



Luis Narvarte

Socio de Bosola

Coordinador, MASLOWATEN

Instituto de Energía Solar

Universidad Politécnica de Madrid

Sistemas de riego fotovoltaico de alta potencia



ES DE BIEN NACIDOS



Grupo operativo



**Gobierno
de La Rioja**

... SER AGRADECIDOS

ES DE BIEN NACIDOS



**CCRR
Las Planas**



POLITÉCNICA

... SER AGRADECIDOS

ANTECEDENTES

El coste eléctrico para agricultores y Comunidades de Regantes

- FENACORE : incremento de costes 627% - 1255%
- 40% - 50% del total de costes de producción
- 2º consumidor eléctrico en España

Única alternativa para algunos cultivos

- Remolacha – 2017

Mercado Potencial

- Sur de Europa: 14 millones Ha -16GW – 24.000M€
- Norte de África (Red + diesel): 1,5GW – 2.250 M€

¿POR QUÉ SABEMOS DE BOMBEO FV y calidad?

Bombeo FV

PRS (UE, 1993):

- 600 bombas; UPM: control de calidad

Desde 1995:

- Marruecos, Argelia, Túnez: 53 bombas
- Egipto: 5 bombas

Riego (MICCIN, 2012):

- Prototipo en Villena

MASLOWATEN (2015)



Calidad técnica en el marco de Project Finance – Due diligence

Proyectos:

- 80 plantas FV multiMW – 12 países - 802 MW

Empresas:

- Acciona, Guascor, Conergy, Unión Fenosa, Fotosolar, Atersa, Nobesol, Proener, Epuron, Ateia, Element Power, Gehrlicher, Solon, Gadir, Cadmos, Dresser-Rand, Bosch, Gestamp, IM2, Scorpio, Sky Solar, Alten, Lugec, WOK, Abalados

Bancos:

- Santander, BBVA, BARCLAYS, BANESTO, Pastor, Caja Navarra, Banco de Vasconia, Sabadell Atlántico, Caja Madrid, Guipuzcuano, Caja Rural de Navarra, Bancaja, Caja Murcia, KUTXA, Espíritu Santo, Zaragozano, Valencia, Caja Laboral Popular, La Caixa, Caja de Galicia
- West LB, Caixa Geral, HSH Nordbank AG, KfW, Leasink, Intesa Sanpaolo, BayernLB,

¿Qué NO es adaptar el FV al riego?

Lo que NO es:

- MPPT en el variador
- Solución preparada desde fábrica
- Adaptar la red de riego al sistema FV
- Presión constante = Aumentar el tamaño del sistema FV a balsa

El pobre estado del arte actual:

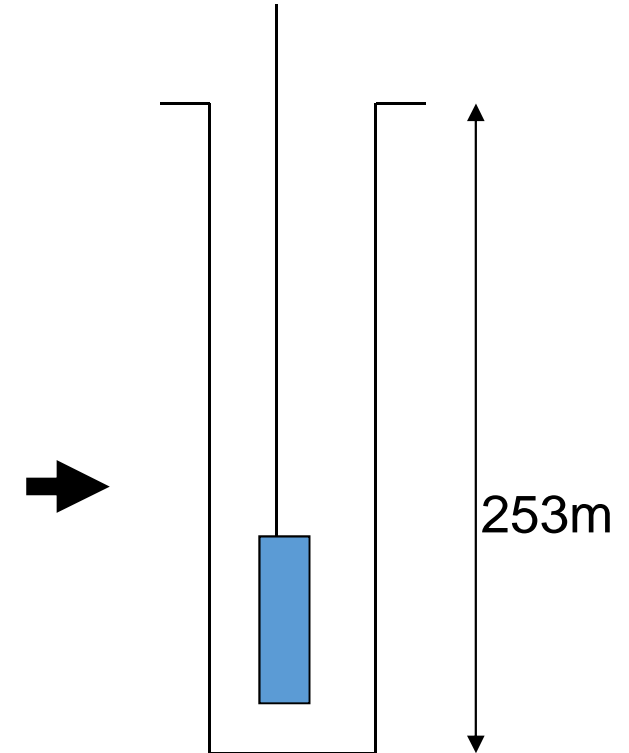
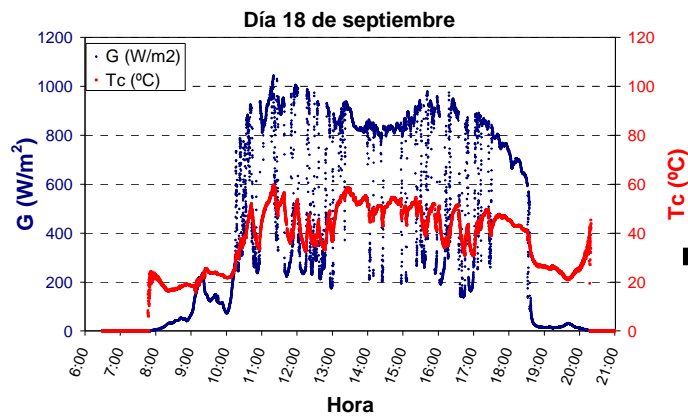
- 4 ofertas a una comunidad de regantes:
 - Tamaño: de 90 kWp a 250 kWp
 - Precio: de 1€/Wp a 2,7€/Wp
- No es que engañen; es que es nuevo conocimiento

¿Qué SÍ es adaptar el FV al riego?

Lo que SÍ es:

- Resolver los problemas asociados a la intermitencia FV
- Ajustar la generación FV a las necesidades de riego
- Integrar el sistema FV en el sistema de riego existente
- Asegurar la fiabilidad durante 25 años

El Problema de la Intermitencia FV:

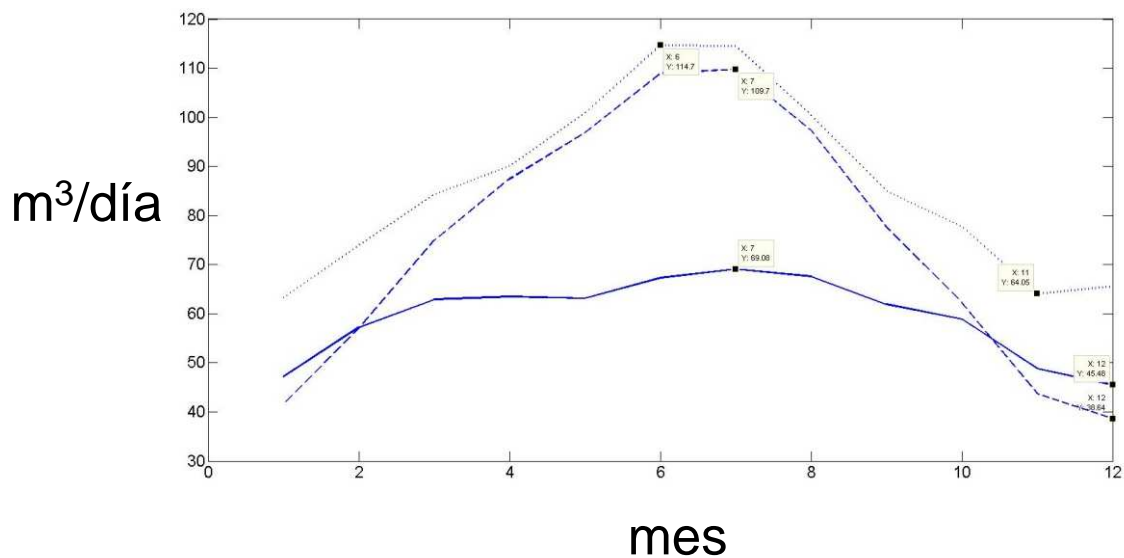


Desestabilización y parada brusca del variador:

- Golpe de ariete: reduce el tiempo de vida de la parte hidráulica
- Sobretensiones: reduce el tiempo de vida del variador y motobomba

Ajustar generación FV y necesidades de riego:

Seguidor N-S:



Integrar el sistema FV en el sistema de riego existente



Reducir el grado de novedad:

- El agricultor sigue haciendo lo mismo
- Incentivo para reducir el consumo de agua

Asegurar la fiabilidad durante 25 años

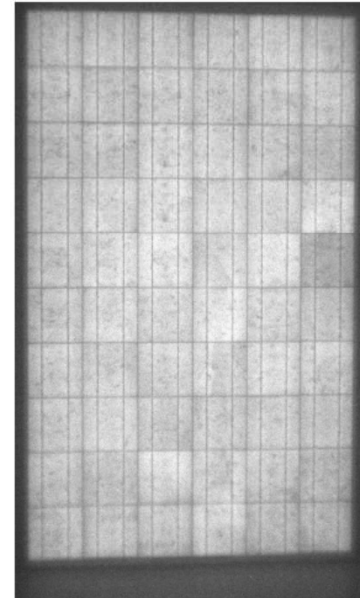
Módulo N1041303028116

Sistemas de calidad = fiabilidad:

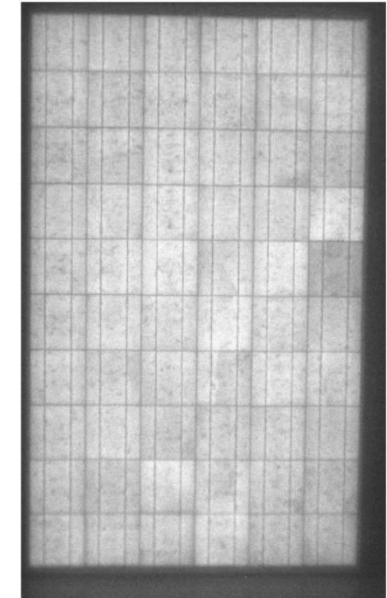
- Especificaciones técnicas
- Control de calidad
- Incluidas en contrato

Seguidor:

- Probado



Electroluminiscencia inicial



Electroluminiscencia tras 7 días a -1000V

Advertencias

CALIDAD DE LOS SISTEMAS:

- Si seguidor no probado, mejor estructura estática
- Contrato sin especificaciones técnicas y control de calidad = papel mojado

FIABILIDAD ANTE PASO DE NUBE:

- Si no tienen resuelto esto, no es solar

BOMBEO A PRESIÓN Y CAUDAL CONSTANTE:

- Si te dicen que es a presión constante, hay muchas probabilidades que sea “a balsa” sobredimensionado
- Si tiene control por presión, el problema de la intermitencia es más grave

PROGRAMACIÓN Y SINTONIZACIÓN DE LOS VARIADORES:

- Si viene programado de fábrica, no funciona

MASLOWATEN

METODOLOGÍA:

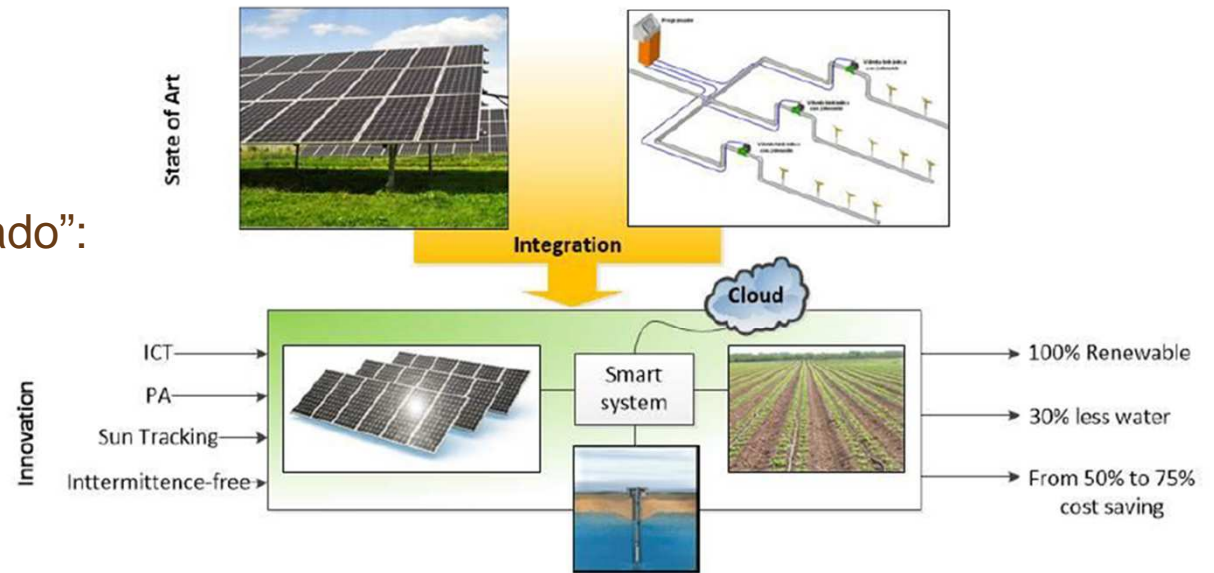
- 5 “primeras aplicaciones de mercado”:

- Alicante (España): 360 kWp
- Valladolid (España): 160 kWp
- Alentejo (Portugal): 140 kWp
- Marrakech (Marruecos): 120 kWp
- Cerdeña (Italia): 40 kWp

- Validación técnica y económica

- Penetración de mercado:

- Visitas técnicas a los demostradores
- Exhibiciones y ferias
- Acreditaciones y especificaciones técnicas



TRANSFERENCIA de TECNOLOGÍA:

- Transferencia a al menos 20 PYMES
- Al menos 5GW en el sur de Europa en 2018
- Seminarios internacionales

TRANSFERENCIA de TECNOLOGÍA

27 PEQUEÑAS EMPRESAS:

- España:

- Aquactiva Ambiental
- Arconi Solutions
- Artico Ingurumena
- Cía. Regional de Energía Solar
- Electromecánica Luberr
- Enerpal Proyectos Energéticos
- Enerproyecta

- **Imel**

- FRUJIMOR
- Grupo Chamartin
- INVERSOLAR
- KATAE
- KTR SOLAR

- BOMBEATEC
- ONGRUB
- PVRES
- Proyectos y Montajes Eléctricos Riojanos
- QPV
- Riegos Del Duero
- Sinelec-Sur
- Solar Jiennense
- Water automatic & distribution systems

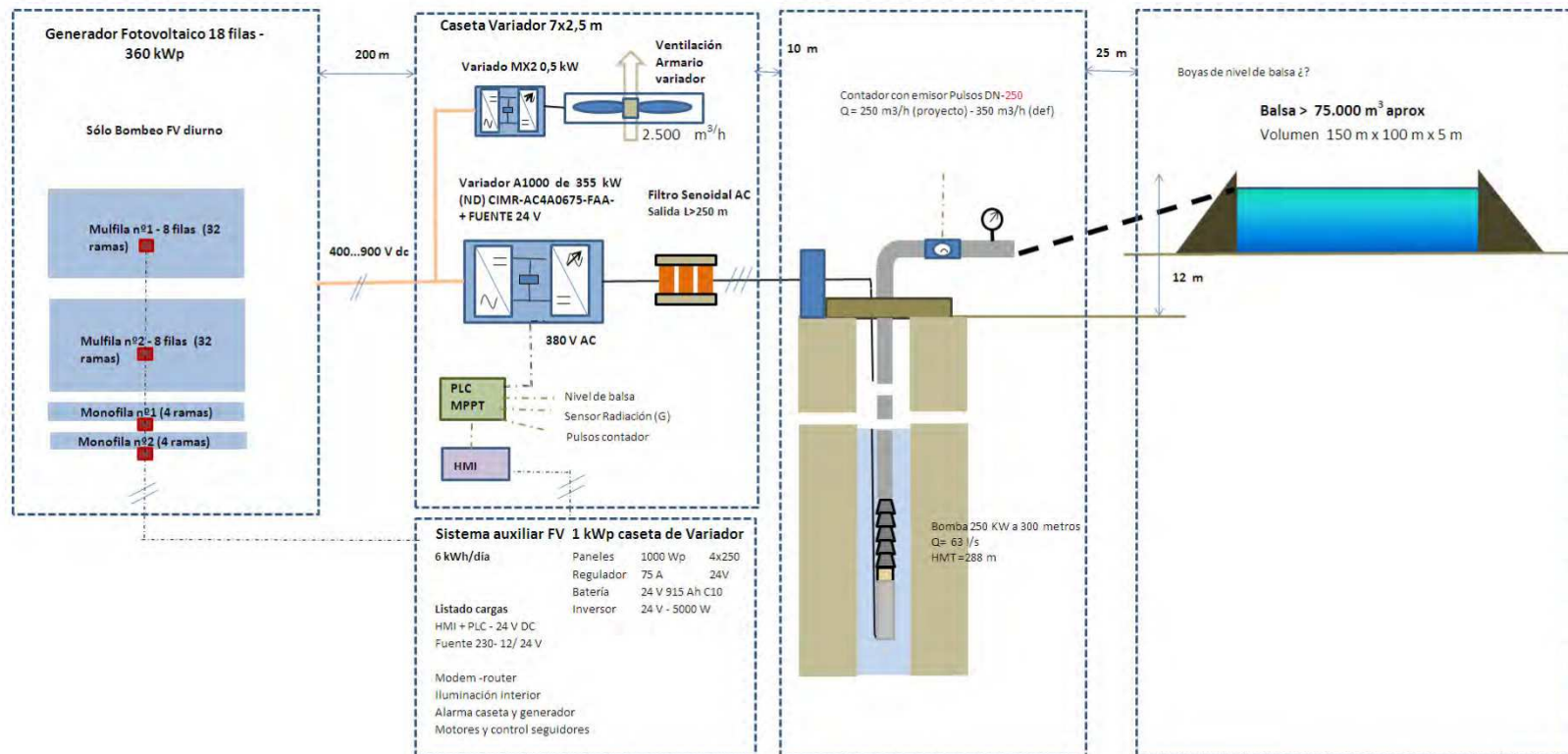
Villena (360 kWp): solo FV, Bombeo a balsa



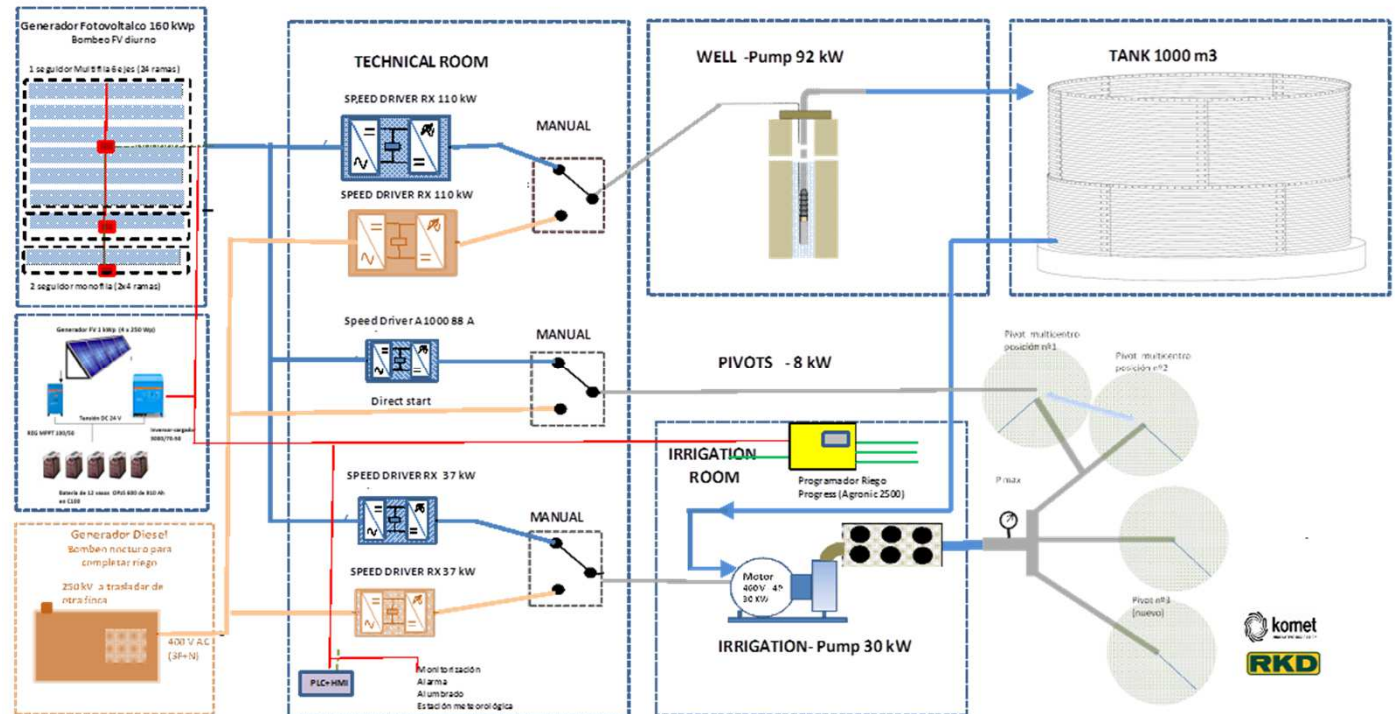
650.000 m³/año

288 m

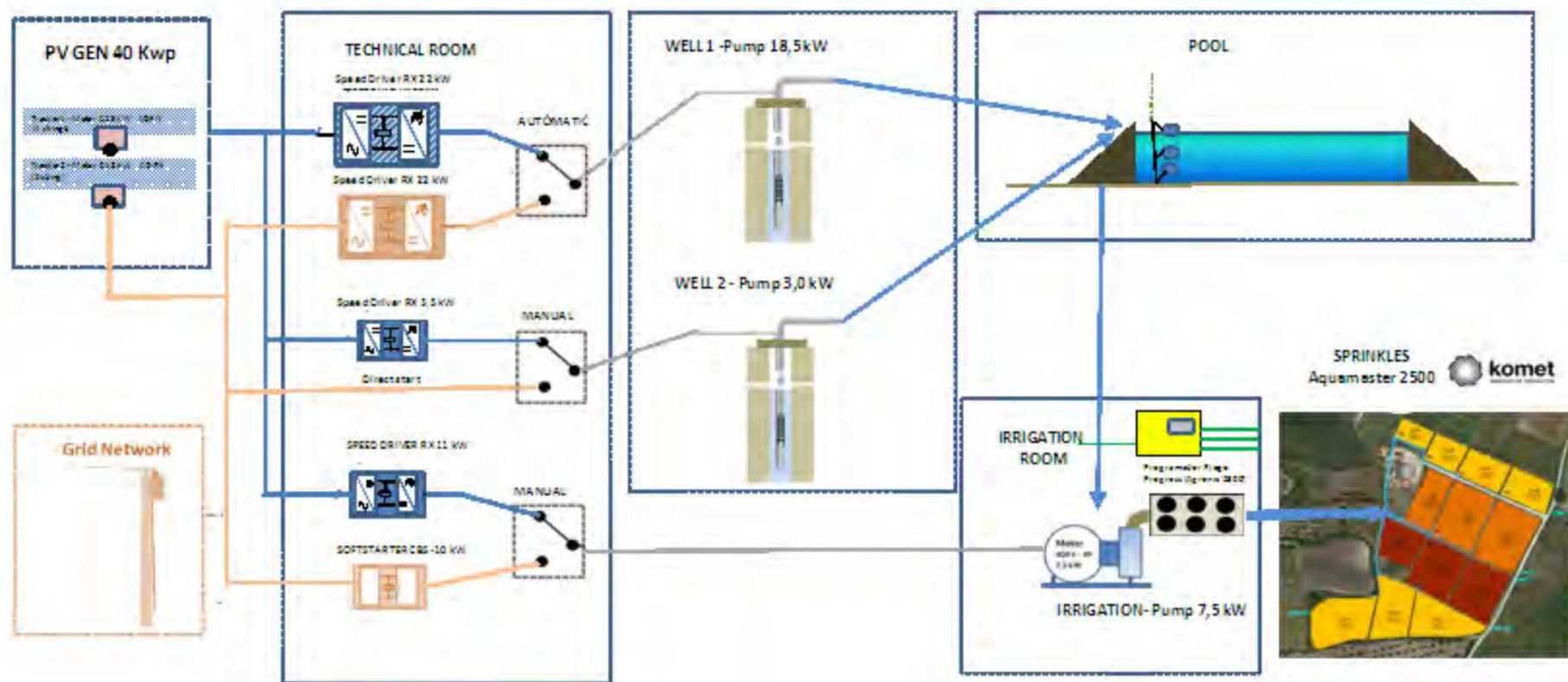
63 l/s



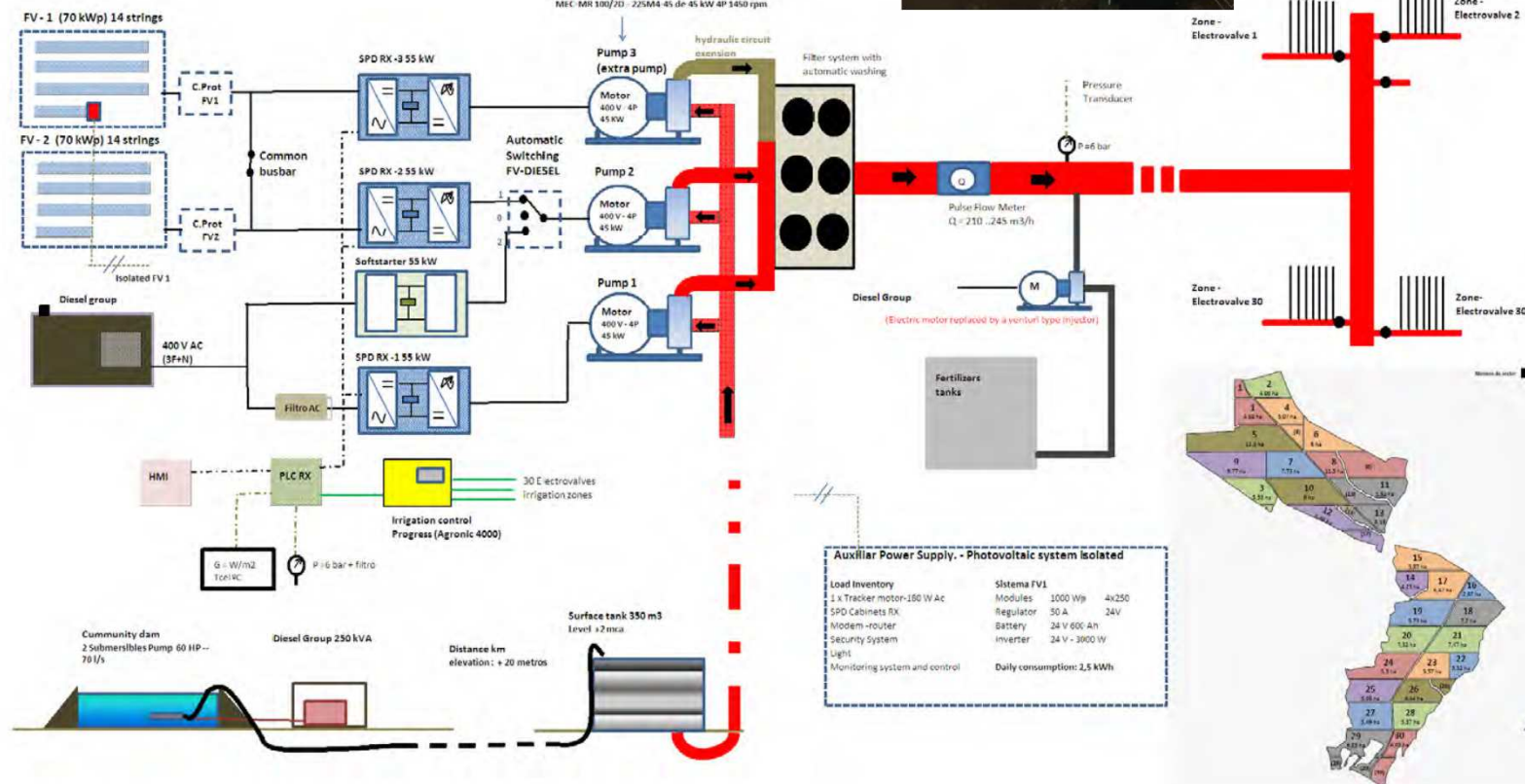
Valladolid (160 kWp): solo FV, pivot con aspersores de baja presión, presión constante



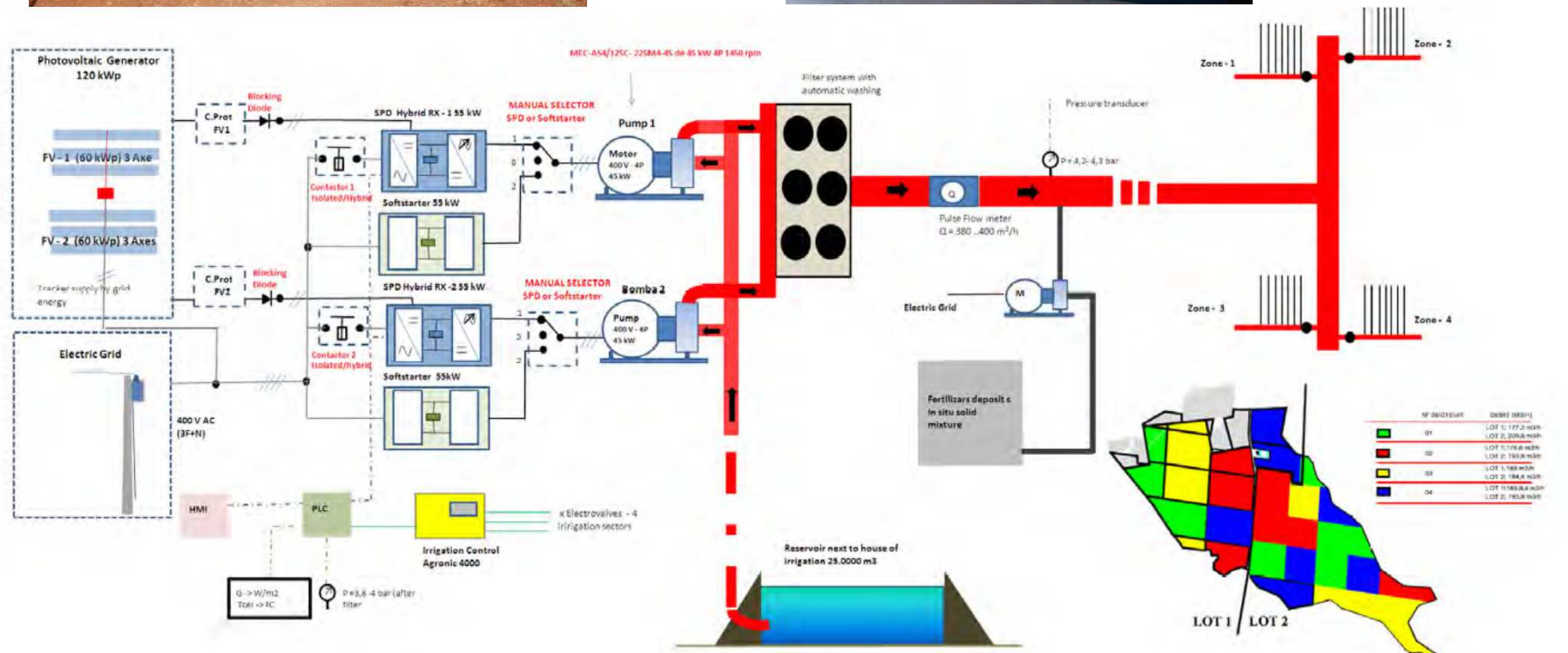
Uri (40 kWp): solo FV, a balsa y con aspersores de baja presión



Alter do Chao (140 kWp): híbrido FV-diesel, gota a gota, presión constante



Tamalelt (120 kWp): híbrido FV-red, gota a gota, presión constante



Aldeanueva de Ebro (213 kWp): solo FV, Bombeo a balsa

240 m

216 m³/h



213 kWp



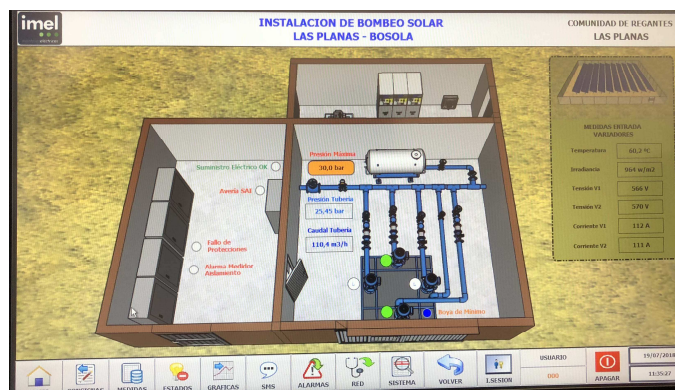
2x90 kWp



2x75 kWp

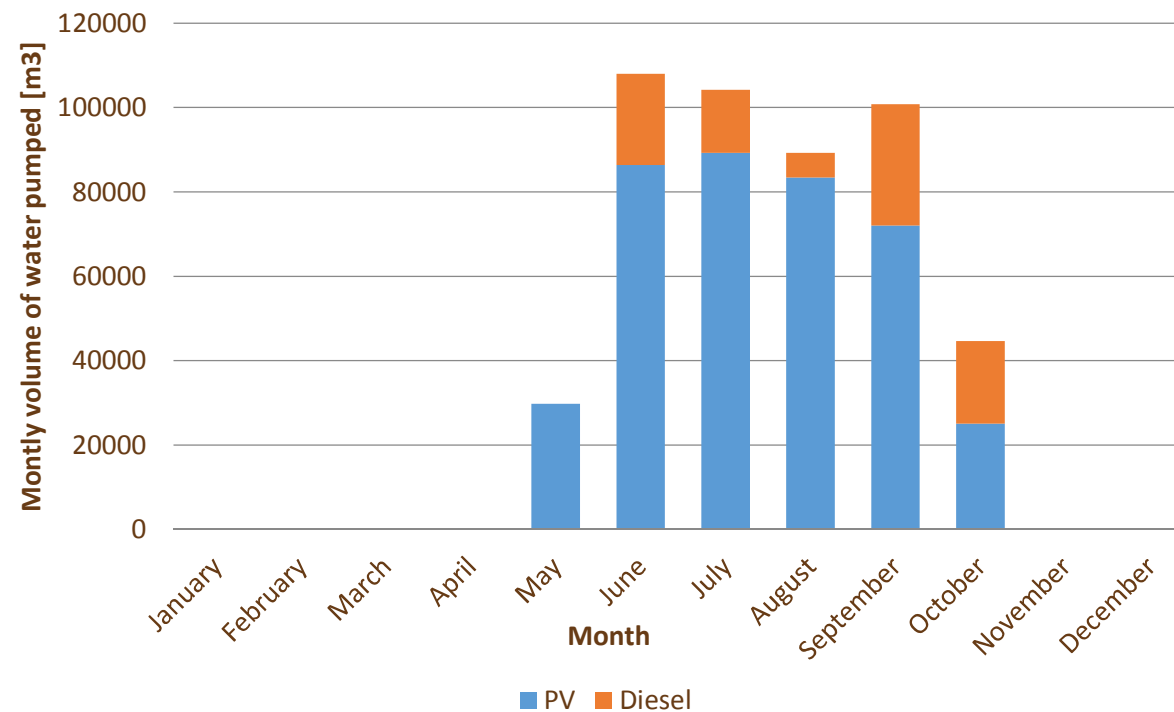


70.000 m³



Resultados

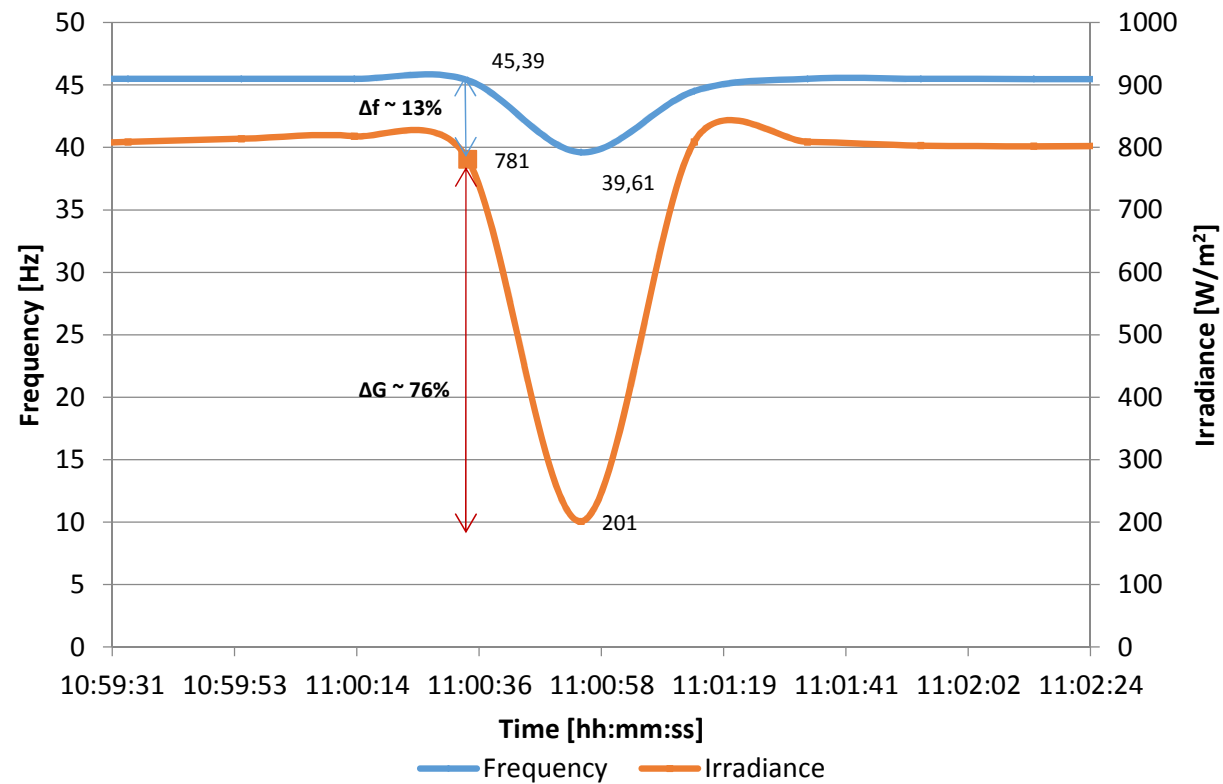
Técnicos



Portugal (2016): 476.640 m³; 81% FV;

Resultados

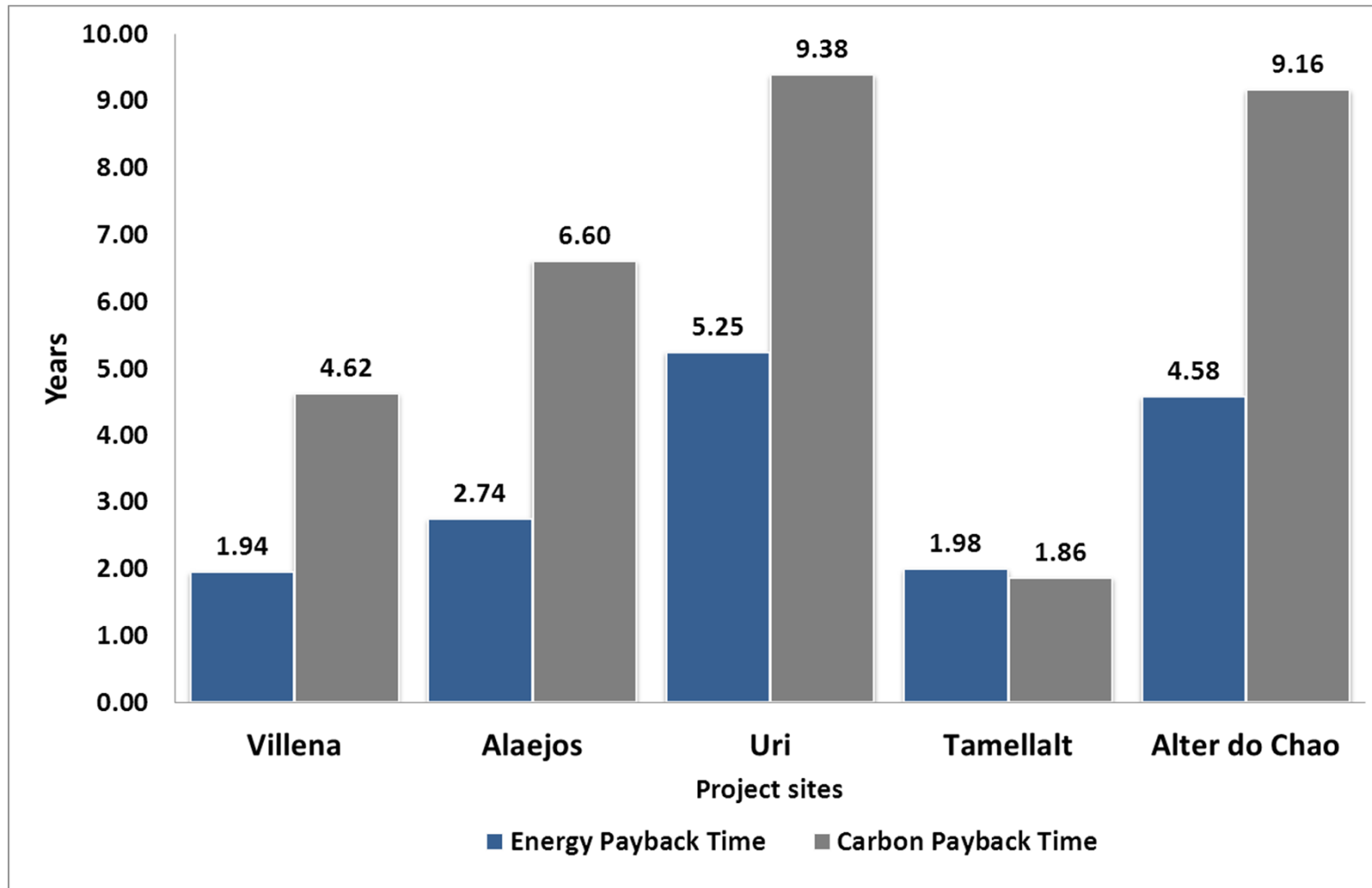
Técnicos



Villena: 10:59:31 hasta 11:02:24 del 19 Octubre 2017

Ciclo de Vida

Energy and Carbon payback times



EVALUACIÓN ECONÓMICA

¿Cuánto cuesta instalar los sistemas?

	Villena	Alaejos	Cerdeña	Marruecos	Portugal
Tamaño (kWp)	360	160	40	120	140
CAPEX (€)	433.098	200.351	57.778	148.704	120.277
CAPEX unitario (€/Wp)	1,20	1,25	1,44	1,24	1,22

EVALUACIÓN ECONÓMICA

¿Cuánto cuesta operar los sistemas?

	Villena	Alaejos	Cerdeña	Marruecos	Portugal
Tamaño (kWp)	360	160	40	120	140
OPEX (€/año)	12.993	6.011	3.000	4.461	5.108
OPEX unitario (€/Wp y año)	0,0361	0,0376	0,0750	0,0372	0,0365

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Escenario Financiero a 25 años

Estructura: Equity: 20%; Deuda: 80%

	Villena	Alaejos	Cerdeña	Marruecos	Portugal
Equity (%)	0,8	0,8	1	1	1,1
Deuda (%)	4	4	4	4	4
Wighted Average Cost of Capital (WACC, %)	3	3	3	3	3
Risk free rate (Rf, %)	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Market premium risk (Rm, %)	1,1	1,1	1,35	1,7	1,7
Income Corporate Tax (T, %)	25	25	24		21
Tasa de inflación media (%)	2,3	2,3	1,4	1,2	3,5

Resultados






Económicos

Coste de la energía		Alter do Chão	Ahorro [%]	Villena	Ahorro [%]	Alaejos	Ahorro [%]	Cerdeña	Ahorro [%]	Tamellalt	Ahorro [%]
Previo 25 años	€/kWh	0,33		0,21		0,23		0,54		0,21 €	
FV 25 años	€/kWh	0,13	-61%	0,04	-79%	0,08	-64%	0,18	-66%	0,07 €	-68%

Resultados

Económicos

Financial Indicators

Financial Indicators		Alter do Chão  [%]	Villena  [%]	Alaejos  [%]	Sardinia  [%]	Tamellalt  [%]			
Annual ELECTRICITY / DIESEL consumption before PV system	kWh or L	41.246	598.147	58.671	30.033	273.102			
Annual ELECTRICITY / DIESEL consumption after PV system	kWh or L	7.866	0	9.423	0	42.765			
	diff kWh or L	33.380	-81%	598.147	-84%	30.033	-100%	230.337	-84%
ELECTRICITY / DIESEL cost	€/ kWh or €/L	0,580 €	0,105 €	0,460 €	0,270 €	0,104 €			
Average annual inflation rate [25 years] ¹	%	4,5%	4,4%	4,4%	4,4%	4,8%			
Annual Saving									
Average Annual Saving [2017 - 2041] ²	€	30.924	100.850	35.466	11.633	40.345			
Financial Indicators									
Payback Period	years	9	7	9	8	7			
NPV	€	355.119	1.337.243	420.826	142.068	452.594			
IRR	%	11%	16%	11%	13%	16%			
CAPEX	€	170.277	433.098	200.351	57.778	148.704			
WACC	%	3%	3%	3%	3%	4%			

¹ the average annual inflation rate includes the estimated inflation rate [source: <http://www.inflation.eu/>] + an additional spread of 2%

² 31% is the higher ICT rate in Morocco with the exception of the ICT rate applicable to leasing companies and credit institutions [37%]

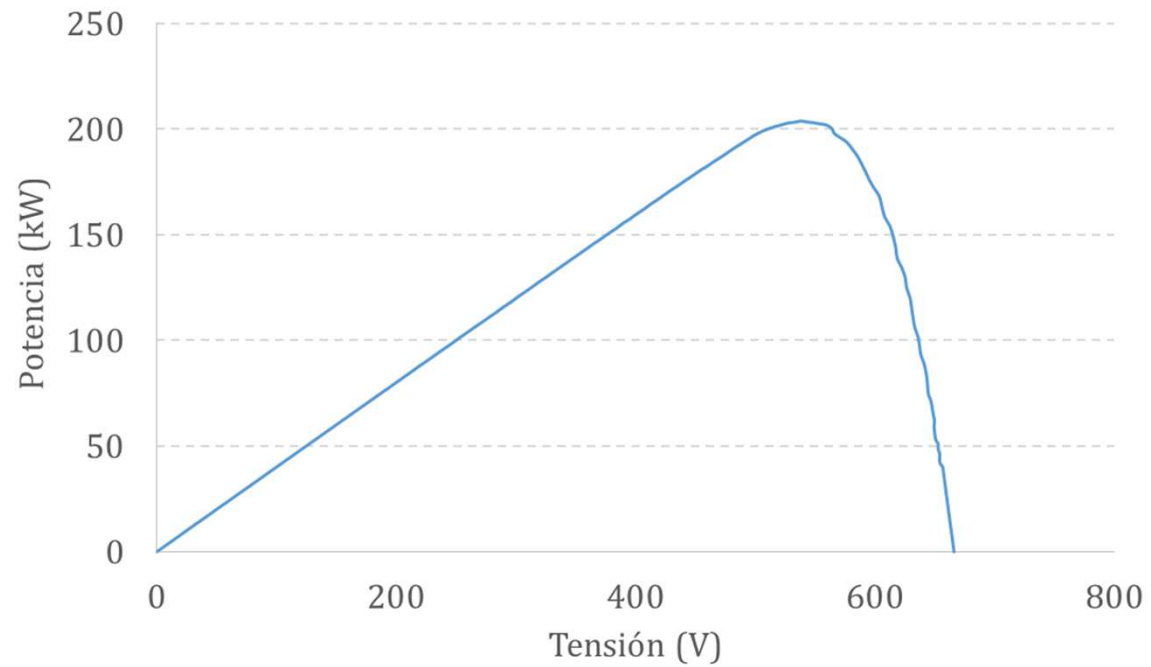
Source: Consortium Information - November 2017



TIR	11%	16%	11%	13%	16%
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Resultados en Aldeanueva

Técnicos



Relación potencia/tensión del generador fotovoltaico

Resultados en Aldeanueva

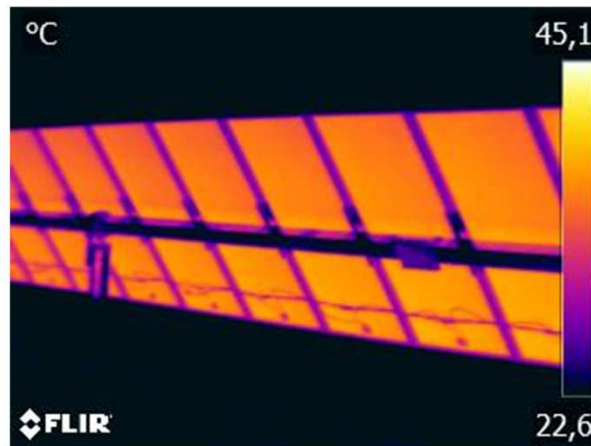
Técnicos

Fila	Módulos medidos	P* (W)	Desv. típica (%)	Dif vs P _{NOM} (%)
1	52	345,7	0,79%	-2,6%
3	52	349,0	0,68%	-1,7%
5	52	344,5	0,73%	-3,0%
Promedio	156	346,4	0,74%	-2,4%

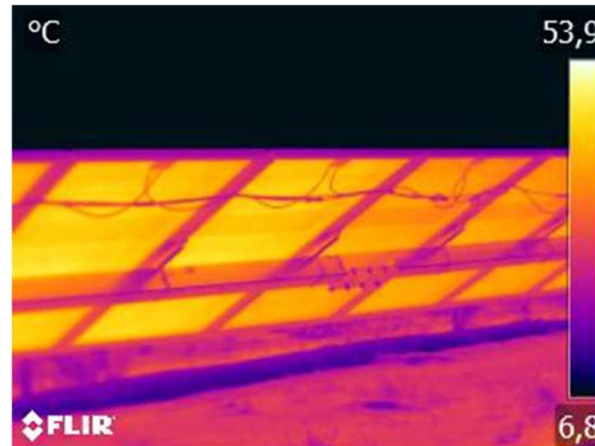
Resultados de las medidas de módulos individuales

Resultados en Aldeanueva

Técnicos



(a)

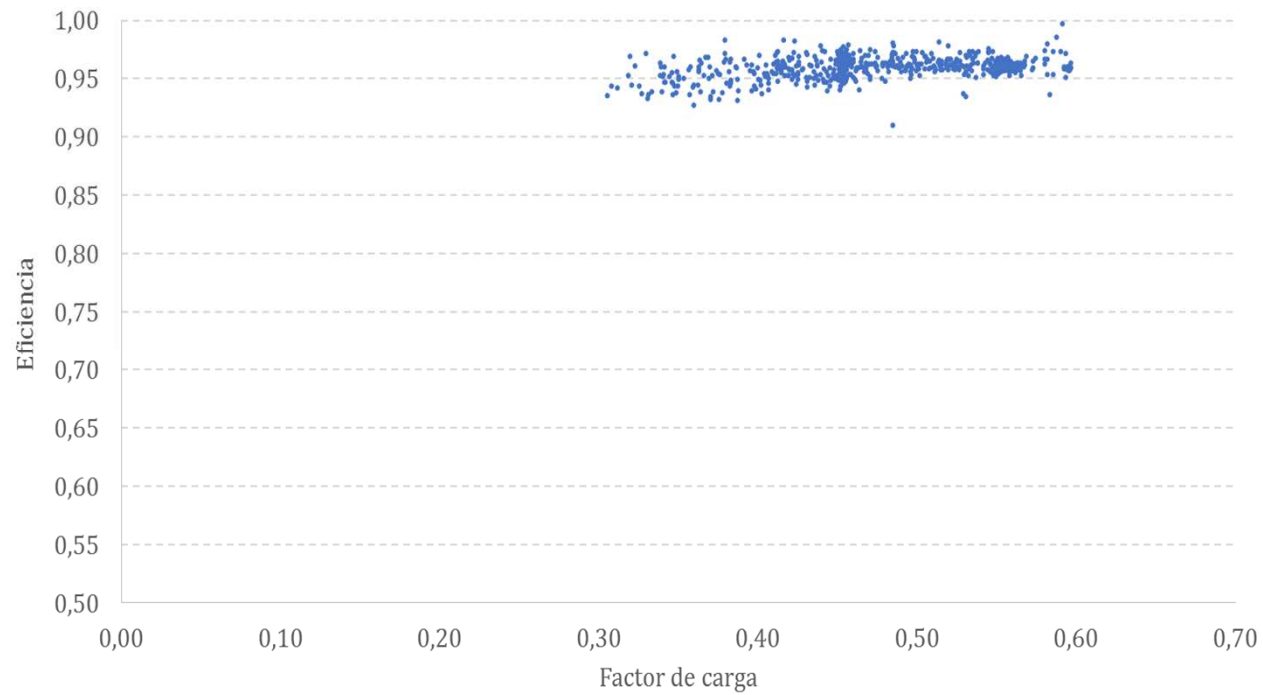


(b)

Inspección termográfica

Resultados en Aldeanueva

Técnicos



Eficiencia del variador 1 en función del factor de carga total

Resultados en Aldeanueva

Técnicos

Año	Mes	E_{pv}	V_{pv}	$WT1_{day}$	$WT2_{day}$
		(kWh)	(m ³)	(h)	(h)
2018	julio	7225	6690	11,2	11,5
	agosto	32845	30279	9,6	9,8
	septiembre	27394	24436	8,6	8,5
	octubre	18207	15834	5,9	5,7
	noviembre	8435	7079	3,2	3,3
	diciembre	9844	8241	4,0	4,0
2019	enero	11662	9606	4,5	4,4
	febrero	20843	17542	7,4	7,4
	marzo	28402	25258	8,6	8,7
	abril	23048	20601	7,6	7,6
	mayo	28339	24516	8,8	9,0
	junio	30549	26571	9,8	9,6
	Total	246793	216654	7,4	7,5

Energía producida, volumen de agua bombeado y número de horas de funcionamiento del sistema

Ahorros en Aldeanueva (Balsa – 211kWp)

Consumo de la red desde octubre 2016 a septiembre 2017

<ul style="list-style-type: none">• Energía en P1, P2 y P3: 613.582 kWh• Coste total de la factura: 66.324,92 €	10,8 c€/kWh	Ahorro: 36%
	PPA: 6,9 c€/kWh	

<ul style="list-style-type: none">• Energía en P1 y P2 (43%) : 263.840 kWh• Coste por P1 y P2 (75%): 49.743,69 €	18,8 c€/kWh	Ahorro: 63%
	PPA: 6,9 c€/kWh	

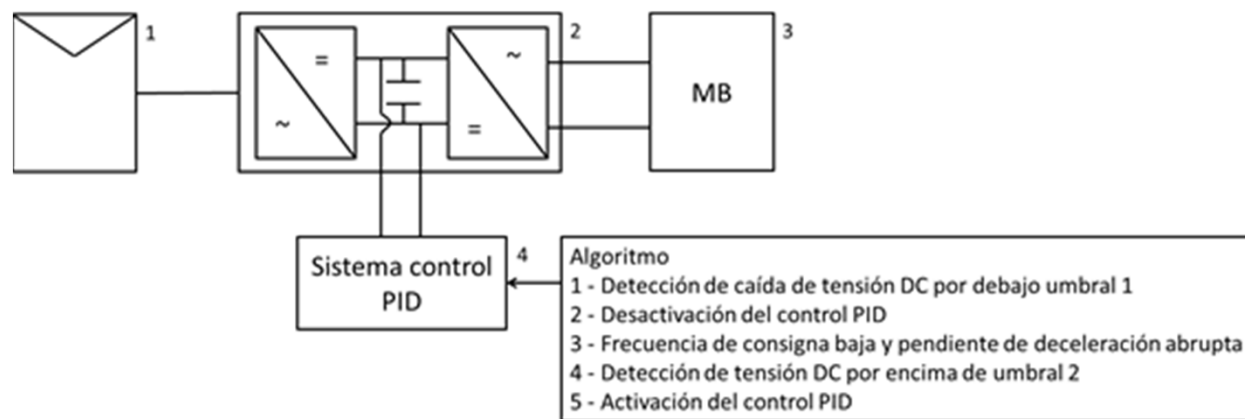


TRES PATENTES

Procedure and control device for PV pumping systems

Electrically hybridized PV pumping irrigation systems

Hydraulically hybridized PV pumping irrigation systems



PYMES

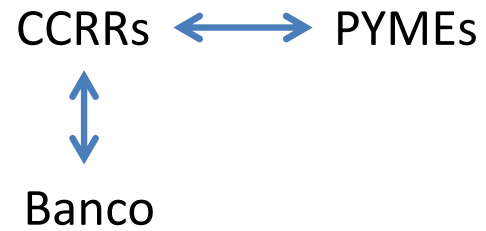
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA A 27 PEQUEÑAS EMPRESAS:

- España:
 - Aquactiva Ambiental
 - Arconi Solutions
 - Artico Ingurumena
 - Cía. Regional de Energía Solar
 - Electromecánica Luberr
 - Enerpal Proyectos Energéticos
 - Enerproyecta
 - Imel
 - FRUJIMOR
 - Grupo Chamartin
 - INVERSOLAR
 - KATAE
 - KTR SOLAR
 - BOMBEATEC
 - ONGRUB
 - PVRES
 - Proyectos y Montajes Eléctricos Riojanos
 - QPV
 - Riegos Del Duero
 - Sinelec-Sur
 - Solar Jiennense
 - Water automatic & distribution systems

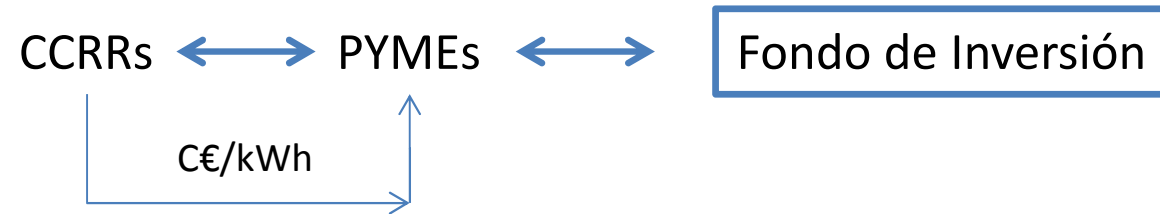
El Problema de la Financiación

- Las CCRR tienen que hacer la inversión inicial
- Las CCRR confían en los instaladores locales (PYMES)
- Pero las PYMES tienen poco acceso a la financiación

Financiación tradicional

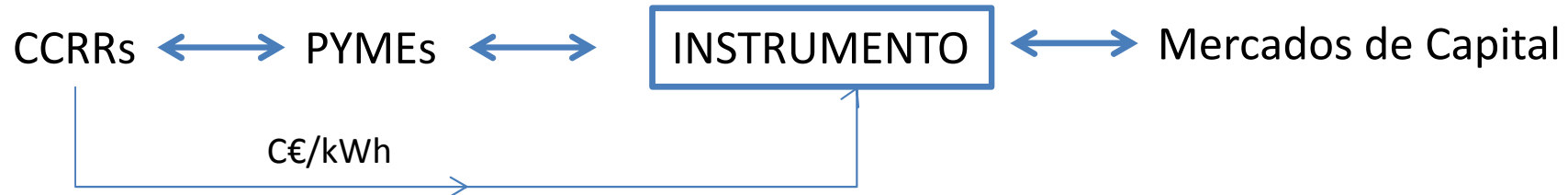


Financiación PPA



Nuevo Instrumento

MASLOWATEN+RESFARM

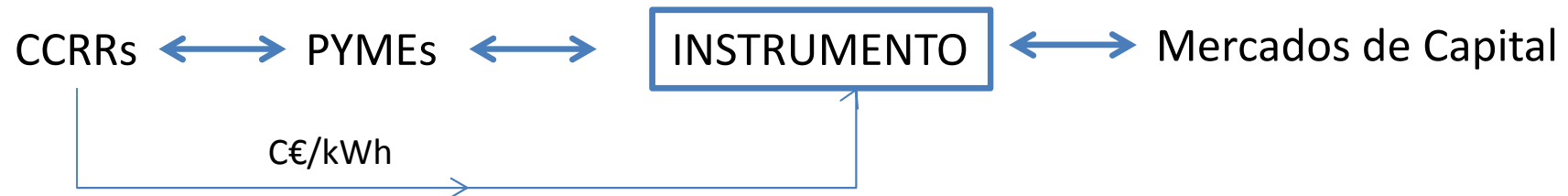


- **CCRRs:**
 - Sin inversión inicial
 - Sin riesgos
 - Contrato a largo plazo
 - Integra subvenciones
- **PYMEs:**
 - Acceso directo a Mercados de Capital
 - Más financiación
 - Posibilidad de crecer
- **Requisitos:**
 - Agencia de Calificación:
 - 18 meses de funcionamiento
 - Agregación mínima de 40MW
 - Transparencia y calidad

DESARROLLO EN FASES

- 18 meses de contrato estándar PPA
- Agencia de calificación
- Acceso a los Mercados de Capital

¿Qué se necesita?



- CCRRs que quieran hacer riegos FV:
 - Para agregar 40MW
 - Poner a disposición un terreno
- PYMEs que sepan hacer riegos FV de calidad
- El INSTRUMENTO para funcionar 18 meses

INSTRUMENTO

Ya montado por MASLOWATEN + RESFARM

- Hasta 100MW
- Permite integrar subvenciones:
 - Junta de Castilla y León
 - CA La Rioja
 - Junta de Andalucía
 - Junta de Extremadura

Precios para el Regante

Precio electricidad (c€/kWh)	<100kW	100- 300kW	300- 500kW	500kW- 1MW	>1MW
Balsa	9	6,9	6,2	4,8	3,9
Presión cte	10,6	8,5	7,2	5,6	4,6

Ahorros en Aldeanueva (Balsa – 211kWp)

Consumo de la red desde octubre 2016 a septiembre 2017

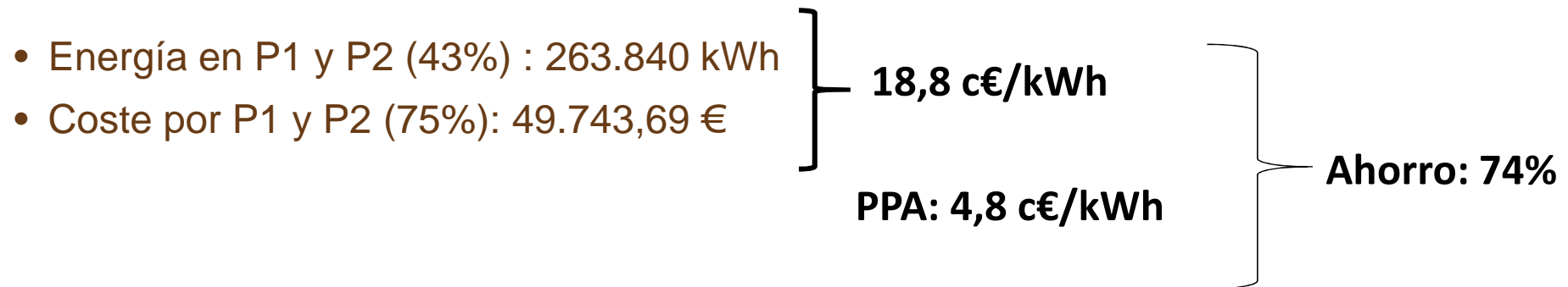
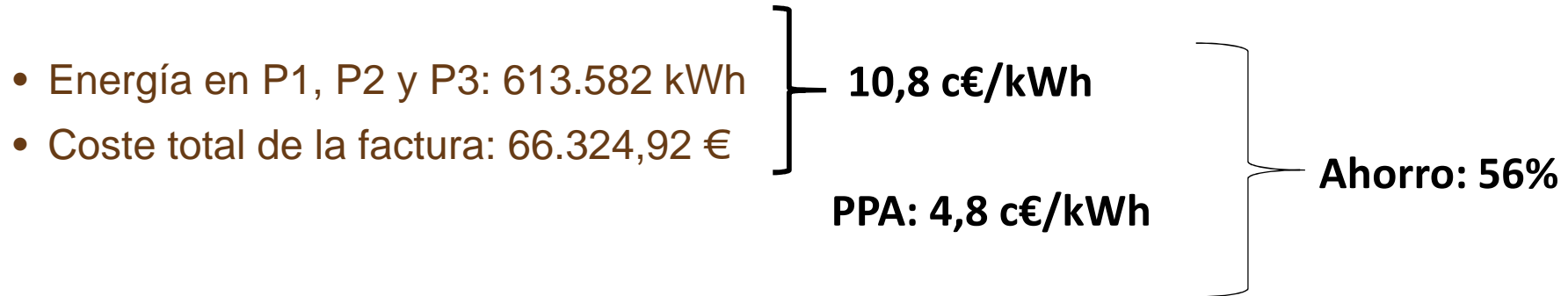
<ul style="list-style-type: none">• Energía en P1, P2 y P3: 613.582 kWh• Coste total de la factura: 66.324,92 €	10,8 c€/kWh	Ahorro: 36%
	PPA: 6,9 c€/kWh	

<ul style="list-style-type: none">• Energía en P1 y P2 (43%) : 263.840 kWh• Coste por P1 y P2 (75%): 49.743,69 €	18,8 c€/kWh	Ahorro: 63%
	PPA: 6,9 c€/kWh	



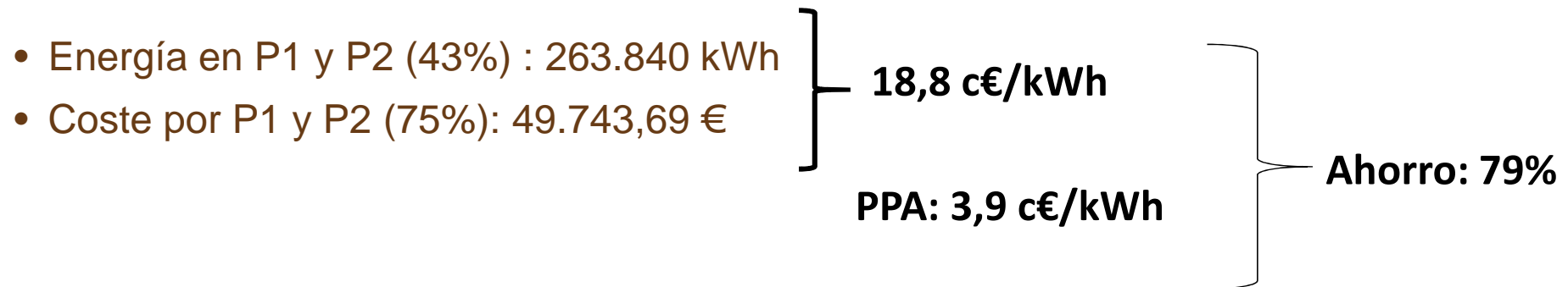
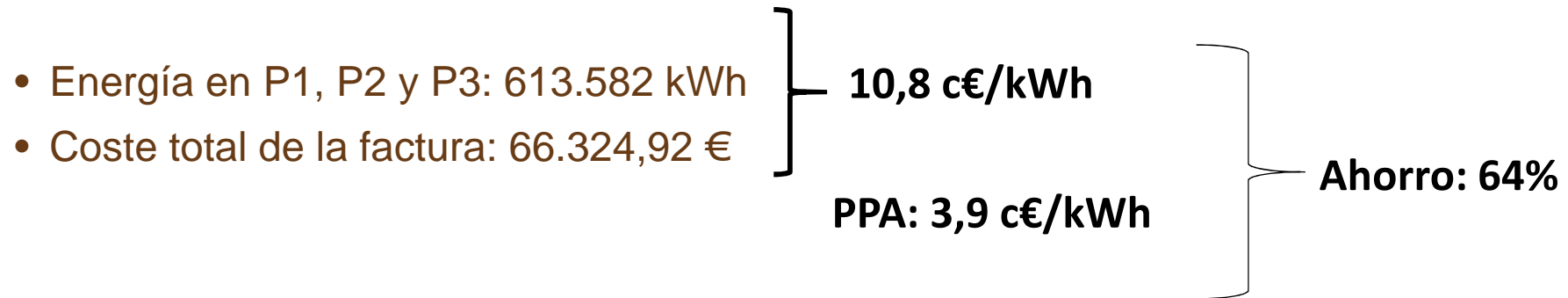
Ahorros en Aldeanueva (Balsa – 600kWp)

Consumo de la red desde octubre 2016 a septiembre 2017



Ahorros en Aldeanueva (Balsa – 1MW)

Consumo de la red desde octubre 2016 a septiembre 2017



¿Qué hago si quiero hacer un riego FV?

Contactar con Luis Narvarte:

Luis.narvarte@upm.es



Para contactar con nosotros

WEB: <https://bosola.es/>