

Miguel Ángel Bofill Tortosa

Ingeniero Industrial

Director Técnico **DOMUSAqua Ingeniería**

10 de abril de 2024



Optimización Bombes Fotovoltaicos:

Consideraciones a tener en cuenta para la implementación de sistemas fotovoltaicos aplicados a bombes de agua en regadíos.

Organiza:



Fotografía:

Proyecto Herdade Sao Bernabe – 140 kW

Bombeo Fotovoltaico Hibridado con Grupo Diesel contra Red de Riego a Presión

Alter do Chao (Portugal)



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

SECRETARÍA DE ESTADO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL, INNOVACIÓN Y FORMACIÓN AGROALIMENTARIA

Subdirección General de Regadíos, Caminos Naturales e Infraestructuras Rurales

ÍNDICE DE CONTENIDOS



Objetivo

Optimización de los Bombeos Fotovoltaicos para maximizar el ahorro económico

Tipologías de BOMBEO asociados al RIEGO

- Clasificación de Bombeos
- Puntos de Funcionamiento

Bombeos FOTVOLTAICOS

- Clasificación
- Tipologías de Bombeo. Modos de Funcionamiento

BOMBEO asociadas al Riego



Clasificación

Clasificación de los sistemas de Bombeo **en función de las condiciones de trabajo**

PRESIÓN CONSTANTE

Sistemas que funcionan a Presión Constante contra un red de Riego (Goteo, Pívots, Aspersores, etc...) o Red de Distribución.

El **Punto de Funcionamiento** de la bomba lo fija el lazo de **control de Presión**.



El Sistema Fotovoltaico **NO PUEDE MODIFICAR** el punto de funcionamiento de la bomba (**Hz de trabajo**)



El criterio de selección de la Bomba Fotovoltaica **ES EQUIVALENTE** a la selección para una Bomba alimentada desde la Red Eléctrica.

CAUDAL VARIABLE

Sistemas que funcionan a Caudal Variable en Bombeos contra balsa o en redes de Riego donde hay otras estaciones de bombeo asociadas.

El **Punto de Funcionamiento** de la bomba puede variar entre la frecuencia mínima y máxima de funcionamiento.



El Sistema Fotovoltaico **PUEDE MODIFICAR** el punto de funcionamiento de la bomba (**Hz de trabajo**)



El criterio de selección de la Bomba Fotovoltaica **DIFIERE** del método de selección para una Bomba alimentada desde la Red Eléctrica.

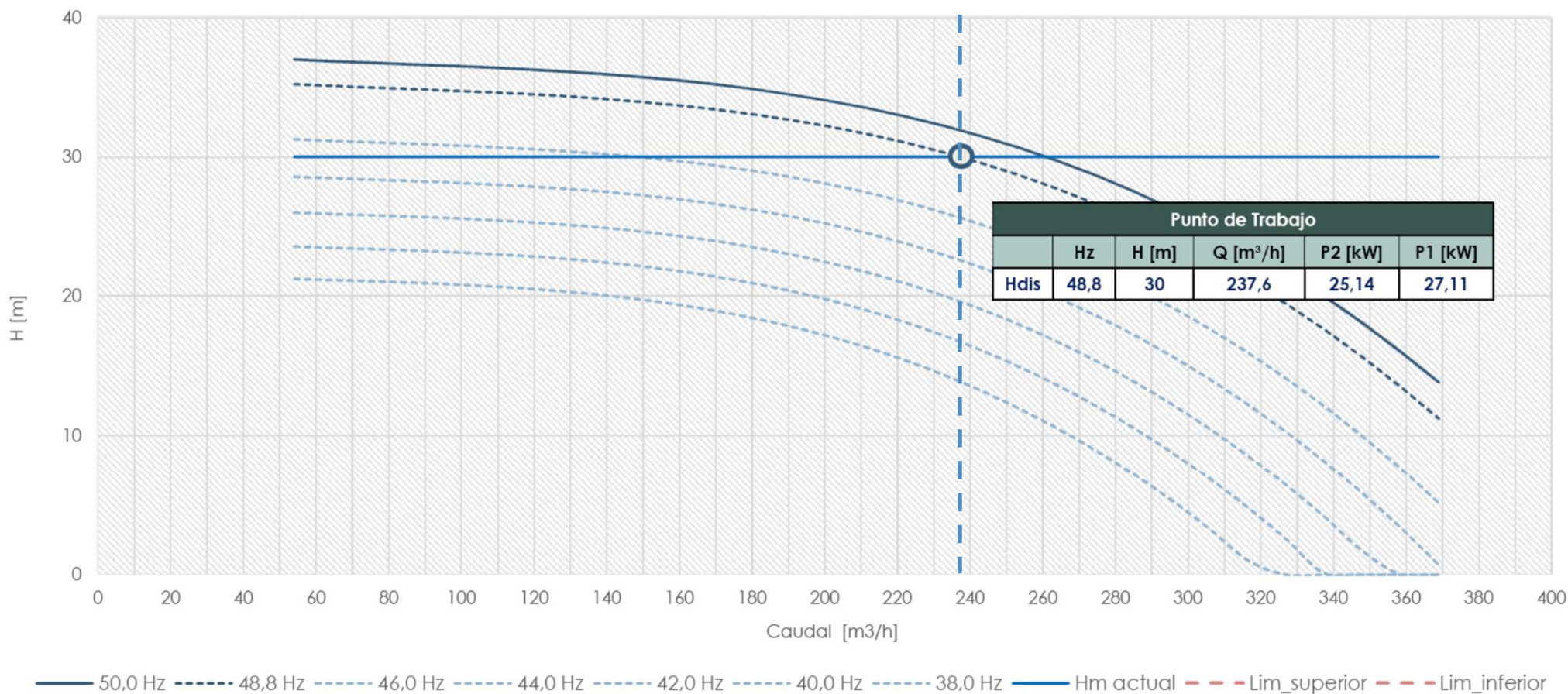
BOMBEO asociadas al Riego



Clasificación

PRESIÓN CONSTANTE

Punto de Trabajo PRESIÓN CONSTANTE



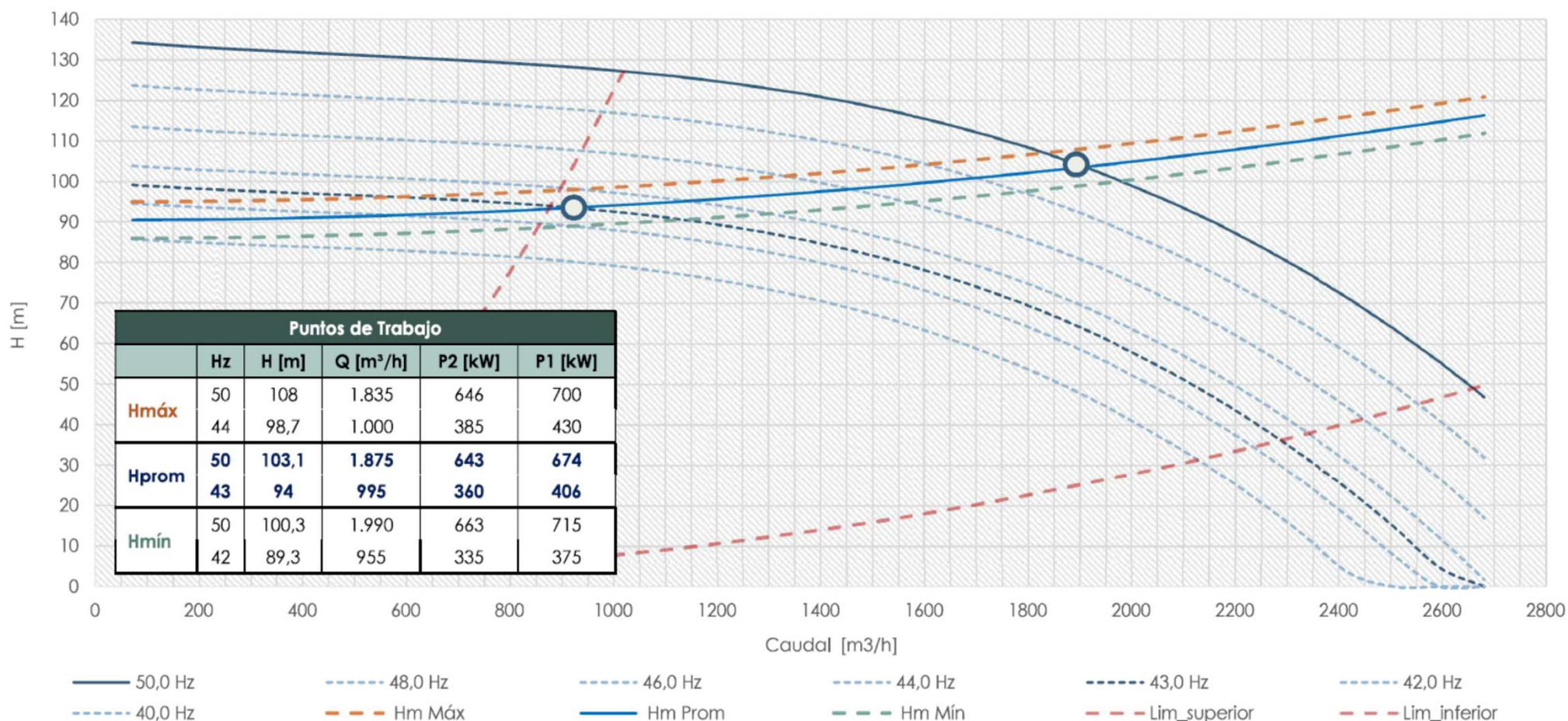
BOMBEO asociadas al Riego



Clasificación

CAUDAL VARIABLE

Puntos de Trabajo 8 bombas en paralelo (8+0)



ÍNDICE DE CONTENIDOS**Objetivo**

Optimización de los Bombeos Fotovoltaicos para maximizar el ahorro económico

Tipologías de BOMBEO asociados al RIEGO

- Clasificación de Bombeos
- Puntos de Funcionamiento

Presión constante

No se puede modificar el Pto de trabajo

Caudal Variable

Punto de trabajo variable

Bombes FOTOVOLTAICOS

- Clasificación
- Tipologías de Bombeo. Modos de Funcionamiento

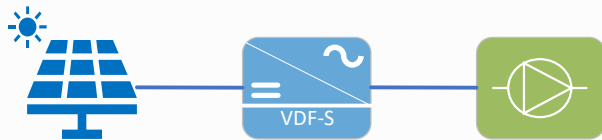
Bombes Fotovoltaicos



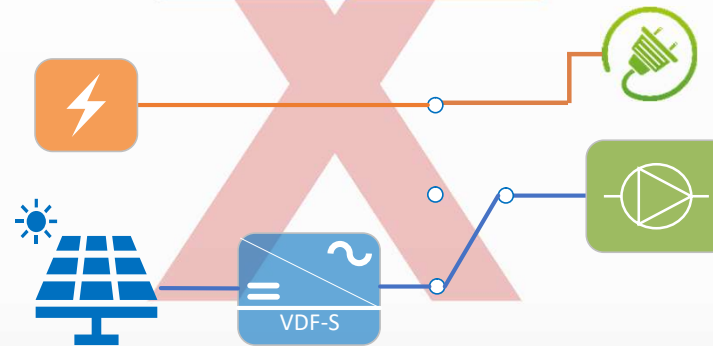
Clasificación

Clasificación de los sistemas de Bombeo en función del sistema de alimentación

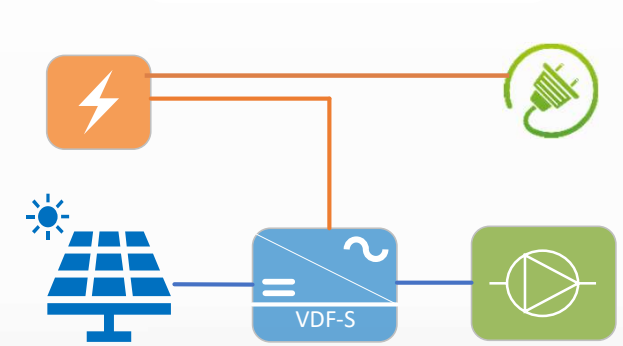
AISLADO



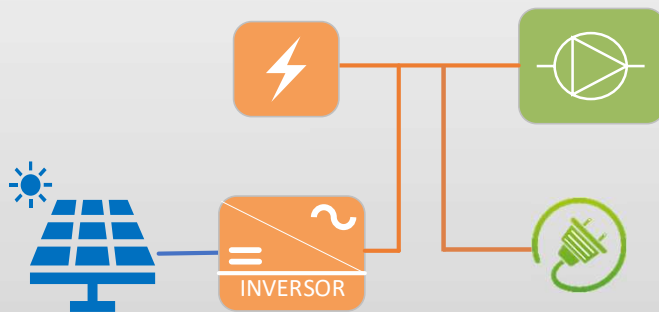
ASISTIDO



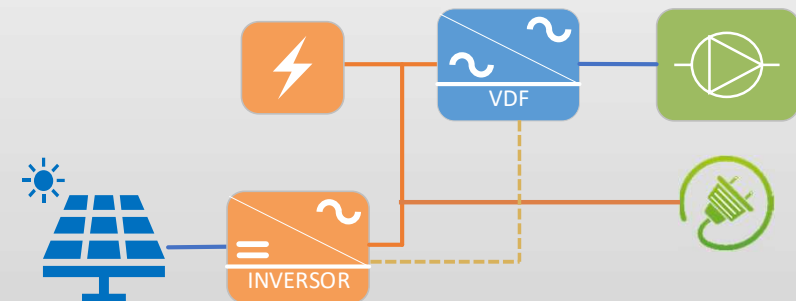
HIBRIDADO



AUTOCONSUMO



AUTOCONSUMO - BFV



ÍNDICE DE CONTENIDOS**Objetivo**

Optimización de los Bombeos Fotovoltaicos para maximizar el ahorro económico

Tipologías de BOMBEO asociados al RIEGO

- Clasificación de Bombeos
- Puntos de Funcionamiento

Presión constante

No se puede modificar el Pto de trabajo

Caudal Variable

Punto de trabajo variable

Bombes FOTOVOLTAICOS

- Clasificación
- Tipologías de Bombeo. Modos de Funcionamiento

 AISLADO **HIBRIDADO** **AUTOCONSUMO - BFV**

Tipologías Bombes FV

Tipología

Presión constante

Caudal Variable

BFV

AISLADO

HIBRIDADO

AUTOCONSUMO
BFV

AISLADO

HIBRIDADO

AUTOCONSUMO
BFV

Modos de Funcionamiento



Ventajas e Inconvenientes



Bombes Fotovoltaicos

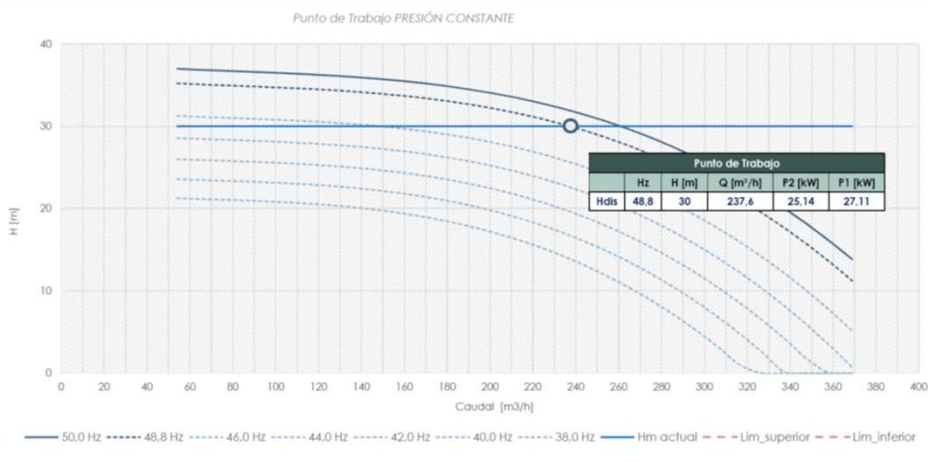


Modos de
FUNCIONAMIENTO

PRESIÓN CONSTANTE

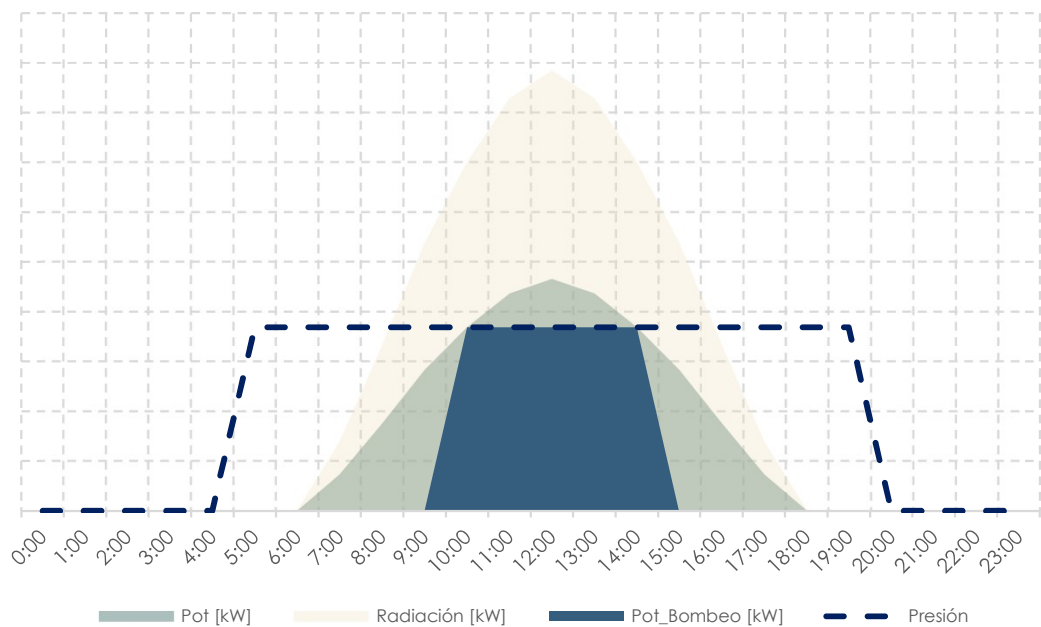
AISLADO

Punto de Trabajo



Funcionamiento

En este modo de operación **la bomba se alimenta EXCLUSIVAMENTE del generador fotovoltaico** y trabaja a la **frecuencia** necesaria para mantener la **presión de consigna** de la estación de bombeo. Por tanto, la potencia del generador fotovoltaico estará limitada por la presión de consigna. En el caso de que no exista potencia suficiente en el generador fotovoltaico, el sistema se parará. **No se puede garantizar la demanda**



Bombes Fotovoltaicos

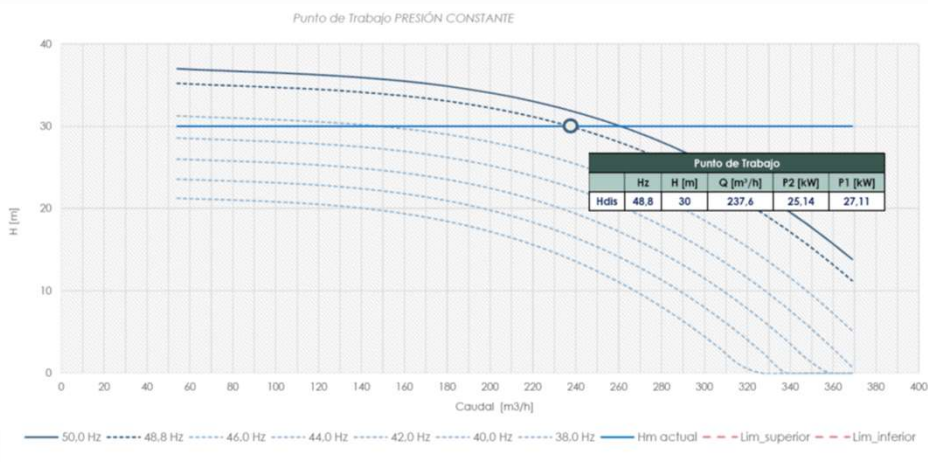


Modos de
FUNCIONAMIENTO

PRESIÓN CONSTANTE

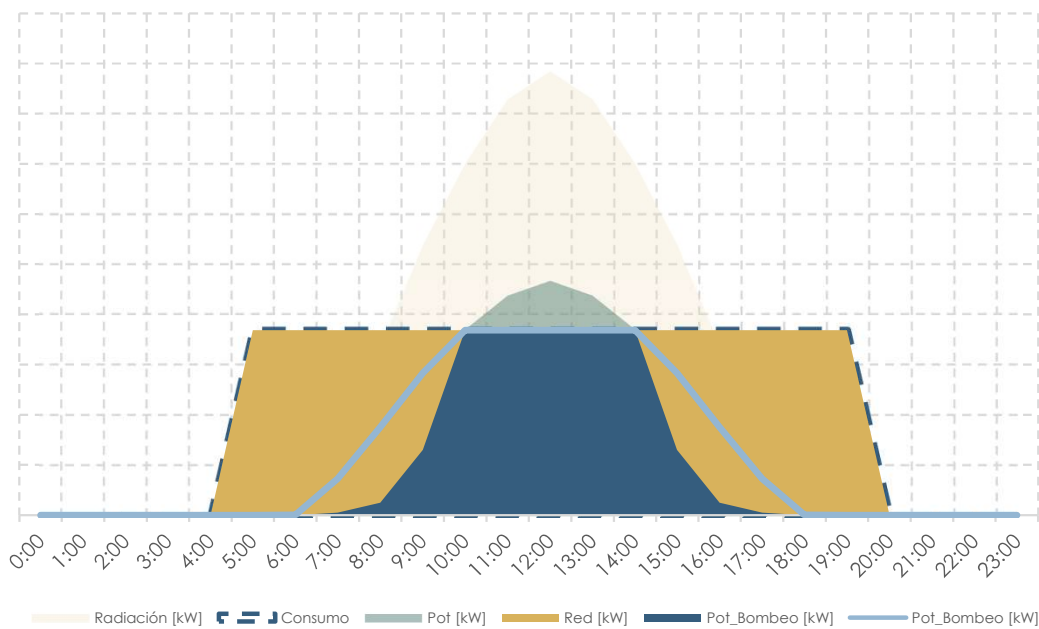
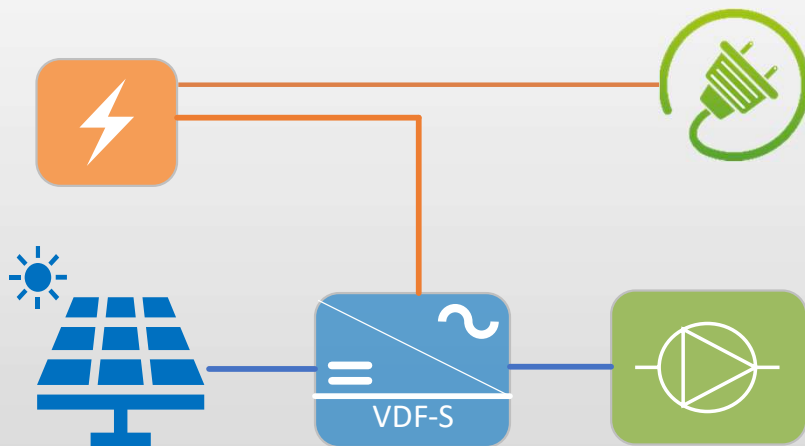
HIBRIDADO

Punto de Trabajo



Funcionamiento

En este modo de operación la bomba se puede alimentar **SIMULTÁNEAMENTE** del **generador fotovoltaico** y de la **Red Eléctrica** y trabaja a la **frecuencia** necesaria para mantener la **presión de consigna** de la estación de bombeo. Si la potencia disponible en el generador fotovoltaico es igual o mayor que la potencia demandada por la bomba en el punto de trabajo, la Red no aportará energía. **Se garantiza la demanda**



Bombes Fotovoltaicos

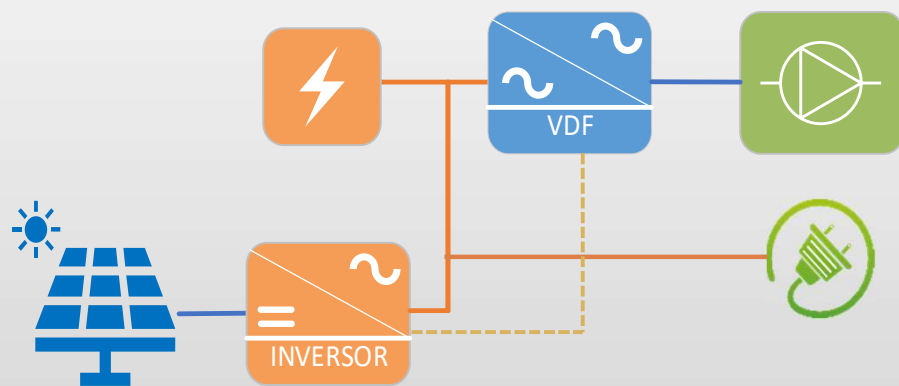
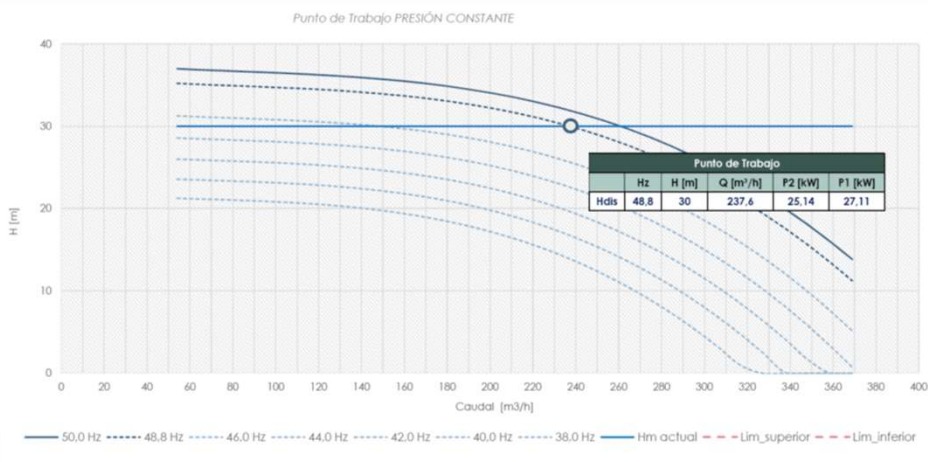


Modos de
FUNCIONAMIENTO

PRESIÓN CONSTANTE

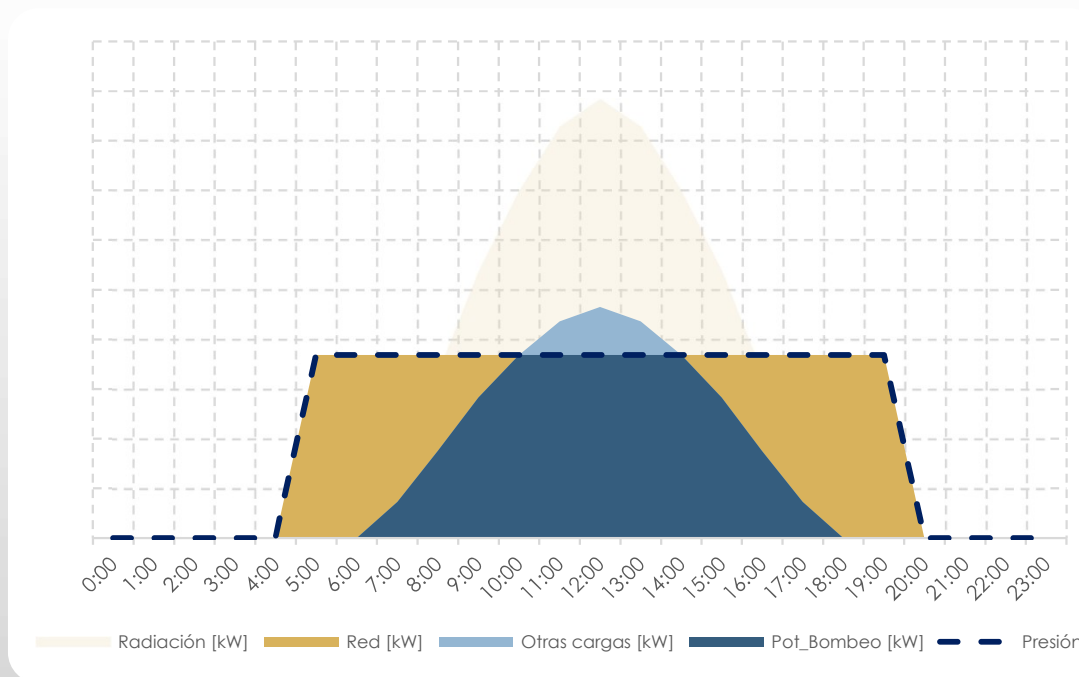
AUTOCONSUMO BFV

Punto de Trabajo



Funcionamiento

En este modo de operación la bomba se **alimenta desde la Red AC**. Si la potencia disponible en el generador fotovoltaico es igual o mayor que la potencia demandada por la bomba en el punto de trabajo, la Red no aportará energía. En caso contrario, la Red aportará la diferencia entre la potencia demandada por la bomba y potencia fotovoltaica disponible. **Se garantiza la demanda y se puede suministrar energía a otras cargas**



Bombes Fotovoltaicas

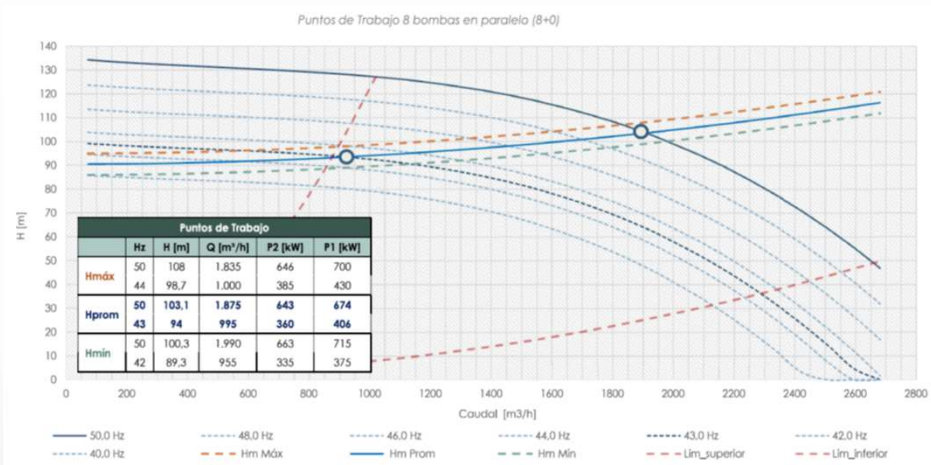


Modos de
FUNCIONAMIENTO

CAUDAL VARIABLE

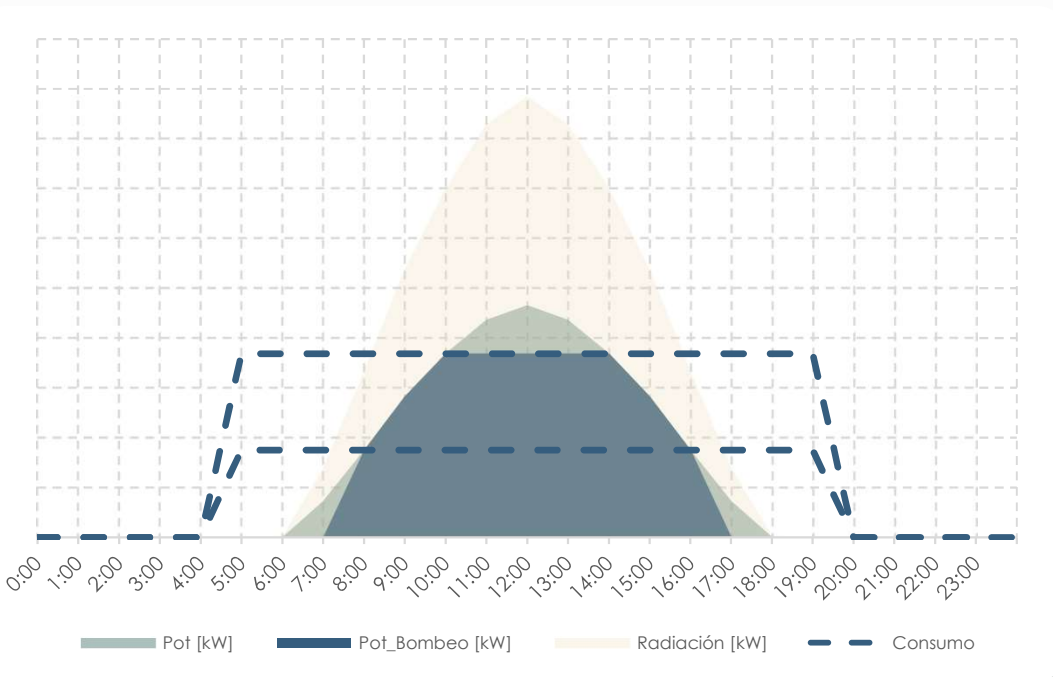
AISLADO

Punto de Trabajo



Funcionamiento

En este modo de operación **la bomba se alimenta EXCLUSIVAMENTE del generador fotovoltaico variando el caudal y la frecuencia de funcionamiento en función de la potencia disponible en el generador. La potencia FV sólo se aprovecha en la carga conectada. No se puede aprovechar el excedentes para alimentar otras cargas**



Bombes Fotovoltaicos

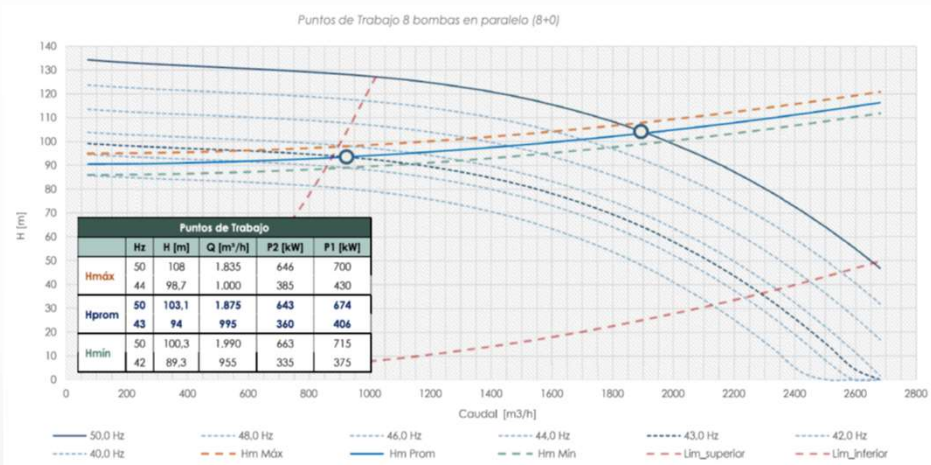


Modos de
FUNCIONAMIENTO

CAUDAL VARIABLE

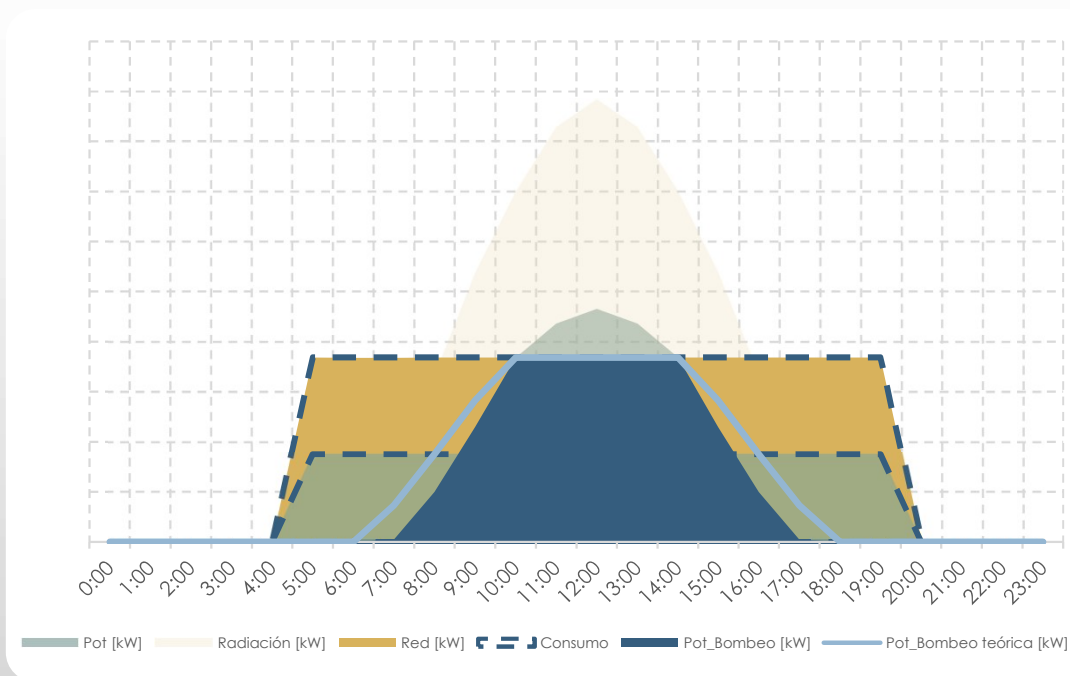
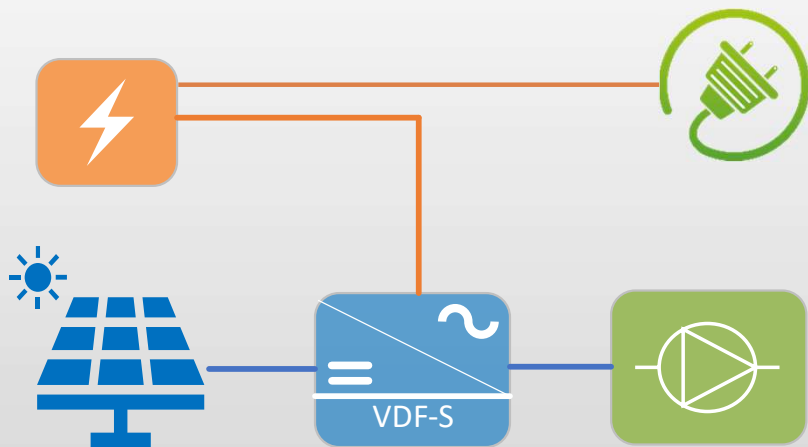
HIBRIDADO

Punto de Trabajo



Funcionamiento

En este modo de operación la bomba se alimenta **SIMULTÁNEAMENTE** del **generador fotovoltaico** y la **Red Eléctrica**. Si la potencia disponible en el generador fotovoltaico es igual o mayor que la potencia demandada por la bomba en el punto de trabajo, la Red Eléctrica no aportará energía. **La potencia FV sólo se aprovecha en la carga conectada. No se puede aprovechar el excedentes para alimentar otras cargas**



Bombes Fotovoltaicas

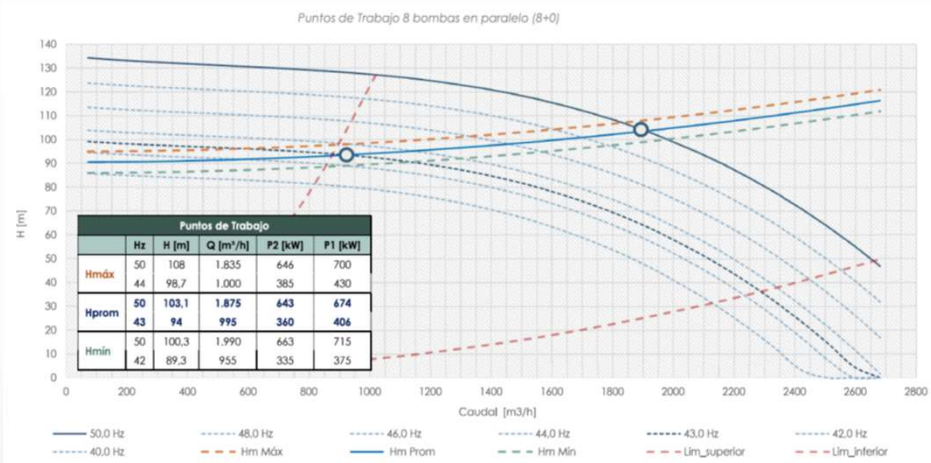


Modos de FUNCIONAMIENTO

CAUDAL VARIABLE

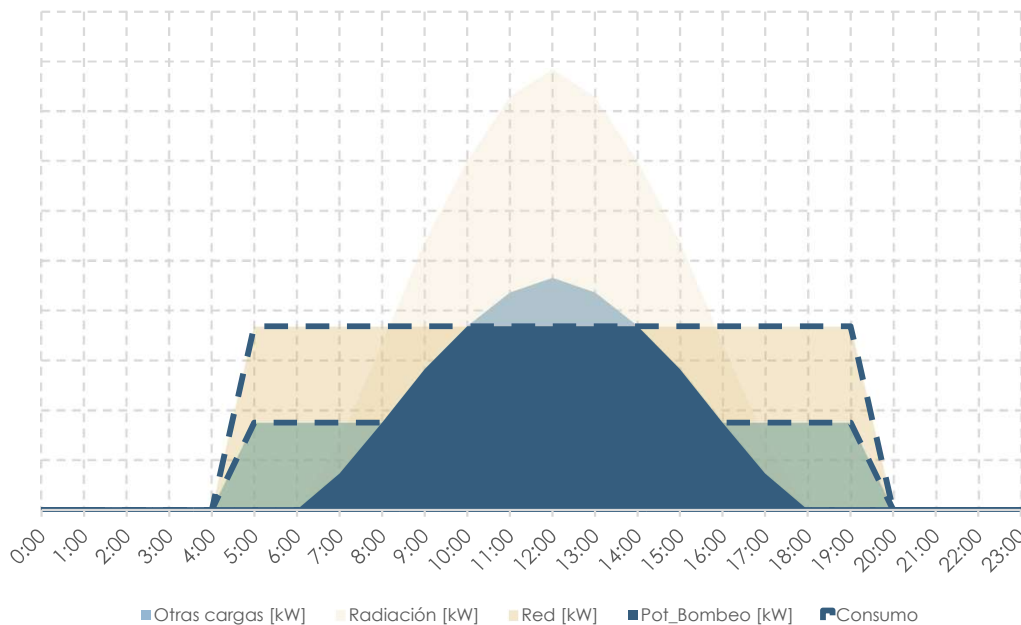
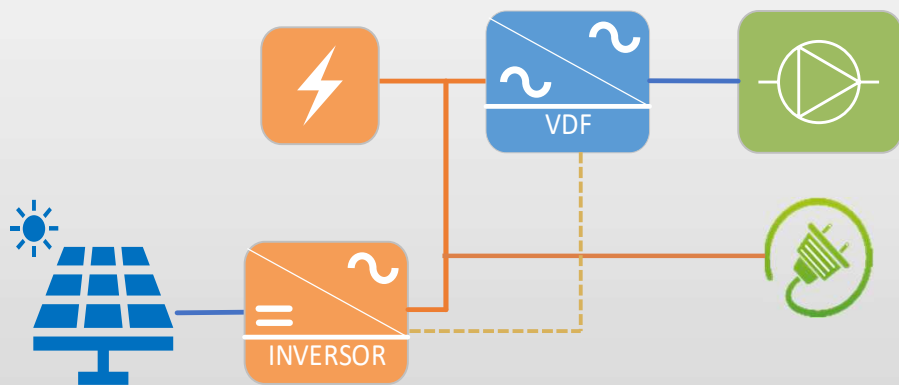
AUTOCONSUMO BFV

Punto de Trabajo



Funcionamiento

En este modo de operación la bomba se **alimenta desde la Red AC**. Si la potencia disponible en el generador fotovoltaico es igual o mayor que la potencia demandada por la bomba en el punto de trabajo, la Red no aportará energía. En caso contrario, la Red aportará la diferencia entre la potencia demandada por la bomba y potencia fotovoltaica disponible. **Se puede suministrar energía a otras cargas**



Bombes Fotovoltaicos



Resumen

AISLADO

VENTAJAS:

- **No** es necesario disponer de un Contrato de **Suministro Eléctrico**.

INCONVENIENTES:

PRESIÓN CONSTANTE

- **No se puede garantizar** las horas de **Riego** diarias.
- El grado de **energía no aprovechada** por el sistema es **ALTO**.

CAUDAL VARIABLE

- Necesidad de **acumulación** o **sistemas** en paralelo con **Red**.
- El grado de **energía no aprovechada** por el sistema es **MEDIO**.

HIBRIDADO

VENTAJAS:

- Se **incrementa** el grado de **aprovechamiento solar** respecto de los sistemas Aislados.
- **Se puede garantizar el Volumen de Riego/Bombeo**.

INCONVENIENTES:

- Se debe disponer de **Suministro Eléctrico (Red o Grupo Diesel)**
- **Es necesario tener el 100%** de la **Potencia contratada** en los periodos **P1-P5**.
- El Generador FV **no** siempre trabaja en el **MPPT**
- **No se pueden alimentar otras cargas**

AUTOCONSUMO - BFV

VENTAJAS:

- Se puede llegar a **aprovechar** el **100%** de la **producción solar** (casos especiales).
- Generador FV trabajando en **MPPT** (hasta la limitación de potencia)
- **Se puede garantizar el Volumen de Riego/Bombeo**.
- **No es necesario tener el 100%** de la **Potencia contratada** en los periodos **P1-P5**.
- **Se pueden alimentar otras cargas**

INCONVENIENTES:

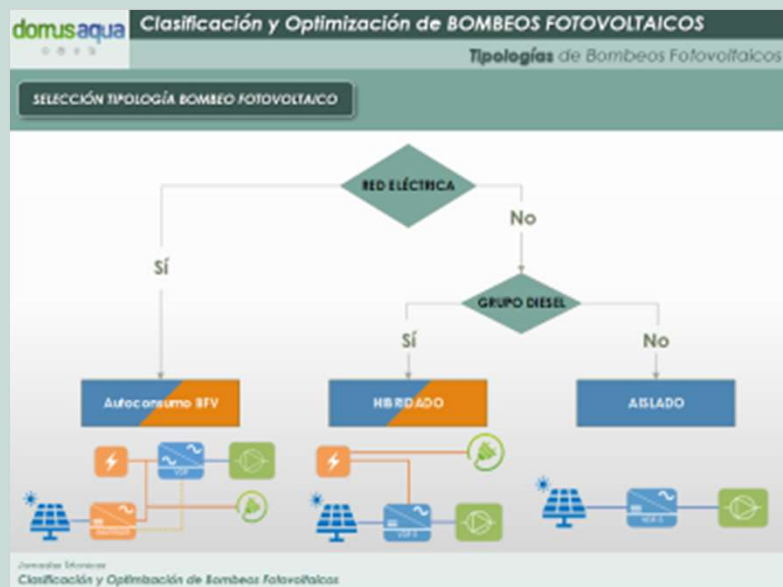
- Se debe disponer de **Suministro Eléctrico (Red Eléctrica)**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Proyecto Bombeo FOTOVOLTAICO

Incertidumbres a resolver

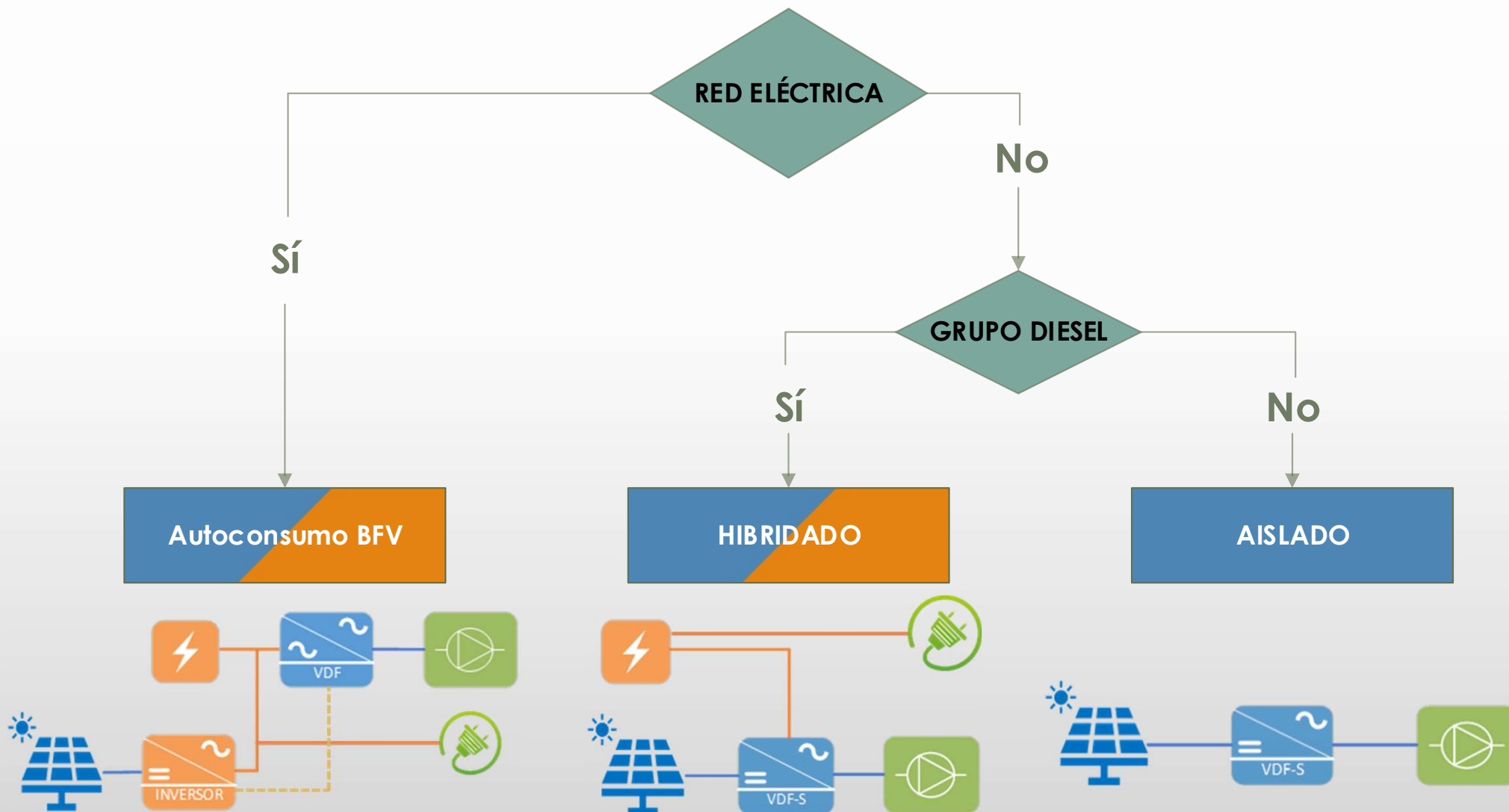
- Tipología de Bombeo FV.



- Diseño de la Instalación:



SELECCIÓN TIPOLOGÍA BOMBEO FOTOVOLTAICO



Proyecto FOTOVOLTAICO



¡Ojo!: Desconfiar si:

1. Ahorro del 100% con un número elevado de horas de funcionamiento de la bomba a caudal nominal

Volumen TEÓRICO BALSA 4 A BALSA 5 - HORAS DE FUNCIONAMIENTO EB4

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Volumen [m³/día]	821	14.122	29.645	52.373	32.934	23.335	6.325
Horas ON [h/día]	0,3	5	11	19	12	8	2

2. Niveles de ahorro muy elevados

Instalación Fotovoltaica. Potencia 336 kWp – 300 kW

Simulación DOMUS (Perfil de consumo LINEAL)				Proyecto			
Generación [kWh]	Consumo ¹ [kWh]	Aportación FV [kWh]	Aportación RED [kWh]	Generación [kWh]	Consumo	Aportación FV	Aportación RED
556.734	459.028	225.100	233.928	517.816	458.902	458.902	0

Ahorro Energético y Económico

Simulación DOMUS (Perfil consumo LINEAL)	Proyecto
Ahorro en Término de Energía	Ahorro en Término de Energía
15.938,98 €/año	31.777,28 €/año

Instalación BOMBEO FV AISLADO



Optimización **FUNCIONAMIENTO**

Sistema DOMUSControl

Día CLARO

Implementado:
Variadores **OMRON**.

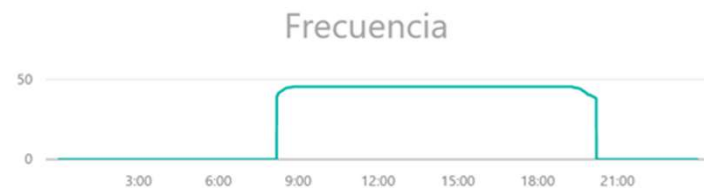
En desarrollo:
Variadores **Fuji - Electric**

20/05/17

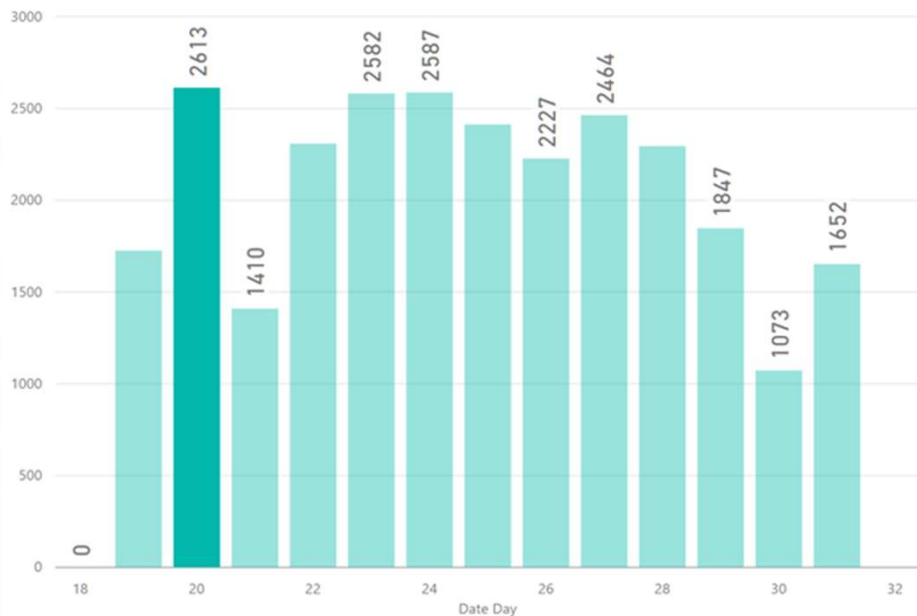
Volumen
2613

Bombeo FV 360 kWp

Pozo San Cristóbal



Volumen Bombeado



Instalación BOMBEO FV AISLADO



Optimización **FUNCIONAMIENTO**

Sistema DOMUSControl

Día NUBOSO

Implementado:
Variadores **OMRON**.

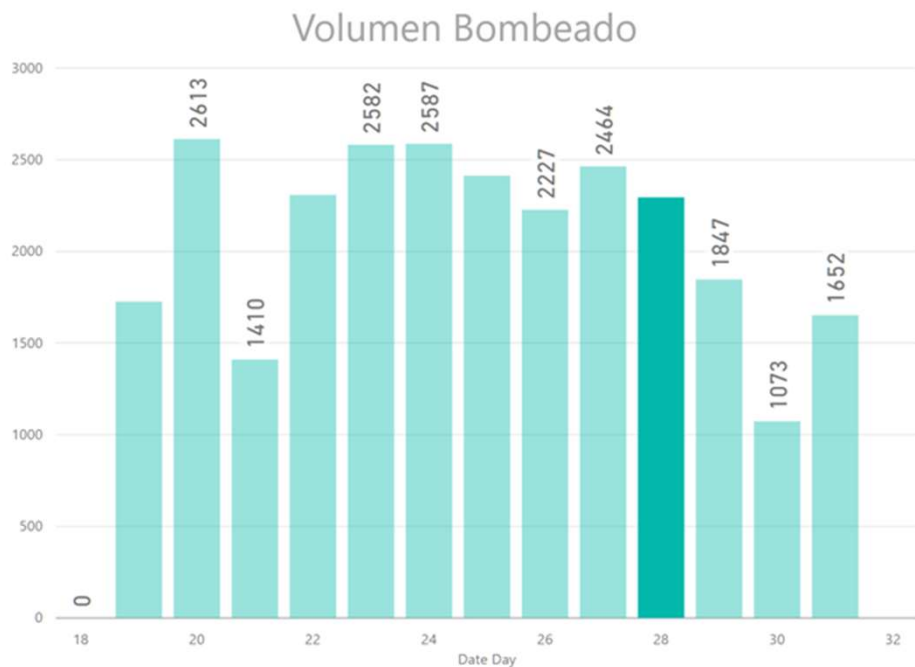
En desarrollo:
Variadores **Fuji - Electric**

28/05/17

Volumen
2295

Bombeo FV 360 kWp

Pozo San Cristóbal



Sistema **PATENTADO**
Algoritmo de PASO POR NUBE
(no se basa en la medición de la célula calibrada)

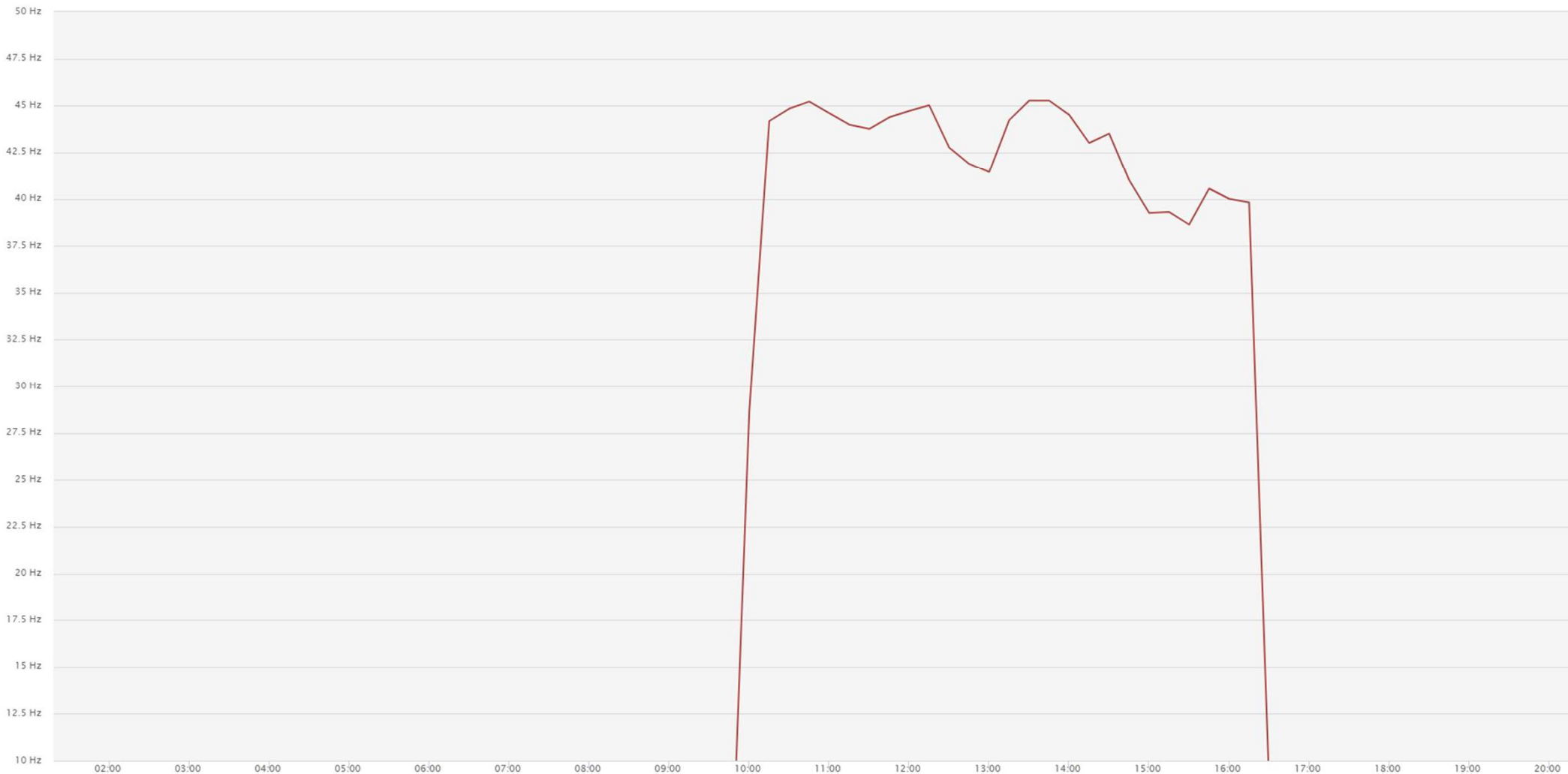
Instalación BOMBEO FV AISLADO



Optimización FUNCIONAMIENTO

Representación sin nombre

1.09-11-2023 al 16-11-2023



[09-11-2023 al 16-11-2023] Maslowaten Villena. Pozo San Cristóbal. Frecuencia Fase 1

Instalación BOMBEO FV AISLADO



Optimización **FUNCIONAMIENTO**

Sistema DOMUSControl

Día NUBLADO

Implementado:
Variadores **OMRON**.

En desarrollo:
Variadores **Fuji - Electric**

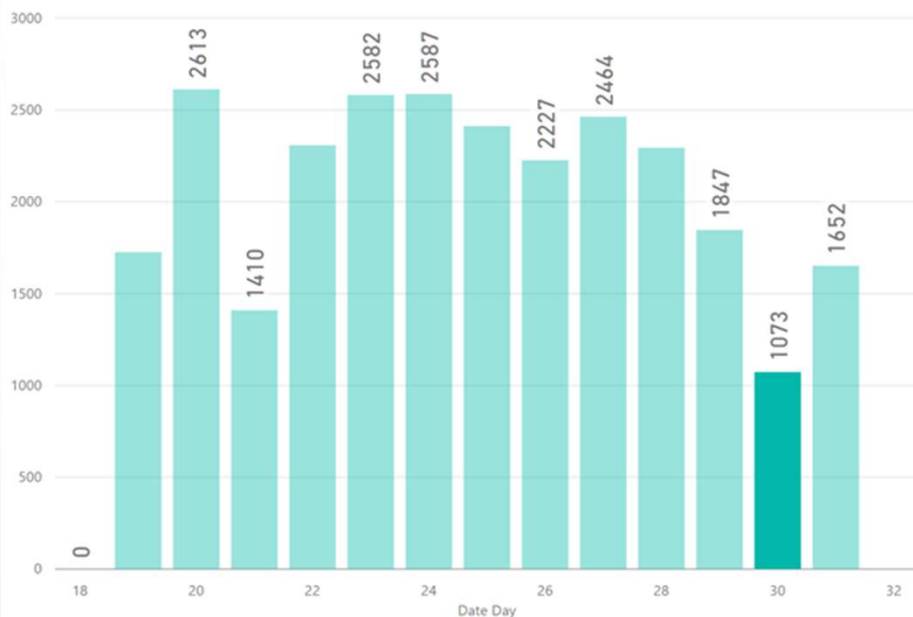
30/05/17

Volumen
1073

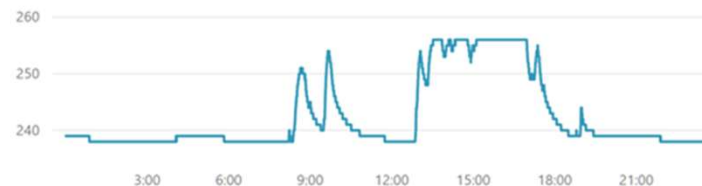
Bombeo FV 360 kWp

Pozo San Cristóbal

Volumen Bombeado



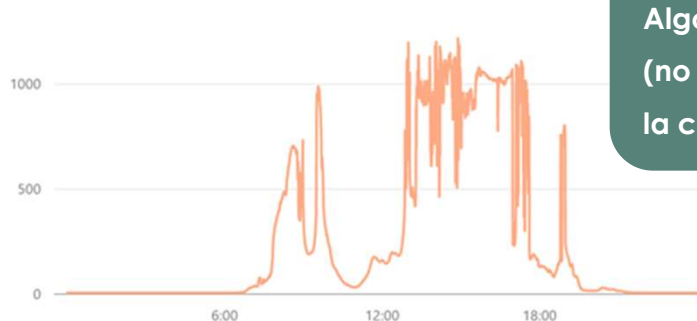
Nivel Pozo



Frecuencia



Irradiancia



Sistema PATENTADO
Algoritmo de PASO POR NUBE
(no se basa en la medición de la célula calibrada)



Sistema DOMUSControl

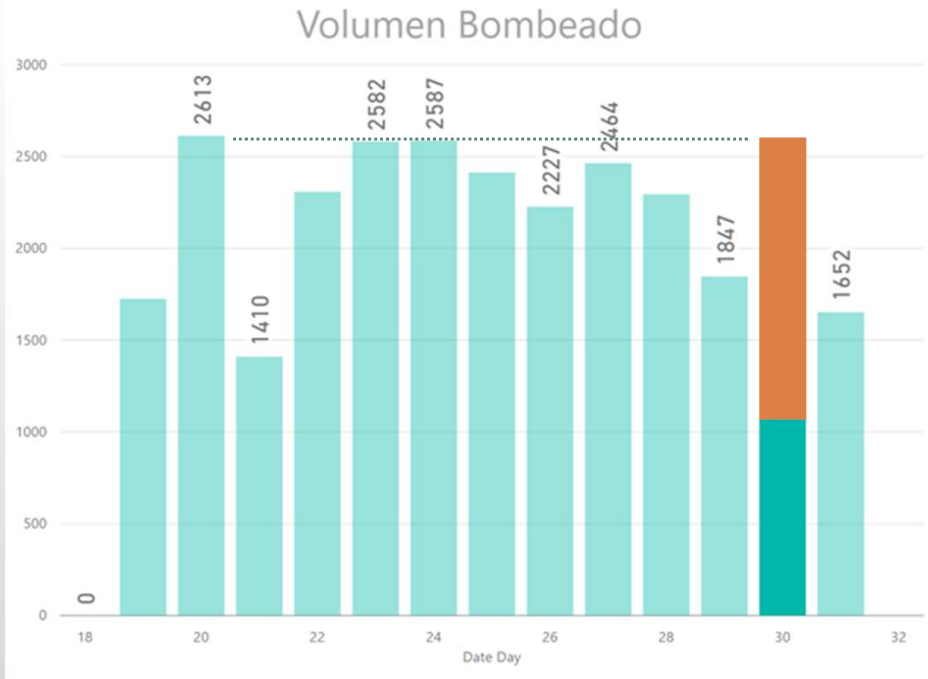
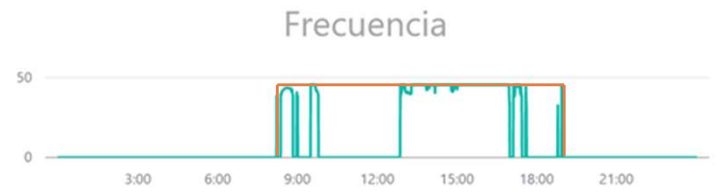
Día NUBLADO

Implementado:
Variadores **OMRON**.

En desarrollo:
Variadores **Fuji - Electric**

30/05/17
Volumen
1073

Bombeo FV 360 kWp
Pozo San Cristóbal



Sistema **PATENTADO**

Algoritmo de PASO POR NUBE

Control Arranque de Grupo

Algoritmo MPPT

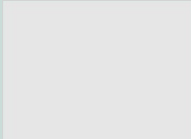

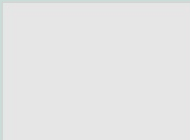
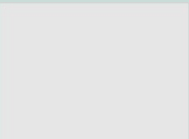
AUTOCONSUMO BFV



Optimización FUNCIONAMIENTO

Sistema DOMUSControl

Primer Sistema Comercial para el Control de Sistemas de Bombeo Fotovoltaico basado en Inversores de Conexión a Red

- ✓ Maximiza el aprovechamiento de la energía fotovoltaica 
- ✓ Funcionamiento en periodos sin potencia contratada (elimina las penalizaciones por Excesos de Potencia) 
- ✓ Sistema Homologado de Vertido Cero 
- ✓ Programación remota 
- ✓ Integración con el actual sistema de control ON-OFF
- ✓ Modo Manual/Automático
- ✓ Sistema de Monitorización
- ✓ Válido para instalaciones fotovoltaicas en funcionamiento

AUTOCONSUMO BFV



DOMUSControl

Energy Trend

Day

Month

Year

Lifetime

2024-02-14

Yield: **774.28 kWh**

98.10%

1.90%

Consumption: **1.37 MWh**

55.49%

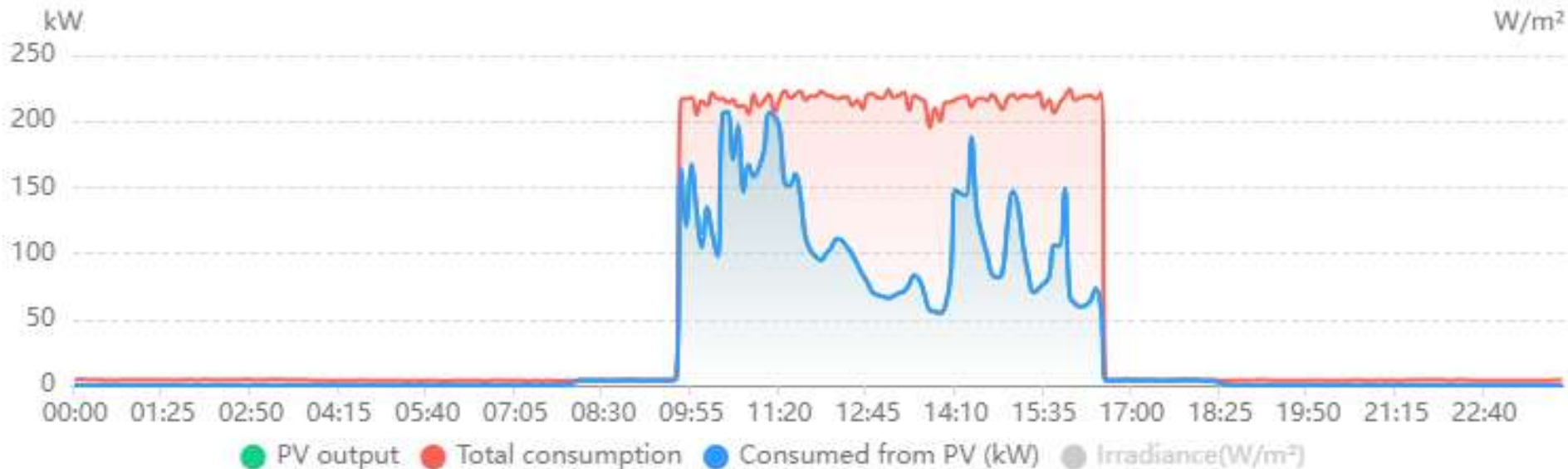
44.51%

Consumed: **759.57 kWh**

Fed to grid: **14.71 kWh**

From PV: **759.57 kWh**

From grid: **609.35 kWh**



AUTOCONSUMO BFV



DOMUSControl

Energy Trend

Day

Month

Year

Lifetime

< 2024-04-03 >

Yield: **1.08** MWh

96.67%

Consumption: **2.29** MWh

45.72%

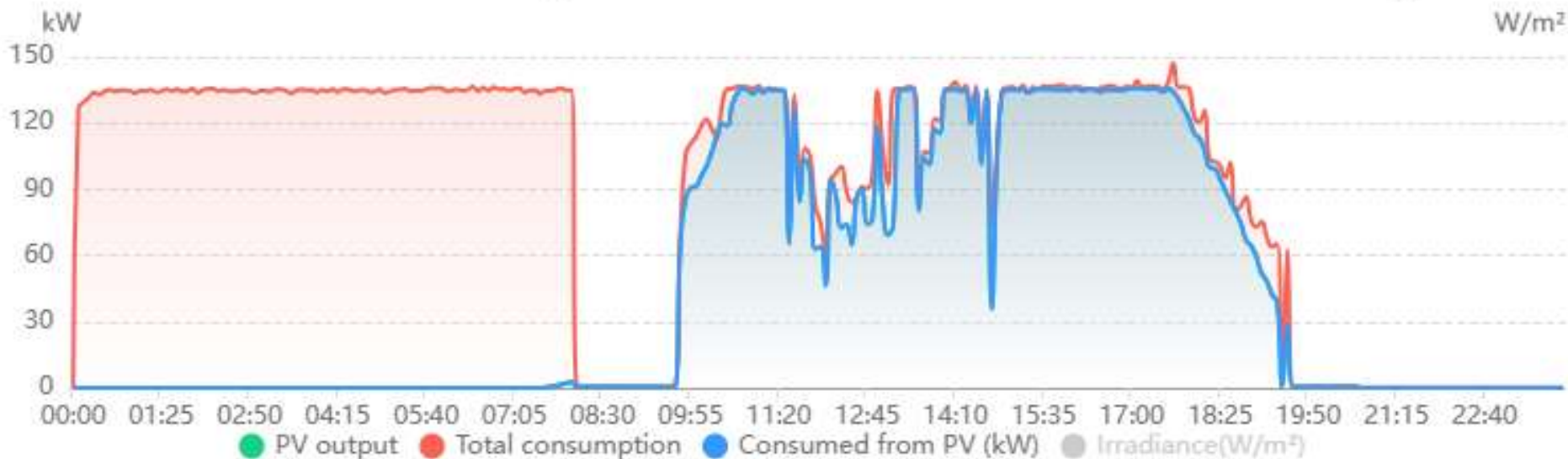
54.28%

Consumed: **1.05** MWh

Fed to grid: **36.10** kWh

From PV: **1.05** MWh

From grid: **1.24** MWh



AUTOCONSUMO BFV



DOMUSControl

Energy Trend

Day

Month

Year

Lifetime

< 2023-12-21 >

Yield: **851.87 kWh**

99.09%

Consumption: **1.39 MWh**

60.60%

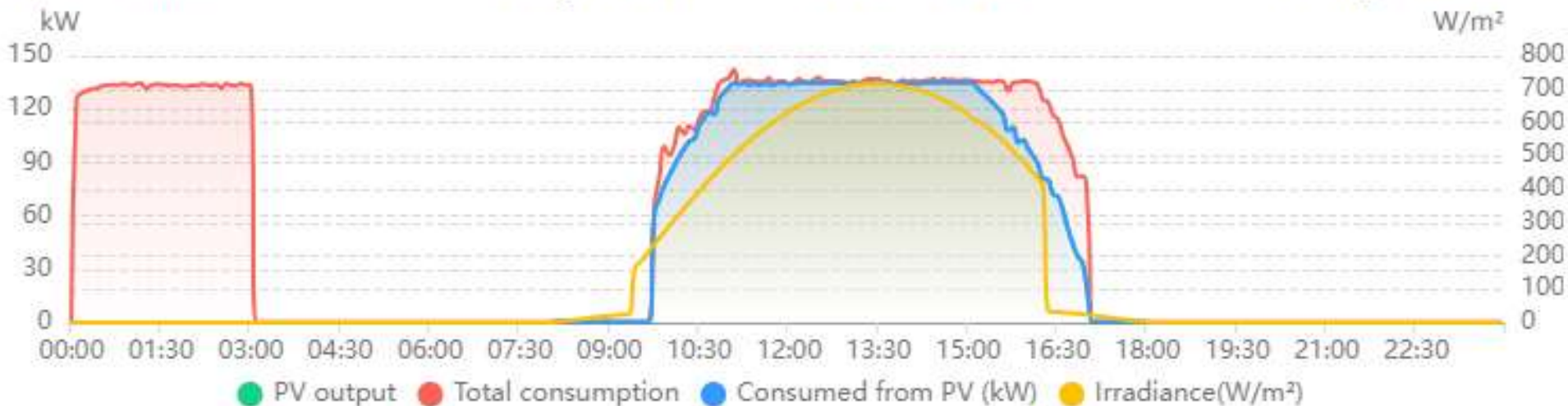
39.40%

Consumed: **844.10 kWh**

Fed to grid: **7.77 kWh**

From PV: **844.10 kWh**

From grid: **548.81 kWh**



AUTOCONSUMO BFV



Optimización FUNCIONAMIENTO

TARIFAS

Tarifa actual: Horario 3 P. Máx.: 15.0 kW Periodo 4 111.1 €/MWh

Periodo	Potencia	Precio
1	1.0 kW	121.9 €/MWh
2	1.0 kW	108.3 €/MWh
3	15.0 kW	111.1 €/MWh
4	15.0 kW	111.1 €/MWh
5	15.0 kW	112.9 €/MWh
6	200.0 kW	88.0 €/MWh

Tarifa

Sábado
Tarifa 12

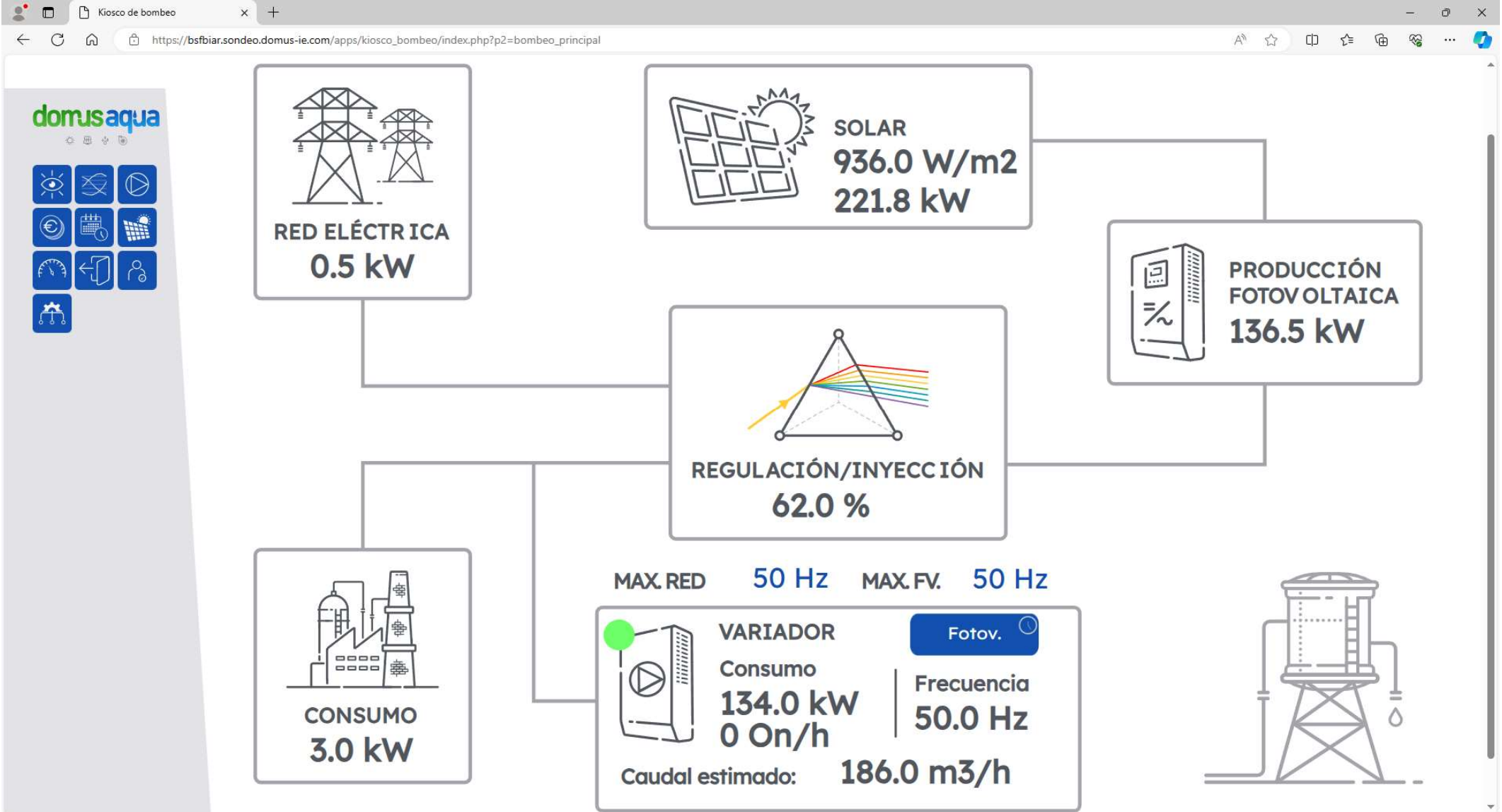
Domingo
Tarifa 12

Festivo
Tarifa 12

REAL ENERGY SYSTEMS

AUTOCONSUMO BFV

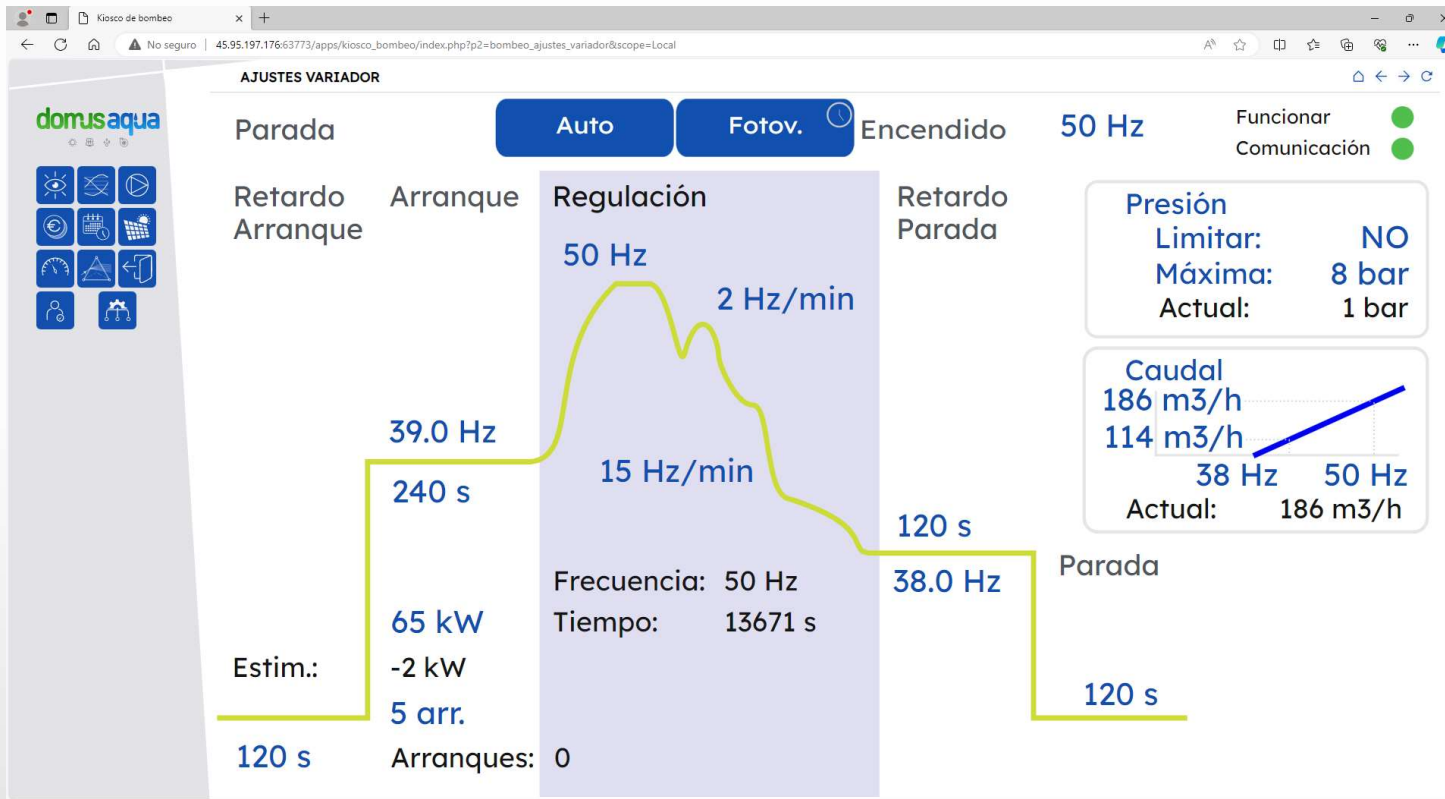
Optimización **FUNCIONAMIENTO**



AUTOCONSUMO BFV



Optimización FUNCIONAMIENTO



AUTOCONSUMO BFV



Optimización FUNCIONAMIENTO



HORARIO

Estado actual: MODO FOTOVOLTAICO

Fin de semana (S-D)

1er modo fotovoltaico	8 h
1er modo red	20 h
2º modo fotovoltaico	24 h
2º modo red	24 h
3er modo fotovoltaico	24 h
3er modo red	24 h
4º modo fotovoltaico	24 h
4º modo red	24 h

Entrefsemana (L-V)

1er modo fotovoltaico	8 h
1er modo red	20 h
2º modo fotovoltaico	24 h
2º modo red	24 h
3er modo fotovoltaico	24 h
3er modo red	24 h
4º modo fotovoltaico	24 h
4º modo red	24 h

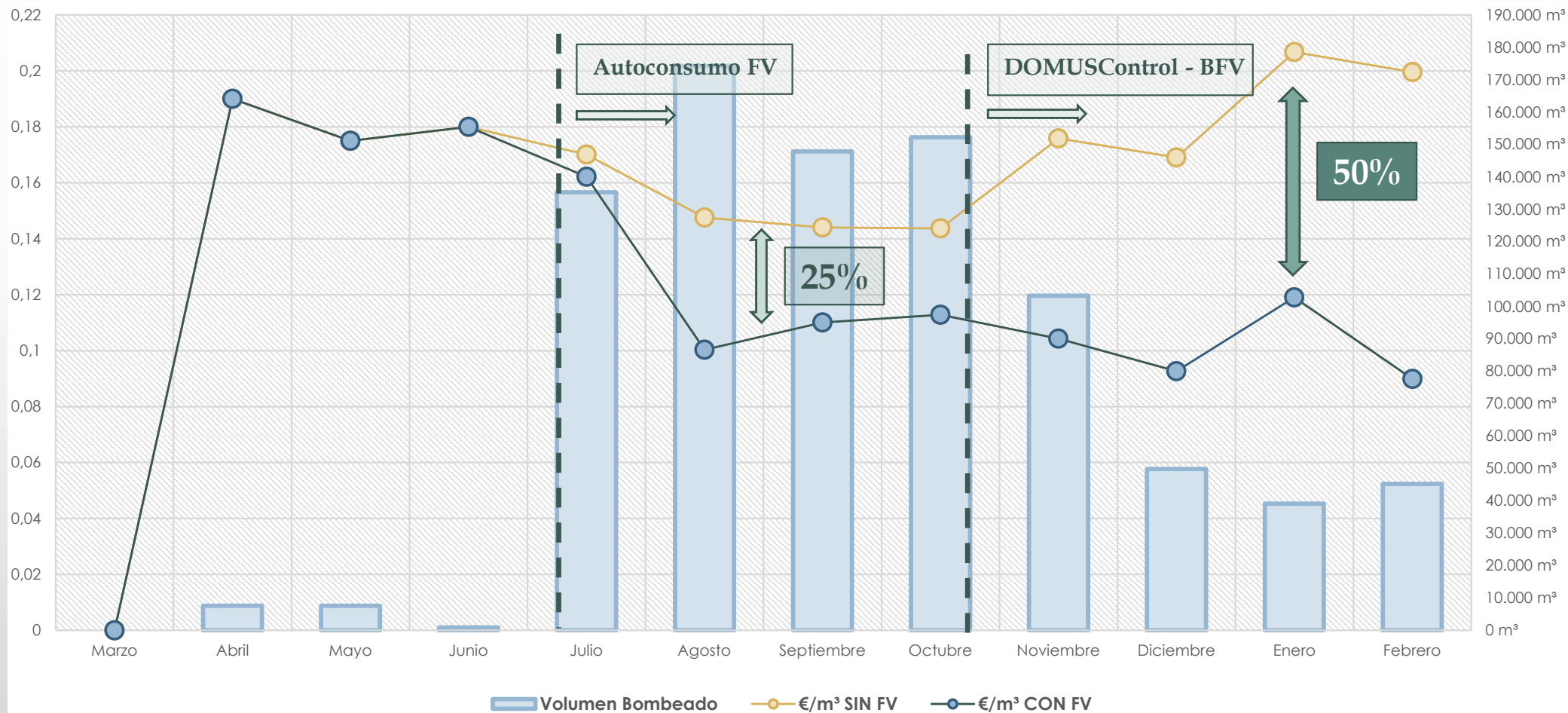


AUTOCONSUMO BFV

Optimización FUNCIONAMIENTO

Sistema DOMUSControl

Instalación de Bombeo Pozo – Red Distribución 340 kW



Gracias por su atención. Para más información visite:

www.domus-ie.com

domusaqua



Miguel Ángel Bofill Tortosa

Ingeniero Industrial

*Director Técnico **DOMUSAqua Ingeniería***