

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



PROYECTO FIN DE CARRERA
I.T.I INDUSTRIAL ESPECIALIDAD ELECTRICIDAD

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO
FOTOVOLTAICO PARA PROYECTOS
DE COOPERACIÓN AL DESARROLLO
CON TECNOLOGÍAS APROPIADAS**

AUTOR: David Arija González

DIRECTOR: Mónica Chinchilla Sánchez

Leganés, 28 de Julio de 2010

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1- Objetivos | 4 |
| 2- Introducción a los sistemas de bombeo fotovoltaico. | 5 |
| 2.1 Descripción de un sistema de bombeo FV.. | 5 |
| 2.2 Configuraciones típicas de bombeo FV. | 8 |
| 2.2.1 Sistemas de pequeña potencia (50-400 Wp). | |
| 2.2.2 Sistemas de mediana potencia (400-1500 Wp). | |
| 2.2.3 Con motor DC sin escobillas. | |
| 2.2.4 Con convertidores de frecuencia. | |
| 2.3 Dimensionado de un sistema de bombeo fotovoltaico. | 11 |
| 2.3.1 Determinación de necesidades hidráulicas. | |
| 2.3.2 Requerimientos hidráulicos de la bomba. | |
| 2.3.3 Determinación de la altura hidráulica de bombeo. | |
| 2.3.4 Recurso solar | |
| 2.3.5 Generador | |
| 2.3.6 Selección motor-bomba | |
| 2.3.7 Uso de baterías de acumulación | |
| 2.3.8 Tuberías | |
| 2.4 Consideraciones en el montaje e instalación. | 21 |
| 2.6 Mantenimiento. | 23 |
| 3- Sistemas de bombeo FV con tecnologías apropiadas. | 25 |
| 3.1 Las tecnologías apropiadas. | |
| 3.2 Requerimientos y características locales. | |
| 3.3 Criterios de selección. | |
| 3.4 Información previa a recopilar. | |
| 4- Análisis de un Prototipo de Bombeo Fotovoltaico. Aplicación práctica. | 28 |
| 4.1 Hipótesis de partida. | 28 |
| 4.2 Descripción general del sistema. | 28 |
| 4.3 Descripción de los componentes. | 29 |
| 4.3.1 Motor –Bomba. | |
| 4.3.2 Grupo generador. | 29 |
| 4.3.2.1 Previsión de consumo paneles fotovoltaicos. | |
| 4.3.2.2 Regulador. | |
| 4.3.2.3 Inversor. | |

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| 4.3.2.4 | Batería de acumuladores. | |
| 4.3.2.5 | Cuadro de conmutación a bombeo directo. | |
| 4.3.2.6 | Conductores. | |
| 4.3.3 | Resto de accesorios | 43 |
| 4.3.3.1 | Tuberías. | |
| 4.3.3.2 | Manómetro. | |
| 4.3.3.3 | Válvula estranguladora. | |
| 4.3.3.4 | Contador de agua. | |
| 4.4 | Imágenes del prototipo terminado | 47 |
| 4.5 | Presupuesto de materiales | 50 |
| 5- | Puesta en marcha del prototipo. | 51 |
| 5.1 | Verificaciones previas | |
| 5.2 | Problemas encontrados durante la ejecución. | |
| 6- | Pruebas realizadas y resultados | 52 |
| 6.1 | Ensayos con baterías | 53 |
| 6.1.1 | Determinación de la relación de la Potencia y altura manométrica con el caudal suministrado. | |
| 6.1.2 | Rendimientos del sistema | |
| 6.1.3 | Tiempo de carga de baterías (con la bomba desconectada) | |
| 6.1.4 | Autonomía de las baterías sin sol | |
| 6.2 | Ensayos en bombeo directo. Sin baterías. | 62 |
| 6.2.1 | Determinación de la relación Potencia y altura manométrica con el caudal obtenido con la bomba. | |
| 6.2.2 | Determinación característica Irradiancia solar-Potencia en bomba e Irradiancia –caudal. | |
| 6.2.3 | Rendimientos del sistema. | |
| 6.2.4 | Simulación de funcionamiento continuo. Volumen de agua bombeado en 14h. | |
| 7- | Conclusiones finales y propuestas de mejora | 73 |
| 8- | Bibliografía | 77 |
| 9- | Anexos :, del inversor y de la bomba SQFlex | 78 |
| Anexo I: | Documentación del regulador | |
| Anexo II: | Documentación del inversor | |
| Anexo III: | Documentación de la bomba SQFlex de Grundfos | |

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA PROYECTOS DE COOPERACIÓN AL DESARROLLO CON TECNOLOGÍAS APROPIADAS

1- Objetivos

Con el presente estudio se pretende exponer de manera clara y ejemplificada buena parte de la información necesaria para la puesta en marcha y simulación de un sistema de bombeo autónomo con bomba sumergible alimentado por una instalación solar fotovoltaica.

Con aspectos tales como métodos numéricos de cálculo, aclaraciones sobre funcionamiento y montaje, ensayos en un prototipo, etc... este estudio se plantea a modo de guía para facilitar la implantación de sistemas que contribuyan a mejorar tanto las condiciones de vida como la formación de la población de los países con menor nivel de desarrollo tecnológico en cuanto a materia de abastecimiento de agua.

Este estudio se inscribe dentro de las labores del Grupo de Tecnologías Apropriadas [GTA] de la UC3M y en particular en el desarrollo de equipos y sistemas del Laboratorio de Tecnologías Apropriadas destinado al desarrollo de proyectos de Cooperación del Desarrollo.

Las universidades españolas se posicionaron sobre su papel en la Cooperación para el Desarrollo con la elaboración de una Estrategia Universitaria de Cooperación al Desarrollo , documento marco que fue adoptada por la CRUE en el año 2000.

La misma CRUE afirma que "las relaciones con otras universidades constituyen un aspecto fundamental de la actuación universitaria propiciando la transmisión y la crítica del conocimiento, el intercambio de miembros de la comunidad universitaria y las acciones de cooperación y solidaridad".

A esta cooperación se le añaden las acciones de solidaridad desde la universidad hacia los países con dificultades económicas o en situaciones de conflicto bélico. Entre las metas y objetivos de la universidad destacan:

1. La mejora de las condiciones de vida y trabajo en los países menos desarrollados.
2. El desarrollo del sentimiento de solidaridad y los hábitos de consumo, comercio y producción justos y responsables, desde una perspectiva sostenible del desarrollo.
3. La coordinación de actuaciones entre agentes de la cooperación al desarrollo.

4. La puesta en marcha de programas propios de Cooperación al Desarrollo.

Desde esta base, es creciente el papel y reconocimiento de las Universidades como agentes no estatales de desarrollo, que posibilitan y contribuyen decisivamente a la sostenibilidad de los procesos de desarrollo, desempeñando un papel complementario clave para las acciones de desarrollo realizadas por el resto de agentes, tanto estatales como no estatales .

2- Introducción a los sistemas de bombeo fotovoltaico.

La energía solar y eólica se denominan renovables debido a que son un recurso inagotable respecto del ciclo de vida humano. Además, presentan la característica de ser abundantes y limpias. Las fuentes renovables de energía tienen un gran potencial para la generación de energía. Así por ejemplo, la tecnología fotovoltaica que transforma directamente la luz solar en electricidad, ha mostrado ser de gran utilidad para la generación de energía eléctrica en lugares apartados y remotos. Hoy en día, la tecnología fotovoltaica disponible comercialmente es una alternativa real para su aplicación en diversas tareas domésticas, industriales y agropecuarias. Sin embargo es necesario un análisis de viabilidad económica y factibilidad técnica para determinar si es la más apropiada para tal fin. Las aplicaciones más comunes en el sector agropecuario son bombeo de agua, cercos eléctricos, calentadores de agua, congeladores y sistemas de secado de productos agrícolas, además de la electrificación básica para fines domésticos.

El bombeo de agua en pequeña escala es una aplicación de mucha trascendencia en el mundo; tiene especial impacto en comunidades rurales donde no hay suministro de energía eléctrica convencional. Los sistemas de bombeo fotovoltaicos se caracterizan por ser de alta confiabilidad, larga duración y mínimo mantenimiento, lo cual se traduce en un menor costo a largo plazo si se le compara con otras alternativas. Además no requiere del empleo de un operador y tienen un bajo impacto ambiental (no contaminan el aire o el agua y no producen ruido). Otra ventaja es que los sistemas son modulares, de manera que pueden adecuarse para satisfacer las necesidades específicas del usuario en cualquier momento. Estos sistemas son muy sencillos en su operación. Para realizar un proyecto con éxito es necesario entender conceptos como la energía solar fotovoltaica, la hidráulica del sistema y el funcionamiento del conjunto motor-bomba [1].

2.1 Descripción de un sistema de bombeo fotovoltaico.

Un sistema FV de bombeo de agua consta, en general, de un generador FV, un sistema motor/bomba, un sistema de acondicionamiento de potencia (opcional) de acoplo entre el generador FV y el motor, un sistema de acumulación, un pozo y un sistema de tuberías, figura (1). A pesar de que se instalan bombas de superficie y flotantes, la configuración más habitual es un sistema motobomba sumergible instalada en un pozo de sondeo tal y como ensayaremos en nuestro prototipo.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

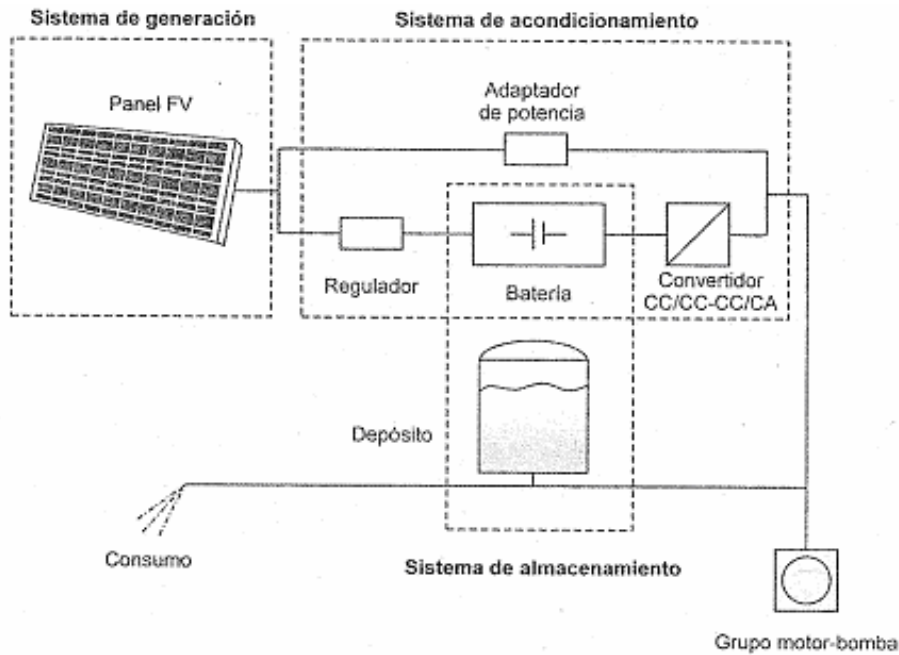


Figura 1.

El generador FV está compuesto por un conjunto de módulos FV conectados en serie y/o en paralelo hasta alcanzar la potencia necesaria dentro de los márgenes de tensión y corriente de operación. Es habitual que el generador FV se instale sobre una estructura fija. No obstante comienzan a utilizarse estructuras con seguimiento solar e incluso con baja concentración (2X), en los que el porcentaje ganancia en volumen de agua bombeada es incluso superior a la ganancia en captación solar debido a los umbrales de bombeo. La tecnología de generador FV está ampliamente dominada por el silicio mono y policristalino.

Las bombas pueden ser centrífugas multietapa o de desplazamiento positivo (figura 2). Las bombas de desplazamiento positivo presentan mayores rendimientos que las centrífugas para similares niveles de potencia nominal. Por contra tienen un elevado par de arranque por lo que, en general, necesitan dispositivos de acondicionamiento de potencia, aunque estén accionadas por motores DC.

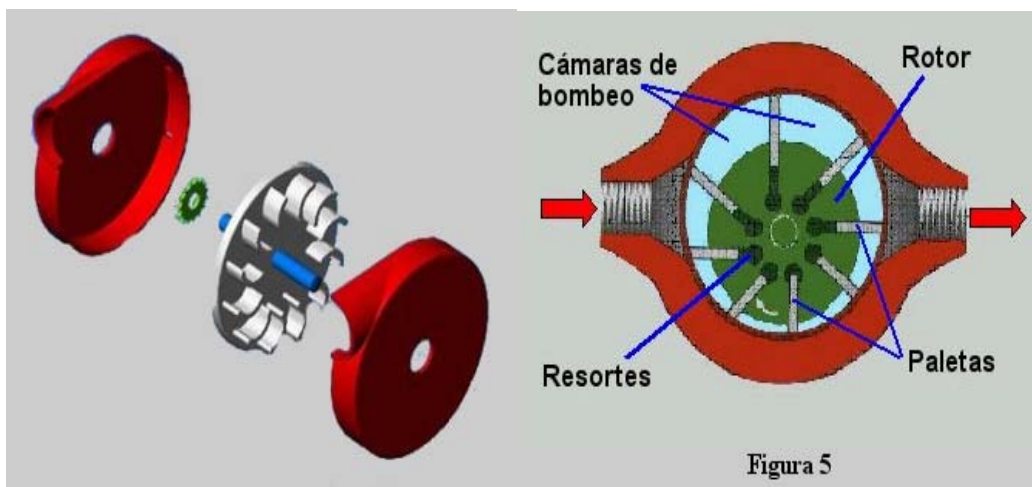


Figura 5

Figura 2. Bombas centrífugas y volumétricas

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Los motores eléctricos pueden ser DC, AC o DC sin escobillas. Es habitual que el motor y la bomba formen una única unidad compacta que denominaremos motobomba o simplemente bomba. Aunque la mayor parte de las instalaciones de bombeo en aplicaciones FV se realizan con motobombas sumergibles, existen también unidades flotantes o de superficie.

El sistema de acondicionamiento de potencia o controlador de bombeo está formado por aquellos elementos, inversores DC/AC, convertidores DC/DC o controladores de motor, que adaptan las características de la energía producida por el generador FV (DC a tensión y corriente variables) a las requeridas por el motor.

Los inversores DC/AC son necesarios cuando se utilizan motores AC. Habitualmente, suelen incorporar seguimiento del punto de máxima potencia (SPMP) del generador FV y varían la frecuencia de operación del motor con el objeto de operar a niveles de potencia inferiores a la potencia nominal para disminuir el umbral de arranque y maximizar el número de horas de operación a lo largo de un día.

Los convertidores DC/DC se utilizan como dispositivo de acople entre el generador FV y el motor DC. Aunque podrían disponer de SPMP, habitualmente operan a tensiones constantes de generador FV. Su utilización es recomendable porque aumentan el rendimiento diario del sistema. En el caso de bombas de desplazamiento positivo puede incrementar en un 30% el volumen diario de agua bombeada. Este incremento es menor en el caso de motores DC accionando bombas centrífugas.

Cuando se utilizan motores DC sin escobillas es necesario usar un dispositivo electrónico para la conmutación del motor denominado controlador de motor, que también lleva incorporado un sistema de SPMP del generador FV. El controlador del motor puede estar incorporado en el motor o ser externo a él.

El sistema de acumulación suele ser un depósito de un volumen adecuado para proporcionar la autonomía necesaria, en general de 2 o 3 días para sistemas de agua potable y de hasta 10 días para sistemas de riego. Se suele evitar la utilización de baterías para acumular energía, a no ser que sea estrictamente necesario por otras razones de diseño de una instalación en concreto.

La fuente de agua para bombear puede ser de ríos, lagos o pozos. En instalaciones de bombeo FV es más habitual la extracción de agua de pozos que, aunque pueden ser abiertos, en la mayor parte de los casos son pozos de sondeo en los que se instala una motobomba sumergible junto con las sondas de nivel u otros dispositivos de control para evitar la operación en vacío, que dañaría la bomba irreversiblemente. El descenso del nivel del agua en el pozo de bombeo, o abatimiento, puede incrementar la altura manométrica total y ha de ser cuidadosamente analizado en función del tipo de acuífero para lograr un correcto dimensionado del sistema [1].

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Además de un correcto dimensionado del cableado de la instalación, son necesarios un conjunto de elementos y medidas adoptadas para garantizar la seguridad del propio sistema de bombeo FV y de las personas. Cabe destacar la utilización de varistores, fusibles seccionadores y una correcta puesta a tierra del sistema. Es habitual la instalación de estos elementos de seguridad en un armario intemperie que sirve además como centro de conexionado entre el generador FV, el acondicionamiento de potencia y el motor [1].

2.2 Configuraciones típicas de bombeo FV. [1]

Los elementos de un sistema de bombeo FV se han de diseñar para operar conjuntamente acoplados, maximizando el rendimiento global del sistema. Es posible adoptar distintas soluciones para bombear un determinado volumen de agua a una determinada altura en función de los rangos de potencia (producto altura por caudal) requeridos en una aplicación específica. A pesar de que se instalan bombas de superficie y flotantes, la configuración más habitual, es una motobomba sumergible instalada en un pozo de sondeo, figura 3.

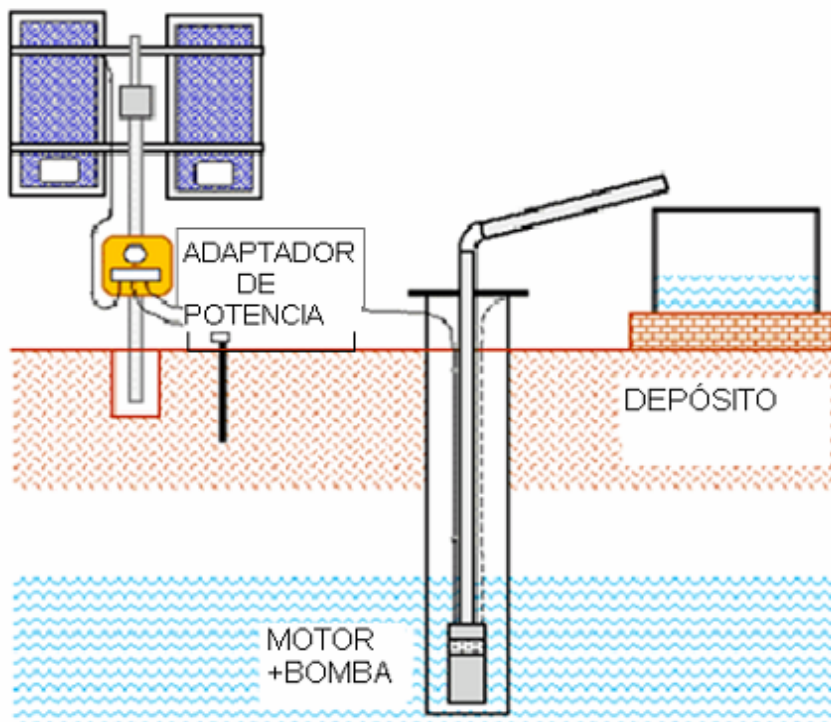


Figura 3. Elementos de un sistema de bombeo FV

La configuración de un sistema de bombeo FV viene determinada por la definición del tipo de generador FV, tipo de bomba y tipo de motor; así como tipo de acondicionamiento de potencia. Se pueden distinguir los siguientes tipos de sistemas de bombeo FV:

2.2.1 Sistemas de pequeña potencia (50-400 Wp).

Utilizan principalmente un motor DC accionando una bomba centrífuga o de desplazamiento positivo. Entre el generador FV y el motor se instala un convertidor DC/DC para mejorar su acoplo. En general son aplicaciones en el rango de los **150 m³/día.**

Los componentes fundamentales de estos sistemas son:

- Generador Fotovoltaico
- Convertidor DC/DC (opcional)
- Motor DC
- Bomba
- Depósito de almacenamiento (opcional)

2.2.2 Sistemas de mediana potencia (400-1500 Wp).

Compuestos básicamente por una bomba centrífuga sumergible multiestado accionada por un motor AC de inducción y un inversor AC/DC de frecuencia variable y con SPMP.

Son sistemas caracterizados por su elevada fiabilidad y amplia utilización desde las primeras instalaciones de bombeo FV. Su ciclo hidráulico está en el rango de **150 a 1.500 m⁴/día.**

Los componentes fundamentales de estos sistemas son:

- Generador Fotovoltaico
- Convertidor DC/AC
- Motor AC
- Bomba
- Depósito de almacenamiento (opcional)

2.2.3 Con motor DC sin escobillas.

Sistemas formados por un motor DC sin escobillas operando una bomba helicoidal de desplazamiento positivo. El mayor rendimiento del motor DC sin escobillas, comparado con motores DC o AC de inducción, y el mayor rendimiento de las bombas helicoidales respecto de las centrífugas permiten obtener un sistema de mayor rendimiento global. No obstante su introducción en el mercado es muy reciente y todavía han de demostrar su fiabilidad de operación y experimentar una disminución de costes.

2.2.4 Con convertidores de frecuencia.

Un nuevo tipo de sistemas de bombeo FV basado en la utilización de convertidores de frecuencia (FC) estándar industriales. El número de sistemas de bombeo FV que han demostrado tanto un elevado grado de fiabilidad como buen rendimiento de operación no son muy numerosos: muchos tienen diseños especiales (como puede ser por ejemplo la utilización de motores trifásicos a 68V) y resultan caros comparados con el coste del bombeo convencional. Además existe una limitación en cuanto a la potencia disponible (los mayores no superan los 1600Wp). Los volúmenes de agua demandados, especialmente para aplicaciones de riego agrícola, son cada vez mayores lo que implica a su vez un aumento de la potencia instalada de los sistemas.

La utilización de convertidores de frecuencia de tipo industrial, alternativos a los inversores especiales usados hasta ahora en aplicaciones de bombeo FV, junto con bombas centrífugas sumergibles y motores AC de inducción ofrecen una solución viable, eficiente y económica.

El acoplo de cada uno de los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico (generador, motor, bomba) puede adoptar diferentes configuraciones dependientes de la tecnología de los productos disponibles en el mercado y de las especificaciones y necesidades particulares de cada aplicación.

Las cuatro configuraciones mas comúnmente instaladas son:

1. Motobomba sumergible, con motor DC o AC y bomba centrífuga multiestado. El número de estados es función de la altura requerida.
2. Motobomba sumergible de desplazamiento positivo.
3. Motobomba flotante con motor DC y bomba centrífuga.
4. Unidades motor-bomba instaladas en la superficie. La bombas pueden ser centrífugas o de desplazamiento positivo.

Los sistemas de bombeo con motores AC incluyen un inversor. Las bombas centrífugas con motores DC suelen acoplarse directamente al generador FV, mientras que las bombas de desplazamiento positivo con motores DC suelen acoplarse al generador FV mediante un convertidor DC/DC.

2.3 Dimensionado de un sistema de bombeo fotovoltaico.

El dimensionado de sistemas de bombeo fotovoltaico se puede abordar mediante diferentes métodos, dependiendo su complicación, del número de variables consideradas y del grado de optimización en la obtención de los resultados. En general, existen tres pasos que es necesario seguir:

- Evaluación de la energía hidráulica necesaria.
- Análisis del recurso fotovoltaico.
- Definición de los equipos necesarios.

El método de dimensionado expuesto a continuación está basado en cálculos sobre valores medios mensuales de la energía hidráulica necesaria y de la radiación solar disponible, así como en las definiciones de rendimiento pico del subsistema motor-bomba y rendimiento energético diario. Una vez determinadas las energías medias mensuales se calcula el balance energético de cada mes para obtener el mes en el cual la demanda de agua es mayor en relación con la energía solar disponible. Este mes será el mes de dimensionado. El dimensionado de los elementos del sistema se calcula para satisfacer la demanda en este mes de dimensionado que es el más desfavorable asegurando un excedente de agua en el resto del año. Al diseñar un sistema de bombeo hay dos importantes aspectos que deben tener en cuenta:

- La selección de los componentes del sistema es crucial para proporcionar al sistema un bajo mantenimiento, larga vida útil y alta fiabilidad.
- El acoplo de los componentes del sistema requiere un elevado conocimiento y experiencia, y de él dependerá el rendimiento final del sistema.

Para poder continuar en el proceso hemos de suponer que se ha realizado un estudio previo del sondeo de donde se extraerá el agua. Algunas de los puntos a comprobar serán:

- Fiabilidad del sondeo: teniendo en cuenta tiempos de reposición del agua, abatimientos, épocas de lluvia...
- Calidad del agua
- Etc...

2.3.1 Determinación de necesidades hidráulicas.

En primer lugar hay que conocer el volumen de agua diario medio mensual necesario para satisfacer la demanda de la aplicación. Las diferentes demandas pueden ser [1]:

- Agua para consumo humano.
- Agua para consumo de animales domésticos.
- Agua para riego de cultivos.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Para seleccionar el sistema adecuado hay que tener en cuenta el tipo de consumo que se va a realizar. El consumo diario depende mucho del contexto. Idealmente se puede realizar medidas y discutir con la población. En caso de que no sea posible, pueden servir para orientarse los **valores mínimos** de la tabla 1:

| Consumos diarios mínimos (l/un.) | |
|----------------------------------|-----|
| Habitante Urbano | 50 |
| Habitante Rural | 30 |
| Escolar | 5 |
| Paciente Ambulatorio | 5 |
| Paciente Hospitalizado | 60 |
| Ablución | 2 |
| Camello (una vez por semana) | 250 |
| Cabra y oveja | 5 |
| Vaca | 20 |
| Caballos, mulas y burros | 20 |

Tabla . 1

En segundo lugar hay que discriminar la demanda en cuanto a su uniformidad en el tiempo. Podemos distinguir [2]:

- *Consumo continuo o demanda diaria*, como es el caso de abastecimiento de agua para casas de campo o chalets, en las que el consumo puede ser tanto por el día como por la noche, en invierno o en verano. En este caso es necesario determinarlas necesidades diarias por persona y, en su caso, por cada animal que vaya a consumir agua del sistema y la capacidad del depósito de almacenamiento. Para asegurar un suministro continuo es necesario contar con un depósito de acumulación y un sistema de baterías para garantizar el suministro en cualquier situación.
- *Consumo estacional*, como en el caso de los sistemas de riego, en los que las necesidades de agua son aproximadamente proporcionales a la intensidad de la radiación solar, y habitualmente localizadas en el verano. No es necesario el uso de baterías.

2.3.2 Requerimientos hidráulicos de la bomba.

Del apartado anterior obtendremos un caudal diario expresado en m³/día que dividiéndolo entre 24 horas obtendremos el caudal medio horario (Qd). El caudal que deberá suministrar la bomba (Qb) lo obtendremos con la expresión 2.1.

$$Q_B = Q_d \times 1.8 \quad (\text{Expresión 2.1}) [2]$$

Este caudal será el caudal mínimo que nos deberá suministrar la bomba y que utilizaremos para seleccionarla mas adelante en tablas del fabricante una vez sepamos la potencia del motor que lleva acoplado. Es un valor aproximado para las necesidades pico en cada instalación, con lo cual su valor es flexible.

2.3.3 Determinación de la altura hidráulica de bombeo.

La altura hidráulica de bombeo es la presión efectiva que debe vencer la bomba. Para su correcta determinación es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos [1]:

La altura total. h_v es la suma de la altura estática, la altura dinámica y el abatimiento del pozo.

$$h = H_d + H_g + S_w \quad (\text{expresión 2. 2})$$

La altura estática o geométrica, H , es la distancia geométrica desde el nivel del agua en el pozo hasta el punto más elevado, hasta donde debe bombearse el agua. Hay que considerar que el del agua en el pozo desciende al producirse el bombeo hasta una profundidad en la cual la salida del caudal del pozo se iguala con la entrada de caudal al mismo.

La altura dinámica, H es resultado de la caída de presión cuando un líquido circula por el interior de una tubería (fricción). Estas pérdidas de carga dependen de la longitud de la tubería, de su diámetro y del coeficiente de fricción, el cual depende a su vez de la rugosidad de la superficie interior del tubo y de las características de la corriente (régimen laminar o turbulento). La altura dinámica puede estimarse mediante la expresión 2.3 (Fórmula de Hazen – Williams):

$$H_d = 10,643 Q^{1,852} \times C^{-1,852} \times D^{-4,87} \times L \quad (\text{expresión 2.3})$$

donde:

H_d = pérdida por fricción interna (m).

H_d = pérdida por fricción interna (m).

Q = caudal (m^3/s).

C = coeficiente "C" de Hazen-Williams

d = diámetro interno de la tubería (m).

L = longitud de la tubería (m).

El coeficiente "C" depende del material de fabricación de la tubería, entre más lisa sea, el coeficiente será mayor (C del PVC = 150). Tuberías de hierro muy viejas (40 años o más) tienen un coeficiente C en tronco a 80 ó 90. Otros coeficientes C se pueden consultar en la tabla 2.1.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

| Material de la tubería | Coefficiente C(H-W) |
|-----------------------------|---------------------|
| Cloruro de Polivinilo (PVC) | 150 |
| Poiietileno (PE) | 140 |
| Asbestos | 140 |
| Acero nuevo | 120 |
| Aluminio en uniones | 120 |
| Acero viejo (40 años) | 85 |

Tabla 2.1 Coeficientes C. [1]

Se define el **abatimiento** como el descenso del nivel del agua en el espacio interior del pozo desde un nivel estacionario, en el que el caudal extraído es nulo (y no se está en ningún proceso de recuperación), hasta un determinado nivel, cuando el caudal extraído es Q. Se puede obtener una relación matemática entre el abatimiento producido en un pozo, el caudal bombeado y el tiempo transcurrido desde el inicio del bombeo. A esta relación se le denomina *ecuación característica del pozo (2.4)*:

$$S_w = \frac{\ln t}{4\pi T_D} Q + K_{LW} Q + D_w Q^2$$

(Expresión 2.4)

donde:

- S_w , abatimiento dentro del pozo de bombeo.
- K_{LW} constante que representa la suma de los coeficientes de las componentes lineales constantes del abatimiento debidas a las características del acuífero no alterado, los efectos de la zona de desarenado, los efectos del empaque de grava y los efectos de las pérdidas de carga en la rejilla y la camisa.
- D_w constante que representa la suma de los coeficientes constantes de las componentes cuadráticas (no lineales o turbulentas) del abatimiento, debidas a los mismos efectos que se han señalado para K_w
- T , es el coeficiente de trasmisividad del acuífero
- t , es el tiempo de bombeo
- Q , es el caudal

Una vez definidas las necesidades de volumen de agua para cada mes del año y la altura hidráulica total se puede calcular la energía hidráulica diaria necesaria mediante la expresión 2.5:

$$E_H = \frac{K \cdot Q_d \cdot H_{TE}}{\eta_M} \quad (\text{expresión 2.5})$$

Donde:

$K=2,725$:

Qd =caudal requerido en m^3/dia

EH en $Wh/ día$

$HTE(m)$ = altura total equivalente, altura hídrica de bombeo, o carga dinámica total.

ηm =rendimiento del conjunto motor-bomba

O si se prefiere la expresión 2.6:

$$E_H = pgVh \quad (\text{expresión 2.6})$$

E_{fj} = energía hidrctulica (Julios)

V = Volumen de agua h = altura total (metros cúbicos)

p = densidad del agua (Kg/ m^3)

g = aceleración de la gravedad (m/ s^2)

2.3.4. Recurso solar.

La potencia suministrada por el generador fotovoltaico depende de la radiación solar incidente disponible. Esta varía para cada lugar y para cada día del año, consecuencia del cambio de estación y de las condiciones climáticas y geográficas específicas. Para proceder al dimensionado de un sistema fotovoltaico mediante el método aquí utilizado se necesitan datos medios mensuales de radiación solar del lugar donde se desee realizar la instalación.

La cantidad de energía solar incidente sobre una superficie depende de su orientación relativa al sur y del ángulo que forma con los rayos del sol. Es, por tanto, necesario determinar la orientación y el ángulo de inclinación que optimicen la relación entre la energía incidente y la energía hidráulica demandada a lo largo de todo el año.

Para ello es necesario estimar la radiación global incidente sobre una superficie a distintos ángulos de inclinación y orientada al sur a partir de los datos de radiación global sobre superficie horizontal. Se suele obtener a partir de alguna de las siguientes fuentes:

- NASA: <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?+s1#s1>
- Instituto Nacional de Meteorología
- Organismo autonómico oficial

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Una vez que se dispone de la energía hidráulica y de la energía solar incidente sobre superficies inclinadas a diferentes ángulos para cada mes, el ángulo de inclinación del generador fotovoltaico se obtiene optimizando el cociente entre la energía hidráulica necesaria y la energía solar disponible para cada mes y para cada inclinación.

El mes de dimensionado y el ángulo óptimo de inclinación del generador fotovoltaico, son aquellos en los cuales el cociente entre la energía hidráulica y la energía solar es máximo. Es, por tanto, el mes más desfavorable energéticamente para satisfacer la demanda de agua.

Este último paso nos lo podemos ahorrar ya que existen estudios realizados por regiones en los que podemos consultar cual es el ángulo de inclinación óptimo en la región donde queremos implantar nuestro sistema. Una vez tenemos ese ángulo también se nos ofrece la posibilidad de consultar cual es el mes que menos irradiancia diaria media recibe para realizar nuestros cálculos con el mes mas desfavorable.

Una página web donde se puede consultar es:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe>

2.3.5 Generador [4]

El dimensionado mínimo del generador, en primera instancia, se realiza suponiendo que opera en condiciones estándar (CEM: 25 °C y 1000 W/m²) y que el punto de trabajo coincide con el de máxima potencia todo el día. Esto no es cierto en la práctica y habrá que corregirlo con diferentes factores.

La potencia pico de salida de un generador FV en CEM es (2.7):

$$P_p = A \cdot G_{CEM} \cdot \eta_g \quad (\text{expresión 2.7})$$

Donde:

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| A | área de paneles FV |
| G_{CEM} | 1 kW/m ² |
| η_g | el rendimiento del generador a 25 °C. |

El área de paneles necesaria para suministrar una energía E_e es (2.8):

$$A = \frac{E_e}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot \eta_g} \quad (\text{expresión 2.8})$$

Donde:

| | |
|-------------------------|--|
| $G_{dm}(\alpha, \beta)$ | Irradiación media diaria del mes en el plano del generador (kWh/m ² /día) |
| η_g | Rendimiento medio diario del generador en las condiciones REALES de operación. |
| E_e | Es la energía eléctrica diaria necesaria expresada en kWh |

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

El rendimiento medio diario del generador en las condiciones REALES de operación se halla con la expresión 2.9:

$$\eta_{fv} = F_m \cdot (1 - \delta(T_m - 25)) \cdot \eta_g \quad (\text{expresión 2.9})$$

Donde:

- **F_m** el factor de acoplo medio: cociente entre la energía eléctrica generada y la que se generaría si se trabajase en el PMP. $F_m=0,95$ en sistemas con seguidor, $F_m=0,9$ para bombas centrífugas y $F_m=0,8$ para otras bombas.
- **δ** es el coeficiente de variación de la potencia con la temperatura de las células; vale entre 0,004 y 0,005 1/°C para Si monocristalino.
- **T_m**= temperatura media diaria de los módulos

La energía eléctrica se relacionará con la hidráulica a través del rendimiento medio diario de la motobomba (2.10):

$$EMB = E_H / \eta_{MB} \quad (\text{expresión 2.10})$$

Este rendimiento medio diario tiene el valor estimado, obtenido a partir de la experiencia y que depende del tipo instalación; en la tabla 2.2 se indica η_{MB} para 3 casos :

| Tipo | Valor medio | Mejor Valor |
|---|-------------|-------------|
| Superficial con motor CC y Bomba Centrifuga | 25 % | 30 % |
| Superficial con motor CC y Bomba Centrifuga multiestado | 28 % | 40 % |
| Motor AC ó CC sumergible con Bomba Centrifuga Motor CC superficial con bomba desplazamiento positivo | 32 % | 42 % |

Tabla 2.2 Rendimientos[4]

Sustituyendo las ecuaciones anteriores en la siguiente expresión (2.11) se encuentra que la potencia pico necesaria, en función de la energía hidráulica, de la radiación incidente y del rendimiento medio diario del subsistema motor-bomba:

$$P_p = \frac{E_h}{\eta_{mb}} \cdot \frac{G_{CEM}}{F_m (1 - \delta(T_c - T_{CRM})) \cdot G_{dm}} \quad (\text{expresión 2.11})[1]$$

Donde:

P_p = Potencia pico necesaria

E_h = energía hidráulica necesaria (Wh/día)

η_{mb} = Rendimiento del grupo motor-bomba

G_{cem} = Radiación media diaria CEM $1000W/m^2$

F_m = Factor de acoplo medio (0,9 para bombas centrífugas)

δ = coeficiente de variación de la potencia con la temperatura

T_c = Temperatura media diaria de los módulos durante las horas de sol

$T_{cem} = 25^\circ C$

G_{dm} = Radiación media diaria en un mes dado (mas desfavorable) en el plano del generador

Con esta potencia podemos seleccionar los paneles fotovoltaicos que se instalarán y el número de ellos mirando las tablas de características que nos aportan los fabricantes. La potencia pico del generador seleccionado deberá ser mayor o igual a la potencia pico requerida por la instalación.

Una vez que se elija el motor se puede realizar la configuración del generador fotovoltaico, esto es, el número de módulos en serie y paralelo.

$N^\circ \text{módulos en serie} = \text{Voltaje nominal del motor} / \text{Voltaje nominal del módulos.}$

$N^\circ \text{módulos en paralelo} = \text{Potencia pico del generador} / (N^\circ \text{módulos en serie} \times \text{Potencia pico de un módulo}).$

Para poder calcular esto último hay que contar con las características del motor que se seleccionará en el apartado siguiente.

2.3.6 Selección Motor-bomba.

El motor debe ser capaz de soportar la potencia pico del generador fotovoltaico, por tanto, el **valor de su potencia eléctrica de entrada debe ser al menos la potencia pico (P_p calculada en el apartado anterior) del generador foto- voltaico.**

La configuración del generador, esto es, el número de módulos fotovoltaicos conectados en serie y en paralelo, debe adaptarse a las limitaciones de corriente y voltaje del motor (o del sistema de acondicionamiento de potencia), procurando acoplar bien ambos elementos para optimizar las relaciones de máxima potencia.

Por último es importante señalar que en la actualidad, en muchos modelos comerciales, el motor está acoplado a la bomba de fábrica con lo que deberemos seleccionar un motor-bomba que cumpla el requisito anterior y las necesidades de caudal mencionadas en el apartado 2.3.2 para una altura total h dada.

2.3.7 Uso de baterías de acumulación.

En el caso de querer dotar a la instalación de una cierta autonomía de funcionamiento en el caso de fallo del recurso solar (utilización nocturna, día nublado...) o por utilización de otros quipos conectados a nuestro generador se puede instalar una batería de acumuladores. En este caso una vez se sepa con certeza el autoconsumo del grupo motor-bomba y demás equipos (incluidas instalación de alumbrado, toma de fuerza si fuese requerida) debemos calcular la energía media diaria consumida por todo nuestro sistema. La siguiente tabla (2.3) puede servir a modo de ejemplo [4]:

| | Número Elemento | Potencia (W) | Nºhora al día | Wh/día |
|-------------------------------|-----------------|--------------|---------------|--------|
| Fluorescentes | 3 | 20 | 4 | 240 |
| | 3 | 15 | 2 | 90 |
| TV | 1 | 25 | 4 | 100 |
| Frigorífico | 1 | 60 | 24 | 1440 |
| Motobomba | | | | 900 |
| Pérdidas Regulador + Inversor | 1 | 10 | 24 | 240 |

$$E_D = (240 + 90 + 100 + 1440 + 900 + 240) \text{ Wh/día}$$

E_D = la energía media diaria consumida por el sistema (Wh/día).

Tabla 2.3. Consumos medios diarios

Conocido el valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador, se estima a partir del rendimiento energético aprox. de la instalación la potencia mínima del generador FV con la expresión 2.12:

$$PR = \frac{E_D G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) P_{mp}} \quad (\text{expresión 2.12})$$

Donde:

$G_{CEM} = 1 \text{ kW/m}^2$ irradiancia en condiciones estándar de medida

P_{mp} = Potencia pico del generador (kWp)

E_D = Consumo expresado en kWh/día.

$G_{dm}(a,b)$ = Valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en kWh/(m².día) y en el que se hayan descontado las pérdidas por sombreado

Un valor típico de partida de PR para el diseño de sistemas con inversor y batería es $PR = 0,6$ y de $0,7$ para bombeo directo sin batería.

- Se define como Rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”, PR, como la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo para el período de diseño

El instalador podrá elegir el tamaño del generador y del acumulador en función de:

- las necesidades de autonomía del sistema
- la probabilidad de pérdida de carga requerida.

Respetando los límites estipulados en el **Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente**; en España:

- La potencia nominal del generador será, como máximo, un 20 % superior al valor $P_{mp, min}$ para el caso general .
- Como caso general, la capacidad nominal de la batería no excederá en 25 veces la corriente de cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico.
- La autonomía mínima del sistema será de 3 días.

Teniendo en cuenta lo anterior la batería de acumulación se seleccionará de acuerdo a la siguiente expresión (2.13):

$$A = \frac{C_{20} PD_{max}}{L_D} \eta_{inv} \eta_{rb} \quad (\text{expresión 2.13})$$

Donde:

A = Autonomía del sistema en días

C_{20} = Capacidad del acumulador en Ah (*)

PD_{max} = Profundidad de descarga máxima

η_{inv} = Rendimiento energético del inversor

η_{rb} = Rendimiento energético del acumulador + regulador

L_D = Consumo diario medio de la carga en Ah (2.14)

$$L_D \text{ (Ah/día)} = \frac{E_D \text{ (Wh/día)}}{V_{NOM} \text{ (V)}} \quad (\text{expresión 2.14})$$

2.3.8 Tuberías.

El diámetro de las tuberías ha de ser calculado de acuerdo con las pérdidas de carga o altura dinámica, especificadas cuando se obtiene la energía hidráulica necesaria y con la longitud real de tubería sumada a la "longitud equivalente" de los accesorios de la instalación. Para unas pérdidas admisibles y una longitud total L (incluidos los accesorios del circuito) el diámetro de las tuberías se puede estimar mediante tablas o gráficos que expresen las pérdidas de carga en función del caudal para cada diámetro de la tubería, teniendo en cuenta el tipo de material del que está construida.

Se recomienda que el diámetro de la tubería y accesorios sea superior a un valor tal que las pérdidas hidráulicas no superen el 10% de la altura hidráulica de bombeo, preferentemente un 2%.

2.4 Consideraciones en el montaje e instalación.

La mayoría de los fallos en las instalaciones de bombeo provienen del inversor, controlador o de la bomba. La realización de una instalación, operación y mantenimiento adecuados reducirán estos problemas.

Algunas consideraciones importantes a la hora de realizar una instalación de bombeo fotovoltaico son [2]:

- Respetar la normativa y reglamentos electrotécnicos aplicables a instalaciones eléctricas.
- Realizar un plan detallado de la instalación, asegurándose la disponibilidad de todos los materiales y herramientas. Como mínimo se han de seguir los siguientes pasos:
- Verificación del pozo de agua (capacidad de producción) . o
Obra civil: cimientos, tuberías y depósito de almacenamiento
- Montaje de los componentes mecánicos y eléctricos del sistema
o Verificación de la operación del sistema
- Entregar un manual de operación y mantenimiento al usuario del sistema, así como instruirle, acerca del funcionamiento del sistema.
- Los niveles de agua pueden variar estacionalmente, y en algunos casos en un periodo de horas. El nivel de agua en zonas rocosas varía mucho durante el bombeo. La bomba debe estar sumergida en el agua. Si las variaciones del nivel del agua hacen que la bomba pueda trabajar en vacío es necesario tomar precauciones como la instalación de sondas de nivel en el pozo. También es necesario instalar una sonda de nivel en el depósito para evitar el desperdicio del agua.
- Proteger la entrada de la bomba de la posible entrada de suciedad o arena mediante filtros adecuados en cada caso. Tener en cuenta las posibles pérdidas de carga de estos filtros.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

- Es necesario poner correctamente a tierra todo el equipo. Las bombas de agua atraen los rayos por la excelente tierra que proporcionan. Poner a tierra el marco del generador FV, todas las cajas de equipos. Las tuberías nunca deben ser utilizadas como tierra, ya que ésta puede ser interrumpida en operaciones de mantenimiento. Utilizar varistores para proteger los equipos contra sobrecargas inducidas por fenómenos atmosféricos.
- Evitar tuberías muy largas. Las pérdidas de carga pueden aumentar considerablemente la altura total de bombeo y por tanto el tamaño del generador FV.
- Utilizar tuberías de acero inoxidable o de PVC adecuadas para resistir una operación de al menos la vida útil del generador (>20 años) de diámetros adecuados para minimizar las pérdidas de carga. Evitar la formación de pares galvánicos que puedan corroer partes del sistema.
- Proteger los equipos electrónicos en cajas intemperie. El cableado de la instalación debe cumplir con la normativa eléctrica vigente, minimizando las caídas de tensión. Los cables utilizados para bombas sumergibles deben ser apropiados para tal fin.
- Proteger el pozo de la entrada de suciedad, sobre todo en instalaciones de bombeo de agua para uso potable.
- El generador puede ser una estructura fija o con seguimiento solar. Las estructuras fijas son más baratas y resistentes. Sin embargo los seguidores solares pueden incrementar en un 30%-40% el volumen bombeado durante el verano. La utilización de seguidores puede disminuir el tamaño del generador para bombear el mismo volumen de agua, pero añaden complejidad al sistema y necesitan mayor mantenimiento.
- La mayor parte de los fabricantes de sistemas de bombeo de agua para energía solar FV incluyen algún tipo de dispositivo de acoplo de impedancia para que el sistema opere cerca del punto de máxima potencia, acoplando las características eléctricas del motor y del generador. Además algunos tipos de bombas con elevado par de arranque, como las bombas de desplazamiento positivo, necesitan un dispositivo para suministrar estos picos de corriente de arranque.
- En instalaciones de suministro de agua potable, prever la construcción de un sistema de saneamiento que evite la formación de agua estancada en el entorno del punto de distribución.
- Se debe utilizar un cableado que minimice las caídas de tensión, especialmente en los de baja tensión donde unas pequeñas caídas pueden ocasionar pérdidas significativas. Los cables utilizados deben ser adecuados, p.e. resistentes al sol, sumergibles, etc... El cable para la sujeción de la bomba debe ser aislado para evitar fenómenos de corrosión por formación de pares galvánicos.
- Mantener las medidas de seguridad adecuadas: puesta a tierra de los conductores, la estructura del generador y los equipos, montar los interruptores necesarios (entre el generador y el inversor), colocar fusibles o interruptores en los conductores no puestos a tierra y utilizar cables con secciones adecuadas. Verificar las conexiones eléctricas que se realizarán en cajas adecuadas que permitan su inspección y revisión.
- En la instalación de bombas superficiales se ha de tener en cuenta la altura máxima de succión (<8m). Se dispondrá de una válvula de pie que mantenga siempre llena la tubería de aspiración en bombas no autocebantes. Es recomendable la instalación de una válvula antirretorao también en la tubería de impulsión a la salida de la bomba, para evitar golpes de ariete que dañen la bomba.

- La instalación de bombas sumergibles es en general más difícil, requiriendo de grúas en bombas muy pesadas. Instalar la camisa de la bomba para mejorar la refrigeración del motor. La sujeción de la bomba ha de soportar el peso de la misma y de la tubería llena de agua. Se ha de disponer de un cable o cuerda de sujeción y otro adicional de seguridad. El peso ha de ser soportado por la sujeción y no por la tubería o los cables eléctricos. La bomba irá provista de una válvula antirretorno.

2.5 Mantenimiento.

Los sistemas de bombeo FV requieren muy poco mantenimiento, aunque se ha de realizar un mantenimiento preventivo explicitado en el manual de operación y mantenimiento de la instalación. El sistema ha de arrancar y parar automáticamente en función de la demanda y la disponibilidad de radiación solar mediante las sondas de nivel en el pozo y en el depósito de acumulación. En general los sistemas FV de bombeo de agua bien diseñados y adecuadamente instalados son muy sencillos de operar y mantener.

El instalador del sistema debe proveer un *Manual de Operación y Mantenimiento*, estableciendo los principios de operación del sistema, el mantenimiento de rutina y los requerimientos de servicio. En él también debe estar incluida información referente a seguridad y a los problemas que comúnmente se presentan en esta clase de instalaciones.

La manera más efectiva para maximizar los beneficios de los sistemas de bombeo de agua es llevando a cabo un mantenimiento preventivo. El programa de mantenimiento preventivo debe estar diseñado para maximizar el costo de vida útil del sistema. Por supuesto, cada tipo de sistema tiene diferentes requisitos de mantenimiento. Las condiciones específicas de operación impondrán requisitos adicionales. En general, el mantenimiento de un sistema fotovoltaico de bombeo requiere lo siguiente [2]:

Mantenimiento de rutina y reparaciones menores.

Se incluye el monitoreo de desempeño del sistema, el nivel agua y su calidad. Una inspección visual puede detectar ruidos o vibraciones inusuales, corrosión, invasión de insectos, componentes o conexiones eléctricas sueltas, fugas de agua, algas, etc. La mayoría de estos problemas pueden ser corregidos en el campo. El operador del sistema (típicamente el propietario) debe ser capaz de realizar todo el mantenimiento de rutina y las reparaciones menores. El mantenimiento rutinario ayudará a detectar y corregir la mayoría de los pequeños problemas que con el tiempo se pueden convertir en mayores problemas que pueden dejar inoperable el equipo.

Reparaciones preventivas y correctivas.

Se incluyen los reemplazos o reparación de componentes tales como, reemplazo del diafragma o impulsores, y reemplazo de los componentes defectuosos. Este tipo de mantenimiento puede requerir herramientas especiales y conocimiento. En la mayoría de los casos, es necesario que personal capacitado haga las reparaciones.

Los paneles FV

Los requerimientos en los sistemas FV de agua son bajos comparados con las otras tecnologías. Uno de los puntos más importantes de los FV's es prevenir las sombras en los paneles. Hierbas y árboles cercanos pueden sombrear al paso del tiempo. No es necesario limpiar los módulos, e incluso cuando hay exceso de polvo la eficiencia de los paneles FV disminuye solamente un 2 a 4%. Si la estructura de los paneles lo permite, los paneles pueden ser ajustados dos veces al año para obtener mejor rendimiento. El mantenimiento en campo de los controladores consiste en asegurar un buen sellado para evitar polvos, agua o insectos.

Bombas y motores

Desde el punto de vista operacional, el requisito más importante es evitar la operación de una bomba en seco debido a que el motor se sobrecalentará y se quemará. El agua es necesaria para la lubricación y disipación de calor. En el caso de las bombas centrífugas superficiales, es necesario comprobar que no existan fugas en la tubería de succión o en la válvula check si la bomba necesita cebado. Del mismo modo, el operador nunca debe permitir que la bomba trabaje contra una descarga obstruida, lo cual puede provocar un sobrecalentamiento en el motor, y excesiva tensión mecánica. Las bombas centrífugas (superficiales o sumergibles) requieren de poco mantenimiento. La mayoría de los problemas que se presentan son debidos al exceso de arena, agua corrosiva y con alto contenido de mineral. Estos agentes atacan los impulsores o la cubierta de la bomba. Puede darse el caso que la bomba no falle completamente, pero su rendimiento sí puede disminuir bastante. Algunas bombas pueden ser reconstruidas al reemplazar los impulsores y los sellos de agua; no obstante, el reemplazo de la bomba completa puede ser más económico. El monitoreo adecuado de la producción de agua permite al propietario determinar cuando se debe reemplazar la bomba. Algas y otra materia orgánica pueden obstruir la entrada de la bomba. Las bombas sumergibles son de acero inoxidable y deben durar operando más tiempo. Las bombas de desplazamiento positivo usan más componentes sujetos a desgaste. Por esta razón, se le debe proporcionar más mantenimiento que a otras clases de bombas. Bajo condiciones apropiadas de operación, los diafragmas necesitan ser reemplazados cada 2 a 3 años (más frecuente en aguas arenosas). Los sellos de las bombas de pistón pueden durar entre 3 y 5 años. Los diafragmas y sellos fallan prematuramente cuando hay exceso de arena lo cual desgasta más rápido los componentes y cuando trabajan a presiones más altas. La mayoría de las bombas de desplazamiento positivo pueden ser reconstruidas varias veces en el campo antes de desecharlas.

Los motores ac y dc sin escobillas no requieren de mantenimiento en el campo y pueden durar entre 10 y 20 años bajo condiciones ideales de operación. Los motores con escobillas requieren reemplazo periódico de las escobillas. Esta es una operación muy sencilla en la mayoría de los diseños. Las escobillas deben ser reemplazadas con componentes abastecidos por el fabricante para garantizar el buen desempeño del equipo. Los motores pequeños con escobillas pueden durar entre 4 y 8 años dependiendo del uso.

3. Sistemas de bombeo FV con tecnologías apropiadas.

3.1 Las tecnologías apropiadas.

Las necesidades y problemas que encontramos en países en vías de desarrollo son muy diferentes a los que presentan los países desarrollados. Consecuentemente, las soluciones para ambos escenarios van a ser también muy diferentes. Por esa razón, en un país en desarrollo no podemos automáticamente usar una tecnología que ha sido originalmente desarrollada para un país desarrollado. Esto ha sido un error tradicional en muchos programas de desarrollo y hace referencia de manera directa al concepto de **tecnología apropiada** [7].

Decimos que una tecnología es apropiada si tiene en cuenta las necesidades e intereses de los usuarios finales para los que esa tecnología va dirigida. En otras palabras, va más allá de la tecnología en sí misma y considera factores tanto humanos, sociales como económicos.



Dado que la tecnología es un factor esencial de la producción, la introducción de nuevas tecnologías o el desarrollo de las existentes en una sociedad constituye uno de los medios para contribuir a su desarrollo. De ahí la importancia de la cooperación técnica, en sus múltiples variantes, como parte de la cooperación al desarrollo, incluyendo la realizada por las ONG y Universidades en proyectos de tipo productivo.

Las tecnologías tradicionales suelen estar muy adaptadas a las condiciones medioambientales, económicas y sociales del lugar, gracias a que se han desarrollado y utilizado durante largos períodos de tiempo. Además, suelen emplear materiales locales, lo que facilita el mantenimiento y reparación del equipamiento. Sin embargo, con frecuencia se trata de tecnologías que, en un contexto de cambios económicos en el mercado nacional o internacional, ofrecen una producción y unos ingresos insuficientes.

El enfoque de la tecnología apropiada surge en los 70 como una alternativa a esa concepción de la transferencia de tecnología moderna y a sus problemas, y es el tipo de tecnología más habitualmente utilizada por las ONG en sus proyectos de desarrollo y lucha contra la pobreza [9].

3.2 Requerimientos y características locales.

Este tipo de tecnologías son adecuadas a las condiciones locales, caracterizadas por su bajo costo, la no importación de insumos, su pequeña escala, su fácil utilización por la población y su sostenibilidad, por lo tanto estos factores de deben tener en cuenta a la hora de plantear el proyecto.

Con el tiempo, como reflejo de los cambios habidos en el pensamiento sobre el desarrollo, el significado de la tecnología apropiada ha ido evolucionando e incorporando sobre todo tres principios [9]:

a) La importancia de los conocimientos de la población rural. Inicialmente, estas tecnologías se diseñaban sobre todo en laboratorios de los países occidentales, por lo que a veces no eran realmente adecuadas a los contextos en los que se introducían. Sin embargo, con el tiempo los programas se han centrado crecientemente en la mejora de técnicas y tecnologías ya empleadas por la población local.

b) La participación de la población, que se ha asumido como imprescindible para poder desarrollar una tecnología realmente apropiada a sus necesidades, gracias a la influencia ejercida por las metodologías y enfoques participativos, gestados en el campo del desarrollo también desde los 70. Todos los usuarios y beneficiarios de nuevas tecnologías deben ser consultados, a fin de analizar cuáles son sus necesidades, si la nueva tecnología es realmente adecuada, quién se beneficiará, quién la controlará y velará por su mantenimiento, y qué impacto socioeconómico tendrá. Especial atención debe prestarse a las mujeres, evitando que su voz quede silenciada a pesar de ser frecuentemente el colectivo más afectado. De este modo, el enfoque de la tecnología apropiada se orienta a apoyar a los pobres para que tomen sus propias decisiones en cuanto a la adopción de tecnologías, ofreciéndoles el acceso a la información que precisen.

c) La sostenibilidad medioambiental es una tercera condición a la que se presta creciente atención en el diseño de las tecnologías apropiadas. Por consiguiente, éstas deben reducir los residuos, incrementar la eficiencia en el uso de los recursos, y sustituir los productos y procesos dañinos para el medio.

3.3 Criterios de selección.

A la hora de seleccionar los materiales que serán utilizados en una determinada instalación se deberán seguir las siguientes premisas:

- La instalación tiene que ser robusta y sencilla de usar, ya que los usuarios van a ser poco cualificados y no van a contar con el apoyo continuado de asesores preparados.
- Los materiales deben de ser fáciles de obtener en el lugar donde se implante la instalación.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

- Tiene que requerir poco o ningún mantenimiento de técnicos especializados, ya que estos van a estar lejos y va a resultar caro y difícil atraerlos para la resolución de los problemas.
- Debe ser de bajo consumo, ya que frecuentemente tendrá que depender de instalaciones fotovoltaicas que encarecen las instalaciones y aumentan las necesidades y costes de mantenimiento.
- No debe ser cara de desplegar, y a demás debe tener costes de operación muy bajos o nulos. Esto excluye las redes cableadas, las de telefonía móvil y las redes satélite, y desaconseja las redes radio en que la banda de frecuencias requiere licencias costosas.
- Los materiales no deben ser perjudiciales para el medio ambiente.

3.4 Información previa a recopilar para nuestro caso.

Como base indispensable sobre la que trabajar, ya sea un sondeo nuevo o la rehabilitación de uno antiguo, se necesitará tener disponible la siguiente información previa antes de comenzar el estudio [2]:

1. Un ensayo de bombeo. Te permitirá determinar la capacidad de producción que tiene el sondeo y la profundidad de bombeo.

2. Detalles de construcción del sondeo. El diámetro condiciona el tamaño máximo de la bomba que “cabe dentro” dejando suficiente espacio para la refrigeración. Como la bomba se instala en tramos de camisa, la disposición entre camisa y filtros determina dónde puede instalarse. Finalmente, la profundidad del primer filtro determina la caída máxima del nivel del agua antes de que quede descubierto.

3. Análisis del agua para comprobar la seguridad y anticipar la corrosión.

4. Acceso a la energía. El punto más cercano de suministro eléctrico si lo hay y la tensión. Si se necesita un generador hay que prever dónde albergarlo.

5. Condiciones técnicas de funcionamiento. La potencia de la bomba a instalar dependerá entre otras cosas de la longitud de tubería y la altura de bombeo.

6. Condiciones organizativas de funcionamiento. Determinan la necesidad de prever alojamiento para un operario/guarda.

7. Normativa del país.

4- Análisis de un Prototipo de Bombeo Fotovoltaico. Aplicación práctica.

4.1 Hipótesis de partida.

Para poder simular en nuestro laboratorio un sistema de bombeo FV hemos planteado una serie de hipótesis iniciales como base al cálculo de la instalación. La finalidad es poder aproximarnos a unas condiciones reales prefijadas para el posterior análisis de los resultados.

Los datos de partida son los siguientes:

- El sistema abastecerá de agua potable a una aldea de 90 habitantes.
- La extracción de agua se hará mediante bomba sumergible.
- Se prevé que el sondeo tendrá una profundidad máxima de 25 m (30 m.c.a con las pérdidas y subida del agua a un tanque de almacenamiento)
- La ubicación de la instalación será en el Municipio de Leganés (Comunidad de Madrid)

4.2 Descripción general del sistema.

El prototipo a construir en el laboratorio estará formado a grandes rasgos por los siguientes componentes:

1. Generador fotovoltaico.
2. Regulador
3. Sistema de baterías de acumulación.
4. Sistema de acondicionamiento de potencia. Conversor DC/AC.
5. Motor-bomba.
6. Depósito de agua (donde irá sumergida la bomba y simulará el sondeo).
7. Sistema de tuberías.
8. Cuadro de conmutación (Bomba-Regulador)
9. Accesorios para simular diferentes alturas manométricas y elementos de medición.

Mediante una válvula estranguladora de caudal simularemos diferentes alturas manométricas para ensayar el sistema. Tales alturas equivalentes en metros columna de agua (mca) las determinaremos en nuestros ensayos a partir de expresiones de mecánica de fluidos.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

La ubicación de los elementos en el laboratorio se puede ver en la figura 4.1.

1. Generador fotovoltaico.
2. Regulador
3. Sistema de baterías de acumulación.
4. Sistema de acondicionamiento de potencia. Convertor DC/AC.
5. Motor-bomba.
6. Depósito de agua (donde irá sumergida la bomba y simulará el sondeo).
7. Sistema de tuberías.
8. Cuadro de conmutación (Bomba-Regulador)
9. Accesorios para simular diferentes alturas manométricas y elementos de medición.

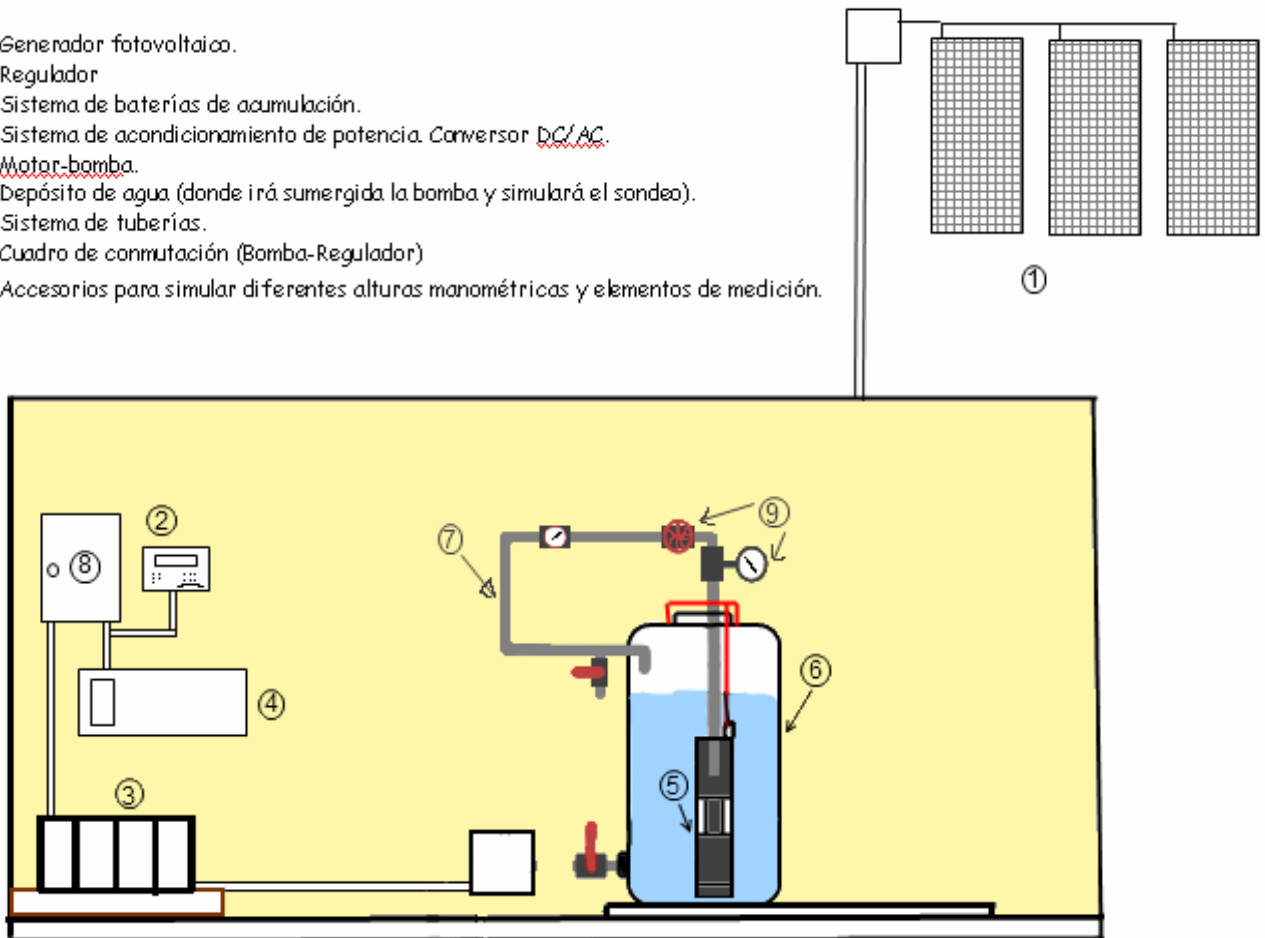


Figura 4.1

4.3 Descripción de los componentes

En los apartados siguientes se detallan las características de cada uno de los componentes así como los condicionantes para su elección.

4.3.1 Motor-Bomba

Previsión de consumo hidráulico

En primer lugar vamos a calcular las necesidades hidráulicas para nuestra bomba. Una vez sepamos los requerimientos mínimos de caudal iremos a modelos de fabricantes para seleccionar una bomba adecuada a las necesidades del sondeo.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Para una población de habitantes rurales se requieren aproximadamente 30 l de agua para abastecimiento por persona y día.

El hecho de que nuestra “aldea” cuente con 90 habitantes hace que el volumen de agua bombeado necesario al día sea de 2700 litros lo que equivale a aproximadamente **2,7 m³ de agua al día (0,12 m³/h)**

El caudal mínimo que se requerirá a la bomba en el mes de irradiación mas desfavorable será de $0,12 \times 1,8 = 0,21 \text{ m}^3/\text{h}$. Si la bomba es capaz de suministrar este caudal se garantizan las necesidades hidráulicas de 2,7 m³ al día dosificadas “poco a poco”, es decir, según los habitantes lo van necesitando. Al sobredimensionar el caudal mínimo contamos con un pequeño margen para momentos de poca irradiación solar (pensando en bombeo directo).

Buscando el mayor compromiso técnico–económico para llevar a cabo la instalación, y de acuerdo con la altura de bombeo (30m), seleccionamos en primera instancia una bomba **GRUNDFOS SQF 2.5-2** sumergible centrífuga de la que conocemos datos de altura-potencia-caudal hasta una altura de 100 m (tenemos un margen para jugar con las pérdidas de carga en la instalación). Ver figura 4.2.

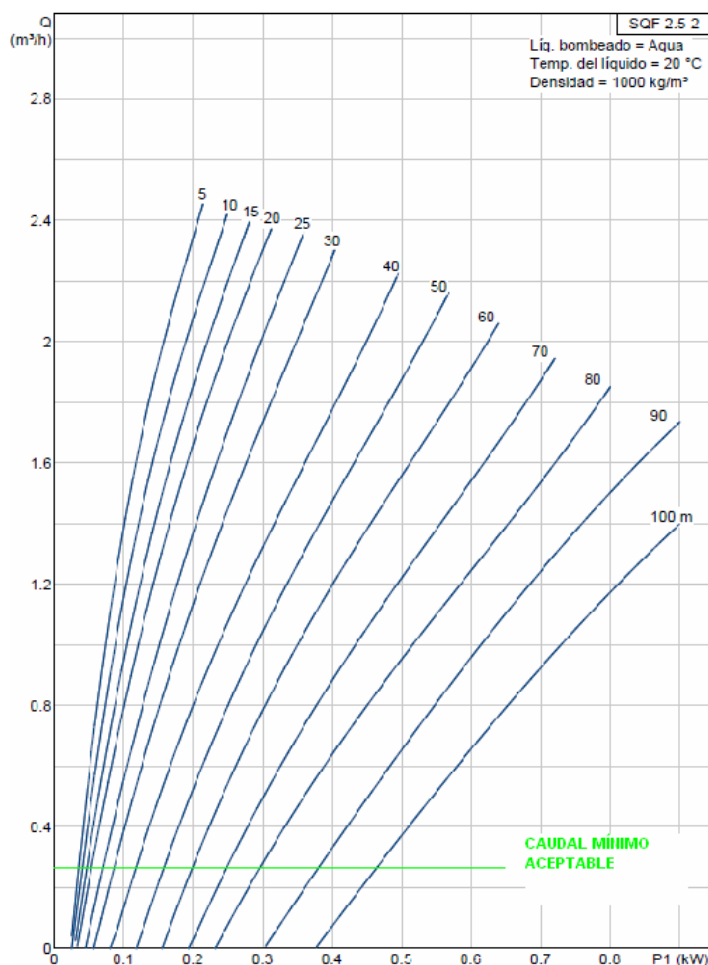


Figura 4.2

4.3.2 Grupo generador

4.3.2.1 Previsión de consumo. Paneles fotovoltaicos.

Previsión de consumo

Conocido el rendimiento medio diario de la motobomba seleccionada (hMB) se evaluará la energía eléctrica que consumirá como:

$$E_e = \frac{2,725 \cdot 2,7 \cdot 30}{0,35} = 630,6 \text{ Wh/día (expresión 2.5)}$$

A este valor de energía debemos sumarle el consumo del regulador y del inversor:

-Consumo regulador: Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3 % del consumo diario de energía. Su autoconsumo será de **5,76 wh/día**.

-Consumo del inversor: El inversor consumirá como máximo **28,8 Wh/día** según especificaciones del fabricante.

Con lo cual, el consumo total de energía de la instalación será de **665 Wh/día**.

Dimensionado del generador. Bombeo con baterías

En primer lugar recurriremos a algún medio en el que podamos conocer datos de irradiación media en la zona donde se ubica la instalación. Los datos encontrados se pueden ver en la figura 4.3 [14].

Location: 40°19'50" North, 3°46'17" West, Elevation: 675 m a.s.l,
 Nearest city: Leganes, Spain (1412499 km away)
 Land cover class: agro-forestry areas (CLC244)
 Optimal inclination angle is: 34 degrees
 Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

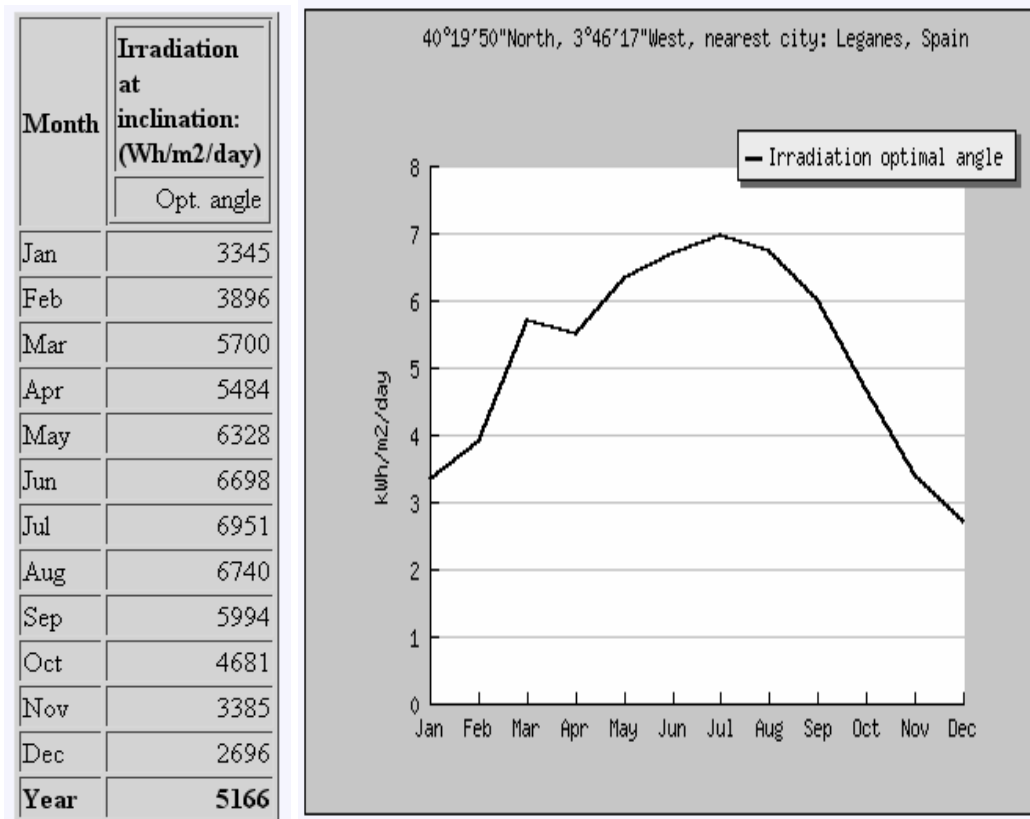


Figura 4.3. Valores de irradiación media diaria.

Ojeando los valores y la gráfica vemos que el mes mas desfavorable es Diciembre con una irradiación media diaria de **2696 Wh/m²/día** para **un ángulo de inclinación de 34 grados orientación Sur**. Este ángulo de inclinación nos lo dice directamente la fuente de donde hemos obtenido los datos de irradiación y además es el ángulo óptimo de inclinación para el lugar donde instalaremos los paneles.

Conocido el valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador, se estima a partir del rendimiento energético aprox. de la instalación la potencia mínima del generador FV

$$P_{mp} = \frac{0,665 \cdot 1}{2,696 \cdot 0,6} \cdot 1000 = 411 \text{ Wp} \quad (\text{expresión 2.12})$$

La potencia pico del generador seleccionado deberá ser mayor o igual a la potencia pico requerida por la instalación por lo tanto se escogen tres paneles colocados en serie de 12v y 150 Wp.

$$150 \times 3 \text{ Wp} > 411 \text{ Wp}$$

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Se dotará a la instalación de 3 paneles fotovoltaicos conectados en serie instalados sobre una estructura fija (configuración 3S). Dicha configuración es compatible con el rango de tensiones de entrada del regulador seleccionado.

Las características de los paneles seleccionados se muestran en la tabla 4.1.

| CARACTERÍSTICAS | 12 V | 24 V |
|--|---|-------------|
| FISICAS | | |
| Dimensiones | 1224 x 1047 x 39,5 mm | |
| Peso | 17 kg | |
| Número de células en serie | 36 | 72 |
| Número de células en paralelo | 2 | 1 |
| TONC (800 W/m ² , 20 °C, AM 1.5, 1m/s) | 47 °C | |
| ELÉCTRICAS (1000 W/m², 25 °C célula, AM 1.5) | | |
| Tensión nominal (V _n) | 12 V | 24 V |
| Potencia máxima (P _{max}) | 150 W _p ± 5 % | |
| Corriente de cortocircuito (I _{sc}) | 8,9 A | 4,45 A |
| Tensión de circuito abierto (V _{oc}) | 21,6 V | 43,2 V |
| Corriente de máxima potencia (I _{max}) | 8,7 A | 4,35 A |
| Tensión de máxima potencia (V _{max}) | 17,3 V | 34,6 V |
| CONSTRUCTIVAS | | |
| Células | Si monocristalino, texturadas y con capa antirreflexiva | |
| Contactos | Contactos redundantes, múltiples, en cada célula | |
| Laminado | EVA (etilen-vinil acetato) | |
| Cara frontal | Vidrio templado de alta transmisividad | |
| Cara posterior | Protegida con Tedlar de varias capas | |
| Marco | Aluminio anodizado | |
| Cajas de conexión | IP 65 con diodos de bypass | |
| Toma de tierra | Si | |
| Certificaciones | IEC 61215 y Clase II mediante certificado TÜV (En trámite) | |
| Sección de cable | 4-10 mm ² | |
| Terminal de conexión | Bornera atornillable con posibilidad de soldadura/ Multicontacto opcional | |

Tabla 4.1. Características de los paneles instalados.

Dimensionado del generador. Bombeo directo (sin uso de baterías)

Ya que nuestro prototipo a estudiar llevará un cuadro de conmutación para poder ensayar el sistema sin uso de baterías, el siguiente paso es comprobar que los paneles solares seleccionados anteriormente serán suficientes para tal fin.

Utilizando la expresión 2.11:

$$P_p = 0,630 \cdot \frac{1}{2,696 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,005 \cdot (40 - 25))} = 0,280 \text{ kWp (expresión 2.11)}$$

**Para una temperatura de funcionamiento de los paneles de 40 °C y una variación de la potencia con la temperatura de 0,005 W/°C*

Con lo cual queda comprobado que la potencia de nuestro generador (450 Wp) es mayor que la requerida por nuestro sistema en bombeo directo y es válido.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Ya podemos verificar que nuestra instalación nos garantiza el caudal mínimo necesario. En la siguiente gráfica se puede apreciar la curva característica de la bomba. Fijándonos en la intersección de la curva de 30 metros con la recta de caudal mínimo que anteriormente habíamos establecido ($0,27 \text{ m}^3/\text{h}$ - 90 w) vemos como se encuentra muy por debajo de la potencia que aporta nuestro generador (450 Wp). Ver figura 4.3.

Por lo tanto, queda satisfecho el requisito de caudal mínimo y se puede considerar que el modelo de Bomba GRUNDFOS SQF 2.5-2 es válida para suministrar el caudal necesario a los habitantes de nuestra aldea ficticia con un buen “margen de seguridad”. Este margen es muy importante sobre todo en el bombeo directo donde no podemos garantizar un caudal constante debido a sombras, días nublados... En ocasiones el caudal puede llegar a ser incluso nulo viéndose compensado en determinados momentos con caudales mas abundantes coincidiendo con las horas centrales del día en las que nuestro grupo bomba-generador podrá compensarlo con creces debido precisamente a este gran “margen de seguridad” con el que contamos.

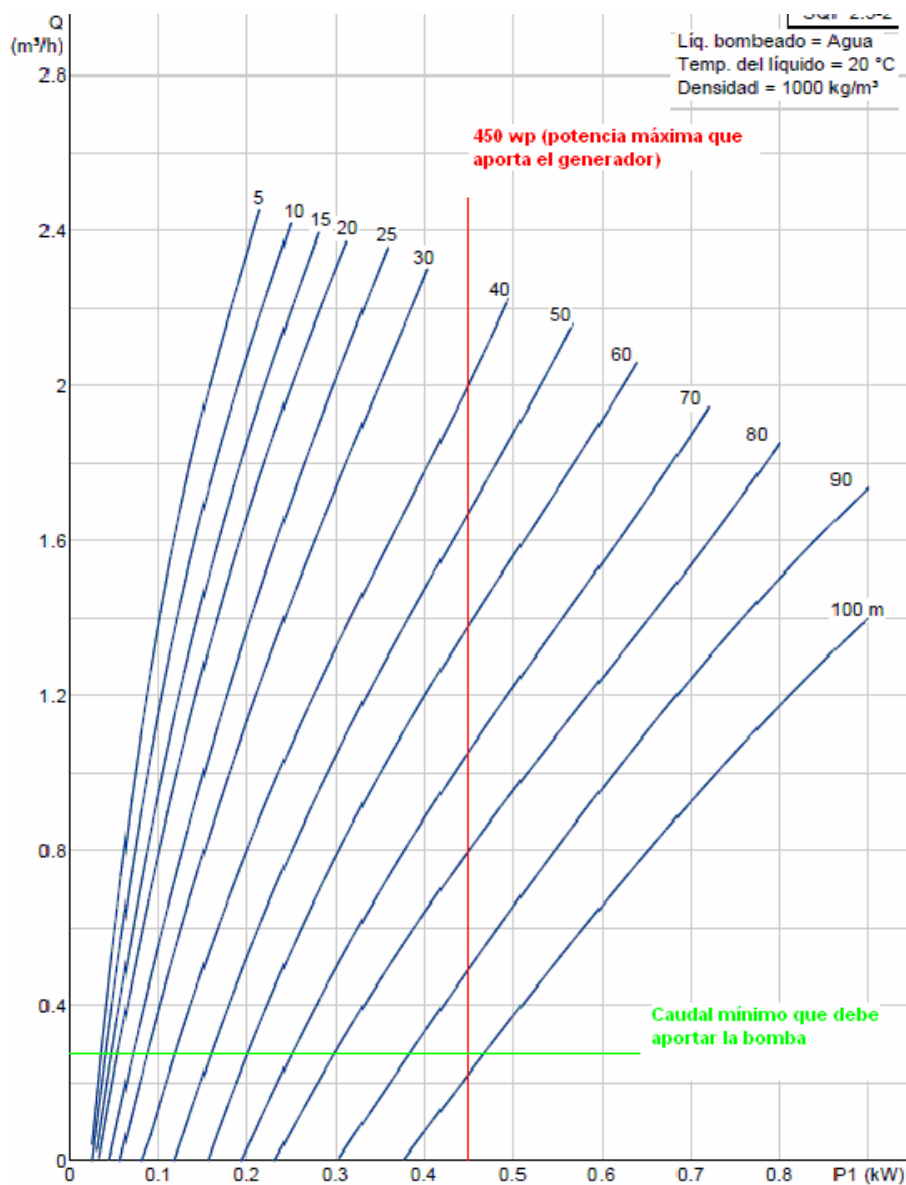


Figura 4.3.

También se puede verificar que la potencia de nuestro generador no excederá en bombeo directo la potencia máxima del motor acoplado a la bomba (900 W).

4.3.2.2 Regulador

El regulador seleccionado corresponde a la línea VMS. Son reguladores que se encargan de proteger a la batería contra sobrecarga y sobredescarga, con el fin de prolongar la vida de la batería. Figura 4.4 [8]



Figura 4.4. Regulador VMS 40A

Sus características son las siguientes (tabla 4.1):

| CARACTERÍSTICAS | VMS 40 A | VMS 30 A | | |
|---|---|---------------------|---------|--------|
| Físicas | | | | |
| Largo | 165mm. | | | |
| Ancho | 105mm. | | | |
| Alto | 56mm. | | | |
| Peso | 1Kg | | | |
| Constructivas | | | | |
| Base | Perfil de aluminio | | | |
| Tapa | Chapa de acero galvanizado | | | |
| Pintura | Epoxi al homo | | | |
| Grado de estanqueidad | IP32 | | | |
| Tropicalización de los circuitos | Si | | | |
| Eléctricas | | | | |
| Tensión nominal | Bitension 12 - 24 V | Bitension 24 - 48 V | | |
| Intensidad máxima de carga | 40 A | 30 A | | |
| Intensidad máxima de consumo | 30 A | 20 A | | |
| Sobrecarga admisible | 25 % | | | |
| Autoconsumo | < 20 mA | | | |
| Capacidad de la borna de alimentación | 76 A | | | |
| Capacidad de la borna del relé | 2 A | | | |
| Rango de alimentación | 10 - 36 V | 20 - 72 V | | |
| Compensación de temperatura en carga / descarga | 2 mV x V x °C | | | |
| Rango de temperatura ambiente | -10 a 50°C a carga nominal | | | |
| Tipo de regulación | Serie, controlado por microprocesador, Fets | | | |
| Modelos de batería (seleccionables) | Tubular abierta , tubular gel , hoppecke | | | |
| Modo de regulación | Flotación, carga profunda, ecualización | | | |
| Alarmas | | | | |
| Baja y alta tensión en batería, cortocircuito, sobrecarga | Led, acústica y pantalla | | | |
| Protecciones | | | | |
| Protección contra polaridad inversa en batería | Si, alarma acústica | | | |
| Protección contra sobrecarga | Si, en paneles y consumo | | | |
| Protección contra cortocircuito | Si, en consumo | | | |
| Protección contra baja / alta tensión en batería | Si | | | |
| Rearme desconexión corto-sobrecarga | Si, manual | | | |
| Rearme desconexión baja / alta tensión en batería | Si, automático | | | |
| Diodo anti-retorno en la línea de paneles | Si | | | |
| Accesorios | | | | |
| Relé de arranque / paro (2 hilos) max. 2 Amp | Si por batería baja programable | | | |
| Fusibles | | | | |
| Fusible aconsejable (no suministrado) | Entrada | Salida | Entrada | Salida |
| | 50 A | 30 A | 40 A | 20 A |

Tabla 4.1 Características del regulador

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

4.3.2.3 Inversor

Las características del inversor seleccionado para nuestro sistema son (tabla 4.2) [8]:

| CARACTERÍSTICAS | GMS 1.800/12 | GMS 1.800/24 |
|---|---|--------------|
| Físicas | | |
| Largo | 500mm. | |
| Ancho | 292mm. | |
| Alto | 187mm. | |
| Peso | 20Kg | |
| Constructivas | | |
| Base | Aluminio | |
| Tapa | Chapa de acero galvanizado | |
| Pintura | Epoxi al homo | |
| Grado de estanqueidad | IP42 | |
| Tropicalización de los circuitos | Si | |
| Eléctricas | | |
| Forma de onda de salida | Senoidal pura | |
| Voltaje nominal de entrada | 12 V | 24 V |
| Rango de tensión de entrada | 10 - 16 | 20 - 32 |
| tensión nominal de salida | 230 ó 120 Vac | |
| Potencia nominal continua | 1.800 W | |
| Potencia de pico | 3.000 W pico | |
| Variación de tensión de salida | ≤ 4% | |
| Frecuencia nominal | 50 ó 60 Hz | |
| Variación de la frecuencia de salida | < 1 % | |
| Rendimiento con carga resistivas | 86% < η < 96% | |
| Distorsión armónica (Carga resistiva) | ≤ 3% | |
| Autoconsumo en búsqueda de carga | < 100 mA | |
| Rango operativo de temperatura ambiente | -10 a 50°C a carga nominal | |
| Sobrecarga admitida (etapa de potencia 45°C) | | |
| 85% | 5 segundos | |
| 50% | 1 minuto | |
| 25% | 5 minutos | |
| Alarmas | | |
| Baja y alta tensión en batería, cortocircuito, sobrecarga | Led, acústica y pantalla | |
| Protecciones | | |
| Protección contra polaridad inversa | Si, mediante Fets de entrada | |
| Protección contra sobrecarga | Si temporizada en función de la potencia suministrada | |
| Protección contra cortocircuito | Si | |
| Protección contra sobretemperatura | Si | |
| Protección contra baja / alta tensión en batería | Si | |
| Rearme desconexión corto-sobrecarga | Automático (solo bajo pedido) | |
| Rearme desconexión baja / alta tensión en batería | Automático | |
| Rearme desconexión sobretemperatura | Automático | |
| Ventilación | Si controlada por temperatura y potencia | |
| Accesorios | | |
| Rele de arranque / paro (2 hilos) max. 2 Amp | Si por batería baja y por demanda de potencia | |
| Interruptor a distancia (2 hilos) | Si máximo 10 metros | |
| Control y visualización a distancia ** | Si 1 Km. | |
| Fusibles | | |
| Fusible aconsejable (no suministrado) | 200 A | 100 A |

Tabla 4.2. Características del inversor

4.3.2.4 Baterías de acumuladores

Cuando se trata de abastecimiento de agua para consumo humano, como tratamos de simular en nuestro prototipo, es conveniente dotar a la instalación de al menos 5 días de autonomía con uso de baterías.

Para simplificar, y reducir costes de material, en nuestro prototipo hemos decidido dimensionar la batería para una autonomía de **1 día y medio**. Este tiempo es más que suficiente en nuestro caso para poder realizar los ensayos que se pretenden llevar a cabo.

La batería de acumulación se seleccionará de acuerdo con la expresión anteriormente vista 2.13:

$$C_{20} = \frac{A \cdot L_D}{PD_{\max} \cdot h_{inv} \cdot h_{rb}} = \frac{1,5 \cdot \frac{665}{12}}{0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,81} = 150 \text{ Ah}$$

Atendiendo a la capacidad de batería mínima, se ha seleccionado un modelo de batería Monoblock Solar EW C-100 de 168 Ah de capacidad y 12 V.

Se colocarán 4 unidades en paralelo. Este valor de tensión nos da una autonomía suficiente y es perfectamente compatible con las características del inversor seleccionado.

4.3.2.5 Cuadro de conmutación a Bombeo directo.

El sistema incorpora un pequeño cuadro con envolvente metálica desde el cual se permite la conmutación del sistema de baterías/regulador a un sistema de bombeo directo (alimentación de la bomba directamente con los paneles).

En la tapa del cuadro existe un interruptor rotativo con dos posiciones:

Posición 1: El sistema trabaja tomando su alimentación de la salida en corriente alterna del Inversor (controlado la alimentación en corriente continua de este último por el regulador y alimentado por el sistema paneles/baterías).

Posición 2. Es este caso se alimenta la bomba directamente con la línea que llega al cuadro de los paneles fotovoltaicos (bombeo directo).

En el cuadro de conmutación se encuentran las protecciones de la línea de la bomba y de la línea del inversor. A continuación se puede ver un esquema multifilar del cuadro. (Figura 4.5)

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

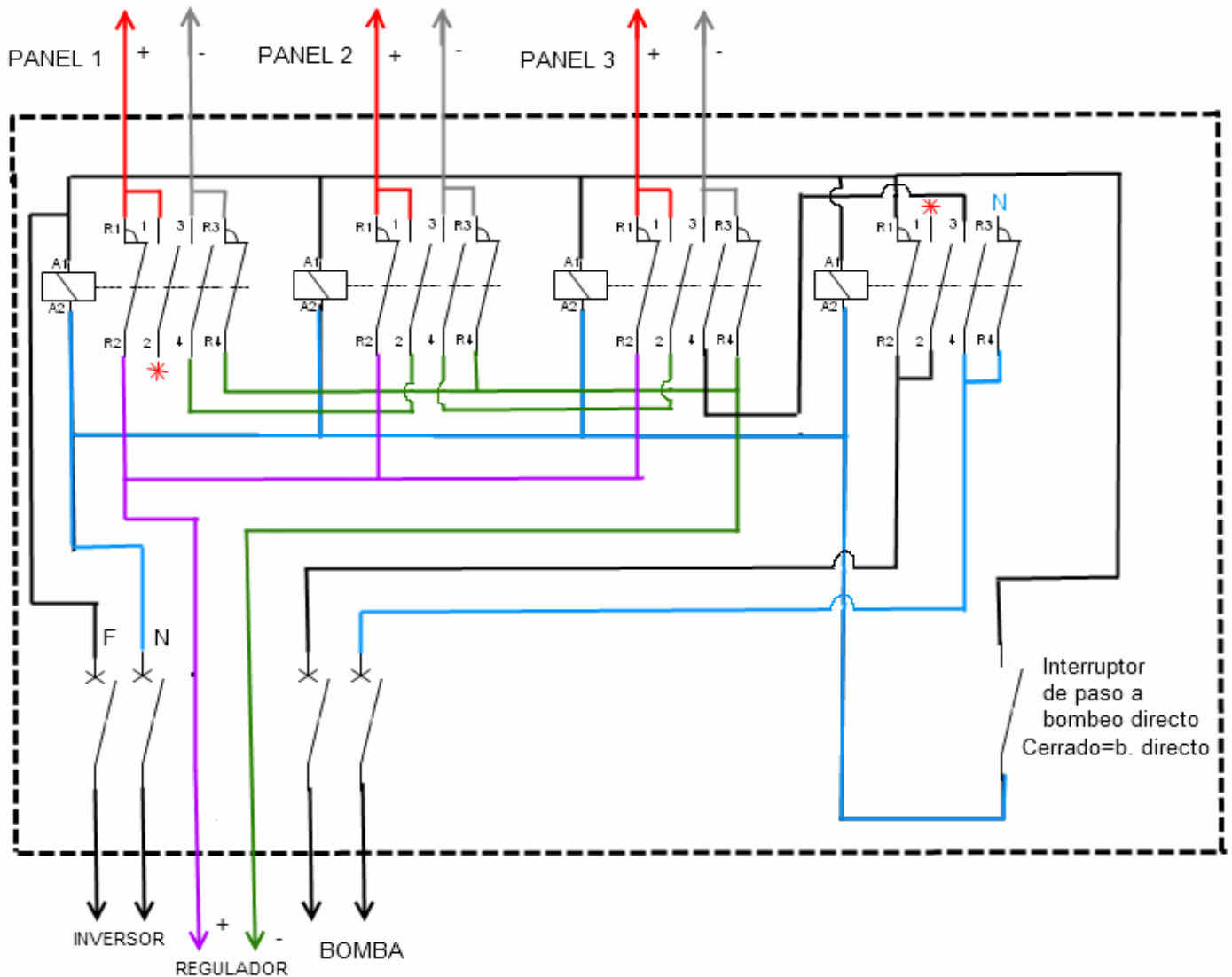


Figura 4.5. Esquema multilar del cuadro de conmutación.

Los contactores son para cambiar las conexiones de los paneles de paralelo (cuando van al regulador) a serie (para bombeo directo).

Se deberá tener en cuenta que en bombeo directo la bomba funcionará en corriente continua por lo tanto el interruptor automático que protege su línea se deberá seleccionar para tal fin y teniendo en cuenta la corriente de pico de arranque del motor.

4.3.2.6 Conductores

Los conductores deben, por una parte, soportar la intensidad que circula por ellos y no provocar una caída de tensión excesiva. Por otra ser la elección más rentable económicamente hablando para lo cual se hará necesario determinar para cada parte de la instalación la sección económica del conductor.

Criterio de intensidad.

La intensidad que circula por los conductores se obtiene de la expresión 4.1 :

Monofásico $I = \frac{P}{V \times \cos \alpha}$ y en corriente continua $I=P/V$ (expresión 4.1)

Donde:

- P Potencia de cálculo de la línea
- V Tensión simple fase-neutro.
- $\cos \alpha$ Factor de potencia de la instalación

Criterio de caída de tensión.

Para calcular la sección mínima que garantiza una caída de tensión límite previamente establecida podemos aplicar las formulas simplificadas siguientes (4.2):

Monofásica y CC $s = \frac{2 \times P \times l}{\gamma \times \Delta v \times V_f}$ (expresión 4.2)

* teniendo en cuenta que en corriente alterna hay que aplicar un factor de potencia.

Donde:

- L Longitud más desfavorable de la línea.
- P Potencia instalada.
- S Sección del conductor en mm²
- V Tensión fase-neutro: 230V para suministros monofásicos, 400 para trifásicos.
- γ Conductividad del cable. Dependiente de la temperatura y del material:

| MATERIAL | γ 20 | γ 70 | γ 90 |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| Cobre | 56 | 48 | 44 |
| Aluminio | 35 | 30 | 28 |
| Temperatura | 20° C | 70° C | 90° C |

Tabla 4.2 Guia apl. RBT Anexo 2. tabla 3

Criterio de corrientes de cortocircuito.

Como simplificación del proceso de cálculo podemos utilizar la fórmula 4.3 :

$$I_{cc} = \frac{0.8 \times U}{R} \text{ (expresión 4.3)}$$

Siendo

I_{cc} Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado
 U Tensión de alimentación fase-neutro (230V)
 R Resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación. O dos veces la resistencia del conductor en caso de corriente continua.

Se debe comprobar que las protecciones que se seleccionarán mas adelante son capaces de detectar e interrumpir las corrientes de cortocircuito que se pueden dar en las diferentes partes de la instalación.

Selección y verificación de la protecciones

Fusibles

El calibre de la protección de cada una de las líneas se llevará a cabo según el siguiente criterio 4.4 :

$$I_B \leq I_N \leq I_{Zcable} \quad (\text{expresión 4.4})$$

Donde:

I_B Intensidad de carga
 I_N intensidad nominal del fusible
 I_Z Intensidad máxima admisible por el conductor

Una vez seleccionada la protección haremos la siguientes verificaciones (4.5):

$$\text{Verificación por sobrecarga: } I_N \leq 0,92 \times I_Z \quad (\text{expresión 4.5})$$

Donde:

I_B Intensidad de carga
 I_N Intensidad máxima admisible por el conductor
 I_Z intensidad nominal del fusible

Y verificaciones por cortociruito: teniendo en cuenta el contenido de las tablas de la norma UNE 20460:

Magnetotérmicos

La protección contra **sobrecargas** según norma UNE 60898 deberá cumplir (4.6):

$$I_B \leq I_N \leq I_{Zcable} \quad (\text{expresión 4.6})$$

Donde:

I_B Intensidad de carga

I_N Intensidad máxima admisible por el conductor

I_Z intensidad nominal del calibre del PIA

Además:

$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z \quad (\text{expresión 4.7})$$

Donde:

I_2 Intensidad máxima admisible por el conductor

I_Z Intensidad nominal del calibre del PIA

Para comprobar que el PIA es capaz de cortar las **corrientes de cortocircuito** que se pueden presentar (para un tiempo $< 0,1$ s):

$$I_{cc} = \frac{0.8 \times U}{R} \quad (\text{expresión 4.8})$$

Siendo

I_{cc} Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado

U Tensión de alimentación fase-neutro (230V)

R Resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación.

Una vez conocido este valor de intensidad de cortocircuito se escoge la **curva de disparo** del magnetotérmico (**B**: 3 y 5 veces la I_n , **C**: 5 y 10 veces I_n o **D**: 10 y 20 veces I_n)

Además el dispositivo de protección tendrá que garantizar que la energía disipada en el tiempo de cortocircuito no daña los conductores. Para ello averiguamos mediante la siguiente expresión (4.9) el tiempo que tardaría en quemarse el aislante en caso de cortocircuito y se comprobaba posteriormente que no es inferior al tiempo de disparo de la protección:

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

$$t = \frac{K^2 \times S^2}{I_{cc}^2} \text{ (expresión 4.9)}$$

donde:

- K* Constante térmica del aislante
- S* Sección del conductor
- I_{cc}* intensidad en caso de cortocircuito
- t* tiempo (en segundos)

A modo de resumen tenemos la siguiente tabla (4.3) donde se especifican todos y cada uno de los cálculos que se han realizado cada línea de acuerdo con las expresiones anteriores:

| LÍNEA | Tensión (Voltios) | Intensidad máxima (Amperios) | Longitud (metros) | Conductores | | | Protección | Caída de Tensión |
|--|-------------------|--|-------------------|-------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|------------------|
| | | | | Aislamiento | Int. Adm. (Amperios) | Sección (mm ²) | | (V - %) |
| PANELES-CUADRO (3 líneas individuales) | 12 CC* | 12,5 | 15 | 450/750V | 44 | 10 | Propia del regulador | 0,66V – 5,5% |
| BOMBA | 230 CA 36 CC | 8,4 (consumo máximo) | 5 | 450/750V | 21 | 2,5 | Automático CC 50 | 0,27V – 0,001% |
| BATERÍAS-REGULADOR | 12 CC | 40 (máxima que admite el regulador) | 1 | 450/750V | 44 | 10 | Propia del regulador | 0,07v – 0,002% |
| BATERÍAS-INVERSOR (CC) | 12 CC | 150 (para consumo nominal de 1800w) | 1 | 450/750V | 175 | 50 (de serie en inversor) | Autoprotección inversor | 0,04V – 0,001% |
| INVERSOR-CUADRO (CA) | 230 CA | 7,82 (consumo nominal) | 1 | 450/750V | 21 | 2,5 | Autoprotección inversor | 0,01-0,001% |
| CUADRO-REGULADOR | 12 CC | 37,5 (3 paneles en serie-bombeo directo) | 1 | 450/750V | 44 | 10 | Propia del regulador | 0,037v – 0,003% |

Tabla 4.3 Cuadro resumen de cálculos

***Calculado para el caso mas desfavorable ya que el panel dará tensiones en carga de alrededor de 17 V.**

4.3.3 Resto de accesorios

Los elementos del sistema que se describen a continuación completan el prototipo para dotarlo de funcionalidad. Entre ellos destacan los instrumentos de medida que se utilizarán para la extracción de datos y poder así caracterizar el prototipo.

4.3.3.1 Tuberías

Los criterios fundamentales para seleccionar una tubería son:

- Coste
- Presión
- Temperatura
- Corrosión

En nuestro caso los criterios de temperatura y corrosión se han despreciado debido a que el experimento se realizará a una temperatura constante (interior de un laboratorio) y no está pensado para perdurar en el tiempo. No obstante estos dos criterios son fundamentales para seleccionar el material de la tubería y su correcta selección.

La tuberías que se han seleccionado para el prototipo para la conducción del agua son de PVC. El PVC es un material fácil de encontrar en cualquier país del mundo a un coste relativamente bajo con lo que conseguimos seguir la línea de nuestro proyecto seleccionando tecnologías apropiadas.

El conjunto de motor-bomba seleccionado lleva en su parte superior un hueco cilíndrico de 40 mm de diámetro que es la sección de tubería que nos obliga a utilizar para entrar a la bomba. En nuestro caso ficticio no será necesario atender a un cambio de sección debido a la poca longitud de tuberías que tendremos. Por otro lado las alturas manométricas que simularemos en nuestro sistema para posteriormente ensayarlo producirán aumentos de presión en las tuberías que si deberemos tener en cuenta.

La presión máxima que suministra la bomba son **15 Bar**. En base a esta presión necesitamos seleccionar una tubería de PVC que soporte como mínimo esa presión. A una sección dada lo que marca la presión a soportar por la tubería es el grosor de sus paredes.

En la siguiente tabla suministrada por un fabricante de tuberías de PVC se puede ver como la presión comercial inmediatamente superior a la que suministra nuestra bomba son **16 Bar** y que para un diámetro de 40 mm el grosor del tubo a de ser de 3mm. Ver tabla 4.4 [11].

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

| D (mm) | Espesor (e) en mm, para las siguientes presiones nominales en kg/cm ² | | | | |
|-----------|--|-----|------|------|-----|
| | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 |
| 6 | - | | | | 1,0 |
| 8 | - | | | | 1,0 |
| 10 | - | | | | 1,2 |
| 16 | - | | | | 1,8 |
| 20 | - | | | | 2,3 |
| 25 | - | | 1,5 | 1,9 | 2,8 |
| 32 | - | | 1,8 | 2,4 | 3,6 |
| 40 | - | 1,8 | 2,0 | 3,0 | 4,5 |
| 50 | - | 1,8 | 2,4 | 3,7 | 5,6 |
| 63 | 1,8 | 1,9 | 3,0 | 4,7 | 7,0 |
| 75 | 1,8 | 2,2 | 3,6 | 5,6 | - |
| 90 | 1,8 | 2,7 | 4,3 | 6,7 | - |
| 110 | 2,2 | 3,2 | 5,3 | 8,2 | - |
| 125 | 2,5 | 3,7 | 6,0 | 9,3 | - |
| 140 | 2,8 | 4,1 | 6,7 | 10,4 | - |
| 160 | 3,2 | 4,7 | 7,7 | 11,9 | - |
| 180 | 3,6 | 5,3 | 8,6 | 13,4 | - |
| 200 | 4,0 | 5,9 | 9,6 | 14,8 | - |
| 225 | 4,5 | 6,6 | 10,8 | 16,8 | - |
| 250 | 4,9 | 7,3 | 11,9 | 18,5 | - |
| 280 | 5,5 | 8,2 | 13,4 | 20,8 | - |

Figura 4.4. Presiones admisibles en tubos de PVC

De acuerdo con lo anterior nuestras tuberías, así como accesorios (codos, derivaciones en T...) serán del **tipo 40 X 3.0** (denominación comercial).

4.3.3.2 Manómetro

El manómetro que utilizaremos será un manómetro de Bourdon como el mostrado en la figura 4.6. Es sencillo y de fácil lectura. Su misión será mostrarnos la presión “aguas arriba” de la válvula estranguladora que simula las pérdidas de carga de nuestro sondeo ficticio.



Figura 4.6. Manómetro de Bourdon

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

El principio de medida en el que se basa este instrumento es el sensor conocido como tubo Bourdon. El sistema de medida está formado por un tubo aplanado de bronce o acero, cerrado, en forma de “C” de $\frac{3}{4}$ de circunferencia para la medición de bajas presiones, o enrollado en forma de espiral para la medición de altas presiones y que tiende a enderezarse proporcionalmente al aumento de la presión; este movimiento se transmite mediante un elemento transmisor y multiplicador que mueve la aguja indicadora sobre una escala graduada. La forma, el material y el espesor de las paredes dependen de la presión que se quiera medir.

El conjunto de medida está formado por un tubo Bourdon soldado a un racord de conexión. Éste a su vez irá introducido “de fábrica” en un manguito de PVC de la sección que vamos a utilizar (40 mm de diámetro) e irá colocado en serie con nuestra instalación.

La lectura máxima de manómetro seleccionado es de **10 Bar** ya que en ningún caso llegaremos a valores mayores simulando alturas manométricas.

La exactitud de este tipo de manómetros depende en gran parte del tubo, por esa razón sólo deben emplearse tubos fabricados con las normas más estrictas.

4.3.3.3 Válvula estranguladora

Como ya se adelantó en apartados anteriores la válvula estranguladora tendrá la misión de estrangular el paso del agua simulando de esa manera las diferentes pérdidas de carga que simulen diferentes alturas manométricas.

La válvula seleccionada es una válvula de compuerta metálica con sus accesorios correspondientes para poder acoplarla a la tubería de 40 mm de nuestra instalación.

Es una válvula que abre mediante el levantamiento de una compuerta o cuchilla (la cuál puede ser redonda o rectangular) y así permitir el paso del fluido.

Lo que distingue a una **válvula de compuerta** es el sello, el cuál se hace mediante el asiento del disco en dos áreas distribuidas en los contornos de ambas caras del disco. Las caras del disco pueden ser paralelas o en forma de cuña. Las válvulas de compuerta no son empleadas para regulación pero en nuestro caso nos servirá para su cometido de estrangulación.

Ventajas:

- Alta capacidad.
- Cierre hermético.
- Bajo costo.
- Diseño y funcionamiento sencillos.
- Poca resistencia a la circulación.

Desventajas:

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

- Control deficiente de la circulación.
- Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- Produce cavitación con baja caída de presión.
- Debe estar cubierta o cerrada por completo.
- La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco.



Figura 4.7 Válvula estranguladora

4.3.3.4 Contador de agua

Para poder llevar a cabo diferentes experimentos necesitamos conocer el volumen de agua que bombea nuestra instalación FV, y poder así caracterizar su funcionamiento.

Se ha instalado para tal fin un contador de agua doméstico. Es de los del tipo “Corro múltiple”. Lleva una esfera húmeda de rodillos protegidos. Con dispositivo de compensación de la presión entre interno y externo de la cápsula. Transmisión desde la turbina a la relojería completamente mecánica. Homologados clase B o la más restringida clase C. Este tipo de contador es muy preciso pudiendo detectar incluso goteos. Véase figura 4.7



Figura 4.8 Contador de agua doméstic

4.4 IMÁGENES DEL PROTOTIPO

A continuación se muestran algunas imágenes tomadas del prototipo ya terminado en el laboratorio:



Figura 4.9 Visión global de los elementos en el laboratorio.



Figura 4.10 Sistemas hidráulico y FV

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

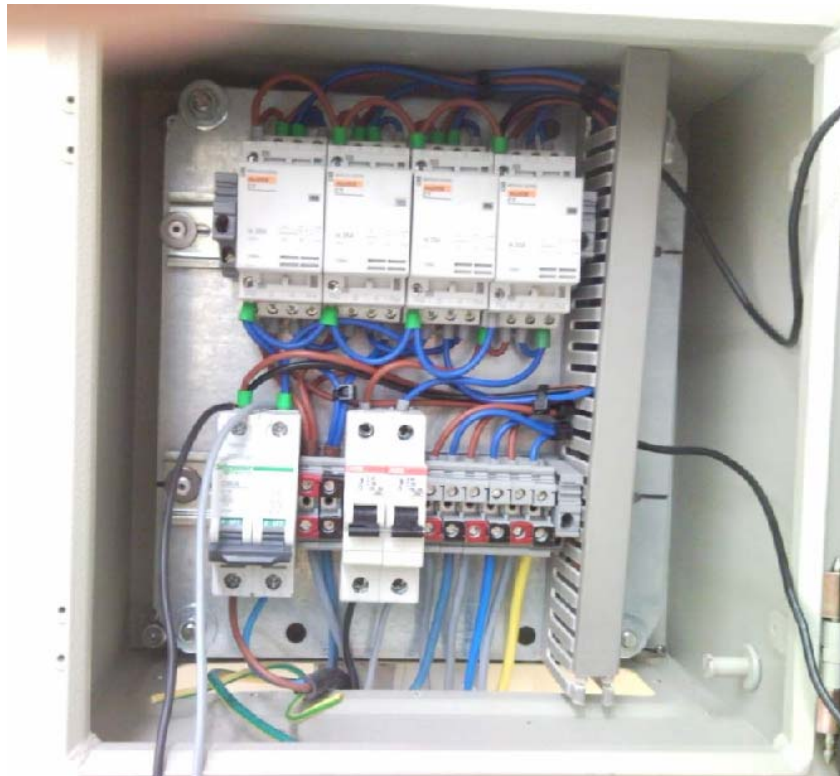


Figura 4.11 Primer plano del cuadro de conmutación

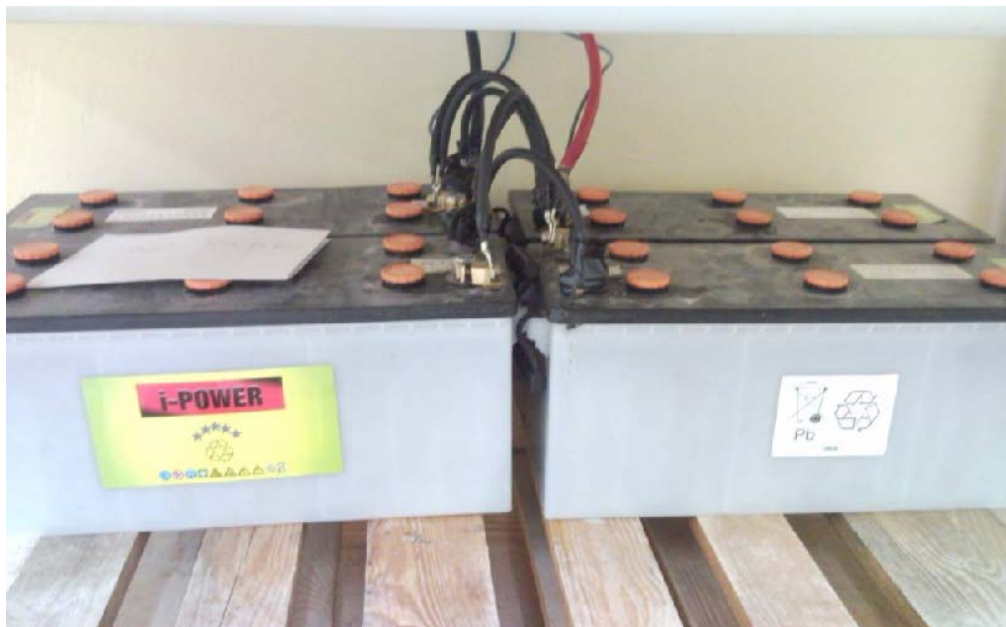


Figura 4.12 Baterías de acumulación

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO



Figura 4.13 Visión general del sistema FV



Figura 4.14 Instalación de los paneles solares

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

4.5 Presupuesto de materiales

Antes de poner en marcha el prototipo resulta de vital importancia conocer el coste de la instalación con el fin de determinar la viabilidad económica del mismo. Hay que tener en cuenta que hay gran número de distribuidores de material eléctrico con diferentes catálogos y que este precio es orientativo. Por otro lado a una instalación real no cuenta con dos depósitos de agua (con uno de almacenaje es suficiente). A continuación se muestra el desglose de precios de todos los componentes que forman nuestro prototipo (excluida mano de obra):

| Cantidad | Descripción | Precio unitario | % Dto. | Total |
|----------|---|-----------------|--------|----------|
| 3 | MODULO FOTOVOLTAICO 150W 12V | 596,00 | | 1.788,00 |
| 1 | ESTRUCTURA PARA TEJADO PLANO EN ACERO GALVANIZADO | 144,00 | | 144,00 |
| 1 | REGULADOR DE CARGA 30A BITENSION 12/24V | 122,00 | | 122,00 |
| 1 | INVERSOR SENOIDAL 1800W 12V | 912,00 | | 912,00 |
| 4 | BATERIAS MONOBLOCK SOLAR EW 140AH C-100 | 194,00 | | 776,00 |
| 1 | BOMBA GRUNDFOS SQF 2.5-2 | 1.520,00 | | 1.520,00 |
| 2 | DEPOSITOS AQ750 | 456,88 | | 913,76 |
| 2 | KIT A AQ.750 | 65,00 | | 130,00 |
| 1 | KIT B AQ750 | 38,45 | | 38,45 |
| 1 | CUADRO DE CONMUTACION MODULOS (BOMBA-REGULADOR) | 462,00 | | 462,00 |
| 1 | MATERIAL DE FONTANERIA | 146,00 | | 146,00 |

FORMA DE PAGO

CONTADO

| | |
|-------------------|-----------------|
| Portes | 0,00 |
| Neto | 6.952,21 |
| 16% IVA | 1.112,35 |
| TOTAL Euro | 8.064,56 |

Como se puede observar en el desglose se pueden ahorrar algo mas de 2000 euros en costes de material haciendo que el sistema funcione solo en bombeo directo.

5- Puesta en marcha del prototipo.

Llegados a este punto , tras haber ubicado y montado todos los elementos en el laboratorio , el siguiente paso es realizar las conexiones eléctricas para realizar unas pruebas de funcionamiento previas a la realización de los ensayos.

Secuencia de puesta en marcha

Antes de dar tensión a la bomba es conveniente haber leído primero los manuales de funcionamiento de los diferentes equipos que conforman el sistema. La finalidad es poder establecer una secuencia de operaciones a la hora de realizar el conexionado de los equipos. Para nuestro prototipo algunas consideraciones de conexión han sido las siguientes:

1. Conexión de inversor a las baterías. Primero el polo negativo seguido del positivo.
2. Conexión del regulador. Primero conectar las baterías y posteriormente la línea de paneles.
3. Activar el inversor.
4. Primero debemos energizar el cuadro de conexión y por último subir el automático que da alimentación a la bomba.

5.1 Verificaciones previas

Antes de poner en marcha el prototipo por primera vez hay que verificar la instalación con el fin de evitar contratiempos y minimizar al máximo posibles fallos que se puedan dar durante el funcionamiento futuro.

Los siguientes puntos de chequeo están adaptados a nuestro prototipo. Cada tipo de instalación requerirá diferentes puntos de comprobación en función de su topología y complejidad.

Instalación eléctrica

Se debe verificar:

- Que los puentes de las baterías están correctamente conectados. Verificar la polaridad y unión firme del conductor con las bornas de conexión de la batería.
- La batería de acumuladores no debe estar al alcance de posibles fugas de agua.
- Revisión visual de el circuito eléctrico con un esquema unifilar en el que se pueda verificar que las conexiones se han realizado correctamente. Se deben respetar polaridades.
- La unión de los conductores con los diferentes elementos (inversor, regulador...) y dispositivos de protección ha de ser firme para garantizar un buen contacto eléctrico. Tirando un poco de los cables se puede comprobar si están sueltos. Verificar también que no sobresalen “hilillos” de cobre pertenecientes al conductor que puedan entrar en contacto con otras partes de la instalación.

- Verificar el estado general del cableado comprobando que ningún conductor pueda quedar “pinzado” por canaletas u otros elementos.

Instalación hidráulica

Se debe verificar:

- La solidez del sistema. Comprobar que las tuberías han quedado firmemente unidas a la pared para evitar posibles vibraciones.
- Verificar el estado general de las uniones encoladas.
- Reapretar uniones roscadas con el fin de evitar fugas de agua por las juntas.

5.2 Problemas encontrados durante la ejecución.

Tras haber seguido meticulosamente los pasos anteriormente señalados, se ha puesto el sistema en marcha encontrándose los siguientes inconvenientes:

- Al conectar por primera vez la bomba, ésta no funciona. El motivo ha sido que la sonda de nivel (mecanismo de detección de funcionamiento en vacío) no estaba correctamente sumergida. Esto inhabilitaba la bomba para su funcionamiento mediante esta protección que lleva incorporada.
- Fugas de agua por las juntas. El problema se solucionó reapretando las juntas roscadas y añadiendo cinta de teflón a las roscas.
- Vibraciones. El problema se solucionó colocando arandelas insonorizadas de goma y espuma de pvc en las partes donde la tubería tocaba directamente el depósito.
- Al conmutar a bombeo directo no se energizan las bobinas de los contactores que ponen los paneles en serie. El cuadro de conmutación está alimentado por la batería a través del inversor. El inversor necesita una potencia mínima (40 W) para poder funcionar a la cual no es capaz de llegar alimentando solo las bobinas de los contactores. La solución ha sido poner una bombilla incandescente de 40 W en paralelo con las bobinas de los contactores. De este modo al conmutar a bombeo directo el inversor ve como cargas la bombilla y las bobinas de los contactores llegando a su potencia mínima de funcionamiento. También existe la posibilidad de desprogramar la protección de mínima carga del inversor, aunque el fabricante no lo recomienda porque distorsiona la onda.

6 Pruebas realizadas y resultados

Con el fin de caracterizar el prototipo que se ha construido en el laboratorio hemos propuesto una serie de ensayos llevados a cabo mediante mediciones con aparatos de medición comunes que se detallarán mas adelante. Nuestro objetivo es analizar el

prototipo en funcionamiento intentando acercarnos lo máximo posible a lo que podrían ser unas condiciones de trabajo normales.

Para realizar los ensayos hemos de distinguir entre el funcionamiento con y sin (bombeo directo) las baterías de acumulación ya que las condiciones de trabajo y los equipos involucrados son muy diferentes en cada caso y por lo tanto la eficiencia del sistema.

6.1. Ensayos con baterías.

En este caso el sistema tiene una configuración del tipo de la figura 6.1. Como ya sabemos, el regulador es el encargado de gestionar el nivel de carga de las baterías. Para funcionar el modo baterías el conmutador del cuadro de conmutación debe estar en la posición “0”.

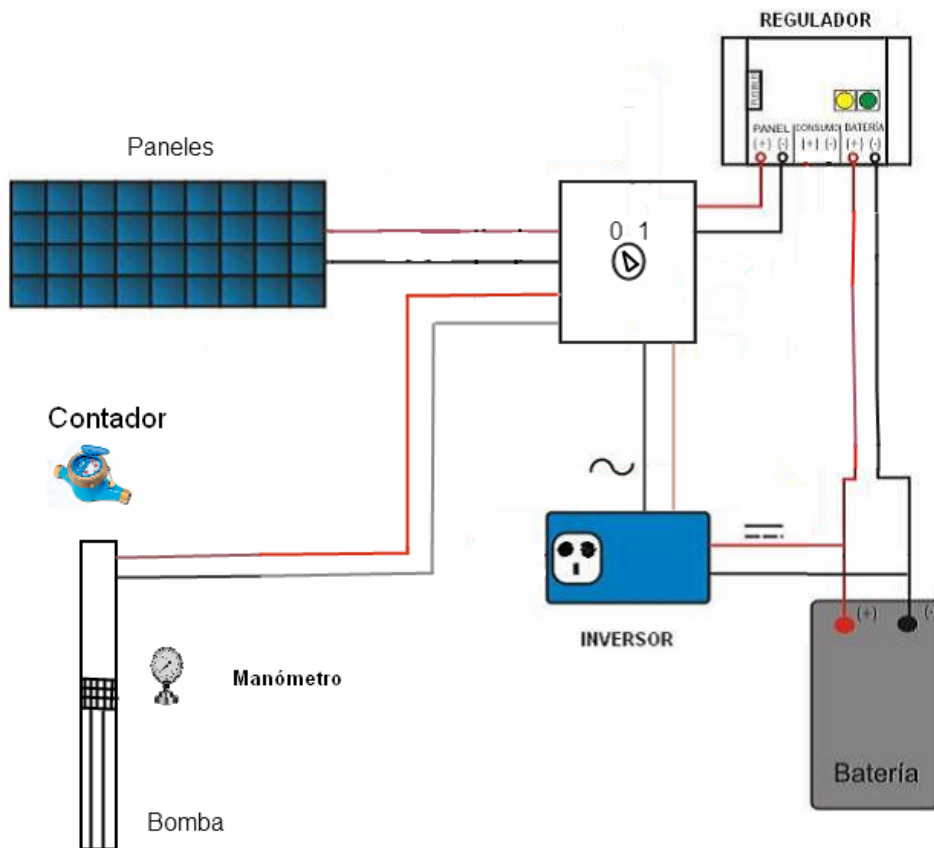


Figura 6.1

Como ya se trató en su momento, el cuadro de conmutación es el encargado de poner los paneles en paralelo e interconectarlos con el regulador. Es muy interesante saber de qué manera lo hace y por ese motivo a continuación se muestra el esquema multifilar de conexionado interior del cuadro de conmutación. Ver figura 6.1

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

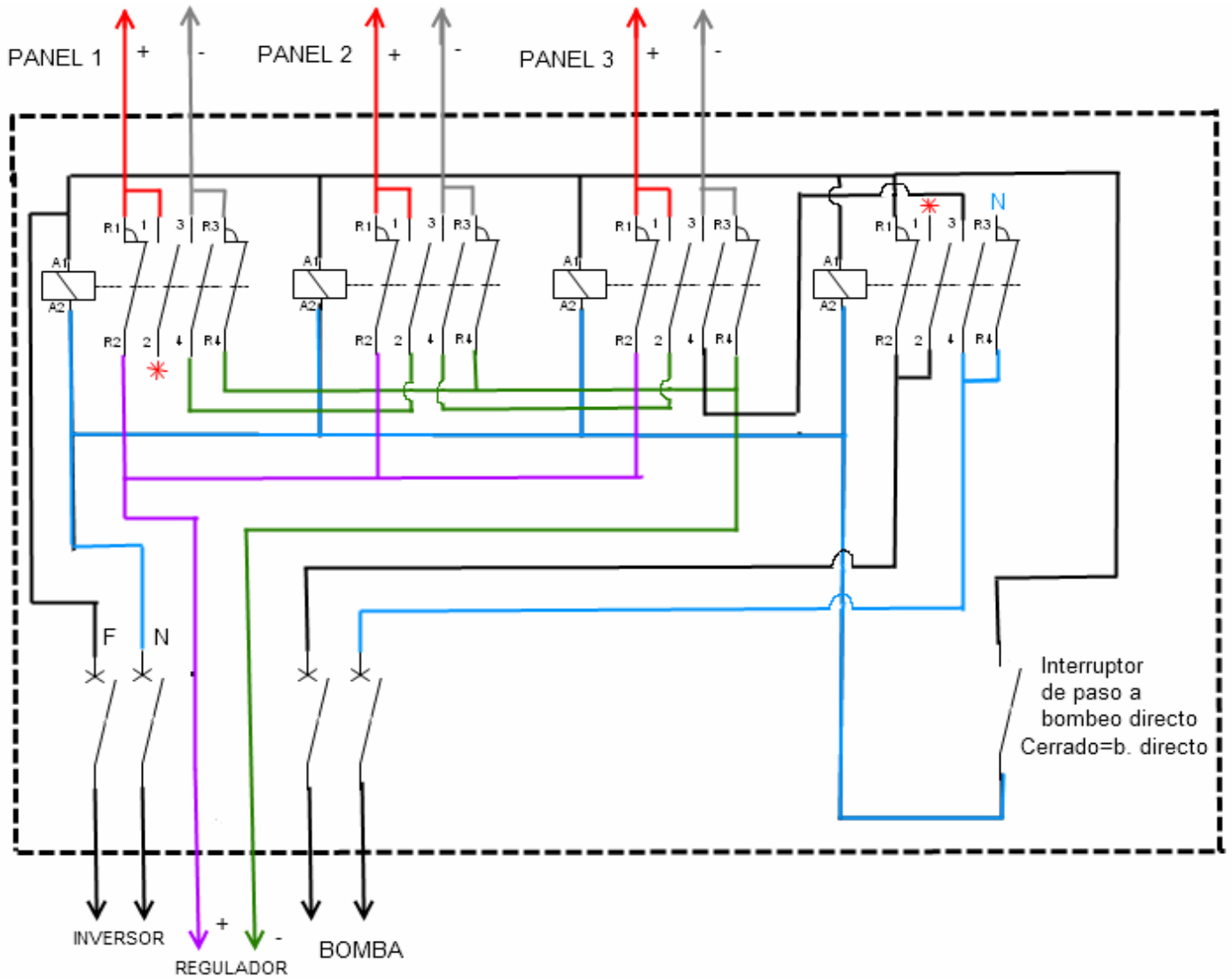


Figura 6.1 Multifilar del cuadro de conmutación

Cálculo de la altura manométrica de bombeo:

La expresión (6.1) para calcular la altura equivalente conociendo la presión aguas arriba de la válvula y con vertido a presión atmosférica es:

$$P_{manómetro} = P_{atmos} + \rho \cdot g \cdot H \quad (\text{expresión 6.1})$$

Donde:

$P_{manómetro}$ Lectura del manómetro en Bares

P_{atmos} Presión atmosférica

$\rho \cdot g \cdot H$ Presión equivalente a una columna de agua de H metros.

Utilizando la expresión anterior, la lectura del manómetro para una altura manométrica de 30 m.c.a (nuestro caso de partida) debe ser de 3,9 Bar

6.1.1 Determinación de la relación de la Potencia y altura manométrica con el caudal suministrado.

El objetivo de este ensayo es determinar las curvas que relacionan caudal, potencia y altura manométrica. En este montaje es importante señalar que la bomba será alimentada a una tensión constante de 230 V AC a través del inversor con lo que nosotros iremos variando la carga jugando con las diferentes alturas manométricas que nos permite la válvula estranguladora.

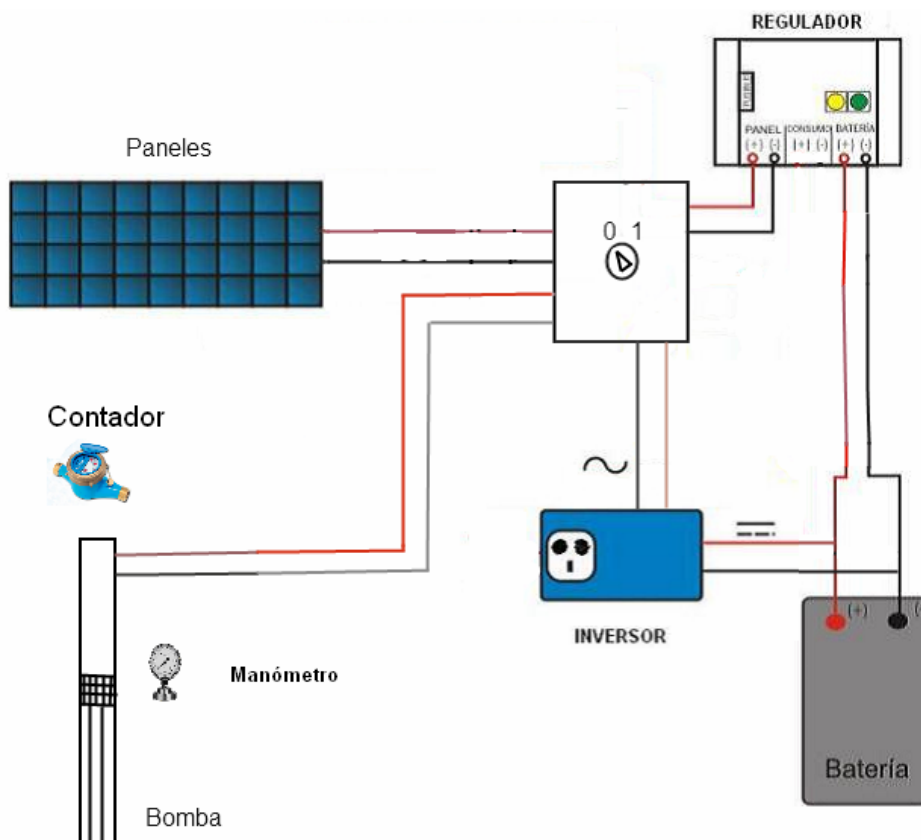


Figura 6.2

El inversor instalado nos proporciona datos de potencias tensiones e intensidades a su entrada y a su salida. Por ello, las mediciones son muy simples gracias a un programa informático que lleva el inversor y con un interfaz muy sencillo.

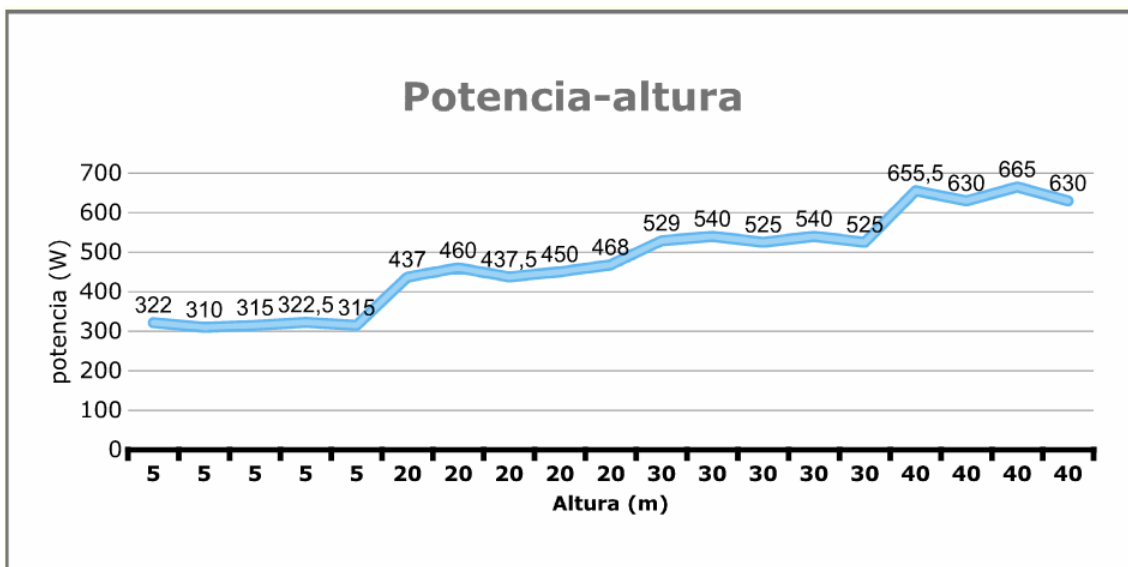
Los datos obtenidos experimentalmente quedan recogidos en la tabla 6.1.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

| H (m) | Pb (W) | Q (m ³ /s) |
|-------|--------|-----------------------|
| 5 | 322 | 2,7684 |
| 5 | 310 | 2,7684 |
| 5 | 315 | 2,7684 |
| 5 | 322,5 | 2,7684 |
| 5 | 315 | 2,7684 |
| 20 | 437 | 2,7684 |
| 20 | 460 | 2,7684 |
| 20 | 437,5 | 2,7684 |
| 20 | 450 | 2,7684 |
| 20 | 468 | 2,7684 |
| 30 | 529 | 2,7684 |
| 30 | 540 | 2,7684 |
| 30 | 525 | 2,7684 |
| 30 | 540 | 2,7684 |
| 30 | 525 | 2,7684 |
| 40 | 655,5 | 2,7684 |
| 40 | 630 | 2,7684 |
| 40 | 665 | 2,7684 |
| 40 | 630 | 2,7684 |

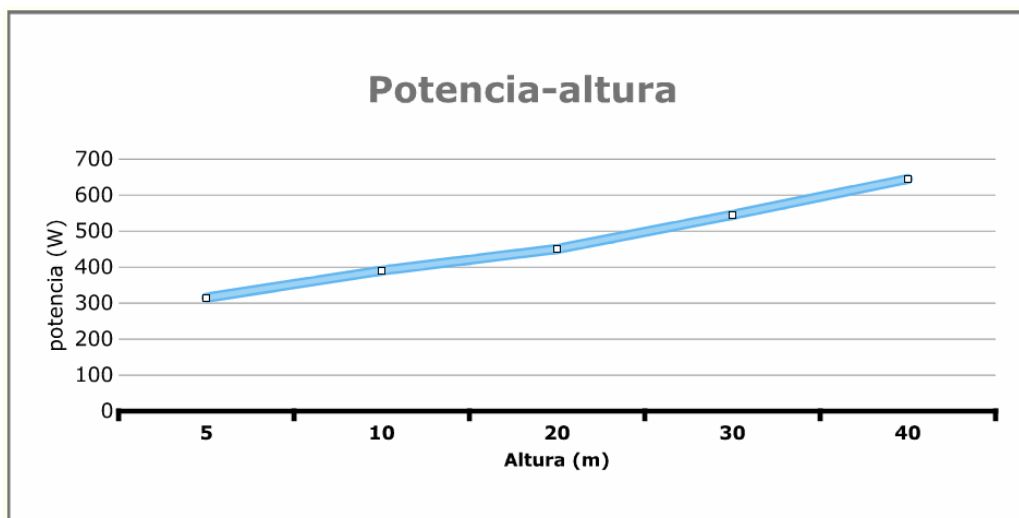
Tabla 6.1 Datos experimentales

Se han realizado 5 mediciones diferentes para cada altura manométrica con el fin de poder hacer una media y corregir en la medida de lo posible los errores de medida de los aparatos. La representación gráfica de los datos obtenidos es la siguiente (gráfica 6.1)



Gráfica 6.1. Altura potencia para un caudal máximo de 2,76 m³ / h

En la gráfica 6.2 se muestra la evolución estimada de la potencia demandada con la altura manométrica para el caudal máximo de la bomba.



Gráfica 6.2. Evolución de la potencia demandada para el caudal máximo en función de la altura de bombeo.

Conclusiones:

El motor ha sido desarrollado especialmente para el sistema SQFlex y está diseñado según el principio de imán permanente con una unidad electrónica incorporada. La velocidad de giro del motor (y por lo tanto de las hélices que impulsan el agua) está determinada por la carga y la potencia disponible. Al conectar el motor a nuestro inversor disponemos de tanta potencia queramos hasta el límite del inversor, la cual es muy superior a la demandada por la bomba. Para estos casos la unidad electrónica de la bomba ajusta el consumo de ésta para dar su velocidad de giro máxima y por lo tanto el caudal máximo que es aproximadamente $2,8 \text{ m}^3 / h$. Nosotros no hemos podido limitar la potencia que entrega nuestro inversor ya que no ofrece esta posibilidad y por lo tanto es un contratiempo que nos afectará a la hora de medir la autonomía de las baterías (mayor caudal = mayor demanda de potencia = menor autonomía) y el funcionamiento en bombeo con baterías en general. Esto era imprevisible hasta no probar la bomba.

Lógicamente y como resultado del ensayo, comprobamos que a mayor altura manométrica la bomba demanda mas potencia del inversor para poder mantener constante el caudal.

6.1.2 Rendimientos del sistema.

En este ensayo nos centraremos en el rendimiento del inversor ya que es el elemento que alimenta la bomba tomando alimentación directamente de las baterías. El rendimiento de los paneles se determinará mas adelante en los ensayos a bombeo directo. El rendimiento de la bomba vendrá definido por el fabricante ya que a nosotros nos es imposible determinar la potencia hidráulica suministrada con exactitud.

Para determinar el rendimiento del inversor lo pondremos a funcionar con diferentes cargas. Esto último lo simularemos con diferentes alturas manométricas de bombeo.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Mantendremos el inversor conectado con un PC que nos dará valores instantáneos de potencias de entrada y de salida para poder obtener una curva de rendimientos a diferentes potencias.

El rendimiento del inversor lo determinaremos por la expresión 6.1

$$\eta = \frac{P_e}{P_s} \quad (\text{expresión 6.1})$$

Donde

P_e potencia eléctrica de entrada (W)

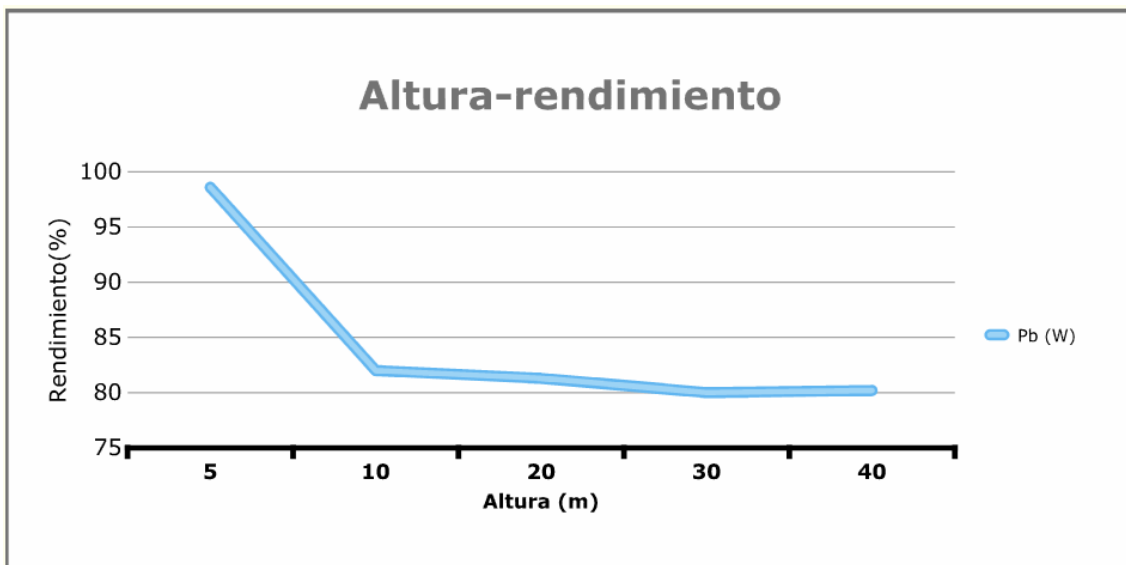
P_s Potencia eléctrica de salida (W)

Los datos obtenidos experimentalmente han sido los siguientes (tabla 6.2)

| Medición | Altura manométrica (m) | Potencia entrada (W) | Potencia salida (W) | Rendimiento (%) |
|----------|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | 5 | 443 | 437 | 98,6 |
| 2 | 20 | 610 | 496 | 81,3 |
| 3 | 30 | 727 | 582 | 80 |
| 4 | 40 | 868 | 697 | 80,2 |

Tabla 6.2 Resultados experimentales

La representación gráfica de los datos obtenidos es la siguiente (gráfica 6.3)



Gráfica 6.3. Rendimiento del inversor

Conclusiones

La conclusión del ensayo es que el rendimiento del inversor está situado en torno al 80%. El primer valor tomado a 5 m de altura manométrica es claramente erróneo ya que al trabajar el inversor a una potencia baja el rendimiento debería ser mas bajo.

6.1.3 Tiempo de carga de baterías (con la bomba desconectada)

En este ensayo pretendemos conocer con exactitud el tiempo que tardan las baterías desde que se quedan descargadas hasta que adquieren un valor de carga que permite su uso para diferentes condiciones de luz.

Dichos umbrales de trabajo de la batería los determina el regulador instalado. Es útil saber el tiempo necesario que se debe esperar desde que se gastan las baterías hasta que se pueden usar otra vez. Por supuesto este tiempo es orientativo y depende de las condiciones de luz que se están dando en el momento de carga pero puede servir para hacerse una idea aproximada del tiempo de espera necesario.

A continuación se muestra una tabla (6.3) con las tensiones programadas en el regulador para la gestión de la carga y descarga de las baterías.

| BATERÍA | TUBULAR ABIERTA |
|------------------|-----------------|
| Alarma Alta | 15,9 |
| Banda igualación | 15/14,7 |
| Carga Profunda | 14,7 |
| Banda flotación | 14,4/13,8 |
| Recarga profunda | 12,6 |
| Alarma de baja | 11,5 |
| Corte de baja | 11,3 |
| Rearme consumo | 13 |

Tabla 6.3

Para poder estimar el tiempo de carga de las baterías hemos dejado nuestra instalación cargando durante varios días para tomar el dato de energía total cargada en las baterías. La energía que es capaz de almacenar la batería de acumuladores es:

| |
|--------------------------------|
| TOTAL ENERGÍA: 11565 Wh |
|--------------------------------|

Con este valor y conocido el rendimiento de los paneles (consultar apartado 6.2.3) podemos estimar el tiempo necesario de carga de las baterías para cada valor de irradiación (tabla 6.4) desde un nivel de corte por baja tensión hasta un nivel de carga profunda.

| Climatología – Irradiación media diaria | Energía diaria media cargada en batería (Wh / día) | Tiempo de carga estimado |
|--|--|--------------------------|
| 6591 Wh / m ² / día - días de Julio | 3847 | 75h – 3 días aprox. |
| 5484 Wh / m ² / día - días de Abril | 3642 | 77 h – 3 días |
| 4681 Wh / m ² / día - días de Octubre | 3454 | 80,16 h – 3,3 días |
| 3345 Wh / m ² / día - días de Enero | 3085 | 89 h – 3,7 días |
| 2696 Wh / m ² / día - días de Diciembre | 2984 | 92 h – 4 días |

Tabla 6.4. Tiempo de carga de las baterías (mes de Julio en día)

Donde la energía diaria cargada en la batería es calculada con la expresión 6.2:

$$E_{diaria} = I_{media} \cdot S \cdot N \cdot \rho \quad (\text{Expresión 6.2})$$

donde:

E_{diaria} Energía diaria (valor medio) cargada en la batería (Wh / día)

I_{media} Irradiación media diaria recibida (Wh / m² / día)

S Superficie de un panel m²

N Número de paneles

ρ Rendimiento diario medio del panel (consultado en gráfica 6.8)

El tiempo de carga estimado se ha calculado con la expresión 6.3:

$$t = \frac{E_{max}}{E_{diaria}} \quad (\text{expresión 6.3.})$$

Donde:

E_{max} Es la máxima energía que es capaz de acumular la batería (nueva) medido experimentalmente

E_{diaria} Energía diaria media cargada en la batería

6.1.4 Autonomía de las baterías sin sol.

En este ensayo mediremos el tiempo que tardan las baterías en descargarse por completo para la potencia nominal de la bomba en las condiciones de partida de nuestro ejemplo (30 m.c.a). El experimento se realizará con los paneles desconectados, es decir, sin sol. El experimento empezará en el momento en que conectamos la bomba con la única alimentación de las baterías y terminará cuando el regulador nos indique que la batería está por debajo de un valor de tensión peligroso.

Los datos obtenidos en el ensayo son los siguientes. (Tabla 6.5)

| Tiempo autonomía | Energía suministrada | Volumen agua bombeado |
|------------------|----------------------|-----------------------|
| 17,5 h | 11600 Wh | 45 m ³ |

Tabla 6.5

Conclusiones:

Observando los tiempos de carga de las baterías y pensando en lo que podría ser una temporada de lluvias, se extrae la conclusión de que el tiempo de carga de las baterías es largo. Estos valores se han calculado para una carga de las baterías en vacío, es decir, sin ninguna carga conectada (en nuestro caso la bomba). Tan solo con pensar en que pudiese darse el caso de necesidad de energía durante una semana de muy mal tiempo (días nublados y lluvia) nos encontramos en una situación comprometida. Al hacer uso de la bomba, los tiempos de carga se harían mas largos, incluso pudiéndose agotar la batería y dejando la instalación sin energía (utilización de bombeo directo como último recurso).

Por este motivo destacamos la importancia del correcto dimensionado de la batería de acumuladores especialmente en ubicaciones en que la irradiación media anual es baja. Esta aplicación toma menor importancia en países de la zona del ecuador (Por ejemplo África Central) donde el bombeo directo podría ser el recurso mejor aprovechable.

En cuanto a la autonomía de las baterías se ha determinado que están correctamente dimensionadas ya que el objetivo era poder mantener un caudal constante por lo menos durante una noche completa, es decir en ausencia de energía solar. Evidentemente si se tuviese en cuenta que los paneles están suministrando energía constantemente a las baterías desde las primeras horas de sol por la mañana, esta autonomía aumentaría considerablemente hasta superar el tiempo de autonomía estimado en el diseño.

6.2 Ensayos en bombeo directo. Sin uso de baterías

6.2.1 Determinación de la relación Potencia y altura manométrica con el caudal obtenido con la bomba.

El objetivo de este ensayo es determinar las curvas que relacionan Potencia-Caudal (a la altura manométrica del caso de estudio) y altura manométrica-Caudal (fijando la tensión). En este montaje es importante señalar que la bomba será alimentada a una tensión CC cuyo valor será variable en función de la irradiación en ese momento.

Altura manométrica-Caudal

Este ensayo se llevará a cabo a irradiación constante lo que nos garantizaría una tensión en bornas aproximadamente constante.

Sacaremos una curva que relacione el caudal que nuestra bomba es capaz de suministrar para diferentes alturas manométricas. El procedimiento es el siguiente:

Primero variaremos la altura equivalente en metros columna de agua gracias a la válvula de compuerta hasta que la presión que indique el manómetro sea la deseada.

La expresión para calcular la altura equivalente conociendo la presión aguas arriba de la válvula y con vertido a presión atmosférica es:

$$P_{\text{manómetro}} = P_{\text{atmos}} + \rho \cdot g \cdot H \quad (\text{expresión 6.3})$$

Donde:

$P_{\text{manómetro}}$ Lectura del manómetro en Bares

P_{atmos} Presión atmosférica

$\rho \cdot g \cdot H$ Presión equivalente a una columna de agua de H metros.

Los elementos que intervienen en el ensayo son los siguientes (figura 6.3)

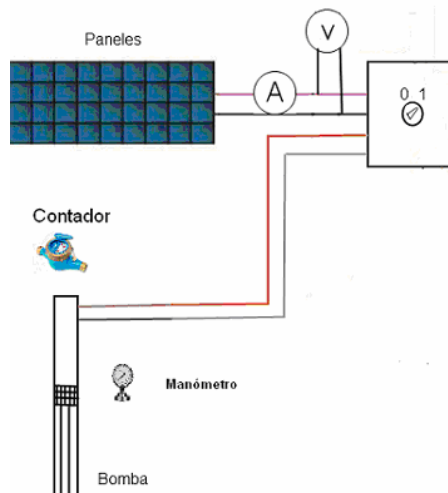


Figura 6.3

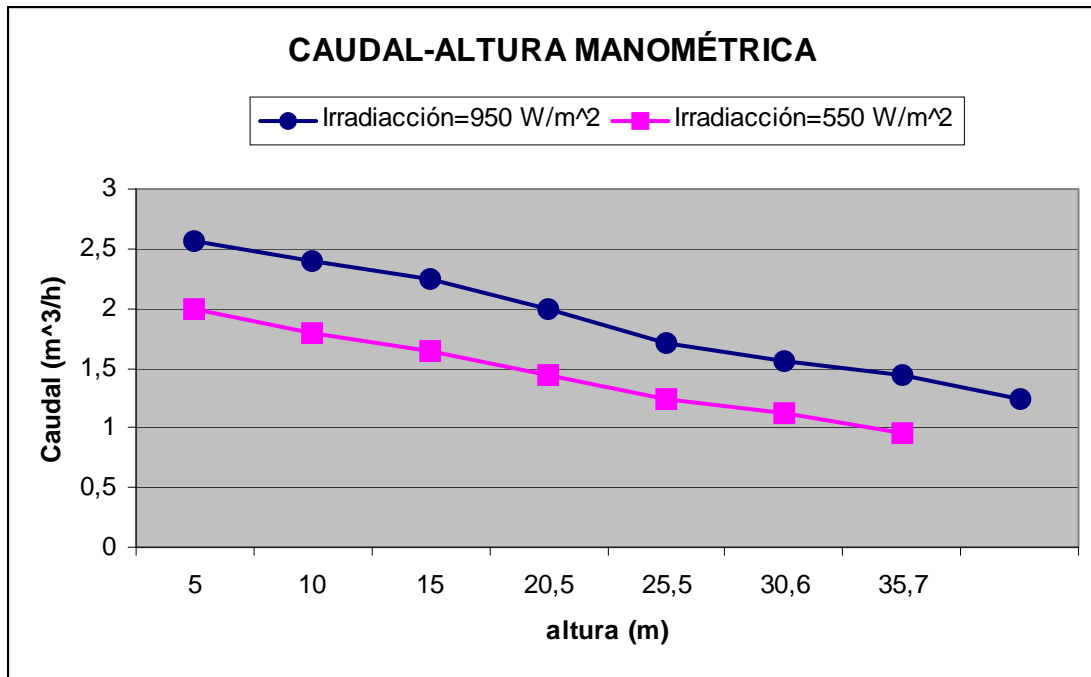
PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Los datos obtenidos experimentalmente han sido los siguientes (tabla 6.5)

| Medición | Altura manométrica (m) | Irradiación (W/m^2) | Tensión (V) | Intensidad (A) | Potencia (W) | Caudal (m^3/h) |
|-----------------|-------------------------------|---|--------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------------|
| 1 | 0 | 950 | 42,5 | 7,5 | 318,75 | 2,57 |
| 2 | 5 | 950 | 43 | 7,1 | 305,3 | 2,4 |
| 3 | 10 | 950 | 44 | 6,75 | 297 | 2,25 |
| 4 | 15 | 950 | 44 | 7,1 | 312,4 | 2 |
| 5 | 20,5 | 950 | 44,6 | 7 | 312,2 | 1,71 |
| 6 | 25,5 | 950 | 44,2 | 6,8 | 300,56 | 1,56 |
| 7 | 30,6 | 950 | 43,7 | 6,9 | 301,53 | 1,44 |
| 8 | 35,7 | 950 | 43,1 | 7 | 301,7 | 1,24 |
| 9 | 5 | 550 | 46 | 5,5 | 253 | 2 |
| 10 | 10 | 550 | 45 | 5,4 | 245 | 1,8 |
| 11 | 15 | 550 | 46 | 5,4 | 248 | 1,65 |
| 12 | 20,5 | 550 | 47 | 5,2 | 244 | 1,44 |
| 13 | 25,5 | 550 | 46 | 5,3 | 243 | 1,24 |
| 14 | 30,6 | 550 | 48,5 | 5 | 242,5 | 1,12 |
| 15 | 35 | 550 | 47 | 5,1 | 240 | 0,96 |

Tabla 6.5

En la siguiente gráfica (gráfica 6.4) se puede ver la evolución del caudal con la variación de la altura manométrica para una irradiación de unos $950 W/m^2$ y con $550 W/m^2$. Correspondería con un día soleado a mediodía y por la mañana respectivamente en el municipio donde tenemos instalado nuestro sistema.



Gráfica 6.4. Altura – Caudal (para irradiación de 950 y 550 W / m² respectivamente)

Potencia-Caudal

Puede ser de mucha utilidad conocer el caudal que nos da la bomba en función de la potencia que entregan los paneles. A pesar de que los fabricantes suelen facilitar estas curvas características la vamos a determinar para nuestro caso en concreto.

Se medirá la potencia suministrada por los paneles con amperímetro y voltímetro. El caudal se estimará con un contador. Para cada valor de potencia se determinará el caudal. El esquema de medición es el de la figura 6.4.

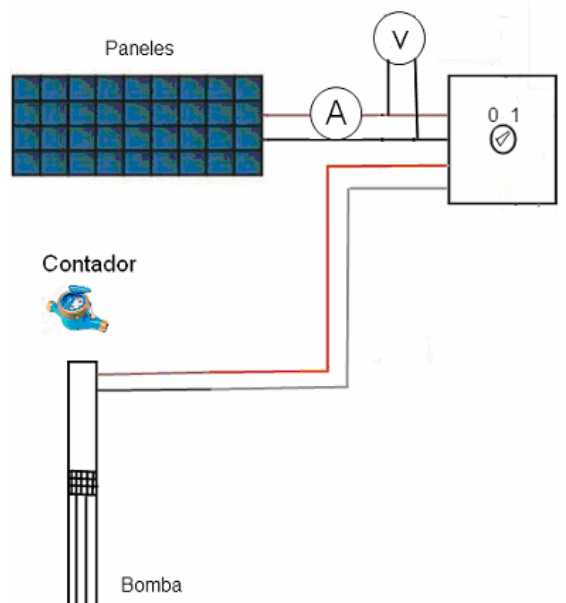


Figura 6.4.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

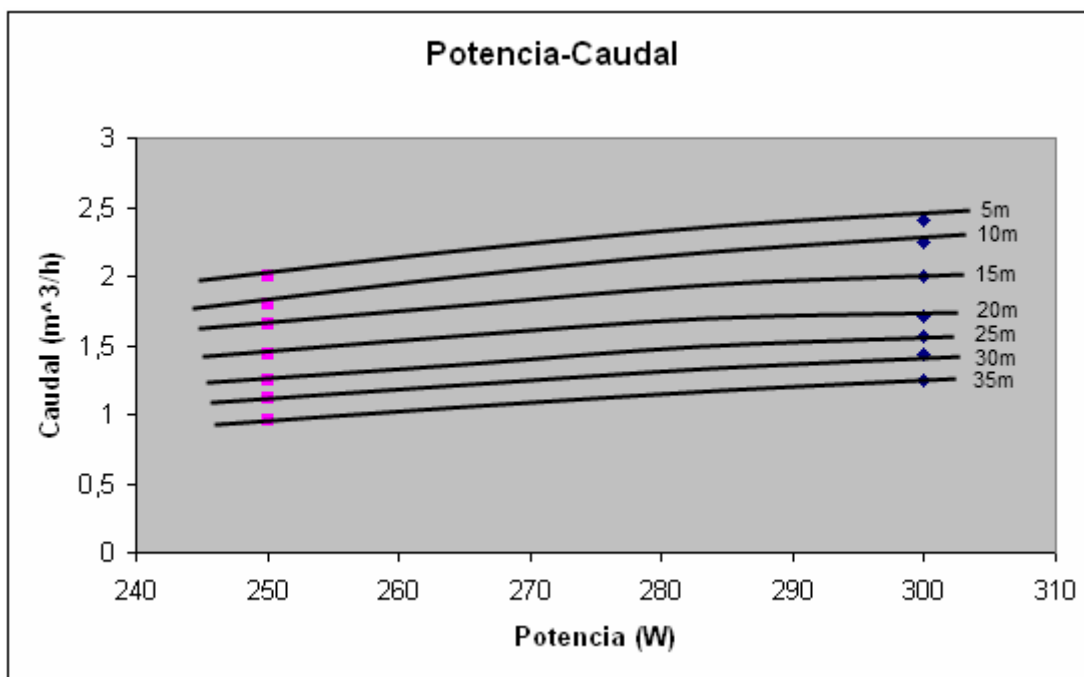
Para un valor de potencia dada que entregan los paneles, el caudal solo dependerá de la altura manométrica fijada. Por ello para representar los valores de potencia –caudal debemos intercalar en la gráfica los datos de altura manométrica.

Los datos obtenidos experimentalmente quedan recogidos en la tabla 6.6.

| POTENCIA (W) | CAUDAL (m ³ /h) | ALTURA (m) |
|--------------|----------------------------|------------|
| 300 | 2,4 | 5 |
| 300 | 2,25 | 10 |
| 300 | 2 | 15 |
| 300 | 1,71 | 20,5 |
| 300 | 1,56 | 25,5 |
| 300 | 1,44 | 30,6 |
| 300 | 1,24 | 35,7 |
| 250 | 2 | 5 |
| 250 | 1,8 | 10 |
| 250 | 1,65 | 15 |
| 250 | 1,44 | 20,5 |
| 250 | 1,24 | 25,5 |
| 250 | 1,12 | 30,6 |
| 250 | 0,96 | 35 |

Tabla 6.6

La representación gráfica de los datos anteriores se muestra en la gráfica 6.5.



Gráfica 6.5. Potencia - Caudal

Conclusiones del ensayo.

Como era de esperar con un funcionamiento en bombeo directo el caudal dependerá únicamente de la potencia que son capaces de suministrar los paneles, y que dependerá a su vez de la irradiación incidente en cada momento.

Al comparar los resultados obtenidos con la gráfica suministrada por el fabricante (Grundfos) se ha comprobado que ambas coinciden dentro de unos márgenes de error que son lógicos debido a la sencillez del sistema de medición. Parece ser que en la toma de datos de caudales (tomados con un contador de agua de 4 relojes y un cronómetro) se ha cometido un error sistemático de en torno a $0,2 \text{ m}^3$ por defecto. Teniendo en cuenta este error, gráfica experimental y del fabricante coinciden.

6.2.2 Determinación característica Irradiancia solar-Potencia en bomba e Irradiancia –caudal.

Otro dato que puede ser muy útil es este tipo de sistemas es conocer el caudal que puede dar la bomba para una irradiación dada y para un conjunto de elementos concreto(en nuestro caso paneles y bomba). De este modo con un golpe de vista podríamos conocer que caudal tendríamos para unas condiciones de luz determinadas.

Este ensayo se realizará para la altura manométrica fijada en las hipótesis de partida que será de 30 m.c.a. Para esta altura manométrica concreta podremos obtener también la característica Irradiancia-Potencia para nuestro sistema paneles-bomba funcionando en bombeo directo.

Para medir la irradiación solar se ha utilizado un medidor llamado Piranómetro. Un piranómetro (también llamado solarímetro y actinómetro) es un instrumento meteorológico utilizado para medir de manera muy precisa la radiación solar incidente sobre la superficie de la tierra, tanto difusa como directa.

Usaremos un piranómetro SD-105HP (Figura 6.5) de mano. Está diseñado para una rápida medición manual de irradiancia global por ejemplo, en los colectores de calor solar o fotovoltaica (PV) paneles. La lectura se da en W / m^2 .



figura 6.5. Piranómetro

Las especificaciones el aparato se muestran en la tabla 6.7

| Medición | Especificación |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| Elemento de detección | Fotovoltaicos de silicio de la célula |
| Rango espectral | 300 a 1100nm |
| Unidades de medida | watts/m2 (irradiancia solar) |
| Señal de salida analógica | Normalmente 100mV en 1kW/m2 |
| <u>Salida</u> | 3 ½ dígitos, pantalla LCD digital |
| Compensación de temperatura | -10 A +50 ° C |
| <u>Calibración</u> | ± 5% frente a Kipp Zonen CM21- |
| <u>Tamaño</u> | 160 x 110 x 50 mm |
| <u>Peso</u> | 500 gramos |
| Código de pedido | PDS-DS-105 CV |

Tabla 6.7 Características del piranómetro

Los elementos que entran en juego en este ensayo son los mostrados en la figura 6.6

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

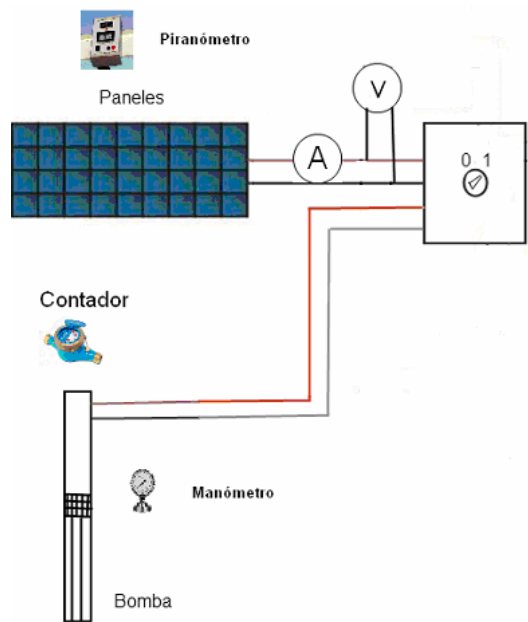


Figura 6.6

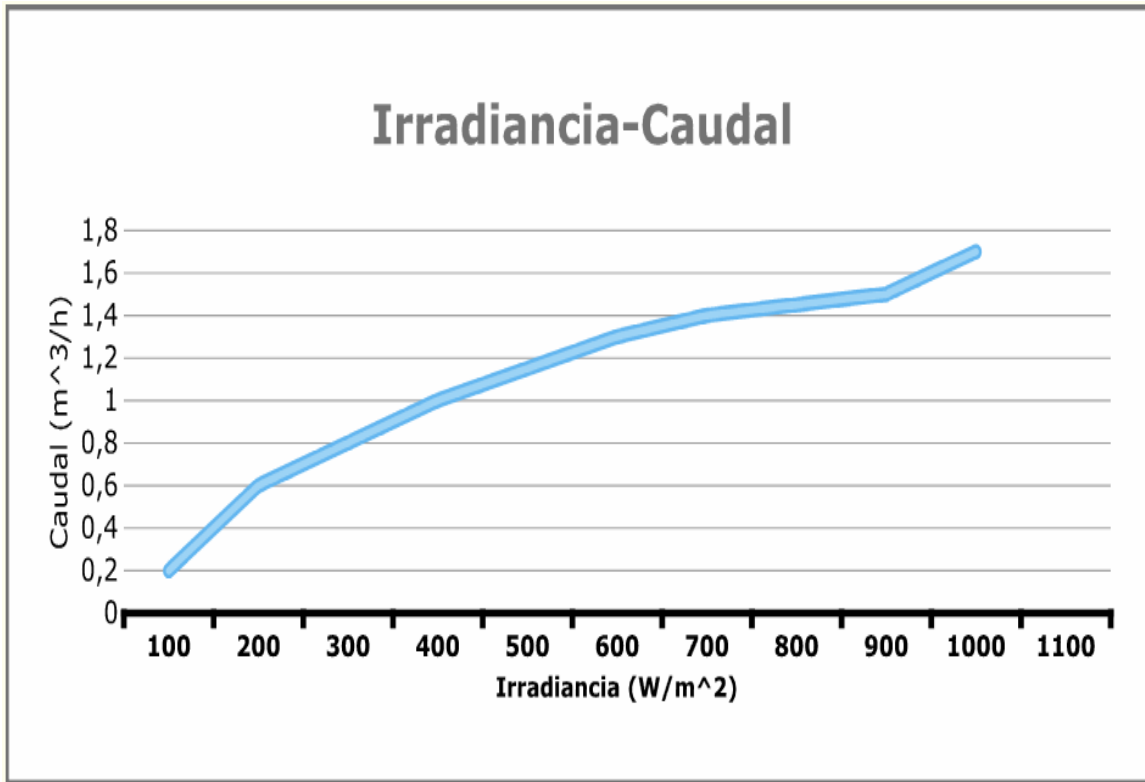
Irradiancia –caudal

Los datos obtenidos experimentalmente han sido los siguientes (tabla 6.8).

| Medición | Irradiación (W / m^2) | Potencia en bomba (W) | Caudal (m^3 / h) |
|----------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 100 | 145 | 0,2 |
| 2 | 200 | 170 | 0,75 |
| 3 | 300 | 190 | 0,8 |
| 4 | 400 | 205 | 1 |
| 5 | 500 | 230 | 1,15 |
| 6 | 600 | 260 | 1,3 |
| 7 | 700 | 290 | 1,4 |
| 8 | 800 | 305 | 1,45 |
| 9 | 900 | 315 | 1,5 |
| 10 | 1000 | 330 | 1,7 |

Tabla 6.8. Datos obtenidos para una altura manométrica de 30m (altura del ensayo)

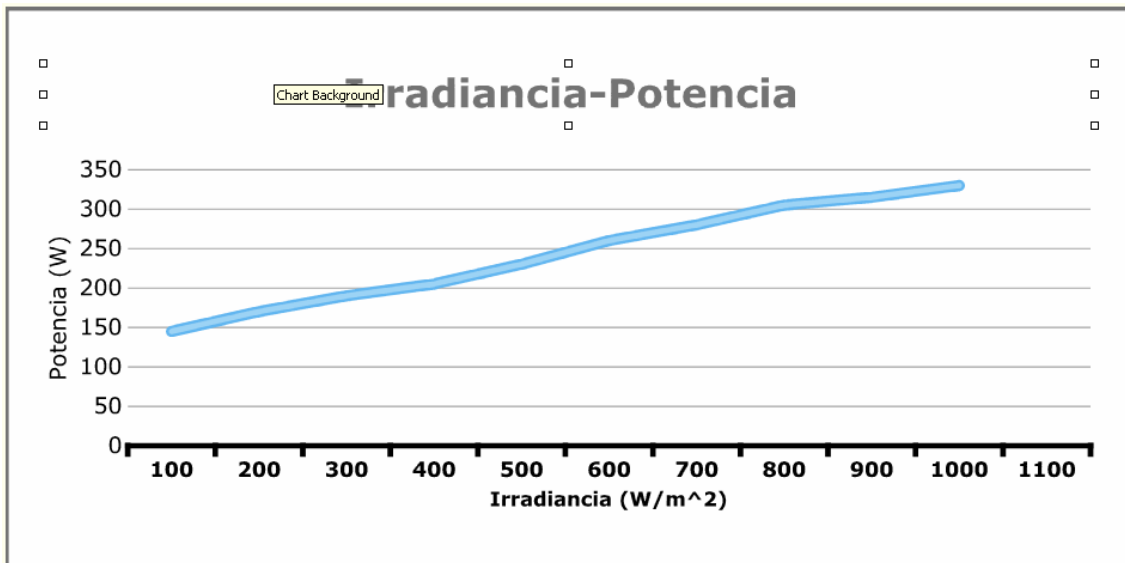
La representación gráfica de la irradiación en paneles frente a la potencia en la bomba es la siguiente (gráfica 6.6)



Gráfica 6.6. Irradiancia- Caudal

Irradiancia-Potencia

A partir de los datos obtenidos experimentalmente se puede elaborar una relación entre la irradiación incidente en el plano de los paneles y la potencia que éstos suministran. Gráfica 6.7.



Gráfica 6.7. Irradiancia- potencia

Conclusiones del ensayo

El caudal que suministra la bomba para una altura manométrica fijada aumenta a medida que los paneles reciben mayor radiación en una relación no lineal. Esto era de esperar ya que sabemos de ensayos anteriores que esta relación se cumple de igual manera con la caudal y la potencia, y esta última a su vez es proporcional a la irradiación (relación lineal gráfica 6.7)

6.2.3 Rendimientos del sistema.

El rendimiento total del sistema será fácil de determinar conocidos los datos de potencias en cada parte de la instalación. A diferencia del bombeo con baterías, en este sistema solo tenemos los paneles y la bomba conectados directamente. En primer lugar determinaremos el rendimiento de los paneles y posteriormente el de la bomba para terminar dando un valor de rendimiento de toda la instalación. El objetivo es poder comparar el rendimiento de la instalación para diferentes condiciones de trabajo. El rendimiento lo determinaremos para la altura manométrica especificada en las hipótesis de partida que es la correspondiente a nuestra instalación ficticia (30 m.c.a.).

a) Rendimiento de los paneles

Para ello nos valdremos de datos obtenidos en los ensayos anteriores. Conocidos el dato de irradiación en W / m^2 y la superficie de los paneles ($1,23 m^2$), conocemos el valor de la potencia incidente en el plano del generador (consultar tabla X).

En el ensayo anterior disponemos de datos de irradiación en los paneles y potencia de salida. El rendimiento de los paneles para nuestra instalación vendrá determinado por la expresión 6.4:

$$\eta = \frac{P_e}{P_s} \quad (\text{expresión 6.4})$$

Donde

P_e potencia eléctrica de salida (W)

P_s Potencia solar incidente en los paneles (w)

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

| Medición | Irradiación (W / m^2) | Potencia en paneles (W) | Potencia en bomba (W) | Rendimiento (%) |
|----------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| 1 | 100 | 369 | 145 | 39,3 |
| 2 | 200 | 738 | 170 | 23,0 |
| 3 | 300 | 1107 | 190 | 17,2 |
| 4 | 400 | 1476 | 205 | 13,9 |
| 5 | 500 | 1845 | 230 | 12,5 |
| 6 | 600 | 2214 | 260 | 11,7 |
| 7 | 700 | 2583 | 290 | 11,2 |
| 8 | 800 | 2952 | 305 | 10,3 |
| 9 | 900 | 3321 | 315 | 9,5 |
| 10 | 1000 | 3690 | 330 | 8,9 |

Tabla 6.8

La siguiente gráfica muestra los valores de rendimiento para los diferentes valores de irradiación solar (gráfica 6.8).

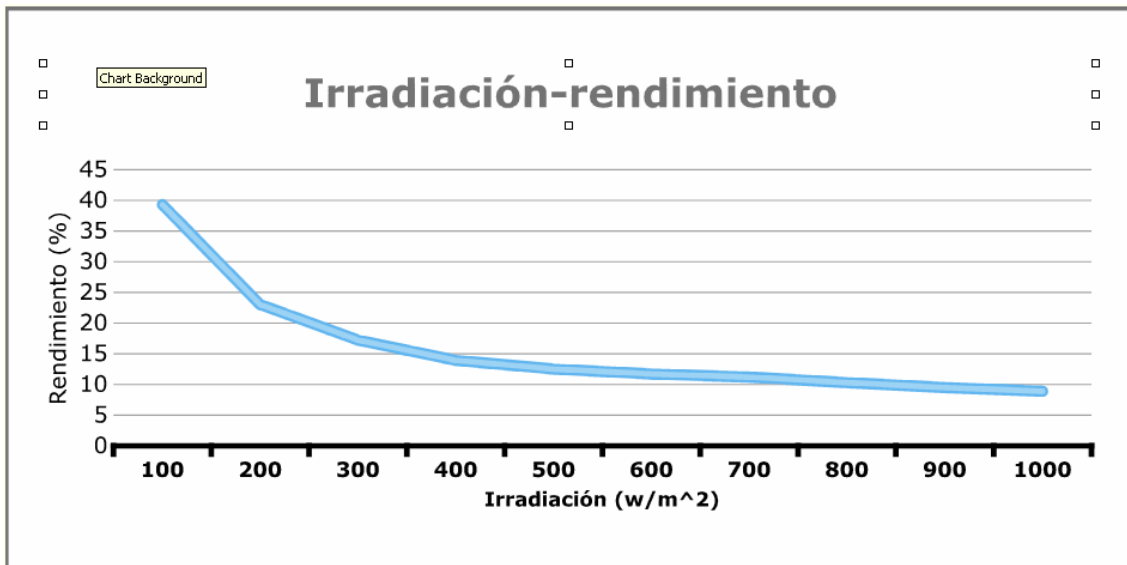


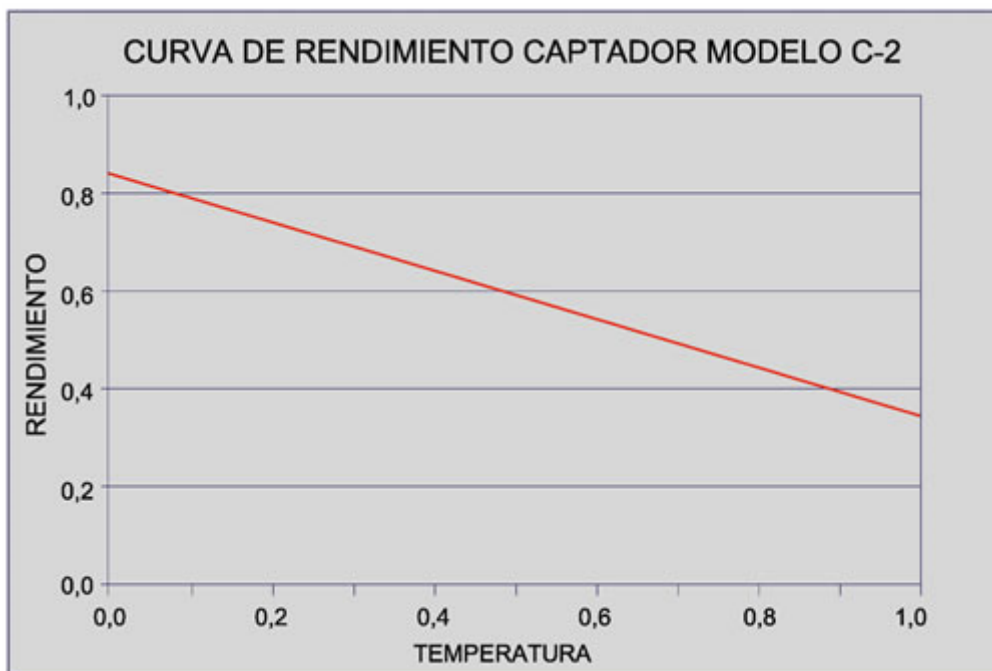
Tabla 6.8

b) Rendimiento de la bomba

El rendimiento de la bomba se obtendrá a partir de datos del fabricante de la misma y establecido en un 80 %.

Conclusiones

En cuanto al rendimiento de los paneles, se ve que es mayor cuando reciben irradiaciones bajas. Esto puede ser debido fundamentalmente a las pérdidas por temperatura. En este tipo de paneles el rendimiento va muy condicionado a la temperatura a la que está expuesto el panel (ver gráfica 6.9) y, lógicamente hay una gran diferencia de temperatura entre primera hora de la mañana ($100-150 \text{ W/m}^2$) y mediodía cuando el sol calienta mas ($900-1000 \text{ W/m}^2$).



Gráfica 6.9. Curva de rendimiento en función de la temperatura de un panel solar genérico.

Por otro lado al transmitir mayor potencia van implícitas mayores pérdidas por caída de tensión en los conductores, efecto Joule....

Sentenciamos que para una irradiación media de unos 700 W/m^2 el rendimiento se sitúa en torno al 12 % en los paneles y un 80 % en la bomba con lo que el rendimiento total en bombeo directo ronda el 10%.

6.2.4 Simulación de funcionamiento continuo. Volumen de agua bombeado en 14h.

Para poner punto y final a los ensayos se ha decidido hacer una pequeña prueba de funcionamiento en bombeo directo continuo durante 12h y ver si cumple con las expectativas de volumen de agua necesarios especificados en las hipótesis de partida.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Las características del día del ensayo son las siguientes:

- Mes: Junio
- Día: soledado con intervalos de nubes.
- Temperatura 27 °C
- Irradiación media diaria esperada (según datos estimados): $6250 \text{ W} / \text{m}^2$

El volumen de agua total bombeado es de 19 m^3 .

Conclusiones

Dada la sencillez de un sistema de bombeo directo (paneles conectados directamente a bomba) se puede considerar el experimento un éxito en cuanto a la defensa de la implantación de este tipo de equipos para países con recursos económicos reducidos.

El uso de un sistema de bombeo directo que bombea agua desde un sondeo hasta un aljibe o tanque de almacenamiento es, sin duda alguna, una solución óptima para aquellas aldeas aisladas que necesitan de unas cantidades de agua moderadas a diario (abastecimiento de agua potable o regadío).

7- Conclusiones finales y propuestas de mejora.

Propuestas de mejora.

Una vez construido y probado el prototipo se nos plantean una serie de mejoras posibles conducentes a mejorar el rendimiento del sistema. Algunas ideas podrían ser las siguientes:

- Colocación de una funda de captación en la parte inferior de la bomba: en sondeos muy estrechos se intenta que sobre el orificio de entrada del agua a la bomba se coloque una especie de funda para forzar el agua a pasar por la parte baja de la bomba y de ese modo refrigerar el motor.
- En depósitos grandes la colocación de un sensor de nivel que desconecte la bomba (no tiene nada que ver con la protección de funcionamiento en vacío de la bomba) cuando el agua ha alcanzado un nivel deseado ayudaría a ahorrar energía.
- La instalación de un mayor número de paneles solares encarecería la instalación pero, evidentemente, aumentaría la capacidad de la instalación.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

- La instalación de mayores secciones de conductores en las líneas de los paneles reducirían las caídas de tensión mejorando el rendimiento global de la instalación.
- La selección de unos componentes ajustados a las necesidades de la instalación (no sobredimensionarlos en exceso) ahorraría costes innecesarios.
- Rodear a la bomba de un filtro antiarena evitaría posibles evarías futuras tales como rotura de las hélices de la turbina.
- La instalación de tuberías de mayor sección reduciría las pérdidas de carga hidráulicas de la instalación (para caudales altos).

Debido a la falta de recursos económicos y técnicos no hemos introducir a nuestro sistema una serie de interesantes modificaciones para probar su funcionamiento y a modo de curiosidad extraer conclusiones. Por lo tanto quedan pendientes, para quien se preste, una serie de trabajos futuros que darán sin duda continuidad al trabajo ya realizado durante este proyecto. Algunas ideas son las siguientes:

- Comprobación del funcionamiento del sistema para diferente tipos de baterías.
- Probar la bomba con variadores de velocidad (variadores de frecuencia)
- Funcionamiento directo con inversor (para una bomba CA y sin uso de baterías de acumulación).

Resumen de conclusiones

En este estudio se han llevado a cabo mediciones con instrumentos de medida sencillos que para nada nos garantizan unos resultados precisos. Por otra parte dichos resultados nos sirven para comprender mejor el funcionamiento del sistema de modo global e intentar proponer soluciones a problemas que puedan surgir. A continuación, a grandes rasgos, se detallan las conclusiones mas importantes que se han podido extraer de todo el proceso de medición y las pruebas de funcionamiento del prototipo.

Funcionamiento con baterías:

El motor de la bomba instalada en el prototipo ha sido desarrollado especialmente para el sistema SQFlex y está diseñado según el principio de imán permanente con una unidad electrónica incorporada. La velocidad de giro del motor (y por lo tanto de las hélices que impulsan el agua) está determinada por la carga y la potencia disponible. Al conectar el motor a nuestro inversor disponemos de tanta potencia queramos hasta el límite del inversor, la cual es muy superior a la demandada por la bomba. Para estos casos la unidad electrónica de la bomba ajusta el consumo de ésta para dar su velocidad de giro máxima y por lo tanto el caudal máximo que es aproximadamente $2,8 \text{ m}^3 / \text{h}$. Nosotros no hemos podido limitar la potencia que entrega nuestro inversor ya que no ofrece esta posibilidad por lo que el caudal es constante. Como resultado de los ensayos, comprobamos que a mayor altura manométrica la bomba demanda mas potencia del inversor para poder mantener constante el caudal el cual tiene un rendimiento del 80 % aproximadamente (comprobado experimentalmente).

Observando los tiempos de carga de las baterías y pensando en lo que podría ser una temporada de lluvias, se extrae la conclusión de que el tiempo de carga de las baterías es largo. Los tiempos de carga se han calculado para un funcionamiento de las baterías en vacío, es decir, sin ninguna carga conectada (en nuestro caso la bomba). Tan solo con pensar en que pudiese darse el caso de necesidad de energía durante una semana de muy mal tiempo (días nublados y lluvia) nos encontramos en una situación comprometida. Al hacer uso de la bomba, los tiempos de carga se harían mas largos, incluso pudiéndose agotar la batería y dejando la instalación sin energía (utilización de bombeo directo como último recurso).

Por este motivo destacamos la importancia del correcto dimensionado de la batería de acumuladores especialmente en ubicaciones en que la irradiación media anual es baja. Esta aplicación toma menor importancia en países de la zona del ecuador (Por ejemplo África Central) donde el bombeo directo podría ser el recurso mejor aprovechable.

En cuanto a la autonomía de las baterías se ha determinado que están correctamente dimensionadas ya que el objetivo era poder mantener un caudal constante por lo menos durante una noche completa, es decir en ausencia de energía solar. Evidentemente si se tuviese en cuenta que los paneles están suministrando energía constantemente a las baterías desde las primeras horas de sol por la mañana, esta autonomía aumentaría considerablemente hasta superar el tiempo de autonomía estimado en el diseño.

Funcionamiento sin baterías:

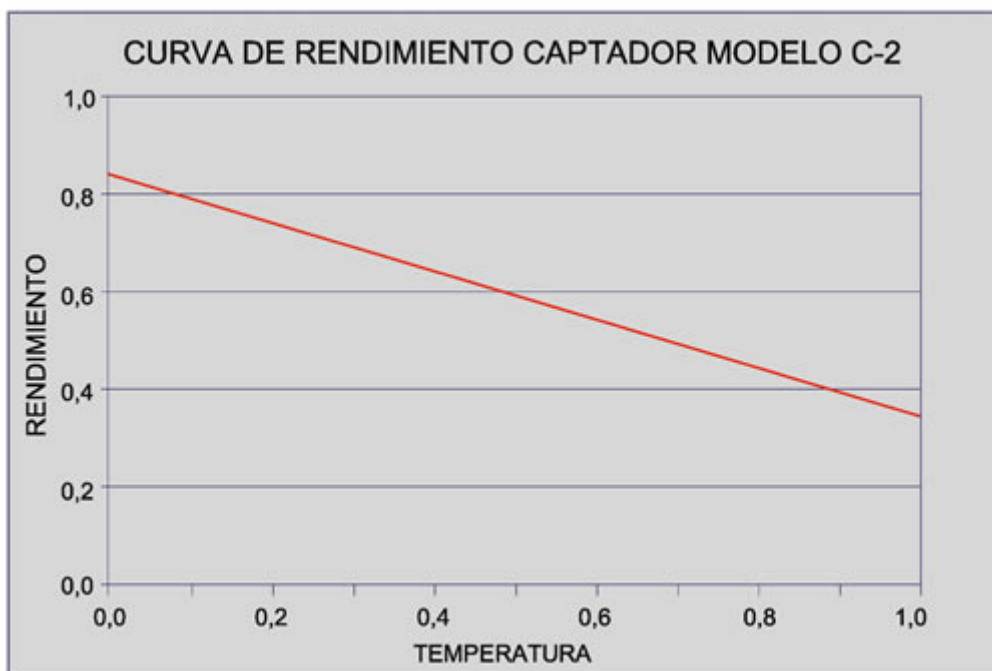
Como era de esperar con un funcionamiento en bombeo directo el caudal dependerá únicamente de la potencia que son capaces de suministrar los paneles, y que dependerá a su vez de la irradiación incidente en cada momento.

El caudal que suministra la bomba para una altura manométrica fijada aumenta a medida que los paneles reciben mayor radiación en una relación no lineal. Esto era de esperar porque, tal y como se menciona en el párrafo anterior, esta relación se cumple de igual manera con el caudal y la potencia, y esta última a su vez es proporcional a la irradiación.

Al comparar los resultados obtenidos en los ensayos con las gráficas suministradas por el fabricante de la bomba (Grundfos) se ha comprobado que ambas coinciden dentro de unos márgenes de error que son lógicos debido a la sencillez del sistema de medición. Parece ser que en la toma de datos de caudales (tomados con un contador de agua de 4 relojes y un cronómetro) se ha cometido un error sistemático de en torno a $0,2 \text{ m}^3$ por defecto. Teniendo en cuenta este error, gráfica experimental y del fabricante coinciden.

PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

En cuanto al rendimiento de los paneles, se ve que es mayor cuando reciben irradiaciones bajas. Esto puede ser debido fundamentalmente a las pérdidas por temperatura. En este tipo de paneles el rendimiento va muy condicionado a la temperatura a la que está expuesto el panel (ver gráfica 6.10) y, lógicamente hay una gran diferencia de temperatura entre primera hora de la mañana ($100-150 \text{ W/m}^2$) y mediodía cuando el sol calienta mas ($900-1000 \text{ W/m}^2$).



Gráfica 6.10 . Curva de rendimiento en función de la temperatura de un panel solar genérico.

Por otro lado al transmitir mayor potencia van implícitas mayores pérdidas por caída de tensión en los conductores, efecto Joule....

Sentenciamos que para una irradiación media de unos 700 W/m^2 el rendimiento se sitúa en torno al 12 % en los paneles y un 80 % en la bomba con lo que el rendimiento total en bombeo directo ronda el 10%.

Dada la sencillez de un sistema de bombeo directo (paneles conectados directamente a bomba) se puede considerar el experimento un éxito en cuanto a la defensa de la implantación de este tipo de equipos para países con recursos económicos reducidos.

El uso de un sistema de bombeo directo que bombea agua desde un sondeo hasta un aljibe o tanque de almacenamiento es, sin duda alguna, una solución óptima para aquellas aldeas aisladas que necesitan de unas cantidades de agua moderadas a diario (abastecimiento de agua potable o regadío).

CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS.

En cuanto a si el prototipo ha cumplido con las premisas de partida hemos de decir que sí. El caudal mínimo que necesitábamos eran $0,12 \text{ m}^3 / \text{h}$ (correspondientes a $2,7 \text{ m}^3$ de agua diarios) a los que aplicamos un factor de seguridad de 1,8 para garantizar el suministro de agua a la población de la aldea ficticia. Dicho caudal queda garantizado en los dos casos de estudio.

En bombeo directo el sistema es capaz de bombear caudales en el mes del año de irradiación mas desfavorable de hasta $0,35 \text{ m}^3 / \text{h}$ ($8 \text{ m}^3 / \text{día}$) con lo que el sistema queda correctamente dimensionado. Al mencionar condiciones mas desfavorables nos referimos a un día nublado de diciembre (irradiaciones de menos de $100 \text{ W} / \text{m}^2$). En nuestros ensayos hemos contado con días soleados en el mes de Junio, y por ello, los caudales para este caso son mucho mayores que el mínimo requerido.

En bombeo con baterías también se ha conseguido suplir las necesidades de agua establecidas de partida pero con una particularidad. El inversor no ofrece la posibilidad de regular la entrega de potencia por lo que la bomba da siempre su caudal máximo (tal y como se indicó en las conclusiones de los ensayos). En nuestros cálculos habíamos dimensionado el sistema para que en bombeo con baterías la potencia hidráulica a suministrar fuese función del caudal que requeríamos al sistema ($2,7 \text{ m}^3 / \text{día}$). En la práctica, la bomba al ser conectada a nuestro inversor siempre da un caudal de $2,6 \text{ m}^3 / \text{h}$ (el máximo de la bomba: mucho mayor al necesario) y no conseguimos un caudal menor. La consecuencia de un mayor caudal es un mayor consumo de potencia y por lo tanto una menor autonomía de las baterías. Es decir, para suplir la demanda hídrica de la aldea ficticia bastaría con conectar la bomba, absorbiendo energía de las baterías, el tiempo necesario para obtener el volumen de agua necesario para el abastecimiento y, posteriormente, desconectarla. En ningún caso sería necesario mantenerla conectada continuamente. Esto es debido a que no se requiere un volumen de agua elevado a pesar de que ya se comprobó en los ensayos que la bomba es capaz de estar conectada hasta 18 horas en esta situación (situación que podría requerirse para un pico de demanda o una emergencia como la extinción de un incendio)

Este último aspecto es muy importante tenerlo en cuenta ya que no todas las bombas tienen el mismo principio de funcionamiento. Se deberá tener en cuenta para no sobredimensionar en exceso las instalaciones con baterías de acumulación.

8- Bibliografía

- [1] Miguel Alonso Abella, “Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica”. Segunda edición. 2005
- [2] Arnalich Castañeda, Santiago. “*La instalación de un sondeo*” Primera edición. Marzo de 2008.
- [3] Varios autores. “Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica”. Sandia National Laboratories. 2001
- [4] Mónica Cinchilla Sánchez, “Apuntes de Dimensionado y puesta en marcha de instalaciones para bombeo solar fotovoltaico” Grupo de tecnologías apropiadas. UC3M.
- [5] Alejandro Blanco López y Sergio Cuadrado Rubio.”Sistemas de bombeo solar fotovoltaico en África” Trabajo dirigido en la UC3M para la Cooperación y desarrollo.
- [6] Página Web www.soliclina.es
- [7] Fundación Global Nature www.globalnature.org - “Cooperación a desarrollo en Paraguay”
- [8] Manuales e información de la página web www.imesol.es de dicada a la comercialización de equipamiento fotovoltaico.
- [9] Enlace Hispano-Americano de Salud: www.ahas.org
- [10] Néstor Zabala y Carlos Pérez de Armiño: “Diccionario de acción humanitaria y Cooperación a l desarrollo” - www.dicc.hegoa.ehu.es
- [11] Ynstalia “Catálogo de productos 2009” – Tuberías y Accesorios PVC a presión, dimensionado.
- [12] Vicente Muñoz Díez, “ Sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua”. Grupo de Investigación IDEA (Universidad de Jaén)
- [13] Francisco del Pozo Campo y otros, “Instalación solar fotovoltaica en un campamento de refugiados Saharaui en Tindouf, Argelia”. Trabajo dirigido UC3M.
- [14] Página web de la NASA
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe>

9. ANEXOS

ANEXO I

A continuación se incluye la documentación relativa al regulador instalado en el sistema.

MANUAL REGULADOR VMS

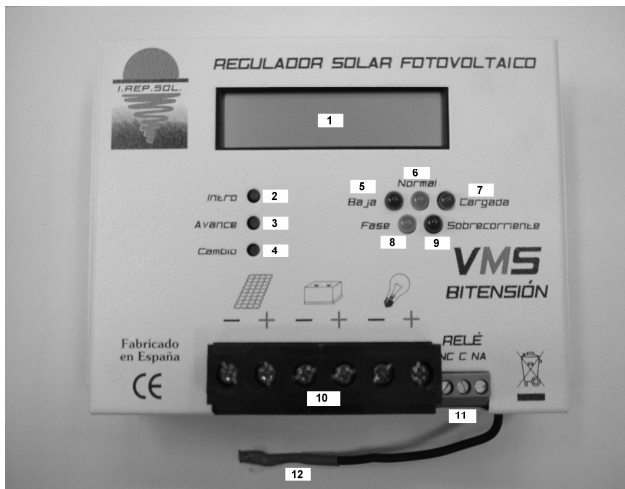


Ingeniería y Reparaciones Solares, S.L.
C/ Valle de Tobalina, 52, Nave 7
28021 Villaverde Alto, Madrid.
Telf / Fax: 917975346
<http://www.irepsol.es>

**LEA DETENIDAMENTE ESTE MANUAL ANTES DE
CONECTAR EL REGULADOR**

1. - DESCRIPCIÓN DEL FRONTAL

En la figura se muestra una vista del frontal del regulador, con todos los elementos disponibles para el usuario.



- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| 1.- Display | 7.- Batería Cargada |
| 2.- Intro | 8.- Fase de Carga |
| 3.- Avance | 9.- Sobrecorriente - Corto. |
| 4.- Cambio | 10.- Borna de Conexión |
| 5.- Batería Baja. | 11.- Borna de Relé |
| 6.- Batería Normal | 12.- Sonda de Temperatura |



2. - DESCRIPCIÓN DEL REGULADOR

El regulador de carga es un elemento imprescindible en una instalación solar fotovoltaica ya que se encarga de proteger a la batería contra sobrecarga y sobredescarga, con el fin de prolongar la vida de la batería.

El regulador **VMS** está diseñado y fabricado por Ingeniería y Reparaciones Solares, S.L. para el uso de instalaciones aisladas. El **VMS** está fabricado con componentes de última generación, tales como Mosfets, Microprocesador, etc.

Además de una alarma acústica y Leds de señalización, el **VMS** dispone de una pantalla de cristal líquido, que está continuamente dando información del estado de la instalación.

El regulador está protegido contra inversión de polaridad en la línea de baterías pero no en la línea de paneles.

El regulador **VMS** lleva incorporado en el diseño un diodo anti-retorno en la parte de entrada de paneles para evitar la descarga por la noche o cuando los paneles no generen tensión.

El regulador **VMS** lleva incorporada una sonda de temperatura en la parte inferior derecha.

DICHA SONDA DEBE QUE DAR LIBRE Y NO SE DEBE CONECTAR A NINGUNA SITIO.

La función de la sonda es compensar la carga de la batería en función de la temperatura.

El regulador debe ser conectado solo por personal cualificado según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. (R.E.B.T.)

Así mismo es imprescindible y de obligado cumplimiento un elemento de protección en la línea de baterías del REGULADOR, en función con la capacidad máxima de corriente del regulador.



3.- INSTALACIÓN DEL REGULADOR

Conexión:

- 1º.- Conexión de la batería.
- 2º.- Conexión de los paneles fotovoltaicos.
- 3º.- Conexión de consumo.

Desconexión:

- 1º.- Desconexión de consumo.
- 2º.- Desconexión de los paneles fotovoltaicos.
- 3º.- Desconexión de la batería.

El regulador esta protegido contra la desconexión de batería, pero se recomienda no desconectarla sin haber seguido los pasos anteriores.

4.- MANTENIMIENTO

Por ser el regulador un elemento electrónico en su totalidad, no se precisa prácticamente de mantenimiento alguno. Únicamente se deberá comprobar el estado de sus conexiones un par de veces al año.

Para su limpieza tan solo se empleará un paño seco. No se debe emplear nunca para la limpieza del regulador ni alcoholes ni disolventes, ya que dañarían su pintura.

5.- INDICADORES LUMINOSOS

El regulador dispone de cinco LEDs de señalización, tres en forma de semáforo que indican el estado de la batería.

A continuación se detalla su indicación:



FILA SUPERIOR

LED rojo: Indica que la batería esta baja, cuando parpadea significa que está en alarma de batería baja e irá acompañado de una señal acústica, se queda fijo cuando a desconectado el consumo por batería baja señalizándolo en la pantalla. Esto sucede **5 segundos** por debajo de la tensión de Corte por Baja.

Cuando se produce un corte por batería baja el regulador entra en fase de ecualización. **El consumo se restaurará cuando la batería alcance la tensión de rearme. (Salida reactivada) o se realice un Reset. (Intro + Reset)**

LED amarillo: Su parpadeo informa al usuario que la batería se encuentra a media carga y que el regulador está cargando correctamente la batería.

LED verde: Su parpadeo indica que la batería se encuentra en una tensión próxima a plena carga o completamente cargada.

FILA INFERIOR

LED amarillo: Indica la fase de carga según su parpadeo.

1 Parpadeo / segundo indica que esta en fase de ecualización.

2 Parpadeos / segundo indica que esta en fase de carga profunda.

3 Parpadeos / segundo indica que esta en fase de flotación.

LED rojo: Parpadea mientras haya exceso de corriente en la parte de consumo, irá acompañado de una señal acústica.

Se queda fijo cuando se ha producido un **cortocircuito** en el consumo o han transcurrido **5 segundos** con intensidad excesiva en consumo.

Cuando se quede fijo, la etapa de consumo queda desconectada hasta que se haga un reset. (Mediante pulsador Intro + reset)

Antes de rearmar el regulador, se deberá solucionar el problema por el que provocó el corte por parte del regulador.

6.- DISPLAY

El regulador **VMS** esta dispuesto de una pantalla de cristal líquido (LCD) alfanumérica de 2 líneas y 16 columnas que ofrece al usuario información del estado de la instalación.

Tiene una serie de pantalla circulante que cambian cada **5** seg. y van dando información del estado de la batería, corriente de carga, consumo, temperatura, etc.

7.- BATERIAS

El regulador viene configurado con el modelo más común de batería, (**TUBULAR ABIERTA**) pero se puede cambiar mediante la configuración de instalador, que veremos más adelante.

TABLA DE TENSIONES DE BATERÍA.

| BATERÍA | TUB. ABIERTA | TUB. GEL | HOPPECKE |
|------------------|--------------|-----------|-------------|
| Alarma alta | 15,9 | 15,9 | 16,0 |
| Banda igualación | 15 / 14,7 | N.A. | 15,25 / 15 |
| Carga profunda | 14,7 | 14,7 | 15,25 |
| Banda flotación | 14,4 / 13,8 | 14,4/13,8 | 14,4 / 13,8 |
| Recarga profunda | 12,6 | 12,6 | 12,6 |
| Alarma baja | 11,5 | 11,5 | 11,8 |
| Corte baja | 11,3 | 11,3 | 11,5 |
| Rearme consumo | 13 | 13 | 13 |

(para 24V x 2)

Nota : Es muy importante que se adapten las tensiones de trabajo del regulador al tipo de batería instalada para alargar la vida útil de la misma.



8.- RELÉ DE ARRANQUE DE GRUPO Y CAMBIO DE MODELO DE BATERÍA

El regulador está provisto de un relé libre de potencial, con una corriente máxima de **2 Amperios**.

El relé se activa por tensión teniendo una duración mínima de **30 minutos**.

Se puede programar el tiempo máximo de activación del relé mediante la configuración del instalador.

Si al cabo del tiempo fijado, la batería siguiera por debajo de la tensión programada para la activación del relé, éste no se volvería a activar hasta pasados 30 minutos.

Las tensiones por defecto de activación del relé son según modelo de batería, las siguientes:

| | TUB. ABIERTA | TUB. GEL | HOPPECKE |
|----------|--------------|----------|----------|
| Arranque | 11,5 | 11,5 | 11,7 |
| Paro | 14,8 | 14,8 | 15 |

(para 24V x 2)

Para el cambio de modelo de Batería se deben realizar las siguientes operaciones:

Se debe accionar los pulsadores del frontal, con un palillo o punta de bolígrafo sin necesidad de presionar fuertemente.

Pulsar Intro. Aparece en display.

RESET

CLAVE

Pulsar Avance. Baja cursor

RESET

CLAVE



| | |
|--|---|
| <u>Pulsar Intro.</u> | Aparece en display. INTRODUCIR CLAVE 0 0 0 0 |
| <u>Pulsar Cambio.</u> | INTRODUCIR UN 3. <u>3</u> 0 0 0 |
| <u>Pulsar Avance.</u> <u>Pulsar Cambio.</u> | INTRODUCIR UN 2. 3 <u>2</u> 0 0 |
| <u>Pulsar Avance.</u> <u>Pulsar Cambio.</u> | INTRODUCIR UN 1. 3 2 <u>1</u> 0 |
| <u>Pulsar Avance.</u> <u>Pulsar Cambio.</u> | INTRODUCIR UN 7. 3 2 1 <u>7</u> |
| <u>Pulsar Intro.</u> | Aparece en display. TIPO DE BATERÍA TUBULAR ABIERTA (Por defecto) |
| | Ejemplo: Tubular Gel. |
| <u>Pulsar Intro.</u> | Aparece en display. MODIFICAR TIPO TUBULAR ABIERTA |
| <u>Pulsar Cambio.</u> | Aparece en display. MODIFICAR TIPO TUBULAR GEL |
| <u>Pulsar Intro.</u> | Aparece en display. GRABANDO . . . TUBULAR GEL |

A continuación aparece la pantalla de ajuste de las tensiones. Si se quieren modificar se deben seguir las siguientes instrucciones:



Aparece en display.

DISPARO DEL RELE

11.5 29.6 (Por defecto)

Pulsar Intro.

Aparece en display.

CAMBIO DISPARO

>11.5 29.6

Pulsar Cambio hasta la tensión deseada de arranque.

Pulsar Avance.

Aparece en display.

CAMBIO DISPARO

11.5 >29.6

Pulsar Cambio hasta la tensión deseada de paro.

Pulsar Intro.

Aparece en display.

GRABANDO . . .

11.5 29.6

Aparece en display

DURACIÓN MÁXIMA

DEL RELE 6HORAS (Por defecto)

Pulsar Intro.

Aparece en display.

CAMBIAR DURANCION

DEL RELE 6HORAS

Pulsar Cambio hasta el tiempo deseado de funcionamiento.

Ejemplo: 2HORAS

Pulsar Intro.

Aparece en display.

GRABANDO . . .

2HORAS

Aparece: **VOLVER A LA**

PROGRAMACIÓN.

Pulsar **Avance** para salir de la programación, **Intro** para revisarla ó para cambiar otro parámetro.

9.- FICHA TÉCNICA

| CARACTERÍSTICAS | VMS 40 | | VMS 30 | |
|---|---|-------------|--------------------|-------------|
| Físicas | | | | |
| Largo | 165mm. | | | |
| Ancho | 56mm. | | | |
| Alto | 105mm. | | | |
| Peso | 1Kg. | | | |
| Constructivas | | | | |
| Base | Perfil Aluminio | | | |
| Tapa | Chapa de Acero galvanizado | | | |
| Pintura | Epoxi al horno | | | |
| Grado de estanqueidad | IP32 | | | |
| Tropicalización de los circuitos | Sí | | | |
| Eléctricas | | | | |
| Tensión Nominal | Bitensión 12 – 24V | | Bitensión 24 – 48V | |
| Intensidad Máxima de carga | 40A | | 30A | |
| Intensidad Máxima de consumo | 30A | | 20A | |
| Sobrecarga Admisible | 25% | | | |
| Autoconsumo | < 20mA | | | |
| Capacidad Borna alimentación | 60A | | | |
| Capacidad Borna Relé | 2A | | | |
| Rango de alimentación | 10 – 36V | | 20 – 72V | |
| Compensación Temperatura Carga / Descarga | 2mV x V x °C | | | |
| Rango Temperatura Ambiente | -10 / +50 °C | | | |
| Tipo de Regulación | Serie, controlado por microprocesador, Fets | | | |
| Modelos de Batería (Seleccionables) | Tub. Abierta | Tub. Gel | Hoppecke | |
| Modo de Regulación | Flotación | Car. Prof. | Ecuilización | |
| Accesorios | | | | |
| Relé de Arranque / Paro (2Hilos) Max. 2A/30V. | Sí, por Batería Baja (Ajustable por menú) | | | |
| Fusibles | | | | |
| Fusible aconsejable (No suministrado) | ENT. 50A | SAL. 30A | ENT. 40A | SAL. 20A |
| Alarmas | | | | |
| Baja y Alta tensión en Batería, Cortocircuito, Sobrecarga, Fallo de sonda de Temperatura. | Led, Acústica y Pantalla | | | |
| Protecciones | | | | |
| Protección contra polaridad inversa en batería | Sí, Alarma acústica | | | |
| Protección contra sobrecarga (25%) | Sí, en Paneles y Consumo | | | |
| Protección contra cortocircuito (25%) | Sí, en Consumo | | | |
| Protección contra Baja / Alta tensión en batería | Sí | | | |
| Rearme desconexión corto - sobrecarga | Sí, Manual | | | |
| Rearme desconexión Baja / Alta batería | Sí, Automático | | | |
| Diodo anti-retorno en línea de Paneles | Sí | | | |



Manual regulador VMS

| CARACTERÍSTICAS | VMS 60 | | VMS 50 | |
|---|---|-------------|--------------------|-------------|
| Físicas | | | | |
| Largo | 165mm. | | | |
| Ancho | 56mm. | | | |
| Alto | 105mm. | | | |
| Peso | 1Kg. | | | |
| Constructivas | | | | |
| Base | Perfil Aluminio | | | |
| Tapa | Chapa de Acero galvanizado | | | |
| Pintura | Epoxi al horno | | | |
| Grado de estanqueidad | IP32 | | | |
| Tropicalización de los circuitos | Si | | | |
| Eléctricas | | | | |
| Tensión Nominal | Bitensión 12 – 24V | | Bitensión 24 – 48V | |
| Intensidad Máxima de carga | 60A | | 50A | |
| Intensidad Máxima de consumo | 30A | | 20A | |
| Sobrecarga Admisible | 25% | | | |
| Autoconsumo | < 20mA | | | |
| Capacidad Borna alimentación | 76A | | | |
| Capacidad Borna Relé | 2A | | | |
| Rango de alimentación | 10 – 36V | | 20 – 72V | |
| Compensación Temperatura Carga / Descarga | 2mV x V x °C | | | |
| Rango Temperatura Ambiente | -10 / +50 °C | | | |
| Tipo de Regulación | Serie, controlado por microprocesador, Fets | | | |
| Modelos de Batería (Seleccionables) | Tub. Abierta | Tub. Gel | Hoppecke | |
| Modo de Regulación | Flotación | Car. Prof. | Ecuación | |
| Accesorios | | | | |
| Relé de Arranque / Paro (2Hilos) Max. 2A/30V. | Si, por Batería Baja (Ajustable por menú) | | | |
| Fusibles | | | | |
| Fusible aconsejable (No suministrado) | ENT. 70A | SAL. 30A | ENT. 60A | SAL. 20A |
| Alarmas | | | | |
| Baja y Alta tensión en Batería, Cortocircuito, Sobrecarga, Fallo de sonda de Temperatura. | Led, Acústica y Pantalla | | | |
| Protecciones | | | | |
| Protección contra polaridad inversa en batería | Si, Alarma acústica | | | |
| Protección contra sobrecarga (25%) | Si, en Paneles y Consumo | | | |
| Protección contra cortocircuito (25%) | Si, en Consumo | | | |
| Protección contra Baja / Alta tensión en batería | Si | | | |
| Rearme desconexión corto - sobrecarga | Si, Manual | | | |
| Rearme desconexión Baja / Alta batería | Si, Automático | | | |
| Diodo anti-retorno en línea de Paneles | No | | | |

Especificaciones sujetas a modificación del fabricante sin previo aviso.

10.- GARANTÍA.

Ingeniería y Reparaciones Solares, S.L. garantiza que este equipo cumple las especificaciones descritas en el manual técnico.

El periodo de garantía es de 24 meses desde la fecha de factura.

La garantía cubre la reparación o cambio del equipo siempre que la avería haya sido producida por un defecto de fabricación o de alguno de sus componentes.

La garantía no cubre los gastos de transporte, desplazamiento, envío o eventuales daños provocados por la utilización del equipo o por la imposibilidad de utilizar el mismo.

La garantía no cubre las anomalías o fallos en el equipo provocadas por el uso abusivo o deficiente del mismo, instalación incorrecta sin las debidas protecciones, apertura, introducción o entrada de cuerpos extraños, negligencia, alteración, accidentes y causas ajenas al Inversor, incluidas las causas de fuerza mayor como inundaciones, terremotos, rayos o tormentas eléctricas.

Está terminantemente prohibido la utilización de este Regulador en equipos de soporte vital o de uso específico para soporte vital, salvo previa autorización por nuestra parte.

La garantía queda anulada si no se han observado correctamente las precauciones en la instalación tanto eléctrica como física detallada en esta manual.

Si no está conforme con la garantía se deberá devolver el equipo en un plazo de 15 días con su embalaje original.

Para hacer válida la garantía debe ser presentada la factura de compra correspondiente en la que se detalle modelo y número de serie.

Los datos reflejados en este manual son correctos salvo error tipográfico u omisión involuntaria.

El cartón del embalaje es reciclable.



Impreso sobre papel ecológico



ANEXO III

A continuación se incluye la documentación relativa al inversor instalado en el sistema.

INVERSOR SENOIDAL GMS

MANUAL DE USUARIO



Ingeniería y Reparaciones Solares, S.L.
C/ Valle de Tobalina, 52, Nave 7
28021 Villaverde Alto, Madrid.
Telf / Fax: 917975346
<http://www.irepsol.es>

LEA DETENIDAMENTE ESTE MANUAL ANTES DE CONECTAR EL EQUIPO



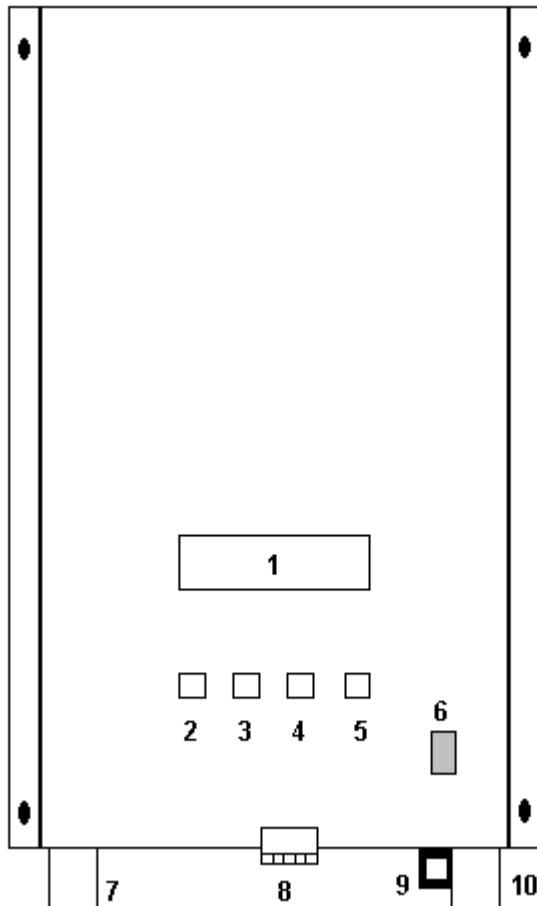
INDICE

| | |
|--|----|
| 1.- Descripción del frontal..... | 3 |
| 2.- Descripción del Inversor..... | 4 |
| 3.- Instalación del inversor..... | 4 |
| 4.- Encendido y puesta en marcha..... | 5 |
| 5.- Apagado..... | 5 |
| 6.- Mantenimiento..... | 5 |
| 7.- Funcionamiento del inversor..... | 5 |
| 8.- Señalizaciones e indicaciones..... | 6 |
| 9.- Protecciones del inversor..... | 6 |
| 10.- Precauciones..... | 7 |
| 11.- Display..... | 7 |
| 12.- Baterías..... | 7 |
| 13.- Relé de arranque..... | 8 |
| 14.- Programación y ajustes de Instalador..... | 8 |
| 15.- Fichas técnicas..... | 11 |
| 16.- Garantía..... | 12 |

**CONECTAR SOLO POR PERSONAL AUTORIZADO SEGÚN
NORMAS DE REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA
TENSIÓN (R.E.B.T.)**

1.- DESCRIPCIÓN DEL FRONTAL

En la figura se muestra una vista frontal del inversor, con todos los elementos disponibles para el usuario.



- 1.- Display.
- 2.- Pulsador Intro / Led Encendido.
- 3.- Pulsador Avance / Led Búsqueda.
- 4.- Pulsador ↑ / Led Batería Baja.
- 5.- Pulsador ↓ / Led Equipo Desconectado.
- 6.- Interruptor de puesta en marcha
- 7.- Cable Positivo de Batería.
- 8.- Conector Mando a distancia y Relé arrancador de Grupo.
- 9.- Manguera salida de CA.
- 10.- Cable negativo de Batería.

El Inversor debe ser conectado solo por personal cualificado según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. (R.E.B.T.)

Así mismo es imprescindible y de obligado cumplimiento un elemento de protección en la línea de alimentación del INVERSOR, en función de la capacidad máxima de corriente del mismo.



2.- DESCRIPCION DEL INVERSOR

El **GMS** es un inversor de CC/CA de onda senoidal pura diseñado para aplicaciones fotovoltaicas, esta controlado por un microprocesador.

El equipo tiene una salida en corriente alterna a un voltaje de 230Vca-50Hz (disponible bajo pedido 120Vca-60Hz) a partir de una tensión de batería de 12, 24, 36 y 48Vcc. (consultar otras tensiones bajo pedido)

Esta construido en configuración de puente completo y dispone de control PWM.

Además de alarma acústica y Leds de señalización, el **GMS** dispone de una pantalla digital que permite ver todos los valores tales como tensión de batería, intensidad de corriente de entrada ... etc.

El equipo es capaz de suministrar un pico de arranque a frigoríficos, lavadoras, bombas sumergibles, depuradoras etc. sin ninguna dificultad.

El mismo inversor se autoprotege contra inversión de polaridad, cortocircuito, sobrecarga, sobretemperatura, batería baja y alta.

El **GMS** se reconecta automáticamente cuando las causas que lo hicieron desconectarse desaparecen (batería baja o alta, sobretemperatura). Si detecta cortocircuito o sobrecarga se produce una desconexión del equipo teniendo que rearmar manualmente tras la eliminación del problema.

El inversor **GMS** dispone de un sistema de búsqueda de carga.

La búsqueda de carga es un estado de detección mediante que el inversor reduce su consumo al mínimo, en espera de un consumo igual o mayor a la fijada para su activación. Cuando la detecta, el inversor arranca con una rampa suave pasando a su funcionamiento normal. Si el consumo cae por debajo del límite fijado, pasado 5 segundos el inversor pasa de nuevo al estado de búsqueda. Se puede ajustar el mínimo de arranque mediante una pantalla, más adelante indicaremos como hacerlo. Si se conecta un consumo de potencia inferior a la prefijada, el inversor lo alimentará una vez por segundo.

El inversor GMS tiene una borna para un arranque remoto hasta un máximo de 10 metros.

Como prestación opcional (bajo pedido), el **GMS** permite su puesta en marcha desde 1Km de distancia.

Dispone también de un relé de arranque de grupo por batería baja así como por potencia, mas adelante indicaremos como hacerlo

3.- INSTALACION DEL INVERSOR

El Inversor debe ser conectado solo por personal cualificado según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. (R.E.B.T.)

Así mismo es imprescindible y de obligado cumplimiento un elemento de protección en la línea de alimentación del INVERSOR, en función de la capacidad máxima de corriente del mismo.

El inversor se ha de colocar sobre una superficie vertical, con los cables de conexión hacia abajo y con al menos **20** cm de espacio libre en la parte inferior y superior con el fin de tener una ventilación adecuada. Se recomienda que se coloque a una altura suficiente como para que este fuera del alcance de los niños.

Para la conexión eléctrica el inversor dispone de tres pasacables de salida colocados en su parte inferior.

Dichos pasacables corresponde a lo siguiente:

- Un cable rojo para la conexión a positivo de batería.
- Un cable negro para la conexión a negativo de batería.
- Una manguera de 3 hilos para la conexión de alterna.

Antes de conectar el inversor asegúrese que el interruptor de ON/OFF se encuentre en la posición de OFF, después conecte de la siguiente forma:

Recuerde que el Inversor tiene en su interior unos condensadores, cuando conecte el Inversor a la batería se producirá un chispazo por la carga de los mismos.

Se recomienda encarecidamente no fumar ni producir chispas cerca de la batería.

Antes de conectar el inversor, sople fuertemente alrededor de la batería para que los gases (hidrógeno, etc.) que produce la misma, se disipen en el resto del aire.

- Conecte los cables de alterna al diferencial externo (la tierra y el neutro están conectados al chasis del inversor).
-
- Conecte el cable negativo (negro) al terminal negativo (-) de la batería. Recuerde que el inversor tiene en su interior unos condensadores, por lo que cuando se conecte a batería se producirá un chispazo por la carga de los mismos.
-
- Conecte el cable positivo (rojo) al terminal positivo (+) de la batería.

RECUERDE COLOCAR UN ELEMENTO FUSIBLE DE PROTECCIÓN EN EL CABLE DE ALIMENTACIÓN DEL INVERSOR

La tensión de salida de 230Vac es muy peligrosa. Siempre se debe instalar un **diferencial** a la salida del inversor para la protección de las personas.

Apague el inversor antes de manipular en la instalación.

4. ENCENDIDO Y PUESTA EN MARCHA

Compruebe que todas las conexiones están realizadas correctamente.

Encienda el inversor mediante el interruptor ON/OFF.

Accione el **Diferencial** (elemento imprescindible), así como Interruptor automático magnetotérmico de salida de alterna.

Si la carga conectada al inversor es mayor que la ajustada de fábrica, entonces el inversor arrancará y la tensión de salida subirá rápidamente hasta llegar a la tensión programada 230Vac.

5. APAGADO

Apague el interruptor ON/OFF del inversor

6. MANTENIMIENTO

El inversor **GMS** no precisa de ningún mantenimiento especial. Tan solo será necesaria una limpieza de la caja mediante un paño seco. No se debe emplear nunca para la limpieza del equipo ni alcoholes ni disolventes.

7. FUNCIONAMIENTO DEL INVERSOR

Después de encender el inversor este realizará un “iniciando equipo” que es una autocomprobación. Si se detecta algún error la causa de fallo se mostrará en el display (ejemplo : desconectado por batería baja) y a su vez con el leds correspondiente.

Después de la autocomprobación el voltaje de salida en alterna CA aumentará gradualmente desde 0 Vca hasta el valor nominal en un arranque suave. Si el inversor no detecta cargas superiores a las ajustadas, el inversor pasará al modo de detección de carga reduciendo su consumo y dando un pulso por segundo.

Si la tensión de la batería desciende por debajo de la prefijada, se activará la alarma acústica y el LED correspondiente a “batería baja” empezará a parpadear una vez por segundo. Tras pasar más de 3 segundos debajo de la tensión de corte por batería baja el led pasará a estar fijo, también se encenderá el LED de desconectado y en el display aparecerá un mensaje de: “desconectado por batería baja”, parándose el inversor. Si el voltaje de la batería aumenta hasta llegar el valor de rearme de consumo, el inversor arrancará de forma automática apagándose ambos leds y desapareciendo el mensaje del display.

Si la batería sube a una tensión muy elevada, el inversor desconectará el consumo encendiéndose el LED de desconectado y en el display aparecerá un mensaje de: “desconectado por batería alta”. Cuando esta alcance un valor inferior al prefijado el inversor arrancará de forma automática apagándose el LED y desapareciendo el mensaje del display.

Cuando se detecta una sobrecarga, el inversor tiene un tiempo máximo durante el cual alimenta la carga (el tiempo de suministro disminuye a medida que aumenta la sobrecarga, lo indica en pantalla). Una vez transcurrido este tiempo, el inversor se desconectará, lo indica el LED de desconectado y en el display aparecerá un mensaje de: “desconectado por sobrecarga” teniendo que rearmar manualmente tras la eliminación del problema.

Si se produce un cortocircuito en la salida del inversor este limita la potencia para protegerse, encendiendo el LED de desconectado y en el display aparecerá un mensaje de: “desconectado por cortocircuito” teniendo que rearmar manualmente tras la eliminación del problema.

8. SEÑALIZACIONES E INDICADORES

El inversor **GMS** esta equipado con una pantalla de cristal liquido que muestra información acerca del estado de la instalación y del propio equipo. En el frontal existen 4 LEDs que indican (de izquierda a derecha):

Encendido (verde) : Significa que el equipo tiene la batería conectada y esta en ON.

Detección de carga (verde) : Parpadea cuando el inversor se encuentra en búsqueda de carga y permanece fijo cuando se ha detectado carga.

Batería baja (amarillo) : Parpadea cuando está en alarma de batería baja al mismo tiempo una señal acústica indicará la alarma y permanece fijo cuando ha cortado por batería baja. Apareciendo un mensaje en la pantalla de “desconectado por batería baja”

Desconexión (rojo) : Está encendido cuando el inversor ha desconectado la salida de consumo por cualquier problema. **La pantalla indicará el motivo de la desconexión.**

En el display se muestra, en secuencia, información acerca de la instalación (voltaje e intensidad de entrada, voltaje e intensidad de salida, potencia de salida, potencia pico, temperatura máxima y mínima ...) y la razón por la que se ha desconectado el inversor, en su caso.

El circuito de detección de carga se ajusta en fábrica para activar una carga menor de **1%** de la nominal. Si se pretende alimentar un aparato de potencia menor lo mas seguro es que tenga problemas para arrancarlo. Para ello tendrá que acceder al menú de “Ajuste Búsqueda” y variar el valor de la pantalla, para que arranque cargas más pequeñas tiene que bajar el valor, pero puede darse la situación en la que el inversor posteriormente no permanezca en búsqueda, parpadeo del Led verde de “Búsqueda de Carga”. El inversor tiene una pantalla para abrir o cerrar la tensión de salida si así se requiere.

9. PROTECCIONES DEL INVERSOR

RECUERDE COLOCAR UN ELEMENTO FUSIBLE DE PROTECCIÓN EN EL CABLE DE ALIMENTACIÓN DEL INVERSOR

El inversor **GMS** esta protegido contra inversión de polaridad, cortocircuito, sobrecarga, sobretemperatura, batería baja y batería alta.

A continuación se describe con detalle cada una de las protecciones.

Protección contra sobrecarga.

Los inversores **GMS** son capaces de suministrar un pico de potencia del doble que la potencia nominal aunque no de forma continua. Los valores de los tiempos de funcionamiento bajo diferentes situaciones de sobrecarga se muestran en la tabla de características.

Transcurridos esos tiempos se produce la desconexión del equipo, encendiendo el LED de desconectado y en el display aparecerá un mensaje de: “desconectado por sobrecarga” teniendo que rearmar manualmente tras la eliminación de la sobrecarga.

Protección contra cortocircuitos.

El inversor GMS esta protegido contra cortocircuito en la salida de 230Vac. Si le conectas más del doble de la nominal el inversor se protege creyendo que es un corto franco en la salida, haciendo un segundo arranque suave y si todavía persiste se desconectará encendiendo el LED de desconectado y en el display aparecerá un mensaje de: “desconectado por cortocircuito” teniendo que rearmar manualmente tras la eliminación el cortocircuito.

Protección contra sobretemperatura.

Ya que el inversor no tiene un rendimiento del 100%, disipa la diferencia en forma de calor, especialmente cuando el equipo esta funcionando a la potencia nominal.

Cuando la etapa de potencia alcanza una temperatura programada (45°C), el ventilador interno se pondrá en funcionamiento o cuando se conecte 1/3 de potencia nominal, deteniéndose cuando la temperatura alcanza un valor predeterminado (40°C) o cuando la carga sea menor de 1/3 de la nominal. Si la temperatura continua aumentando por encima de 75°C se desconectará el inversor, volviendo a rearmarse el consumo cuando la temperatura descienda a 60°C. El corte por sobretemperatura lo indica el leds de desconectado y en el display aparecerá un mensaje de: “desconectado por sobretemperatura”.



Protección contra batería baja.

El inversor **GMS** funciona en un rango de tensiones comprendido entre 10 y 16 Vcc (para el modelo de 12 V). Dentro de este rango se ajustan en fabrica los valores de corte dependiendo del modelo de batería que se haya configurado.

La desconexión de la salida del inversor cuando la tensión de batería es demasiado baja previene la descarga completa de esta ya que de otra manera se provocaría un daño irreversible para la batería. Se programa un tiempo de espera en el circuito con el objeto de permitir que el voltaje de batería baje de estos niveles de forma momentánea. El Inversor tiene un algoritmo en su programa que compensa la caída de tensión en los cables de la batería cuando circula mucha corriente, para medir correctamente la tensión en todo momento. De esta manera nos evitamos tener que conectar los engorrosos cables de sensing que utilizan otros equipos. Cuando la tensión de la batería esté por debajo de la prefijada, se activará la alarma acústica y el LED correspondiente a "batería baja" empezará a parpadear una vez por segundo. Tras pasar mas de 3 segundos debajo de la tensión de corte por batería baja el LED pasará a estar fijo, también se encenderá el LED de desconectado y en el display aparecerá un mensaje de: "desconectado por batería baja", parándose el inversor. Si el voltaje de la batería aumenta hasta llegar el valor de rearme de consumo, el inversor arrancará de forma automática apagándose ambos leds y desapareciendo el mensaje del display.

Protección por batería alta.

Si la batería sube a una tensión muy elevada, el inversor desconectará el consumo encendiéndose el LED de desconectado y en el display aparecerá un mensaje de: "desconectado por batería alta". Cuando esta alcance un valor inferior al prefijado el inversor arrancará de forma automática apagándose el LED y desapareciendo el mensaje del display.

10. PRECAUCIONES

No abra bajo ningún concepto el inversor ni manipule en su interior.

No conecte ninguna fuente de corriente a la salida del inversor.

No cubra las rejillas de ventilación.

No introduzca ningún objeto por las rejillas de ventilación.

Colocar el inversor en un sitio alejado de la humedad y del contacto directo del sol.

RECUERDE COLOCAR UN ELEMENTO FUSIBLE DE PROTECCIÓN EN EL CABLE DE ALIMENTACIÓN DEL INVERSOR Y UN DIFERENCIA EN SU SALIDA

11. DISPLAY

El inversor **GMS** esta dispuesto de una pantalla de cristal líquido alfanumérica (LCD) que muestra información del estado del inversor y de la instalación. Tiene una serie de pantallas circulantes que cambian cada 5 segundos y van suministrando información acerca del estado de la instalación como por ejemplo, tensión y corriente de batería, tensión y corriente de salida, potencia instantánea, consumida, temperatura, etc.

12. BATERIAS

El inversor **GMS** viene configurado con un tipo de batería, pero se puede cambiar el tipo de batería por medio de las pantallas. Ya que todas las baterías del mercado tienen distintos valores de cortes.

TABLA DE TENSIONES DE BATERÍA

| | TUB. ABIERTA | TUB. GEL | HOPPECKE |
|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Alarma alta | 15,6 | 15,2 | 15,5 |
| Corte por alta | 16 | 16 | 16 |
| Alarma por baja | 11,5 | 11,5 | 11,7 |
| Corte por baja | 11,2 | 11,3 | 11,5 |
| Rearme consumo | 13 | 13 | 13 |

(para 24V x 2)

Nota : Es importante que se adapten las tensiones de trabajo del inversor **GMS** al tipo de batería a instalar con objeto de alargar la vida útil de la batería.



13. RELE DE ARRANQUE DE GRUPO

El inversor esta provisto de un relé libre de potencial. El relé se suele conectar por dos motivos, por tensión o por potencia. Por defecto no está activada es operación, se debe realizar mediante la clave de instalador.

Por Tensión :

Las tensiones son programables en un margen de **0,5V** tanto en arranque como en paro y se puede modificar el tiempo máximo de funcionamiento.

| | TUB. ABIERTA | TUB. GEL | HOPPECKE |
|----------|--------------|----------|----------|
| Arranque | 11,5 | 11,5 | 11,7 |
| Paro | 14,8 | 14,8 | 15 |

(para 24V x 2)

Por Potencia :

Cuando la potencia de salida supera la potencia prefijada durante más de un tiempo programado (5 segundos por defecto), se activa el relé y estará activado durante 30 minutos como mínimo aunque la potencia haya bajado.

También se puede programar un tiempo máximo de funcionamiento del grupo electrógeno como veremos más adelante.

14.- PROGRAMACIÓN Y AJUSTES DE INSTALADOR

1.- Abrir onda.

Esta operación se debe realizar cuando se requiera que el inversor permanezca siempre suministrando 230Vac. (sale de búsqueda de carga).

Pulsar Intro. Aparece en display.
ABRIR ONDA
IDIOMA

Pulsar Intro. Aparece en display.
ABRIR ONDA
SI NO

Pulsar ↑ y cambiar el cursor debajo de SI

Pulsar Intro. En este momento el inversor de búsqueda a Suministrar 230Vac

Pulsar avance para salir.

2.- Cambiar Idioma.

Pulsar Intro. Aparece en display.
ABRIR ONDA
IDIOMA

Pulsar ↓ y cambiar el cursor debajo de IDIOMA

Pulsar Intro. Aparecen los idiomas en el display

Pulsar ↓ y cambiar el cursor debajo del idioma elegido.

Pulsar Intro.

Pulsar avance para salir.

3.- Cambiar modelo de batería. (DATOS BAJO CLAVE DE INSTALADOR)

Pulsar Intro. Aparece en display.
ABRIR ONDA
IDIOMA

Pulsar ↓ y cambiar el cursor hasta que aparezca CLAVE.

Pulsar Intro. Aparece en display.
CLAVE
00000

Pulsar ↓ y poner un 7 en el primer dígito

Pulsar avance. Para cambiar.

Pulsar ↓ y poner un 1 en el segundo dígito

Pulsar avance 2 veces. Para cambiar.

Pulsar ↓ y poner un 7 en el cuarto dígito

Pulsar avance. Para cambiar.



Pulsar ↓ y poner un **6** en el último dígito
Aparece en el display: CLAVE

71076

Pulsar Intro. Aparece en el display
BATERIAS
ARRANCADOR

Pulsar Intro. Aparece en el display
TUBULAR ABIERTA
TUBULAR GEL

Pulsar ↓ y cambiar hasta el modelo elegido.
Pulsar Intro.

Pulsar avance. Para salir.

4.- Programación arrancador de grupo por Batería y/o Potencia. (DATOS BAJO CLAVE DE INSTALADOR)

Introducir CLAVE (Apartado anterior)

Pulsar Intro. Aparece en el display
BATERIAS
ARRANCADOR

Pulsar ↓ para bajar el cursor a **ARRANCADOR**

Pulsar Intro. Aparece en el display
TENSIÓN ARRANQUE
11.5

Pulsar Intro. Aparece en el display
TENSIÓN ARRANQUE
11.5

Pulsar avance para colocar el cursor en el último dígito.
(El ajuste tiene un margen mínimo y máximo)

Pulsar Intro. Para validar el cambio.

Pulsar ↓ Aparece en el display
TENSIÓN PARO
29.4

Pulsar Intro. Aparece en el display
TENSIÓN ARRANQUE
29.4

Pulsar avance para colocar el cursor en el último dígito.
(El ajuste tiene un margen mínimo y máximo)

Pulsar Intro. Para validar el cambio.

Pulsar ↓ Aparece en el display
TIEMPO ARRANQUE
NO

Pulsar ↓ Aparece en el display
TIEMPO ARRANQUE
SI NO

Aparece en display
TIEMPO ARRANQUE
05 seg

Este tiempo es el necesario para que se active el relé si baja la tensión de batería o se llega a la potencia programada.

Pulsar avance para colocar el cursor en el último dígito.
(El ajuste tiene un margen mínimo y máximo)

Pulsar Intro. Para validar el cambio.

Pulsar ↓ Aparece en el display
TIEMPO ARRANQUE
SI

Pulsar ↓ Aparece en el display
POTENCIA ARRANQUE
NO

Pulsar ↓ Aparece en el display
POTENCIA ARRANQUE



Pulsar Intro. SI NO
 Aparece en el display
 POTENCIA ARRANQUE
 0X000 W

Pulsar ↓ y cambiar a la potencia de activación del relé.
Pulsar Intro. Aparece en el display
 POTENCIA ARRANQUE

Ejem: 02500 W

Pulsar ↓ Aparece en el display
 TIEMPO BATERÍA
 6,0 HORAS

Este tiempo es el máximo que estará el grupo encendido si no ha llegado la tensión a la programada para el Paro

Pulsar Intro. Aparece en el display
 TIEMPO BATERÍA
 6,0 HORAS

Pulsar ↓ y cambiar el tiempo
Pulsar Intro. Aparece en el display
 TIEMPO BATERÍA

Ejem: 2,0 HORAS

Pulsar ↓ Aparece en el display
 TIEMPO POTENCIA
 6,0 HORAS

Este tiempo es el máximo que estará el grupo encendido cuando arranque por potencia

Pulsar Intro. Aparece en el display
 TIEMPO POTENCIA
 6,0 HORAS

Pulsar ↓ y cambiar el tiempo
Pulsar Intro. Aparece en el display
 TIEMPO POTENCIA

Ejem: 2,0 HORAS

Pulsar ↓ Aparece en el display
 TIEMPO POTENCIA
 2,0 HORAS

Pulsar Avance para Salir de Programación

5.- Ajuste potencia mínima de arranque. (DATOS BAJO CLAVE DE INSTALADOR)

El inversor sale ajustado de fábrica para arrancar un consumo igual o superior al 1% de su potencia nominal por lo que se recomienda que este parámetro no sea modificado.

Si se quiere calibrar el equipo para ajustar una potencia menor o mayor a la de fábrica se deben seguir los siguientes pasos.

Atención, si se intenta ajustar el inversor para un consumo demasiado pequeño, puede suceder que la onda del inversor se queda siempre abierta.

Introducir CLAVE (Apartado 14.3)

Pulsar Intro. Aparece en el display
 BATERIAS
 ARRANCADOR

Pulsar ↓ para bajar el cursor a AJUSTE BUSQUEDA

Pulsar Intro. Aparece en el display
 AJUSTE BUSQUEDA
 100

Si se quiere darle una mayor sensibilidad al arranque se debe bajar la cifra

Pulsar Intro. Aparece en el display
 AJUSTE BÚSQUEDA
 100

Ejemplo cambiar a 98

Pulsar ↓ para poner un 0 en lugar de un 1
Pulsar avance para colocar el cursor en el siguiente dígito.
Pulsar ↓ para cambiar el 0 por un 9
Pulsar avance para colocar el cursor en el último dígito.
Pulsar ↑ para cambiar el 0 por un 8
 Pulsar Avance para Salir de Programación

15.- FICHAS TÉCNICAS

| CARACTERÍSTICAS | GMS 1800/12-24 | | GMS 3300/24-48 | |
|---|--|---------|-----------------------|---------|
| Físicas | | | | |
| Largo | 500mm. | | | |
| Ancho | 292mm. | | | |
| Alto | 187mm. | | | |
| Peso | 20Kg. | 25Kg. | | |
| Constructivas | | | | |
| Base | Aluminio | | | |
| Tapa | Chapa de Acero galvanizado | | | |
| Pintura | Epoxi al horno | | | |
| Grado de estanqueidad | IP42 | | | |
| Tropicalización de los circuitos | Si | | | |
| Eléctricas | | | | |
| Forma de onda de salida | Senoidal pura | | | |
| Voltaje nominal de entrada | 12V | 24V | 24V | 48V |
| Rango de tensión de entrada | 10 - 16 | 20 - 32 | 20 - 32 | 40 - 64 |
| Tensión nominal de salida | 230 ó 120Vac* | | | |
| Potencia nominal | 1800W | | 3300W | |
| Potencia Pico. (Etapa de potencia < 50°C) | 3200W Pico | | 6200W Pico | |
| Variación tensión de salida | ≤ 4% | | | |
| Frecuencia nominal | 50 ó 60Hz* | | | |
| Variación de la Frecuencia | < 1% | | | |
| Rendimiento con Carga resistiva | 86% < η < 96% | | | |
| Distorsión armónica (Carga resistiva) | ≤ 3% | | | |
| Autoconsumo en Búsqueda de Carga | < 100mA | | | |
| Rango operativo de temperatura ambiente | -10 – 50°C A carga nominal | | | |
| Sobrecarga admitida (E. Pot < 50°C) | | | | |
| 85 % | 5 Segundos | | | |
| 50 % | 1 Minuto | | | |
| 25 % | 5 Minutos | | | |
| Alarmas | | | | |
| Baja y Alta tensión en Batería, Cortocircuito, Sobrecarga, Sobretemperatura | Led, Acústica y Pantalla | | | |
| Protecciones | | | | |
| Protección contra polaridad inversa | Si, mediante Fets de entrada. | | | |
| Protección contra sobrecarga | Si, temporizada en función de la potencia suministrada | | | |
| Protección contra cortocircuito | Si | | | |
| Protección contra sobretemperatura | Si | | | |
| Protección contra Baja / Alta tensión en batería | Si | | | |
| Rearme desconexión corto - sobrecarga | Automático. (Sólo bajo pedido) | | | |
| Rearme desconexión Baja / Alta batería | Automático | | | |
| Rearme desconexión sobretemperatura | Automático | | | |
| Ventilación | Si, controlada por temperatura y potencia | | | |
| Accesorios | | | | |
| Relé de Arranque / Paro (2Hilos) Max. 2Amp. | Si, por Batería Baja y Potencia (Ajustable) | | | |
| Interruptor a distancia (2 Hilos) | Si, Máximo 10 metros. | | | |
| Control y Visualización a distancia. ** | Si, 1km. | | | |
| Fusibles | | | | |
| Fusible aconsejable (No suministrado) | 200A | 100A | 200A | 100A |

* Tensiones y Frecuencia bajo pedido.

** Bajo pedido.

Especificaciones sujetas a modificación por parte del fabricante.

Los datos reflejados en este manual son correctos salvo error tipográfico u omisión involuntaria.

16.- GARANTIA

Ingeniería y Reparaciones Solares, S.L. garantiza que este equipo cumple las especificaciones descritas en el manual técnico.

El periodo de garantía es de 24 meses desde la fecha de factura.

La garantía cubre la reparación o cambio del equipo siempre que la avería haya sido producida por un defecto de fabricación o de alguno de sus componentes.

La garantía no cubre los gastos de transporte, desplazamiento, envío o eventuales daños provocados por la utilización del equipo o por la imposibilidad de utilizar el mismo.

La garantía no cubre las anomalías o fallos en el equipo provocadas por el uso abusivo o deficiente del mismo, instalación incorrecta sin las debidas protecciones, apertura, introducción o entrada de cuerpos extraños, negligencia, alteración, accidentes y causas ajenas al Inversor, incluidas las causas de fuerza mayor como inundaciones, terremotos, rayos o tormentas eléctricas.

Está terminantemente prohibido la utilización de este inversor en equipos de soporte vital o de uso específico para soporte vital, salvo previa autorización por nuestra parte.

La garantía queda anulada si no se han observado correctamente las precauciones en la instalación tanto eléctrica como física detallada en este manual.

Si no está conforme con la garantía se deberá devolver el equipo en un plazo de **15 días** con su embalaje original.

Para hacer válida la garantía debe ser presentada la factura de compra correspondiente en la que se detalle modelo y número de serie.

El cartón y polietileno del embalaje del equipo son reciclables.



ANEXO III

A continuación se muestra la documentación relativa a la bomba instalada en el sistema.

SQFlex

Sistemas de suministro de agua basados en energías renovables
50/60 Hz



Contenido

Datos de producto

| | |
|---------------------------|---|
| Gama de trabajo | 3 |
| Aplicaciones | 4 |
| El sistema SQFlex | 4 |
| Nomenclatura | 5 |
| Líquidos bombeados | 5 |
| Condiciones de las curvas | 6 |
| Resumen del sistema | 7 |

Características y beneficios

| | |
|--|---|
| Protección contra marcha en seco | 8 |
| Alto rendimiento | 8 |
| Protección contra sobrevoltaje y bajo voltaje | 8 |
| Protección contra sobrecarga | 8 |
| Protección contra sobretensión | 8 |
| Seguimiento de punto de máxima potencia (MPPT) | 9 |
| Amplia gama de tensiones | 9 |
| Fiabilidad | 9 |
| Instalación | 9 |
| Mantenimiento | 9 |

Ejemplos de aplicación

| | |
|----------------------|----|
| SQFlex Solar | 10 |
| SQFlex Wind (Eólico) | 15 |
| SQFlex Combi | 17 |
| El sistema SQFlex | 19 |

Componentes del sistema

| | |
|-------------------------------------|----|
| Bomba sumergible SQF | 20 |
| Unidad de control CU 200 SQFlex | 20 |
| Caja de interruptores IO 100 SQFlex | 22 |
| Caja de conexiones IO 101 SQFlex | 22 |
| Caja de frenado IO 102 SQFlex | 23 |
| Controlador de carga | 23 |
| Turbina eólica | 23 |
| Generador | 23 |

Dimensionamiento

| | |
|-------------------------------------|----|
| Dimensionamiento del sistema SQFlex | 24 |
|-------------------------------------|----|

Curvas características

| | |
|-----------|----|
| SQF 0,6-2 | 25 |
| SQF 0,6-3 | 25 |
| SQF 1,2-2 | 26 |
| SQF 2,5-2 | 26 |
| SQF 3A-10 | 27 |
| SQF 5A-3 | 27 |
| SQF 5A-6 | 28 |
| SQF 8A-3 | 28 |
| SQF 8A-5 | 29 |
| SQF 11A-3 | 29 |

Datos técnicos

| | |
|--|----|
| Dimensiones y pesos | 30 |
| Datos eléctricos | 30 |
| Unidad de control CU 200 SQFlex | 31 |
| Caja de interruptores IO 100 SQFlex | 31 |
| Caja de conexiones IO 101 SQFlex | 32 |
| Caja de frenado IO 102 SQFlex | 32 |
| Controlador de carga | 32 |
| Especificación de materiales, bomba de rotor helicoidal | 33 |
| Especificación de materiales, bomba centrífuga | 34 |
| Materiales, motor | 35 |

Códigos

| | |
|-------------------------------------|----|
| Bomba sumergible SQF | 36 |
| Unidad de control SQFlex CU 200 | 36 |
| Caja de interruptores IO 100 SQFlex | 36 |
| Caja de conexiones IO 101 SQFlex | 36 |
| Caja de frenado IO 102 SQFlex | 36 |
| Controlador de carga | 36 |
| Turbina eólica | 36 |
| Cables de alimentación sumergibles | 36 |
| Conjuntos de agua | 36 |

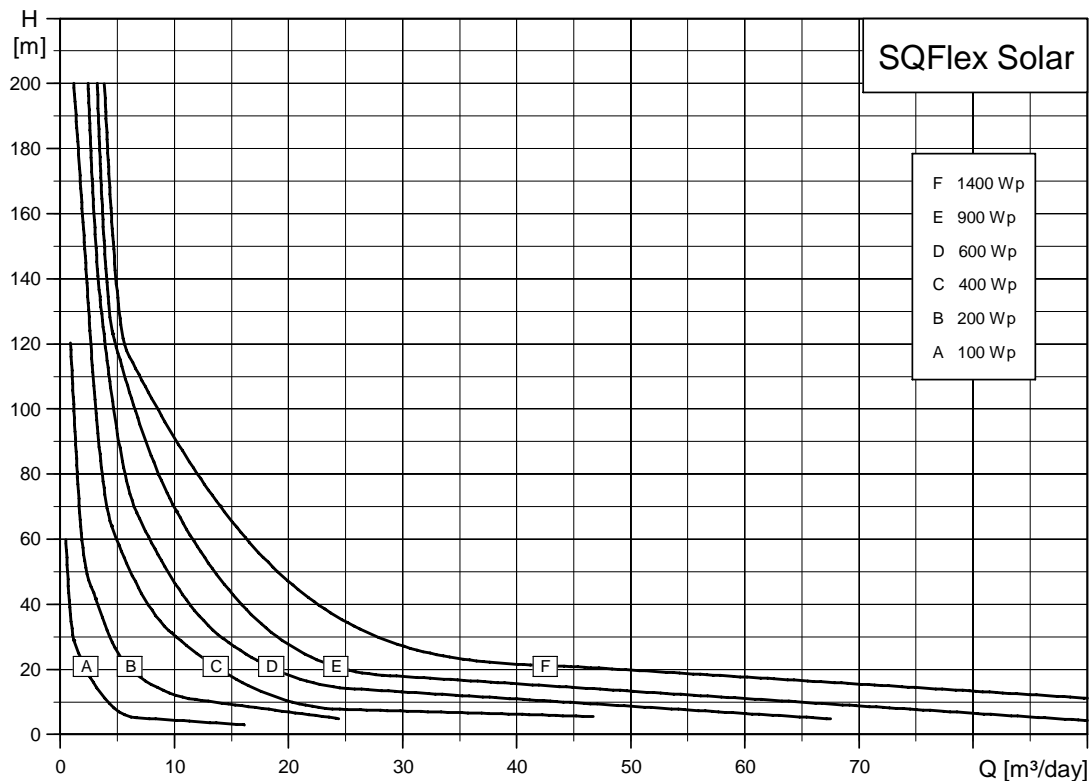
Accesorios

| | |
|-----------------------------------|----|
| Turbina eólica Whisper 200 | 37 |
| Kit de torre para Whisper 200 | 37 |
| Kit de instalación de torres | 37 |
| Selección de tubos para torres | 38 |
| Anclaje | 39 |
| Grasa | 39 |
| Interruptor de nivel | 39 |
| Anemómetro | 39 |
| Cable de alimentación sumergible | 40 |
| Kit de conexión de cable, tipo KM | 40 |
| Sujetacables | 40 |
| Cable de refuerzo | 40 |
| Abrazadera del cable | 40 |

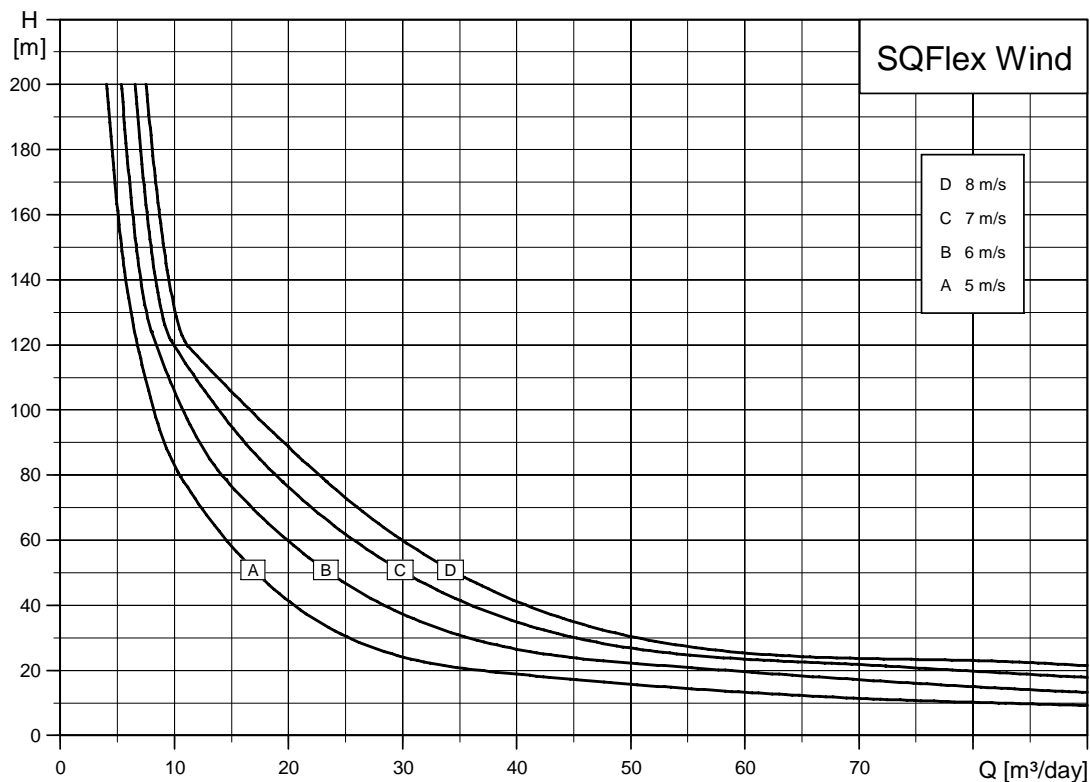
Documentación adicional de producto

| | |
|---------|----|
| WebCAPS | 41 |
| WinCAPS | 42 |

Gama de trabajo



TM02 2337 2206



TM02 2411 4201

Nota: Las curvas no deben utilizarse como curvas garantizadas.

Aplicaciones

Diseñado tanto para funcionamiento continuo como intermitente, el sistema SQFlex es especialmente adecuado para aplicaciones de suministro de agua a lugares remotos, por ejemplo:

- aldeas, colegios, hospitales, viviendas unifamiliares, etc.
- granjas
 - abrevaderos
 - riego de campos e invernaderos
- parques de ocio y granjas escuelas
 - aplicaciones de riego
- parques naturales
 - bombeo de aguas superficiales
- instalaciones de bomba flotante para bombear agua de estanques y lagos.

El sistema SQFlex

El sistema SQFlex es un sistema fiable de suministro de agua, basado en fuentes de energía renovables, por ejemplo la energía solar y la eólica. El sistema SQFlex incorpora una bomba sumergible SQF.

Es muy flexible respecto al suministro de energía y funcionamiento, por lo que puede combinarse y adaptarse a cualquier necesidad según las condiciones del lugar de instalación.

El sistema consta de los siguientes componentes

- bomba sumergible SQF
- unidad de control CU 200 SQFlex
- caja de conexiones IO 100 SQFlex
- caja de conexiones IO 101 SQFlex
- caja de control IO 102 SQFlex
- controlador de carga
- suministro de energía:
 - paneles solares
 - turbina eólica
 - generador
 - baterías.

Bomba

La gama de bombas SQF abarca dos tecnologías de bombeo:

- bomba de rotor helicoidal (3") para gran altura y poco caudal.
- bomba centrífuga (4") para poca altura y gran caudal.

Las curvas siguientes muestran la actuación de la bomba para las dos tecnologías de bombeo.

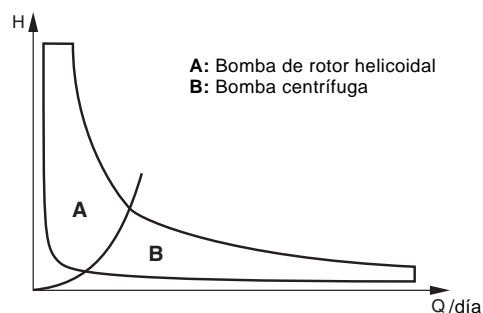


Fig. 1 Rangos de actuación de bombas de rotor helicoidal y bombas centrífugas

Todos los tipos de bomba están disponibles en dos variantes de material:

- SQF es la versión estándar fabricada en acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301
- SQF-N está fabricada en acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401.

Motor

El motor ha sido desarrollado especialmente para el sistema SQFlex y está diseñado según el principio de imán permanente con una unidad electrónica incorporada.

La gama de motores SQFlex 3" incluye solo dos tamaños de motor, p. ej.

- MSF 3 con entrada de potencia máxima (P_1) de 900 W y
- MSF 3 con entrada de potencia máxima (P_1) de 1400 W.

La velocidad del motor es de 500-3600 rpm, dependiendo de la potencia de entrada y de la carga.

El motor está disponible en dos variantes de material:

- MSF 3 es la versión estándar fabricada en acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301
- MSF 3 N está fabricada en acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401.

El motor tiene tres limitaciones internas:

- Entrada de potencia máxima (P_1) de
 - 900 W (si se instala en bombas de rotor helicoidal)
 - 1400 W (si se instala en bombas centrífugas)
- corriente máxima de 8,4 A
- velocidad máxima de
 - 3000 rpm (si se instala en bombas de rotor helicoidal)
 - 3600 rpm (si se instala en bombas centrífugas).

La bomba obtiene su rendimiento máximo cuando se alcanza una de las limitaciones anteriores.

Tensión de alimentación

El motor, flexible en lo relativo al suministro de potencia y al rango de potencia, puede funcionar con corriente alterna o continua:

- 30-300 VDC, PE
- 1 x 90-240 V -10%/+6%, 50/60 Hz, PE.

Unidad de control CU 200 SQFlex

CU 200 es una unidad de control combinada para indicación del estado y control del sistema SQFlex. Permite además conectar un interruptor de nivel colocado en un depósito de agua o tanque similar.

Caja de conexiones IO 100 SQFlex

IO 100 es un interruptor on/off (arranque/parada) para conectar y desconectar la tensión de alimentación del sistema. Se utiliza con sistemas SQFlex alimentados sólo por paneles solares.

Caja de conexiones IO 101 SQFlex

IO 101 es un interruptor on/off (arranque/parada) para conectar y desconectar la tensión de alimentación del sistema.

IO 101 se utiliza con sistemas SQFlex alimentados por paneles solares y con suministro de reserva mediante generador.

Caja de frenado IO 102 SQFlex

IO 102 es una caja de frenado on/off (arranque/parada) para conectar y desconectar la tensión de alimentación del sistema.

IO 102 se utiliza con sistemas SQFlex accionados por turbina eólica, así como por combinación de energía solar y eólica.

IO 102 permite reducir la velocidad de la turbina eólica o pararla.

Controlador de carga

El controlador de carga se utiliza cuando se instala un sistema de reserva de batería con un sistema de bombeo SQFlex.

Módulos solares

Los módulos solares Grundfos han sido desarrollados especialmente para el sistema SQFlex. Los módulos solares están equipados con clavijas y enchufes para conexión rápida.

Para más información sobre módulos solares, póngase en contacto con Grundfos.

Generador

En el caso de suministro eléctrico temporalmente insuficiente de la fuente de energía principal, el sistema SQFlex puede funcionar con un generador, que puede ser de diesel o gasolina.

Baterías

El sistema SQFlex puede funcionar con baterías con una tensión de alimentación de 30-300 VCC, intensidad máxima 8.4 A.

Nomenclatura

Nomenclatura para bombas de rotor helicoidal

| Ejemplo | SQF | 1.2 | -2 | x |
|--|-----|-----|----|---|
| Tipo | | | | |
| Caudal nominal a 3000 rpm [m³/h] | | | | |
| Número de etapas | | | | |
| En blanco = acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301 N = acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 | | | | |

Nomenclatura para bombas centrífugas

| Ejemplo | SQF | 5A | -3 | x |
|--|-----|----|----|---|
| Tipo | | | | |
| Caudal nominal a 3000 rpm [m³/h] y versión de la bomba | | | | |
| Número de etapas | | | | |
| En blanco = acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301 N = acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 | | | | |

Líquidos bombeados

Las bombas SQF están diseñadas para bombear líquidos ligeros, limpios, no agresivos y no explosivos, que no contengan partículas sólidas o fibras mayores que los granos de arena.

pH: 5 - 9.

Temperatura del líquido: 0°C a +40°C.

La bomba puede funcionar libre de convención (~ 0 m/s) a máx. +40°C.

Contenido de arena

Contenido máximo de arena: 50 g/m³.

Un mayor contenido de arena acortará considerablemente la vida de la bomba debido al desgaste.

Contenido de sal

La siguiente tabla muestra la resistencia del acero inoxidable a Cl⁻. Los datos de la tabla están basados en un líquido bombeado con un pH de 5 a 9.

| Acero inoxidable DIN W.-Nr. | Contenido de Cl ⁻ [ppm] | Temperatura del líquido [°C] |
|--------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| 1.4301 | 0-300 | < 40 |
| | 300-500 | < 30 |
| 1.4401 | 0-500 | < 40 |

Condiciones de las curvas

Gama de trabajo, SQFlex Solar

La gama de trabajo de SQFlex Solar en la página 3 está basada en

- irradiación solar en una superficie inclinada (ángulo de inclinación 20°)
- $H_T = 6 \text{ kWh/m}^2$ por día
- Temperatura ambiente: +30°C
- 20° latitud norte.

Gama de trabajo, SQFlex Wind

La gama de trabajo SQFlex Wind (Eólico) en la página 3 está basada en

- velocidad media del viento
- cálculos según el factor k de Weibull = 2
- funcionamiento continuo durante 24 horas.

Curvas características

Las curvas característica en las páginas 25 a 29 están basadas en las siguientes indicaciones:














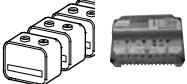








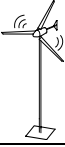





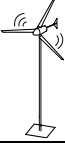



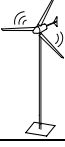






- Todas las curvas muestran valores medios.
- Las curvas no deben utilizarse como curvas garantizadas.
- Desviación típica: $\pm 15\%$.
- Las mediciones se hicieron con agua a una temperatura de +20°C.
- Las curvas se refieren a una viscosidad cinemática de $1 \text{ mm}^2/\text{s}$ (1 cSt). Si se utiliza una bomba para líquidos con una viscosidad superior a la del agua, esto reducirá la altura y aumentará el consumo de potencia.

Pérdida de presión

Las curvas QH incluyen pérdidas de carga de válvula y entrada a las velocidades indicadas.

Resumen del sistema

El sistema SQFlex puede utilizarse en varias combinaciones como muestra la siguiente tabla.

| Sistema | consta de los siguientes componentes | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|----------------------|---|---|--|---|
| | Bomba | Paneles solares * | Turbina eólica | Generador/ batería/ suministro de potencia | Controlador de carga | Caja de interruptores o caja de frenado | Unidad de control | Extras adicionales | |
| SQFlex Solar Ver página 10. |  |  | | | |  | IO 100 | | |
| SQFlex Solar - con unidad de control CU 200 e interruptor de nivel Ver página 11. |  |  | | | | |  |  (**) | |
| SQFlex Solar - con generador como fuente de energía de reserva Ver página 12. |  |  | |  | |  | IO 101 | | |
| SQFlex Solar - con batería como fuente de energía de reserva Ver página 13. |  |  | |  | |  IO 100 o IO 101 (**) |  |  Tanque de presión |  Interruptor de presión |
| SQFlex Wind (Eólico) Ver página 15. |  | |  | | |  | IO 102 | | |
| SQFlex Wind (Eólico) - con unidad de control CU 200 e interruptor de nivel Ver página 16. |  | |  | | |  |  |  (**) | |
| SQFlex Combi - combinación de energía solar y eólica Ver página 17. |  |  |  | | |  | IO 102 | | |
| SQFlex Combi - con unidad de control CU 200 e interruptor de nivel Ver página 18. |  |  |  | | |  |  |  (**) | |
| Sistema SQFlex - con generador como fuente de energía Ver página 19. |  | | |  | |  | IO 101 | | |

* Respecto al número de módulos solares necesarios, consultar la herramienta de dimensionamiento en Grundfos WinCAPS.

** Puede excluirse de la instalación.

Protección contra marcha en seco

La bomba SQF está protegida contra marcha en seco con el fin de evitar daños en la misma. La protección contra marcha en seco se activa por el electrodo de nivel de agua, colocado en el cable del motor 0,3 - 0,6 m por encima de la bomba, dependiendo del tipo de bomba.

El electrodo de nivel mide la resistencia de contacto a la camisa del motor a través del agua. Cuando el nivel de agua desciende por debajo del electrodo de nivel de agua la bomba se desconecta. Se vuelve a conectar automáticamente cuando el nivel de agua lleve 5 minutos por encima del electrodo del nivel de agua.

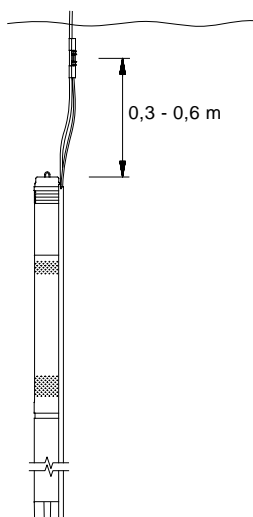


Fig. 2 Instalación vertical

TM02 2436 3901

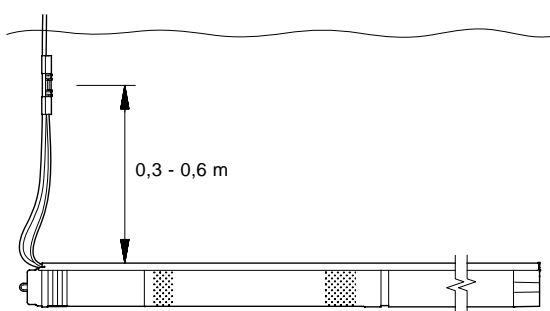


Fig. 3 Instalación horizontal

TM02 2435 3901

Alto rendimiento

El motor MSF 3 es un motor de imán permanente (motor PM) que proporciona un mayor rendimiento dentro de la gama de potencias si lo comparamos con un motor asíncrono convencional.

Además, el estator segmentado del motor contribuye considerablemente al alto rendimiento.

El motor MSF 3 se caracteriza también por el alto par de arranque, incluso con bajo suministro de potencia.

Protección contra sobrevoltaje y bajo voltaje

Cuando la tensión de alimentación es inestable puede producirse sobrevoltaje o bajo voltaje.

La bomba parará si la tensión cae fuera de la gama de tensión permitida. El motor vuelve a arrancar automáticamente cuando la tensión esté dentro de la gama permitida. Por consiguiente no se necesita ningún relé de protección adicional.

Nota: El motor MSF 3 está protegido contra perturbaciones transitorias de la tensión de alimentación según IEC 60664-1 "categoría III de sobretensión" (4 kV). En áreas con alta intensidad de rayos, se recomienda protección externa contra rayos.

Protección contra sobrecarga

Si se sobrepasa el límite superior de entrada de potencia, el motor lo compensará automáticamente, reduciendo la velocidad. Si la velocidad baja a menos de 500 rpm, el motor parará automáticamente.

El motor estará parado durante 10 segundos. Pasado este tiempo, la bomba intentará automáticamente el re arranque.

La protección contra sobrecarga evita que el motor se queme, por lo que no se necesita ninguna protección adicional del motor.

Protección contra sobretemperatura

Un motor de imán permanente desprende muy poco calor. Este hecho, junto con un eficaz sistema de circulación interna que aleja el calor del rotor, estator y cojinetes, garantiza unas condiciones de funcionamiento óptimas del motor.

Como protección adicional, la unidad electrónica incorpora un sensor de temperatura. Cuando la temperatura sube por encima de 85°C, el motor para automáticamente; cuando la temperatura haya bajado a 75°C, el motor vuelve a arrancar automáticamente.

Seguimiento de punto de máxima potencia (MPPT)

La unidad electrónica incorporada le proporciona una serie de ventajas al sistema SQFlex si comparamos con productos convencionales. Una de estas ventajas es el microprocesador incorporado con MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia).

Gracias a la función del MMPT, el punto de trabajo de la bomba se optimiza continuamente según la potencia de entrada disponible. El MPPT sólo está disponible para bombas conectadas a corriente continua.

Amplia gama de tensiones

Una amplia gama de tensiones permite que el motor funcione a cualquier tensión de 30-300 DC ó 90-240AC, por lo que la instalación y el dimensionamiento resultan especialmente fáciles.

Fiabilidad

El motor MSF 3 ha sido desarrollado pensando en una alta fiabilidad, que se consigue mediante las siguientes características:

- cojinetes de carbono/cerámica
- excelentes características de arranque
- varias facilidades de protección.

Instalación

Las siguientes características garantizan una fácil instalación de la bomba SQF:

- ligera para fácil manejo
- instalación en pozos de 3", 4" o mayores
- sólo se necesita un interruptor on/off (arranque/parada), lo que significa que no se necesita arrancador de motor / caja de arranque adicional
- SQF está disponible con cable con tapa y clavija.

Nota: La instalación horizontal requiere que se coloque el electrodo de nivel de agua 0,3 a 0,6 m por encima de la bomba para garantizar la protección contra marcha en seco.

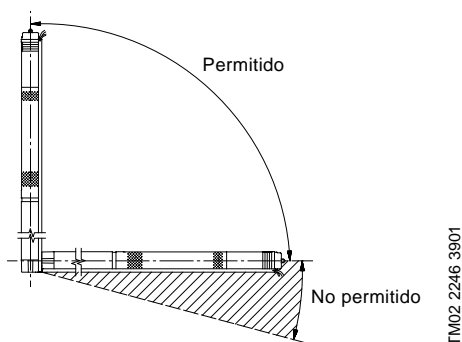


Fig. 4 Instalación de bombas SQF

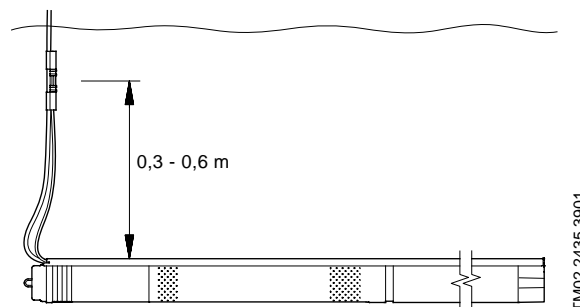


Fig. 5 Instalación horizontal

Mantenimiento

El diseño modular de bomba y motor simplifica la instalación y mantenimiento. El cable y la tapa final con clavija están montados en la bomba con tuercas, por lo que se pueden sustituir.

SQFlex Solar

El sistema SQFlex Solar es el más sencillo de los sistemas SQFlex.

Ventajas

- Instalación fácil
- Mantenimiento limitado a limpieza periódica de los paneles solares
- Pocos y sencillos componentes.

El circuito de protección incorporado en la unidad electrónica del motor para la bomba en caso de marcha en seco o situaciones similares.

Utilizando la caja de interruptores IO 100 se puede desconectar la tensión de alimentación a la bomba manualmente por ejemplo cuando...

- no se necesita agua
- hay que reparar el sistema.

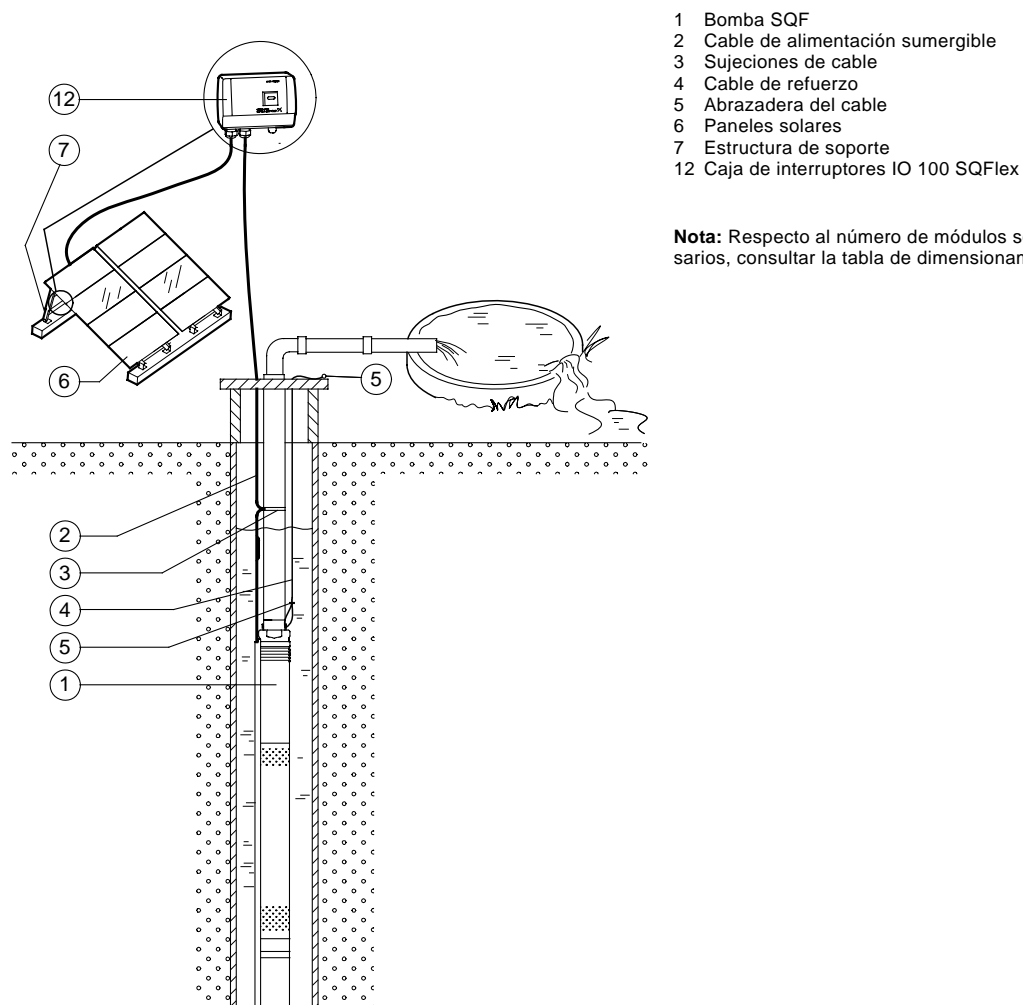


Fig. 6 SQFlex Solar

TM02 2304 4101

SQFlex Solar

- con unidad de control CU 200 e interruptor de nivel

El sistema SQFlex Solar permite utilizar la energía solar para almacenar agua en un tanque.

Los sistema de suministro de agua SQFlex Solar con un tanque de agua se utilizan donde...

- se necesita agua durante la noche
- la energía solar es insuficiente, durante periodos breves, para accionar la bomba
- se necesita una fuente de agua de reserva.

Ventajas

El interruptor de nivel, conectado al CU 200, detiene la bomba cuando el tanque está lleno.

El CU 200 indica...

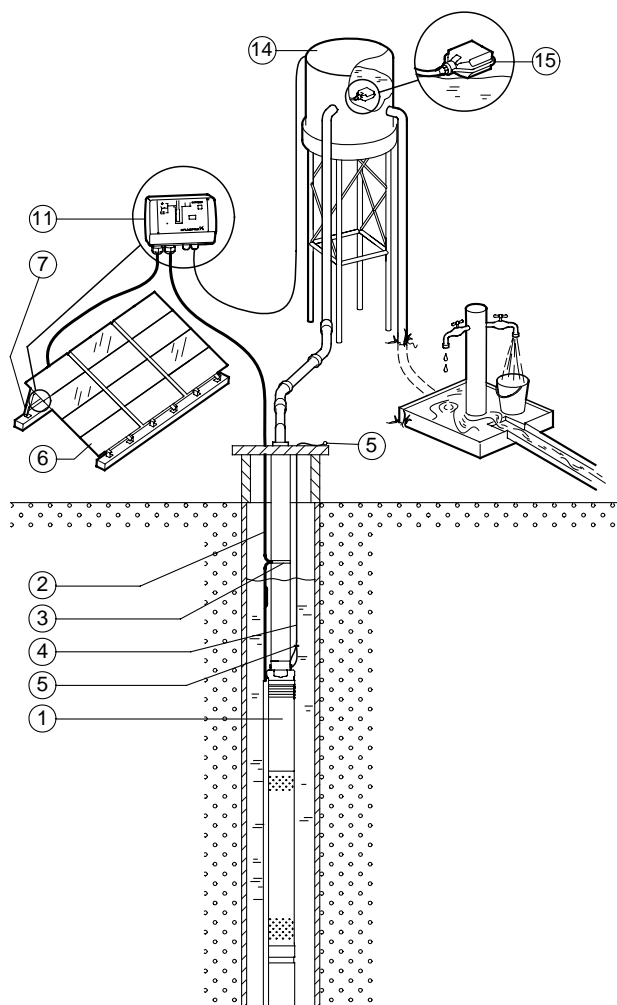
- tanque lleno (interruptor de nivel activado)
- funcionamiento de la bomba
- potencia de entrada.

El CU 200 indica parada de funcionamiento en el caso de...

- marcha en seco
- mantenimiento (ver página 20)
- suministro de energía insuficiente.

El sistema ofrece también...

- instalación fácil
- mantenimiento limitado a la limpieza periódica de los paneles solares.



- 1 Bomba SQF
- 2 Cable de alimentación sumergible
- 3 Sujeciones de cable
- 4 Cable de refuerzo
- 5 Abrazadera del cable
- 6 Paneles solares
- 7 Estructura de soporte
- 11 unidad de control CU 200
- 14 Depósito de agua
- 15 Interruptor de nivel

Nota: Respecto al número de módulos solares necesarios, consultar la tabla de dimensionamiento.

Fig. 7 SQFlex Solar con CU 200 e interruptor de nivel

SQFlex Solar

- con generador como fuente de energía de reserva

Durante los periodos en los que la energía solar está limitada, el sistema de suministro de agua SQFlex Solar proporciona un suministro de agua seguro. El sistema se conecta a un generador externo como reserva mediante la caja de interruptores IO 101.

El sistema se conecta automáticamente

- .
- .
- con energía solar cuando...
 - el generador se para a mano
 - el generador se queda sin combustible.

Ventajas

El sistema ofrece agua durante la noche o cuando la energía solar es insuficiente.

Otras ventajas del sistema

- Fácil de instalar
- Mantenimiento limitado a limpieza periódica de los paneles solares
- Pocos y sencillos componentes
- Flexible en términos de suministro de energía.

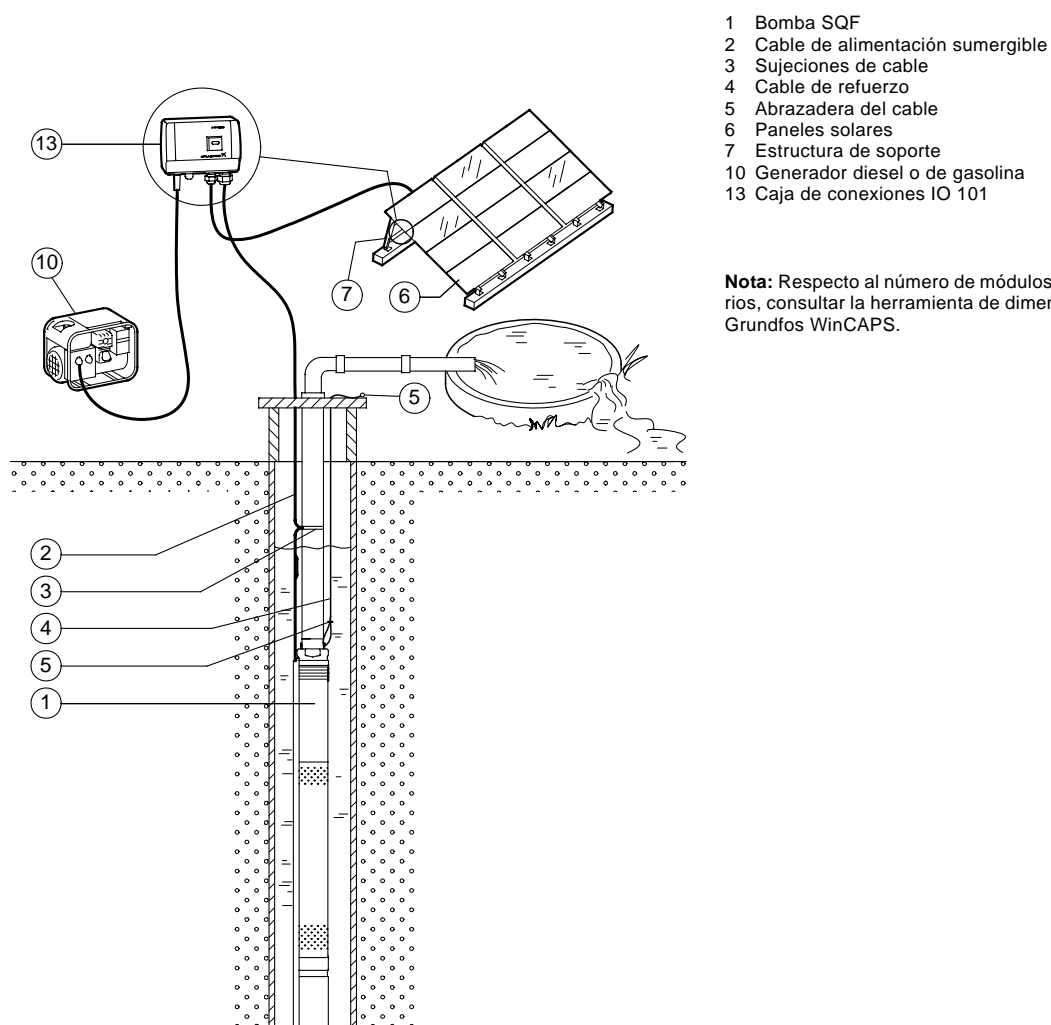


Fig. 8 SQFlex Solar con generador como fuente de energía de reserva

TM02 2309 4101

SQFlex Solar

- con baterías como fuente de energía de reserva

Durante los periodos en los que la energía solar está limitada, el sistema SQFlex Solar proporciona un suministro de agua seguro.

El suministro de agua se garantiza mediante baterías de reserva conectadas al sistema mediante el controlador de carga.

El sistema se conecta como se indica en la fig. 9.

- La potencia se suministra mediante paneles solares conectados para generar 48-110 V DC (nominal).
- La potencia de los paneles solares alimenta un controlador de carga de 48 V DC, que regula el suministro de corriente a las baterías.
- La corriente pasa desde el controlador de carga al banco de baterías, que consiste en el número de baterías dimensionadas de forma adecuada, conectadas en serie para alcanzar una salidad de potencia de 48 V DC (nominal).
- La potencia se extrae del banco de baterías y se conduce a través de CU 200.
Opcional: Hay que instalar un IO 100 o IO 101 para impedir la desconexión de la tensión DC.
Si se instala un IO 101, puede añadirse un generador al sistema.
- La potencia pasa de CU 200 a la bomba SQFlex.

Ventajas

El sistema ofrece agua durante la noche o cuando la energía solar es insuficiente.

Otras ventajas del sistema

- instalación fácil
- Mantenimiento mínimo
- Pocos y sencillos componentes
- Flexibilidad en términos de suministro de energía.

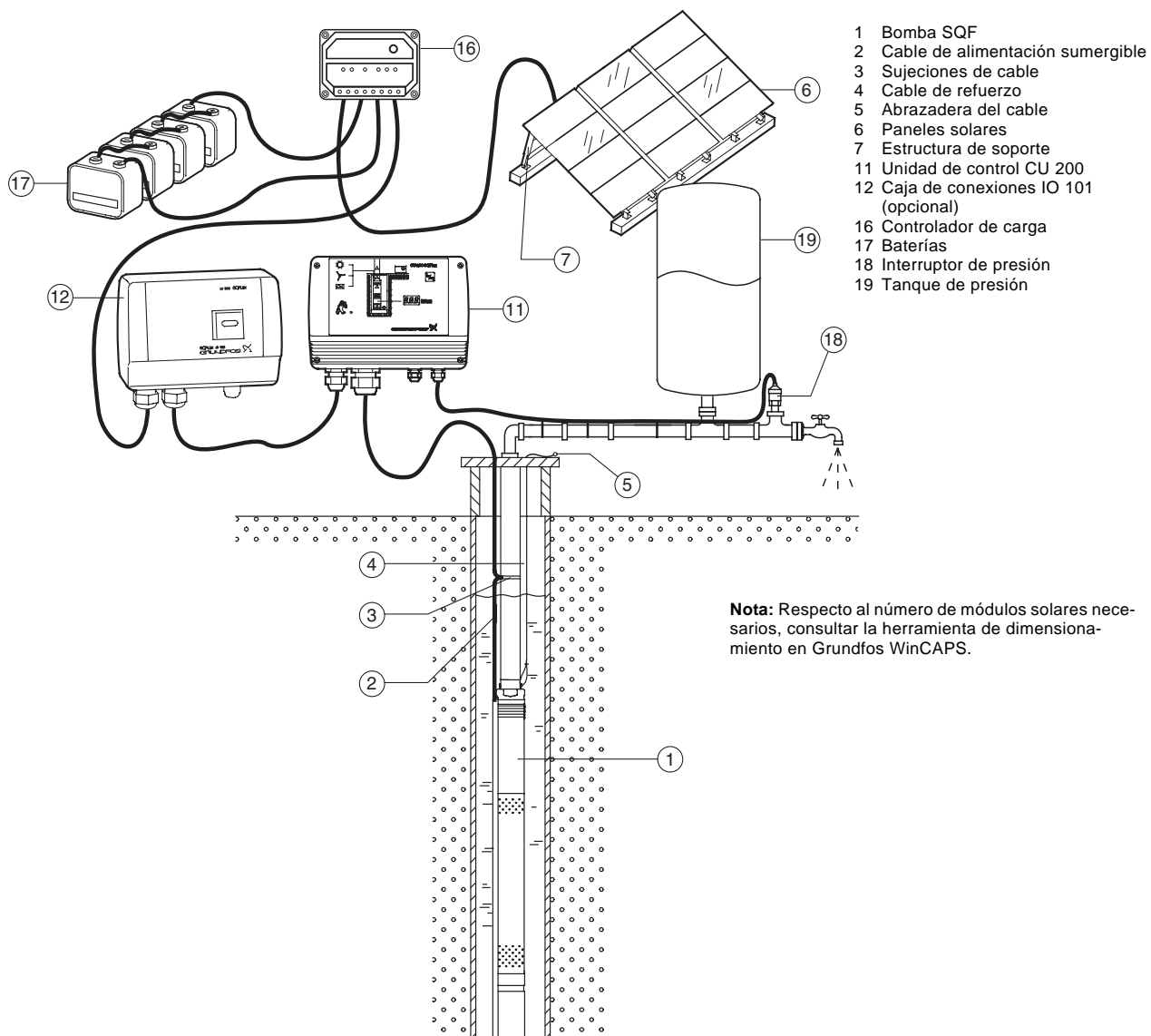


Fig. 9 SQFlex Solar con baterías como fuente de energía de reserva

TM03 4232 1906

SQFlex Wind (Eólico)

El sistema SQFlex Wind está basado en la energía eólica como única fuente de energía para el funcionamiento de la bomba.

El sistema es adecuado para instalación en zonas donde el viento es casi constante durante cierto periodo de tiempo.

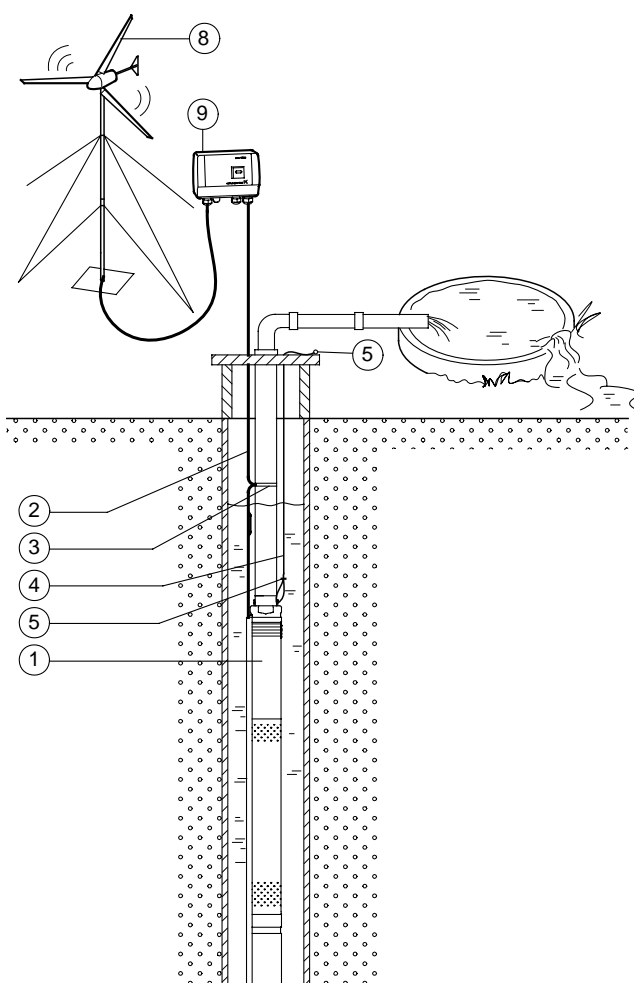
No se recomienda colocar la turbina eólica cerca de las viviendas, ya que el nivel de ruido de la turbina aumenta con la velocidad del viento.

La caja de control IO 102 permite reducir la velocidad de la turbina eólica cuando...

- no se necesita agua
- hay que reparar el sistema.

Ventajas

- Fácil de instalar
- Mantenimiento mínimo
- Pocos y sencillos componentes.
-



- 1 Bomba SQF
- 2 Cable de alimentación sumergible
- 3 Sujeciones de cable
- 4 Cable de refuerzo
- 5 Abrazadera del cable
- 8 Turbina eólica
- 9 Caja de frenado IO 102

Fig. 10 SQFlex Wind (Eólico)

TM02 2306 4101

SQFlex Wind (Eólico)

- con unidad de control CU 200 e interruptor de nivel

El sistema SQFlex Wind permite utilizar la energía eólica para almacenar agua en un tanque.

Los sistema de suministro de agua SQFlex Wind con un tanque de agua se utilizan donde...

- la energía eólica es insuficiente para accionar la bomba durante breves periodos de tiempo
- se necesita una fuente de agua de reserva.

No se recomienda colocar la turbina eólica cerca de las viviendas, ya que el nivel de ruido de la turbina aumenta con la velocidad del viento.

Ventajas

El interruptor de nivel, conectado al CU 200, detiene la bomba cuando el tanque está lleno.

El CU 200 indica...

- tanque lleno (interruptor de nivel activado)
- funcionamiento de la bomba
- potencia de entrada.

El CU 200 indica parada de funcionamiento en el caso de...

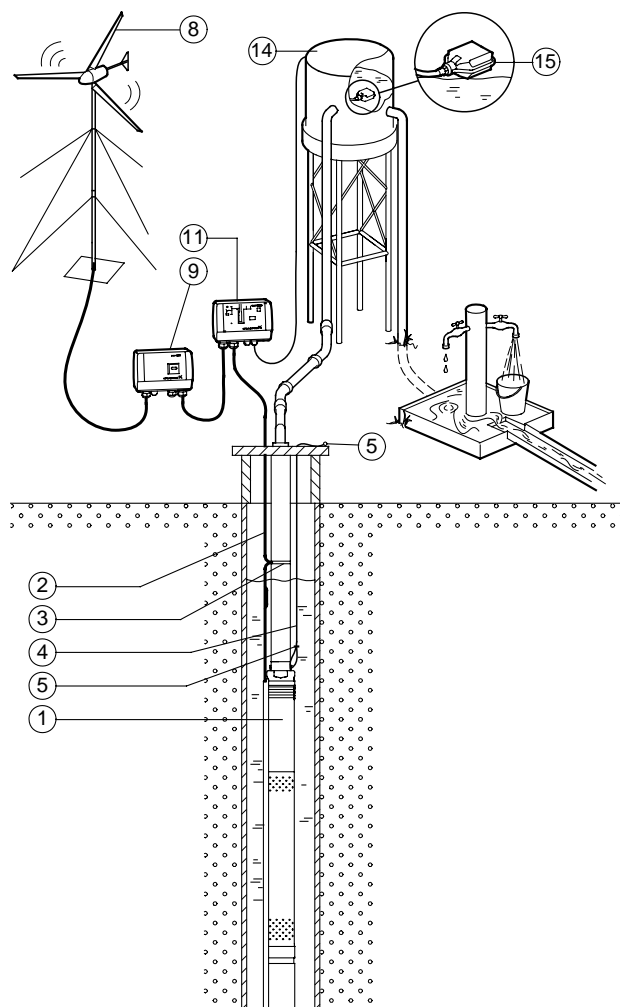
- marcha en seco
- mantenimiento (ver página 20)
- suministro de energía insuficiente.

La caja de control IO 102 permite interrumpir la tensión de alimentación del sistema y reducir la velocidad de la turbina eólica o pararla cuando...

- no se necesita agua
- hay que reparar el sistema.

Otras ventajas del sistema

- instalación fácil
- mantenimiento mínimo.



- 1 Bomba SQF
- 2 Cable de alimentación sumergible
- 3 Sujeciones de cable
- 4 Cable de refuerzo
- 5 Abrazadera del cable
- 8 Turbina eólica
- 9 Caja de frenado IO 102
- 11 Unidad de control CU 200
- 14 Depósito de agua
- 15 Interruptor de nivel

Fig. 11 SQFlex Wind con CU 200 e interruptor de nivel

SQFlex Combi

- combinación de energía solar y eólica

El sistema de suministro de agua SQFlex Combi es idóneo en áreas donde la energía solar o eólica es insuficiente para accionar la bomba.

El suministro de energía a la bomba es una combinación de energía solar y eólica.

No se recomienda colocar la turbina eólica cerca de las viviendas, ya que el nivel de ruido de la turbina aumenta con la velocidad del viento.

Ventajas

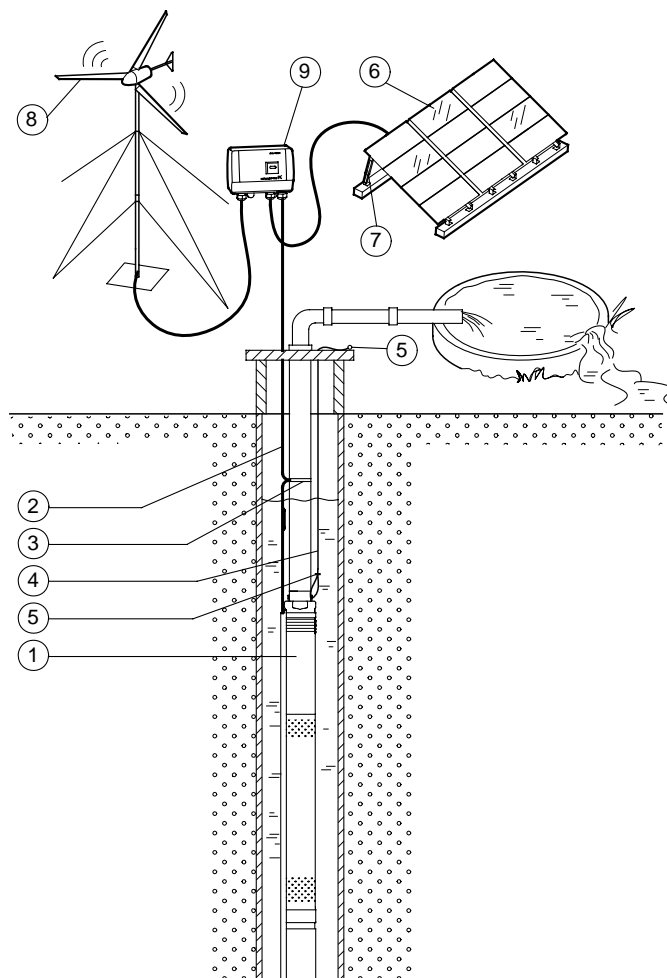
El sistema ofrece agua durante la noche o cuando la energía solar es insuficiente.

Otras ventajas del sistema

- Fácil de instalar
- Mantenimiento limitado a limpieza periódica de los paneles solares
- Pocos y sencillos componentes.

La caja de control IO 102 permite interrumpir la tensión de alimentación del sistema y reducir la velocidad de la turbina eólica o pararla cuando...

- no se necesita agua
- hay que reparar el sistema.



- 1 Bomba SQF
- 2 Cable de alimentación sumergible
- 3 Sujeciones de cable
- 4 Cable de refuerzo
- 5 Abrazadera del cable
- 6 Paneles solares
- 7 Estructura de soporte
- 8 Turbina eólica
- 9 Caja de frenado IO 102

Nota: Respecto al número de módulos solares necesarios, consultar la herramienta de dimensionamiento en Grundfos WinCAPS.

Fig. 12 SQFlex Combi – combinación de energía solar y eólica

TM02 2307 4101

SQFlex Combi

- con unidad de control CU 200 e interruptor de nivel

El sistema SQFlex Combi permite utilizar la energía solar y eólica para almacenar agua en un tanque.

Los sistema de suministro de agua SQFlex Combi con un tanque de agua se utilizan donde...

- la energía solar o eólica es insuficiente para accionar la bomba durante periodos breves de tiempo
- se necesita una fuente de agua de reserva.

No se recomienda colocar la turbina eólica cerca de las viviendas, ya que el nivel de ruido de la turbina aumenta con la velocidad del viento.

Ventajas

El interruptor de nivel, conectado al CU 200, detiene la bomba cuando el tanque está lleno.

El CU 200 indica...

- tanque lleno (interruptor de nivel activado)
- funcionamiento de la bomba
- potencia de entrada.

El CU 200 indica parada de funcionamiento en el caso de...

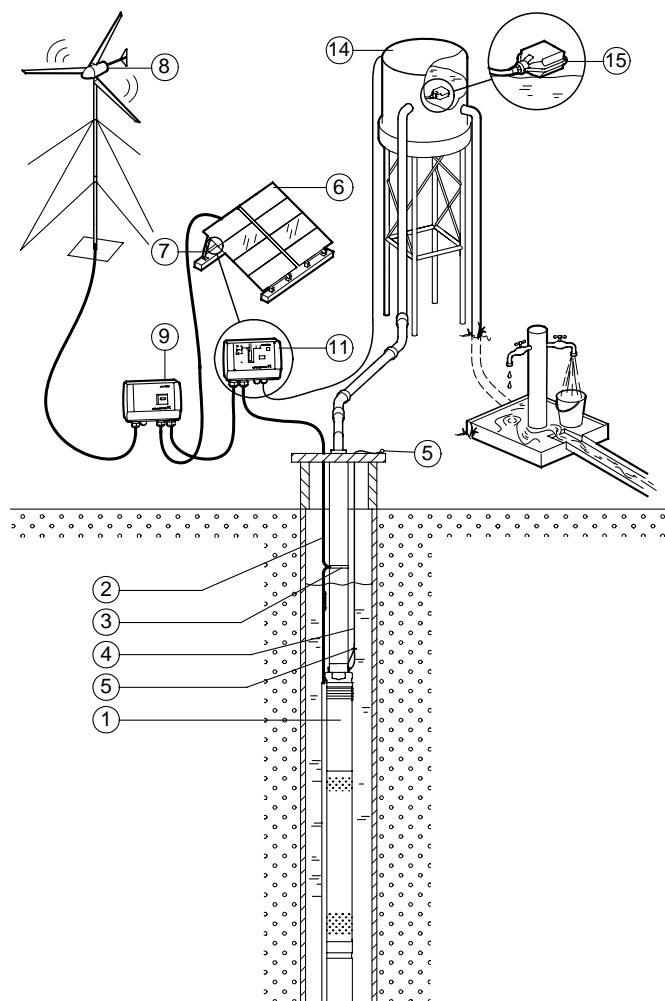
- marcha en seco
- mantenimiento (ver página 20)
- suministro de energía insuficiente.

La caja de control IO 102 permite interrumpir la tensión de alimentación del sistema y reducir la velocidad de la turbina eólica o pararla cuando...

- no se necesita agua
- hay que reparar el sistema.

Otras ventajas del sistema

- instalación fácil
- mantenimiento mínimo.



- 1 Bomba SQF
- 2 Cable de alimentación sumergible
- 3 Sujeciones de cable
- 4 Cable de refuerzo
- 5 Abrazadera del cable
- 6 Paneles solares
- 7 Estructura de soporte
- 8 Turbina eólica
- 9 Caja de frenado IO 102
- 11 Unidad de control CU 200
- 14 Depósito de agua
- 15 Interruptor de nivel

Nota: Respecto al número de módulos solares necesarios, consultar la tabla de dimensionamiento.

Fig. 13 SQFlex Combi con CU 200 e interruptor de nivel

El sistema SQFlex

- con generador como fuente de energía

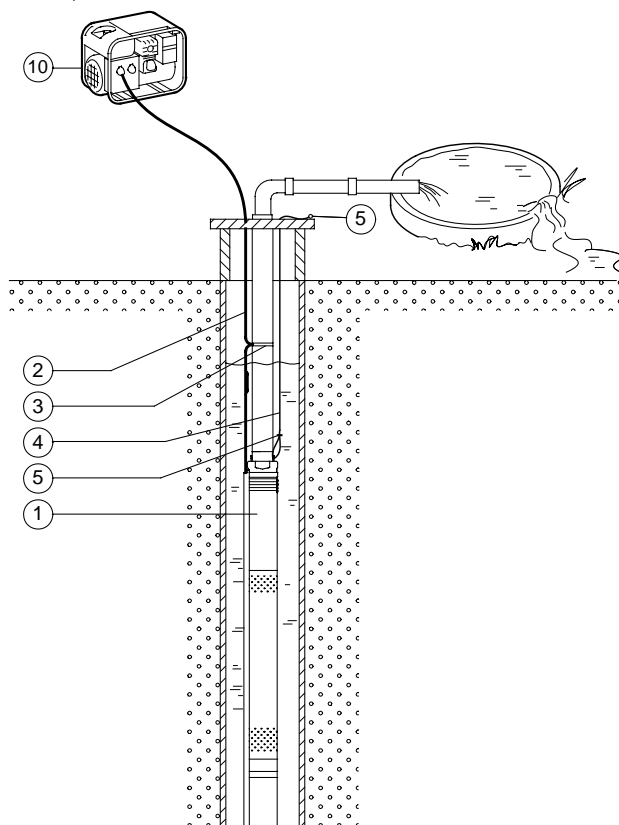
Se conecta el sistema de suministro de agua SQFlex a un generador, que funciona con diesel o gasolina.

Ventajas

Ofrece agua las 24 horas al día, sin que influyan las condiciones climatológicas.

Otras ventajas del sistema

- Instalación fácil
- necesidad de mantenimiento mínimo
- pocos y sencillos componentes.



- 1 Bomba SQF
- 2 Cable de alimentación sumergible
- 3 Sujeciones de cable
- 4 Cable de refuerzo
- 5 Abrazadera del cable
- 10 Generador

Fig. 14 Sistema SQFlex con generador como fuente de energía

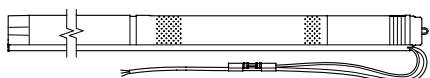
TM02 2311 4101

Bomba sumergible SQF

La bomba SQF está disponible únicamente como unidad completa.

La bomba SQF consta de

- motor
- cable de 2,0 m con electrodo de nivel de agua y manguito
- protector de cable.

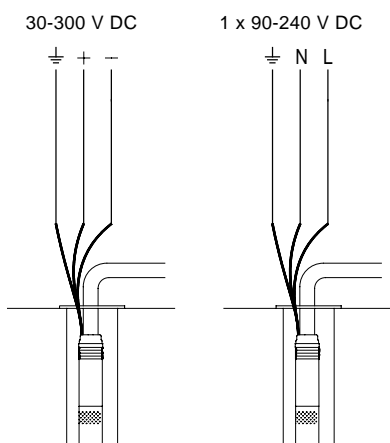


TM02 2217 3901

Fig. 15 Bomba SQF

Hay que conectar el motor MSF al suministro de potencia tal y como se muestra en la fig. 16.

Dado que la unidad electrónica integrada permite al motor funcionar con corrientes de alimentación DC y AC, es indiferente el modo de conexión de los cables "+" y "-" o "N" y "L".



TM02 2437 3901

Fig. 16 Esquema de conexiones eléctricas

Unidad de control CU 200 SQFlex

La unidad de control CU 200 es una unidad combinada de estado, control y comunicación desarrollado especialmente para el sistema SQFlex. Permite además conectar un interruptor de nivel.

El CU 200 incorpora entradas de cable para...

- conexión al suministro de potencia (pos. 6)
- conexión a la bomba (pos. 7)
- conexión a tierra (pos. 8)
- conexión a interruptor de nivel (pos. 9).

(Los números de posición en paréntesis se refieren a la fig. 17.)

La comunicación entre el CU 200 y la bomba se realiza mediante el cable de suministro de potencia de la bomba. Esto se llama Comunicación a través de cable eléctrico de potencia y este principio significa que no se necesitan cables adicionales entre el CU 200 y la bomba.

Se puede arrancar, parar y rearmar la bomba mediante el botón de on/off (arranque/parada) (pos. 1).

El CU 200 ofrece:

- Control del sistema
- Indicación de alarma.

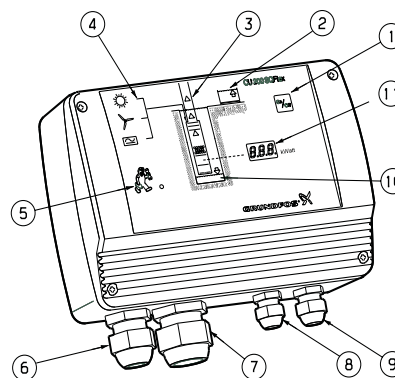
Las siguientes indicaciones permiten controlar el funcionamiento de la bomba:

- Tanque de agua lleno (interruptor de nivel) (pos. 2)
- Bomba funcionando (pos. 3)
- Potencia de entrada (pos. 11).

El CU 200 ofrece las siguientes posiciones de alarma:

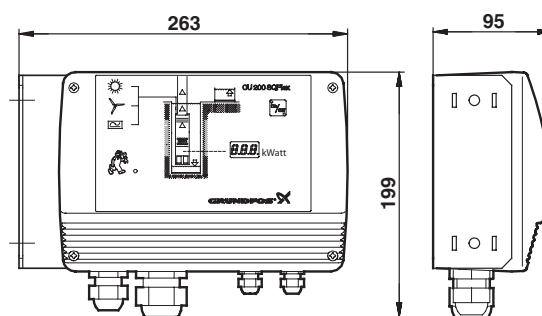
- Marcha en seco (pos. 10)
- Reparación necesaria (pos. 5) en el caso de:
 - Sin contacto con la bomba
 - Sobrevoltaje
 - Sobretemperatura
 - Sobrecarga.

Además, el CU 200 indica los símbolos de las opciones de suministro de energía (pos. 4).



TM02 2325 1206

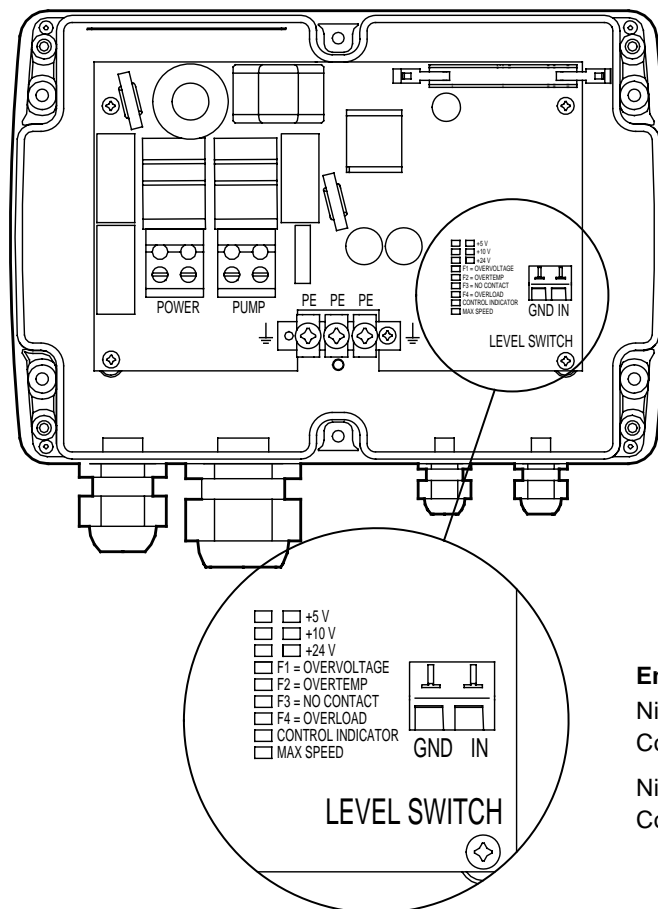
Fig. 17 Elementos del CU 200



Dimensiones indicadas en mm.

Fig. 18 Dimensiones

TM02 2323 1206



Entrada de interruptor de nivel

Nivel alto de agua:
Contacto cerrado.

Nivel bajo de agua:
Contacto abierto.

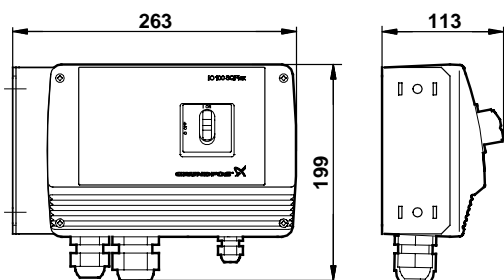
Fig. 19 Conexiones eléctricas, CU 200

TM02 2515 4401

Caja de interruptores IO 100 SQFlex

La caja de interruptores IO 100 está diseñada especialmente para los sistemas solares SQFlex.

Permite el arranque y parada manual de la bomba en un sistema SQFlex Solar y funciona como una caja de conexiones que une todos los cables necesarios.



Dimensiones indicadas en mm.

Fig. 20 Dimensiones

TM02 2545 4003

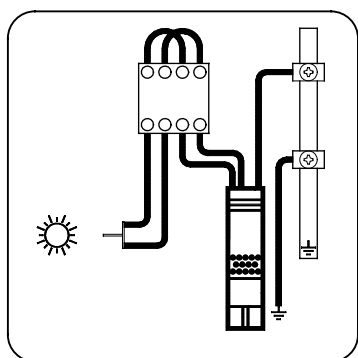


Fig. 21 Esquema de conexiones eléctricas

TM02 4058 4701

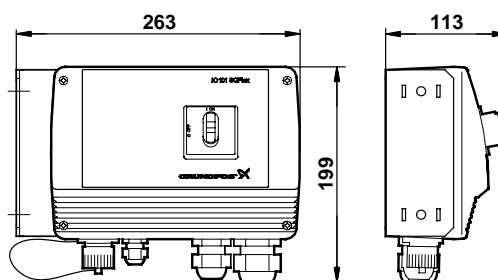
Caja de conexiones IO 101 SQFlex

La caja de interruptores IO 101 está diseñada especialmente para los sistemas solares SQFlex.

Permite la conexión de un suministro de reserva con generador en el caso de irradiación solar insuficiente. Hay que hacer el cambio entre la energía solar y el generador manualmente.

Si se para el generador a mano o si se queda sin combustible, la IO 101 cambiará automáticamente a energía solar.

La IO 101 funciona como una caja de conexiones que une todos los cables necesarios.



Dimensiones indicadas en mm.

Fig. 22 Dimensiones

TM02 2546 4003

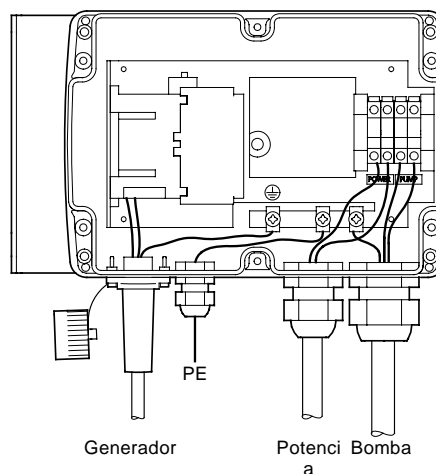


Fig. 23 Conexiones eléctricas

TM02 4162 5001

Caja de frenado IO 102 SQFlex

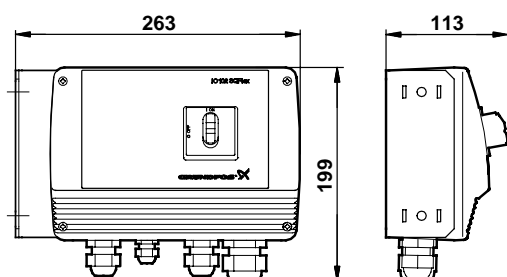
La caja de frenado IO 102 está diseñada especialmente para los sistemas eólicos SQFlex.

Permite el arranque y parada manual de la bomba en un sistema SQFlex Wind y un sistema SQFlex Combi.

El interruptor on/off incorpora un freno eléctrico para la turbina. Cuando el interruptor está en "off", la turbina para o reduce la velocidad.

La IO 102 convierte la corriente alterna trifásica de la turbina eólica en corriente continua. Permite además combinar la energía eólica de la turbina eólica y la energía solar de los paneles solares.

La IO 102 funciona como una caja de conexiones que une todos los cables necesarios.



Dimensiones indicadas en mm.

Fig. 24 Dimensiones

TM02 4232 4003

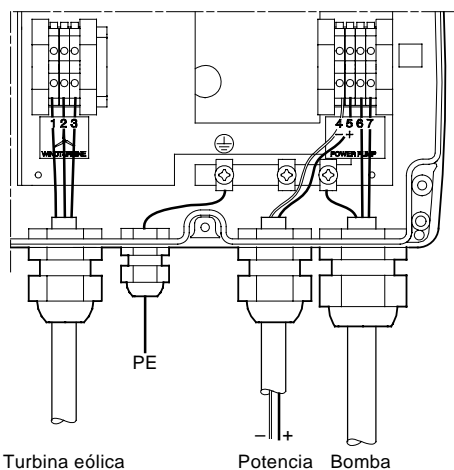


Fig. 25 Conexiones eléctricas

TM02 4312 0502

Controlador de carga

El controlador de carga se utiliza cuando se instala un sistema de reserva de baterías con un sistema de bombeo SQFlex. Estos sistemas suelen utilizarse en aplicaciones en las que la bomba no funciona durante la mayoría de las horas de máxima intensidad solar o en lugares en los que no es posible o no es práctico almacenar grandes volúmenes de agua. Los ejemplos incluyen casas apartadas o cabañas, abrevaderos automáticos y pozos muy profundos.

El controlador de carga es un cargador automático de baterías y el único ajuste necesario es la selección del tipo de batería.

Hay tres tipos de batería seleccionables:

- batería de gel
- batería sellada
- batería inundada.

El controlador de carga permite la desconexión manual de la bomba, de los módulos solares o de ambos al mismo tiempo.

Turbina eólica

Grundfos ofrece una turbina eólica Whisper 200.

La IO 102 funciona como caja de frenado y tiene que estar incluida en los sistemas eólicos SQFlex.

Nota: La IO 102 debe solicitarse por separado.

Generador

El generador puede funcionar con diesel o gasolina.

Tiene que estar funcionando antes de conectar la bomba.

Dimensionamiento del sistema SQFlex

Grundfos ha desarrollado una herramienta informática que permite dimensionar los sistemas SQFlex.

La herramienta de dimensionamiento está integrada en WinCAPS y cubre tanto sistemas solares como eólicos.

Para un dimensionamiento óptimo del sistema SQFlex hay que conocer los siguientes tres parámetros:

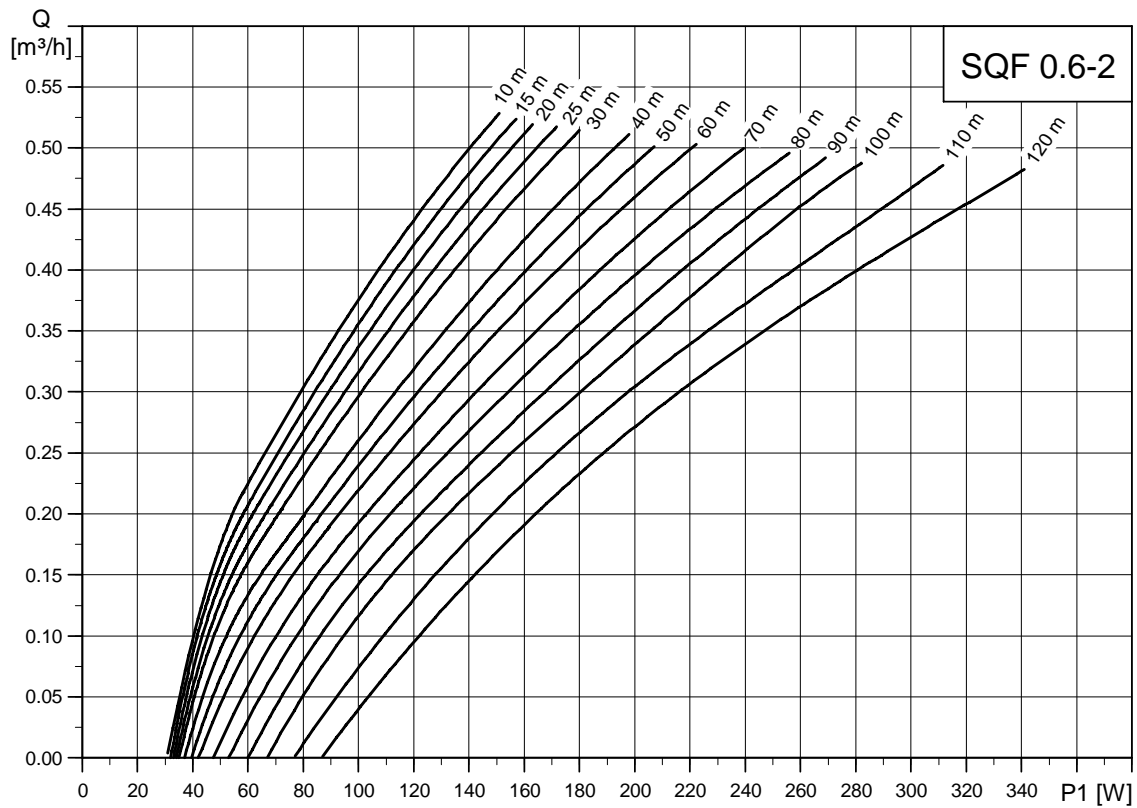
- lugar de instalación
- altura máxima necesaria
- cantidad de agua necesaria.

Con el fin de dimensionar el sistema SQFlex solar correcto, se ha dividido el mundo en seis regiones:

- Norteamérica
- Sudamérica
- Australia/Nueva Zelanda
- Asia/Pacífico
- Sudáfrica
- Europa/Oriente Medio/Norte de África.

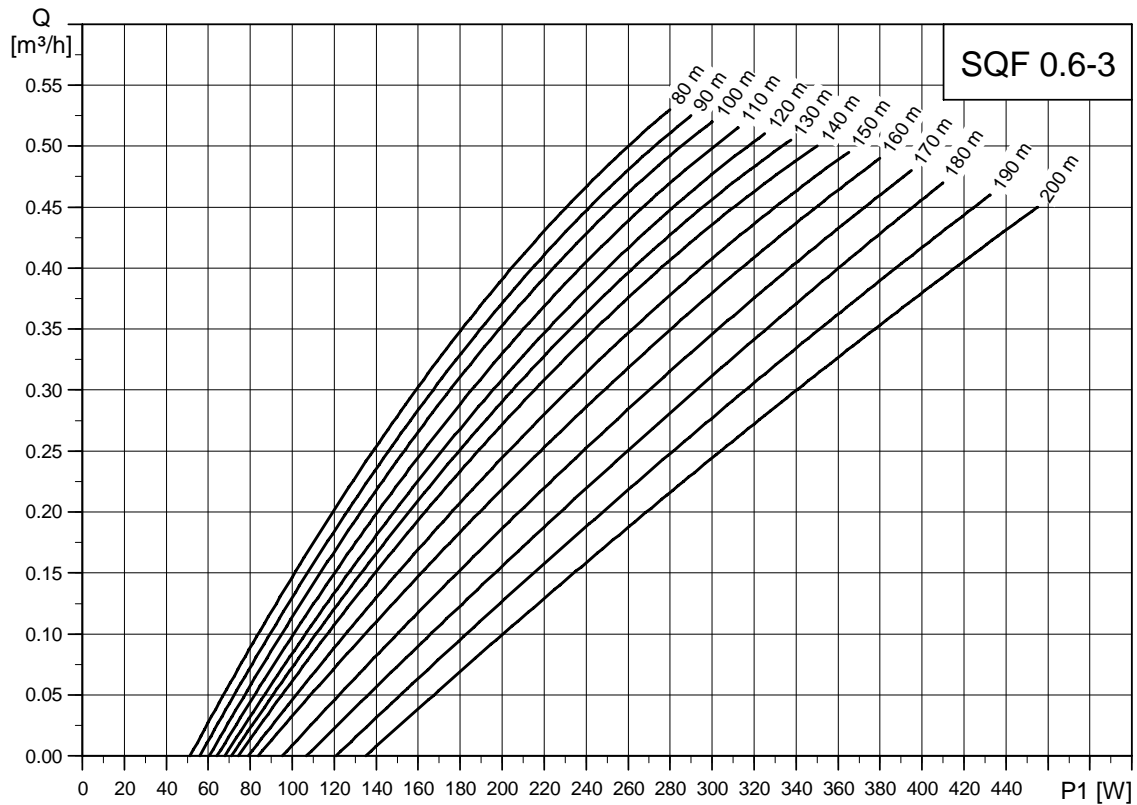
Cada región está dividida en distintas zonas según la irradiación solar en kWh/m²/día.

SQF 0,6-2



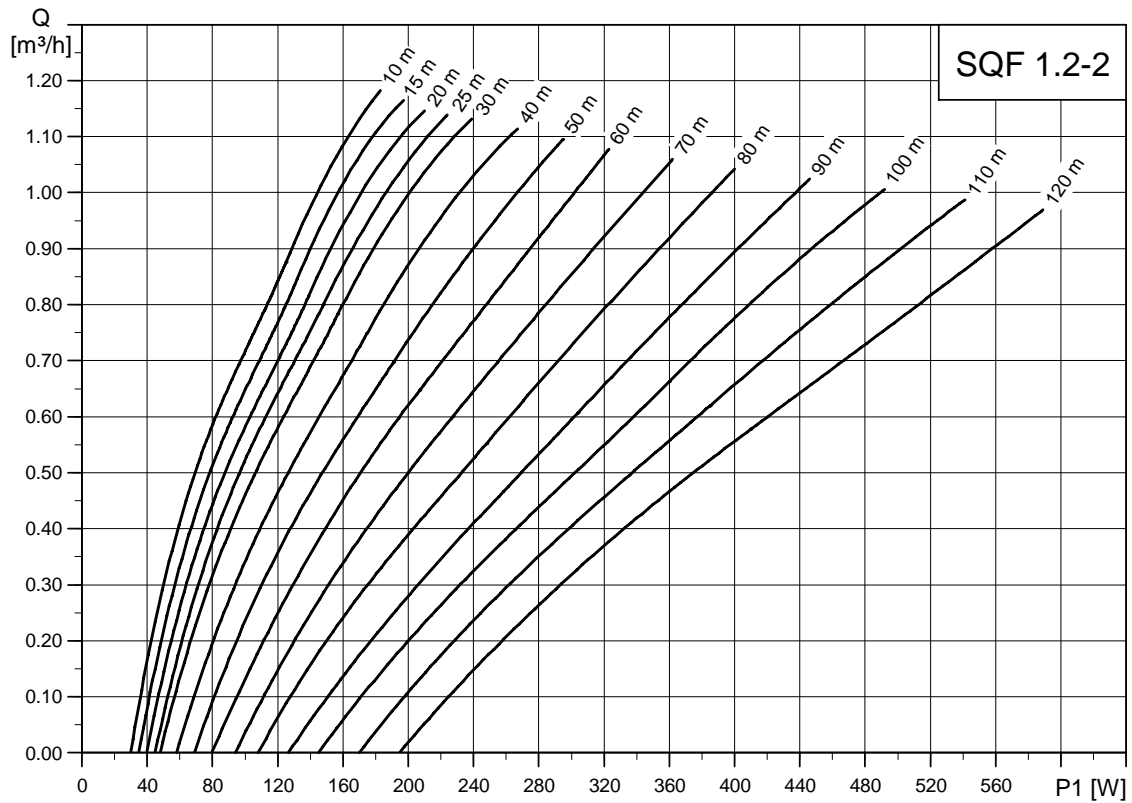
TM02 2338 1206

SQF 0,6-3



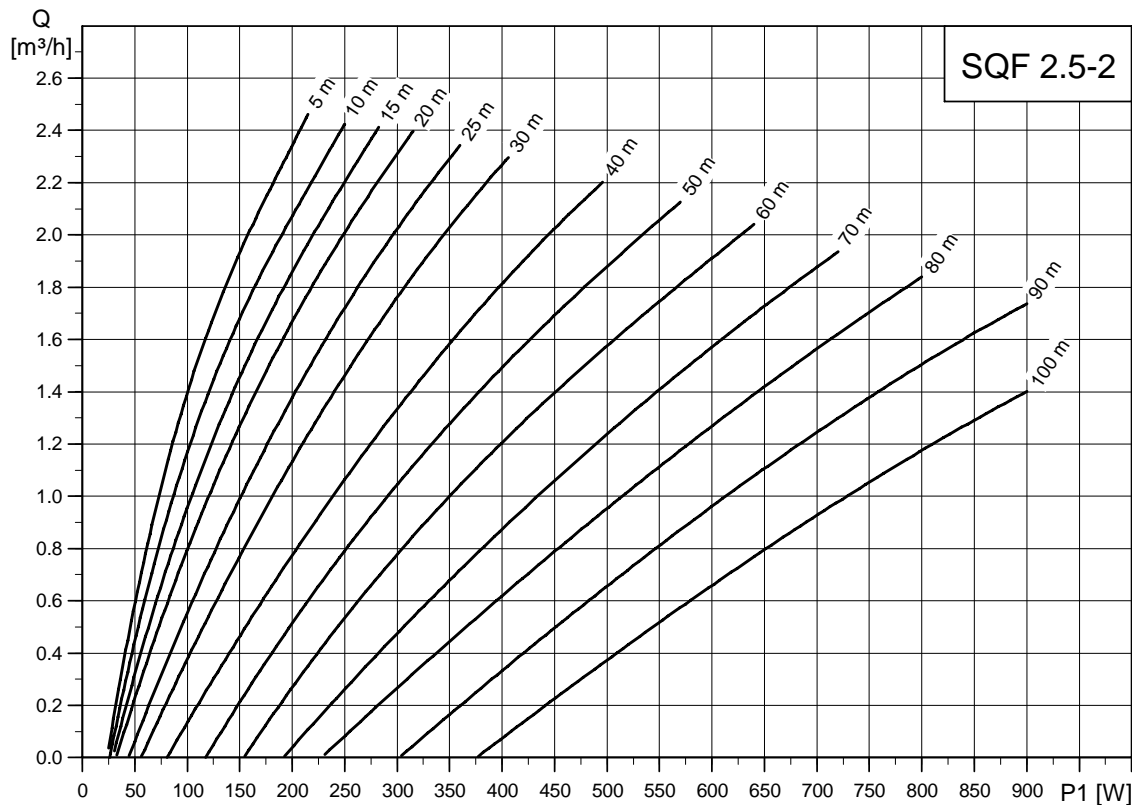
TM03 3926 1206

SQF 1.2-2



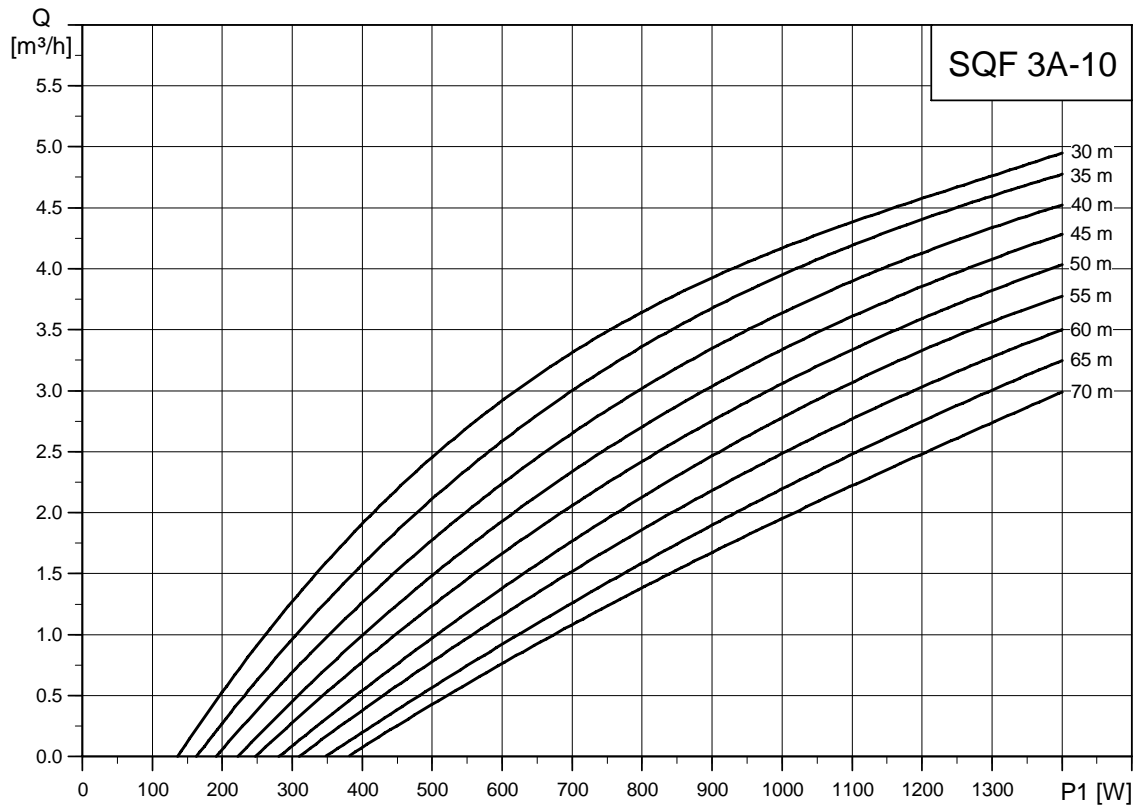
TM02 2339 1206

SQF 2.5-2



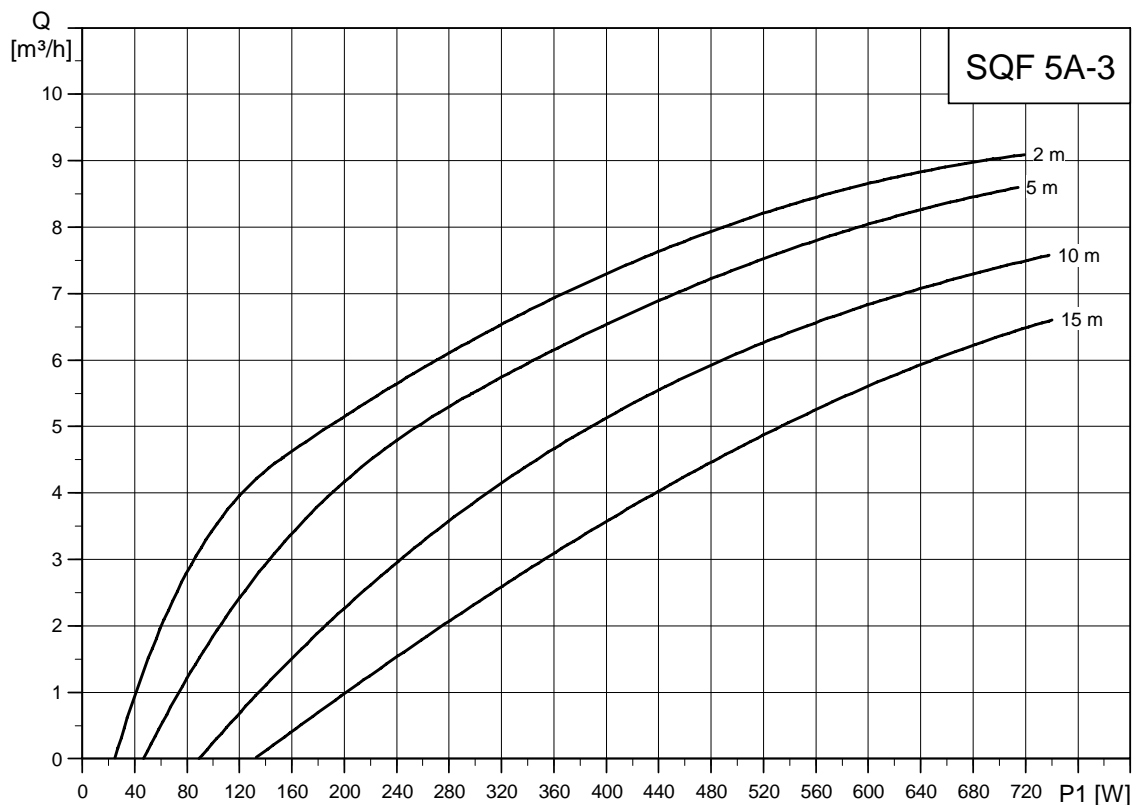
TM02 2340 1206

SQF 3A-10



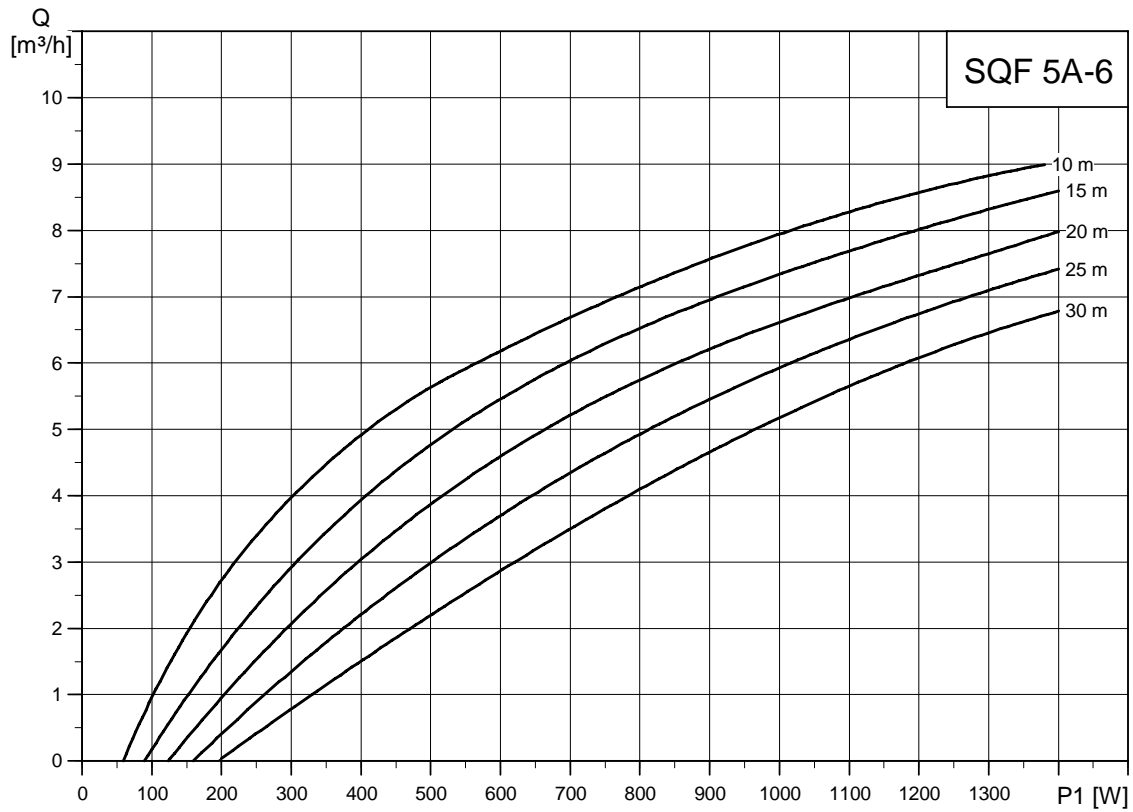
TM03 3927 1206

SQF 5A-3



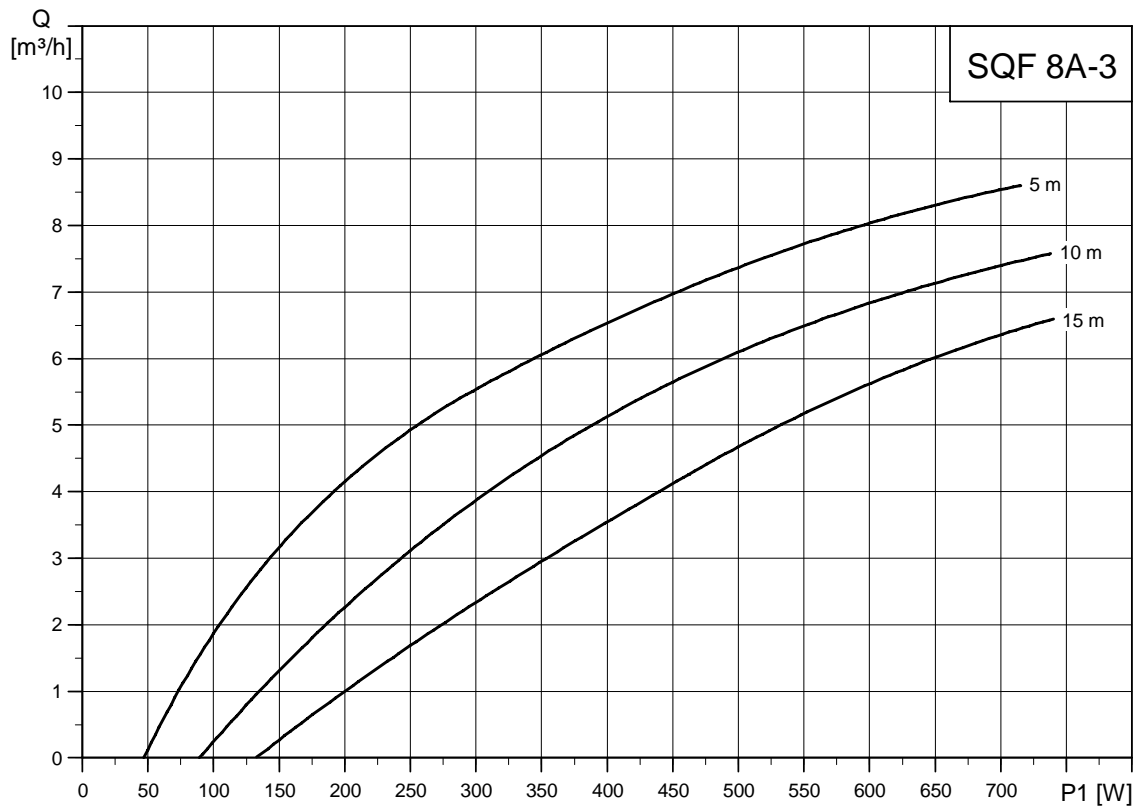
TM02 2341 4101

SQF 5A-6



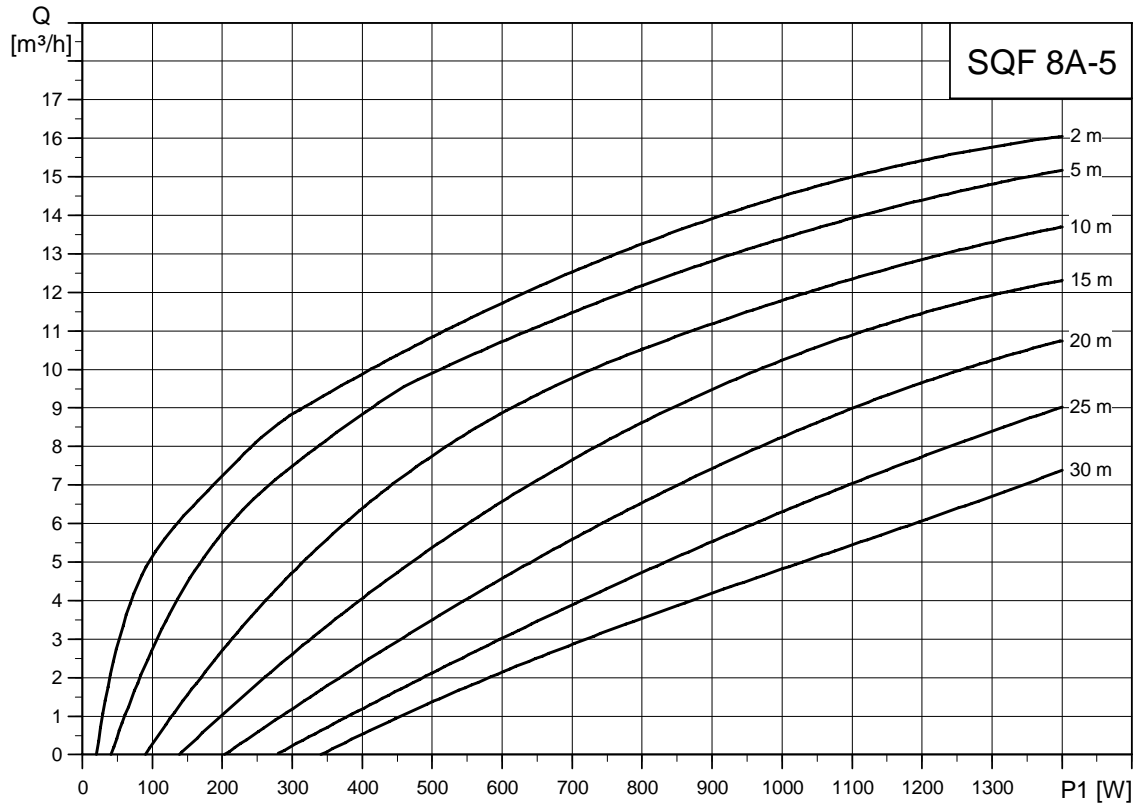
TM02 2342 1206

SQF 8A-3



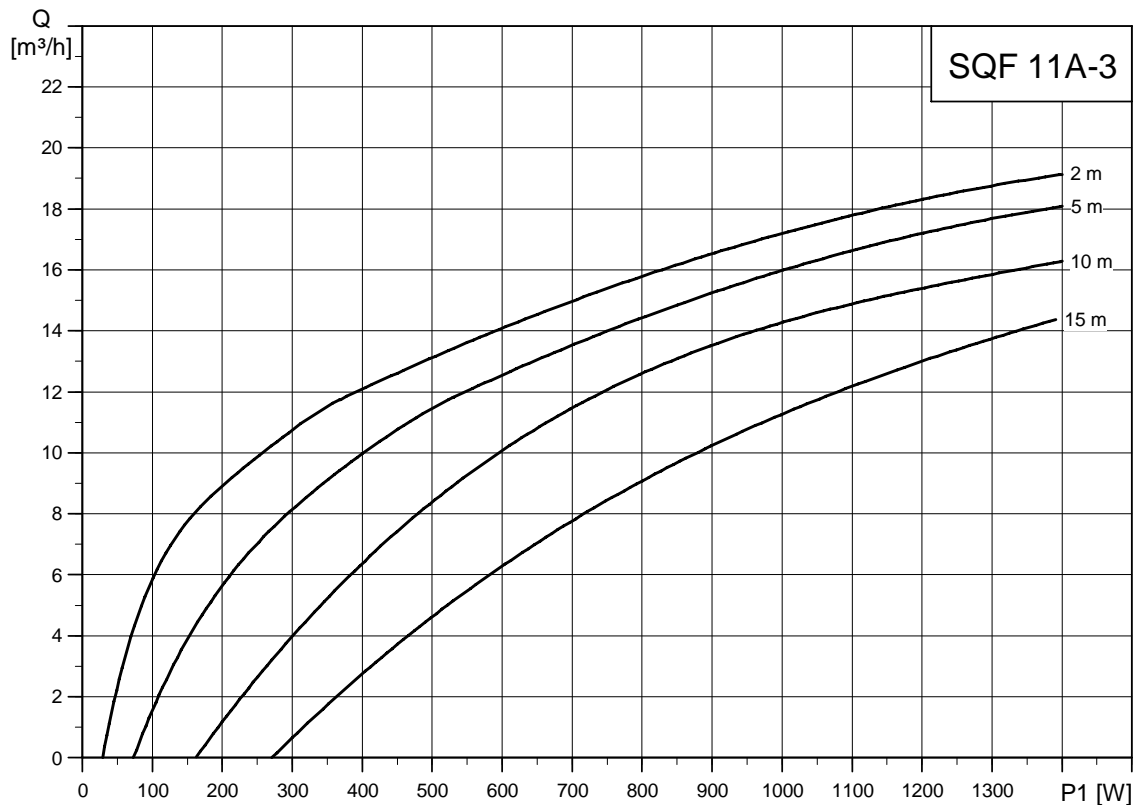
TM02 2343 1206

SQF 8A-5



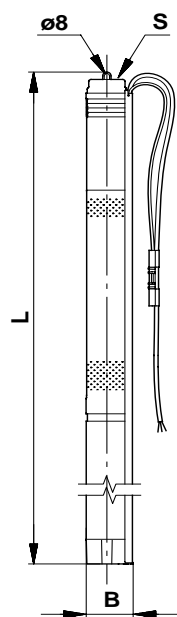
TM03 3928 1206

SQF 11A-3



TM03 3929 1206

Dimensiones y pesos



TM02 2209 3901

| Tipo de bomba | Dimensiones [mm] | | | Peso neto [kg]* | Peso bruto [kg]* | Volumen de embarque [m³]* |
|---------------|------------------|-----|-------|-----------------|------------------|---------------------------|
| | L | B | S | | | |
| SQF 0,6-2 | 1185 * | 74 | Rp 1¼ | 7,6 | 9,4 | 0,0242 |
| SQF 0,6-2 N | 1185 * | 74 | Rp 1¼ | 7,6 | 9,4 | 0,0242 |
| SQF 0,6-3 | 1235 * | 74 | Rp 1¼ | 7,9 | 9,7 | 0,0242 |
| SQF 0,6-3 N | 1235 * | 74 | Rp 1¼ | 7,9 | 9,7 | 0,0242 |
| SQF 1,2-2 | 1225 * | 74 | Rp 1¼ | 7,9 | 9,7 | 0,0242 |
| SQF 1,2-2 N | 1225 * | 74 | Rp 1¼ | 7,9 | 9,7 | 0,0242 |
| SQF 2,5-2 | 1247 * | 74 | Rp 1¼ | 8,2 | 10,0 | 0,0242 |
| SQF 2,5-2 N | 1247* | 74 | Rp 1¼ | 8,2 | 10,0 | 0,0242 |
| SQF 3A-10 | 968 | 101 | Rp 1¼ | 9,5 | 11,0 | 0,0282 |
| SQF 3A-10 N | 1012 | 101 | Rp 1¼ | 11,1 | 12,6 | 0,0282 |
| SQF 5A-3 | 821 | 101 | Rp 1½ | 8,1 | 9,6 | 0,0282 |
| SQF 5A-3 N | 865 | 101 | Rp 1½ | 9,3 | 10,8 | 0,0282 |
| SQF 5A-6 | 884 | 101 | Rp 1½ | 8,8 | 10,3 | 0,0282 |
| SQF 5A-6 N | 928 | 101 | Rp 1½ | 10,2 | 11,7 | 0,0282 |
| SQF 8A-3 | 927 | 101 | Rp 2 | 9,5 | 11,0 | 0,0282 |
| SQF 8A-3 N | 927 | 101 | Rp 2 | 9,5 | 11,0 | 0,0282 |
| SQF 8A-5 | 1011 | 101 | Rp 2 | 10,5 | 12,0 | 0,0282 |
| SQF 8A-5 N | 1011 | 101 | Rp 2 | 10,5 | 12,0 | 0,0282 |
| SQF 11A-3 | 982 | 101 | Rp 2 | 10,9 | 12,4 | 0,0282 |
| SQF 11A-3 N | 982 | 101 | Rp 2 | 10,9 | 12,4 | 0,0282 |

* Bomba completa

Datos eléctricos

30-300 V DC o 1 x 90-240 V AC, 50/60 Hz

| Tipo de bomba | Tipo de motor | Entrada de potencia máxima (P1) [W] | Intensidad máxima [A] |
|---------------|---------------|-------------------------------------|-----------------------|
| SQF 0,6-2 (N) | MSF 3 (N) | 900 | 8,4 |
| SQF 0,6-3 (N) | MSF 3 (N) | 900 | 8,4 |
| SQF 1,2-2 (N) | MSF 3 (N) | 900 | 8,4 |
| SQF 2,5-2 (N) | MSF 3 (N) | 900 | 8,4 |
| SQF 3A-10 (N) | MSF 3 (N) | 1400 | 8,4 |
| SQF 5A-3 (N) | MSF 3 (N) | 1400 | 8,4 |
| SQF 5A-6 (N) | MSF 3 (N) | 1400 | 8,4 |
| SQF 8A-3 (N) | MSF 3 (N) | 1400 | 8,4 |
| SQF 8A-5 (N) | MSF 3 (N) | 1400 | 8,4 |
| SQF 11A-3 (N) | MSF 3 (N) | 1400 | 8,4 |

Bomba SQF

| | |
|--|--|
| Suministro a la bomba | 30-300 V DC, PE. 1 x 90-240 V -10%/+6%, 50/60 Hz, PE. |
| Tiempo de arranque | Dependiendo de la fuente de potencia. |
| Arranque/parada | Número ilimitado de arranques/paradas por hora. |
| Grado de protección | IP 68. |
| Protección de motor | Incorporada en la bomba. Protección contra <ul style="list-style-type: none"> • marcha en seco mediante un electrodo de nivel de agua • sobrevoltaje y subvoltaje • sobrecarga • sobretemperatura. |
| Conductividad | ≥ 70 μs/cm (micro siemens). |
| Nivel de ruido | El nivel de ruido de la bomba es inferior a los valores límite indicados en la Directiva sobre Maquinaria de la CEE. |
| Ruido radioeléctrico | SQF cumple con la Norma CEM 89/336/CEE. Homologada según las normas EN 61000-6-2 y EN 61000-6-3. |
| Función de rearme | SQF puede rearmarse mediante el CU 200 o desconectando la potencia de suministro durante 1 minuto. |
| Factor de potencia | PF = 1. |
| Funcionamiento mediante generador | Tensión: 230 V AC -10%/+6%. La salida del generador debe ser de <ul style="list-style-type: none"> • mínimo 1 k VA (bombas de rotor helicoidal) • mínimo 1,5 k VA (bombas centrífugas). |
| Diferencial a tierra | Si la bomba está conectada a una instalación eléctrica donde se utiliza un diferencial a tierra (ELCB) como protección adicional, tiene que ser del tipo que se dispara cuando se producen derivaciones a tierra de corriente continua (pulsante). |
| Diámetro de perforación | SQF 0,6, SQF 1,2, SQF 2,5: Mínimo: 76 mm. SQF 3A, SQF 5A, SQF 8A, SQF 11A: Mínimo: 104 mm. |
| Profundidad de instalación | Mínimo: La bomba tiene que estar completamente sumergida en el líquido de bombeo. Máximo: 150 m por encima del nivel estático del agua (15 bar). |
| Filtro de aspiración | Orificios del filtro de aspiración: SQF 0,6 (N), SQF 1,2 (N), SQF 2,5 (N): ø2,3 mm. SQF 3A (N), SQF 5A: ø2,5 mm. SQF 5A N, SQF 8A (N), SQF 11A (N): 4 mm x 20 mm. |
| Líquidos bombeados | pH 5 a 9. Contenido de arena hasta 50 g/m ³ . |
| Marca | CE. |

Unidad de control CU 200 SQFlex

| | |
|----------------------------------|---|
| Tensión | 30-300 V DC, 8,4 A. 90-240 V AC, 8,4 A. |
| Consumo de potencia | 5 W. |
| Consumo de corriente | Máximo 130 mA. |
| Cable de la bomba | Longitud máxima entre la CU 200 y la bomba: 200 m. Longitud máxima entre la CU 200 y el interruptor de nivel: 500 m. |
| Fusible de reserva | Máximo 10 A. |
| Ruido radioeléctrico | La CU 200 cumple con la Norma CEM 89/336/CEE. Homologada según las normas EN 55014 y 55014-2. |
| Humedad relativa del aire | 95%. |
| Grado de protección | IP 55. |
| Temperatura ambiente | Durante el funcionamiento: -30°C a +50°C. Durante el almacenaje: -30°C a +60°C. |
| Marca | CE. |
| Peso | 2 kg. |

Caja de interruptores IO 100 SQFlex

| | |
|-----------------------------|--|
| Tensión | Máximo 300 V DC, 8,4 A. Máximo 265 V AC, 8,4 A. |
| Grado de protección | IP 55. |
| Temperatura ambiente | Durante el funcionamiento: -30°C a +50°C. Durante el almacenaje: -30°C a +60°C. |
| Marca | CE. |

Caja de conexiones IO 101 SQFlex

| | |
|-----------------------------|--|
| Tensión | 230 V AC $-15\%/+10\%$, 50/60 Hz (relé interno). Máximo 225 V DC, 8,4 A. Máximo 265 V AC, 8,4 A. |
| Grado de protección | IP 55. |
| Temperatura ambiente | Durante el funcionamiento: -30°C a $+50^{\circ}\text{C}$. Durante el almacenaje: -30°C a $+60^{\circ}\text{C}$. |
| Marca | CE. |

Caja de frenado IO 102 SQFlex

| | |
|-----------------------------|--|
| Tensión | Máximo 225 V DC, 8,4 A. Máximo 265 V AC, 8,4 A. |
| Grado de protección | IP 55. |
| Temperatura ambiente | Durante el funcionamiento: -30°C a $+50^{\circ}\text{C}$. Durante el almacenaje: -30°C a $+60^{\circ}\text{C}$. |
| Marca | CE. |

Controlador de carga

| | |
|-------------------------------------|---|
| Tensión (entrada solar) | Máximo 110 V DC. |
| Corriente (entrada solar) | Máximo 15 A. |
| Intensidad de salida (carga) | Máximo 15 A. |
| Temperatura ambiente | -40°C a $+60^{\circ}\text{C}$. |
| Peso | 0,34 kg. |

Especificación de materiales, bomba de rotor helicoidal

| Pos. | Pos. | Material | SQF | | SQF-N | |
|------|---------------------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | EN/DIN | AISI | EN/DIN | AISI |
| 1 | Alojamiento de la válvula | Poliamida | | | | |
| 1a | Cámara de descarga | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 1d | Junta tórica | NBR | | | | |
| 2 | Kit de válvulas | Poliamida | | | | |
| 3 | Asiento de válvula | NBR | | | | |
| 6 | Brida superior | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 7a | Anillo de cierre | Acero elástico inoxidable | 1.4310 | 310 | 1.4310 | 310 |
| 9 | Estator de la bomba | Acero inoxidable/EPDM | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 13 | Rotor de la bomba | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 16 | Eje de torsión | Acero inoxidable | 1.4401 | 316 | 1.4401 | 316 |
| 39 | Muelle de la válvula | Acero elástico inoxidable | 1.4406 | 316 LN | 1.4406 | 316 LN |
| 55 | Camisa exterior | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 70 | Guía de la válvula | Poliamida | | | | |
| | Protector del cable | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| | Tornillos para el protector del cable | Acero inoxidable | 1.4401 | 316 | 1.4401 | 316 |

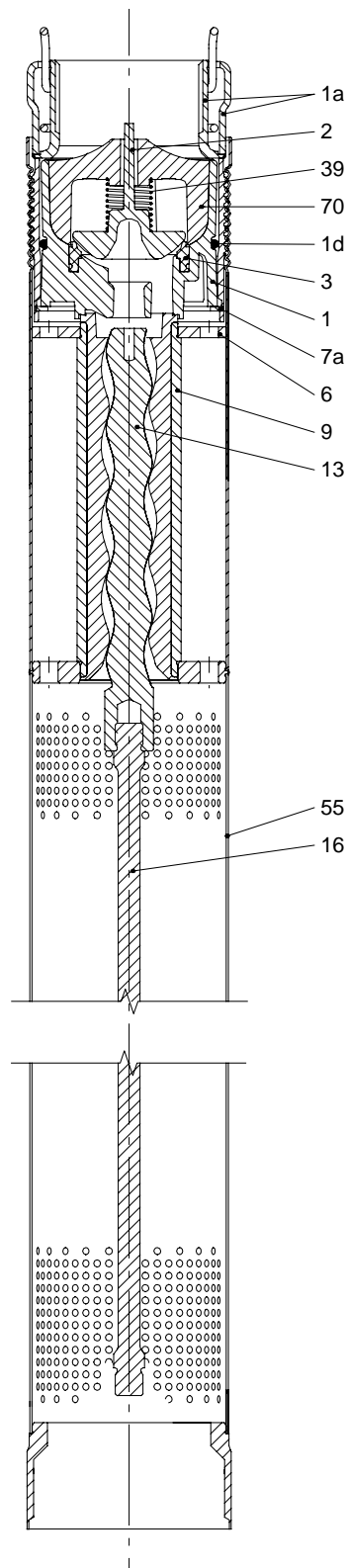


Fig. 26 Ejemplo: SQF 1.2-2

TM02 2213 3901

Especificación de materiales, bomba centrífuga

| Pos. | Componente | Material | SQF | | SQF-N | |
|------|---|----------------------------|--------|------|--------|------|
| | | | EN/DIN | AISI | EN/DIN | AISI |
| 1 | Alojamiento de la válvula | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 4 | Cámara, superior | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 6 | Brida superior | NBR | | | | |
| 7 | Anillo cierre | NBR/PPS | | | | |
| 8 | Cojinete | NBR | | | | |
| 9 | Cámara, completa | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 11 | Tuerca para el casquillo cónico | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 12 | Casquillo cónico | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 13 | Impulsor | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 14 | Pieza interior | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 14a | Pieza de conexión, completa (adaptador MSF 3) | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 15 | Filtro | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 16 | Eje, cilíndrico | Acero inoxidable | 1.4057 | 431 | 1.4460 | 329 |
| 17 | Tirante | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 18 | Protector del cable, bomba | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 18c | Protector del cable, motor | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 19 | Tuerca para tirante | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 19a | Tuerca | Acero inoxidable | 1.4401 | 316 | 1.4401 | 316 |
| 24 | Acoplamiento con tuerca | Acero inoxidable | 1.4462 | 329 | 1.4462 | 329 |
| 24a | Anillo soporte | Acero inoxidable | 1.4401 | 316 | 1.4401 | 316 |
| 24b | Protector de estrías | NBR | | | | |
| 25 | Fijación para el anillo de desgaste, completo | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 85 | Anillo de tope (sólo SQF 5A y SQF 11A) | PTFE de grafito de carbono | | | | |
| | Tornillos para el protector del cable | Acero inoxidable | 1.4401 | 316 | 1.4401 | 316 |

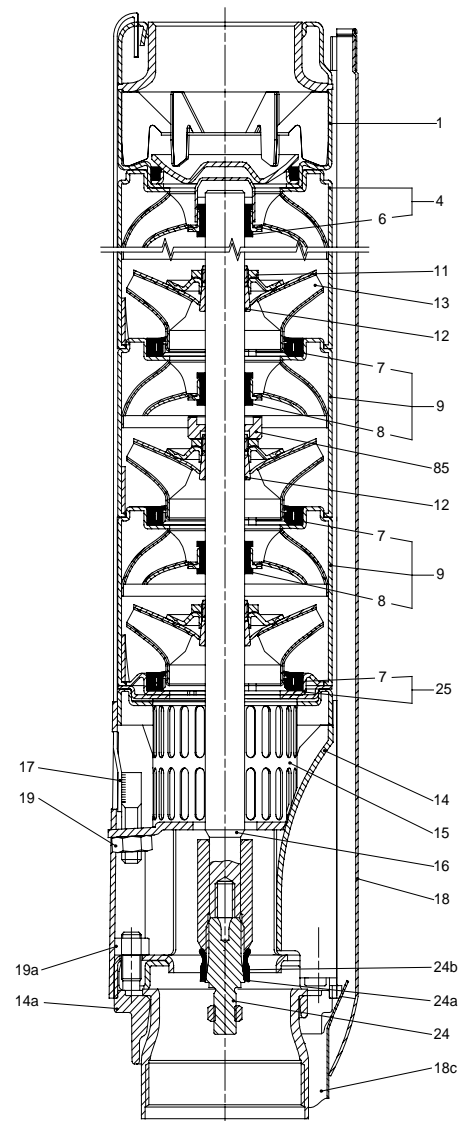


Fig. 27 Ejemplo: SQF 11A-3

TM02 2439 4301

Materiales, motor

| Pos. | Componente | Material | MSF 3 | | MSF 3 N | |
|------|----------------------------------|--|--------|------|---------|------|
| | | | EN/DIN | AISI | EN/DIN | AISI |
| 201 | Estator con manguito, completo | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 202 | Rotor | Acero inoxidable | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 202a | Anillo de tope | PP | | | | |
| 202c | Extremo de eje | Acero inoxidable | 1.4401 | 316 | 1.4401 | 316 |
| 203 | Cojinete de empuje, estacionario | Acero inoxidable/ carbono | 1.4401 | 316 | 1.4401 | 316 |
| 205 | Cojinete radial | Carburo de silicio | 1.4301 | 304 | 1.4401 | 316 |
| 206 | Cojinete de empuje, giratorio | Acero inoxidable/ óxido de aluminio Al ₂ O ₃ | 1.4401 | 316 | 1.4401 | 316 |
| 220 | Cable de motor con clavija | | | | | |
| 222a | Tapón de llenado | NBR | | | | |
| 223 | Unidad electrónica | | | | | |
| 224 | Junta tórica | MSF 3: NBR. MSF 3 N: FKM. | | | | |
| 225 | Tapa superior | NBR | | | | |
| 232 | Cierre | MSF 3: NBR. MSF 3 N: FKM. | | | | |
| 243 | Alojamiento cojinete de empuje | Acero inoxidable | 1.4408 | 316 | 1.4408 | 316 |
| | Cuatro tuercas (M4) | Acero inoxidable | 1.4401 | 316 | 1.4401 | 316 |

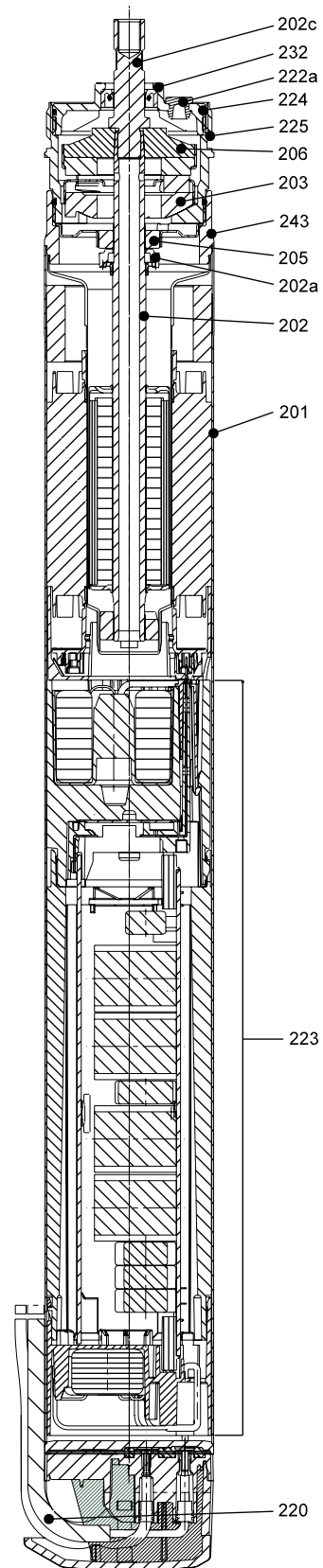
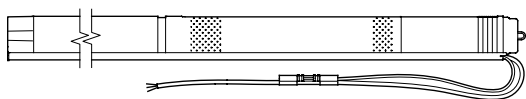


Fig. 28 MSF 3

TM02 2215 1406

Bomba sumergible SQF



TM02 2217 3901

Fig. 29 Bomba SQF

La bomba SQF se suministra con cable de 2 m.

| Tipo de bomba | Tamaño de la bomba | Código | |
|---------------|--------------------|----------|----------|
| | | SQF | SQF-N |
| SQF 0,6-2 (N) | 3" | 95027324 | 95027325 |
| SQF 0,6-3 (N) | 3" | 95027326 | 95027327 |
| SQF 1,2-2 (N) | 3" | 95027328 | 95027329 |
| SQF 2,5-2 (N) | 3" | 95027330 | 95027331 |
| SQF 3A-10 (N) | 4" | 95027336 | 95027337 |
| SQF 5A-3 (N) | 4" | 95027338 | 95027339 |
| SQF 5A-6 (N) | 4" | 95027340 | 95027341 |
| SQF 8A-3 (N) | 4" | 95027344 | 95027345 |
| SQF 8A-5 (N) | 4" | 95027346 | 95027347 |
| SQF 11A-3 (N) | 4" | 95027441 | 95027442 |

Unidad de control SQFlex CU 200

| Producto | Código |
|---------------|----------|
| CU 200 SQFlex | 96625360 |

Caja de interruptores IO 100 SQFlex

| Producto | Código |
|---------------|----------|
| IO 100 SQFlex | 96475073 |

Caja de conexiones IO 101 SQFlex

| Producto | Código |
|-----------------------|----------|
| IO 101 SQFlex (230 V) | 96475074 |
| IO 101 SQFlex (115 V) | 96481502 |

Caja de frenado IO 102 SQFlex

| Producto | Código |
|-----------------------------------|----------|
| IO 102 SQFlex para turbina eólica | 96475065 |

Conjuntos de agua

Hay disponibles seis conjuntos de agua completos. El contenido de los conjuntos aparece en la siguiente tabla:

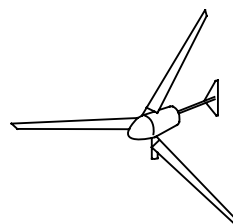
| Conjunto de agua | Contenido | | | | | Código |
|----------------------|---------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| | Tipo de bomba | Módulo solar | Caja de conexiones | Estructura de soporte | Kit de cable al control | |
| Conjunto de agua | SQF 0,6-2 | Hay que solicitarlos por separado | IO 100 SQFlex | Montaje en poste | 0,3 m | 95027452 |
| Conjunto de agua 101 | SQF 0,6-2 N | | | | | 95027453 |

Controlador de carga

| Producto | Código |
|----------------------|----------|
| Controlador de carga | 96023194 |

Turbina eólica

| Producto | Código |
|----------------------------|--------|
| Turbina eólica Whisper 200 | |



TM02 2568 4501

96472120

Cables de alimentación sumergibles

Los cables de alimentación sumergibles para las bombas SQF están homologados para la utilización en agua potable (homologación KTW).

El material del cable sumergible es EPR (caucho de etileno-propileno).

Dimensionamiento del cable

Utilizar la siguiente fórmula

$$L = \frac{\Delta P \times q \times V_{mp}^2}{W_p \times 100 \times 2 \times \rho} [m]$$

donde

L = Longitud del cable [m]

ΔP = Pérdida de potencia [%]

q = Sección del cable de alimentación sumergible [mm²]

V_{mp} = Tensión de potencia máx. [V]

W_p = Watios máx. [Wp]

ρ = Resistencia específica: 0,0173 [Ω mm²/m].

La herramienta de dimensionamiento en Grundfos WinCAPS posibilita calcular las pérdidas exactas.

Turbina eólica Whisper 200



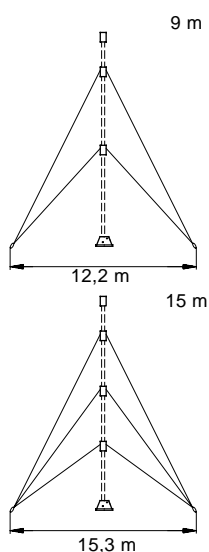
TM02 7886 4403

| Descripción | Código |
|----------------------------|----------|
| Turbina eólica Whisper 200 | 96472120 |

Especificaciones

Diámetro del rotor: 2,8 metros.
 Peso: 30 kg.
 Montaje: Schedule 40 de 2,5".
 Velocidad del viento de arranque: 3,1 m/seg.

Kit de torre para Whisper 200



TM02 5582 3502

| Descripción | Altura [m] | Código |
|-------------------------------|------------|----------|
| Kit de torre para Whisper 200 | 9 | 96475066 |
| | 15 | 96475067 |

Nota: Los tubos no están incluidos.

Para seleccionar los tubos para la torre, ver a continuación.

Kit de instalación de torres

| Descripción | Código |
|------------------------------|----------|
| Kit de instalación de torres | 96475069 |

Nota: No incluye mástil.

Para seleccionar los tubos para la torre, ver a continuación.

Selección de tubos para torres

El kit de torre está diseñado para utilizar tubos con un diámetro exterior de 2½" (73 mm).

La siguiente tabla muestra el grosor de la pared de los tubos recomendado en función de la velocidad máxima del viento en el emplazamiento:

| Velocidad máxima del viento [m/s] | Grosor de pared recomendado [mm] |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 35 | 2,3 |
| 40 | 3,0 |
| 50 | 3,6 |

El grosor de pared del mástil debe ser de 1,6 mm o superior.

Tubos necesarios

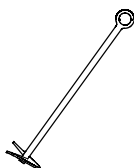
Kit de torre, 9 m

- Un tubo de 4,0 m de longitud para la torre.
- Un tubo de 5,2 m de longitud para la torre.
- Un tubo de 4,6 m de longitud para el mástil.

Kit de torre, 15 m

- Dos tubos de 4,6 m de longitud para la torre.
- Un tubo de 6,1 m de longitud para la torre.
- Un tubo de 5,8 m de longitud para el mástil.

Anclaje



TM02 2571 4501

| Descripción | Longitud [m] | Código |
|--------------------|--------------|----------|
| Anclaje (4 piezas) | 1,2 | 96475068 |

Grasa

| Descripción | Código |
|--|----------|
| Grasa para la lubricación del eje de motor | 96037562 |

Interruptor de nivel

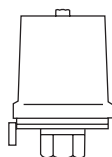


TM02 2407 4201

| Descripción | Código |
|----------------------|--------|
| Interruptor de nivel | 010748 |

Nivel alto de agua: Contacto cerrado.
 Nivel bajo de agua: Contacto abierto.

Interruptor de presión



TM02 2406 1806

| Descripción | Código |
|------------------------|--------|
| Interruptor de presión | ID8952 |

Anemómetro



GR 7667

| Descripción | Código |
|--|----------|
| El anemómetro permite medir <ul style="list-style-type: none"> • la velocidad del viento actual (en m/seg, nudos, mph o Beaufort) • la velocidad del viento media (en m/seg, nudos, mph o Beaufort) • la temperatura actual en grados Celsius [°C] o Fahrenheit [°F] • el factor de enfriamiento del viento. El anemómetro es <ul style="list-style-type: none"> • resistente al agua hasta 10 metros de profundidad • programable. Dimensiones: 10 x 4 x 1 cm. Peso: 42 g. | 96496685 |

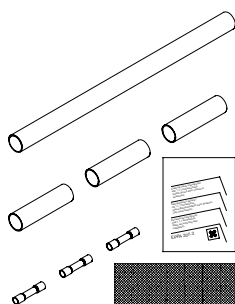
Cable de alimentación sumergible



TM00 7882 2296

| Descripción | Versión | Diámetro [mm] | Código |
|--|----------------------------------|---------------|--------|
| Cable de 3 hilos, incl. conductor a tierra. Homologación KTW. Indicar longitud [m] en el pedido. | 3G 1,5 mm ² (round) | 9,6 - 12,5 | ID7946 |
| | 3G 2,5 mm ² (redondo) | 11,5 - 14,5 | ID7947 |
| | 3G 4,0 mm ² (redondo) | 13,0 - 16,0 | ID7948 |
| | 3G 6,0 mm ² (redondo) | 14,5 - 20,0 | RM4098 |
| | 3G x 1,5 mm ² (plano) | 6,5 - 13,2 | RM3952 |

Kit de conexión de cable, tipo KM



TM00 3838 1294

| Descripción | Sección de los hilos [mm ²] | Código |
|--|---|----------------------|
| Para empalme hermético en caliente del cable de motor y cable de alimentación sumergible (cable redondo o plano). | 1,5 - 2,5 4,0 - 6,0 | 96021462 96021473 |
| Permite empalmar <ul style="list-style-type: none"> • cables del mismo tamaño • cables de diferentes tamaños • cables de hilos simples. | | |
| El empalme está listo pasados unos minutos y no es necesario ningún tiempo de endurecimiento como ocurre con los empalmes de resina. | | |
| El empalme no puede desmontarse. | | |

Sujetacables



TM00 4179 1994

| Descripción | Dimensiones [m] | Código |
|--|--------------------------------|--------|
| Para sujetar el cable y el cable de sujeción a la tubería de elevación. Los sujetacables deben colocarse cada 3 metros. Un juego para aprox. 45 m de tubería de elevación. | Longitud = 7,5 16 enganches | 115016 |

Cable de refuerzo



TM00 7897 2296

| Descripción | Diámetro [mm] | Código |
|---|---------------|--------|
| Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401. Asegura la bomba sumergible. Indicar longitud [m] en el pedido. | 2 | ID8957 |

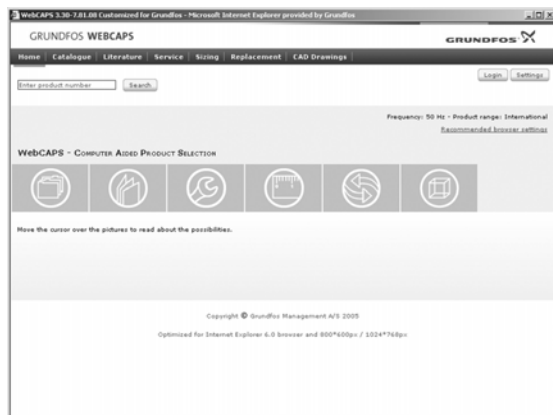
Abrazadera del cable



TM00 7888 2296

| Descripción | Material | Código |
|---------------------------|------------------------------------|--------|
| Dos abrazaderas por bucle | Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401 | ID8960 |

WebCAPS

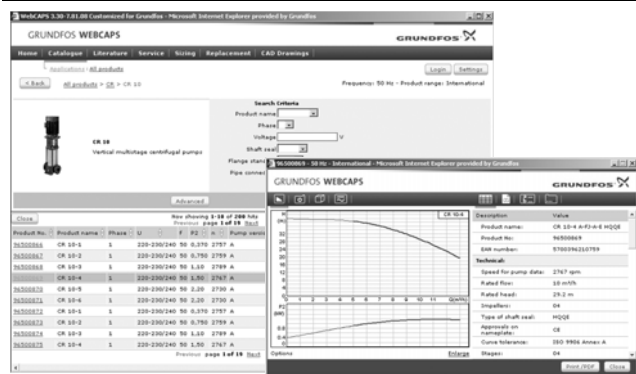


WebCAPS es un programa de selección de producto con soporte informático basado en Web que está disponible en www.grundfos.es.

WebCAPS contiene información detallada de más de 185.000 productos Grundfos en más de 20 idiomas.

En WebCAPS, toda la información está dividida en 6 secciones:

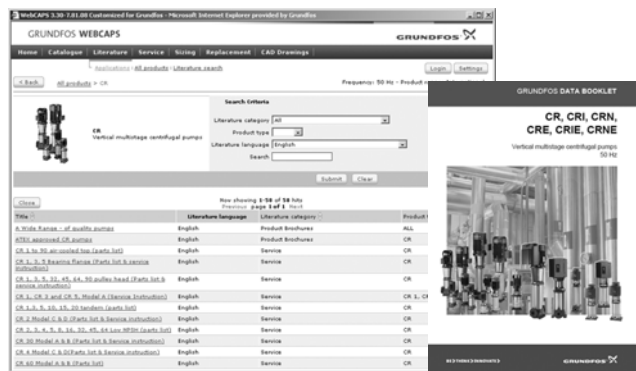
- Catálogo
- Literatura
- Repuestos
- Dimensionamiento
- Sustitución
- Planos CAD.



Catálogo

Comenzando por las áreas de aplicación y los tipos de bomba, esta sección contiene

- datos técnicos
- curvas (QH, Eta, P1, P2, etc) que pueden adaptarse a la densidad y viscosidad del líquido bombeado y mostrar el número de bombas en funcionamiento
- fotos del producto
- planos dimensionales
- esquemas de conexiones eléctricas
- textos de ofertas, etc.





Dimensionamiento

Comenzando por las diferentes áreas de aplicación y los ejemplos de instalación, esta sección ofrece instrucciones paso a paso de cómo

- seleccionar la bomba más adecuada y eficiente para su aplicación
- realizar cálculos avanzados basados en el consumo de energía, periodos de retorno, perfiles de carga, costes del ciclo vital, etc.
- analizar la bomba seleccionada a través de la herramienta de coste del ciclo vital
- determinar la velocidad del caudal en aplicaciones de aguas residuales, etc.

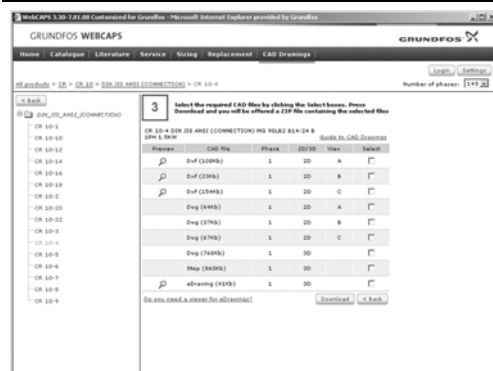


Sustitución

En esta sección encontrará una guía para seleccionar y comparar datos de sustitución de una bomba instalada para sustituirla por una bomba Grundfos más eficiente.

Esta sección contiene datos de sustitución de una amplia gama de bombas de otros fabricantes.

Basándose en la guía fácil paso a paso puede comparar las bombas Grundfos con la que haya instalado. Después de especificar la bomba instalada, la guía le sugiere las bombas Grundfos que pueden mejorar tanto su comodidad como la eficacia.



Planos CAD

En esta sección es posible descargar planos CAD bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D) de la mayoría de las bombas Grundfos.

Los siguientes formatos están disponibles en WebCAPS:

planos bidimensionales:

- .dxf, gráficos de tipo alambre
- .dwg, gráficos de tipo alambre.

planos tridimensionales:

- .dwg, gráficos tipo alambre (sin superficies)
- .stp, planos sólidos (con superficies)
- .eprt, planos a través de Internet.

WinCAPS



Fig. 30 WinCAPS CD-ROM

WinCAPS es un programa de selección de producto con soporte informático, basado en Windows que contiene información detallada de más de 185.000 productos de Grundfos en más de 20 idiomas.

El programa tiene las mismas características y funciones que WebCAPS, pero es una solución idónea cuando no hay disponible una conexión a Internet.

WinCAPS está disponible en CD-ROM y se actualiza anualmente.

| | |
|----------------------|----------|
| 96489292 1106 | E |
| Repl. 96489292 0702 | |

Nos reservamos el derecho a modificaciones.