	6
1.2.2 Tipos de centrales: .....	6
1.2.3 Consumo de la energía en España .....	8
1.2.4 Precio de la energía eléctrica .....	8
1.3 Energías renovables.....	9
1.3.1 Que son las energías renovables.....	9
1.3.2 Historia de las energías renovables en España .....	9
1.3.3 Regiones españolas destacadas para la industria de energías renovables .....	10
1.3.4 Ventajas de las energías renovables .....	10
1.3.5 Generación de energía en el 2024 .....	11
1.4 Energía solar fotovoltaica .....	11
1.4.1 Historia de la energía fotovoltaica en España.....	11
1.4.2 La fotovoltaica en primera línea del cambio climático.....	12
1.4.3 Rentabilidad de la fotovoltaica.....	13
1.5 El agua .....	13
1.5.1 Evolución de las precipitaciones en España .....	13
1.5.2 Precipitación en España en el 2023 .....	14
1.5.3 Capacidad de los embalses en España y en Castilla y León .....	15
1.5.4 Empleo del agua en España .....	18
1.5.5 Consumo medio en cada hogar por comunidad autónoma .....	18
1.6 Bombeo solar fotovoltaico .....	19
1.6.1 Que es el bombeo solar fotovoltaico .....	19
1.6.2 Tipos de bombeo solar .....	20
1.6.3 Componentes y funcionamiento del bombeo solar.....	24
1.6.3.1 Aislado .....	24
1.6.3.2 Conectado a red .....	28
1.7 Formas de riego .....	31

1.7.1 Riego por Aspersión.....	31
1.7.2 Riego por Microaspersión .....	31
1.7.3 Riego por goteo .....	32
1.7.4 Riego Hidropónico .....	32
1.7.5 Riego por Nebulización.....	33
1.7.6 Riego por Gravedad .....	34
1.7.7 Riego por Inundación.....	34
2. Memoria del diseño.....	35
2.1 Lugar donde se va a realizar el proyecto .....	35
2.2 Necesidades hídricas .....	37
2.3 Necesidades de potencia.....	41
2.4 Cálculo de alturas.....	42
2.4.1 Altura hidráulica con riego directo .....	42
2.4.2 Altura hidráulica con riego con embalse .....	46
2.5 Dimensionado de la instalación fotovoltaica.....	48
2.5.1 Necesidades de la instalación solar .....	48
2.5.1.1 Conceptos básicos. ....	48
2.5.1.2 Cálculo de la irradiancia.....	48
2.5.1.3 Ángulo de inclinación optimo .....	49
2.5.2 Riego directo .....	50
2.5.2.1 Energía hidráulica. ....	51
2.5.2.2 Elección del módulo y estructura.....	52
2.5.2.3 Potencia pico del generador fotovoltaico.....	53
2.5.2.4 Número de módulos. ....	55
2.5.2.5 Determinación de la bomba y del inversor.....	55
2.5.3 Riego con embalse .....	55
2.5.3.1 Energía hidráulica. ....	55
2.5.3.2 Elección del módulo .....	56
2.5.3.3 Potencia pico del generador fotovoltaico.....	56
2.5.3.4 Número de módulos .....	57
2.5.3.5 Determinación de la bomba sumergible y del inversor .....	58
2.5.3.6 Energía hidráulica. ....	58
2.5.3.7 Elección del módulo .....	58
2.5.3.8 Potencia pico del generador fotovoltaico.....	58
2.5.3.9 Número de módulos. ....	60
2.5.3.10 Determinación de la bomba lineal y del inversor.....	60

2.6 Protecciones .....	61
2.6.1 Configuración de strings para riego directo .....	61
2.6.2 Cálculo de protecciones riego directo .....	62
2.6.2.1 Corriente continua .....	62
2.6.2.2 Corriente alterna.....	63
2.6.2.3 Puesta a tierra.....	63
2.6.3 Configuración de strings para riego con balsa.....	64
2.6.4 Cálculo de protecciones riego con balsa .....	65
2.6.4.1 Corriente continua .....	65
2.6.4.2 Corriente alterna.....	65
2.6.4.3 Puesta a tierra.....	65
2.7 Cableado .....	65
2.7.1 Cálculo del cableado para riego directo .....	66
2.7.1.1 Distancias .....	66
2.7.1.2 Corriente continua.....	66
2.7.1.3 Corriente alterna.....	67
2.7.1.4 Puesta a tierra.....	69
2.7.2 Cálculo del cableado para riego con balsa .....	69
2.7.2.1 Distancias .....	69
2.7.2.2 Corriente continua.....	70
2.7.2.3 Corriente alterna.....	71
2.7.2.4 Puesta a tierra.....	73
2.8 Presupuesto económico .....	73
2.8.1 Instalación de riego directo.....	74
2.8.2 Instalación de riego con balsa.....	75
2.8.3 Comparación de ambos métodos de riego .....	76
3. Conclusiones.....	78
4. Bibliografía y Referencias .....	79
5. Anexos.....	83

## 1. Introducción

### 1.1 Objetivos

Previo a abordar cómo he llevado a cabo este proyecto, comentaré las razones que me llevaron a elegir la carrera que he estudiado y el tema para mi trabajo de fin de grado.

Al haber crecido en un pueblo, siempre he estado en contacto con la naturaleza desde niño y si a esto le sumamos que siempre me han atraído los números, decidí estudiar Ingeniería Eléctrica. Cuando mi tutor me sugirió llevar a cabo este proyecto, lo acepté con entusiasmo porque me parecía un tema fascinante, ya que las energías renovables son el futuro por estas razones he realizado un proyecto sobre riego solar fotovoltaico.

Como mencioné previamente, he estado ligado al sector desde mi nacimiento, además, apoyo las energías renovables, libres de emisiones de gases de efecto invernadero. Consideré la opción de implementar un sistema de riego con energía fotovoltaica en las instalaciones de un amigo de mi localidad, quien, en lugar de utilizar paneles solares, opera con motores que funcionan a base de combustibles fósiles

Además, dado que esta instalación no está vinculada a la red eléctrica y es de autoconsumo, después del apagón que ocurrió en España el 28 de abril de 2025, esta instalación no habría enfrentado inconvenientes para regar el cultivo.

Este proyecto final de carrera se centra en el diseño de un sistema de riego solar fotovoltaico capaz de producir la energía eléctrica necesaria para operar las bombas requeridas para el riego, es una comparación entre riego directo y riego con almacenamiento en balsa, analizando los componentes necesarios para cada tipo de sistema y su viabilidad económica.

Previo a la ejecución de los cálculos, se han destacado las áreas que abarca este proyecto, como las energías renovables, específicamente la solar fotovoltaica que se aplicará en esta situación, además de un análisis sobre el agua y los diversos métodos que existen para el riego.

Luego hemos seleccionado un lugar para llevar a cabo esta instalación y el cultivo escogido, en este caso el maíz. Para obtener más información acerca del maíz y sus requerimientos de agua y luz solar, hemos empleado los programas Climwat y Cropwat. A continuación, hemos procedido a calcular las demandas hídricas y de potencia para llevar a cabo el dimensionamiento de la instalación. Para concluir con el aspecto eléctrico, he realizado un análisis sobre las protecciones y el cableado requeridos para mi instalación.

Finalmente, he elaborado un presupuesto y una comparación financiera de las dos modalidades de riego.

## 1.2 Sistema eléctrico

### 1.2.1 Que es la energía eléctrica y de donde se obtiene

Es la energía generada por el movimiento de electrones positivos y negativos en el interior de materiales conductores. La electricidad se crea en centrales capaces de obtener energía eléctrica a partir de energías primarias. [1]

### 1.2.2 Tipos de centrales:

#### Tipos de centrales no renovables

- **Centrales termoeléctricas de ciclo convencional (carbón, gasóleo y gas natural):** en estas centrales se quema carbón, el gas natural o el gasóleo. Al quemarse, elevan la temperatura de un depósito de agua, transformándola en vapor, que hace que se mueva una turbina. Es este movimiento, el de la turbina, el que genera electricidad por medio de un alternador que transforma energía mecánica en eléctrica.
- **Centrales termoeléctricas de ciclo combinado (carbón, gasóleo y gas natural):** funcionan de manera parecida a las de ciclo convencional. Como estas, tienen una turbina que se mueve con el vapor del agua calentada. Pero además cuentan con otra turbina diferente que se mueve con aire cogido de la atmósfera y calentado mediante combustibles fósiles.
- **Centrales nucleares:** de la misma manera que en las anteriores, el calor liberado por la fisión nuclear en un reactor calienta grandes cantidades de agua a alta presión. El vapor liberado produce electricidad al pasar por una turbina conectada a un generador.
- **Centrales de biomasa:** en este caso, el calor se genera tras quemar materia orgánica, ya sean vegetales o todo tipo de residuos. [1]

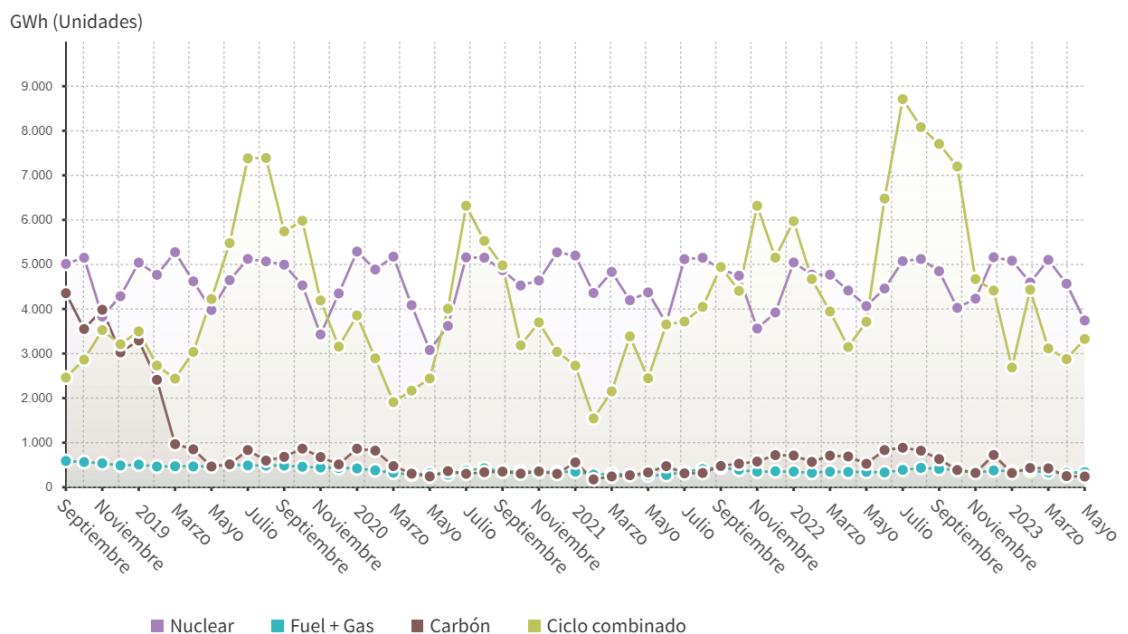


Imagen 1: Producción de energía mediante centrales no renovables [2]

## Tipos de centrales renovables

- **Centrales hidroeléctricas:** no necesitan calor, ya que este tipo de centrales son la evolución de los antiguos molinos. Lo que hacen es utilizar un salto de agua importante para mover una turbina hidráulica.
- **Parques eólicos:** de igual forma, el movimiento genera energía eléctrica, que en este caso es creada por el viento. Este mueve una turbina de la que se obtendrá la energía eléctrica.
- **Centrales solares:** hay de dos tipos. Las termosolares lo que hacen es usar el calor del sol para calentar agua y utilizar el vapor generado para mover una turbina. Las fotovoltaicas lo que hacen es transformar directamente la energía solar en electricidad, gracias a las células fotovoltaicas.
- **Centrales mareomotrices:** los movimientos de agua producidos por las subidas y bajadas de las mareas accionan una turbina que mediante un generador producirá electricidad. [3]

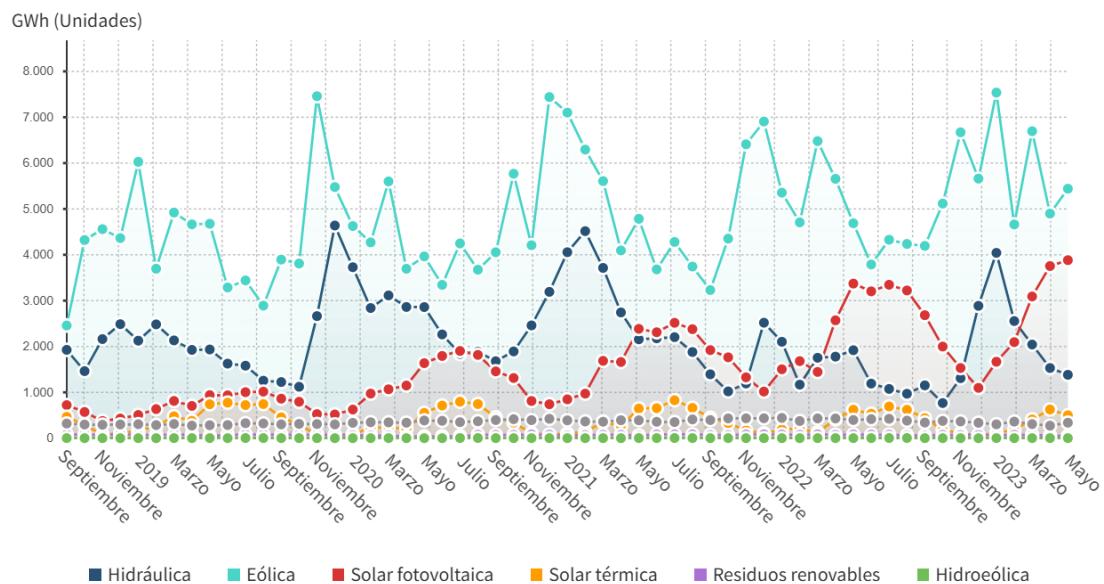


Imagen 2: Producción de energía mediante centrales renovables [2]

### 1.2.3 Consumo de la energía en España

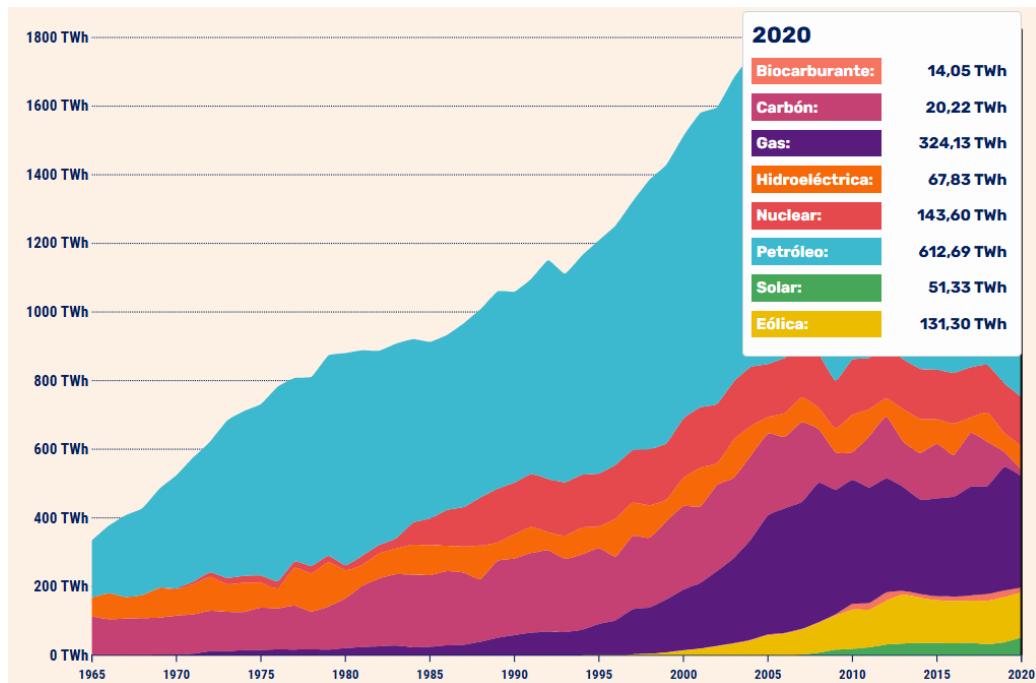
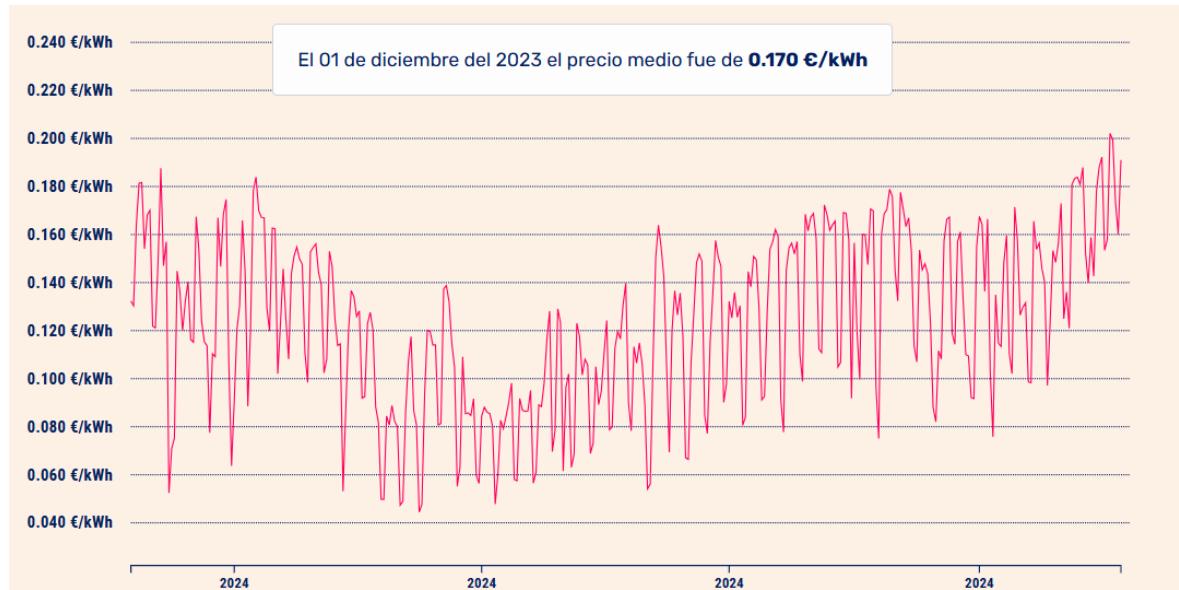


Imagen 3: Consumo de energía en España [4]

### 1.2.4 Precio de la energía eléctrica

La energía eléctrica presenta en el mercado español una cierta variabilidad en su precio. Independientemente del tipo de tarifa o comercializadora que se contrate, el precio de la energía eléctrica viene determinado de base por el precio que tiene esta en el mercado mayorista.

Hay diversos factores que pueden afectar a este precio, como pueden ser la disponibilidad de recursos renovables (viento, nivel de agua embalsada), o no renovables (precio del gas y del petróleo), y todos acaban repercutiendo en el precio final de la energía.



**Imagen 4: Precio de la energía en España 2024 [4]**

### 1.3 Energías renovables

#### 1.3.1 Que son las energías renovables

Se trata de fuentes de energía que provienen de recursos naturales inagotables, ya sea porque contienen una gran cantidad de energía, como el sol y el viento, o porque son capaces de regenerarse en poco tiempo, sin generar emisiones de gases de efecto invernadero.

#### 1.3.2 Historia de las energías renovables en España

La historia de las energías renovables en España se remonta a finales del siglo XIX, cuando se comenzó a usar la energía hidroeléctrica para generar electricidad. Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XX cuando se inició un interés más significativo por las energías renovables, motivado por la crisis energética mundial y la conciencia creciente sobre la necesidad de diversificar la matriz energética. Durante los años 80 y 90, España experimentó un crecimiento gradual en el desarrollo y uso de la energía hidroeléctrica y la energía eólica, con la construcción de numerosos parques eólicos y centrales hidroeléctricas en todo el país. Nuestra apuesta pionera por las renovables nos llevó a construir la primera instalación fotovoltaica conectada a la red en España, la planta piloto en San Agustín de Guadalix en 1984, de 100 KW.

Sin embargo, el boom del desarrollo de energías renovables se intensifica con la puesta en marcha de diversos planes de fomento de energías renovables a inicios del XXI, que buscan aumentar la capacidad instalada de las energías renovables en España y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles.

En los últimos años, España se ha propuesto alcanzar la descarbonización de su modelo energético en 2050. Para conseguir este objetivo, se han planificado incrementos de capacidad de generación renovable de al menos 3 GW al año en las próximas décadas. [3]

### **1.3.3 Regiones españolas destacadas para la industria de energías renovables**

De acuerdo con el informe publicado de Red Eléctrica sobre las energías renovables en el sistema eléctrico español, las energías renovables han logrado alcanzar en 2023 un hito histórico al representar el 50,3 % de la generación eléctrica nacional. Esto marca un incremento de 8,1 puntos porcentuales respecto al año anterior, cuando las energías renovables contribuyeron con un 42,2 % al mix energético nacional.

Sin embargo, la distribución varía significativamente entre las regiones. Tal y como reporta el estudio, la mayor parte de la potencia renovable instalada se ubica en Castilla y León, Castilla-La Mancha, Andalucía y Extremadura, que suman casi el 60% de la potencia instalada renovable del sistema eléctrico nacional.

Castilla y León lidera como la comunidad autónoma con la mayor capacidad instalada en energías renovables en España, con un total de 13.046 MW. Le sigue Castilla-La Mancha en segundo lugar, con una capacidad instalada de 12.120 MW. En tercer lugar, se encuentra Andalucía, con una capacidad instalada de 11.100 MW en energías renovables [3]

### **1.3.4 Ventajas de las energías renovables**

- No contaminantes
- Son más respetuosas con el medio ambiente, no contaminan y representan la alternativa de energía más limpia hasta el momento.
- No generan residuos a largo plazo
- Las energías renovables son muy fáciles de desmantelar y no requieren custodiar sus residuos durante millones de años, como ocurre por ejemplo con las energías nucleares.
- Prosperidad económica local
- Las energías renovables hacen que la zona en la que son instaladas sea más autónoma, ya que ayuda al desarrollo de la zona en la que son instaladas, tanto a nivel industrial como económico
- Este tipo de energías generan gran cantidad de puestos de trabajo. Obviamente, la previsión es que esta generación de empleo sea aún mayor en los próximos años, teniendo en cuenta la proyección de su demanda e implementación. [3]

### 1.3.5 Generación de energía en el 2024

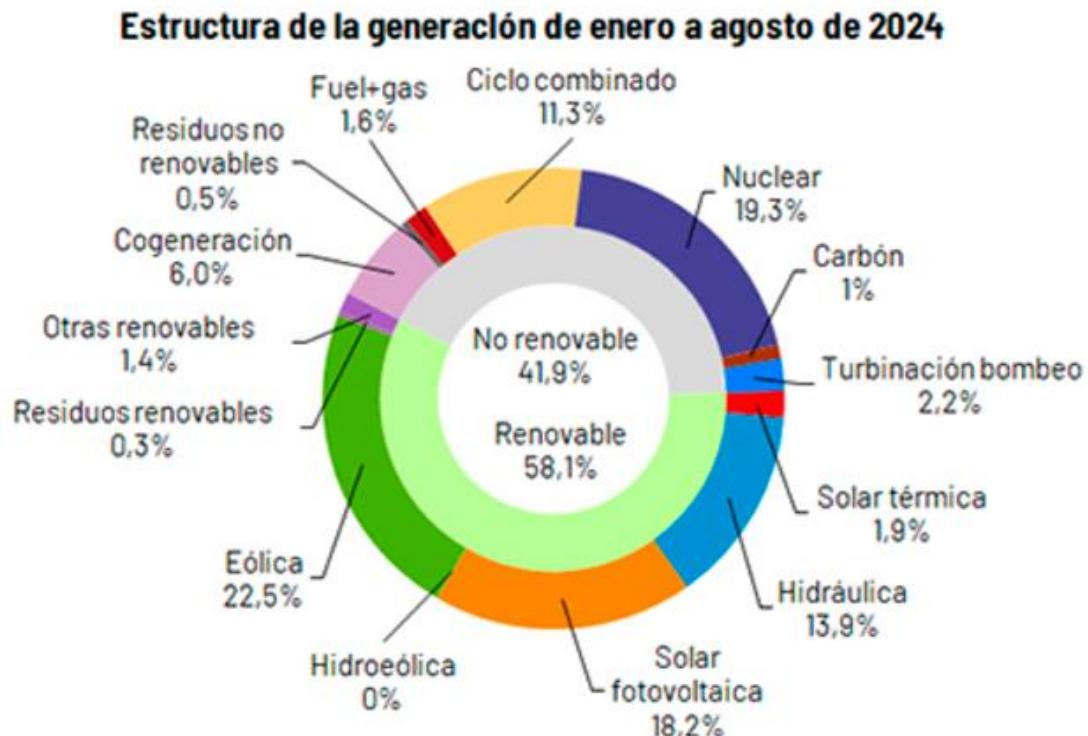


Imagen 5: Generación de energía en España 2024 [5]

## 1.4 Energía solar fotovoltaica

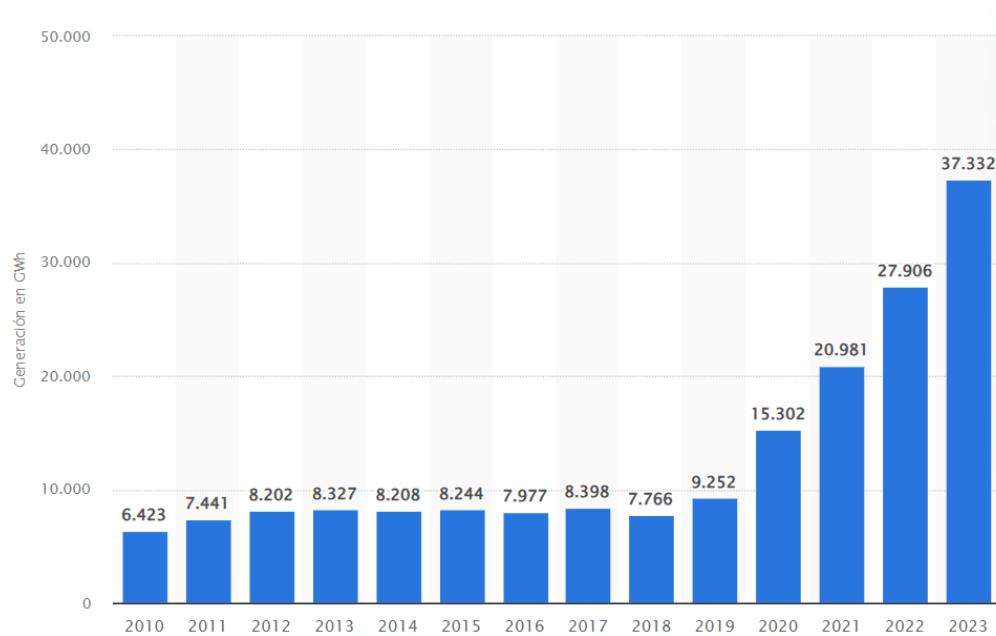
### 1.4.1 Historia de la energía fotovoltaica en España

España es uno de los países de Europa con mayor cantidad de horas de sol, a lo que se unen los compromisos europeos en instalación de energías renovables así como la conveniencia estratégica de disminuir la gran dependencia energética exterior y aumentar la autonomía energética.

Todo ello contribuyó a que España fuera inicialmente uno de los primeros países a nivel mundial en investigación, desarrollo y aprovechamiento de la energía solar.<sup>1</sup> Gracias a una legislación favorable, España fue en 2008 uno de los países con más potencia fotovoltaica instalada del mundo, con 2708 MW instalados en un solo año.

Sin embargo, regulaciones legislativas posteriores frenaron la implantación de esta tecnología. Estas modificaciones en la legislación del sector ralentizaron la construcción de nuevas plantas fotovoltaicas en años sucesivos, de tal forma que en 2009 se instalaron tan solo 19 MW, en 2010 se instalaron 420 MW y en 2011 354 MW. La potencia instalada de energía solar fotovoltaica en España alcanzaba los 4672 MW a finales de 2014 y llegó a los 7759 MW en 2018.

La potencia instalada de solar fotovoltaica alcanzó en 2023 los 25 549 MW, un 28 % más con respecto al 2022, hasta cubrir el 14 % (37 332 GWh) de la demanda de energía eléctrica en 2023, un 33,8 % más que en 2022. [6]



**Imagen 6: Generación de energía fotovoltaica en España. [7]**

#### 1.4.2 La fotovoltaica en primera línea del cambio climático

Las energías renovables y en especial la energía fotovoltaica representan para las regiones del sur de Europa una oportunidad para compensar las desigualdades económicas con respecto a las regiones del norte. La bajada de los precios de la tecnología fotovoltaica hace que cada vez sean más asequibles las instalaciones de autoconsumo doméstico e industrial, que ahora con este nuevo Real Decreto se puede hacer de forma colectiva. Los precios elevados de la electricidad que estamos teniendo desde el año 2018 tienen un efecto negativo, sobre todo para las industrias que tienen un mayor consumo eléctrico. Mediante el autoconsumo individual o colectivo estos precios se pueden reducir. Además, el autoconsumo puede traer nuevos ingresos si los excedentes se vierten a la red y esto para muchas empresas es una oportunidad.

Otro aspecto importante de la incentivación del autoconsumo está en sustituir importaciones de energía. Cada año el sector eléctrico español importa electricidad, gas, carbón, diésel y combustible nuclear. El coste anual es de decenas de miles de millones de euros que salen del país. Con cada MWh que podamos autoproducir, estaremos reduciendo la factura eléctrica de importación. En un futuro nuestra visión es que España se convierta en un exportador neto de energías renovables. Además, con cada MWh que podamos autoproducir estaremos ayudando a la descarbonificación del sistema eléctrico y a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes. [8]

### 1.4.3 Rentabilidad de la fotovoltaica

Ante esta pregunta debemos afirmar que la energía fotovoltaica en España es rentable desde hace algún tiempo. Durante el año 2018 la tecnología fotovoltaica alcanzó la paridad de red o grid parity en nuestro país. Esto significa que se llega al punto en el que la generación de energía fotovoltaica en España no necesita de incentivos o subvenciones, de forma que puede competir en el mercado con otras tecnologías de generación. Explicado esto en otras palabras, el precio de la electricidad que se produce con fotovoltaica lo hace a un precio inferior al generalista de compra en el mercado mayorista.

Debemos tener en cuenta que la energía fotovoltaica en España es una inversión de bajo riesgo en términos económicos. Gracias a ello, la financiación debería ser atractiva para el desarrollo de la energía fotovoltaica, tanto para empresas, como para particulares que apuesten por esta tecnología y se sumen al autoconsumo. Es por esto que grandes empresas, tanto las tradicionales del sector energético, como otras que ven en la fotovoltaica una buena inversión, están acudiendo a las subastas de renovables para conseguir participar en el negocio de la energía solar. [9]

## 1.5 El agua

El agua es un bien fundamental para el desarrollo de la actividad humana en cualquier lugar del planeta. No sólo para abastecer las necesidades de consumo de la población, sino para poder garantizar un correcto desarrollo económico y en especial del sector agrario.

### 1.5.1 Evolución de las precipitaciones en España

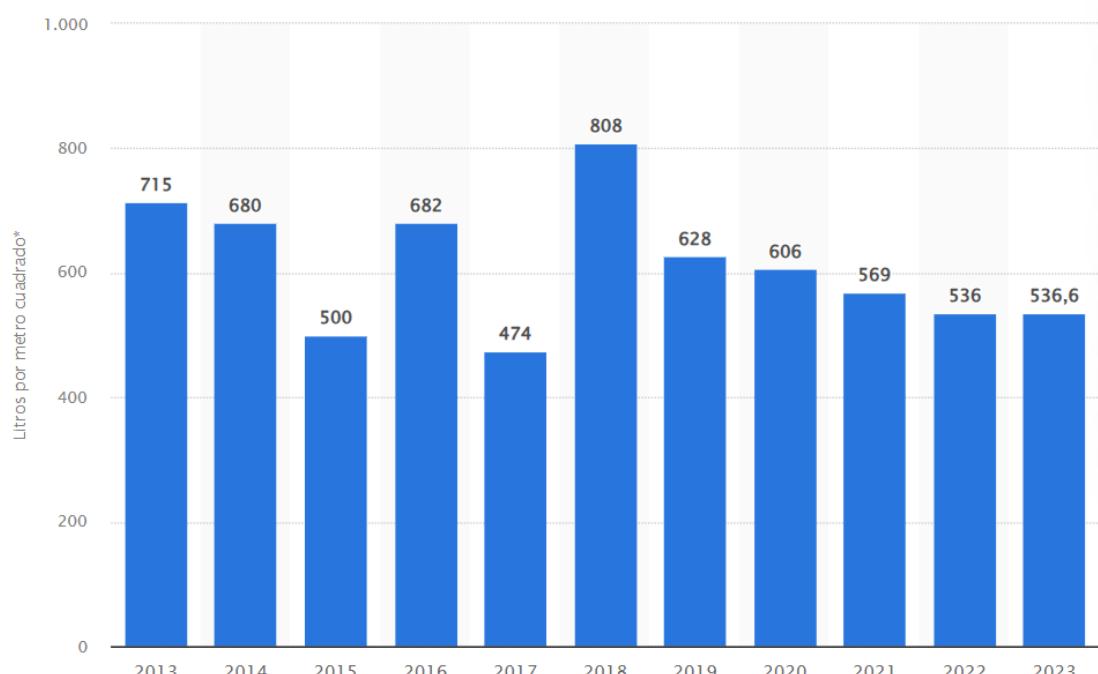
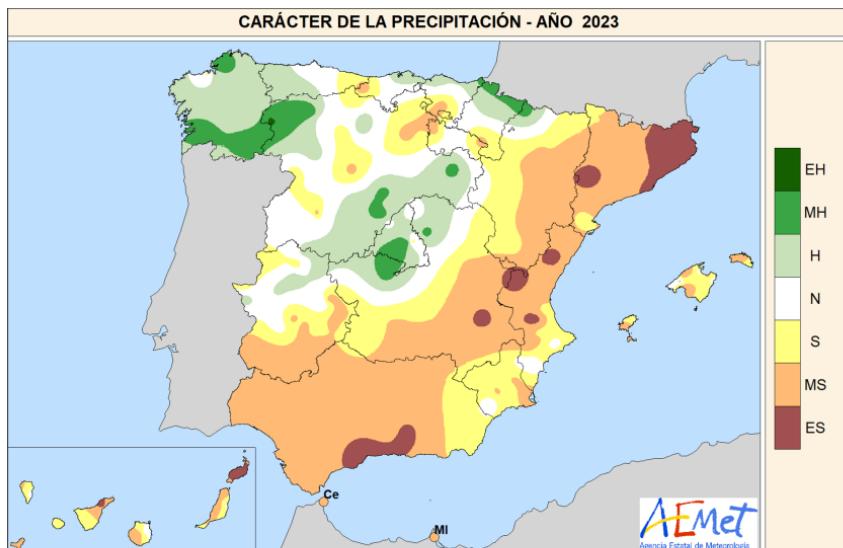


Imagen 7: Evolución de las precipitaciones en España [10]

### 1.5.2 Precipitación en España en el 2023

La precipitación acumulada en el año 2023 fue inferior al valor normal en prácticamente toda la Península y llegó a ser inferior al 75 % en la mitad sureste peninsular y ambos archipiélagos. En contraste, la precipitación acumulada llegó a superar el 100 % del valor normal en el centro peninsular, Galicia, noroeste de Castilla y León, en la cornisa cantábrica, con excepción de Asturias y en los Pirineos navarro y aragonés.



EH = Extremadamente húmedo. PR > PR<sub>max</sub>. La precipitación sobrepasa el máximo registrado en el periodo de referencia 1991-2020.  
MH = Muy húmedo: P<sub>80</sub> < PR ≤ PR<sub>max</sub>. La precipitación se encuentra en el intervalo del 20 % de los años más húmedos.  
H = Húmedo: P<sub>60</sub> < PR ≤ P<sub>80</sub>.  
N = Normal: P<sub>20</sub> < PR ≤ P<sub>80</sub>.  
S = Seco: P<sub>20</sub> < PR ≤ P<sub>0</sub>.  
MS = Muy seco: PR<sub>min</sub> ≤ PR ≤ P<sub>20</sub>. La precipitación se encuentra en el intervalo del 20 % de los años más secos.  
ES = Extremadamente seco. PR < PR<sub>min</sub>. La precipitación no alcanza el mínimo registrado en el periodo de referencia 1991-2020.

Imagen 8: Precipitaciones en España 2023 [11]

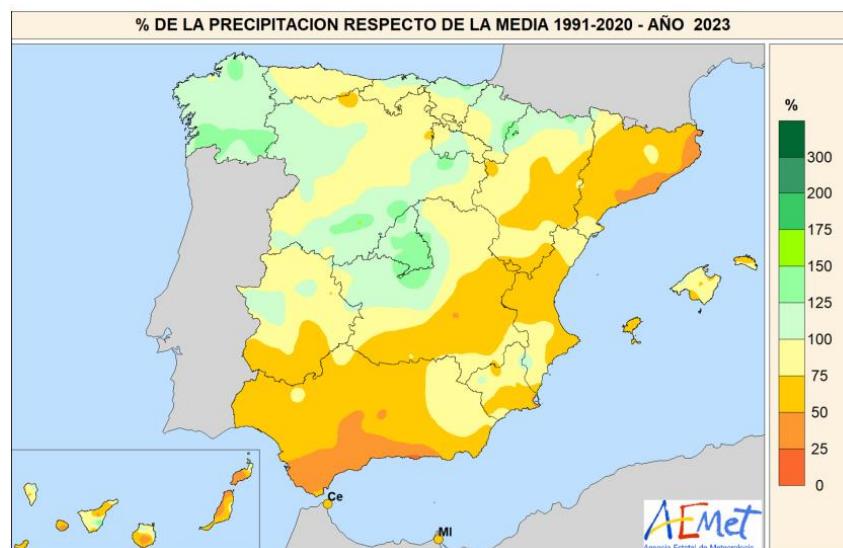


Imagen 9: Media de precipitaciones en España [11]

El año 2023 ha sido en su conjunto muy seco en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre España peninsular de 536,6 mm, valor que representa el 84 % del valor normal en el periodo de referencia 1991-2020. Se ha tratado del sexto año más seco desde el comienzo de la serie en 1961, y el cuarto del siglo XXI.

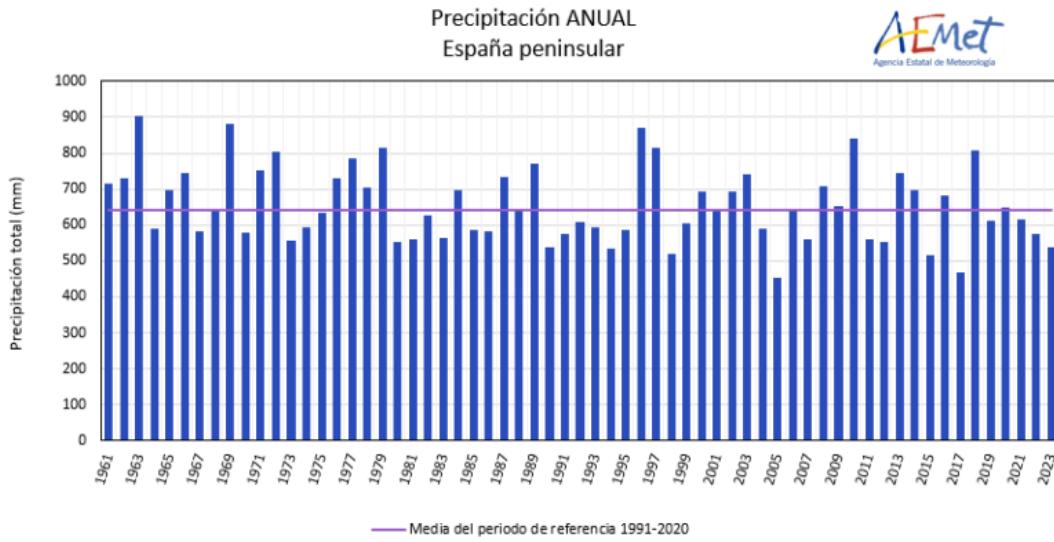


Imagen 10: Histórico de precipitaciones en España [11]

### 1.5.3 Capacidad de los embalses en España y en Castilla y León

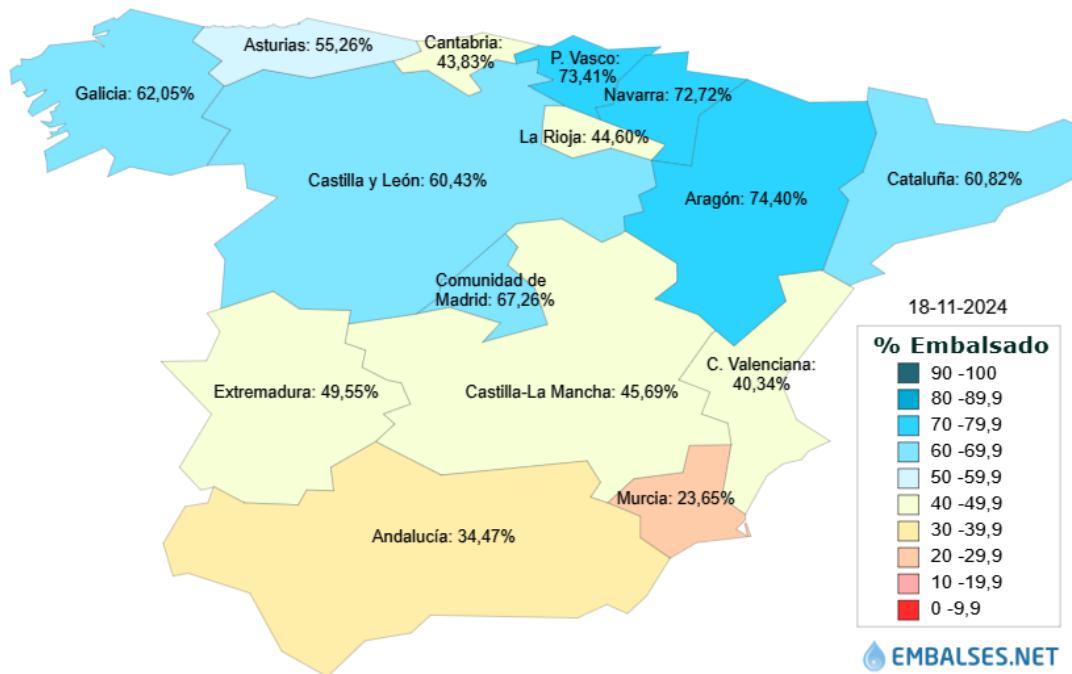


Imagen 11: Capacidad de los embalses en España 2024 [12]

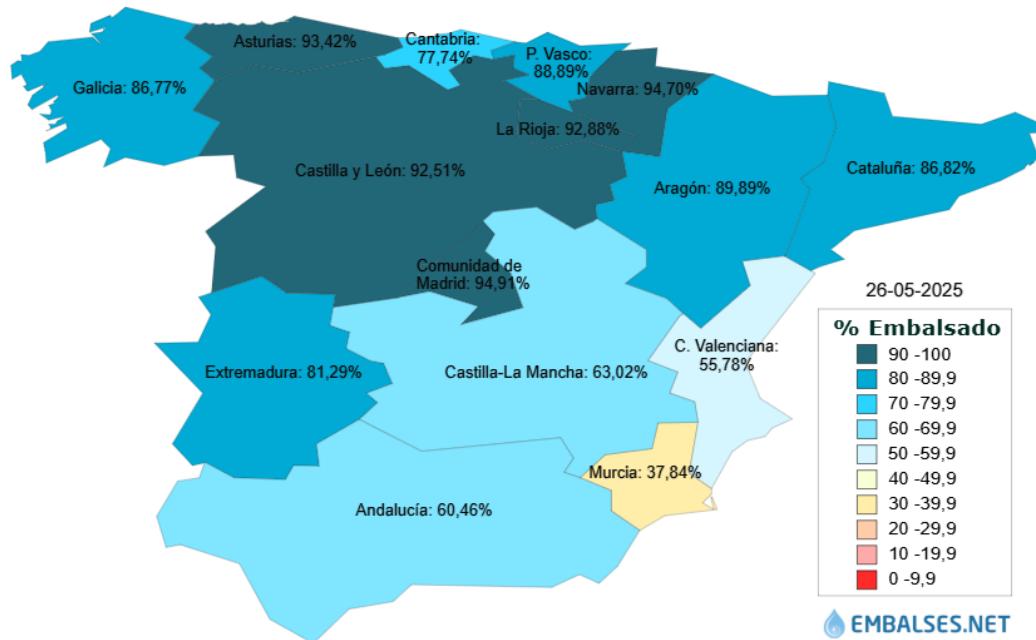


Imagen 12: Capacidad de los embalses en España 2025 [12]

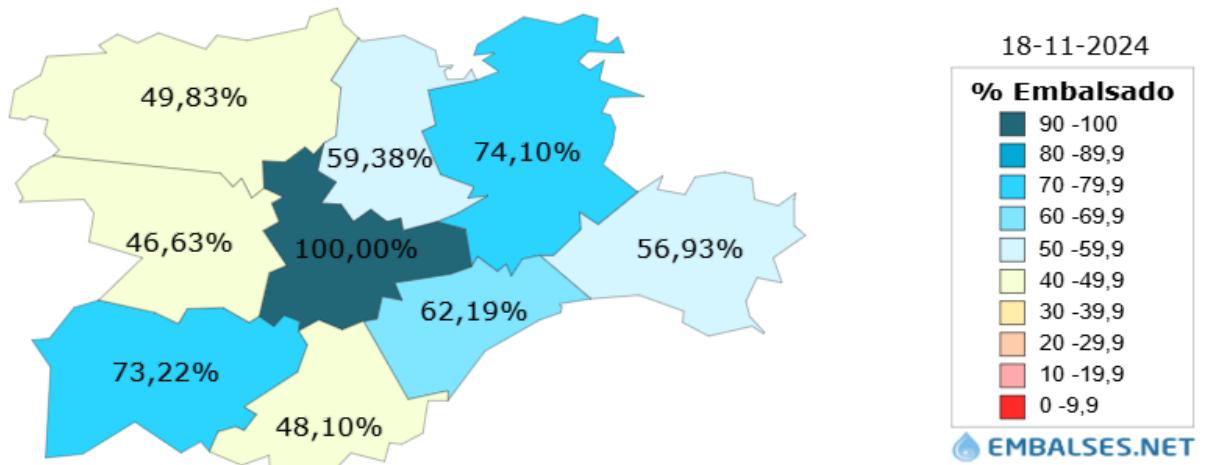


Imagen 13: Capacidad de los embalses en Castilla y León 2024 [12]

[Descargar Imagen](#)

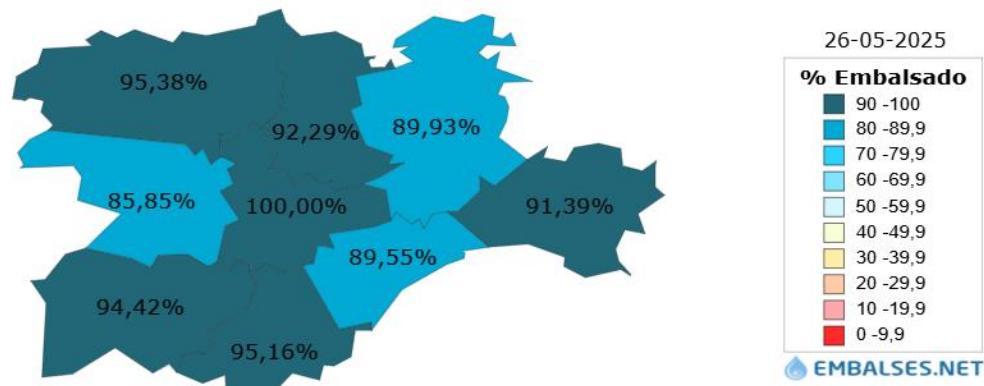


Imagen 14: Capacidad de los embalses en Castilla y León 2024 [12]

Consumimos demasiada agua y nuestra “seguridad hídrica” está en entredicho. Una tercera parte del territorio español tiene sus acuíferos en riesgo de sobreexplotación o están sobreexplotados.



Imagen 15: Probabilidad de escasez de agua [13]

#### 1.5.4 Empleo del agua en España

En España se destina casi un 70% del agua a la agricultura

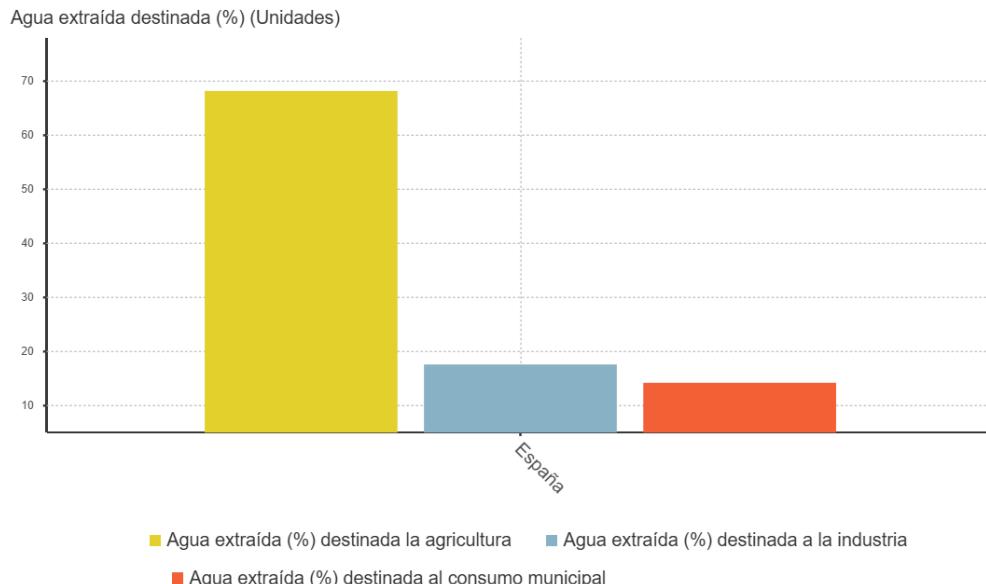


Imagen 16: Uso del agua en España [14]

El consumo medio de agua de los hogares fue de 128 litros por habitante y día durante 2022, un 3,9% menos que en 2020, según la 'Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua' del Instituto Nacional de Estadística (INE).

#### 1.5.5 Consumo medio en cada hogar por comunidad autónoma

Consumo medio de agua de los hogares por comunidad autónoma

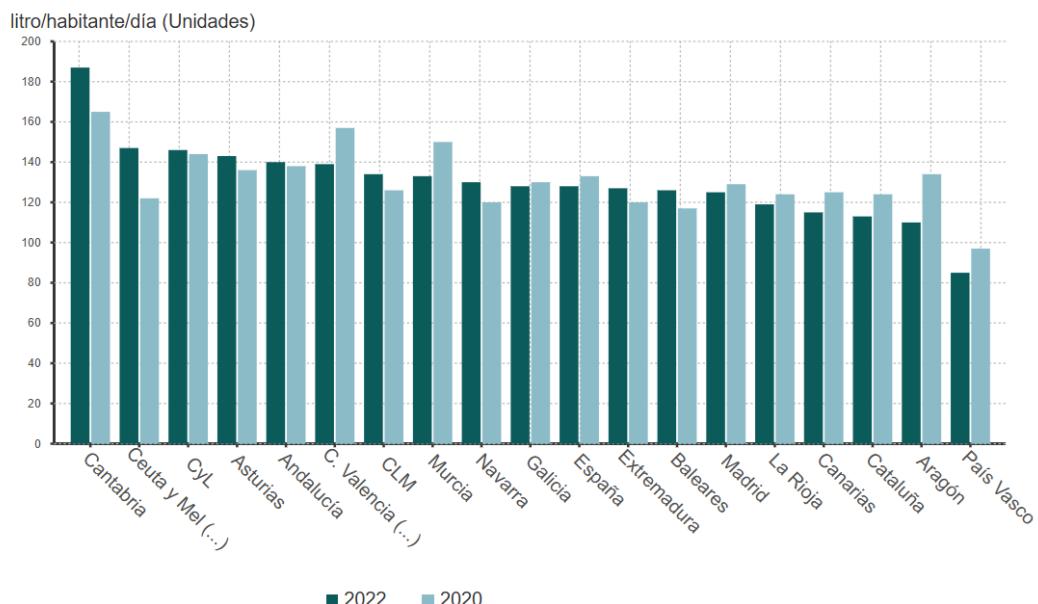


Imagen 17: Consumo de agua en cada hogar por comunidad [14]

## 1.6 Bombeo solar fotovoltaico

### 1.6.1 Que es el bombeo solar fotovoltaico

Un equipo de bombeo es un mecanismo para extraer agua y dirigirla hacia algún punto determinado. Se usan, sobre todo, para regar cultivos o mantener explotaciones ganaderas, a menudo en lugares a donde no llegan las redes de suministro de agua. A su vez, y como recuerda el Banco Mundial, muchas comunidades de zonas rurales dependen de ellos para su subsistencia.

El Instituto para el Desarrollo y Ahorro de la Energía (IDAE), indica que el consumo de agua en agricultura se ha reducido en más de un 20 % en España en los últimos 30 años, sobre todo gracias a las mejoras en las técnicas de riego. Sin embargo, el consumo de energía se ha incrementado en un 650 %. Reducir las emisiones asociadas a este gasto energético es fundamental para alcanzar los objetivos marcados por el Acuerdo de París.

En este apartado se describirán las principales diferencias de dos clasificaciones de bombeo, una primera clasificación en función del sistema eléctrico de alimentación, que diferenciará entre Bombeo aislado (desconectado de la red eléctrica) y el Bombeo conectado a la red eléctrica. La segunda clasificación será en función del sistema de riego, en la que se diferenciará entre Bombeo a presión constante y Bombeo a contrabalsa. [15]

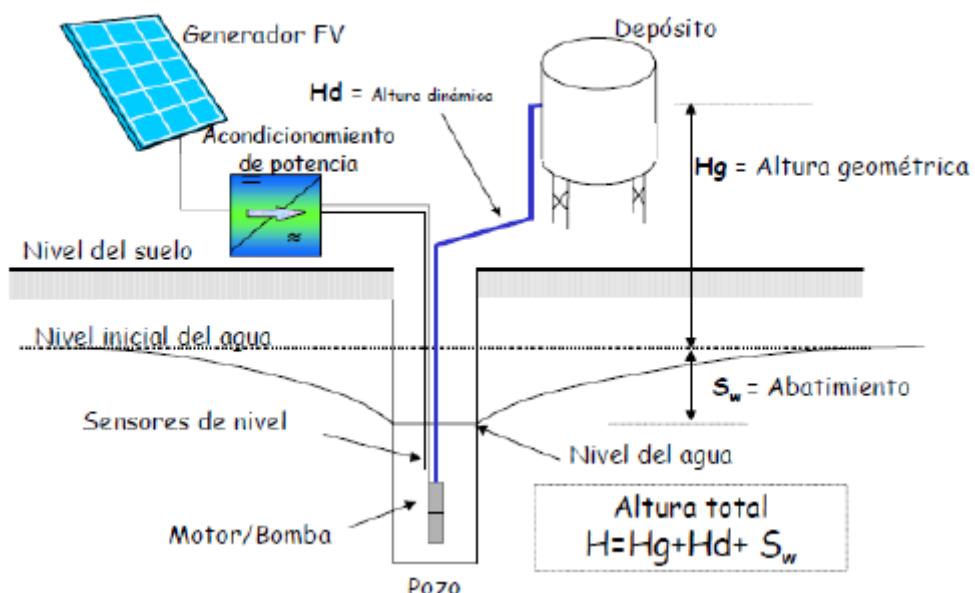


Imagen 18: Estructura del bombeo solar fotovoltaico [16]

### 1.6.2 Tipos de bombeo solar [17]

- Según la alimentación eléctrica:

- Bombeo solar aislado:

El bombeo solar Fotovoltaico Aislado es un sistema que funciona de forma autónoma, que proporciona un suministro de agua utilizando como única fuente de energía, la energía solar. Resulta especialmente útil para aquellas instalaciones de abastecimiento de agua que se encuentran en lugares aislados donde no llega la red eléctrica o no es lo suficientemente potente. Los sistemas de bombeo solares aislados se diferencian de los tradicionales (conectados a la red eléctrica) en que su motor funciona gracias a la energía que generan los módulos solares fotovoltaicos. Dependen así, de una fuente sostenible y renovable.

En el sistema de bombeo solar aislado, la energía solar fotovoltaica es convertida en energía eléctrica, y esta es transmitida a la bomba a través de un variador de frecuencia o controlador, lo cual permite que esta gire aun cuando la radiación solar es menor. En estos sistemas, al no tener acceso a la red eléctrica, se puede disponer de un generador eléctrico de emergencia.

Esto garantiza que la energía utilizada para llevar a cabo el bombeo es libre de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y generada a partir de fuentes renovables. Tal y como explica Velázquez, directora técnica de la Unión Española Fotovoltaica (UNEF).

En los últimos años, el uso de soluciones de bombeo solares se ha extendido, ya que permite tener acceso a fuentes de agua sin necesidad de utilizar combustibles fósiles. Resulta, por consiguiente, más sostenible tanto a nivel económico como medioambiental.

A pesar de necesitar una inversión inicial significativa, no está sujeta a las continúas subidas de la electricidad o de los combustibles fósiles y su coste económico es sensiblemente inferior al coste de la energía suministrada por la red, elimina los costes fijos asociados con el sistema eléctrico, utiliza energía limpia y renovable y, en el caso de suministros realizados con motobombas de gasóleo, se aumenta significativamente todas estas ventajas.

En general, estos sistemas de bombeo pueden ser utilizado en todos los procesos que requieran aumentar la presión del agua canalizada, ya sea para obtener una presión o caudal constante o variable, en función de la irradiación instantánea.



Imagen 19: Funcionamiento del bombeo solar aislado [18]

- Bombeo solar conectado a red:

En este tipo de bombeo, el sistema motor está alimentado de la energía generada por los módulos solares fotovoltaicos o de la red eléctrica, dado que el sistema de energía solar fotovoltaica está también conectado a la red. Esto permite tomar de la red eléctrica la energía faltante en caso de poca o nula irradiación solar y verter a la red eléctrica los excedentes de energía eléctrica generada y no consumida por el sistema motor.

En el caso de Bombeo mediante instalación de Autoconsumo, es decir, instalación de Energía Solar Fotovoltaica conectada a la Red Eléctrica, la principal característica es que, en caso de no haber irradiación suficiente o un día nublado, el sistema tomará de la red eléctrica la energía faltante para cumplir los objetivos diarios de bombeo. En el caso contrario, en el que se produzca un excedente de Energía, generándose más energía de la que necesita el sistema de bombeo, el excedente energético es vertido a la Red eléctrica vendiéndose o compensándose. En contraposición, al conectarse a la red eléctrica, este sistema está sujeto al pago de peajes y cargos (otros cargos del sistema eléctrico) y el impuesto de la electricidad.

Con el bombeo solar fotovoltaico se pueden bombear caudales desde balsa a balsa, de pozo a balsa (conocidos como Bombeos a contra balsa) y de balsa o pozo a riego directo a presión o caudal constante (conocidos como Bombeo a presión constante).

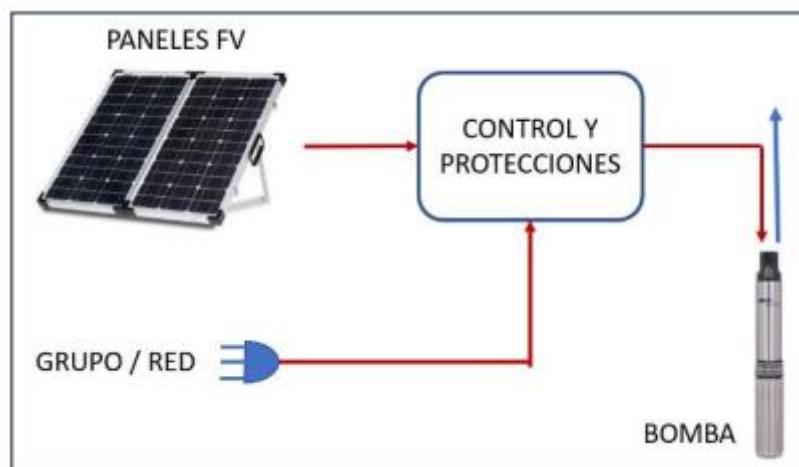


Imagen 20: Funcionamiento del bombeo solar conectado a red [18]

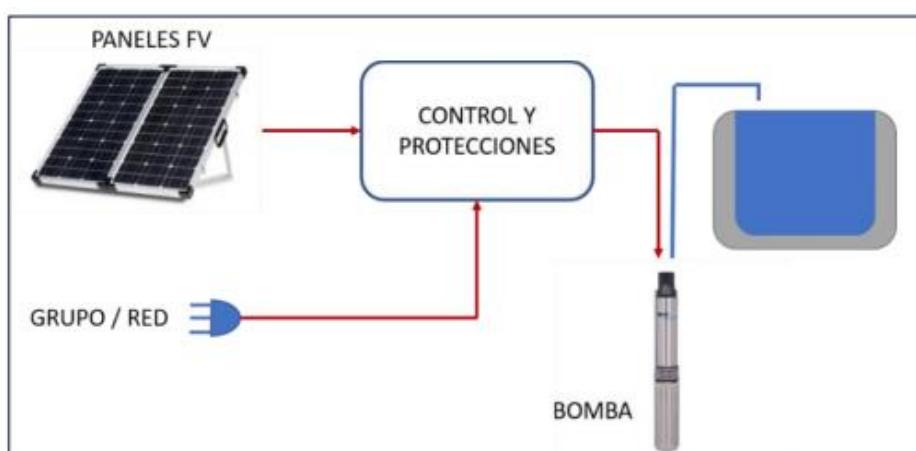
- Ventajas de ambos bombeos:

<b>BOMBEO AISLADO</b>	<b>BOMBEO CONECTADO (Autoconsumo)</b>
Utiliza energía solar, no contaminante, inagotable y gratuita.	Utiliza parcialmente energía solar, no contaminante, inagotable y gratuita.
Reducción de costes y elevado ahorro: Elevado ahorro de energía y eliminación de los costes de la factura eléctrica lo que acelera la recuperación de la inversión inicial.	Ahorro de energía  Menor coste de inversión: no requiere de la instalación de un sistema generador de emergencia.
La bomba de agua se alimenta de energía solar reduciéndose las emisiones de CO2.	Reducción de las emisiones de CO2.
El sistema puede ser automatizable y monitorizable a distancia, evitando desplazamientos al lugar de ubicación.	El sistema puede ser automatizable y monitorizable a distancia, evitando desplazamientos al lugar de ubicación.
Autonomía: El bombeo fotovoltaico aislado de la red eléctrica no depende de la red eléctrica, lo que lo hace ideal para zonas remotas donde no hay acceso a la red eléctrica.	Compensación económica: Posibilidad de inyectar el exceso de energía producida por el sistema en la red eléctrica y recibir compensaciones económicas por ello
Flexibilidad: La instalación de un sistema de bombeo fotovoltaico aislado es más flexible ya que no necesita cumplir con los requisitos y regulaciones de conexión a la red eléctrica. Además, puede ser instalado en cualquier lugar que reciba suficiente radiación solar.	Seguridad: tener acceso a la electricidad de la red en caso de que el sistema fotovoltaico no produzca suficiente energía.  Flexibilidad: El sistema de bombeo puede recibir energía tanto de la red eléctrica como del sistema solar, lo que permite

**Tabla 1: Ventajas de los bombeos aislados y conectados a red**

- Según el sistema de riego:
  - Bombeo a contrabalsa:

El sistema más eficiente es el bombeo desde embalse o pozo hasta balsa, conocido como bombeo a contra balsa. En este caso se aprovecha al máximo la radiación solar incidente en cada momento variando el caudal y la presión final mediante el variador de frecuencia.



**Imagen 21: Funcionamiento del bombeo solar con balsa [18]**

- Bombeo a presión constante:

En el caso de riego a presión o caudal constante el sistema solo actuará cuando la radiación incidente genere la potencia mínima necesaria para alcanzar el caudal o la presión mínima establecida.

Se utilizan para bombear agua desde un pozo o embalse, para abastecimiento humano, ganadería, agricultura, instalaciones industriales.

En general, puede ser utilizado en todos los procesos que requieran aumentar la presión del agua canalizada, ya sea para obtener una presión o caudal constante o variable, en función de la irradiación instantánea.



**Imagen 22: Funcionamiento del bombeo solar a presión constante [18]**

## 1.6.3 Componentes y funcionamiento del bombeo solar

### 1.6.3.1 Aislado

Los componentes principales de una instalación de bombeo solar fotovoltaico aislado son:

- **El generador fotovoltaico**

Está compuesto por una serie paneles solares o módulos fotovoltaicos, que están diseñados para absorber la luz solar y convertirla en energía eléctrica. Generan electricidad en corriente continua.



**Imagen 23: Generador fotovoltaico [19]**

- **Sistema motor bomba.**

Un sistema motor bomba es un conjunto de dispositivos que se utilizan para mover líquidos de un lugar a otro. Está compuesto por un motor eléctrico y una bomba centrífuga u otro tipo de bomba, que se combinan para proporcionar la energía mecánica necesaria para impulsar el líquido a través de tuberías o mangueras.

El motor eléctrico proporciona la energía eléctrica necesaria para accionar la bomba. La bomba, a su vez, utiliza esa energía para impulsar el líquido a través del sistema de tuberías. La presión creada por la bomba hace que el líquido se mueva desde un punto de entrada hasta un punto de salida.

Existen múltiples tipos de bombas en función de la técnica de impulsión que utilicen, aunque en general pueden dividirse en dos grandes grupos: centrífugas y volumétricas. También existen otras divisiones como las de bombas sumergibles y no sumergibles o aquellas que trabajan con corriente continua o con corriente alterna.

No obstante, en lo que se refiere a sistemas de riego, las principales que se utilizan son las sumergibles y las centrífugas.

Las sumergibles, como su nombre indica, están diseñadas para operar en el seno del fluido a bombejar, por lo que podrían ser colocadas en el interior del pozo y

bombeo desde ahí el agua al sistema de riego. Estas bombas están también diseñadas para requerir poco mantenimiento y requieren poco espacio, siendo adecuadas para pozos profundos. Otra ventaja importante es que al estar sumergidas en el pozo, son menos susceptibles a acciones de robo y vandalismo.



**Imagen 24: Bomba [19]**

Las bombas centrífugas por lo general se instalan en la superficie del terreno, y pueden tener una o varias etapas y ser horizontales o verticales. Cada etapa (o cámara) aumenta más la presión a la que sale el agua. Las horizontales son más adecuadas para trasegar altos caudales de fluido, mientras que las verticales resultan más interesantes para aplicaciones que requieran una presión elevada.



**Imagen 25: Bomba [19]**

- **Sistema de cableado, protecciones y tuberías.**

El sistema de cableado, protecciones y tuberías interconectan los diferentes elementos de bombeo. Se dimensiona de acuerdo con las normativas que lo regulan y las necesidades del sistema para minimizar perdidas y garantizar la seguridad de la instalación.

- **Variador de frecuencia.**

Un variador de frecuencia, también conocido como variador de velocidad, es un dispositivo que se utiliza para controlar la velocidad de un motor eléctrico. Permite variar la frecuencia de la corriente eléctrica que se suministra al motor, lo que a su vez varía la velocidad de giro del motor.

El variador de frecuencia funciona mediante la conversión de la corriente eléctrica de entrada en una corriente alterna de frecuencia variable. El usuario puede ajustar la frecuencia de salida a través de un panel de control, lo que permite variar la velocidad del motor en tiempo real.

El uso de un variador de frecuencia tiene varias ventajas, como la reducción del consumo de energía, la disminución del desgaste del motor, la reducción de la vibración y el ruido del sistema y la mejora del control de la velocidad y la precisión del proceso. Además, los variadores de frecuencia pueden proporcionar protección contra sobrecargas y fallos de energía, lo que ayuda a prolongar la vida útil del motor y del sistema.

La energía solar que se obtiene de los paneles solares es una corriente continua (DC), pero para alimentar un motor eléctrico se requiere una corriente alterna (AC). Por lo tanto, es necesario convertir la energía solar DC en energía AC antes de que se pueda utilizar para alimentar el motor eléctrico. Para lograr esto, se utiliza un inversor de corriente, que convierte la energía solar DC en energía AC con una frecuencia fija.

Un variador de frecuencia se utiliza para controlar la velocidad del motor eléctrico que se alimenta con la energía AC generada por el inversor de corriente. El variador de frecuencia funciona mediante la modulación de la frecuencia de la corriente eléctrica que alimenta el motor. El variador ajusta la frecuencia de la corriente eléctrica de salida en función de la carga que se está alimentando, lo que permite que el motor eléctrico funcione con una velocidad óptima y consuma la menor cantidad de energía posible.

En una instalación fotovoltaica aislada de bombeo solar, la electricidad generada en corriente continua por el panel solar se dirige directamente al bus de corriente continua del variador de frecuencia. El variador de frecuencia, a su vez, produce una tensión trifásica en corriente alterna de 230V o 400V (según la tensión del motor), lo que permite el uso de motores trifásicos.

En el cuadro eléctrico, además del variador de velocidad, se encuentra una sonda de nivel para el pozo o embalse, que protege la bomba contra el funcionamiento en seco y señala automáticamente los niveles de llenado del depósito.

La utilización del variador de frecuencia aumenta el rendimiento de la instalación fotovoltaica de bombeo solar, ya que permite aprovechar al máximo las horas en las que la bomba está funcionando, variando la frecuencia de salida según la radiación solar incidente en cada momento.

La tensión generada por los paneles solares varía en función de la cantidad de radiación recibida, la cual puede variar según la época del año y la nubosidad del día. El variador de frecuencia mide esta tensión y ajusta la velocidad de la bomba para que se adapte a la potencia entregada en cada momento por los paneles solares, maximizando así su rendimiento. De esta forma, el variador es capaz de arrancar y hacer funcionar la bomba de manera proporcional a la energía generada por el campo solar durante las primeras y últimas horas del día. Si la radiación no es suficiente (amanecer, atardecer, lluvia, etc.), la bomba se detiene automáticamente y se reinicia cuando haya suficiente radiación solar.

En función del caudal deseado, la profundidad del agua del pozo o las características del embalse y la presión necesaria para el riego, se dimensiona la potencia necesaria de la bomba. Tanto si se necesita bombear agua a una balsa, a un depósito o directamente sobre cultivos.

En algunos casos, se puede incluir un sistema de almacenamiento de energía para mantener la alimentación constante de los automatismos, la monitorización o el funcionamiento de bombas auxiliares para inyección de abonos o batidores. Sin embargo, solo en situaciones excepcionales se justifica un sistema de almacenamiento para operar la bomba principal durante las horas de baja o nula radiación, ya que con un diseño adecuado se puede bombear la cantidad suficiente de agua necesaria durante las horas de radiación solar y así evitar el costo adicional.



Imagen 26: Variador de frecuencia [19]

### 1.6.3.2 Conectado a red

Los componentes principales de una instalación de bombeo solar fotovoltaico conectado a red son:

- **El generador fotovoltaico**

Compuesto por paneles solares que transforman la energía solar en electricidad, en corriente continua.

- **Inversor de red.**

Un inversor de conexión a red es un dispositivo electrónico que se utiliza en sistemas de energía solar fotovoltaica para convertir la corriente continua (DC) generada por los paneles solares en corriente alterna (AC) que se puede utilizar en la red eléctrica.

Los inversores de red también monitorean y controlan la producción de energía de los paneles solares, para asegurar que la energía se produce de manera óptima y eficiente.



Imagen 27: Inversor [19]

- **Sistema motor bomba.**

Es el elemento encargado de tomar el agua del pozo o embalse, e impulsarla hasta el lugar en donde se requiere. Existen múltiples tipos de bombas en función de la técnica de impulsión que utilicen, aunque en general pueden dividirse en dos grandes grupos: centrífugas y volumétricas. También existen otras divisiones como las de bombas sumergibles y no sumergibles o aquellas que trabajan con corriente continua o con corriente alterna.

No obstante, en lo que se refiere a sistemas de riego, las principales que se utilizan son las sumergibles y las centrífugas.

Las sumergibles, como su nombre indica, están diseñadas para operar en el seno del fluido a bombear, por lo que podrían ser colocadas en el interior del pozo y bombear desde ahí el agua al sistema de riego. Estas bombas están también diseñadas para requerir poco mantenimiento y requieren poco espacio, siendo adecuadas para pozos profundos. Otra ventaja importante es que, al estar sumergidas en el pozo, son menos susceptibles a acciones de robo y vandalismo

Las bombas centrífugas por lo general se instalan en la superficie del terreno, y pueden tener una o varias etapas y ser horizontales o verticales. Cada etapa (o cámara) aumenta más la presión a la que sale el agua. Las horizontales son más adecuadas para trasegar altos caudales de fluido, mientras que las verticales resultan más interesantes para aplicaciones que requieran una presión elevada.

- **Sistema de cableado, protecciones y tuberías.**

El sistema de cableado, protecciones y tuberías interconectan los diferentes elementos de bombeo. Se dimensiona de acuerdo con las normativas que lo regulan y las necesidades del sistema para minimizar perdidas y garantizar la seguridad de la instalación.

- **Variador de frecuencia.**

En un sistema conectado a la red eléctrica y a diferencia del anterior sistema, que estaba aislado de la red eléctrica, el variador de frecuencia tiene como único objetivo controlar el sistema motor bomba para maximizar el rendimiento de la bomba, así como detectar y evitar un posible funcionamiento en seco.

Es un transformador de corriente que modifica los parámetros de tensión e intensidad que el inversor entrega al variador, en una tensión e intensidad diferente para ajustar la velocidad de la bomba a las condiciones específicas.

- **Contador bidireccional de energía**

Es un contador que mide la energía autoconsumida por el sistema y la energía tomada de la red eléctrica. Este contador es necesario según la legislación Real Decreto 2019 en sistemas fotovoltaicos contactados a red.

En una instalación fotovoltaica aislada de bombeo solar, la electricidad generada en corriente continua por el panel solar se dirige directamente al bus de corriente continua del variador de frecuencia. El variador de frecuencia, a su vez, produce una tensión trifásica en corriente alterna de 230V o 400V (según la tensión del motor), lo que permite el uso de motores trifásicos.

En el cuadro eléctrico, además del variador de velocidad, se encuentra una sonda de nivel para el pozo o embalse, que protege la bomba contra el funcionamiento en seco y señala automáticamente los niveles de llenado del depósito.

La utilización del variador de frecuencia aumenta el rendimiento de la instalación fotovoltaica de bombeo solar, ya que permite aprovechar al máximo las horas en las que la bomba está funcionando, variando la frecuencia de salida según la radiación solar incidente en cada momento.

La electricidad en corriente continua producida por el generador fotovoltaico se conduce hasta el inversor que hace el seguimiento del punto de máxima potencia, donde es transformada en corriente alterna de 230V o 400V (monofásica o trifásica, según la tensión del motor de la bomba). La energía, en corriente alterna es suministrada al variador de frecuencia, que tiene la programación para el control del motor de la bomba en función de las demandas y las variables obtenidas de los distintos sensores.

El cuadro eléctrico además de incluir el variador de velocidad dispone de sonda de nivel para el pozo o embalses, lo que protege contra la marcha en seco y señala automáticamente los niveles de llenado del depósito.

A diferencia del caso anterior, el variador trabaja a 50 Hz y al disponer el sistema de la red eléctrica, el bombeo puede trabajar a la potencia indicada durante el tiempo requerido, no siendo necesario variar la frecuencia de salida en función de la radiación solar para reducir la demanda del bombeo.

El variador mide a través de los sensores los niveles de los embalses y con la programación conoce la demanda de caudal y ajusta la velocidad de la bomba. De esta forma, el caudal bombeado no dependerá de la radiación solar, sino de la configuración programada en base al nivel de los embalses y el caudal.

El sistema se programa para trabajar durante la radiación solar. Si la radiación solar no es suficiente, la energía faltante se tomará de la red eléctrica, contabilizándose en el contador bidireccional instalado en el punto frontera. De igual manera, si la radiación solar es superior a la necesaria en algún momento del día, el excedente será vertido a la red y contabilizado en el contador bidireccional.



Imagen 28: Contador de energía [19]

## 1.7 Formas de riego

### 1.7.1 Riego por Aspersión

El riego por aspersión se realiza por medio de unos aspersores, repartidos por el terreno y zona a regar. Este tipo de riego deja la tierra de la zona humedecida y, en función de la cantidad de agua que uses para regar, puedes conseguir que la tierra quede más o menos mojada.

Este tipo de riego se utiliza mucho para jardines, donde hay una gran cobertura de césped y plantas, promoviendo así, que el agua llegue a todas partes. En la agricultura, también es un sistema de regadío muy utilizado, debido a su cobertura y capacidad de controlar la cantidad de agua y horas de riego. El riego por aspersión es muy común en campos maíz, soja, trigo, algodón, maní, papa, girasol, alfalfa, sorgo, remolacha azucarera y hortalizas, entre otros.

Es el tipo de riego más común y cómodo. Con una buena instalación profesional, los resultados son óptimos y los cultivos se riegan de manera generosa y eficiente, sin derrochar agua. [20]



Imagen 29: Riego por aspersión [21]

### 1.7.2 Riego por Microaspersión

El riego por microaspersión tiene el mismo mecanismo que el riego por aspersión, pero usando un caudal de agua mucho más débil, simulando la lluvia. Esto es muy utilizado en plantas y cultivos que no necesitan mucha agua y un riego de bajo volumen.

En este caso, podemos ver el sistema de riego por microaspersión en algunos cultivos hortícolas (lechugas, col y espinacas), fruticultura, flores, viveros e invernaderos. Además, este tipo de riego es muy común en cultivos muy pequeños como los fitocultivos. [20]



***Riego por microaspersión***

Imagen 30: Riego por microaspersión [22]

#### 1.7.3 Riego por goteo

Como su nombre indica, el riego por goteo consiste en dejar caer una gota, continuamente, sobre los cultivos, en puntos estratégicos, por medio de un sistema de tuberías y emisores goteros, que incrementan la productividad y el rendimiento del riego sobre los cultivos, utilizando canales de baja presión, pero de manera constante.

Es muy utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos. [20]



Imagen 31: Riego por goteo [23]

#### 1.7.4 Riego Hidropónico

El sistema de riego hidropónico se utiliza, principalmente, en los cultivos que necesiten una solución nutritiva extra en sus raíces. De este modo, el riego hidropónico, aporta una solución nutritiva, ya que el agua lleva las sustancias necesarias para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Existen muchos cultivos que crecen con este sistema, sobre todo en las verduras y en los que necesitan conservar más su sabor, como las frutas pequeñas, la lechuga, las fresas, frambuesas, arándanos, melón, pepino, el ajo, la cebolla, acelga, pimiento, zanahoria, berenjenas, alcachofas, brócoli y calabaza, entre otros.

Este sistema, necesita de una instalación más compleja, donde se pueda introducir las sustancias nutritivas correspondientes dentro del agua que, posteriormente, va a regar los cultivos. [20]



**Imagen 32: Riego hidropónico [24]**

#### **1.7.5 Riego por Nebulización**

El tipo de riego por nebulización ofrece un caudal de agua mucho más débil que el riego por microaspersión. Este método se especializa en pulverizar agua que, al entrar en contacto con el aire, se evapora y consigue refrescar el ambiente. Este tipo de riego está orientado más a minimizar las temperaturas, sobre todo en entornos donde existe un exceso de calor, como en viveros.

Realmente, este tipo de riego tiene como función principal, absorber el calor, además de aportar la cantidad de agua necesaria, tanto en la tierra como en las hojas y frutos de los cultivos. Este tipo de riego es muy utilizado para la siembra de plantas aromáticas y flores bajo techo o invernadero.

Si quieras saber si este tipo de riego es adecuado para tu cultivo, lo recomendable es que consultes con un experto, este te aconsejará para elegir la mejor opción que se ajuste, a la necesidad del crecimiento de tus cultivos. [20]



**Imagen 33: Riego por nebulización [25]**

### 1.7.6 Riego por Gravedad

El riego por gravedad consiste en formar canales con huecos de tierra, alrededor de los cultivos, para distribuir el agua sobre la superficie del suelo de cada parcela, lo que generará la infiltración del agua en el mismo suelo, que conecta con los cultivos.

Este tipo de riego es muy utilizado en cultivos de campo, como hortalizas y cultivos arbóreos. [20]



**Imagen 34: Riego por gravedad [26]**

### 1.7.7 Riego por Inundación

El riego por inundación, como su mismo nombre indica, supone inundar la zona de cultivo con la cantidad de agua necesario para su correcto crecimiento. Este tipo de riego suele utilizarse en cultivos extensivos tales como la alfalfa, pastos, cereales, cultivos arbóreos y campos de arroz. [20]



**Imagen 35: Riego por inundación [27]**

## 2. Memoria del diseño

### 2.1 Lugar donde se va a realizar el proyecto

El proyecto se basará en el cultivo de maíz en una parcela situada en el municipio de Tordesillas (Valladolid) con una superficie de 22 hectáreas.

Las necesidades hídricas para el crecimiento de este cultivo se satisfarán a través de una perforación (pozo).

Este lugar es óptimo para el cultivo de este cereal ya que en la época en la que se cultiva el maíz esta zona tiene muchas horas de sol y temperaturas altas ya que se siembra a mediados de abril y se cosecha en noviembre. Este cultivo necesita riego en los meses de junio julio y agosto con una cantidad de alrededor de 7.000 metros cúbicos por hectárea.

A continuación, vemos unas imágenes de la parcela en la que se va a cultivar.



**Imagen 36: Ubicación de la parcela**

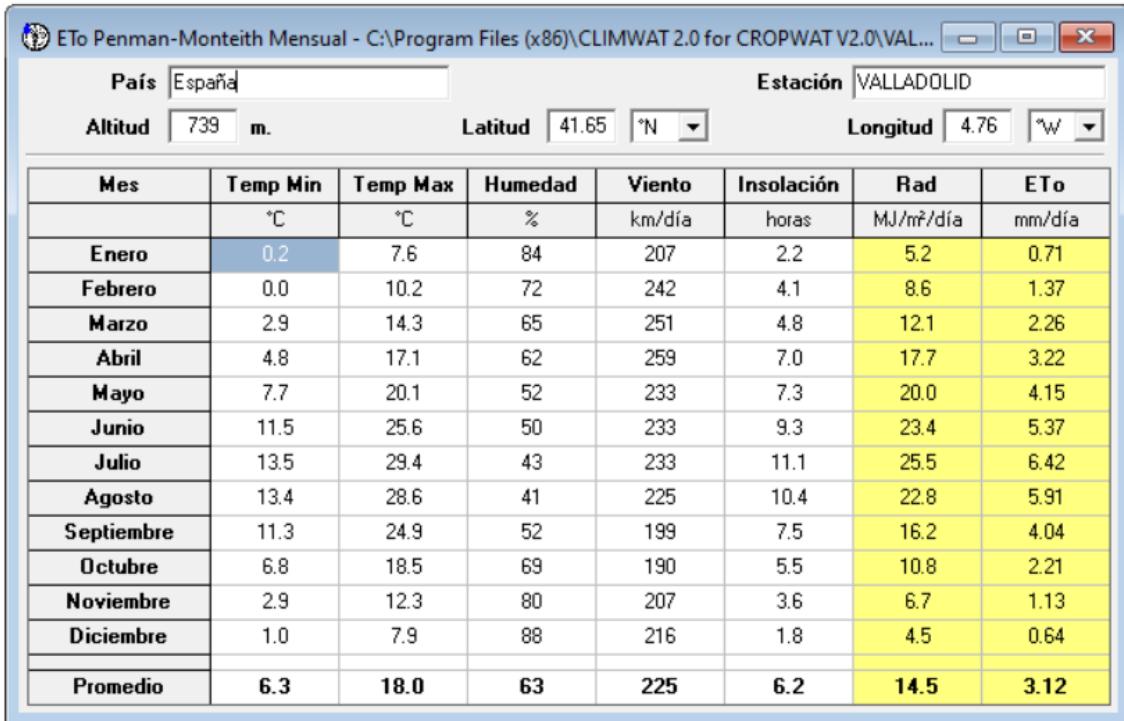


**Imagen 37: Ubicación de la parcela**

## 2.2 Necesidades hídricas

Existe una gran variedad de softwares que pueden calcular las necesidades hídricas de un cultivo, siendo el más conocido el Cropwat 8.0.

El programa CROPWAT incorpora procedimientos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia y los requerimientos de agua de los cultivos y permite la simulación del uso del agua por los cultivos bajo diferentes condiciones de clima, cultivos y suelos.



The screenshot shows a software window titled 'ETO Penman-Monteith Mensual - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\VAL...'. The window has several input fields: 'País' (Spain), 'Estación' (VALLADOLID), 'Altitud' (739 m), 'Latitud' (41.65 °N), and 'Longitud' (4.76 °W). Below these is a table with monthly climate data for Valladolid, Spain, from January to December, including temperature, humidity, wind, solar radiation, and reference evapotranspiration (ETo). The table also includes a 'Promedio' (Average) row.

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
Enero	0.2	7.6	84	207	2.2	5.2	0.71
Febrero	0.0	10.2	72	242	4.1	8.6	1.37
Marzo	2.9	14.3	65	251	4.8	12.1	2.26
Abril	4.8	17.1	62	259	7.0	17.7	3.22
Mayo	7.7	20.1	52	233	7.3	20.0	4.15
Junio	11.5	25.6	50	233	9.3	23.4	5.37
Julio	13.5	29.4	43	233	11.1	25.5	6.42
Agosto	13.4	28.6	41	225	10.4	22.8	5.91
Septiembre	11.3	24.9	52	199	7.5	16.2	4.04
Octubre	6.8	18.5	69	190	5.5	10.8	2.21
Noviembre	2.9	12.3	80	207	3.6	6.7	1.13
Diciembre	1.0	7.9	88	216	1.8	4.5	0.64
Promedio	6.3	18.0	63	225	6.2	14.5	3.12

Imagen 38: Datos climáticos en mi zona de cultivo

Precipitación mensual - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\VA...

Estación	MALLADOLID	Método Prec. Ef	Método USDA S.C.
	Precipit.	Prec. efec	
	mm	mm	
<b>Enero</b>	46.6	43.1	
<b>Febrero</b>	41.5	38.7	
<b>Marzo</b>	32.5	30.8	
<b>Abril</b>	43.5	40.5	
<b>Mayo</b>	46.9	43.4	
<b>Junio</b>	36.6	34.5	
<b>Julio</b>	17.2	16.7	
<b>Agosto</b>	13.2	12.9	
<b>Septiembre</b>	33.2	31.4	
<b>Octubre</b>	35.3	33.3	
<b>Noviembre</b>	52.2	47.8	
<b>Diciembre</b>	43.8	40.7	
<b>Total</b>	<b>442.5</b>	<b>414.0</b>	

Imagen 39: Datos de precipitaciones en mi zona de cultivo

Se introduce en el programa el tipo de vegetal a cultivar en nuestro caso es el maíz, especificando la fecha de siembra y las etapas de crecimiento. En este caso, se va a plantar a mediados de abril. Dado que el periodo de crecimiento es de 160 días, la cosecha se realizará en el mes de septiembre.

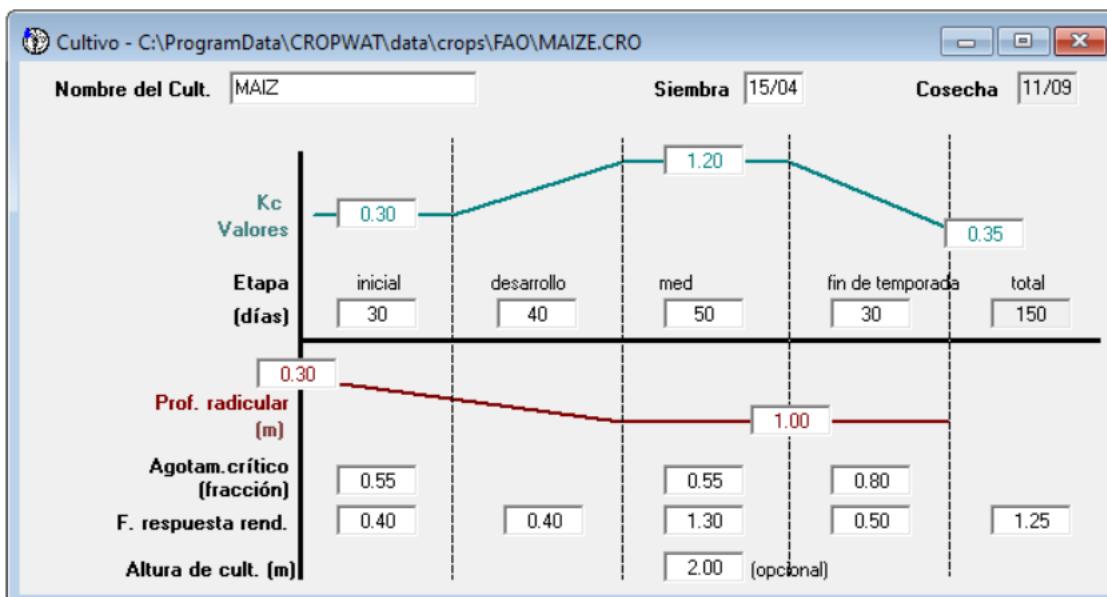


Imagen 40: Etapas de crecimiento del maíz

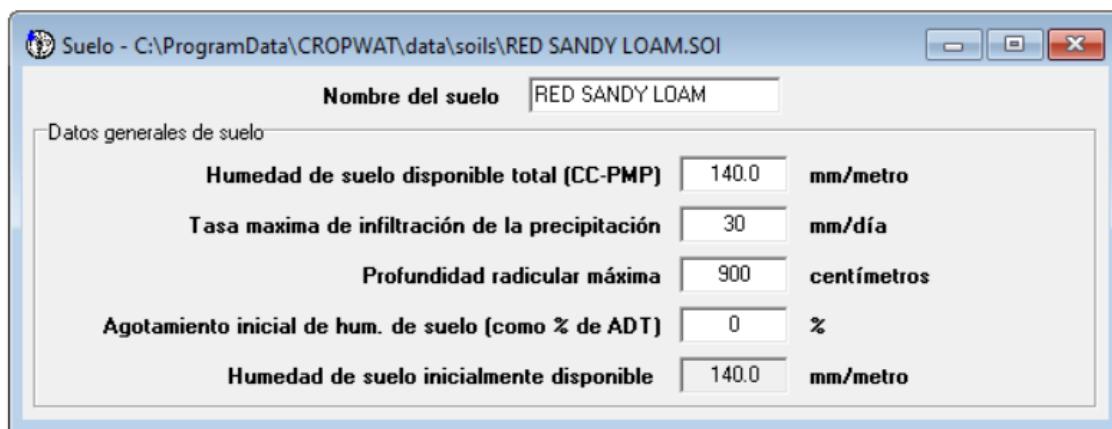


Imagen 41: Características del suelo

Con todos estos datos, el programa nos indica la cantidad de agua que es necesario aportar mediante regadío, en mm por década (entiéndase década por periodo de 10 días de duración).

Requerimiento de Agua del Cultivo				Cultivo MAIZ			
Estación ETo	VALLADOLID	Est. de lluvia	VALLADOLID	Fecha de siembra 15/04			
Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
Abr	2	Iinic	0.30	0.97	5.8	8.3	0.0
Abr	3	Iinic	0.30	1.06	10.6	14.0	0.0
May	1	Iinic	0.30	1.15	11.5	14.5	0.0
May	2	Des	0.35	1.45	14.5	15.0	0.0
May	3	Des	0.58	2.66	29.3	13.8	15.5
Jun	1	Des	0.83	4.13	41.3	12.7	28.6
Jun	2	Des	1.07	5.74	57.4	11.9	45.5
Jun	3	Med	1.24	7.09	70.9	9.8	61.1
Jul	1	Med	1.25	7.65	76.5	7.1	69.4
Jul	2	Med	1.25	8.13	81.3	5.0	76.4
Jul	3	Med	1.25	7.88	86.6	4.8	81.9
Ago	1	Med	1.25	7.66	76.6	4.1	72.5
Ago	2	Fin	1.14	6.84	68.4	3.3	65.1
Ago	3	Fin	0.83	4.43	48.8	5.7	43.1
Sep	1	Fin	0.51	2.40	24.0	8.9	15.1
Sep	2	Fin	0.35	1.41	1.4	1.1	1.4
					705.0	139.9	575.5

Imagen 42: Necesidades de irrigación

Convertiendo estos valores a unas unidades más manejables, se obtienen los siguientes datos de irrigación en cada periodo.

Dado que se trata de un cultivo que se desarrolla en los meses de abril a septiembre y que pasado este ciclo la tierra se puede emplear con otros fines (barbecho, rotación, etc.) el sistema seleccionado será riego por aspersión.

Dado que la eficiencia de este sistema (entendiendo eficiencia como la relación entre el agua que consume y el agua que se puede considerar como aportada realmente al cultivo). Se ha optado por seleccionar un valor medio del 75%.

Mes	Década	Etapa	Irrigación necesaria					Parcela 22 ha	Aspersión
			mm/d ec	L/m2/ dec	L/m2/ día	L/ha/día	m3/h a/día		
Abril	2	Inicio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Abril	3	Inicio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
May	1	Inicio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
May	2	Des	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
May	3	Des	15.5	15.5	1.55	15500	15.5	341	454.6
Jun	1	Des	28.6	28.6	2.86	28600	28.6	629.2	838.9
Jun	2	Des	45.5	45.5	4.55	45500	45.5	1001	1334.7
Jun	3	Medio	61.1	61.1	6.11	61100	61.1	1344.2	1792.3
Jul	1	Medio	69.4	69.4	6.94	69400	69.4	1526.8	2035.7
Jul	2	Medio	76.4	76.4	7.64	76400	76.4	1680.8	2241.1
Jul	3	Medio	81.9	81.9	8.19	81900	81.9	1801.8	2402.4
Ag	1	Medio	72.5	72.5	7.25	72500	72.5	1595	2126.7
Ag	2	Fin	65.1	65.1	6.51	65100	65.1	1432.2	1909.6
Ag	3	Fin	43.1	43.1	4.31	43100	43.1	948.2	1264.3
Sep	1	Fin	15.1	15.1	1.51	15100	15.1	332.2	442.9
Sep	2	Fin	1.4	1.4	0.14	1400	1.4	30.8	41.1

**Tabla 2: Necesidades de irrigación diarias**

### 2.3 Necesidades de potencia

Conociendo ya la cantidad de agua que hay que suministrar a la parcela diariamente, se puede calcular la energía eléctrica necesaria para extraer esa cantidad de agua en cada periodo.

A la hora de dimensionar una instalación fotovoltaica, hay que tener en cuenta que no todos los meses presentan las mismas posibilidades de generación, a causa de las variaciones estacionales de la radiación solar que se puede aprovechar. Esto, junto con las diferencias de uso y requerimientos de potencia a lo largo del año, hacen que sea necesario dimensionar la instalación para garantizar que en el periodo más crítico.

Este periodo más crítico será aquel en el que la relación entre la generación de potencia (directamente relacionada con la radiación solar incidente en los paneles) con el consumo de potencia sea menor. Si se dimensiona la instalación para este periodo crítico, se garantiza que en el resto de los periodos la demanda quede cubierta, bien porque disminuya el consumo de potencia o bien porque se genere más energía al aumentar la radiación solar.

Por ello, en este caso se va a establecer una relación entre la radiación solar incidente y el caudal a bombear en cada periodo. Los datos de radiación serán obtenidos de la base de datos **PVGIS** (Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica), de la Comisión Europea.

Mes	Irradiación global (kWh/m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /día)	Relación Irradiación/Caudal
Enero	85.9518182	-	-
Febrero	110.765455	-	-
Marzo	154.264545	-	-
Abril	179.618182	-	-
Mayo	218.525455	454.6	0.48
Junio	220.503636	1792.3	0.123
Julio	244.65	2402.4	0.1018
Agosto	229.091818	2126.7	0.1077
Septiembre	180.520909	442.9	0.4075
Octubre	137.102727	-	-
Noviembre	89.24	-	-
Diciembre	74.6654545	-	-

**Tabla 3: Relación de criticidad**

Como se puede apreciar, el mes más crítico para el diseño es julio, dado que durante este mes se recibe la mínima proporción de radiación respecto a los metros cúbicos de agua a bombear diariamente. Por tanto, julio será el mes para el que se dimensione la instalación, debiendo bombearse un caudal máximo diario de 2402.4 metros cúbicos desde el pozo a la parcela.

Considerando a su vez que durante el mes de julio será posible aprovechar la incidencia radiante para hacer funcionar el sistema durante 9 horas diarias, el caudal a portar será:

$$Q = \frac{Q_{diario}}{9} = \frac{2402.4}{9} = 266.93 \text{ metros cúbicos a la hora.}$$

## 2.4 Cálculo de alturas

### 2.4.1 Altura hidráulica con riego directo

Hay que tener en cuenta que, para estimar el consumo del sistema de riego, es necesario conocer tanto el caudal como la altura hidráulica a la que hay que impulsar el agua, dado que ello determinará el tipo de bomba necesario y su consumo asociado.

Para ello, comenzamos por considerar la altura hidráulica de la tubería de aspiración de la bomba. Esta altura hidráulica se compone, como se muestra a continuación, por altura estática y dinámica.

- La altura hidráulica estática es la distancia entre el nivel del agua en el pozo hasta el punto en que se encuentra la bomba. Debe ser medido, y en este caso se va a considerar invariable a lo largo del año, con un valor de 50 metros.
- La altura hidráulica dinámica es la estimación en metros de las diferentes pérdidas de carga que puede presentar una instalación, como codos, válvulas, rozamiento.

#### Cálculo:

- Caudal  
 $Q=267\text{m}^3/\text{h}$
- Selección de la tubería

$$Q = v \cdot A$$

Donde

$Q$ : caudal que circula por la tubería;

$v$ : velocidad del agua;

$A$ : área de la sección interna de la tubería ( $\pi \cdot D^2 / 4$ ), siendo  $D$  el diámetro interior de la tubería.

Si se despeja la fórmula anterior se obtiene:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Para calcular el diámetro de la tubería se debe proceder de la siguiente manera:

- Como dato de partida se tiene el caudal a entregar por la bomba, según las necesidades ya estudiadas.
- Se selecciona el material y diámetro de tubería de un catálogo.
- Con las expresiones anteriores se realiza un proceso iterativo con los diámetros elegidos. Finalmente se elige el diámetro que proporcione la velocidad recomendada para evitar grandes pérdidas o el deterioro de la tubería.

Finalmente se decide utilizar tuberías de PVC del fabricante TUYPER GRUPO cuyo catálogo proporciona estos diámetros nominales para el cálculo de las iteraciones.  $Q=2402.4\text{m}^3/\text{día}=267\text{m}^3/\text{h}=0.074\text{m}^3/\text{seg}$ .

Diámetro nominal m	Área m <sup>2</sup>	Velocidad m/s
0.025	0.00049	150.75
0.032	0.00080	92.01
0.040	0.00125	58.89
0.050	0.00196	37.69
0.063	0.00311	23.74
0.075	0.00441	16.75
0.090	0.00636	11.63
0.110	0.00950	7.79
0.125	0.01227	6.03
0.160	0.02011	3.68
0.200	0.03142	2.35

**Tabla 4: Catálogo de diámetros de tuberías de PVC**

Con un dimensionado óptimo de la tubería se busca limitar en lo posible las pérdidas de carga ocasionadas por el rozamiento del agua en su interior.

Sin embargo, se debe tener en cuenta la realización de un proyecto económicamente rentable. Se ajustará el diámetro de la tubería para evitar el encarecimiento de la instalación.

Para el dimensionado del diámetro de la tubería es obligatorio estar atento a la velocidad que alcanzará el flujo de agua en el interior de ella.

Velocidades inferiores a 0,5 m/s pueden generar problemas de sedimentación, y superiores a los 5 m/s generan fenómenos abrasivos en las paredes interiores de las tuberías que afectarían a su durabilidad.

Lo recomendable son valores entre 0,5 y 3 m/s, porque valores superiores pueden provocar excesivas pérdidas de carga.

Por esa razón elegimos la tubería con un diámetro de 0.200m ya que está dentro de los valores recomendados.

- Altura estática  
La altura estática es de 50m.
- Altura dinámica  
Es la altura que se suma a la altura estática debido a las pérdidas de carga.

$$H_d = f \frac{L v^2}{d 2g}$$

Donde:

f: coeficiente de fricción;

d: diámetro de la tubería (m);

L: longitud de la tubería (m)=75m (50m del pozo + 25m hasta el pívot=;

V: velocidad del fluido (m/s);

g: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

Si además hay codos o válvulas.

$$H_d = K \frac{v^2}{2g}$$

El valor de K depende del tipo de codo

Accesorio	Coeficiente K
Unión de depósito a tubería. Conexión a ras de pared	0.5
Unión de depósito a tubería. Tubería rasante	1.0
Unión de depósito a tubería. Conexión abocinada	0.005
De tubería a depósito	1.0
codo 45°	0.35 → 0.45
codo 90°	0.50 → 0.75
Tés	1.50 → 2.00

Tabla 5: Valores de K según el tipo de codo

Para calcular f (coeficiente de fricción es necesario saber la rugosidad del material y el número de Reynolds).

Rugosidad absoluta de cada tipo de material	
Material	ε (mm)
PVC	0,0015
Hierro forjado	0,03-0,09
Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición	0,12-0,6
Madera	0,18-0,9
Hormigón	0,3-3

Tabla 6: Valores de ε

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

Donde

$\mu$ : viscosidad dinámica del fluido, cuyo valor es 0,001 kg/m\*s;  
 $\rho$ : densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>).

$$\frac{\varepsilon}{d} = \frac{0.0015mm}{200mm} = 0.0000075 = 7.5 * 10^{-6}$$

$$Re = \frac{1000kg/m^3 * (2.35m/s) * 0.200m}{\frac{0.001kg}{m * s}} = 470000$$

Con estos dos valores vamos al diagrama de Moody para sacar f

Diagrama de Moody

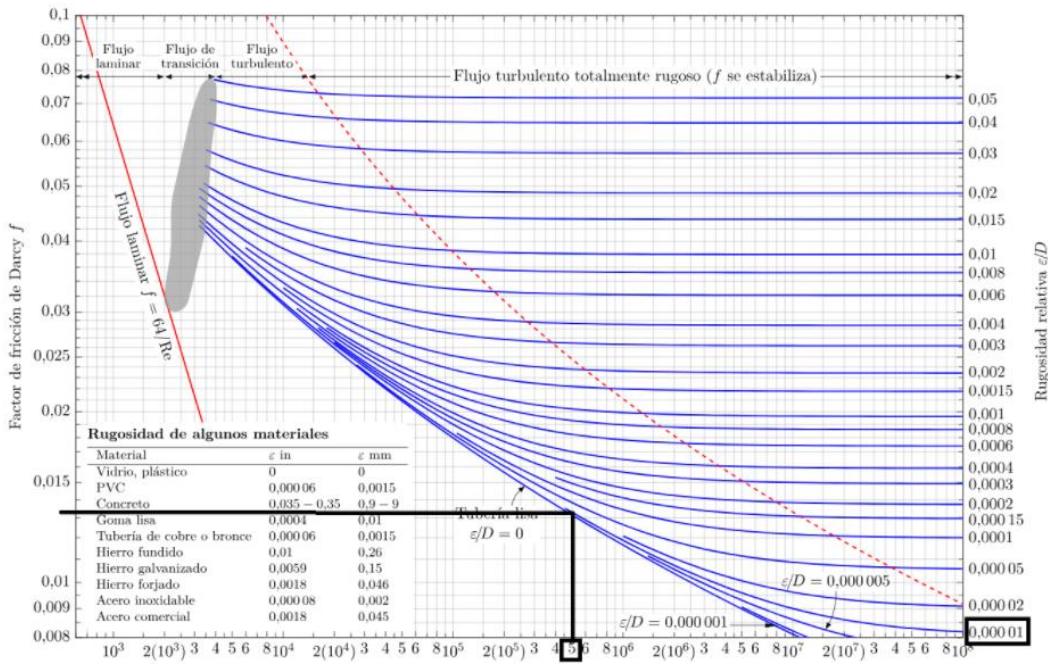


Imagen 43: Diagrama de Moody

Sacamos que  $f=0.013$

Sabemos que la altura estática es de 50m

Pasamos a calcular las pérdidas de fricción en la tubería:

$$Hd = 0.016 * \frac{75m * \left(\frac{2.35m}{s}\right)^2}{0.200m * 2 * \frac{9.81m}{s^2}} = 1.69m$$

A esta cantidad se le sumarán las pérdidas de los distintos accesorios del sistema. En este caso se debe contar con 3 codos de 90 grados ( $K= 0,6$ ), una salida de la tubería al depósito ( $K= 1$ ) y una válvula de compuerta ( $K= 0,2$ ). La válvula de retención viene integrada en el mecanismo de la bomba.

Pérdidas en los codos:

$$Hd = 3 * 0.6 \frac{(2.35m/s)^2}{2 * \frac{9.81m}{s^2}} = 0.51m$$

Pérdida a la salida de la tubería:

$$Hd = 1 * \frac{(2.35m/s)^2}{2 * \frac{9.81m}{s^2}} = 0.28m$$

Pérdida en las válvulas:

$$Hd = 0.2 * \frac{(2.35m/s)^2}{2 * \frac{9.81m}{s^2}} = 0.056m$$

La totalidad de pérdidas de carga es:

$$Hd=1.69m+0.51m+0.28m+0.056m=2.536m$$

- Altura hidráulica

La altura hidráulica es la suma de la estática y de la dinámica

$$H=50m+2.536m=52.536m$$

Además, dado que el sistema de riego mediante aspersores habrá que tener en cuenta la presión necesaria para que éste funcione. Por norma general, estos sistemas no suelen funcionar con alrededor de 3 bares de presión, equivalentes a 30 metros de columna de agua. Por tanto:

$$Ht=52.536m+30m=82.536m$$

#### 2.4.2 Altura hidráulica con riego con embalse

La altura estática es la distancia entre el nivel del agua en el pozo hasta el punto en que se encuentra la bomba. Debe ser medido, y en este caso se va a considerar invariable a lo largo del año, con un valor de 50 metros más 2 metros desde la bomba al embalse.

Para este modelo necesitaremos dos bombas.

#### Cálculo

La primera es sumergible y tendrá los siguientes parámetros:

$$\text{Caudal (Q)} = 267 \text{ m}^3/\text{h} = 74.17 \text{ L/seg}$$

$$\text{Altura hidráulica (H)} = HT = \text{Hestática} + \text{Hdinámica} = 50m + 2m + (\text{perdidas})$$

Donde las perdidas:

Sabemos que la altura estática es de 50m+2m

Y la longitud de la tubería es de 52m.

Pasamos a calcular las pérdidas de fricción en la tubería:

$$Hd = 0.016 * \frac{52m * \left(\frac{2.35m}{s}\right)^2}{0.200m * 2 * \frac{9.81m}{s^2}} = 1.17m$$

A esta cantidad se le sumarán las pérdidas de los distintos accesorios del sistema. En este caso se debe contar con 3 codos de 90 grados ( $K= 0,6$ ), una salida de la tubería al depósito ( $K= 1$ ) y una válvula de compuerta ( $K= 0,2$ ). La válvula de retención viene integrada en el mecanismo de la bomba.

Pérdidas en los codos=0.51m

Pérdida a la salida de la tubería=0.28m

Pérdida en las válvulas=0.056m

La totalidad de pérdidas de carga es:

$$Hd=1.17m+0.51m+0.28m+0.056m=2.017m$$

$$\text{Donde la altura hidráulica}=50m+2m+2.017m=54.017m$$

Si se empleara una bomba auxiliar de tipo superficial para bombear el agua desde el depósito en este cálculo de la potencia solo entrarían los 30 metros equivalentes a los 3 bares de presión.

Esta tendrá los siguientes parámetros:

$$\text{Caudal (Q)} = 267 \text{ m}^3/\text{h} = 74.17 \text{ L/seg}$$

$$\text{Altura hidráulica (H)} = 30m+(\text{perdidas})$$

$$Hd = 0.016 * \frac{25m * \left(\frac{2.35m}{s}\right)^2}{0.200m * 2 * \frac{9.81m}{s^2}} = 0.563m$$

Pérdidas en los codos=0.51m

Pérdida a la salida de la tubería=0.28m

Pérdida en las válvulas=0.056m

La totalidad de pérdidas de carga es:

$$Hd=0.563m+0.51m+0.28m+0.056m=1.409m$$

$$\text{Altura hidráulica (H)} = 30m+1.409m=31.409m$$

## 2.5 Dimensionado de la instalación fotovoltaica

### 2.5.1 Necesidades de la instalación solar

#### 2.5.1.1 Conceptos básicos.

Radiación solar: conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol.

La radiación solar se descompone en:

- Directa: es la absorbida por el módulo directamente del Sol.
- Difusa: radiación desviada de su trayectoria por la presencia de nubes u otros elementos situados en la atmósfera.
- Albedo: porcentaje de radiación reflejada por cualquier superficie respecto a la radiación que incide sobre la misma.
- Global: es la suma de todas las radiaciones que incide en un punto. Radiación directa, difusa y de albedo.

Irradiancia: magnitud usada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de toda radiación electromagnética que llega a la Tierra. Se mide en W/m<sup>2</sup>.

Irradiación: irradiancia recibida en un tiempo determinado. Se mide en Wh/m<sup>2</sup>.

Hora Solar Pico (HSP): cantidad de horas diarias cuya irradiancia medida es de 1000 W/m<sup>2</sup>.

#### 2.5.1.2 Cálculo de la irradiancia

En nuestro caso vamos a calcular la irradiación para ver cuál sería la energía solar que podríamos aprovechar para alimentar la bomba. Para ello, vamos a usar la herramienta online llamada PVGIS que nos permite obtener datos de la irradiación tanto directa y difusa como la reflejada. Para la toma de datos hemos tomado el intervalo de años que va desde el 2013 hasta el 2023, que es el intervalo en el cual hay datos.

Mes	Irradiación en plano horizontal (KW/m <sup>2</sup> )	Irradiación en plano óptimo (35°) (KW/m <sup>2</sup> )	Irradiación en plano elegido (15°) (KW/m <sup>2</sup> )
Enero	63.13	110.04	85.95
Febrero	87.38	133.41	110.77
Marzo	133.65	169.77	154.26
Abril	167.19	182.01	179.62
Mayo	213.27	207.71	218.53
Junio	220.05	203.84	220.50
Julio	241.43	229.11	244.65
Agosto	216.06	227.23	229.09
Septiembre	159.09	194.26	180.52
Octubre	111.81	160.05	137.10
Noviembre	67.63	111.46	89.24
Diciembre	53.95	96.91	74.67

Tabla 7: Irradiación por mes

En la columna de la radiación en un plano horizontal, obtenemos una radiación máxima en el mes de julio. Hay que recordar que este mes es el que más horas de sol tiene y mayor temperatura media mensual. Además, que sea el mes con mayor radiación se debe a que, en este mes, la posición del sol debido al giro de la Tierra alrededor del sol hace que la incidencia de los rayos de sol sea más cercana a la perpendicular sobre plano de inclinación 0°.

Otra situación que debemos tener en cuenta es que colocando la placa con una inclinación de 35° no se optimiza al máximo la radiación incidente en el mes de máxima radiación, es decir en el mes de julio. Por lo tanto, lo ideal sería poder orientar la placa fotovoltaica en función de la época del año y de la hora del día para mantener la máxima perpendicularidad durante todas las horas de sol.

Por ello aparece una inclinación que se calcula dependiendo de la estación en la que quieras utilizar la radiación y de la latitud de donde este la instalación denominándose ángulo de inclinación óptimo.

#### 2.5.1.3 Ángulo de inclinación óptimo

Según el PVGIS el ángulo óptimo es de 35°. Sin embargo, como podemos observar en la siguiente gráfica, la gráfica naranja que representa las placas situadas a una inclinación de 35°, se queda siempre un poco por debajo de la gráfica roja. La gráfica roja representa la radiación directa en un plano siempre perpendicular a los rayos de sol. Los meses de máxima radiación no llegamos a obtener ese nivel con las placas orientadas a 35°.

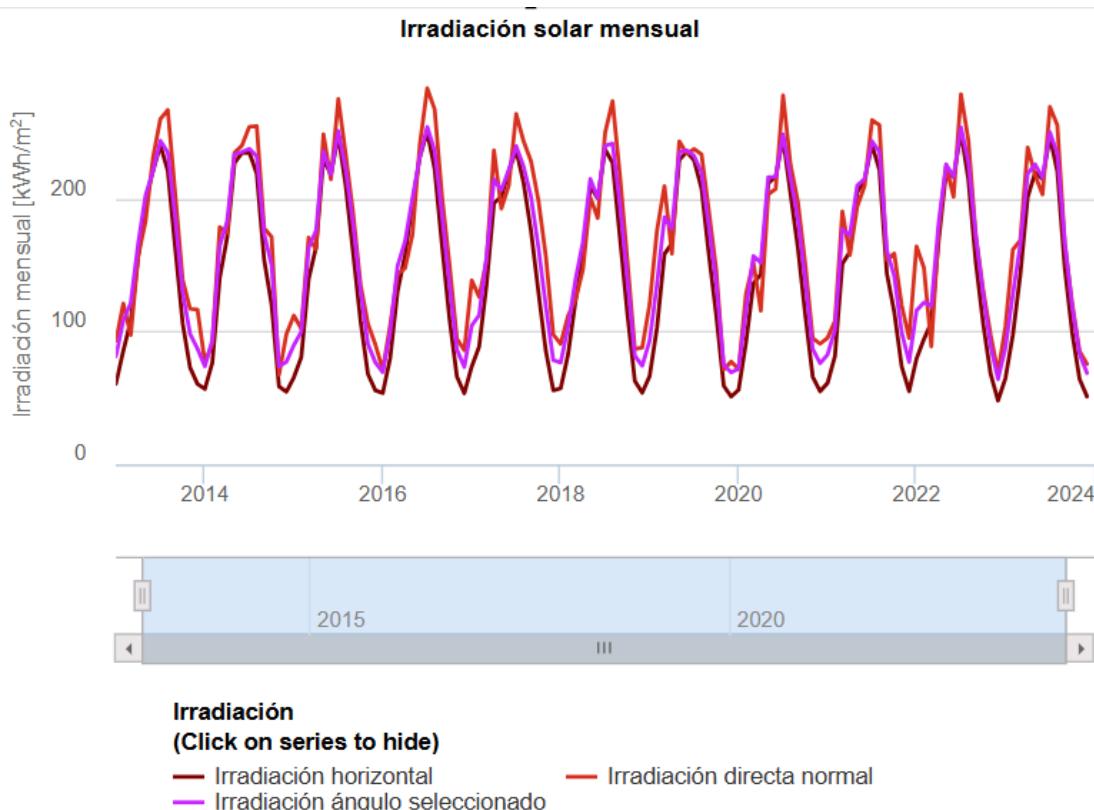
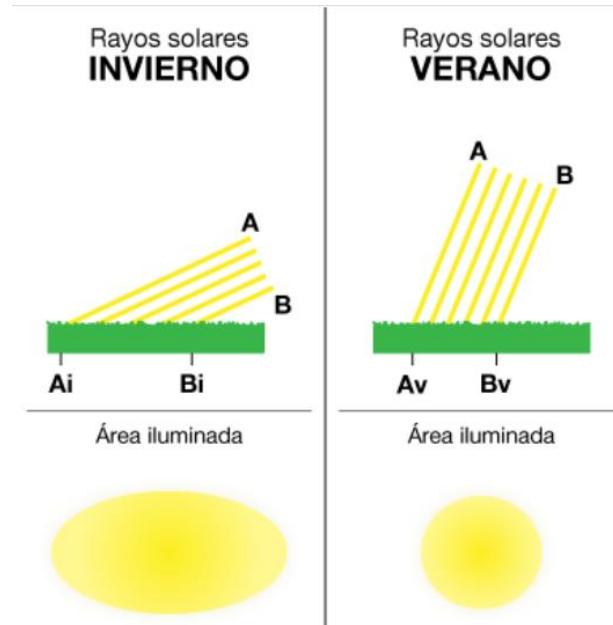


Imagen 44: Ángulo de inclinación óptimo

Esto nos hace sacar en conclusión que en los meses de mayor irradiación no sacamos el máximo partido de toda esa energía. Para obtener una mayor cantidad de energía solar en esa época del año podríamos probar inclinando las placas de tal manera que los rayos de sol queden más perpendiculares en los meses centrales del año. Sin embargo, esta inclinación no es óptima para todas las épocas del año solo lo es para los meses centrales que es para cuando lo necesitamos nosotros en este proyecto.



**Imagen 45: Inclinación de los rayos solares**

Para el cálculo del ángulo óptimo utilizamos la siguiente fórmula.

Latitud\*0.9-23. 5°.

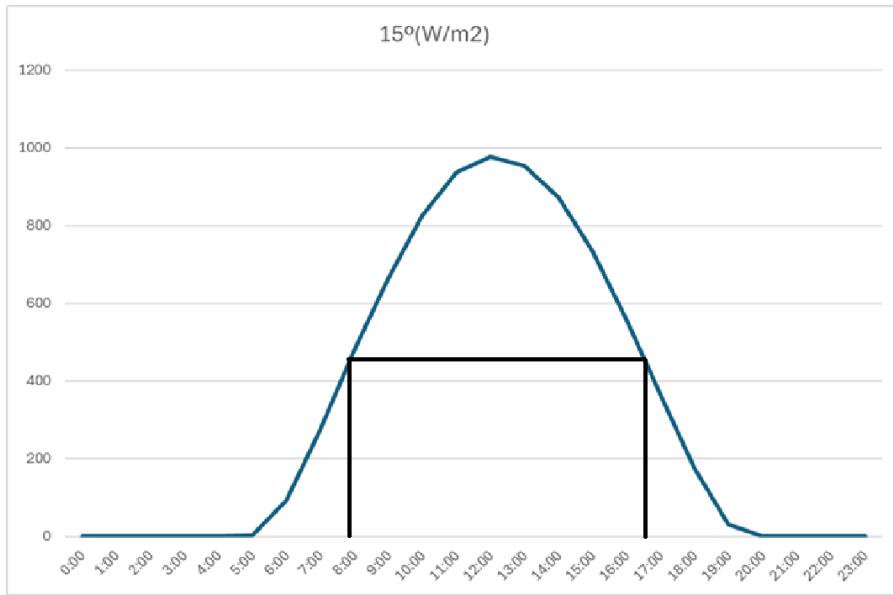
En nuestro caso la latitud de Tordesillas es de 41. 3°.

Por lo que el ángulo óptimo sería  $41.3 \times 0.9 - 23.5 = 13.67^\circ$  que aproximamos a  $15^\circ$ .

### 2.5.2 Riego directo

Para el caso de riego directo también elegimos una inclinación de  $15^\circ$  para los paneles con un azimut de  $0^\circ$  y orientado al sur ya que el mes en el que más vamos a necesitar potencia es el mes de Julio.

Se hace uso de la base de datos de radicación PVGIS, de la Comisión Europea. Para la ubicación, mes, e inclinación y azimut establecidos los resultados de radiación global son los siguientes.



**Imagen 46: Gráfica para una inclinación de 15°**

Teniendo en cuenta que el periodo de riego diario establecido era de 9 horas, se escoge la franja horaria de esa duración en la que la energía radiante recibida es mayor. En este caso, sería desde las 8:00 hasta las 17:00, con un valor mínimo de 450 W/m<sup>2</sup>.

Dado que la bomba debe funcionar en sus condiciones establecidas durante todo este periodo, debe contar con un aporte de potencia suficiente para ello desde el primer momento. Por ello, la instalación fotovoltaica se dimensionará en base al mínimo de 400 W/m<sup>2</sup>, de manera que se aprovecha la cantidad correspondiente de energía a lo largo de todo el periodo de funcionamiento de la bomba, sin importar el excedente que sería posible generar.

### 2.5.2.1 Energía hidráulica.

Se debe realizar una estimación correcta del consumo eléctrico que tendrá la instalación para evitar errores de funcionamiento y una posible falta de suministro.

Para ello se tiene en cuenta la altura hidráulica y el caudal diario que se quiere transportar al cultivo.

*Eh*: energía hidráulica (Watio Hora);

*V*: volumen de agua (m<sup>3</sup>);

*H*: altura hidráulica (m);

$$Eh = \frac{Vh}{367} = \frac{2402000l * 82.536m}{367} = 540.194KWh$$

### **2.5.2.2 Elección del módulo y estructura**

Panel Solar Monocristalino de 350W de PKS Solar

#### **Ficha Técnica [28] [29]**

- Potencia máxima: 350 W
- Voltaje de circuito abierto: 39,82V
- Corriente de cortocircuito: 11.24A
- Voltaje a máxima potencia: 32.84 V
- Corriente a máxima potencia: 10,66 A
- Eficiencia del módulo: 20,58%
- Temperatura de funcionamiento: -40°C a + 85°C
- Voltaje máximo del sistema: 1000 VCC / 1500 VCC
- Clasificación de resistencia al fuego: tipo 1 (de acuerdo con UL1703) / Clase C (IEC61730)
- Clasificación máxima del fusible de la serie: 20A
- Tipo de celda: PERC Monocristalino166 + 83 mm
- Número de celdas: 120 (6×20)
- Dimensiones del módulo: 1755x1038x35mm (Medidas Aproximadas)
- peso: 21kg
- Cubierta frontal: vidrio templado 3.2 con revestimiento AR
- Marco: aleación de aluminio anodizado
- Caja de conexiones: IP68, 3 diodos
- Cable: 4 mm<sup>2</sup>, Longitud: Vertical: 300 mm Horizontal: 1400 mm
- Conector: Mc4
- Temperatura nominal de la celda de funcionamiento (Noct): 43°C
- Coeficientes de temperatura de Pmax: -0.36% / °C
- Coeficientes de temperatura de Vox: -28% / °C
- Coeficientes de temperatura de Isc: 0.05% / °C

### 2.5.2.3 Potencia pico del generador fotovoltaico.

Cubrir las necesidades hídricas de todo el periodo de regadío consiste en una correcta determinación de la potencia pico del generador. Teóricamente en el dimensionado se supone que los módulos trabajan en condiciones estándar de 1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C, y que durante todo el día se trabaja en el punto de máxima potencia.

En la práctica esto no es así, a lo largo del día se obtienen valores diferentes de radiación con valores por debajo de los 1000 W/m<sup>2</sup>, y la influencia de la temperatura ocasiona que la potencia de salida del generador sea inferior a la potencia pico.

La energía eléctrica necesaria depende de los siguientes factores:

- El punto donde trabaje el sistema.
- Umbral de irradiancia de bombeo
- Temperatura de funcionamiento de las células, dependiente del nivel de irradiancia y de la temperatura ambiente.
- Radiación solar.

La ecuación utilizada teniendo en cuenta todos estos factores anteriormente citados es:

$$P_p = \frac{E_h}{\eta_{mb}} \frac{G^*}{F_m [1 - \delta(T_c - T_c^*)] G_{dm}}$$

Donde:

P<sub>p</sub>: potencia de salida del generador fotovoltaico (W);

F<sub>m</sub>: factor de acople medio, para bombas centrífugas es 0.9;

η<sub>mb</sub>: rendimiento del sistema motor-bomba, visualizado en la figura 48;

δ: coeficiente de variación de la potencia con la temperatura de las células (0.005/ °C);

T<sub>c</sub>: temperatura media diaria de los módulos durante las horas de sol (°C);

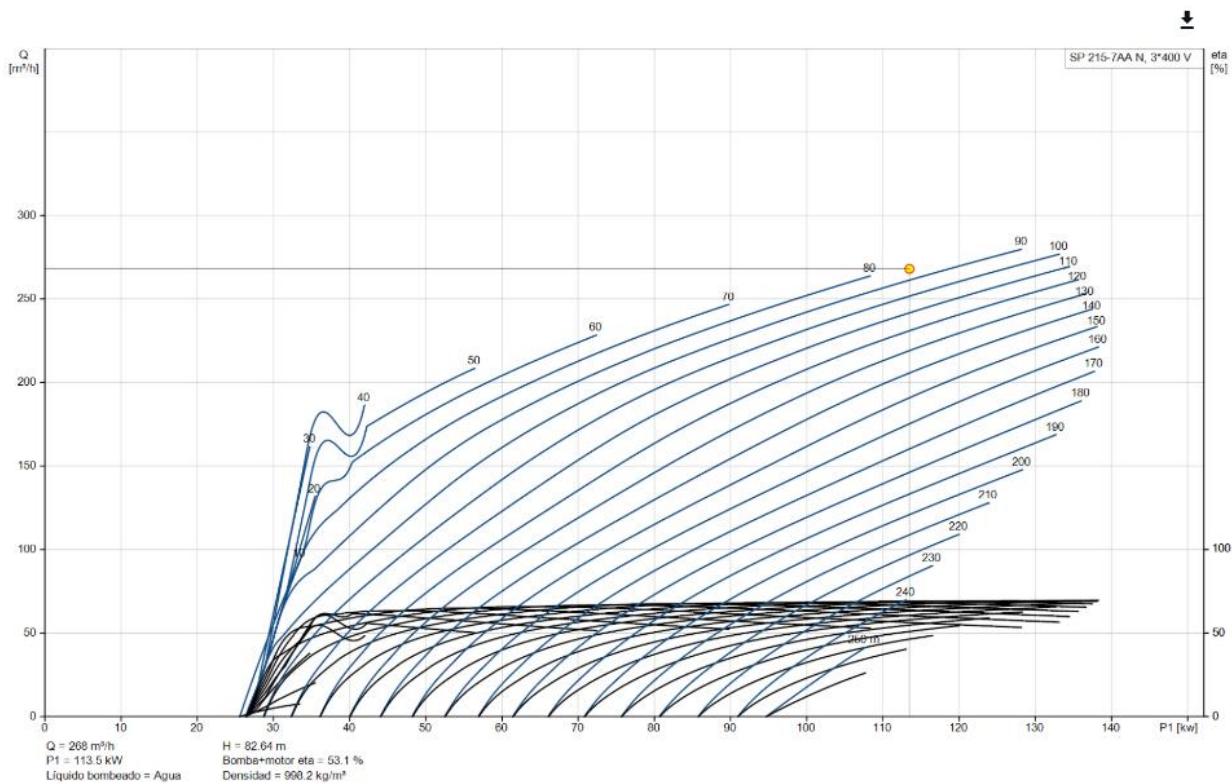
G<sub>dm</sub>: radiación media diaria mensual incidente, que para este caso se elige de la tabla 9 la radiación del mes de septiembre al ser el mes crítico (Wh/m<sup>2</sup>/día);

244.65KWh/m<sup>2</sup>/mes=7890KWh/m<sup>2</sup>/dia

G\* y T<sub>c</sub>\*: condiciones estándar, 1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C respectivamente.

Para sacar el rendimiento del motor-bomba nos vamos a la aplicación denominada GRUNDFOS y en ella con los valores previamente calculados de la altura, de las pérdidas y del caudal obtenemos distintas bombas que podremos utilizar en nuestra instalación.

## Rendimiento



**Imagen 47: Rendimiento de la bomba para riego directo**

$$P_p = \frac{540.194 \times 1000}{0.531 \times 0.9 \times (1 - 0.005(40-25)) \times 7891.94} = 154.841 \text{ kWp}$$

(valor intermedio antes de aplicar la reducción de potencia)

$$\text{Potencia útil del panel} = 350 \text{ W} \times \frac{450 \text{ W/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = 157.5 \text{ W}$$

A este valor hay que aplicarle una serie de factores que disminuirán la potencia final como

- Pérdidas por suciedad. Estas pueden presentar diferentes valores en función del entorno, frecuencia de la limpieza, etc.
- Pérdidas por temperatura. La temperatura a la que se encuentran los módulos puede disminuir su eficiencia, por lo que a lo largo del día presentarán una variación de esta.
- Pérdidas eléctricas. Por efecto Joule, se disipará parte de la energía eléctrica generada en forma de calor al calentarse los cables y otros elementos que presenten resistencia óhmica.

Estableciendo un coeficiente de 0.9

#### 2.5.2.4 Número de módulos.

$$Nº\text{modulos} = \frac{Potencia\ necesaria}{0.9*Potencia\ de\ un\ módulo} = \frac{154.841\text{KW}}{0.9*157.5\text{W}} = 1092.35 = 1093\ modulos$$

$$Nº\text{modulos en serie} = \frac{Tensión\ nominal\ instalación}{Tensión\ máxima\ potencia} = \frac{588V}{32.84V} = 17.9 = 18\ Paneles\ en\ serie$$

$$Nº\text{cadenas\ en\ paralelo} = \frac{Nº\text{modulos}}{Nº\text{modulos\ serie}} = \frac{1093}{18} = 60.72 = 61\ cadenas\ en\ paralelo$$

$$\text{Potencia pico real} = 61*18*350 = 396900\text{W}$$

#### 2.5.2.5 Determinación de la bomba y del inversor

Para el dimensionado de la bomba se tiene en cuenta la altura hidráulica total y el volumen de agua horario que necesita el cultivo.

Con esos datos se realiza una búsqueda en el mercado, con el objetivo de encontrar la que mejor se amolde a las características ya calculadas.

**SP 215-7AA N**

**RSI 3x380-440V IP54 160kW 310A**

#### 2.5.3 Riego con embalse

- **Primera bomba**

##### 2.5.3.1 Energía hidráulica.

Se debe realizar una estimación correcta del consumo eléctrico que tendrá la instalación para evitar errores de funcionamiento y una posible falta de suministro.

Para ello se tiene en cuenta la altura hidráulica y el caudal diario que se quiere transportar al cultivo.

*Eh*: energía hidráulica (Watio Hora);

*V*: volumen de agua (m<sup>3</sup>);

*H*: altura hidráulica (m);

$$Eh = \frac{Vh}{367} = \frac{2402000l*54.017m}{367} = 353.539\text{KWh}$$

### 2.5.3.2 Elección del módulo

Panel Solar Monocristalino de 350W de PKS Solar

### 2.5.3.3 Potencia pico del generador fotovoltaico.

Cubrir las necesidades hídricas de todo el periodo de regadío consiste en una correcta determinación de la potencia pico del generador. Teóricamente en el dimensionado se supone que los módulos trabajan en condiciones estándar de 1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C, y que durante todo el día se trabaja en el punto de máxima potencia.

En la práctica esto no es así, a lo largo del día se obtienen valores diferentes de radiación con valores por debajo de los 1000 W/m<sup>2</sup>, y la influencia de la temperatura ocasiona que la potencia de salida del generador sea inferior a la potencia pico.

La energía eléctrica necesaria depende de los siguientes factores:

- El punto donde trabaje el sistema.
- Umbral de irradiancia de bombeo
- Temperatura de funcionamiento de las células, dependiente del nivel de irradiancia y de la temperatura ambiente.
- Radiación solar.

La ecuación utilizada teniendo en cuenta todos estos factores anteriormente citados es:

$$P_p = \frac{E_h}{\eta_{mb} F_m [1 - \delta(T_c - T_c^*)] G_{dm}} \frac{G^*}{G^*}$$

Donde:

P<sub>p</sub>: potencia de salida del generador fotovoltaico (W);

F<sub>m</sub>: factor de acople medio, para bombas centrífugas es 0.9;

η<sub>mb</sub>: rendimiento del sistema motor-bomba, visualizado en la figura 48;

δ: coeficiente de variación de la potencia con la temperatura de las células (0.005/ °C);

T<sub>c</sub>: temperatura media diaria de los módulos durante las horas de sol (°C);

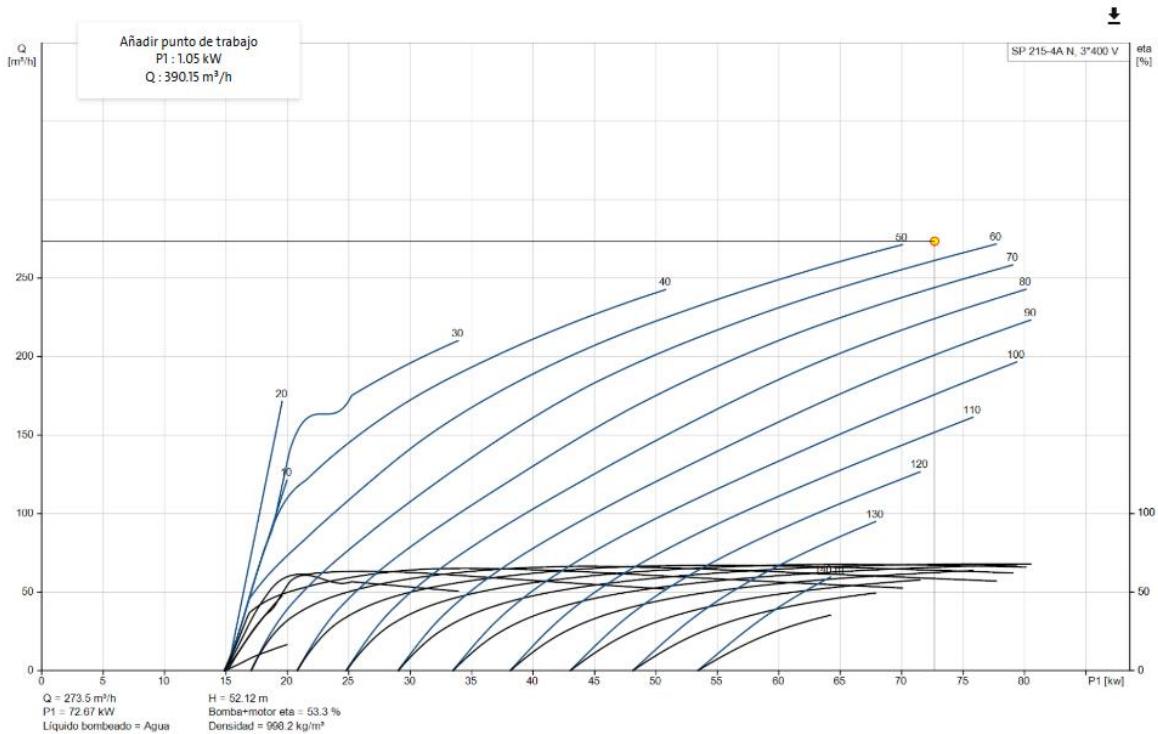
G<sub>dm</sub>: radiación media diaria mensual incidente, que para este caso se elige de la tabla 9 la radiación del mes de septiembre al ser el mes crítico (Wh/m<sup>2</sup>/día);

244.65KWh/m<sup>2</sup>/mes=7891.94Wh/m<sup>2</sup>/dia

G\* y T<sub>c</sub>\*: condiciones estándar, 1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C respectivamente.

Para sacar el rendimiento del motor-bomba nos vamos a la aplicación denominada GRUNDFOS y en ella con los valores previamente calculados de la altura, de las pérdidas y del caudal obtenemos distintas bombas que podremos utilizar en nuestra instalación.

## Rendimiento



**Imagen 48: Rendimiento de la bomba sumergible para riego con balsa**

$$P_p = \frac{353.539 * 1000}{0.533 * 0.9 * (1 - 0.005(40 - 25)) * 7891.94} = 100.958 \text{ kW}_p$$

### 2.5.3.4 Número de módulos

En función de los requisitos de la instalación se pueden organizar los módulos de diversas formas. Estas formas son: en serie, en paralelo.

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{Potencia pico del generador}}{\text{Potencia de cada panel}} = \frac{100958.33W}{350W} = 288.45 = 289 \text{ modulos}$$

$$\text{Nº modulos en serie} = \frac{\text{Tensión nominal panel}}{\text{Tensión máxima potencia}} = \frac{588V}{32.84V} = 17.9 = 18 \text{ Paneles en serie}$$

$$\text{Nº cadenas en paralelo} = \frac{\text{Nº modulos}}{\text{Nº modulos serie}} = \frac{289}{18} = 16 = 16 \text{ cadenas en paralelo}$$

$$\text{Potencia pico real} = 16 * 18 * 350 = 100800 \text{ W}$$

### **2.5.3.5 Determinación de la bomba sumergible y del inversor**

Para el dimensionado de la bomba se tiene en cuenta la altura hidráulica total y el volumen de agua horario que necesita el cultivo.

Con esos datos se realiza una búsqueda en el mercado, con el objetivo de encontrar la que mejor se amolde a las características ya calculadas.

**SP 215-4A N**

**RSI 3x380-440V IP54 110kW 205A**

- **Segunda bomba**

### **2.5.3.6 Energía hidráulica.**

Se debe realizar una estimación correcta del consumo eléctrico que tendrá la instalación para evitar errores de funcionamiento y una posible falta de suministro.

Para ello se tiene en cuenta la altura hidráulica y el caudal diario que se quiere transportar al cultivo.

*Eh*: energía hidráulica (Watio Hora);

*V*: volumen de agua (m<sup>3</sup>);

*H*: altura hidráulica (m);

$$Eh = \frac{Vh}{367} = \frac{2402000l * 30.409m}{367} = 199.025KWh$$

### **2.5.3.7 Elección del módulo**

Panel Solar Monocristalino de 350W de PKS Solar

### **2.5.3.8 Potencia pico del generador fotovoltaico.**

Cubrir las necesidades hídricas de todo el periodo de regadío consiste en una correcta determinación de la potencia pico del generador. Teóricamente en el dimensionado se supone que los módulos trabajan en condiciones estándar de 1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C, y que durante todo el día se trabaja en el punto de máxima potencia.

En la práctica esto no es así, a lo largo del día se obtienen valores diferentes de radiación con valores por debajo de los 1000 W/m<sup>2</sup>, y la influencia de la temperatura ocasiona que la potencia de salida del generador sea inferior a la potencia pico.

La energía eléctrica necesaria depende de los siguientes factores:

- El punto donde trabaje el sistema.
- Umbral de irradiancia de bombeo
- Temperatura de funcionamiento de las células, dependiente del nivel de irradiancia y de la temperatura ambiente.
- Radiación solar.

La ecuación utilizada teniendo en cuenta todos estos factores anteriormente citados es:

$$P_p = \frac{E_h}{\eta_{mb} F_m [1 - \delta(T_c - T_c^*)] G_{dm}} \frac{G^*}{}$$

Donde:

Pp: potencia de salida del generador fotovoltaico (W);

Fm: factor de acople medio, para bombas centrífugas es 0.9;

$\eta_{mb}$ : rendimiento del sistema motor-bomba, visualizado en la figura 48;

$\delta$ : coeficiente de variación de la potencia con la temperatura de las células (0.005/ °C);

Tc: temperatura media diaria de los módulos durante las horas de sol (°C);

Gdm: radiación media diaria mensual incidente, que para este caso se elige de la tabla 9 la radiación del mes de septiembre al ser el mes crítico (Wh/m<sup>2</sup>/día);

244.65KWh/m<sup>2</sup>/mes=7890KWh/m<sup>2</sup>/dia

G\* y Tc\*: condiciones estándar, 1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C respectivamente.

Para sacar el rendimiento del motor-bomba nos vamos a la aplicación denominada GRUNDFOS y en ella con los valores previamente calculados de la altura, de las pérdidas y del caudal obtenemos distintas bombas que podremos utilizar en nuestra instalación.

#### Rendimiento

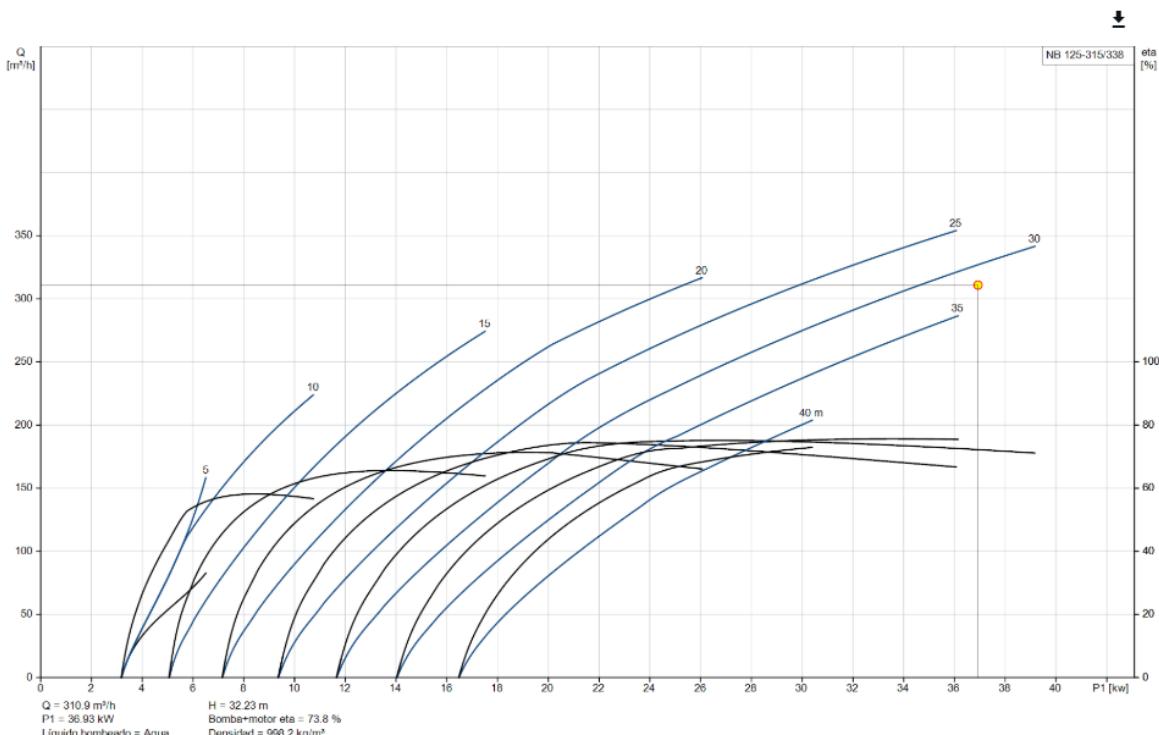


Imagen 49: Rendimiento de la bomba lineal para riego con balsa

$$P_p = \frac{199.025*1000}{0.738*0.9*(1-0.005(40-25))*7891.94} = 41.047 \text{ KWp}$$

### 2.5.3.9 Número de módulos.

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{Potencia pico del generador}}{\text{Potencia de cada panel}} = \frac{41.047 \text{ KW}}{350 \text{ W}} = 117.28 = 118 \text{ modulos}$$

$$\text{Nº modulos en serie} = \frac{\text{Tensión nominal panel}}{\text{Tensión máxima potencia}} = \frac{588V}{32.84V} = 17.9 = 18 \text{ Paneles en serie}$$

$$\text{Nº cadenas en paralelo} = \frac{\text{Nº modulos}}{\text{Nº modulos serie}} = \frac{118}{18} = 6.55 = 7 \text{ cadenas en paralelo}$$

$$\text{Potencia pico real} = 7*18*350 = 44100 \text{ W}$$

### 2.5.3.10 Determinación de la bomba lineal y del inversor

Para el dimensionado de la bomba se tiene en cuenta la altura hidráulica total y el volumen de agua horario que necesita el cultivo.

Con esos datos se realiza una búsqueda en el mercado, con el objetivo de encontrar la que mejor se amolde a las características ya calculadas.

**NB 125-315/338 AAF2AESBAQETW3**

**RSI 3x380-440V IP54 45kW 87A**

## 2.6 Protecciones

### 2.6.1 Configuración de strings para riego directo

Dadas las características de los módulos y el inversor seleccionados, se pasa a determinar cuál debe ser el esquema de conexión que debe realizarse para garantizar un correcto funcionamiento de todos los componentes.

Hay que tener en cuenta que los módulos se pueden asociar en serie, formando cadenas que se conocen como “string”. De esta manera, cada string presentará una tensión total igual a la de la suma de los módulos que lo componen. Se pueden asociar varios string en paralelo, lo que hace que la corriente total sea la de la suma de los string que están conectados en paralelo.

Es necesario, por tanto, adecuar la disposición de los strings de manera que a la entrada del inversor se cumplan los parámetros de funcionamiento indicados por el fabricante de este, vigilando además que no se superen tensiones máximas que puedan perjudicar o destruir el aparato.

Nótese que para que el inversor haga funcionar a los módulos en el punto de máxima potencia de las curvas I-V (MPP) la tensión de entrada en aquel debe superar un valor mínimo, y además estar contenida en un rango de valores concreto de manera preferente.

También hay que destacar que los valores de tensión y corriente MPP indicados por el fabricante del módulo se refieren a una situación ideal con una irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup>. No obstante, si se observan las curvas I-V se puede constatar que el valor de tensión MPP, que es relevante para establecer la configuración de los strings, apenas cambia de una a otra curva.

Es de especial importancia, además, considerar la tensión máxima admisible a la entrada del inversor. Esta tensión se alcanza cuando la intensidad es nula, es decir, se está en una situación de circuito abierto en los módulos. En este caso es de especial relevancia el dato de tensión *Voc* suministrado por el fabricante.

1093 módulos repartidos en 61\*18=1098 módulos.

	<b>Módulo</b>	<b>String</b>	<b>Total entrada</b>
<b>VMPP (V)</b>	32.84	591.12	591.12
<b>IMPP (A)</b>	10.66	10.66	650.26
<b>Isc (A)</b>	11.24	11.24	685.64
<b>Voc (V)</b>	39.82	716.76	716.76

**Tabla 8: Configuración y parámetros de los strings para riego directo**

Con el fin de proteger los dispositivos de protección y el inversor de los elementos, así como para facilitar su acceso y mantenimiento, se colocarán todos ellos en un armario protector



**Imagen 50: Armario protector**

## **2.6.2 Cálculo de protecciones riego directo**

### **2.6.2.1 Corriente continua**

En el lado de corriente continua, que incluye tanto los módulos fotovoltaicos como el cableado que los une con el inversor, será necesario disponer de protecciones contra sobreintensidades y sobretensiones. En este caso, hay que asegurarse de que la intensidad nominal de disparo del sistema de protección sea de un valor superior a la intensidad de cortocircuito de los módulos (que es la máxima que pueden alcanzar en sus condiciones normales de funcionamiento), para evitar disparos indeseados.

Además, la tensión de trabajo que debe soportar el sistema de protección sin averiarse deberá ser superior a la tensión a circuito abierto del conjunto de módulos del string a proteger,  $V_{oc}$  (que es la máxima que se puede alcanzar un módulo en sus condiciones normales de funcionamiento).

Para guardar todas las protecciones hemos elegido un armario estándar. [30]

Para el control de las sobreintensidades disponemos de fusibles y portafusibles que tienen una corriente máxima de 15A mayor que los 11.24A de cada string. Utilizaremos ciento veintidós de cada uno. Sesenta y uno para positivos y sesenta y uno para negativos. [31] [32]

El control de las sobretensiones lo realizaremos con un limitador de sobretensión que tiene una tensión máxima de 1000V mayor que los 716.76V de cada string. Utilizaremos un solo limitador. [33]

También añadimos unos disyuntores denominados magnetotérmicos con una tensión máxima de 100V y una intensidad máxima de 125A. Utilizaremos siete magnetotérmicos. Ya que nuestra máxima corriente es de 685.64A y nuestro magnetotérmico es de 125A y está colocado en siete filas, podemos comprobar que, al dividir la máxima corriente entre el número de filas, da una corriente por debajo de 125A, por lo que ese magnetotérmico es el correcto. [34]

### **2.6.2.2 Corriente alterna**

A la hora de plantear las protecciones en el lado de corriente alterna (desde el inversor hasta la bomba) hay que tener en cuenta que se trata de una línea trifásica, de 380V de tensión.

Dado que en este lado de la instalación se alimenta un motor de corriente alterna para la bomba, además de la protección contra cortocircuitos y sobrecargas se incluirá una protección adicional con un diferencial. Como el inversor está preparado y configurado específicamente para la alimentación de motores y electrobombas, se puede considerar que es capaz de realizar un arranque del motor empleado sin incurrir en excesivas sobreintensidades.

El uso de un diferencial permite que se abra el circuito en caso de que la corriente que vuelve al inversor sea distinta a la que sale de él, lo que podría ocurrir en caso de un fallo de aislamiento en el motor o un contacto humano accidental que derive la corriente a tierra.

Para garantizar la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos, se incluye un solo magnetotérmico tetrapolar, este dispositivo abre el circuito cuando se detecta un incremento de tensión excesivo o una corriente elevada a consecuencia de un cortocircuito.

Este dispositivo tiene una sensibilidad de 100mA, y una intensidad nominal de funcionamiento de 250A. Como el motor consume 132KW a una tensión de 380V, su intensidad de funcionamiento es de 200.55A, por lo que puede funcionar correctamente. [35]

### **2.6.2.3 Puesta a tierra**

A la hora de garantizar la protección de las personas y los equipos, resulta fundamental incluir una toma de tierra adecuada en la instalación. Para la determinación de las características concretas que debe tener la puesta a tierra de la instalación de manera que resulte adecuada y segura, se siguen las indicaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), en concreto las presentes en la instrucción ITC-BT-18. El cálculo de la puesta a tierra se realiza en base a la resistencia que debe tener para garantizar que no se superen unos valores de tensión de contacto e intensidad de defecto concretos.

En la ITC-BT-18 se establece que hay que distinguir entre locales secos y húmedos para establecer la máxima tensión de contacto admisible. En el caso de la presente instalación, al tratarse de una de riego solar en la que es posible que el agua rociada por los aspersores alcance el terreno en un radio de varios metros, se considerará que se trata de un local húmedo, por lo que la tensión de contacto será como máximo de 24V.

$$Rt = \frac{Vc}{I_{defecto}} = \frac{24V}{0.1A} = 240\Omega$$

Una vez hecho esto, hay que establecer qué tipo de electrodo de puesta a tierra será utilizado. En este caso, dadas las reducidas dimensiones de la instalación y la proximidad de todos los elementos, bastará con colocar un único electrodo en forma de pica de acero galvanizado hincada en el terreno, que servirá de puesta a tierra para toda la instalación. Es necesario, no obstante, determinar la longitud de dicha pica.

La ITC-BT-18 establece que la resistencia de tierra de una pica enterrada de manera vertical es:

$$R = \frac{\rho}{L} \text{ donde } L = \frac{\rho}{R}$$

Donde R es la resistencia calculada anteriormente y  $\rho$  es la resistividad del terreno en este caso es  $500\Omega \cdot m$

$$L = \frac{500}{240} = 2.1m$$

Escogiendo una pica normalizada de 3 metros de acero galvanizado.

Como se ha mencionado, a esta misma pica de puesta a tierra se conectarán todos los conductores de puesta a tierra de la instalación. Esos serán los siguientes: el de protección contra sobretensiones de la parte de continua, la tierra de la parte de alterna trifásica, y todas las masas y elementos que deban conectarse a tierra.

### 2.6.3 Configuración de strings para riego con balsa

407 módulos repartidos en  $23*18=414$  módulos.

	Módulo	String	Total entrada
<b>VMPP (V)</b>	32.84	591.12	591.12
<b>IMPP (A)</b>	10.66	10.66	245.18
<b>Isc (A)</b>	11.24	11.24	258.52
<b>Voc (V)</b>	39.82	716.76	716.76

**Tabla 9: Configuración y parámetros de los strings para riego con balsa**

## 2.6.4 Cálculo de protecciones riego con balsa

### 2.6.4.1 Corriente continua

Respecto a los dispositivos que utilizaremos para la protección frente a sobreintensidades también serán fusibles y portafusibles, pero en este caso solo cuarenta y seis unidades, veintitrés para los positivos y otros veintitrés para los negativos. [31] [32]

Para las protecciones de las sobretensiones utilizaremos un solo limitador de sobretensión. [33]

También añadimos unos disyuntores denominados magnetotérmicos con una tensión máxima de 100V y una intensidad máxima de 125A. Utilizaremos tres magnetotérmicos. Ya que nuestra máxima corriente es de 258.52A y nuestro magnetotérmico es de 125A y está colocado en tres filas, podemos comprobar que, al dividir la máxima corriente entre el número de filas, da una corriente por debajo de 125A, por lo que ese magnetotérmico es el correcto. [34]

### 2.6.4.2 Corriente alterna

Al igual que para el caso anterior de riego directo para garantizar la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos, se incluye un solo magnetotérmico tetrapolar, este dispositivo abre el circuito cuando se detecta un incremento de tensión excesivo o una corriente elevada a consecuencia de un cortocircuito. [35]

Este dispositivo tiene una sensibilidad de 100mA, y una intensidad nominal de funcionamiento de 250A. Como el motor consume 120KW a una tensión de 380V, su intensidad de funcionamiento es de 182.32A, por lo que puede funcionar correctamente.

### 2.6.4.3 Puesta a tierra

Para el cálculo de la puesta a tierra habría que realizar los mismos cálculos que en el caso anterior obteniendo el resultado de 2.1m de longitud de pica, estableciendo 3 metros como valor normalizado.

## 2.7 Cableado

A la hora de dimensionar las secciones de cableado de una instalación de baja tensión como la que nos ocupa (corriente alterna con tensión inferior a 1000V y continua inferior a 1500V), si se siguen las normas del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión hay que considerar 3 condiciones o criterios de diseño:

1<sup>a</sup> condición: criterio de caída de tensión. Para garantizar el correcto funcionamiento de las cargas alimentadas por la línea, la caída de tensión originada en los conductores por efecto de la circulación de corriente por ellos debe ser inferior a los límites tolerados por el REBT.

2<sup>a</sup> condición: criterio de calentamiento. La temperatura máxima que alcanzan los conductores por efecto del calentamiento originado por la circulación de corriente por ellos en régimen permanente debe ser inferior a un límite admisible, función del aislamiento de que dispongan.

3<sup>a</sup> condición: intensidad de cortocircuito. La temperatura máxima que pueden alcanzar los conductores por efecto de un cortocircuito no debe superar unos límites establecidos.

No obstante, la tercera condición no se aplica en instalaciones alimentadas por un generador fotovoltaico, dado que en este autolimita la intensidad máxima al valor de la intensidad de cortocircuito del generador. Por lo tanto, resultará suficiente realizar un dimensionado del cableado tal que cumpla las dos primeras condiciones.

## 2.7.1 Cálculo del cableado para riego directo

### 2.7.1.1 Distancias

Tramo	Línea	Distancias	Tensión	Corriente
1	Generador PV-caja CC	50	591	11.24
2	Caja CC- Inversor	5	591	78.68
3	Inversor-Caja CA	5	380	200.55
4	Caja CA-Bomba	20	380	200.55

Tabla 10: Tramos del cableado para riego directo

### 2.7.1.2 Corriente continua

Se ha considerado que todo el cableado se va a efectuar de manera que los cables estén ubicados en el interior de un conducto, sin considerar contacto con pared aislante (tipo B1). Para proceder con el dimensionamiento del cableado de la parte de corriente continua atendemos a la instrucción ITC-BT-40, que indica que en ella la intensidad de diseño debe ser al menos el 125% de la máxima, y además que la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión no será superior al 1.5% para la intensidad nominal.

- **Tramo 1:**

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot 1.25}{\Delta U \cdot U} = \frac{2 \cdot 0.0172 \cdot 50 \cdot 11.24 \cdot 1.25}{0.015 \cdot 591} = 2.7 \text{ mm}^2$$

- **Tramo 2:**

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot 1.25}{\Delta U \cdot U} = \frac{2 \cdot 0.0172 \cdot 5 \cdot 78.68 \cdot 1.25}{0.015 \cdot 591} = 1.9 \text{ mm}^2$$

Estas serían las secciones teóricas de cable necesarias, por lo que el cable comercial seleccionado deberá tener una igual o mayor para garantizar que se cumple el criterio de caída de tensión.

En este caso, la mínima sección comercial de los cables es de 4 mm<sup>2</sup>, por lo que esa es la seleccionada para la parte de corriente continua según el criterio de caída de tensión.

Sería necesario pues, pasar a considerar el cumplimiento del requisito de máximo calentamiento para la sección seleccionada. Cabe destacar que existen dos tipos de aislamiento para los cables: de tipo PVC (termoplástico) o XLPE o EPR (termoestable). Dadas las mejores prestaciones y comportamiento que presentan estos últimos frente a la acción de la temperatura, en la instalación se dispondrán de conductores aislados con XLPE.

Para proceder, se debe primero considerar los efectos de agrupamiento o efecto de la temperatura, para poder así aplicar factores de corrección a la intensidad (ya corregida por un factor de 1.25 según ITC-BT-40) según indica la norma HD-60364-5-52=C.52.1.bis, que sustituye a UNE 20460-5-523, de la siguiente manera:

El criterio de corrección por temperatura se aplica en el caso de que la temperatura ambiente vaya a ser diferente de 40°C. Dado que los cables de CC del tramo 1 van a estar recogidos en el interior de una conducción y esta se encuentra en el exterior en verano, por seguridad se va a considerar que la temperatura de operación será de 50°C, por lo que el factor de corrección correspondiente con aislamiento de XLPE será de 0.89. En el caso del tramo 2, como se van a encontrar en el cuadro de protección y protegidos del sol, se puede considerar que estarán a 35°C como máximo, por lo que el factor será de 1.05.

A continuación, el criterio de agrupamiento se aplica si hay más de un circuito por la misma canalización. En este caso, el coeficiente es de 0.6 para el tramo 1 y 0.7 para el tramo 2.

- $I_{corregida_{tramo1}} = \frac{I * 1.25}{0.89 * 0.6} = \frac{11.24 * 1.25}{0.89 * 0.6} = 26.31A$
- $I_{corregida_{tramo2}} = \frac{I * 1.25}{1.05 * 0.7} = \frac{78.68 * 1.25}{1.05 * 0.7} = 133.81A$

Con estos datos, acudimos a las tablas de la norma HD-60364-5-52=C.52.1.bis y comprobamos si para un aislamiento de XLPE como el indicado, y la sección preliminar obtenida mediante el criterio de caída de tensión, la intensidad máxima admisible es mayor que la intensidad corregida calculada:

Podemos comprobar que una sección de 4mm<sup>2</sup> soporta una intensidad máxima de 32A, suficiente para el tramo 1. No obstante, para el tramo 2 deberemos seleccionar una sección de 50mm<sup>2</sup> para que se cumplan los dos criterios, considerando la intensidad corregida calculada. [36] [37]

### 2.7.1.3 Corriente alterna

En cuanto al cálculo del cableado para la parte de corriente alterna de la instalación, se siguen los mismos criterios y consideraciones que en el caso de corriente continua. No obstante, la fórmula en este caso para el cálculo de la sección por caída de tensión difiere del caso de continua, como se muestra a continuación:

- **Tramo 3:**

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot 1.25}{\Delta U \cdot U} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.0172 \cdot 5 \cdot 200.55 \cdot 1.25}{0.015 \cdot 380} = 6.6 \text{ mm}^2$$

- **Tramo 4:**

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot 1.25}{\Delta U \cdot U} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.0172 \cdot 20 \cdot 200.55 \cdot 1.25}{0.015 \cdot 380} = 26.2 \text{ mm}^2$$

Estas serían las secciones teóricas de cable necesarias, por lo que el cable comercial seleccionado deberá tener una igual o mayor para garantizar que se cumple el criterio de caída de tensión.

En este caso, la mínima sección comercial de los cables es de 10mm<sup>2</sup> para el tramo 3 y de 35mm<sup>2</sup> para el tramo 4, por lo que esas son las seleccionadas para la parte de corriente alterna según el criterio de caída de tensión.

El criterio de corrección para el tramo 3, como se van a encontrar en el cuadro de protección y protegidos del sol, se puede considerar que estarán a 35° como máximo, por lo que el factor será de 1.05.

A continuación, el criterio de agrupamiento se aplica si hay más de un circuito por la misma canalización. En este caso, el coeficiente es de 1.

- $I_{corregida_{tramo3}} = \frac{I \cdot 1.25}{1.05 \cdot 1} = \frac{200.55 \cdot 1.25}{1.05 \cdot 1} = 238.75 \text{ A}$

Con estos datos, acudimos a las tablas de la norma HD-60364-5-52=C.52.1.bis y comprobamos si para un aislamiento de XLPE como el indicado y la sección preliminar obtenida mediante el criterio de caída de tensión, la intensidad máxima admisible es mayor que la intensidad corregida calculada:

Podemos comprobar que una sección de 10mm<sup>2</sup> soporta una intensidad máxima de 57A, que no es suficiente para el tramo 3, teniendo que elegir una sección mayor que correspondería a 120mm<sup>2</sup>. A la hora de buscar el cableado de sección de 120mm<sup>2</sup> y no encontrarlo trabajaremos con tres cables de sección 50mm<sup>2</sup>. [38]

Para la corrección del tramo 4 hacemos uso de las tablas de la ITC-BT-07 se obtiene que para una temperatura de terreno de 25°C a una profundidad de 0,7m, un cable tetrapolar de cobre de 50mm<sup>2</sup> de sección con aislamiento de XLPE puede alcanzar una intensidad máxima admisible de hasta 185A que es menor de la que nosotros necesitamos por lo que hay que aumentar la sección a 95mm<sup>2</sup>. A la hora de buscar el cableado de sección de 95mm<sup>2</sup> y no encontrarlo trabajaremos con dos cables de sección 50mm<sup>2</sup>. [38]

A modo de resumen, la siguiente tabla recoge las secciones finales de los cables necesarios en la instalación, recordando que todos ellos deben ser de cobre y con aislamiento de XLPE:

Tramo	Línea	Sección caída de tensión mm <sup>2</sup>	Sección calentamiento mm <sup>2</sup>	Sección comercial mm <sup>2</sup>
1	Generador PV - caja CC	2.73	4	4
2	Caja CC- Inversor	1.91	50	50
3	Inversor-Caja CA	6.55	120	3*50
4	Caja CA-Bomba	26.2	95	2*50

**Tabla 11: Secciones del cableado para riego directo**

#### **2.7.1.4 Puesta a tierra**

Siguiendo la norma UNE HD 60364-5-54, se procede a seleccionar el cableado de los conductores de puesta a tierra, encargados de conectar la instalación con la toma de tierra presente. La norma establece la sección mínima de estos conductores de protección en función de la sección de los conductores de fase de la instalación, según la siguiente tabla:

Sección de los conductores de fase de la instalación S mm <sup>2</sup>	Sección mínima de los conductores de protección Sp mm <sup>2</sup>
S ≤ 16	Sp = S
16 < S ≤ 35	Sp = 16
S > 35	Sp = S/2

**Tabla 12: Sección del cableado de puesta a tierra para riego directo**

Como en nuestro caso la sección máxima es de 120mm<sup>2</sup> se establece que para secciones mayores a 35mm<sup>2</sup> se establece una sección de puesta tierra de Sp = S/2, siendo en nuestro caso de 60mm<sup>2</sup>.

#### **2.7.2 Cálculo del cableado para riego con balsa**

##### **2.7.2.1 Distancias**

Tramo	línea	Distancias	Tensión	Corriente
1	Generador-caja CC	50	591	11.24
2	Caja CC- Inversor	5	591	33.72
3	Inversor-Caja CA	5	380	182.32
4	Caja CA-Bomba	20	380	182.32

**Tabla 13: Tramos del cableado para riego con balsa**

### 2.7.2.2 Corriente continua

Se ha considerado que todo el cableado se va a efectuar de manera que los cables estén ubicados en el interior de un conducto, sin considerar contacto con pared aislante (tipo B1). Para proceder con el dimensionamiento del cableado de la parte de corriente continua atendemos a la instrucción ITC-BT-40, que indica que en ella la intensidad de diseño debe ser al menos el 125% de la máxima, y además que la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión no será superior al 1.5% para la intensidad nominal.

- **Tramo 1:**

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot 1.25}{\Delta U \cdot U} = \frac{2 \cdot 0.0172 \cdot 50 \cdot 11.24 \cdot 1.25}{0.015 \cdot 591} = 2.7 \text{ mm}^2$$

- **Tramo 2:**

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot 1.25}{\Delta U \cdot U} = \frac{2 \cdot 0.0172 \cdot 5 \cdot 33.72 \cdot 1.25}{0.015 \cdot 591} = 0.8 \text{ mm}^2$$

Estas serían las secciones teóricas de cable necesarias, por lo que el cable comercial seleccionado deberá tener una igual o mayor para garantizar que se cumple el criterio de caída de tensión.

En este caso, la mínima sección comercial de los cables es de 4mm<sup>2</sup>, por lo que esa es la seleccionada para la parte de corriente continua según el criterio de caída de tensión.

Sería necesario pues, pasar a considerar el cumplimiento del requisito de máximo calentamiento para la sección seleccionada. Cabe destacar que existen dos tipos de aislamiento para los cables: de tipo PVC (termoplástico) o XLPE o EPR (termoestable). Dadas las mejores prestaciones y comportamiento que presentan estos últimos frente a la acción de la temperatura, en la instalación se dispondrán de conductores aislados con XLPE.

Para proceder, se debe primero considerar los efectos de agrupamiento o efecto de la temperatura, para poder así aplicar factores de corrección a la intensidad (ya corregida por un factor de 1.25 según ITC-BT-40) según indica la norma HD-60364-5-52=C.52.1.bis, que sustituye a UNE 20460-5-523, de la siguiente manera:

El criterio de corrección por temperatura se aplica en el caso de que la temperatura ambiente vaya a ser diferente de 40°C. Dado que los cables de CC del tramo 1 van a estar recogidos en el interior de una conducción y esta se encuentra en el exterior en verano, por seguridad se va a considerar que la temperatura de operación será de 50°C, por lo que el factor de corrección correspondiente con aislamiento de XLPE será de 0.89. En el caso del tramo 2, como se van a encontrar en el cuadro de protección y protegidos del sol, se puede considerar que estarán a 35° como máximo, por lo que el factor será de 1.05.

A continuación, el criterio de agrupamiento se aplica si hay más de un circuito por la misma canalización. En este caso, el coeficiente es de 0.6 para el tramo 1 y 0.9 para el tramo 2.

- $I_{corregida_{tramo1}} = \frac{I*1.25}{0.89*0.6} = \frac{11.24*1.25}{0.89*0.6} = 26.3A$

- $I_{corregida_{tramo2}} = \frac{I*1.25}{1.05*0.9} = \frac{33.72*1.25}{1.05*0.9} = 44.6A$

Con estos datos, acudimos a las tablas de la norma HD-60364-5-52=C.52.1.bis y comprobamos si para un aislamiento de XLPE como el indicado, y la sección preliminar obtenida mediante el criterio de caída de tensión, la intensidad máxima admisible es mayor que la intensidad corregida calculada:

Podemos comprobar que una sección de  $4mm^2$  soporta una intensidad máxima de 32A, suficiente para el tramo 1. No obstante, para el tramo 2 deberemos seleccionar una sección de  $10mm^2$  para que se cumplan los dos criterios, considerando la intensidad corregida calculada. [36] [39]

### 2.7.2.3 Corriente alterna

En cuanto al cálculo del cableado para la parte de corriente alterna de la instalación, se siguen los mismos criterios y consideraciones que en el caso de corriente continua. No obstante, la fórmula en este caso para el cálculo de la sección por caída de tensión difiere del caso de continua, como se muestra a continuación:

- **Tramo 3:**

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot 1.25}{\Delta U \cdot U} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.0172 \cdot 5 \cdot 182.32 \cdot 1.25}{0.015 \cdot 380} = 5.9mm^2$$

- **Tramo 4:**

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot 1.25}{\Delta U \cdot U} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.0172 \cdot 20 \cdot 182.32 \cdot 1.25}{0.015 \cdot 380} = 23.8mm^2$$

Estas serían las secciones teóricas de cable necesarias, por lo que el cable comercial seleccionado deberá tener una igual o mayor para garantizar que se cumple el criterio de caída de tensión.

En este caso, la mínima sección comercial de los cables es de  $10mm^2$  para el tramo 3 y de  $25mm^2$  para el tramo 4, por lo que esas son las seleccionadas para la parte de corriente alterna según el criterio de caída de tensión.

El criterio de corrección para el tramo 3, como se van a encontrar en el cuadro de protección y protegidos del sol, se puede considerar que estarán a  $35^\circ$  como máximo, por lo que el factor será de 1.05.

A continuación, el criterio de agrupamiento se aplica si hay más de un circuito por la misma canalización. En este caso, el coeficiente es de 1.

$$\bullet \quad I_{corregida_{tramo3}} = \frac{I*1.25}{1.05*1} = \frac{182.32*1.25}{1.05*1} = 217.1A$$

Con estos datos, acudimos a las tablas de la norma HD-60364-5-52=C.52.1.bis y comprobamos si para un aislamiento de XLPE como el indicado, y la sección preliminar obtenida mediante el criterio de caída de tensión, la intensidad máxima admisible es mayor que la intensidad corregida calculada:

Podemos comprobar que una sección de  $10mm^2$  soporta una intensidad máxima de 57A, que no es suficiente para el tramo 3, teniendo que elegir una sección mayor que correspondería a  $120mm^2$ . A la hora de buscar el cableado de sección de  $120mm^2$  y no encontrarlo trabajaremos con tres cables de sección  $50mm^2$ . [38]

Para la corrección del tramo 4 hacemos uso de las tablas de la ITC-BT-07 se obtiene que para una temperatura de terreno de  $25^{\circ}C$  a una profundidad de 0.7m, un cable tetrapolar de cobre de  $25mm^2$  de sección con aislamiento de XLPE puede alcanzar una intensidad máxima admisible de hasta 115A que es menor de la que nosotros necesitamos por lo que hay que aumentar la sección a  $50mm^2$ . [38]

A modo de resumen, la siguiente tabla recoge las secciones finales de los cables necesarios en la instalación, recordando que todos ellos deben ser de cobre y con aislamiento de XLPE:

Tramo	Línea	Sección por caída de tensión ( $mm^2$ )	Sección por corriente ( $mm^2$ )	Sección comercial ( $mm^2$ )
1	Generador-caja CC	2.7	4	4
2	Caja CC-Inversor	0.8	10	10
3	Inversor-Caja CA	5.9	120	3*50
4	Caja CA-Bomba	23.8	50	50

**Tabla 14: Secciones del cableado para riego con balsa**

#### 2.7.2.4 Puesta a tierra

Siguiendo la norma UNE HD 60364-5-54, se procede a seleccionar el cableado de los conductores de puesta a tierra, encargados de conectar la instalación con la toma de tierra presente. La norma establece la sección mínima de estos conductores de protección en función de la sección de los conductores de fase de la instalación, según la siguiente tabla:

Sección de los conductores de fase de la instalación $S \text{ mm}^2$	Sección mínima de los conductores de protección $Sp \text{ mm}^2$
$S \leq 16$	$Sp = S$
$16 < S \leq 35$	$Sp = 16$
$S > 35$	$Sp = S/2$

**Tabla 15: Sección del cableado de puesta a tierra para riego con balsa**

Como en nuestro caso la sección máxima es de  $120\text{mm}^2$  se establece que para secciones mayores a  $35\text{mm}^2$  se establece una sección de puesta tierra de  $Sp = S/2$ , siendo en nuestro caso de  $60\text{mm}^2$ .

#### 2.8 Presupuesto económico

A continuación, se va a realizar un presupuesto económico para ambos casos, para el riego directo y para el riego con balsa.

En esta comparación se podrá ver todos los elementos necesarios para poner en marcha el proyecto para transformar la luz en energía destacando los módulos fotovoltaicos, inversores o bombas, pasando por elementos de protección y por el cableado por donde circula energía.

## 2.8.1 Instalación de riego directo

Concepto	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
Módulo fotovoltaico	1098	148	162504
Estructura de soporte de 15º	1098	55.65	61103.7
Bomba	1	45845	45845
Inversor	1	20289	20289
Caja combinadora	1	450	450
Fusibles	122	13.55	1653.1
Portafusibles	122	7.25	884.5
Limitador de sobretensión	1	51.13	51.13
Magnetotérmico	7	16.94	118.58
Diferencial y magnetotérmico	1	538.29	538.29
Cable monofásico 4 mm <sup>2</sup>	900	1.89	1701
Cable monofásico 50 mm <sup>2</sup>	70	8.14	569.8
Cable tetrapolar 50 mm <sup>2</sup>	55	36.45	2004.75
Total	-	-	297712.85

**Tabla 16: Coste de la instalación para riego directo**

La cantidad de cable de 4mm<sup>2</sup> está compuesta de 50 metros de cable multiplicado por 18 paneles en serie.

La cantidad de cable de 50mm<sup>2</sup> monofásicos está compuesta de 5 metros de cables multiplicado por 7 que es el número de filas. Después esta multiplicado por dos para tener un cable positivo y otro negativo.

La cantidad de cable de 50mm<sup>2</sup> tetrapolar está compuesta por 5 metros de cables multiplicado por 3 ya que necesitaríamos un cable de sección de 120 y como no le he encontrado he puesto 3 de 50mm<sup>2</sup>. A esto hay que sumarle 20 metros más de cable multiplicado por dos ya que en este tramo necesitamos una sección de 95mm<sup>2</sup> y utilizaremos 2 de 50mm<sup>2</sup>.

## 2.8.2 Instalación de riego con balsa

Concepto	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
Balsa 308m <sup>3</sup> [40]	1	8367	8367
Módulo fotovoltaico	414	148	61272
Estructura de soporte de 15º	414	55.65	23039.1
Bomba 1	1	20550	20550
Bomba 2	1	19504	19504
Inversor 1	1	12603	12603
Inversor 2	1	6934	6934
Caja combinadora	1	450	450
Fusibles	46	13.55	623.3
Portafusibles	46	7.25	333.5
Limitador de sobretensión	1	51.13	51.13
Magnetotérmico	3	16.94	50.82
Diferencial y magnetotérmico	1	538.29	538.29
Cable monofásico 4mm <sup>2</sup>	900	1.89	1701
Cable monofásico 10mm <sup>2</sup>	15	4.08	61.2
Cable tetrapolar 50mm <sup>2</sup>	35	36.45	1275.75
Total	-	-	157354.09

**Tabla 17: Coste de la instalación para riego con balsa**

La cantidad de cable de 4mm<sup>2</sup> está compuesta de 50 metros de cable multiplicado por 18 paneles en serie.

La cantidad de cable de 10mm<sup>2</sup> monofásicos está compuesta de 5 metros de cables multiplicado por 3 que es el número de filas.

La cantidad de cable de 50mm<sup>2</sup> tetrapolar está compuesta por 5 metros de cables multiplicado por 3 ya que necesitaríamos un cable de sección de 120 y como no le he encontrado he puesto 3 de 50mm<sup>2</sup>. A esto hay que sumarle 20 metros más de cable.

### 2.8.3 Comparación de ambos métodos de riego

Para comenzar he realizado un gráfico de distribución de costes para las dos formas de riego.

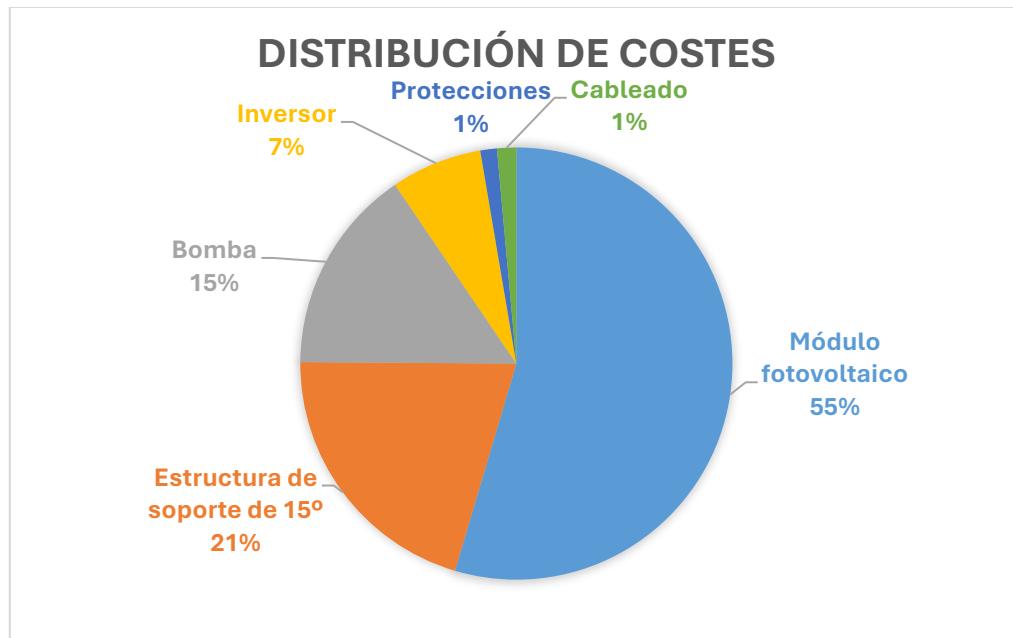


Imagen 51: Costes de la instalación para riego directo

Se puede notar que la mayor parte del costo de nuestra instalación se destina a los paneles fotovoltaicos, más del 50%, seguido por los soportes en los que se ensamblan esos paneles. Luego, en menor proporción, se encuentran la bomba y el inversor que están diseñados para la potencia requerida para elevar el agua desde el pozo hasta el pivote. Por último, se encuentran las protecciones y el cableado, que tienen un valor menor en comparación con los demás elementos de la instalación.

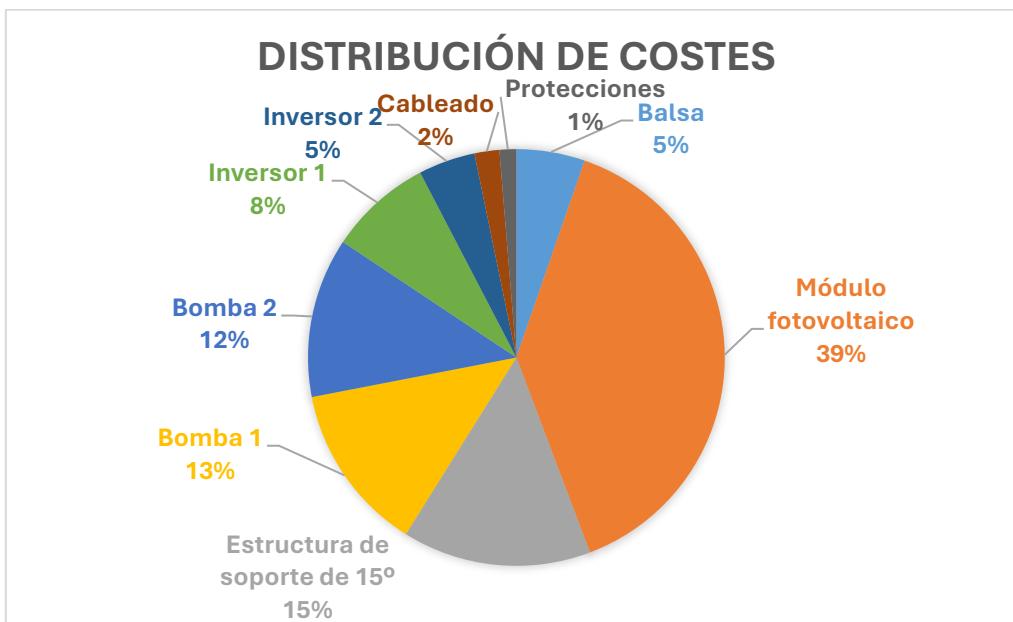


Imagen 52: Costes de la instalación para riego con balsa

En esta segunda gráfica se puede ver que los paneles fotovoltaicos continúan representando la mayor parte del coste de la instalación, aunque su porcentaje ha caído en más de un 15%. El peso de los sustentos también ha bajado en comparación con el caso previo. Estos dos costos han bajado porque en el riego con balsa se requieren menos paneles solares, dado que la energía necesaria para el riego es inferior a la del riego directo, ya que en este sistema se extrae el agua y se guarda en una balsa, y luego se procede a regar, lo que requiere menos potencia que extraer el agua del pozo y regar de forma continua.

Para este tipo de riego, es necesario contar con una balsa para almacenar el agua, además de dos bombas con sus respectivos inversores. La capacidad de las bombas y de los inversores es inferior a la del caso previo, pero al haber dos en lugar de uno, el porcentaje de ambos dispositivos en relación con el costo total de la instalación es más alto.

Al igual que en el caso anterior, el porcentaje de cableado y de protecciones es bastante reducido en comparación con los demás dispositivos.

En este caso de riego con balsa, se presenta un porcentaje de construcción de la balsa que es solo del 5%.

A continuación, he realizado un diagrama de barras para la comparación económica del riego directo frente a riego mediante una balsa.



Imagen 53: Comparación de las dos formas de riego

Es evidente en la comparación de los dos diseños cómo se incrementa el costo en el caso de riego directo debido a la gran cantidad de paneles solares, ya que se requiere instalar una mayor potencia para garantizar la presión y el caudal necesarios del pozo para regar las horas requeridas en el día con más demanda de agua.

### 3. Conclusiones

Para concluir este trabajo de fin de grado, procederé a hacer una breve conclusión del análisis de los cálculos de este proyecto, así como de mi perspectiva sobre este asunto.

Comenzaré hablando sobre este proyecto en el que he realizado una comparación entre riego directo y riego con balsa. Tras llevar a cabo un breve análisis económico, se ha podido observar que el sistema de riego con balsa resulta ser más rentable para mi estudio que el riego directo. Aunque el riego con balsa requiere una zona específica para su construcción y un coste adicional, el coste total de la instalación es inferior al de un sistema de riego directo. Esto se debe a que con esta segunda opción de riego se necesitaría un mayor número de paneles fotovoltaicos, más del doble, lo que hace que, desde un punto de vista económico, el riego a través de una balsa sea más asequible. Una de las causas por las que el riego por balsa resulta más eficaz que el riego directo es que en días con poca luz solar, cuando los paneles fotovoltaicos no producen energía suficiente, el sistema con balsa te permite regar tu cultivo con el agua almacenada en días anteriores.

Respecto a mi opinión sobre esta comparación de ambos sistemas de riego y después de buscar información y analizarla sobre las energías renovables, el clima en España y, especialmente, sobre el agua, que es uno de los recursos más fundamentales en nuestra vida diaria he llegado a la conclusión que es más rentable a nivel económico el riego mediante una balsa que el riego directo, además el riego mediante la utilización de paneles fotovoltaicos es menos perjudicial para el medio ambiente ya que produce una energía menos contaminante que si utilizas un motor de combustión.

Además, cabe destacar que esta instalación es de autoconsumo por lo que no está conectada a la red, resultando más económica debido a que no tienes que pagar una factura de luz y evita que ante un apagón esta instalación quede sin servicio.

Finalmente, deseo mencionar la empresa donde realicé las prácticas, llamada SMI, que está especializada en el mantenimiento de plantas fotovoltaicos, en la cual he tenido un contacto más cercano con los dispositivos que conforman estas instalaciones.

#### 4. Bibliografía y Referencias

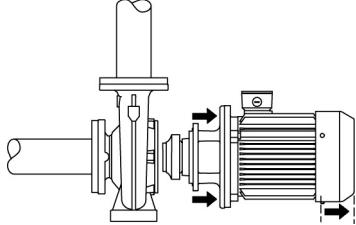
- [1] «Endesa,» Cómo se genera la energía eléctrica, 2024. [En línea]. Available: <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/centrales-electricas/como-se-genera-electricidad> . [Último acceso: 2025].
- [2] «Epdata,» Demanda y generación de energía eléctrica en España, 2023. [En línea]. Available: <https://www.epdata.es/datos/demanda-generacion-energia-electrica-espana-datos-graficos/636> . [Último acceso: 2025].
- [3] «Iberdrola,» Energías renovables en España, 2024. [En línea]. Available: <https://www.iberdrolaespana.com/sostenibilidad/energias-renovables> . [Último acceso: 2025].
- [4] «Apaga-luz,» Precio de la luz, 2024. [En línea]. Available: <https://www.apaga-luz.com/graficas/> . [Último acceso: 2025].
- [5] «Red Electrica Española,» La demanda de energía eléctrica en España, 2024. [En línea]. Available: <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2024/09/la-demanda-de-energia-electrica-en-espana-aumenta-3-8-por-ciento-en-agosto> . [Último acceso: 2025].
- [6] «wikipedia,» Energía solar en España, 2024. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar\\_en\\_Espa%C3%B1a](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_en_Espa%C3%B1a) . [Último acceso: 2025].
- [7] «Statista,» Energía solar fotovoltaica generada en España de 2010 a 2024, 2024. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/1004390/generacion-solar-fotovoltaica-en-espana/> . [Último acceso: 2025].
- [8] «Aleasoft,» La fotovoltaica en primera línea del cambio económico, 2019. [En línea]. Available: <https://aleasoft.com/es/fotovoltaica-primera-linea-cambio-economico/> . [Último acceso: 2025].
- [9] Marcos Carbonell, «Hogarsense,» El precio de la energía fotovoltaica en España, 2024. [En línea]. Available: <https://www.hogarsense.es/placas-solares/energia-fotovoltaica-espana> . [Último acceso: 2025].
- [10] Rosa Fernandez, «Statista,» Evolución anual de la precipitación media en España de 2013 a 2024, 2024. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/935483/evolucion-anual-de-la-precipitacion-media-en-espana/> . [Último acceso: 2025].
- [11] «Aemet,» Resumen anual climatológico, 2023. [En línea]. Available: [https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/resumenes\\_climat/anuales/res\\_anual\\_clim\\_2023.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes_climat/anuales/res_anual_clim_2023.pdf) . [Último acceso: 2025].
- [12] «Embalses,» Situacion de los embalses, 2024-2025. [En línea]. Available: <https://www.embalses.net/> . [Último acceso: 2025].

- [13] «Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico,» Informes de sequia, 2025. [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/informes-mapas-seguimiento.html> . [Último acceso: 2025].
- [14] «Epdata,» La situación del agua en España , 2022. [En línea]. Available: <https://www.epdata.es/datos/graficos-situacion-agua-mundo-espana/333> . [Último acceso: 2025].
- [15] «Gamoenergias,» Bombeo solar fotovoltaico, 2024. [En línea]. Available: <https://gamoenergias.com/blog/bombeo-solar-fotovoltaico/> . [Último acceso: 2025].
- [16] Pablo Miguel Martinez Cardenas, «Dimensionado de un sistema de bombeo,» Escuela Politécnica de Jaén, 2017. [En línea]. Available: <https://crea.ujaen.es/bitstream/10953.1/17611/1/TFG%20Pablo%20Miguel%20Martinez%20Cardenas%20DEFINITIVO.pdf> . [Último acceso: 2025].
- [17] María Ballester Pelegrín, «Estudio de bombeo para instalación de riego mediante energía solar fotovoltaica,» Trabajo de Fin de Máster Universidad Miguel Hérnandez, 2023. [En línea]. Available: <https://dspace.umh.es/handle/11000/31562> . [Último acceso: 2025].
- [18] Vicente Verinia López, «Fisica.uji,» Tecnología Fotovoltaica, 2018. [En línea]. Available: [https://www.fisica.uji.es/priv/web%20master%20SIH007/treballs%202017/Bombeo%20solar\\_trabajo.pdf](https://www.fisica.uji.es/priv/web%20master%20SIH007/treballs%202017/Bombeo%20solar_trabajo.pdf) . [Último acceso: 2025].
- [19] «Freepik,» Imágenes De Riego Solar, 2025. [En línea]. Available: <https://www.freepik.es/fotos-vectores-gratis/riegos-solares> . [Último acceso: 2025].
- [20] «Citi-sa,» Los sistemas de riego más recomendados, para cada tipo de cultivo, 2022. [En línea]. Available: <https://citi-sa.com/los-sistemas-de-rieo-mas-recomendados-para-cada-tipo-de-cultivo/> . [Último acceso: 2025].
- [21] «Agropinos,» Sistema de riego por aspersión, 2022. [En línea]. Available: <https://www.agropinos.com/blog/sistema-de-rieo-por-aspersi%e3%89%80n#:~:text=Consiste%20en%20aplicar%20el%20agua,de%20un%20sistema%20de%20bombeo> . [Último acceso: 2025].
- [22] «Gob.mx/agricultura,» sistema de riego por microaspersión, 2024. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maximizando-la-eficiencia-sistema-de-rieo-por-microaspersi%e3%89%80n> . [Último acceso: 2025].
- [23] «Grupo idamar,» Riego por goteo, 2023. [En línea]. Available: <https://www.grupo-idamar.com/ventajas-rieo-por-goteo/> . [Último acceso: 2025].
- [24] «Sistemas horticolas almeria,» Riego hidropónico, 2023. [En línea]. Available: <https://www.sistemashorticolasalmeria.com/blog/rieo-hidroponico/> . [Último acceso: 2025].
- [25] Katia Savazzi, «Lucchiniidromeccanica,» Riego por nebulización, 2019. [En línea]. Available: <https://www.lucchiniidromeccanica.it/es/blog/rieo-por-nebulizacin.php> . [Último acceso: 2025].

- [26] «Agronoblog,» Riego por gravedad, 2025. [En línea]. Available: <https://agronoblog.com/sistemas-de-riego/riego-por-gravedad-sistemas-de-riego/> . [Último acceso: 2025].
- [27] Sergio Delgado Martorell, «Prismab,» Riego por inundación, 2022. [En línea]. Available: <https://prismab.com/blog/en-que-consiste-el-riego-por-inundacion/> . [Último acceso: 2025].
- [28] «Pkssolar,» Panel Solar, 2025. [En línea]. Available: <https://pkssolar.es/panel-solar-350w-monocristalino-12v-24v-48v-120-celulas/> . [Último acceso: 2025].
- [29] «Autosolar,» Estructura panel solar, 2025. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/estructuras-suelo/estructura-inclinada-abierta-1-panel-horizontal-15o-19h1-15> . [Último acceso: 2025].
- [30] «Sumidelec,» Armario eléctrico, 2025. [En línea]. Available: <https://www.sumidelec.com/cuadro-electrico-de-poliester-compacto-eldon-ucp1080-p-8726> . [Último acceso: 2025].
- [31] «Autosolar,» Portafusibles, 2025. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/portafusibles/portafusibles-10x38-1000v> . [Último acceso: 2025].
- [32] «Autosolar,» Fusibles, 2025. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/fusibles/fusible-15a-1000vdc-10x38> . [Último acceso: 2025].
- [33] «Autosolar,» Protección frente a sobretensiones, 2025. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/protectores-sobretensiones/limitador-sobretensiones-2p-1000v-2040ka-dc> . [Último acceso: 2025].
- [34] «Autosolar,» Magnetotérmico, 2025. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/magnetotermicos/magnetotermico-125a-2p-1000v-dc> . [Último acceso: 2025].
- [35] «Adajusa,» Interruptor automatico, 2025. [En línea]. Available: [https://adajusa.es/es/interruptores-automaticos-en-caja-moldeada/5316-interruptor-automatico-caja-moldeada-4-polos-4x250a-proteccion-diferencial-hyundai-8435532853169.html?srsltid=AfmBOoqJutRq\\_wVojstYTaaG-IYxHEYosTLRI9o4KX-8JmKQb-gXcKJ](https://adajusa.es/es/interruptores-automaticos-en-caja-moldeada/5316-interruptor-automatico-caja-moldeada-4-polos-4x250a-proteccion-diferencial-hyundai-8435532853169.html?srsltid=AfmBOoqJutRq_wVojstYTaaG-IYxHEYosTLRI9o4KX-8JmKQb-gXcKJ) . [Último acceso: 2025].
- [36] «Bricoelige,» Manguera monofásica 2\*4, 2025. [En línea]. Available: [https://bricoelige.com/manguera-electrica-flexible-libre-de-halogenos-2x4-rz1-k?lighthousefeed\\_utm\\_source=GS%20-%20Google%20Shopping%20%28Via%20LighthouseFeed%29&lighthousefeed\\_utm\\_medium=cpc&lighthousefeed\\_utm\\_term=4792&gad\\_source=1&gad\\_campaignid=207438](https://bricoelige.com/manguera-electrica-flexible-libre-de-halogenos-2x4-rz1-k?lighthousefeed_utm_source=GS%20-%20Google%20Shopping%20%28Via%20LighthouseFeed%29&lighthousefeed_utm_medium=cpc&lighthousefeed_utm_term=4792&gad_source=1&gad_campaignid=207438) . [Último acceso: 2025].
- [37] «Bricoelige,» Manguera monofásica 1\*50, 2025. [En línea]. Available: [https://bricoelige.com/manguera-unipolar-libre-halogenos-1x50-rz1-k-as-06-1kv-verde?lighthousefeed\\_utm\\_source=GS%20-%20Google%20Shopping%20%28Via%20LighthouseFeed%29&lighthousefeed\\_utm\\_medium=cpc&lighthousefeed\\_utm\\_term=4810&gad\\_source=1&gad\\_campaignid=20](https://bricoelige.com/manguera-unipolar-libre-halogenos-1x50-rz1-k-as-06-1kv-verde?lighthousefeed_utm_source=GS%20-%20Google%20Shopping%20%28Via%20LighthouseFeed%29&lighthousefeed_utm_medium=cpc&lighthousefeed_utm_term=4810&gad_source=1&gad_campaignid=20) . [Último acceso: 2025].

- [38] «Bricoelige,» MAnguera tetrapolar 4\*50, 2025. [En línea]. Available: <https://bricoelige.com/manguera-cable-flexible-color-negro-4x50-rv-k-1000v> . [Último acceso: 2025].
- [39] «Bricoelige,» Manguera monofásica 2\*10, 2025. [En línea]. Available: [https://bricoelige.com/manguera-flexible-2x10-mm-libre-de-halogenos-1000v-rz1-k?lighthousefeed\\_utm\\_source=GS%20-20Google%20Shopping%20%28Via%20LighthouseFeed%29&lighthousefeed\\_utm\\_medium=cpc&lighthousefeed\\_utm\\_term=4793&gad\\_source=1&gad\\_campaignid=207438](https://bricoelige.com/manguera-flexible-2x10-mm-libre-de-halogenos-1000v-rz1-k?lighthousefeed_utm_source=GS%20-20Google%20Shopping%20%28Via%20LighthouseFeed%29&lighthousefeed_utm_medium=cpc&lighthousefeed_utm_term=4793&gad_source=1&gad_campaignid=207438) . [Último acceso: 2025].
- [40] «Lecitech,» Depósito de agua, 2025. [En línea]. Available: <https://lecitech.com/equipos-agricolas/depositos-de-agua-de-chapa-ondulada-galvanizado-o-verde> . [Último acceso: 2025].
- [41] Pablo Saldaña Minguez, «Diseño de una instalación de riego solar,» Máster en Ingeniería Industrial UNiversidad de valladolid, 2022. [En línea]. Available: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/56844> . [Último acceso: 2025].
- [42] Miguel de la Serna Marcilla, «Riego solar directo con estimación de radiación diaria,» Grado en Ingeniería Eléctrica Universidad de Valladolid, 2023. [En línea]. Available: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/65520> . [Último acceso: 2025].
- [43] Antonio Puchaes Ballester, «Proyecto de estacion de bombeo para riego agricola con alimentacion basada en energia,» Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Universidad de Valencia, 2023. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/entities/publication/914c938e-b411-4831-9ca8-7d3227b7e76c> . [Último acceso: 2025].

## **5. Anexos**

Contar	Descripción
1	<p><b>NB 125-315/338 AASF2AESBAQETW3</b></p>  <p>Adverta! La foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: <a href="#">98302330</a></p> <p>Bomba centrífuga de voluta, no autocebante y de una etapa, diseñada de acuerdo con la norma ISO 5199, con dimensiones y rendimiento nominal de acuerdo con la norma EN 733 (10 bar). Las bridas son de PN 16 y sus dimensiones satisfacen los requisitos establecidos por la norma EN 1092-2.</p> <p>La bomba posee un puerto de aspiración axial, un puerto de descarga radial, eje horizontal y un diseño que facilita la extracción del motor, el soporte del motor, la cubierta y el impulsor sin necesidad de desmontar la carcasa de la bomba ni las tuberías.</p> <p>El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está acoplada directamente a un motor asíncrono refrigerado por ventilador.</p> <p>Gracias a su diseño, el mantenimiento y la revisión de la bomba puede llevarlos a cabo una sola persona sin necesidad de desmontar la carcasa ni las tuberías.</p>  <p>Las piezas de fundición incluyen un revestimiento epoxídico, aplicado mediante un proceso de electrodeposición catódica.</p> <p>La electrodeposición catódica es un proceso de pintado por inmersión de alta calidad, consistente en la aplicación de un campo eléctrico alrededor de los productos que garantiza la deposición controlada de las partículas de pintura formando una capa delgada sobre la superficie.</p> <p><b>Bomba</b></p> <p>El soporte del motor y la cubierta de la bomba están fabricados en fundición (EN-GJL-250). Las protecciones del acoplamiento se instalan en el soporte del motor. La cubierta de la bomba está equipada con un tornillo de purga de aire manual para purgar el aire de la carcasa de la bomba y la cámara del cierre.</p> <p>La bomba está equipada con un cierre de fuelle de caucho no equilibrado con transmisión de par a través del muelle y alrededor del fuelle.</p> <p>El fuelle evita que el cierre desgaste el eje e impide que el movimiento axial se vea obstaculizado por la presencia de depósitos en el eje.</p> <p>Superficies del cierre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Material del anillo del cierre giratorio: grafito de carbono impregnado con metal.</li> <li>Material del asiento estacionario: carburo de silicio (SiC).</li> </ul> <p>Dadas las buenas propiedades que presenta el grafito de carbono en relación con la lubricación, el cierre es apto para el uso incluso en malas condiciones de lubricación (como las que suelen darse al tratar agua caliente).</p> <p>En tales condiciones, no obstante, puede producirse un desgaste del grafito de carbono que afectará negativamente a la vida útil del cierre.</p> <p>Esta combinación de materiales no se recomienda para líquidos que contengan partículas, ya que podrían causar un desgaste severo de la superficie de SiC.</p> <p>Material del cierre secundario: EPDM (caucho de etileno-propileno)</p>



**Empresa:**  
**Creado Por:**  
**Teléfono:**

**Datos:** 03/03/2025

Contar	Descripción
1	<p>El EPDM posee una excelente resistencia al agua caliente. El EPDM no es apto para el uso con aceites minerales.</p> <p>La carcasa de la bomba tiene patas.</p> <p>La bomba debe fijarse a la cimentación insertando pernos a través de las patas de la carcasa de la bomba y las patas del motor.</p> <p>La bomba se suministra con bloques de apoyo de acero.</p> <p>Los bloques de apoyo permiten que la bomba quede alineada horizontalmente y garantizan la separación necesaria entre el soporte o la brida del motor y la cimentación.</p> <p>La información de la placa de características de la bomba está redactada en inglés.</p> <p><b>Motor</b></p> <p>El motor es de tipo totalmente cerrado, cuenta con refrigeración por ventilador y sus principales dimensiones se ajustan a las normas IEC y DIN. Las tolerancias eléctricas satisfacen los requisitos establecidos por la norma IEC 60034.</p> <p>El nivel de eficiencia del motor de acuerdo con la norma IEC 60034-30-1 es IE3.</p> <p>El motor posee termistores (sensores PTC) en los bobinados, de acuerdo con las normas DIN 44081/DIN 44082. El sistema de protección reacciona a los aumentos de temperatura lentos y rápidos (como aquellos que tienen lugar en condiciones de sobrecarga constante y atasco).</p> <p>Los térmicos deben conectarse a un circuito de control externo para garantizar que la función de restablecimiento automático no pueda dar lugar a accidentes. Los motores deben conectarse a un disyuntor protector para motor de acuerdo con lo establecido por la normativa local en vigor.</p> <p>Un variador de frecuencia hace posible el ajuste del punto de trabajo de la bomba a cualquier valor. Si el motor debe conectarse a un variador de frecuencia, la bomba deberá solicitarse equipada con el cojinete de motor eléctricamente aislado.</p> <p><b>Más información acerca del producto</b></p> <p>Las piezas de fundición incluyen un revestimiento epoxídico, aplicado mediante un proceso de electrodepositación catódica.</p> <p>La electrodepositación catódica es un proceso de pintado por inmersión de alta calidad, consistente en la aplicación de un campo eléctrico alrededor de los productos que garantiza la deposición controlada de las partículas de pintura formando una capa delgada sobre la superficie.</p> <p><b>Datos técnicos</b></p> <p>Paneles control: Frequency converter: None Sensor de presión: N</p> <p>Líquido: Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: 0 .. 120 °C</p> <p>Técnico: Velocidad predeterminada: 1478 rpm Caudal nominal: 265.4 m<sup>3</sup>/h Altura nominal: 36.16 m Diámetro real del impulsor: 338 mm Diámetro nominal del impulsor: 315 Disp. de cierre: Single Cierre primario: BAQE Código del cierre: BAQE Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B Diseño rodamiento: Standard</p> <p>Materiales: Cuerpo hidráulico: Fundición Carcasa de la bomba: EN-GJL-250</p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Contar	Descripción
1	<p>Mat. de anillo de desgaste: ASTM class 35 Anillo desgaste: Latón Impulsor: CuZn34Mn3Al2Fe1-C Fundición EN-GJL-200 ASTM class 30 Internal pump house coating: CED Eje: Stainless steel EN 1.4301 AISI 304</p> <p>Instalación: Temperatura ambiente máxima: 55 °C Presión de trabajo máxima: 16 bar Normativa de conexión de tubería: EN 1092-2 Tamaño de la conexión de entrada: DN 150 Tamaño de la conexión de salida: DN 125 Presión nominal para la conexión: PN 16 Lubricación de rodamiento: Grease Carcasa de bomba con pie: Yes Sí = Con bloque de soporte, No = Sin bloque de soporte: Y</p> <p>Datos eléctricos: Tipo de motor: INNOMOTICS Potencia nominal - P2: 45 kW Frecuencia de red: 50 Hz Tensión nominal: 3 x 380-420D/660-725Y V Intensidad nominal: 80/46.5 A Intensidad de arranque: 660 % Cos phi - factor de potencia: 0.86 Velocidad nominal: 1478 rpm Eficiencia: IE3 94,2% Clase eficiencia IE: IE3 Eficiencia del motor a carga total: 94.2 % Eficiencia del motor a una carga de 3/4: 94.9 % Eficiencia del motor a una carga de 1/2: 95 % Número de polos: 4 Grado de protección (IEC 34-5): IP55 Clase de aislamiento (IEC 85): F Motor N.º: 99032214 Bearing insulation type N-end: Steel Bearing</p> <p>Otros: Índice de eficiencia mínima, IE min: 0.68 Peso neto: 546 kg Peso bruto: 571 kg Volumen de transporte: 0.771 m³ País de origen.: HU Tarifa personalizada n.º: 84137051 Idioma de la placa del motor: GB</p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Contar	Descripción
1	<p><b>RSI 3x380-440V IP54 45kW 87A</b></p>  <p>Adverta! La foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: <a href="#">99648886</a></p> <p>El inversor solar renovable RSI es un inversor solar desconectado de la red que permite al usuario final utilizar la energía solar para una amplia gama de aplicaciones de agua. RSI está adaptado específicamente para su compatibilidad con las bombas Grundfos. Con el MPPT integrado y diverso software de protección, proporciona una solución de sistema solar eficiente y fiable.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Trifásico de 208V, 380V o 440V</li><li>• Asistente de instalación rápida</li><li>• Entradas preconfiguradas</li><li>• MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia) integrado</li><li>• Compatible con fuente de alimentación de CA o CC</li><li>• Solución solar para hasta 250 kW</li></ul> <p>RSI ofrece las siguientes entradas y salidas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• RS-485 Modbus RTU/TCP</li><li>• Seis entradas digitales preconfiguradas para la aplicación solar</li><li>• Dos relés de señal, FUNCIONAMIENTO/FALLO</li></ul> <p>Líquido: Líquido bombeado: Agua</p> <p>Técnico: Homologaciones y marcado: CE</p> <p>Instalación: Rango de temperaturas ambientes: -10 .. 50 °C Humedad relativa: 95 %</p> <p>Datos eléctricos: Potencia nominal - P2: 45 kW Frecuencia de red: 50 / 60 Hz Tensión nominal: 3 x 380 - 440 V Grado de protección (IEC 34-5): IP54 Tensión nominal salida AC: 380 V Tensión entrada CC: 800 V Corriente nominal salida AC: 87 A Udc: 400 V</p> <p>Otros: Peso neto: 37.5 kg Peso bruto: 40.5 kg País de origen.: IT Tarifa personalizada n.º: 85044086</p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

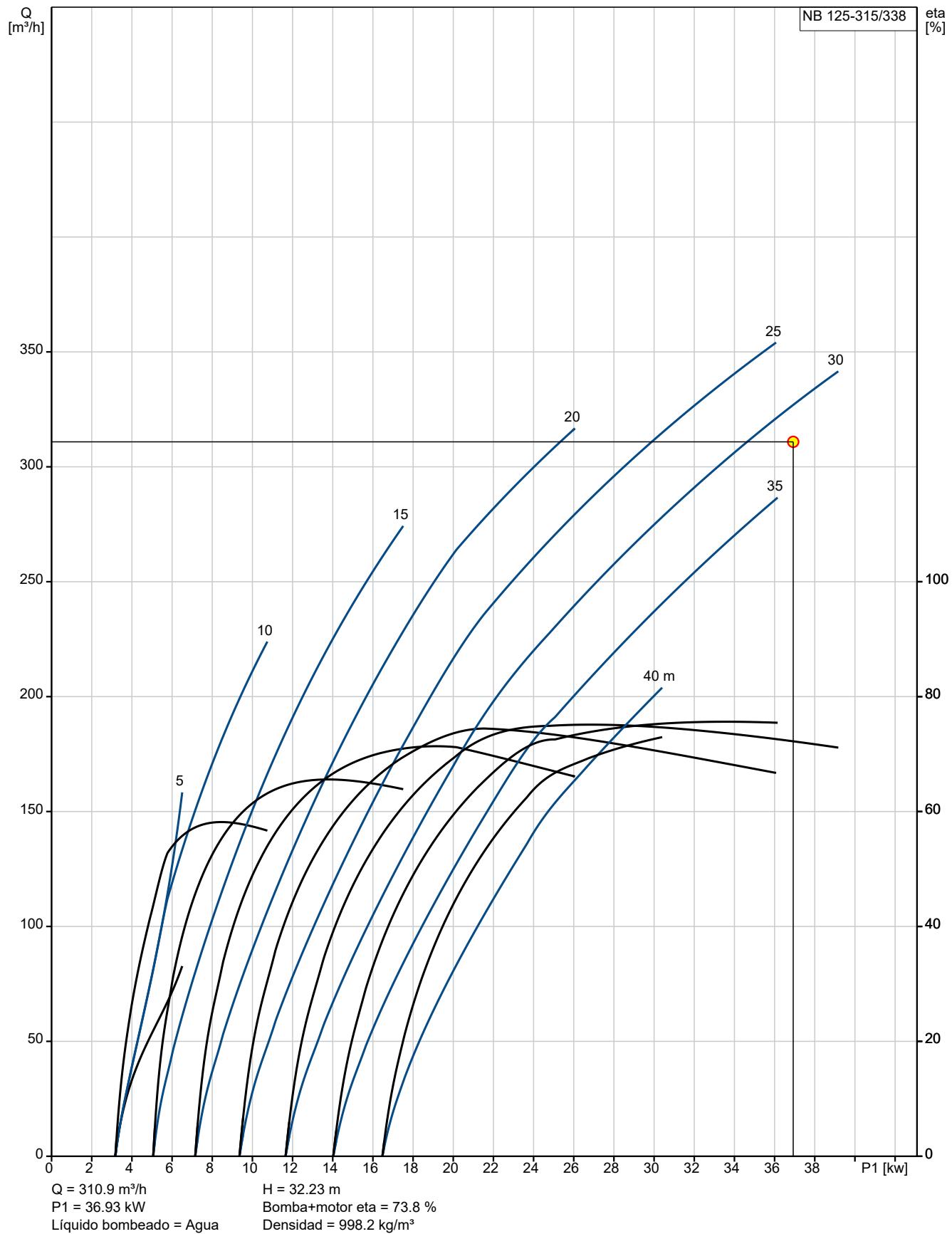
Contar	Descripción
1	<p><b>Sine-wave filter</b></p>  <p>Adverta! la foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: <a href="#">97775142</a></p> <p><b>Filtros sinusoidales</b> Los filtros sinusoidales ofrecen un elevado nivel de filtración, lo que reduce notablemente el estrés sobre el sistema de aislamiento del motor. Al mismo tiempo, reducen el ruido generado por el motor. Las pérdidas del motor disminuyen gracias a que los filtros sinusoidales transforman los pulsos de salida del convertidor de frecuencia en una especie de onda sinusoidal. El resultado es que la corriente adquiere una forma sinusoidal y se reduce el ruido generado por el motor.</p> <p>La longitud máxima del cable si se utilizan filtros sinusoidales es de 300 m.</p> <p><b>Filtros de salida en gral</b> Se usan para reducir el estrés producido por tensión sobre los bobinados del motor y estrés sobre el sist. de aislamiento del motor como para reducir el ruido generado por un motor con control de frecuencia.</p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

98302330 NB 125-315/338 AASF2AESBAQETW3

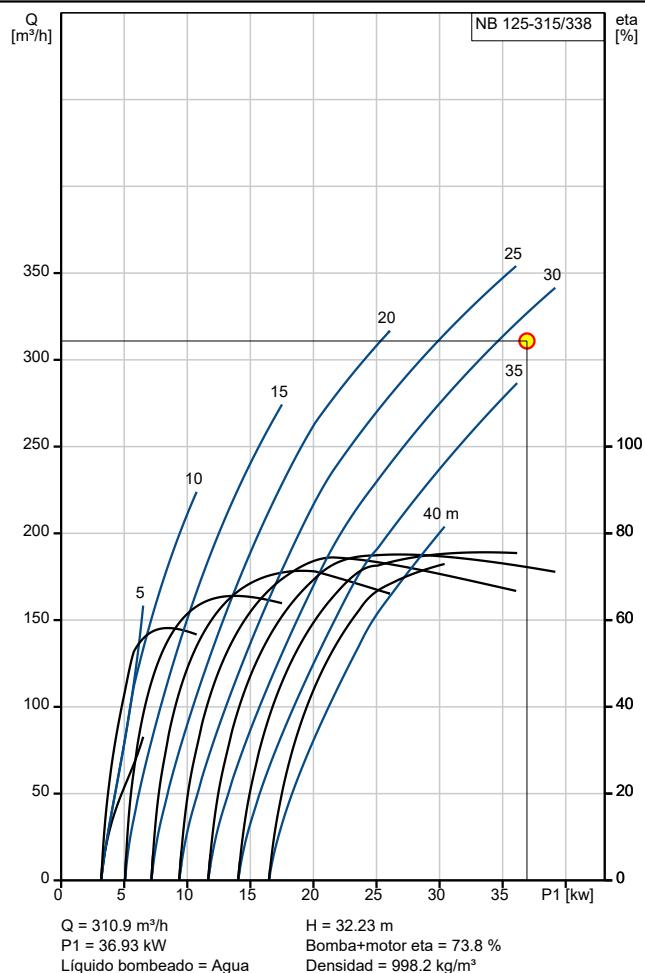




Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Descripción	Valor
<b>Información general:</b>	
Producto::	NB 125-315/338 AASF2AESBAQETW3
Código::	<a href="#">98302330</a>
Número EAN::	5711492746349
Precio:	EUR 19504
<b>Técnico:</b>	
Velocidad predeterminada:	1478 rpm
Caudal nominal:	265.4 m <sup>3</sup> /h
Altura nominal:	36.16 m
Diámetro real del impulsor:	338 mm
Diámetro nominal del impulsor:	315
Disp. de cierre:	Single
Cierre primario:	BAQE
Diámetro del eje:	42 mm
Código del cierre:	BAQE
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba:	AS
Diseño rodamiento:	Standard
<b>Materiales:</b>	
Cuerpo hidráulico:	Fundición
Carcasa de la bomba:	EN-GJL-250 ASTM class 35
Mat. de anillo de desgaste:	Latón
Anillo desgaste:	CuZn34Mn3Al2Fe1-C
Impulsor:	Fundición EN-GJL-200 ASTM class 30
Internal pump house coating:	CED
Código de material:	A
Código para caucho:	E
Eje:	Stainless steel EN 1.4301 AISI 304
<b>Instalación:</b>	
Temperatura ambiente máxima:	55 °C
Presión de trabajo máxima:	16 bar
Normativa de conexión de tubería:	EN 1092-2
Tamaño de la conexión de entrada:	DN 150
Tamaño de la conexión de salida:	DN 125
Presión nominal para la conexión:	PN 16
Lubricación de rodamiento:	Grease
Carcasa de bomba con pie:	Yes
Sí = Con bloque de soporte, No =	Y
Sin bloque de soporte:	
Código de conexión:	F2
<b>Líquido:</b>	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	0 .. 120 °C
<b>Datos eléctricos:</b>	
Tipo de motor:	INNOMOTICS
Potencia nominal - P2:	45 kW
Frecuencia de red:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 380-420D/660-725Y V
Intensidad nominal:	80/46.5 A
Intensidad de arranque:	660 %
Cos phi - factor de potencia:	0.86
Velocidad nominal:	1478 rpm





Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Descripción	Valor
Eficiencia:	IE3 94,2%
Clase eficiencia IE:	IE3
Eficiencia del motor a carga total:	94.2 %
Eficiencia del motor a una carga de 3/4:	94.9 %
Eficiencia del motor a una carga de 1/2:	95 %
Número de polos:	4
Grado de protección (IEC 34-5):	IP55
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección de motor integrada:	PTC
Motor N.º:	99032214
Diseño del montaje según norma CEI 34-7:	IM B35
Bearing insulation type N-end:	Steel Bearing
<b>Paneles control:</b>	
Convertidor de frecuencia:	None
Sensor de presión:	N
<b>Otros:</b>	
Índice de eficiencia mínima, IE min:	0.68
Peso neto:	546 kg
Peso bruto:	571 kg
Volumen de transporte:	0.771 m³
País de origen.:	HU
Tarifa personalizada n.º:	84137051
Idioma de la placa del motor:	GB

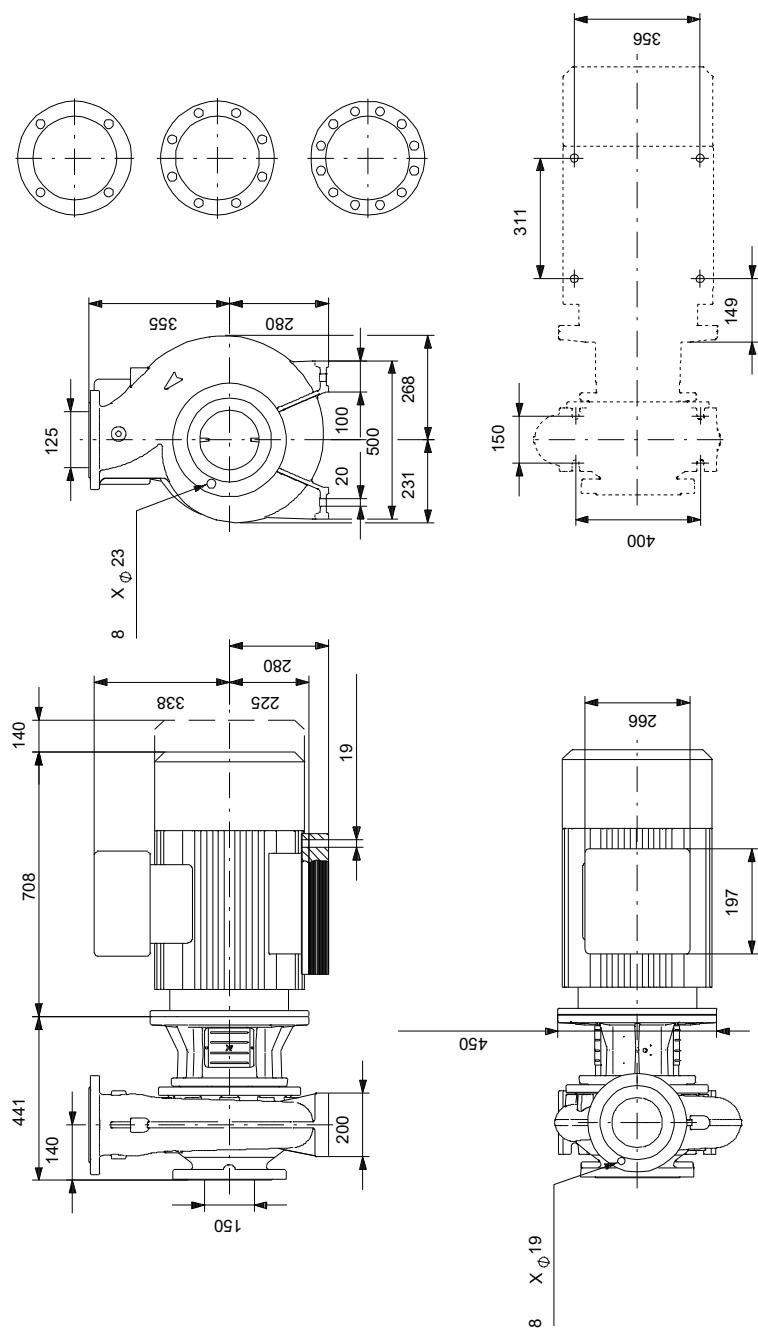
Descripción	Valor
<b>Información general:</b>	
Producto:	RSI 3x380-440V IP54 45kW 87A
Código:	<a href="#">99648886</a>
Número EAN:	5713832409495
Precio:	EUR 6934
<b>Técnico:</b>	
Homologaciones y marcado:	CE
<b>Instalación:</b>	
Rango de temperaturas ambientes:	-10 .. 50 °C
Humedad relativa:	95 %
<b>Líquido:</b>	
Líquido bombeado:	Agua
<b>Datos eléctricos:</b>	
Potencia nominal - P2:	45 kW
Frecuencia de red:	50 / 60 Hz
Tensión nominal:	3 x 380 - 440 V
Grado de protección (IEC 34-5):	IP54
Tensión nominal salida AC:	380 V
Tensión entrada CC:	800 V
Corriente nominal salida AC:	87 A
Udc:	400 V
<b>Otros:</b>	
Peso neto:	37.5 kg
Peso bruto:	40.5 kg
País de origen.:	IT
Tarifa personalizada n.º:	85044086



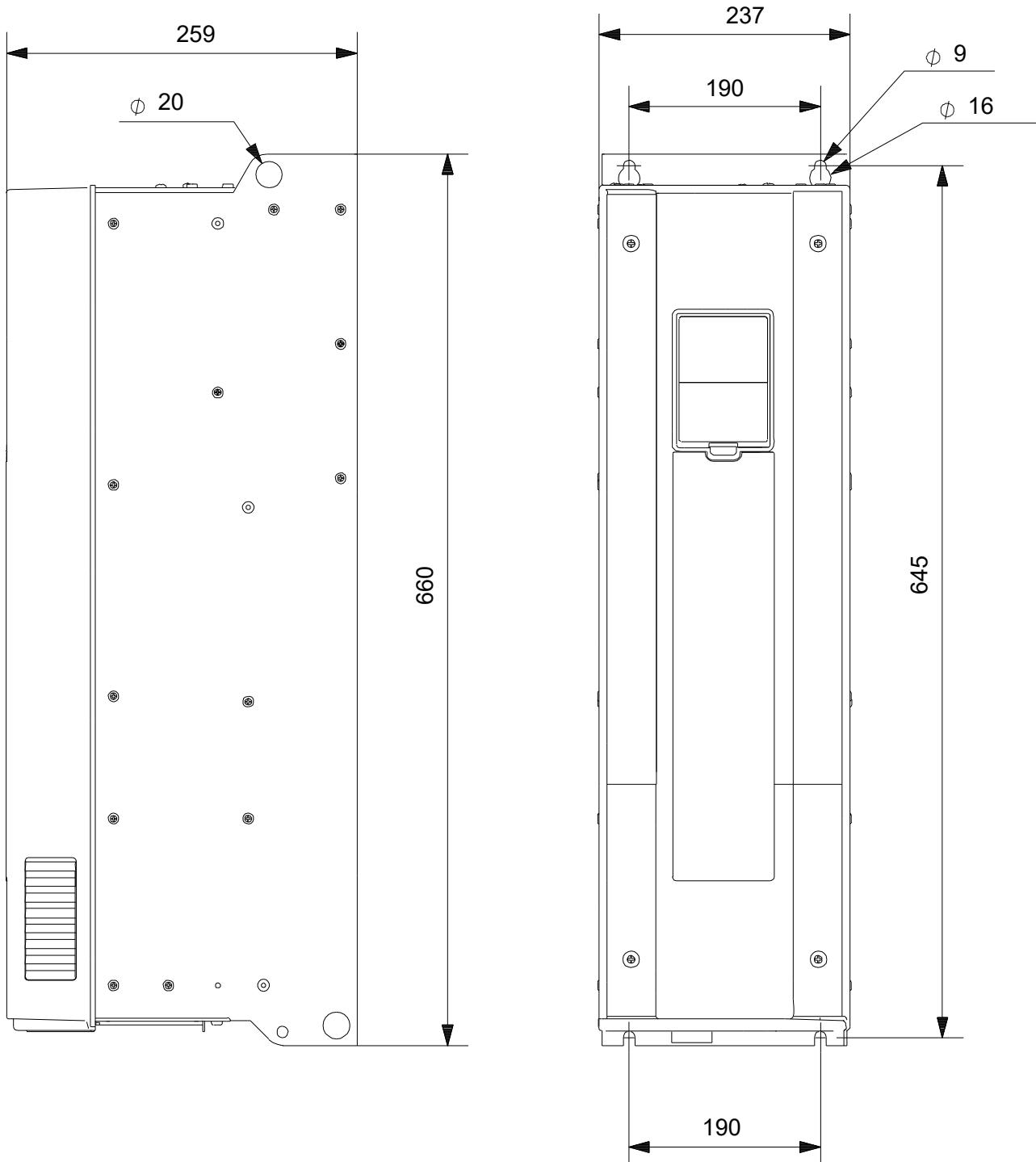
Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Descripción	Valor
<b>Información general:</b>	
Producto::	Sine-wave filter
Código::	<a href="#">97775142</a>
Número EAN::	5710624184202
Precio:	EUR 13996
<b>Instalación:</b>	
Montado en:	Planta
<b>Datos eléctricos:</b>	
Frecuencia de red:	60 Hz
Tensión nominal:	x 200-500 V
Tensión nominal:	170 A
Corriente nominal a 120 Hz:	112 A
Grado de protección (IEC 34-5):	IP23
Pérdida en el inductor:	650 W
<b>Otros:</b>	
Peso neto:	237 kg
VVS danés n.º:	382997180
País de origen.:	DK
Tarifa personalizada n.º:	85371098

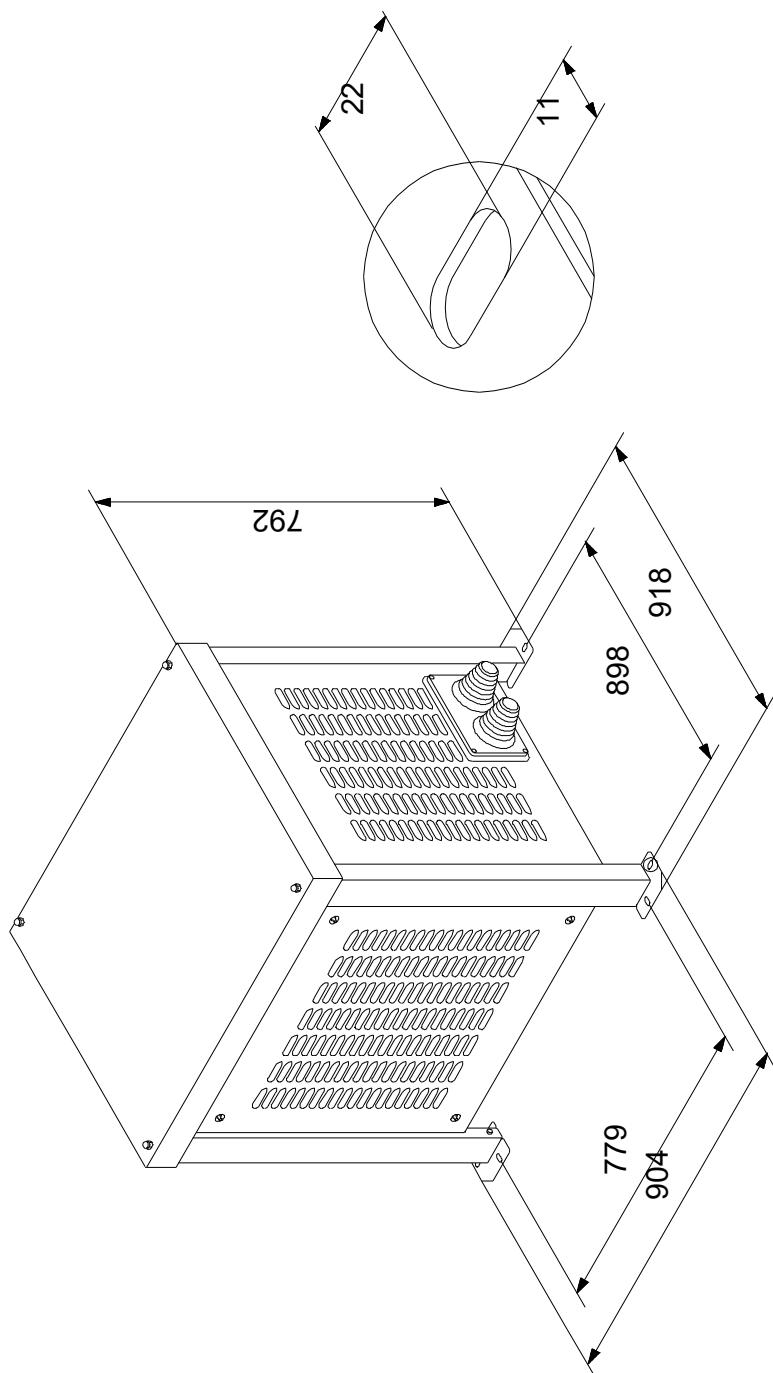
**98302330 NB 125-315/338 AASF2AESBAQETW3**

Nota: todas las unidades están en [mm] a menos que se indiquen otras. Exención de responsabilidad: este esquema dimensional simplificado no muestra todos los detalles.

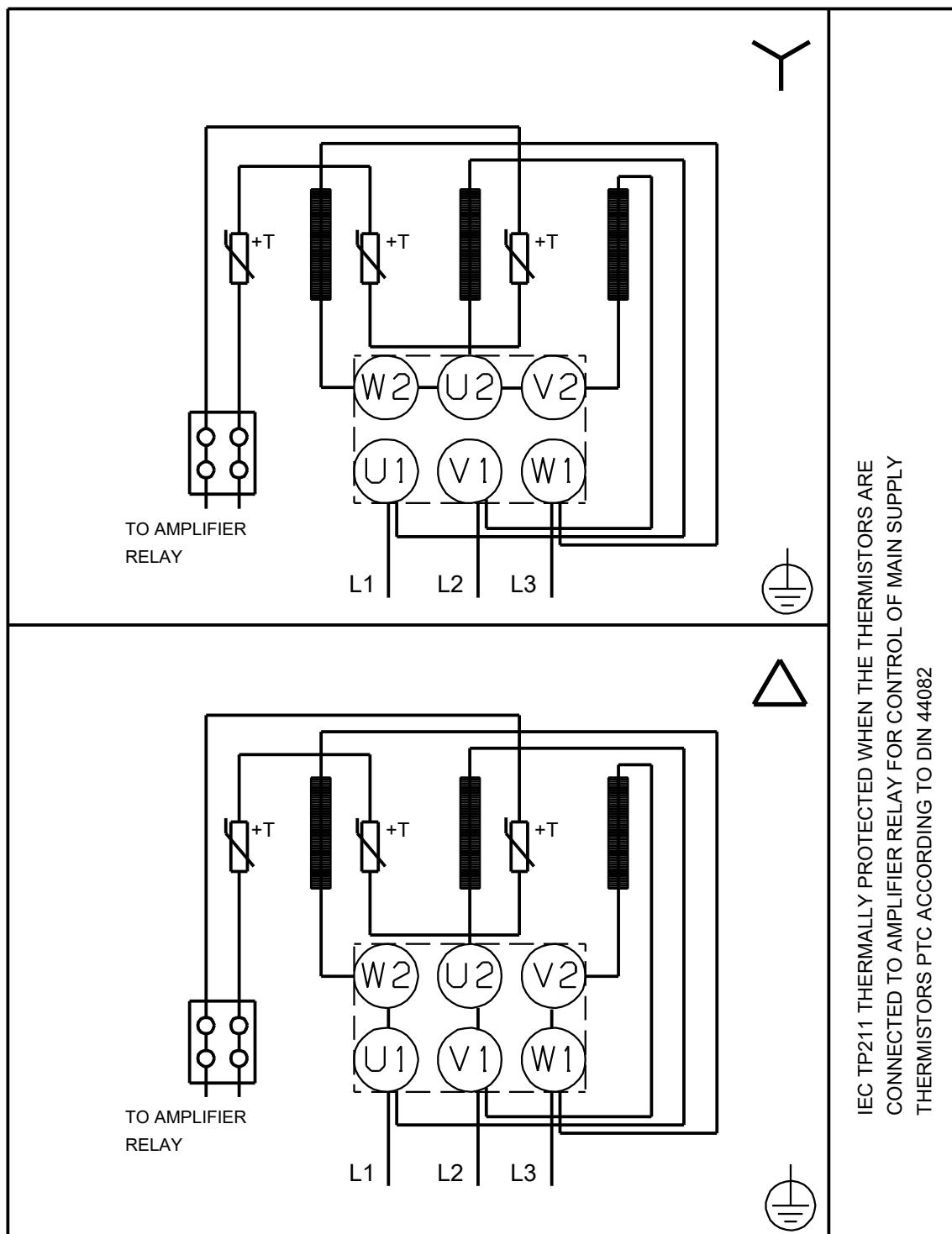
**99648886 RSI 3x380-440V IP54 45kW 87A**

Nota: todas las unidades están en [mm] a menos que se indiquen otras. Exención de responsabilidad: este esquema dimensional simplificado no muestra todos los detalles.

## 97775142 Sine-wave filter



Nota: todas las unidades están en [mm] a menos que se indiquen otras. Exención de responsabilidad: este esquema dimensional simplificado no muestra todos los detalles.

**98302330 NB 125-315/338 AASF2AESBAQETW3**

IEC TP211 THERMALLY PROTECTED WHEN THE THERMISTORS ARE  
CONNECTED TO AMPLIFIER RELAY FOR CONTROL OF MAIN SUPPLY  
THERMISTORS PTC ACCORDING TO DIN 44082

¡Nota! Uds en [mm] a menos que otras estén expresadas



**Empresa:**  
**Creado Por:**  
**Teléfono:**

**Datos:** 03/03/2025

## 98302330 NB 125-315/338 AASF2AESBAQETW3

### Entrada - resumen

Volumen de agua (máx.): 2402.4 m<sup>3</sup>/día  
 Mes del dimensionamiento: Julio  
 Seguimiento del sol: No (fijo)  
 Ubicac.: Tordesillas, Valladolid, Spain  
 Latitud: 41.5010 DD, Longitud: -5.0005 DD

### Productos

Bomba: NB 125-315/338, 1 x 98302330  
 Módulo solar: 150 x NN 350W  
 Caja de interruptor / unidad de control: RSI 3x380-440V IP54 45kW 87A, 1 x 99648886  
 Otros: Sine-wave filter, 1 x 97775142

### Resul de selec - sumario

#### Producción de agua, caudal máximo y precio

Producción de agua total por año: 749000 m<sup>3</sup>  
 Producción de agua promedio diaria: 2050.9 m<sup>3</sup>/día  
 Producción de agua promedio por vatio diaria: 39.1 l/Wp/día

#### Rendimiento habitual con irradiación solar de 800 W/m<sup>2</sup>

Caudal: 310.9 m<sup>3</sup>/h  
 Altura total: 32.2 m

#### Configuración de módulo solar:

Número de módulos solares en serie: 15, en paralelo: 10  
 Potencia nominal del panel solar: 52.5 kW  
 Tensión nominal del panel solar: 588 V  
 Seguimiento del sol: No (fijo)  
 Ángulo de inclinación: 41 deg.

#### Cables y tuberías:

Longitud del cable de bomba: 0 m  
 Tamaño del cable de bomba: 0.75 mm<sup>2</sup>  
 Pérdida por cable total: 0.0 %  
 Material, riser pipe: PVC (E.E.U.U.)  
 Pipe size (inner diameter), riser pipe  
 Longitud de la tubería ascendente m  
 Otras perdidas de carga: 1.409 m  
 Perdidas por rozamiento: 1.823 m

### Prestación del sist. - media mensual

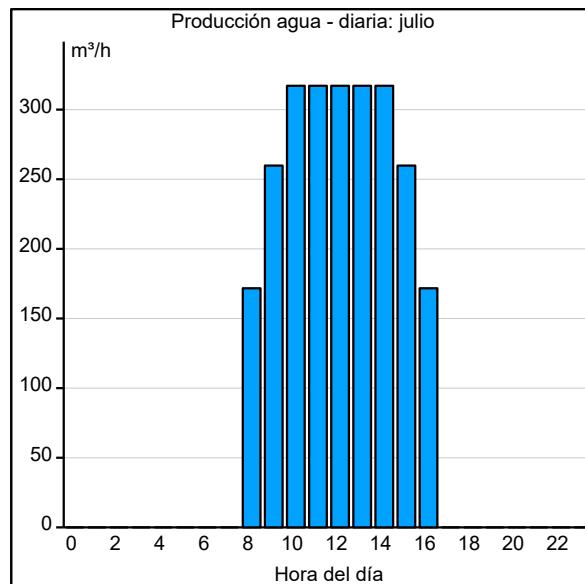
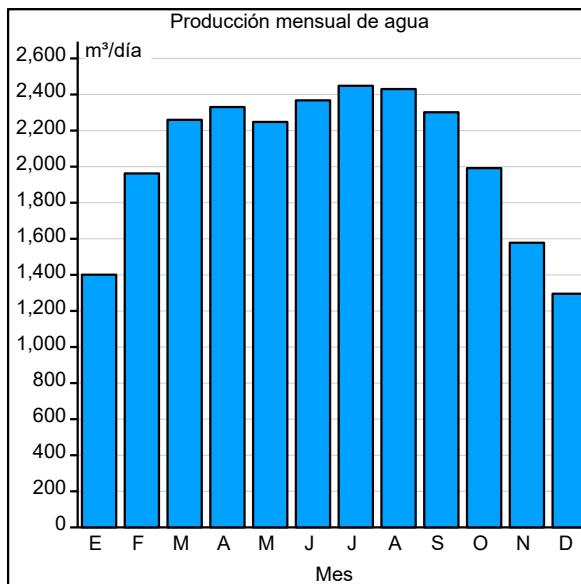
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Producción agua [m <sup>3</sup> /día]	1400.9	1962.4	2259.6	2330.5	2247.9	2367.6	2448.3	2430.3	2301.5	1991.9	1578	1295.4
Energy production Solar [kWh/day]	188.7	263.3	308.5	319.0	301.2	325.7	342.0	340.1	314.6	265.1	208.9	178.5
Irradiación hztal [kWh/m <sup>2</sup> día]	2.1	3.4	4.9	6.2	6.8	8.0	8.4	7.3	5.6	3.8	2.5	1.9
Inclinación de radiación [kWh/m <sup>2</sup> día]	3.8	5.3	6.3	6.6	6.4	7.0	7.5	7.5	6.8	5.6	4.3	3.6
Temp. promedio [°C]	3.5	5.1	7.6	9.1	13.7	19.4	22.5	22.2	17.6	12.5	7.4	4.8

Data location: Latitud: 41 DD, Longitud: -5 DD

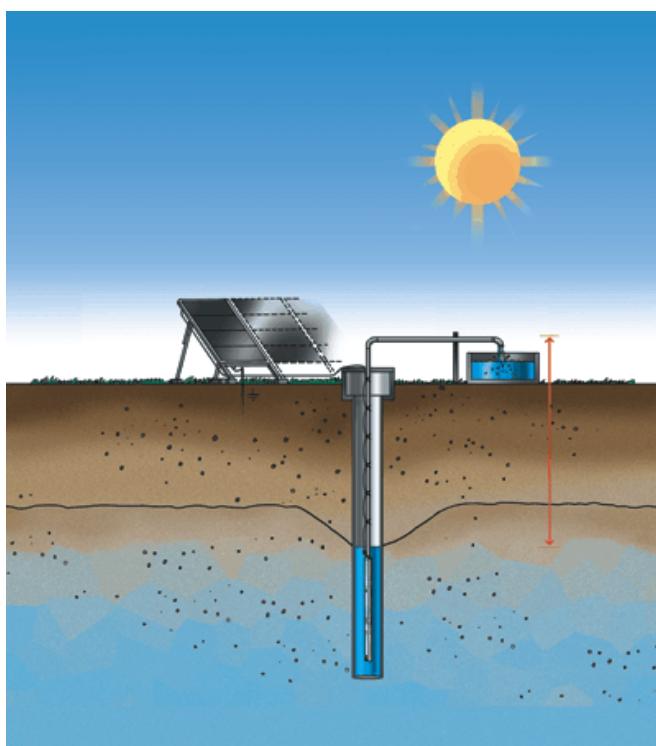
Falta el accesorio. 97911220

Falta el accesorio. 98341686

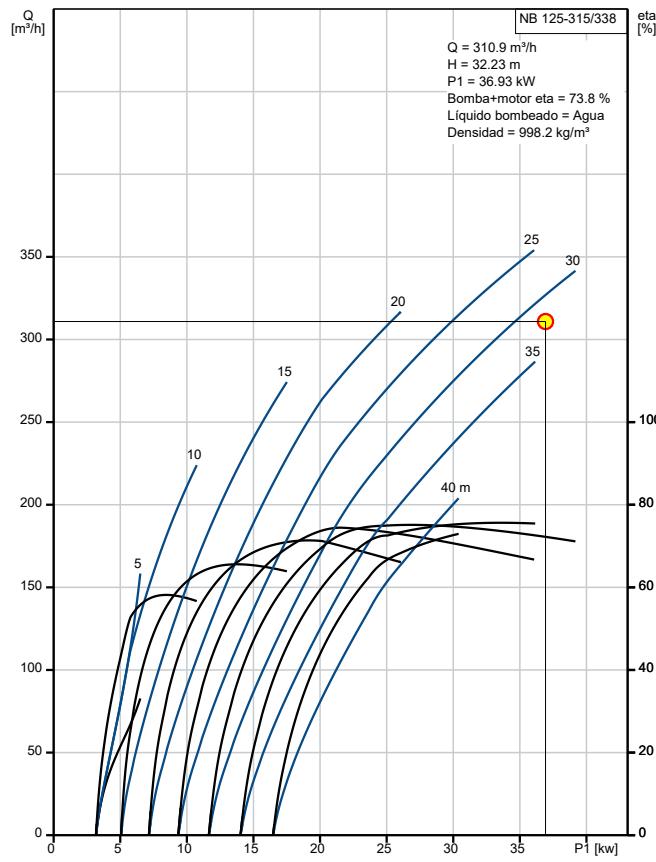
Falta el accesorio. 98341687



## Instalación y entrada



## Curva de la bomba



## Resultados de dimensionamiento

### Producción de agua, caudal máximo y precio

Producción de agua total por año: 749000 m<sup>3</sup>  
Producción de agua promedio diaria: 2050.9 m<sup>3</sup>/día  
Producción de agua promedio por vatio diaria: 39.1 l/Wp/día

### Configuración de módulo solar:

Número de módulos solares en serie: 15, en paralelo: 10  
Potencia nominal del panel solar: 52.5 kW  
Tensión nominal del panel solar: 588 V  
Seguimiento del sol: No (fijo)  
Ángulo de inclinación: 41 deg.

### Rendimiento habitual con irradiación solar de 800 W/m<sup>2</sup>

Caudal: 310.9 m<sup>3</sup>/h  
Altura total: 32.2 m

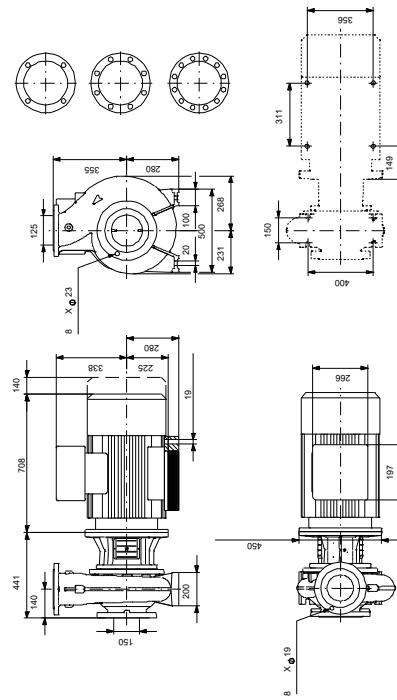
### Cables y tuberías:

Longitud del cable de bomba: 0 m  
Tamaño del cable de bomba: 0.75 mm<sup>2</sup>  
Pérdida por cable total: 0.0 %

Material, riser pipe: PVC (E.E.U.U.)  
Pipe size (inner diameter), riser pipe  
Longitud de la tubería ascendente m  
Otras perdidas de carga: 1.409 m  
Perdidas por rozamiento: 1.823 m

Ubicac.: Tordesillas, Valladolid, Spain  
Latitud: 41.5010 DD, Longitud: -5.0005 DD

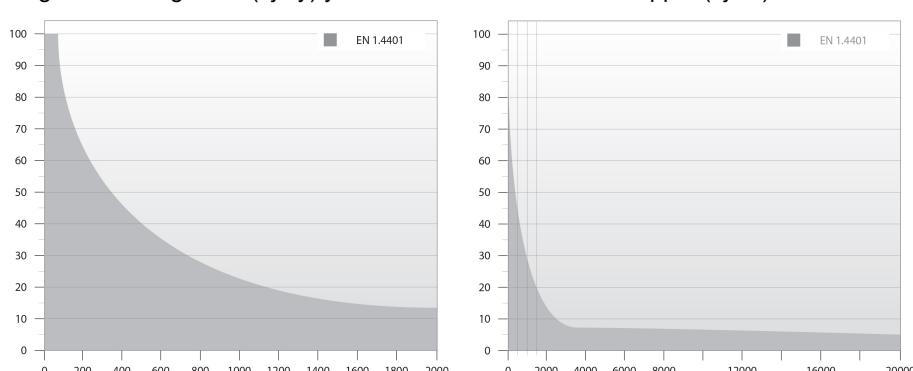
## Dibujo de dimensionamiento





Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

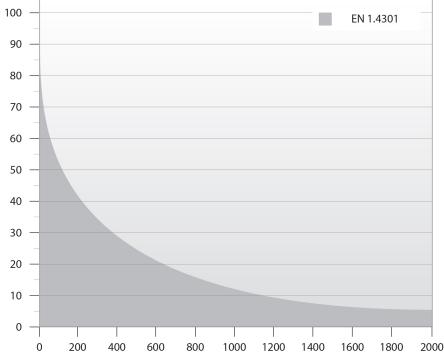
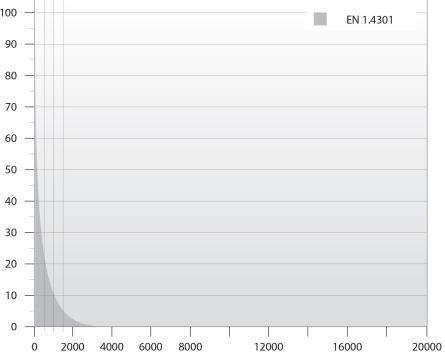
Datos: 03/03/2025

Contar	Descripción
1	<p><b>SP 215-7AA N</b></p>  <p>Adverta! la foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: <a href="#">18CT43B7</a></p> <p>Bomba de agotamiento sumergible, apta para el bombeo de agua limpia. Se puede instalar en vertical u horizontal. Todos los componentes de acero están fabricados en acero inoxidable (EN 1.4401; AISI 316) para garantizar la máxima resistencia a la corrosión.</p> <p>La bomba está equipada con un motor MMS10000 de 132 kW con protección contra arena, cojinetes de deslizamiento lubricados con agua y una membrana de compensación de volumen.</p> <p>El carácter rebobinable del motor proporciona acceso total a los bobinados y facilita el rebobinado.</p> <p>Los bobinados del estator cuentan con aislamiento de PE/PA y están preparados para el funcionamiento continuo (S1).</p> <p>Apto para temperaturas de hasta 50 °C.</p> <p>El motor está equipado con un cierre mecánico.</p> <p>El motor no está equipado con sensor de temperatura. Si es preciso monitorizar la temperatura, puede equiparse con un sensor Pt100 o Pt1000.</p> <p>El motor está diseñado para el arranque directo en línea (DOL).</p> <p><b>Más información acerca del producto</b></p> <p>La bomba es apta para aplicaciones similares a las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- suministro de agua sin tratar;</li><li>- riego;</li><li>- descenso de niveles freáticos;</li><li>- aumento de presión;</li><li>- fuentes;</li><li>- aplicaciones mineras;</li><li>- aplicaciones marítimas.</li></ul> <p><b>Bomba</b></p> <p>Todas las superficies de la bomba que entran en contacto con el líquido bombeado están fabricadas en acero inoxidable, lo cual les aporta resistencia a la corrosión y el desgaste.</p> <p>El siguiente gráfico de corrosión muestra las capacidades de la bomba y el motor en relación con la temperatura en grados centígrados (eje y) y la concentración de cloro en ppm (eje x).</p> 



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Contar	Descripción
1	 

Las piezas elastoméricas de la bomba están fabricadas en NBR (caucho de nitrilo-butadieno), un material que posee una buena resistencia al desgaste y prolonga los intervalos de mantenimiento.

Para bombas destinadas al bombeo de aguas con un alto contenido de hidrocarburos o disolventes, Grundfos ofrece piezas de caucho FKM (fluorocarbono) resistentes al aceite y a temperaturas de hasta 90 °C.

La bomba cuenta con cojinetes octogonales con canales lijados para minimizar el desgaste.

Dado que el desgaste de la bomba es inevitable, su diseño facilita la sustitución de todas las piezas internas sujetas a deterioro (cojinetes, impulsor, anillos de desgaste y juntas tóricas) con objeto de maximizar el rendimiento y la vida útil.

El interconector de aspiración está equipado con un filtro para impedir la penetración de partículas de gran tamaño en la bomba.

### Motor

El hilo del bobinado se compone de cobre electrolítico puro con dos capas de aislamiento de PE/PA extrudido y posee magníficas propiedades de resistencia dieléctrica, por lo que admite el contacto directo con el fluido del motor.

Esto garantiza la máxima refrigeración posible para el hilo del bobinado.

La capa de PA aporta al hilo del bobinado una magnífica resistencia al desgaste mecánico.

Las caras del cierre mecánico son de SiC/SiC.

Esta combinación de materiales aporta un buen rendimiento en presencia de partículas abrasivas (arena). Junto con la carcasa del cierre mecánico, la protección contra arena forma un sello laberíntico que, en condiciones normales de funcionamiento, impide la penetración de partículas de arena.

Este cierre mecánico está homologado para agua potable.

El motor se puede equipar con un sensor Pt100 o Pt1000 que, junto con una unidad de control, impide que se superen las condiciones de temperatura máxima de funcionamiento.

Líquido:

Líquido bombeado: Agua

Rango de temperatura del líquido: -15 .. 45 °C

Temp. líquido máx. a 0.15 m(seg): 40 °C

Líquido máx. a 0,5 m(seg): 45 °C

Técnico:

Velocidad bomba en el que se basan los datos de la bomba: 2900 rpm

Caudal nominal: 215 m<sup>3</sup>/h

Altura nominal: 161 m

Cierre del motor: SiC/SiC

Homologaciones: CE,EAC,UKCA,SEPRO,MOROCCO

Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B

Versión de motor: T45

Válvula de retorno: YES

Materiales:

Bomba: Stainless steel

EN 1.4401

AISI 316



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Contar	Descripción
1	<p>Impulsor: Acero inoxidable EN 1.4401 AISI 316</p> <p>Motor: Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316</p> <p>Instalación:</p> <p>Presión de trabajo máxima: 60 bar</p> <p>Presión de salida máxima permitida: 25.8 bar</p> <p>Tipo de conexión: Rp</p> <p>Tamaño de la conexión: 6 inch</p> <p>Motor diameter: 10 inch</p> <p>Minimum borehole diameter: 257 mm</p> <p>Datos eléctricos:</p> <p>Tipo de motor: MMS10000</p> <p>Motor flange design: Grundfos</p> <p>Potencia nominal - P2: 132 kW</p> <p>Potencia (P2) requerida por la bomba: 132 kW</p> <p>Frecuencia de red: 50 Hz</p> <p>Tensión nominal: 3 x 380-400-415 V</p> <p>Intensidad nominal: 275-270-270 A</p> <p>Intensidad de arranque: 530-570-590 %</p> <p>Cos phi - factor de potencia: 0.87-0.84-0.81</p> <p>Velocidad nominal: 2900-2910-2920 rpm</p> <p>Tipo de arranque: directo</p> <p>Grado de protección (IEC 34-5): IP68</p> <p>Transmisor de temp. incorporado: no</p> <p>Motor N.º: 96540312</p> <p>Bobinados: PE2/PA</p> <p>Otros:</p> <p>Peso neto: 551 kg</p> <p>Peso bruto: 632 kg</p> <p>Volumen de transporte: 0.877 m<sup>3</sup></p> <p>País de origen.: DK</p> <p>Tarifa personalizada n.º: 84137029</p> <p>Environmental approvals: WEEE</p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Contar	Descripción
1	<p><b>RSI 3x380-440V IP54 160kW 310A</b></p>  <p>Adverta! La foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: <a href="#">99648890</a></p> <p>El inversor solar renovable RSI es un inversor solar desconectado de la red que permite al usuario final utilizar la energía solar para una amplia gama de aplicaciones de agua. RSI está adaptado específicamente para su compatibilidad con las bombas Grundfos. Con el MPPT integrado y diverso software de protección, proporciona una solución de sistema solar eficiente y fiable.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Trifásico de 208V, 380V o 440V</li><li>• Asistente de instalación rápida</li><li>• Entradas preconfiguradas</li><li>• MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia) integrado</li><li>• Compatible con fuente de alimentación de CA o CC</li><li>• Solución solar para hasta 250 kW</li></ul> <p>RSI ofrece las siguientes entradas y salidas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• RS-485 Modbus RTU/TCP</li><li>• Seis entradas digitales preconfiguradas para la aplicación solar</li><li>• Dos relés de señal, FUNCIONAMIENTO/FALLO</li></ul> <p>Líquido: Líquido bombeado: Agua</p> <p>Técnico: Homologaciones y marcado: CE</p> <p>Instalación: Rango de temperaturas ambientes: -10 .. 50 °C Humedad relativa: 95 %</p> <p>Datos eléctricos: Potencia nominal - P2: 160 kW Frecuencia de red: 50 / 60 Hz Tensión nominal: 3 x 380 - 440 V Grado de protección (IEC 34-5): IP54 Tensión nominal salida AC: 380 V Tensión entrada CC: 800 V Corriente nominal salida AC: 310 A Udc: 400 V</p> <p>Otros: Peso neto: 120 kg Peso bruto: 148 kg País de origen.: IT Tarifa personalizada n.º: 85044086</p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

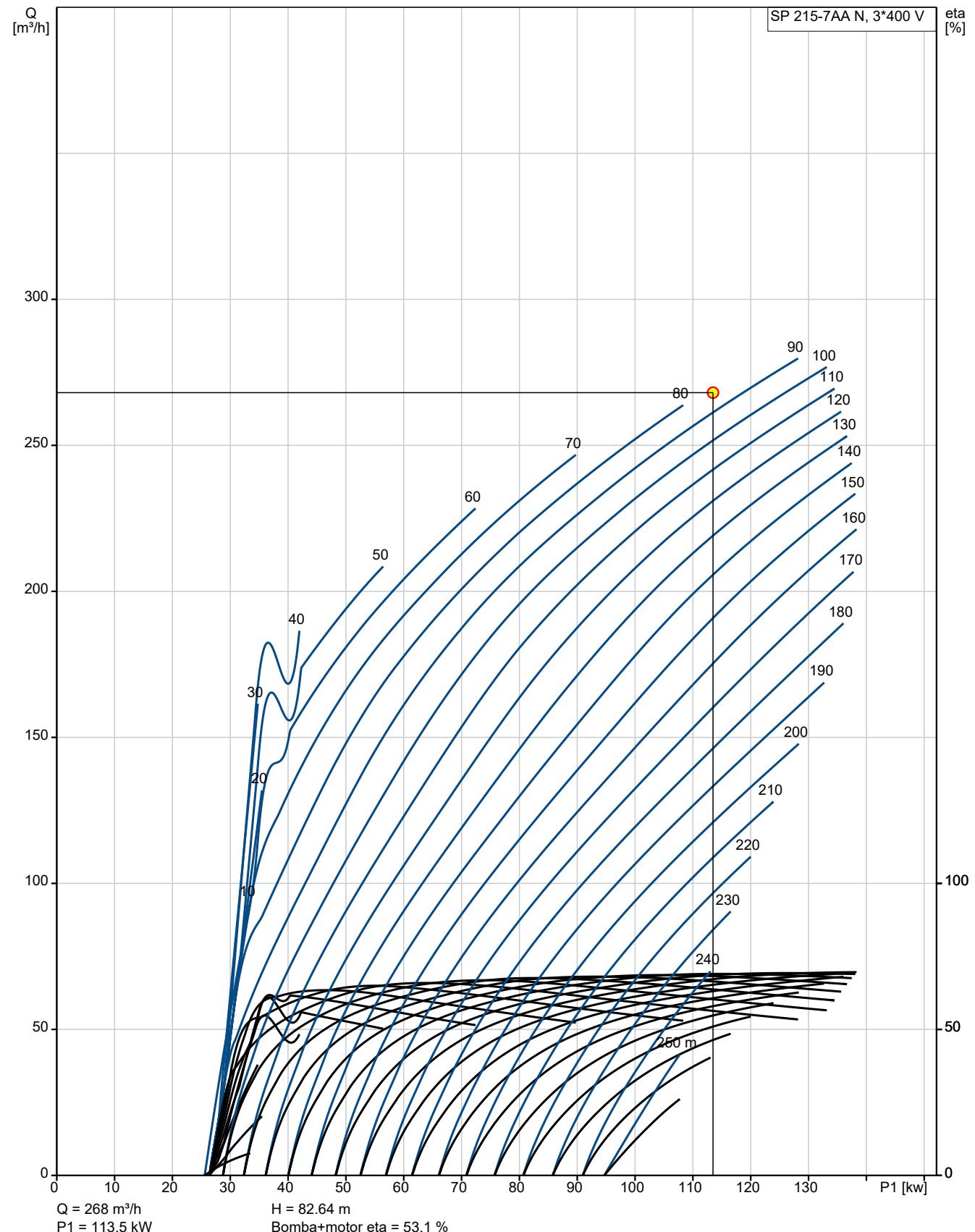
Contar	Descripción
1	<p><b>Sine-wave filter</b></p>  <p>Adverta! la foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: <a href="#">97775148</a></p> <p><b>Filtros sinusoidales</b> Los filtros sinusoidales ofrecen un elevado nivel de filtración, lo que reduce notablemente el estrés sobre el sistema de aislamiento del motor. Al mismo tiempo, reducen el ruido generado por el motor. Las pérdidas del motor disminuyen gracias a que los filtros sinusoidales transforman los pulsos de salida del convertidor de frecuencia en una especie de onda sinusoidal. El resultado es que la corriente adquiere una forma sinusoidal y se reduce el ruido generado por el motor.</p> <p>La longitud máxima del cable si se utilizan filtros sinusoidales es de 300 m.</p> <p><b>Filtros de salida en gral</b> Se usan para reducir el estrés producido por tensión sobre los bobinados del motor y estrés sobre el sist. de aislamiento del motor como para reducir el ruido generado por un motor con control de frecuencia.</p>



**Empresa:**  
**Creado Por:**  
**Teléfono:**

**Datos:** 03/03/2025

**18CT43B7 SP 215-7AA N**





Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Descripción	Valor
-------------	-------

**Información general:**

Producto: SP 215-7AA N

Código: 18CT43B7

Número EAN: 5710626357512

Precio: EUR 45845

**Técnico:**

Velocidad bomba en el que se basan los datos de la bomba: 2900 rpm

Caudal nominal: 215 m<sup>3</sup>/h

Altura nominal: 161 m

Etapas: 7

Número de impulsores de diámetro reducido: AA

Cierre del motor: SIC/SIC

Homologaciones: CE, EAC, UKCA, SEPRO, MOR OCCO

Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B

Modelo: C

Versión de motor: T45

Válvula de retorno: YES

**Materiales:**

Bomba: Stainless steel

EN 1.4401

AISI 316

Impulsor: Acero inoxidable

EN 1.4401

AISI 316

Motor: Acero inoxidable

DIN W.-Nr. 1.4401

AISI 316

**Instalación:**

Presión de trabajo máxima: 60 bar

Presión de salida máxima permitida: 25.8 bar

Tipo de conexión: Rp

Tamaño de la conexión: 6 inch

Motor diameter: 10 inch

Minimum borehole diameter: 257 mm

**Líquido:**

Líquido bombeado: Agua

Rango de temperatura del líquido: -15 .. 45 °C

Temp. líquido máx. a 0.15 m/seg: 40 °C

Líquido máx. a 0,5 m/seg: 45 °C

**Datos eléctricos:**

Tipo de motor: MMS10000

Motor flange design: Grundfos

Potencia nominal - P2: 132 kW

Potencia (P2) requerida por la bomba: 132 kW

Frecuencia de red: 50 Hz

Tensión nominal: 3 x 380-400-415 V

Intensidad nominal: 275-270-270 A

Intensidad de arranque: 530-570-590 %

Cos phi - factor de potencia: 0.87-0.84-0.81

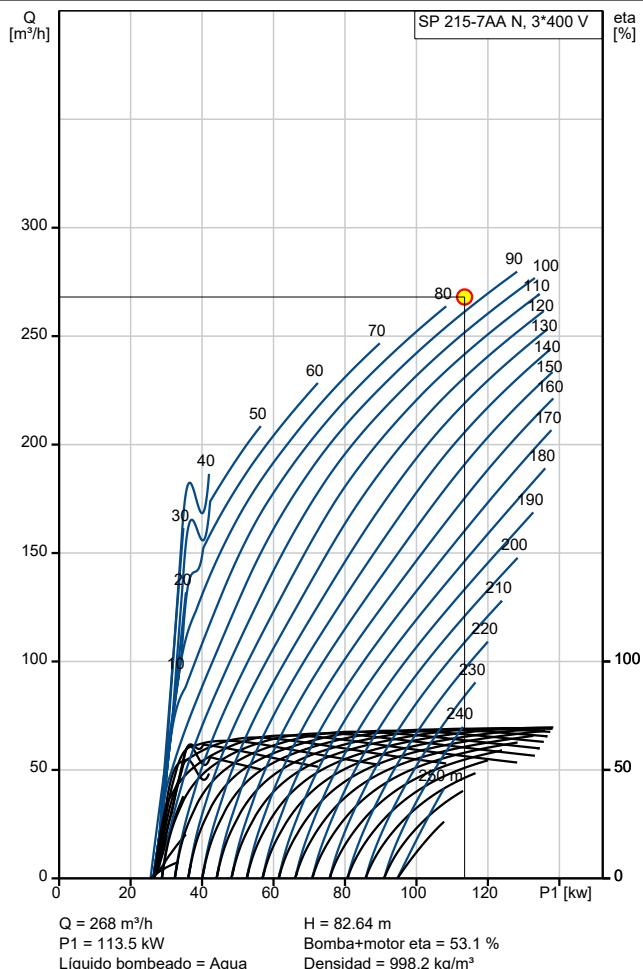
Velocidad nominal: 2900-2910-2920 rpm

Tipo de arranque: directo

Grado de protección (IEC 34-5): IP68

Protección de motor integrada: NINGUNA

Protec. térmica: exterior





Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Descripción	Valor
Transmisor de temp. incorporado:	no
Motor N.º:	96540312
Cable number:	N/A
Bobinados:	PE2/PA
<b>Otros:</b>	
Peso neto:	551 kg
Peso bruto:	632 kg
Volumen de transporte:	0.877 m <sup>3</sup>
País de origen.:	DK
Tarifa personalizada n.º:	84137029
Environmental approvals:	WEEE

Descripción	Valor
<b>Información general:</b>	
Producto::	RSI 3x380-440V IP54 160kW 310A
Código::	<a href="#">99648890</a>
Número EAN::	5713832409532
Precio:	EUR 20289
<b>Técnico:</b>	
Homologaciones y marcado:	CE
<b>Instalación:</b>	
Rango de temperaturas ambientes:	-10 .. 50 °C
Humedad relativa:	95 %
<b>Líquido:</b>	
Líquido bombeado:	Agua
<b>Datos eléctricos:</b>	
Potencia nominal - P2:	160 kW
Frecuencia de red:	50 / 60 Hz
Tensión nominal:	3 x 380 - 440 V
Grado de protección (IEC 34-5):	IP54
Tensión nominal salida AC:	380 V
Tensión entrada CC:	800 V
Corriente nominal salida AC:	310 A
Udc:	400 V
<b>Otros:</b>	
Peso neto:	120 kg
Peso bruto:	148 kg
País de origen.:	IT
Tarifa personalizada n.º:	85044086

Descripción	Valor
<b>Información general:</b>	
Producto::	Sine-wave filter
Código::	<a href="#">97775148</a>
Número EAN::	5710624184349
Precio:	EUR 23116
<b>Instalación:</b>	
Montado en:	Planta
<b>Datos eléctricos:</b>	
Frecuencia de red:	60 Hz
Tensión nominal:	x 200-500 V
Tensión nominal:	388 A
Corriente nominal a 120 Hz:	254 A
Grado de protección (IEC 34-5):	IP23
Pérdida en el inductor:	1150 W
<b>Otros:</b>	
Peso neto:	370 kg



**Empresa:**  
**Creado Por:**  
**Teléfono:**

**Datos:** 03/03/2025

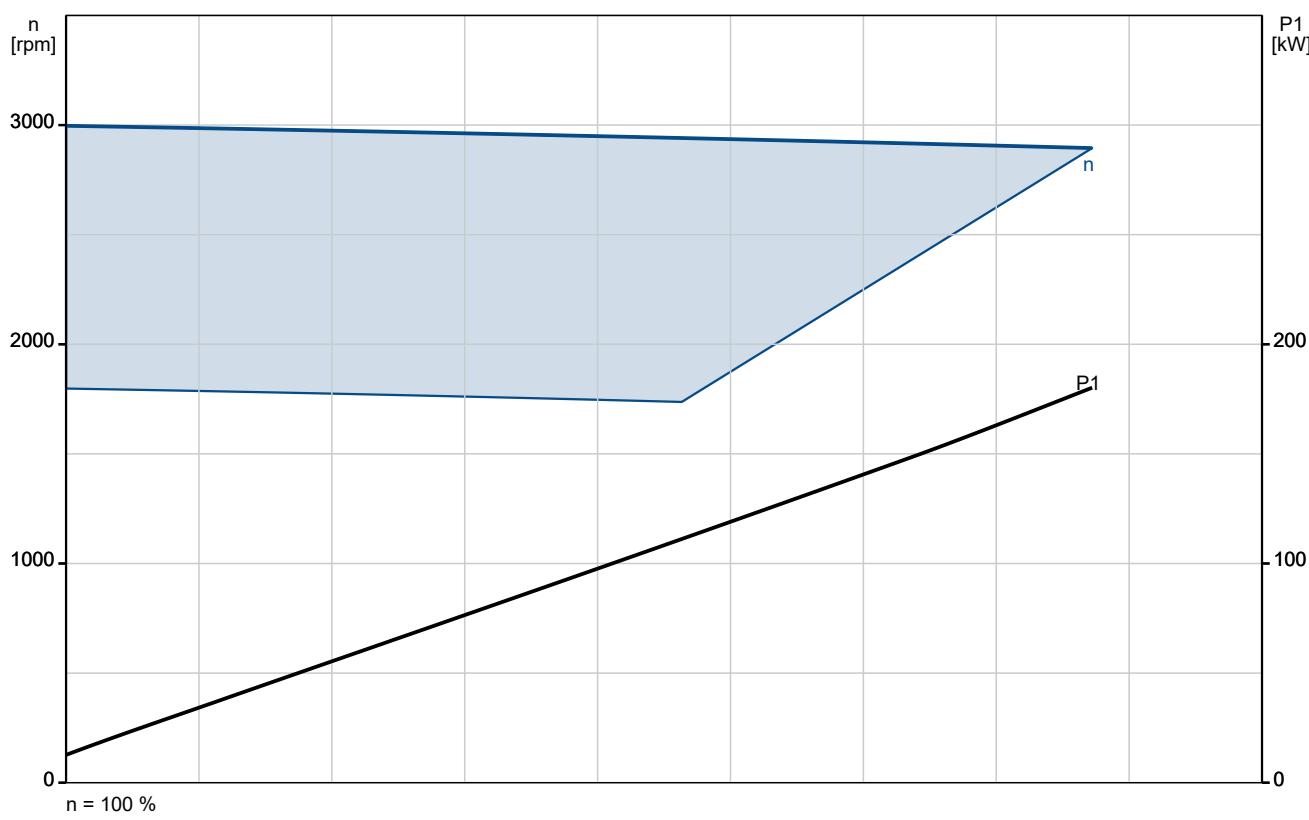
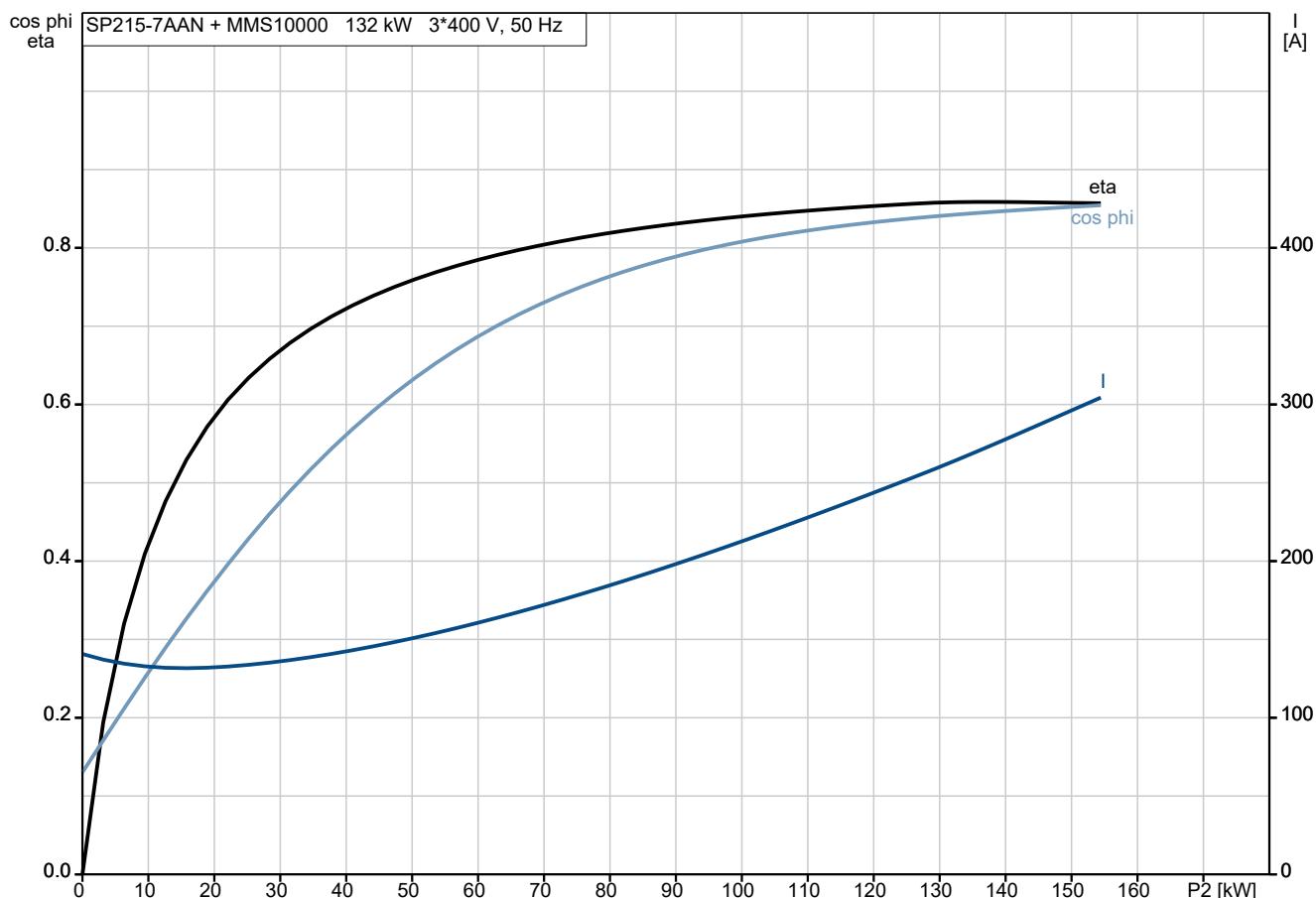
Descripción	Valor
País de origen.:	DK
Tarifa personalizada n.º:	85371098

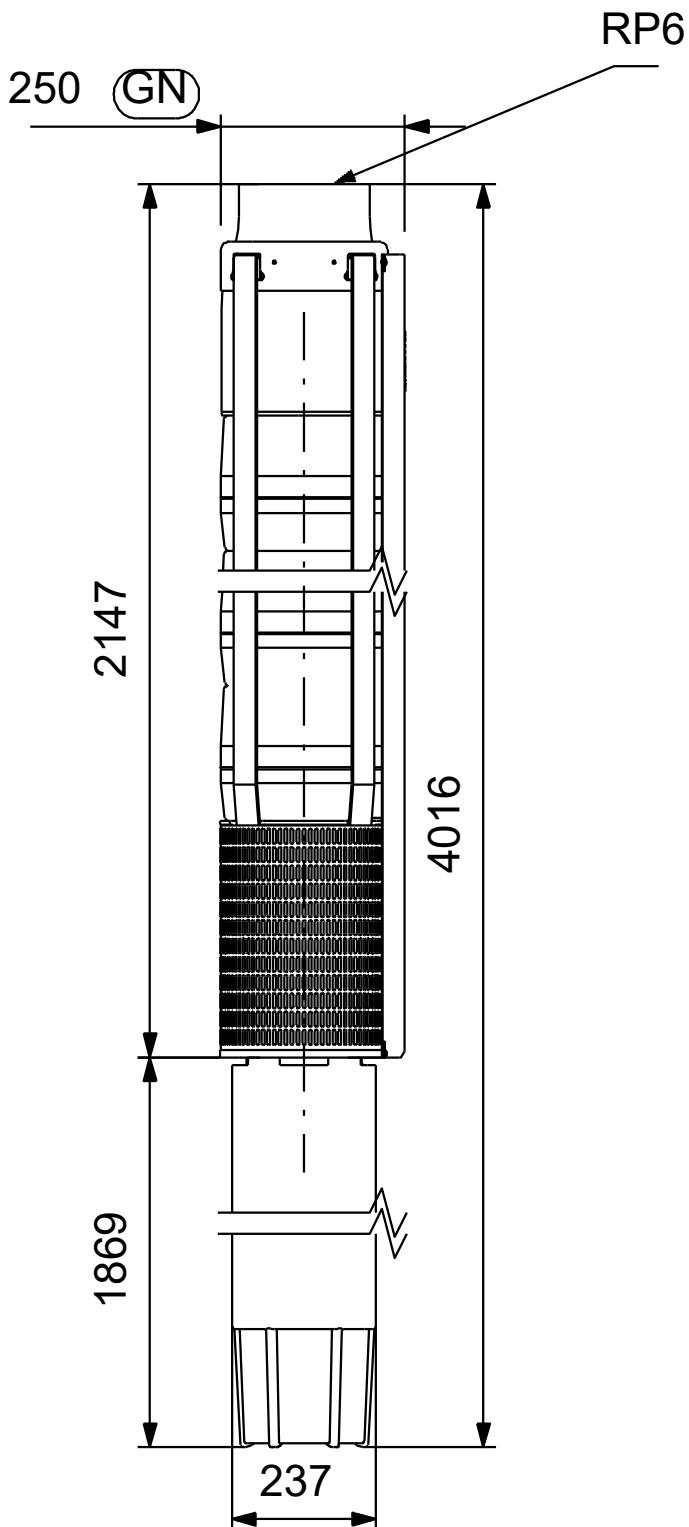


Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

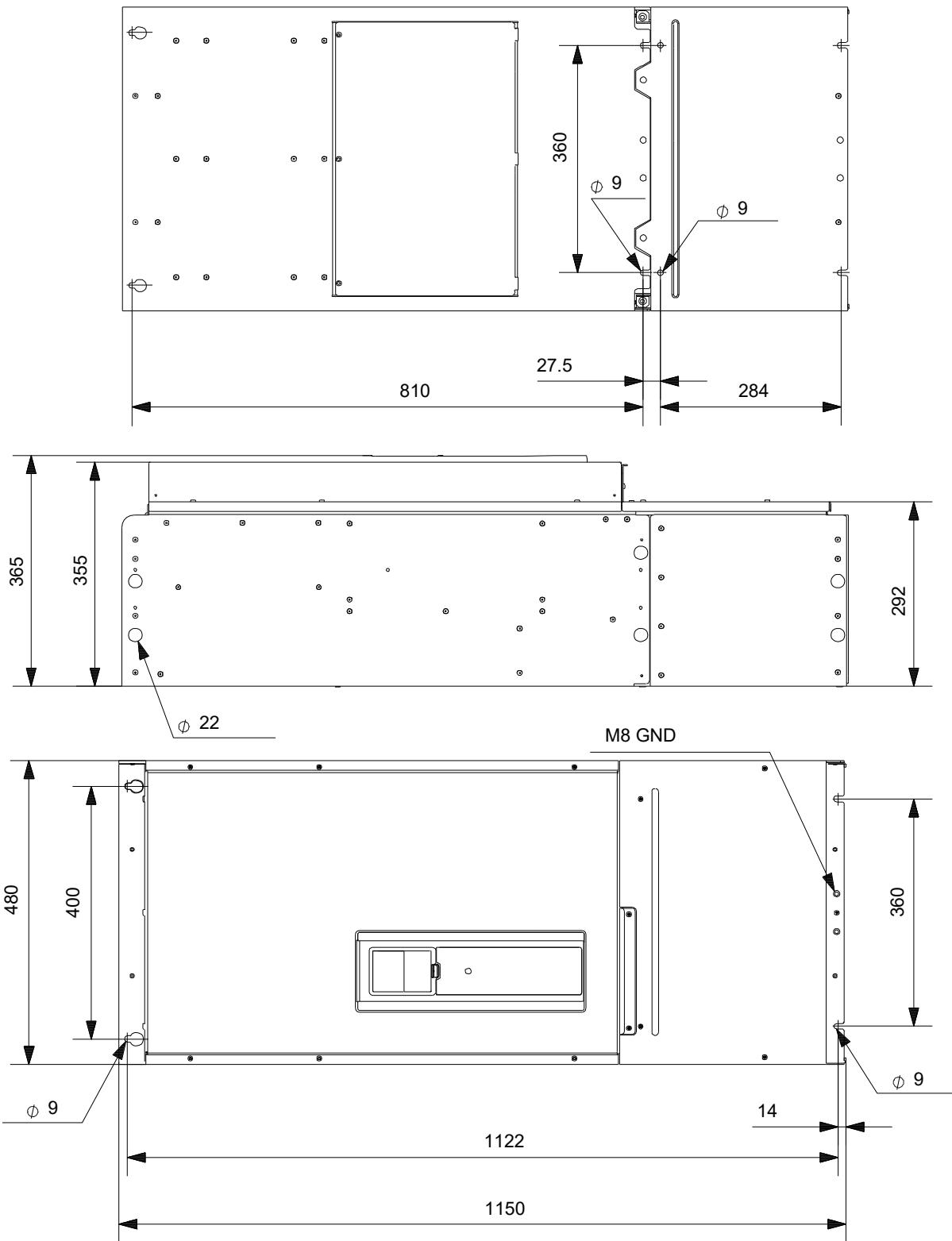
## 18CT43B7 SP 215-7AA N



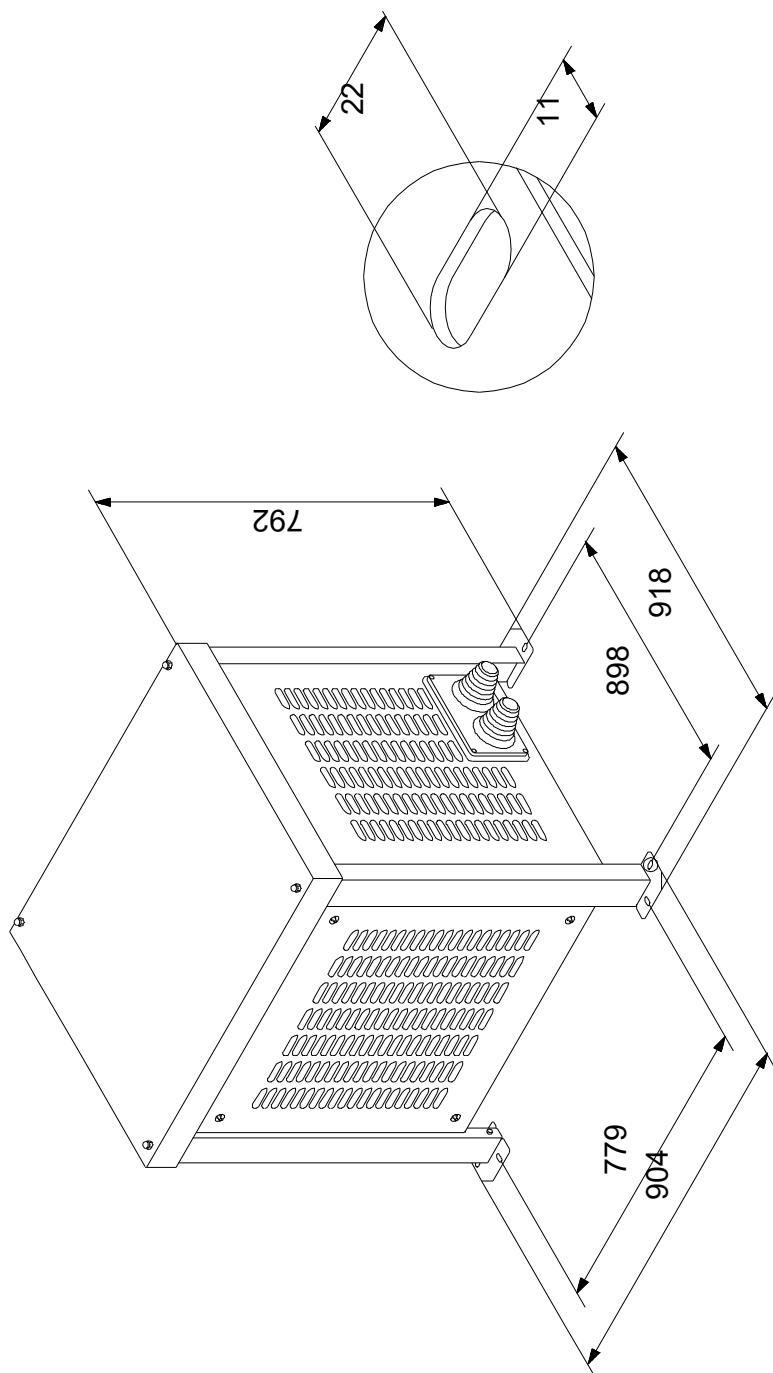
**18CT43B7 SP 215-7AA N**

Nota: todas las unidades están en [mm] a menos que se indiquen otras. Exención de responsabilidad: este esquema dimensional simplificado no muestra todos los detalles.

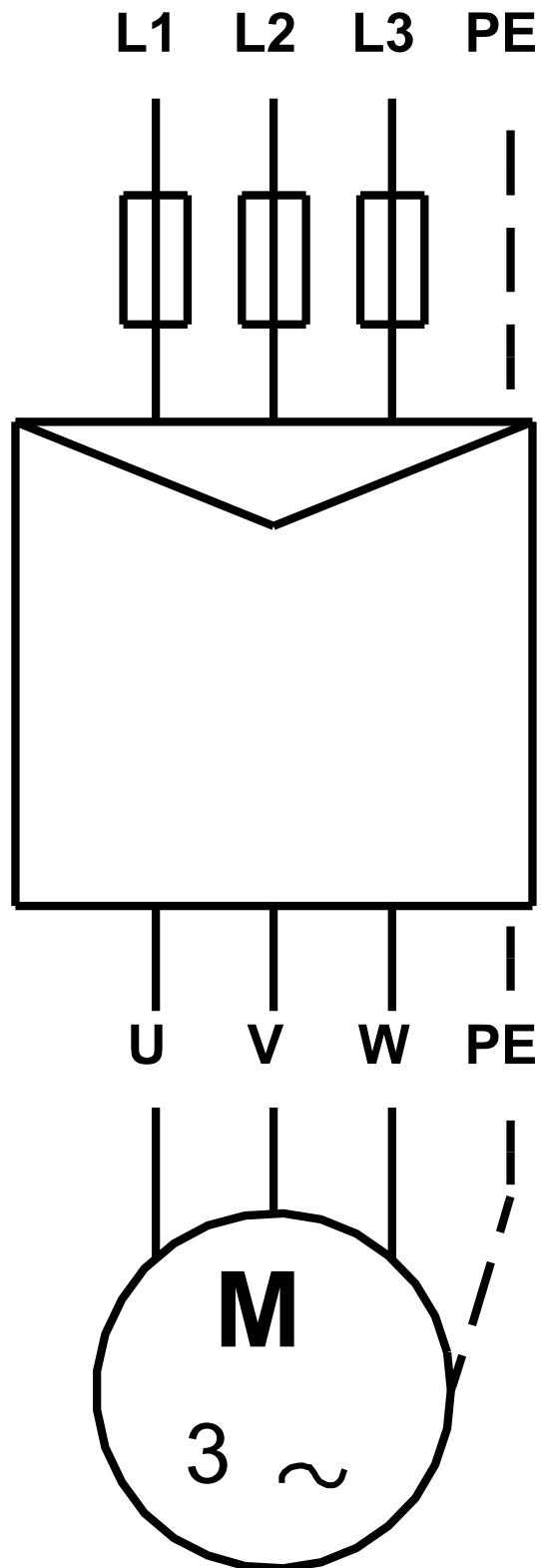
**99648890 RSI 3x380-440V IP54 160kW 310A**



## 97775148 Sine-wave filter



Nota: todas las unidades están en [mm] a menos que se indiquen otras. Exención de responsabilidad: este esquema dimensional simplificado no muestra todos los detalles.

**18CT43B7 SP 215-7AA N**

¡Nota! Uds en [mm] a menos que otras estén expresadas



**Empresa:**  
**Creado Por:**  
**Teléfono:**

**Datos:** 03/03/2025

## 18CT43B7 SP 215-7AA N

### Entrada - resumen

Volumen de agua (máx.): 2402.4 m<sup>3</sup>/día  
 Mes del dimensionamiento: Julio  
 Elevación estática por encima del suelo: 80 m  
 Nivel de agua dinámico: 0.1 m  
 Seguimiento del sol: No (fijo)  
 Ubicac.: Tordesillas, Valladolid, Spain  
 Latitud: 41.5010 DD, Longitud: -5.0005 DD

### Productos

Bomba: SP 215-7AA N, 1 x 18CT43B7  
 Módulo solar: 510 x NN 350W  
 Caja de interruptor / unidad de control: RSI 3x380-440V IP54 160kW 310A, 1 x 99648890  
 Otros: Sine-wave filter, 1 x 97775148

### Resul de selec - sumario

#### Producción de agua, caudal máximo y precio

Producción de agua total por año: 759000 m<sup>3</sup>  
 Producción de agua promedio diaria: 2078.5 m<sup>3</sup>/día  
 Producción de agua promedio por vatio diaria: 11.6 l/Wp/día

#### Rendimiento habitual con irradiación solar de 800 W/m<sup>2</sup>

Caudal: 268.0 m<sup>3</sup>/h  
 Altura total: 82.6 m

#### Configuración de módulo solar:

Número de módulos solares en serie: 15, en paralelo: 34  
 Potencia nominal del panel solar: 178.5 kW  
 Tensión nominal del panel solar: 588 V  
 Seguimiento del sol: No (fijo)  
 Ángulo de inclinación: 41 deg.

#### Cables y tuberías:

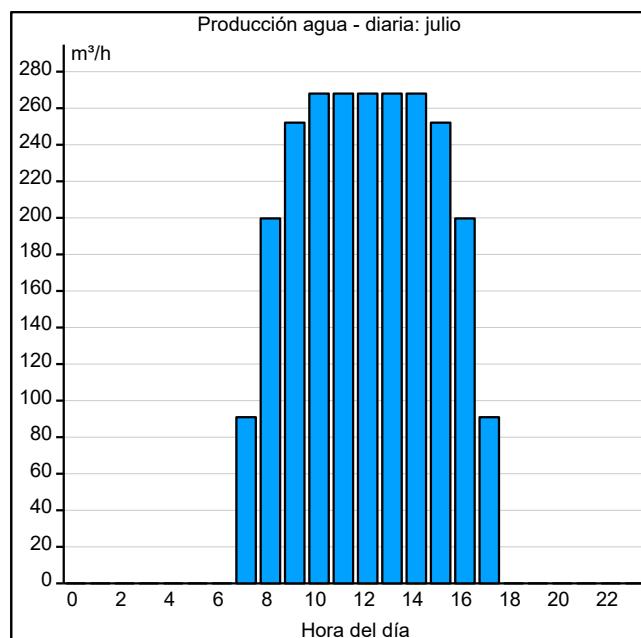
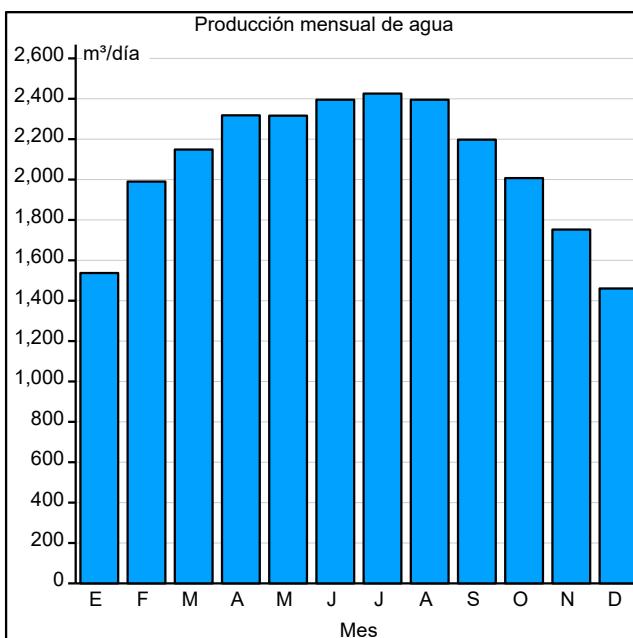
Longitud del cable de bomba: 10 m  
 Tamaño del cable de bomba: 10 mm<sup>2</sup>  
 Pérdida por cable total: 1.6 %

Material, riser pipe: PEH  
 Longitud de la tubería ascendente: 0.1 m  
 Otras perdidas de carga: 2.536 m  
 Perdidas por rozamiento: 2.536 m

### Prestación del sist. - media mensual

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Producción agua [m <sup>3</sup> /día]	1537.1	1990	2148.6	2318.1	2316.4	2395.4	2425.7	2395.4	2197.6	2007.2	1752.4	1460.5
Energy production Solar [kWh/day]	635.4	884.2	1,034.1	1,069.6	1,010.8	1,091.5	1,144.3	1,137.6	1,053.4	889.6	702.6	601.2
Irradiación hzta [kWh/m <sup>2</sup> día]	2.1	3.4	4.9	6.2	6.8	8.0	8.4	7.3	5.6	3.8	2.5	1.9
Inclinación de radiación [kWh/m <sup>2</sup> día]	3.8	5.3	6.3	6.6	6.4	7.0	7.5	7.5	6.8	5.6	4.3	3.6
Temp. promedio [°C]	3.5	5.1	7.6	9.1	13.7	19.4	22.5	22.2	17.6	12.5	7.4	4.8

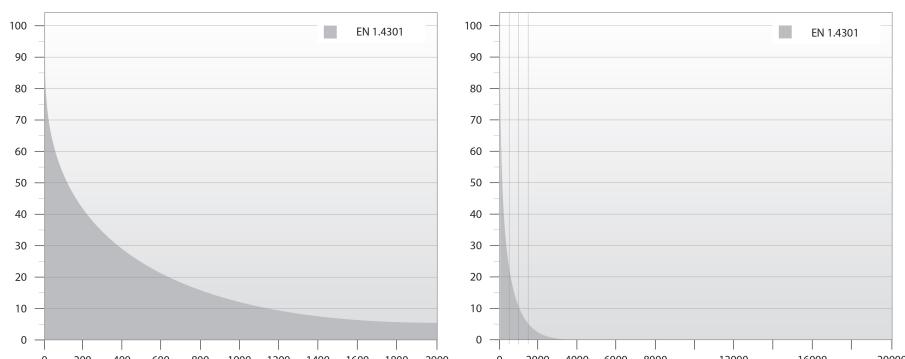
Data location: Latitud: 41 DD, Longitud: -5 DD





Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Contar	Descripción
1	<p><b>SP 215-4A</b></p>  <p>Adverta! La foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: <a href="#">18A044A4</a></p> <p>Bomba de agotamiento sumergible, apta para el bombeo de agua limpia. Se puede instalar en vertical u horizontal. Todos los componentes de acero están fabricados en acero inoxidable (EN 1.4301; AISI 304) para garantizar la máxima resistencia a la corrosión. Esta bomba está homologada para el bombeo de agua caliente.</p> <p>La bomba está equipada con un motor MMS8000 de 75 kW con protección contra arena, cojinetes de deslizamiento lubricados con agua y una membrana de compensación de volumen.</p> <p>El carácter rebobinable del motor proporciona acceso total a los bobinados y facilita el rebobinado. Los bobinados del estator cuentan con aislamiento de PE/PA y están preparados para el funcionamiento continuo (S1).</p> <p>Apto para temperaturas de hasta 50 °C.</p> <p>El motor está equipado con un cierre mecánico.</p> <p>El motor no está equipado con sensor de temperatura. Si es preciso monitorizar la temperatura, puede equiparse con un sensor Pt100 o Pt1000.</p> <p>El motor está diseñado para el arranque directo en línea (DOL).</p> <p><b>Más información acerca del producto</b></p> <p>La bomba es apta para aplicaciones similares a las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- suministro de agua sin tratar;</li><li>- riego;</li><li>- descenso de niveles freáticos;</li><li>- aumento de presión;</li><li>- fuentes.</li></ul> <p><b>Bomba</b></p> <p>Todas las superficies de la bomba que entran en contacto con el líquido bombeado están fabricadas en acero inoxidable, lo cual les aporta resistencia a la corrosión y el desgaste.</p> <p>El siguiente gráfico de corrosión muestra las capacidades de la bomba y el motor en relación con la temperatura en grados centígrados (eje y) y la concentración de cloro en ppm (eje x).</p>  <p>Las piezas elastoméricas de la bomba están fabricadas en NBR (caucho de nitrilo-butadieno), un material que posee una buena resistencia al desgaste y prolonga los intervalos de mantenimiento.</p> <p>Para bombas destinadas al bombeo de aguas con un alto contenido de hidrocarburos o disolventes, Grundfos ofrece piezas de caucho FKM (fluorocarbono) resistentes al aceite y a temperaturas de hasta 90 °C.</p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Contar	Descripción
1	<p>La bomba cuenta con cojinetes octogonales con canales lijados para minimizar el desgaste. Dado que el desgaste de la bomba es inevitable, su diseño facilita la sustitución de todas las piezas internas sujetas a deterioro (cojinetes, impulsor, anillos de desgaste y juntas tóricas) con objeto de maximizar el rendimiento y la vida útil.</p> <p>El interconector de aspiración está equipado con un filtro para impedir la penetración de partículas de gran tamaño en la bomba. El interconector está diseñado de acuerdo con las normas NEMA en materia de montaje/dimensiones de motores.</p> <p><b>Motor</b></p> <p>El hilo del bobinado se compone de cobre electrolítico puro con dos capas de aislamiento de PE/PA extrudido y posee magníficas propiedades de resistencia dieléctrica, por lo que admite el contacto directo con el fluido del motor.</p> <p>Esto garantiza la máxima refrigeración posible para el hilo del bobinado.</p> <p>La capa de PA aporta al hilo del bobinado una magnífica resistencia al desgaste mecánico.</p> <p>Las caras del cierre mecánico son de cerámica/carbono.</p> <p>Esta combinación de materiales aporta una buena resistencia frente a la marcha en seco.</p> <p>Junto con la carcasa del cierre mecánico, el deflector de arena forma un sello laberíntico que, en condiciones normales de funcionamiento, impide la penetración de partículas de arena.</p> <p>El motor se puede equipar con un sensor Pt100 o Pt1000 que, junto con una unidad de control, impide que se superen las condiciones de temperatura máxima de funcionamiento.</p> <p><b>Líquido:</b></p> <p>Líquido bombeado: Agua</p> <p>Rango de temperatura del líquido: -15 .. 45 °C</p> <p>Temp. líquido máx. a 0.15 m/seg: 40 °C</p> <p>Líquido máx. a 0,5 m/seg: 45 °C</p> <p><b>Técnico:</b></p> <p>Velocidad bomba en el que se basan los datos de la bomba: 2900 rpm</p> <p>Caudal nominal: 215 m<sup>3</sup>/h</p> <p>Altura nominal: 92 m</p> <p>Cierre del motor: CER/CARBON</p> <p>Homologaciones: CE,EAC,UKCA,SEPRO,MOROCCO</p> <p>Homologaciones para agua potable: ACS,DM174</p> <p>Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B</p> <p>Versión de motor: T45</p> <p>Válvula de retorno: YES</p> <p><b>Materiales:</b></p> <p>Bomba: Stainless steel EN 1.4301 AISI 304</p> <p>Impulsor: Acero inoxidable EN 1.4301 AISI 304</p> <p>Motor: Hierro fundido DIN W.-Nr. 0.6025 ASTM Class 35-40</p> <p><b>Instalación:</b></p> <p>Presión de trabajo máxima: 60 bar</p> <p>Presión de salida máxima permitida: 14.9 bar</p> <p>Tipo de conexión: Rp</p> <p>Tamaño de la conexión: 6 inch</p> <p>Motor diameter: 8 inch</p> <p>Minimum borehole diameter: 246 mm</p> <p><b>Datos eléctricos:</b></p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Contar	Descripción
1	<p>Tipo de motor: MMS8000</p> <p>Motor flange design: Grundfos</p> <p>Potencia nominal - P2: 75 kW</p> <p>Potencia (P2) requerida por la bomba: 75 kW</p> <p>Frecuencia de red: 50 Hz</p> <p>Tensión nominal: 3 x 380-400-415 V</p> <p>Intensidad nominal: 157-153-152 A</p> <p>Intensidad de arranque: 660-710-740 %</p> <p>Cos phi - factor de potencia: 0.88-0.86-0.83</p> <p>Velocidad nominal: 2890-2910-2910 rpm</p> <p>Tipo de arranque: directo</p> <p>Grado de protección (IEC 34-5): IP68</p> <p>Transmisor de temp. incorporado: no</p> <p>Motor N.º: 96221395</p> <p>Bobinados: PE2/PA</p> <p>Otros:</p> <p>Peso neto: 310 kg</p> <p>Peso bruto: 361 kg</p> <p>Volumen de transporte: 0.475 m<sup>3</sup></p> <p>País de origen.: DK</p> <p>Tarifa personalizada n.º: 84137029</p> <p>Environmental approvals: WEEE</p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Contar	Descripción
1	<p><b>RSI 3x380-440V IP54 110kW 205A</b></p>  <p>Adverta! La foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: <a href="#">99648888</a></p> <p>El inversor solar renovable RSI es un inversor solar desconectado de la red que permite al usuario final utilizar la energía solar para una amplia gama de aplicaciones de agua. RSI está adaptado específicamente para su compatibilidad con las bombas Grundfos. Con el MPPT integrado y diverso software de protección, proporciona una solución de sistema solar eficiente y fiable.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Trifásico de 208V, 380V o 440V</li><li>• Asistente de instalación rápida</li><li>• Entradas preconfiguradas</li><li>• MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia) integrado</li><li>• Compatible con fuente de alimentación de CA o CC</li><li>• Solución solar para hasta 250 kW</li></ul> <p>RSI ofrece las siguientes entradas y salidas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• RS-485 Modbus RTU/TCP</li><li>• Seis entradas digitales preconfiguradas para la aplicación solar</li><li>• Dos relés de señal, FUNCIONAMIENTO/FALLO</li></ul> <p>Líquido: Líquido bombeado: Agua</p> <p>Técnico: Homologaciones y marcado: CE</p> <p>Instalación: Rango de temperaturas ambientes: -10 .. 50 °C Humedad relativa: 95 %</p> <p>Datos eléctricos: Potencia nominal - P2: 110 kW Frecuencia de red: 50 / 60 Hz Tensión nominal: 3 x 380 - 440 V Grado de protección (IEC 34-5): IP54 Tensión nominal salida AC: 380 V Tensión entrada CC: 800 V Corriente nominal salida AC: 205 A Udc: 400 V</p> <p>Otros: Peso neto: 66 kg Peso bruto: 80.5 kg País de origen.: FI Tarifa personalizada n.º: 85044086</p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

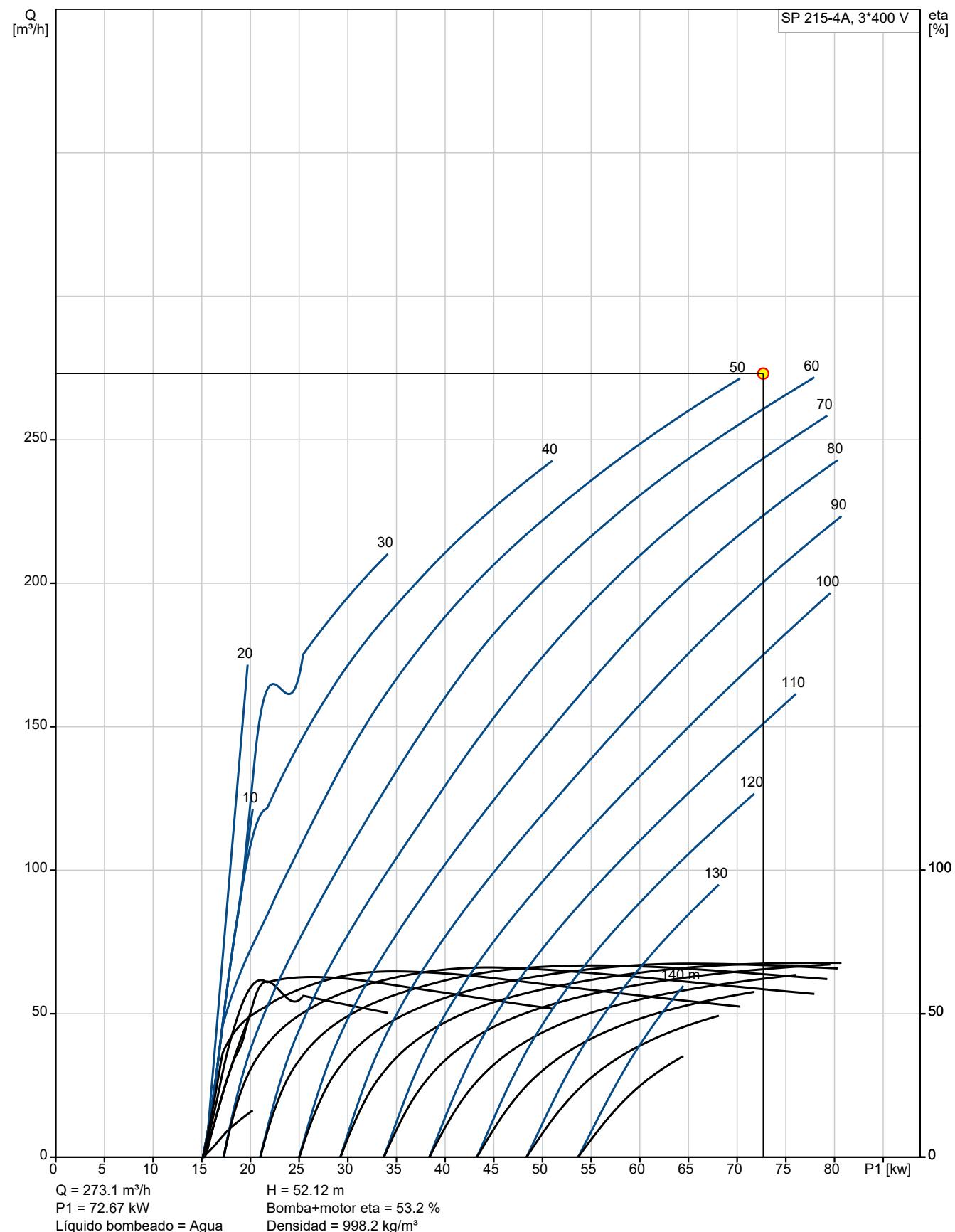
Contar	Descripción
1	<p><b>Sine-wave filter</b></p>  <p>Adverta! la foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: <a href="#">97775142</a></p> <p><b>Filtros sinusoidales</b> Los filtros sinusoidales ofrecen un elevado nivel de filtración, lo que reduce notablemente el estrés sobre el sistema de aislamiento del motor. Al mismo tiempo, reducen el ruido generado por el motor. Las pérdidas del motor disminuyen gracias a que los filtros sinusoidales transforman los pulsos de salida del convertidor de frecuencia en una especie de onda sinusoidal. El resultado es que la corriente adquiere una forma sinusoidal y se reduce el ruido generado por el motor.</p> <p>La longitud máxima del cable si se utilizan filtros sinusoidales es de 300 m.</p> <p><b>Filtros de salida en gral</b> Se usan para reducir el estrés producido por tensión sobre los bobinados del motor y estrés sobre el sist. de aislamiento del motor como para reducir el ruido generado por un motor con control de frecuencia.</p>



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

## 18A044A4 SP 215-4A





Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Descripción	Valor
-------------	-------

**Información general:**

Producto:	SP 215-4A
Código:	18A044A4
Número EAN::	5712601665377
Precio:	EUR 20550

**Técnico:**

Velocidad bomba en el que se basan los datos de la bomba:	2900 rpm
Caudal nominal:	215 m <sup>3</sup> /h
Altura nominal:	92 m
Etapas:	4
Número de impulsores de diámetro reducido:	A
Cierre del motor:	CER/CARBON
Homologaciones:	CE,EAC,UKCA,SEPRO,MOR OCCO
Homologaciones para agua potable:	ACS,DM174
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B
Modelo:	C
Versión de motor:	T45
Válvula de retorno:	YES

**Materiales:**

Bomba:	Stainless steel
	EN 1.4301
	AISI 304
Impulsor:	Acero inoxidable
	EN 1.4301
	AISI 304
Motor:	Hierro fundido
	DIN W.-Nr. 0.6025
	ASTM Class 35-40

**Instalación:**

Presión de trabajo máxima:	60 bar
Presión de salida máxima permitida:	14.9 bar

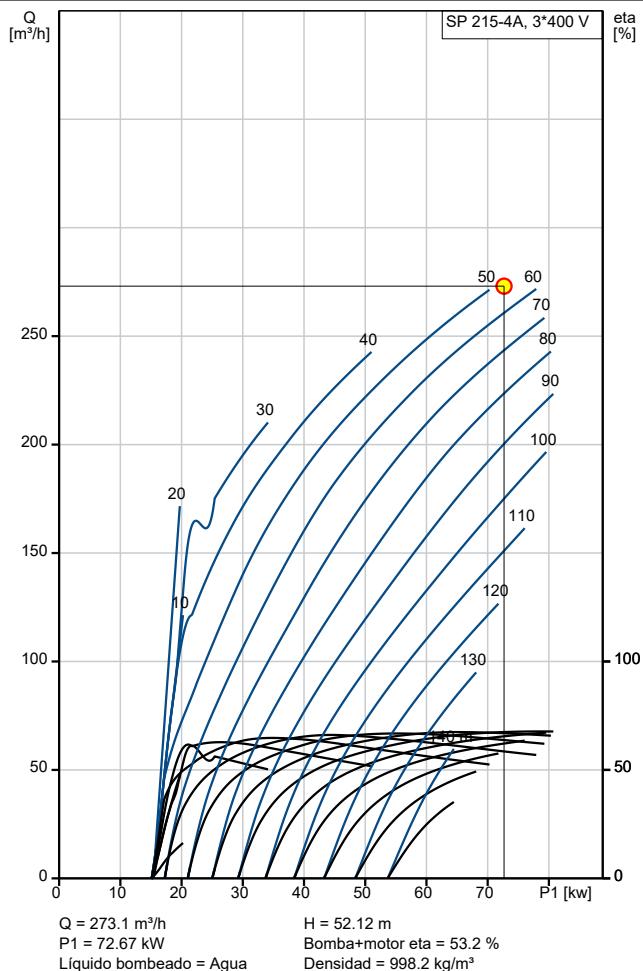
Tipo de conexión:	Rp
Tamaño de la conexión:	6 inch
Motor diameter:	8 inch
Minimum borehole diameter:	246 mm

**Líquido:**

Líquido bombeado:	Aqua
Rango de temperatura del líquido:	-15 .. 45 °C
Temp. líquido máx. a 0.15 m/seg:	40 °C
Líquido máx. a 0,5 m/seg:	45 °C

**Datos eléctricos:**

Tipo de motor:	MMS8000
Motor flange design:	Grundfos
Potencia nominal - P2:	75 kW
Potencia (P2) requerida por la bomba:	75 kW
Frecuencia de red:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 380-400-415 V
Intensidad nominal:	157-153-152 A
Intensidad de arranque:	660-710-740 %
Cos phi - factor de potencia:	0.88-0.86-0.83
Velocidad nominal:	2890-2910-2910 rpm
Tipo de arranque:	directo
Grado de protección (IEC 34-5):	IP68





Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

Descripción	Valor
Protección de motor integrada:	NINGUNA
Protec. térmica:	exterior
Transmisor de temp. incorporado:	no
Motor N.º:	96221395
Cable number:	N/A
Bobinados:	PE2/PA
<b>Otros:</b>	
Peso neto:	310 kg
Peso bruto:	361 kg
Volumen de transporte:	0.475 m³
País de origen.:	DK
Tarifa personalizada n.º:	84137029
Environmental approvals:	WEEE

Descripción	Valor
<b>Información general:</b>	
Producto::	RSI 3x380-440V IP54 110kW 205A
Código::	<a href="#">99648888</a>
Número EAN::	5713832409518
Precio:	EUR 12603
<b>Técnico:</b>	
Homologaciones y marcado:	CE
<b>Instalación:</b>	
Rango de temperaturas ambientes:	-10 .. 50 °C
Humedad relativa:	95 %
<b>Líquido:</b>	
Líquido bombeado:	Aqua
<b>Datos eléctricos:</b>	
Potencia nominal - P2:	110 kW
Frecuencia de red:	50 / 60 Hz
Tensión nominal:	3 x 380 - 440 V
Grado de protección (IEC 34-5):	IP54
Tensión nominal salida AC:	380 V
Tensión entrada CC:	800 V
Corriente nominal salida AC:	205 A
Udc:	400 V
<b>Otros:</b>	
Peso neto:	66 kg
Peso bruto:	80.5 kg
País de origen.:	FI
Tarifa personalizada n.º:	85044086

Descripción	Valor
<b>Información general:</b>	
Producto::	Sine-wave filter
Código::	<a href="#">97775142</a>
Número EAN::	5710624184202
Precio:	EUR 13996
<b>Instalación:</b>	
Montado en:	Planta
<b>Datos eléctricos:</b>	
Frecuencia de red:	60 Hz
Tensión nominal:	x 200-500 V
Tensión nominal:	170 A
Corriente nominal a 120 Hz:	112 A
Grado de protección (IEC 34-5):	IP23
Pérdida en el inductor:	650 W



**Empresa:**  
**Creado Por:**  
**Teléfono:**

**Datos:** 03/03/2025

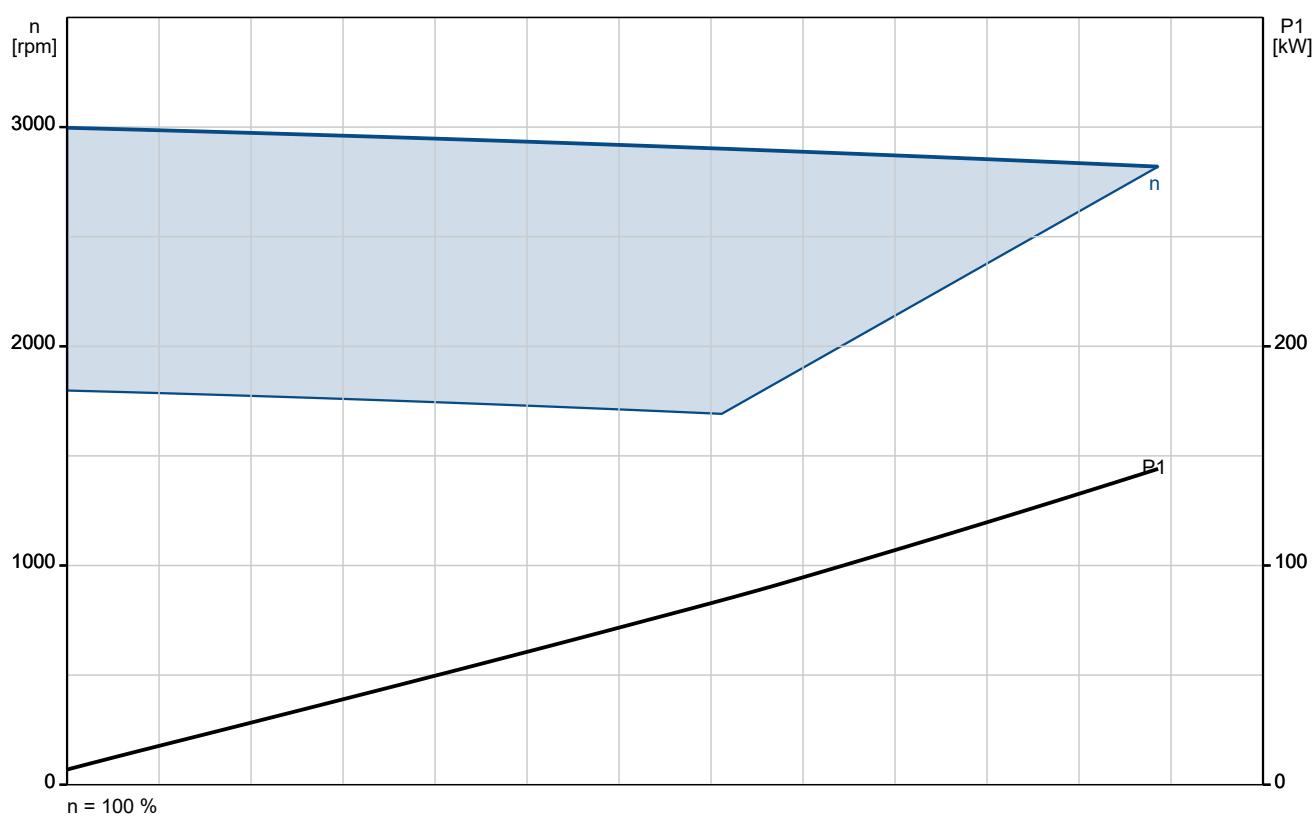
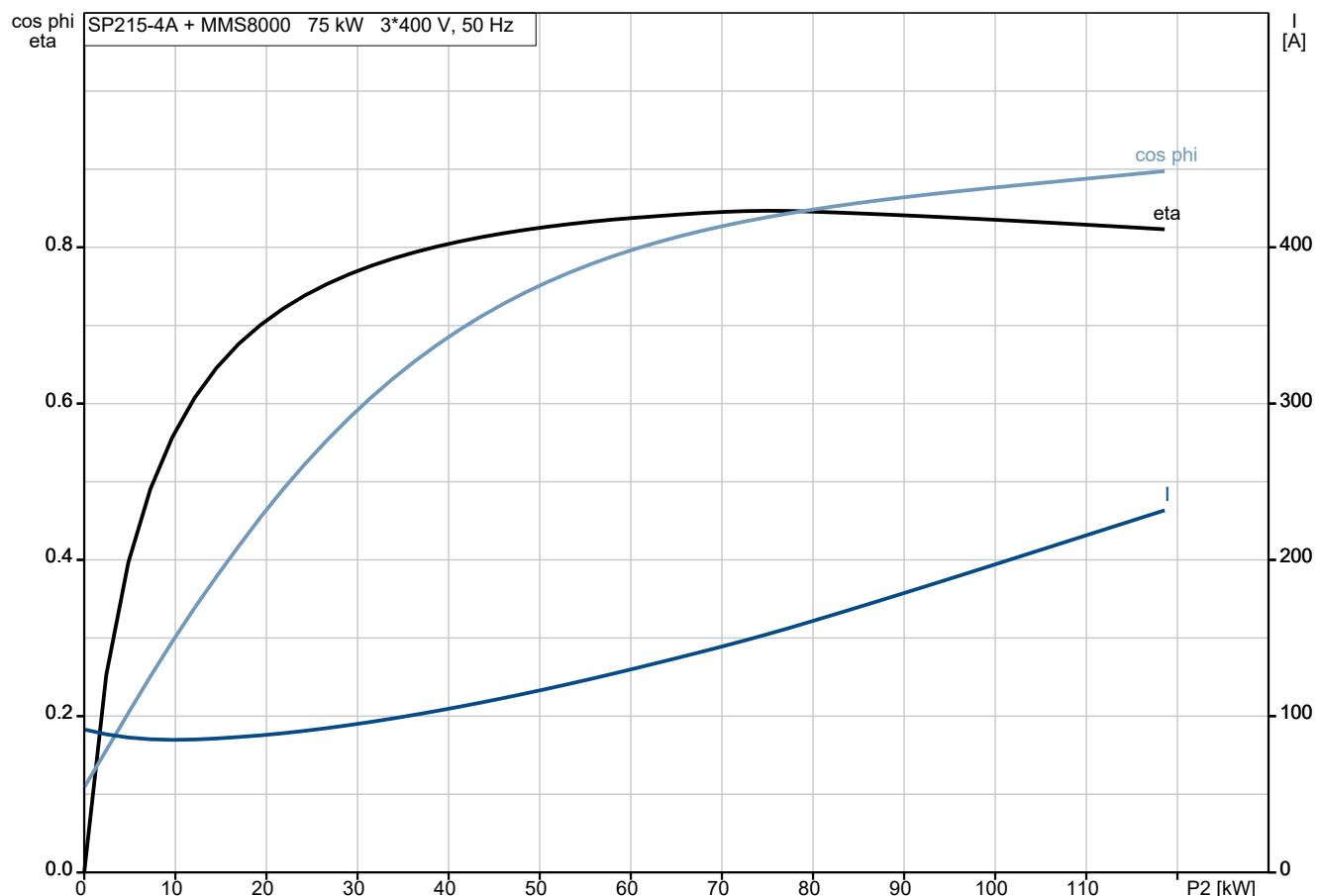
Descripción	Valor
<b>Otros:</b>	
Peso neto:	237 kg
VVS danés n.º:	382997180
País de origen.:	DK
Tarifa personalizada n.º:	85371098

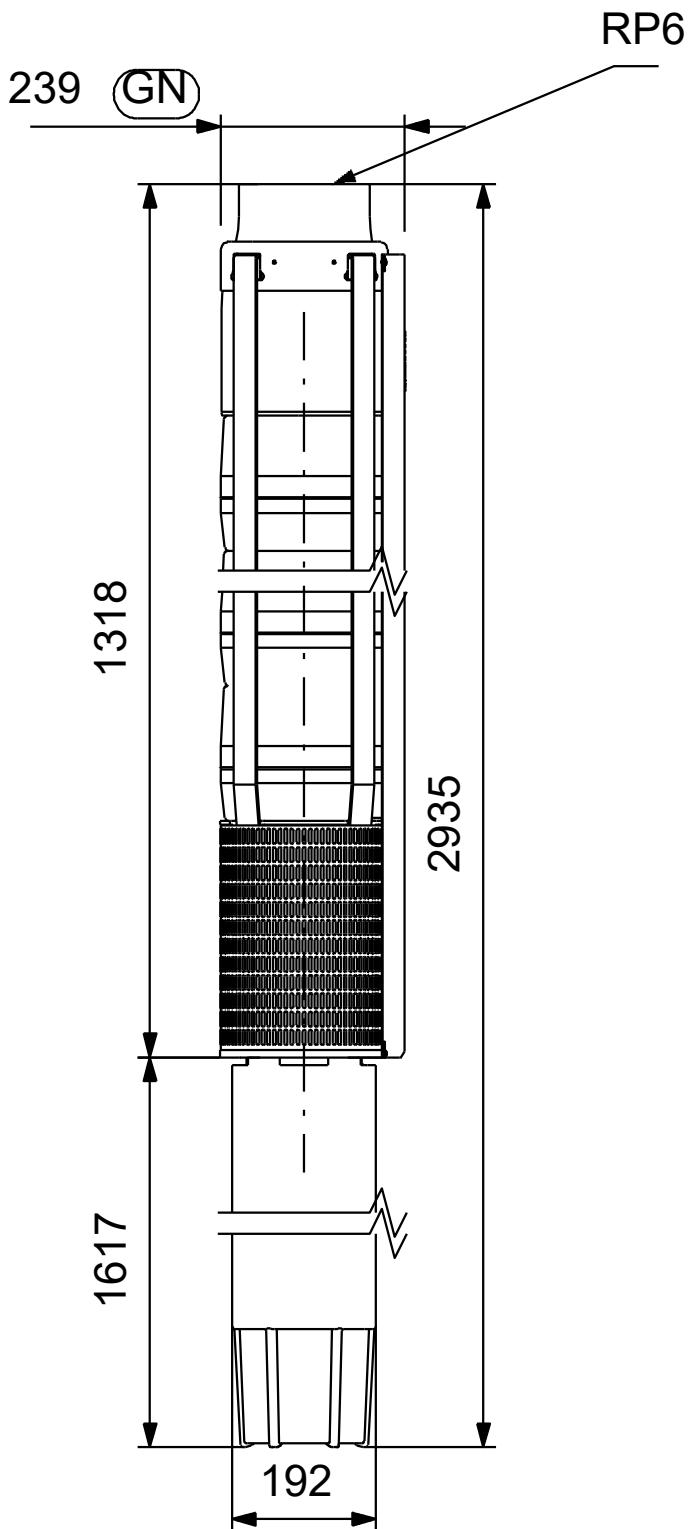


Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

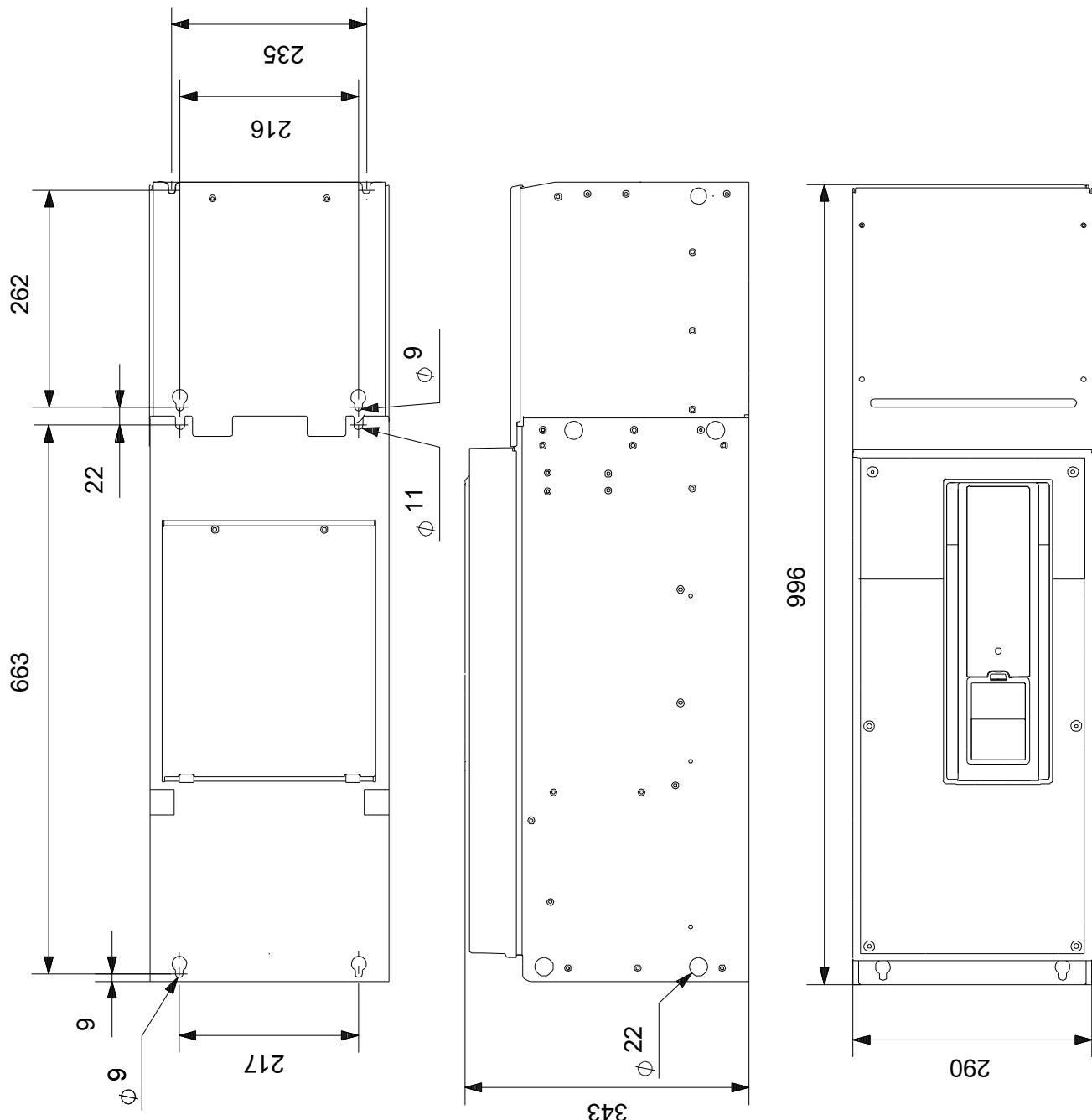
Datos: 03/03/2025

## 18A044A4 SP 215-4A



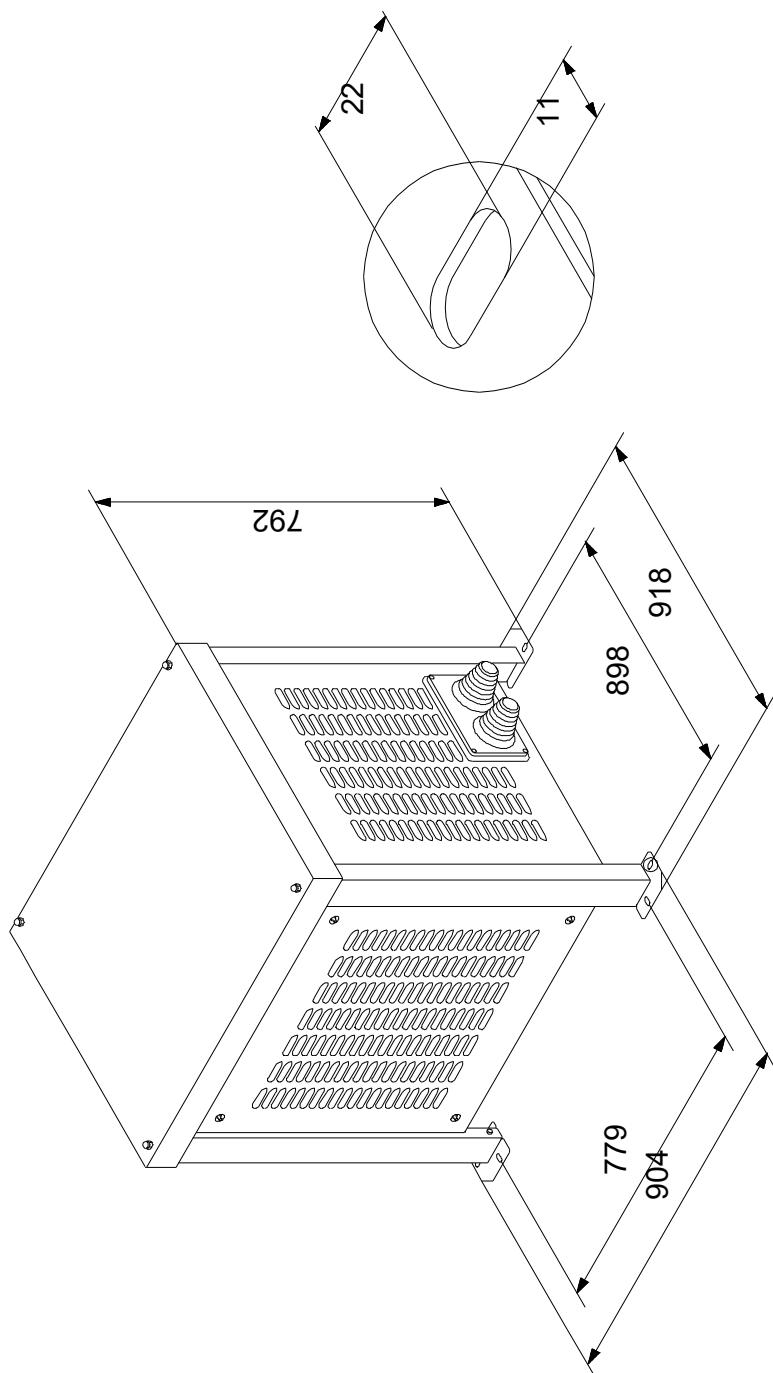
**18A044A4 SP 215-4A**

Nota: todas las unidades están en [mm] a menos que se indiquen otras. Exención de responsabilidad: este esquema dimensional simplificado no muestra todos los detalles.

**99648888 RSI 3x380-440V IP54 110kW 205A**

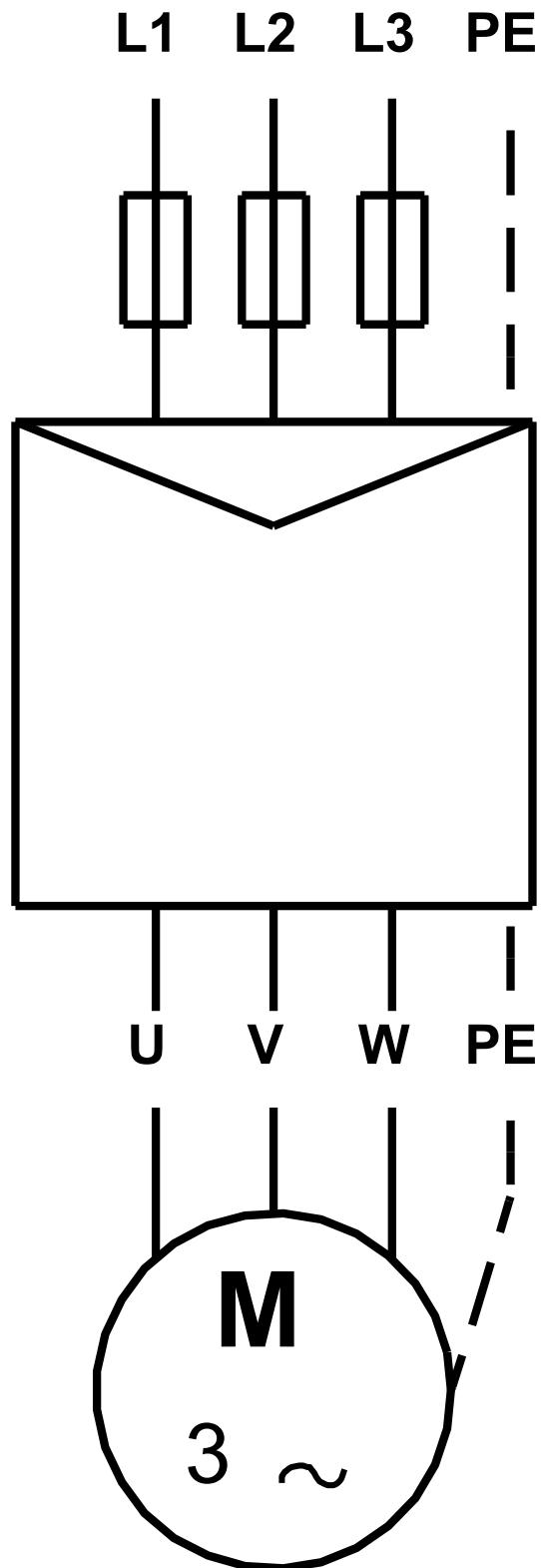
Nota: todas las unidades están en [mm] a menos que se indiquen otras. Exención de responsabilidad: este esquema dimensional simplificado no muestra todos los detalles.

## 97775142 Sine-wave filter



Nota: todas las unidades están en [mm] a menos que se indiquen otras. Exención de responsabilidad: este esquema dimensional simplificado no muestra todos los detalles.

**18A044A4 SP 215-4A**



¡Nota! Uds en [mm] a menos que otras estén expresadas



Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

Datos: 03/03/2025

## 18A044A4 SP 215-4A

### Entrada - resumen

Volumen de agua (máx.): 2402.4 m<sup>3</sup>/día  
Mes del dimensionamiento: Julio  
Elevación estática por encima del suelo: 50 m  
Nivel de agua dinámico: 0.1 m  
Seguimiento del sol: No (fijo)  
Ubicac.: Tordesillas, Valladolid, Spain  
Latitud: 41.5010 DD, Longitud: -5.0005 DD

### Productos

Bomba: SP 215-4A, 1 x 18A044A4  
Módulo solar: 300 x NN 350W  
Caja de interruptor / unidad de control: RSI 3x380-440V IP54 110kW 205A, 1 x 99648888  
Otros: Sine-wave filter, 1 x 97775142

### Resul de selec - sumario

#### Producción de agua, caudal máximo y precio

Producción de agua total por año: 747000 m<sup>3</sup>  
Producción de agua promedio diaria: 2045.3 m<sup>3</sup>/día  
Producción de agua promedio por vatio diaria: 19.5 l/Wp/día

#### Rendimiento habitual con irradiación solar de 800 W/m<sup>2</sup>

Caudal: 273.1 m<sup>3</sup>/h  
Altura total: 52.1 m

#### Configuración de módulo solar:

Número de módulos solares en serie: 15, en paralelo: 20  
Potencia nominal del panel solar: 105 kW  
Tensión nominal del panel solar: 588 V  
Seguimiento del sol: No (fijo)  
Ángulo de inclinación: 41 deg.

#### Cables y tuberías:

Longitud del cable de bomba: 10 m  
Tamaño del cable de bomba: 6 mm<sup>2</sup>  
Pérdida por cable total: 1.6 %

Material, riser pipe: PEH  
Longitud de la tubería ascendente: 0.1 m  
Otras perdidas de carga: 2.017 m  
Perdidas por rozamiento: 2.017 m

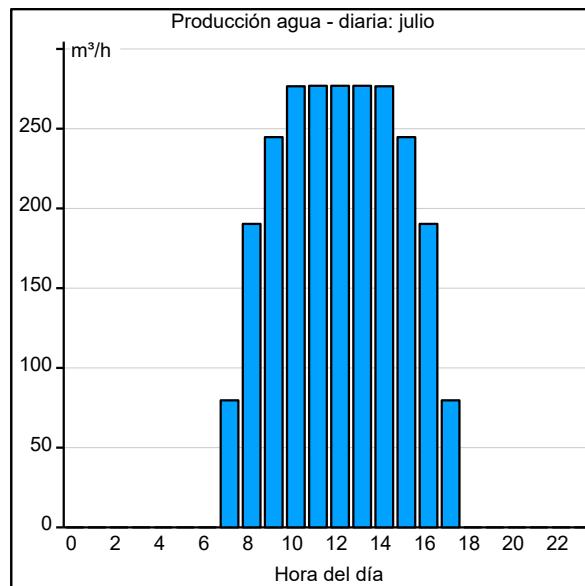
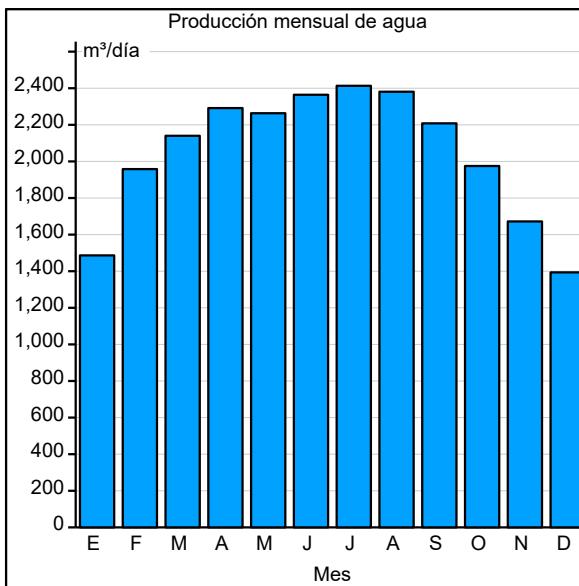
### Prestación del sist. - media mensual

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Producción agua [m <sup>3</sup> /día]	1486.4	1958.1	2140.1	2291.5	2263.4	2364.3	2413.3	2380.9	2208.1	1975	1672	1393.6
Energy production Solar [kWh/day]	373.8	520.2	608.4	629.4	594.8	642.2	673.3	669.4	619.8	523.4	413.4	353.7
Irradiación hztal [kWh/m <sup>2</sup> día]	2.1	3.4	4.9	6.2	6.8	8.0	8.4	7.3	5.6	3.8	2.5	1.9
Inclinación de radiación [kWh/m <sup>2</sup> día]	3.8	5.3	6.3	6.6	6.4	7.0	7.5	7.5	6.8	5.6	4.3	3.6
Temp. promedio [°C]	3.5	5.1	7.6	9.1	13.7	19.4	22.5	22.2	17.6	12.5	7.4	4.8

Data location: Latitud: 41 DD, Longitud: -5 DD

Falta el accesorio. 98341686

Falta el accesorio. 98341687





Paneles solares, Todos los productos



## Panel Solar 350W Monocristalino 12v 24v 48v 120 celulas

148,00€

- Potencia máxima: 350 W
- Voltaje de circuito abierto: 39,82V
- Corriente de cortocircuito: 11.24A
- Voltaje a máxima potencia: 32.84 V
- Corriente a máxima potencia: 10,66 A

### Ficha Técnica

- Potencia máxima: 350 W
- Voltaje de circuito abierto: 39,82V
- Corriente de cortocircuito: 11.24A
- Voltaje a máxima potencia: 32.84 V
- Corriente a máxima potencia: 10,66 A
- Eficiencia del módulo: 20,58%
- Temperatura de funcionamiento: -40°C a + 85°C
- Voltaje máximo del sistema: 1000 VCC / 1500 VCC
- Clasificación de resistencia al fuego: tipo 1 (de acuerdo con UL1703) / Clase C (IEC61730)
- Clasificación máxima del fusible de la serie: 20A
- Tipo de celda: perc Monocristalino166 + 83 mm
- Número de celdas: 120 (6×20)
- Dimensiones del módulo: **1755x1038x35mm** (Medidas Aproximadas)
- peso: 21kg
- Cubierta frontal: vidrio templado 3.2 con revestimiento AR
- Marco: aleación de aluminio anodizado
- Caja de conexiones: IP68, 3 diodos
- Cable: 4 mm<sup>2</sup>, Longitud: Vertical: 300 mm Horizontal: 1400 mm
- Conector: Mc4

- Temperatura nominal de la celda de funcionamiento (Noct): 43°C
- Coeficientes de temperatura de Pmax: -0,36% / °C
- Coeficientes de temperatura de Vox: -28% / °C
- Coeficientes de temperatura de Isc: 0,05% / °C

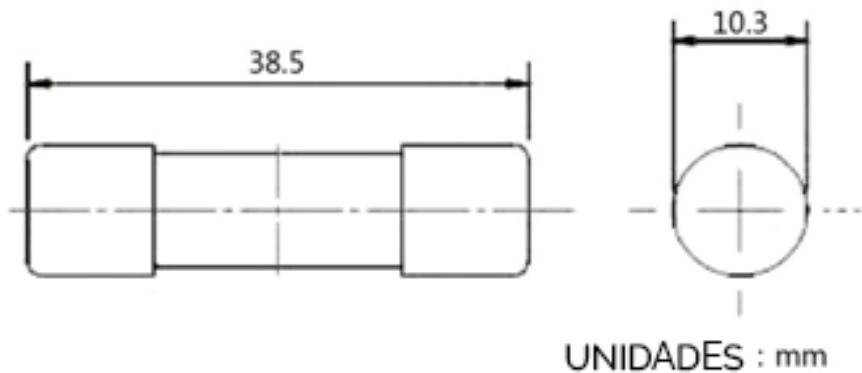


Ficha técnica  
FUSIBLE SOLAR DC  
10x38 ZTPV-25

## PARÁMETROS TÉCNICOS

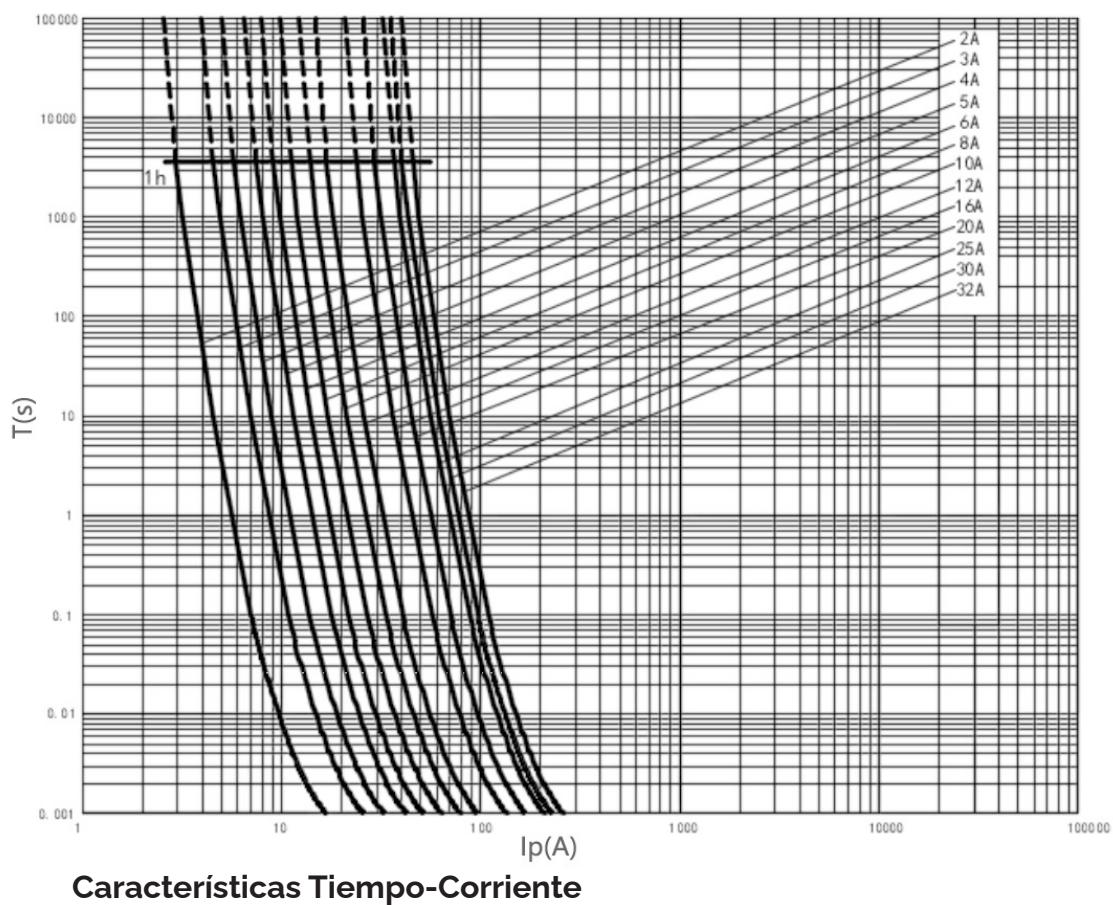
MODELO	ZTPV 25			
Imagen				
Tamaño (mm)	10x38			
Tensión nominal Ue (V)	DC1000			
Corriente nominal In (A)	1 2 3 4 5 6 8 10 12 15 16 20 25 30 32			
Capacidad de ruptura nominal (33)	33			
Clase de operación	gPV			
Temperatura de trabajo	-50~105			
Altitud (m)	≤ 2000			
Peso (g)	10			
Estándar	IEC60269.6			
Detalles del material				
Nombre de la pieza	Tapa	Cuerpo	Elemento fusible	Agente extintor de arcos
Material	Cobre rojo	Óxido de aluminio	Plata	Silicio

DIBUJO ACOTADO



UNIDADES : mm

CURVA DE CARACTERÍSTICAS





## INTERRUPTOR AUTOMÁTICO CAJA MOLDEADA 4 POLOS 4X250A PROTECCIÓN DIFERENCIAL - HYUNDAI ELECTRIC

**Interruptor automático en caja moldeada** trifásico 4 polos de 250A de intensidad nominal, para protecciones de instalaciones eléctricas y maquinaria. Protección diferencial integrada, ajustable en sensibilidad y tiempo de retardo. Máxima selectividad y seguridad. Alto poder de corte y elevada vida eléctrica y mecánica.

Situación del neutro al lado derecho.

La sensibilidad es regulable en pasos de 100 - 300 -500 y 1000 mA.

Retardo regulable en tiempo: 0 -200 - 500 y 1000 mseg.

Características técnicas:

- Fabricante: **Hyundai Electric**
- Referencia del producto: HGE250-L4P250
- Calibre (In): 250A
- Número de polos: 4
- Tensión nominal de aislamiento: 1.000V
- Tensión de empleo máximo (Ue): 460V
- Poder de corte (Icu): 55kA a 400Vac
- Capacidad de corte del servicio (Ics=%Icu)=100
- Función protección: sobrecarga, cortocircuito, protección instantánea y diferencial
- Sensibilidad ajustable (mA): 100 - 300 - 500 - 1000
- Tiempo de retardo (mseg): 0 - 200 - 500 - 1000
- Tipo de protección diferencial: clase AC
- Montaje: fijo conexión frontal
- Dimensiones: 105x105x68 mm

- Peso: 1,9Kg
- Normativa: IEC60947-2

# MAGNETOTÉRMICO 125A 2P 1000V

## DC Solar Energy

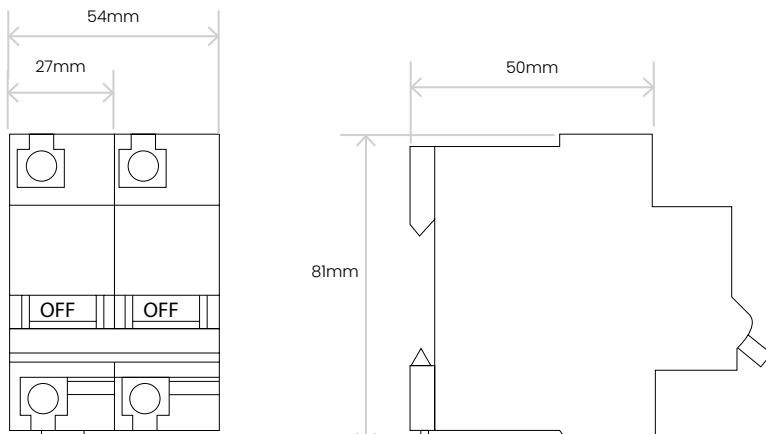
El magnetotérmico 125A 2P 1000 DC puede trabajar con una tensión nominal de hasta 1.000V de corriente continua. Este magnetotérmico incorpora un sistema especial para la extinción del arco y la limitación de corriente, que le permite desconectar rápidamente la línea de la caja de distribución y proteger componentes importantes del sistema.

Este magnetotérmico ofrece:

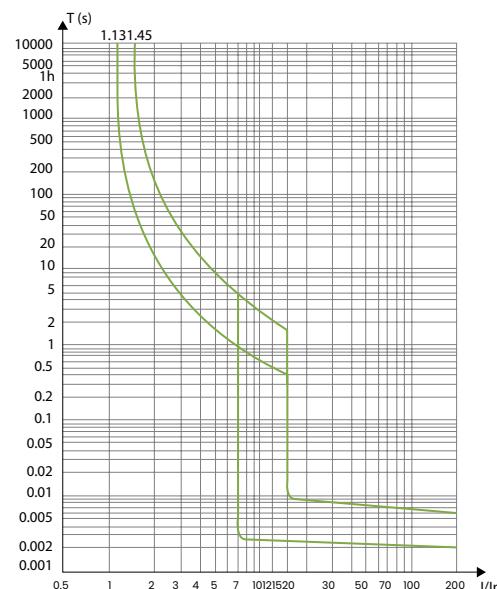
- > Capaz de conmutar circuitos de hasta 1.000Vdc.
- > Visualización de la posición del contacto.
- > Protección térmico-magnética.



### DIMENSIONES



### CARACTERÍSTICAS



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Magnetotérmico	125A 2P DC	
Rango del grado corriente nominal (A)	125A	
Tensión nominal de funcionamiento (VDC)	24-1000 VDC	
Número de polos	2P	
Tensión nominal de aislamiento	1200VDC	
Tensión de descarga nominal Uimp (kV)	4kV	
Capacidad máxima de corte Icu (kA)	10kA	
Capacidad de corte en funcionamiento Ics (% Icu)	75%	
Tipo de curva	D	
Tipo de protección	Térmico-Magnético	
Endurancia Mecánica	Valor Medio Real	20000
	Valor Estándar	8500
Endurancia Eléctrica	Valor Medio Real	2500
	Valor Estándar	1500
Capacidad de cableado (mm <sup>2</sup> )	1 ~ 25mm <sup>2</sup>	
Temperatura ambiente (°C)	-20°C~+70°C	
Altitud	≤ 2.000	
Humedad Relativa	≤ 95%	
Grado de contaminación	3	
Entorno de instalación	Sin golpes ni vibraciones	
Tipo de instalación	Clase III	
Instalación	Raíl DIN estándar 35mm	
Peso	0.26Kg	

# AGUA

## DEPOSITO PARA AGUA DE CHAPA ONDULADA GALVA



Referencia	Descripción	Q (m <sup>3</sup> )	ø (m)	h (m)	EUR / u
DAC GSL0001	Depósito de chapa ondulada galvanizada sin lona.	56,00	4,58	3,42	2.162,90
DAC GSL0002	Depósito de chapa ondulada galvanizada con lona PE.	56,00	4,58	3,42	3.299,25
DAC GSL0003	Depósito de chapa ondulada galvanizada sin lona.	105,00	7,64	2,29	2.371,20
DAC GSL0004	Depósito de chapa ondulada galvanizada sin lona.	100,00	6,11	3,42	2.895,60
DAC GSL0005	Depósito de chapa ondulada galvanizada con lona PE.	100,00	6,11	3,42	4.446,60
DAC GSL0006	Depósito de chapa ondulada galvanizada sin lona.	205,00	10,70	2,29	3.313,60
DAC GSL0007	Depósito de chapa ondulada galvanizada sin lona.	226,00	9,17	3,42	4.339,60
DAC GSL0008	Depósito de chapa ondulada galvanizada con lona PE.	226,00	9,17	3,42	7.002,50
DAC GSL0009	Depósito de chapa ondulada galvanizada sin lona.	303,00	12,99	2,29	4.028,00
DAC GSL0010	Depósito de chapa ondulada galvanizada sin lona.	308,00	10,70	3,42	5.061,00
DAC GSL0011	Depósito de chapa ondulada galvanizada con lona PE.	308,00	10,70	3,42	8.367,00
DAC GSL0012	Depósito de chapa ondulada galvanizada sin lona.	506,00	16,81	2,29	5.608,80
DAC GSL0013	Depósito de chapa ondulada galvanizada sin lona.	508,00	13,75	3,42	7.288,40
DAC GSL0014	Depósito de chapa ondulada galvanizada con lona PE.	508,00	13,75	3,42	11.904,40

## AGUA

### CUBIERTA PARA DEPOSITO DE CHAPA GALVA



Referencia	Descripción	Ø (m)	EUR / u
CDACG00015	Cubierta convencional para depósito de agua de chapa galva.	4,58	consultar
CDACG00016	Cubierta convencional para depósito de agua de chapa galva.	6,11	consultar
CDACG00017	Cubierta convencional para depósito de agua de chapa galva.	9,17	consultar
CDACG00018	Cubierta convencional para depósito de agua de chapa galva.	10,70	consultar
CDACG00019	Cubierta convencional para depósito de agua de chapa galva.	13,75	consultar
CDACG00020	Cubierta ECO para depósito de agua en chapa lacada.	4,58	765,90
CDACG00021	Cubierta ECO para depósito de agua en chapa lacada.	6,11	1.196,00
CDACG00022	Cubierta ECO para depósito de agua en chapa lacada.	9,17	2.425,00
CDACG00023	Cubierta ECO para depósito de agua en chapa lacada.	10,70	3.225,00
CDACG00024	Cubierta ECO para depósito de agua en chapa lacada.	13,75	5.186,00

### IMPERMEABILIZACION DE BALSAS CON LAMINA PEHD



SOMOS ESPECIALISTAS EN TRABAJOS HIDRAÚLICOS. SOLICITE PRESUPUESTO DE IMPERMEABILIZACIÓN DE SU BALSA DE AGUA Ó EQUIPO DE BOMBEO.

NOTA:      Solicitar cotización de instalación (con/sin albañilería) y transporte.  
                 Todos los depósitos se pueden utilizar hasta con 5 alturas de agua.  
                 Consultar para otros usos (almacenamiento de cereales).