



MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO

ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR” (ZARAGOZA)

OPTIMIZAGUA – Programa LIFE-Medio Ambiente

de la Unión Europea



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”



ÍNDICE

1. OBJETO.....	Pág.:3
2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	Pág.: 4-7
2.1. EL PAPEL DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL PROYECTO OPTIMIZAGUA	
3. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO SOLAR FOTOVOLTAICO.....	Pág.:8-14
3.1. PANELES SOLARES	
3.2. REGULADORES DE CARGA	
3.3. BATERÍAS	
3.4. CARGADOR AUTOMÁTICO	
3.5. INVERSOR SENOIDAL	
4. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y CONTROL.....	Pág.:15-18
5. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN Y POSIBLES PROBLEMAS.....	Pág.:19



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”



1. OBJETO

El presente *Manual de Usuario* se ha marcado como objetivo dar a conocer la *instalación solar* integrada en los prototipos del sistema de riego inteligente de la actuación en el Parque “Castillo-Palomar”. Pretende ser, por lo tanto, una guía básica de referencia y ayuda para los usuarios del sistema solar.



Encontraremos diferentes apartados donde se especifican los distintos equipos que integran la instalación y el mantenimiento que se les debe atorgar para su correcto funcionamiento. A parte, también se aborda una breve introducción a la energía solar fotovoltaica por ser un sistema solar fotovoltaico el integrado en esta actuación.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

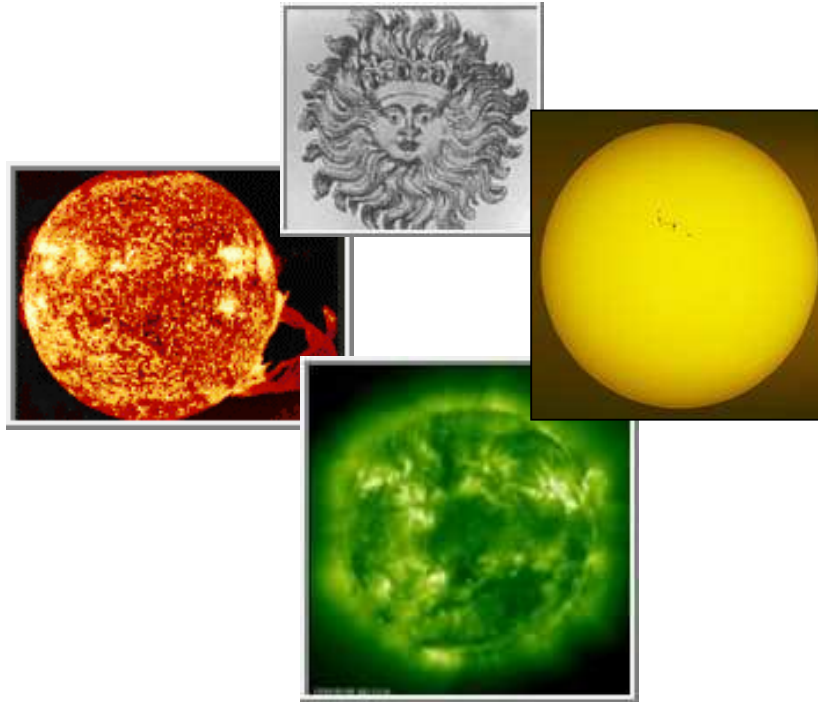
MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

La tecnología fotovoltaica convierte la radiación procedente del Sol en electricidad. Es tan abundante la energía originaria de esta estrella que la cantidad que recibe La Tierra en 30 minutos es equivalente a toda la energía eléctrica consumida por la Humanidad durante un año. (Imagen 1)



Imagen 1: Distintas maneras de ver el Sol



Consiste, según lo expuesto, en el aprovechamiento y conversión de la energía luminosa que recibimos del Sol en energía eléctrica, mediante células compuestas por materiales semiconductores –como el Silicio, elemento fundamental de las células solares y que se extrae de la arena-. Éstos al ponerse en contacto con la luz producen pequeñas corrientes eléctricas generando lo que se conoce como *efecto fotovoltaico*.



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

Asociando varias de esas células en serie y/o paralelo y protegiéndolas de la intemperie es como se construyen los módulos fotovoltaicos. Sus potencias están en función del número de células y de la configuración con que se dota cada modelo. De hecho, jugando con las conexiones de las células en serie y/o paralelo modificaremos la tensión o la intensidad del módulo en cuestión y, consecuentemente, se obtendrá una potencia resultante para cada modelo.



Las diferentes tecnologías fotovoltaicas, a pesar de utilizar el Silicio (monocristalino, policristalino o amorfo) como material básico, ofrecen células con características técnicas, formales y de aspecto diferentes. Por lo general son de color negro o azul oscuro y le confieren a los módulos fotovoltaicos estas mismas tonalidades. En el mercado hay una gran variedad de tipos de módulos (grandes, pequeños; con forma de placa, teja o ventana; rígidos o flexibles; con o sin soporte orientable mecánicamente; de distintas tonalidades como el negro, azul, pardo, amarillento...). En la actuación de “Castillo-Palomar” se ha integrado un panel fotovoltaico de Silicio policristalino con forma de placa.



También es importante comentar que la potencia que proporcionan los sistemas fotovoltaicos varía en función de la radiación solar recibida y de la temperatura de las células. En este sentido, su potencia nominal se mide en *watts pico* (W_p); que es la potencia máxima que puede proporcionar la célula con una intensidad de radiación constante de 1000 W/m^2 y a una temperatura de la célula de 25° C .



2.1. El papel de la Energía Solar en el Proyecto Optimizagua

Pueden destacarse varias razones que justifican la presencia de la energía solar dentro del Proyecto. Sin embargo, el objetivo básico perseguido ha consistido en dotar de mayor versatilidad y autonomía al prototipo de riego inteligente (**Imagen 2**). Y más todavía si se tiene en cuenta que muchas de las aplicaciones de este sistema de riego pueden situarse en lugares aislados cuyo abastecimiento energético no es fácil y resulta, por lo tanto, más costoso prolongar una línea eléctrica u otra alternativa que integrar una instalación





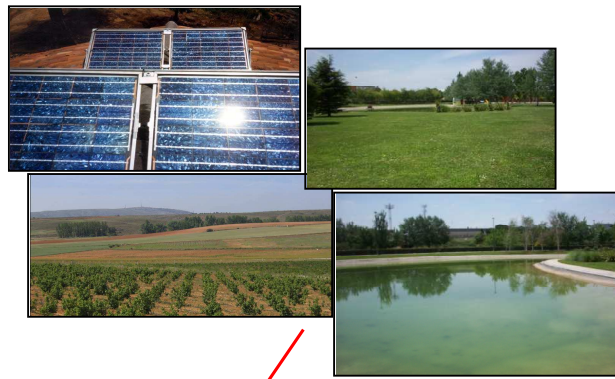
OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

fotovoltaica. En el resto de casos en los que sí se disponga de abastecimiento eléctrico, en cambio, se seguirá fomentando el uso de una fuente de energía renovable, limpia y totalmente gratuita.



Imagen 2: Combinación resultante de la energía solar con el prototipo del sistema de riego inteligente





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”



En nuestro caso, han sido consideradas las necesidades eléctricas del sistema de riego y las condiciones meteorológicas del lugar en cuestión con la finalidad de dimensionar el sistema así como concretar la mejor ubicación y orientación de los paneles y el resto de los elementos de la instalación.





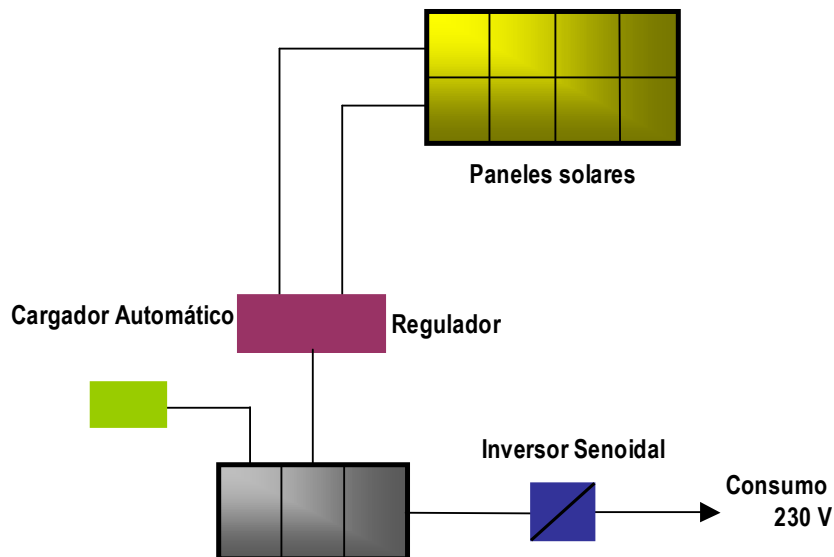
OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

3. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Tal y como se ha especificado en el **apartado 2** del dossier sobre **ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS**, la instalación solar integrada se compone de los equipos que pueden observarse en la siguiente imagen (**Imagen 3**). Es una instalación preconcebida como una *instalación solar aislada*; es decir, capaz de abastecer el consumo energético del sistema de riego independientemente de la red eléctrica convencional. De todas maneras, ante inclemencias metereológicas se ha previsto dotar al equipo de una autonomía energética capaz de seguir alimentando el sistema. En caso de que ésta no sea suficiente, el *cargador automático* tomaría electricidad de la red convencional.

Imagen 3: Equipos y lógica de funcionamiento de los equipos implicados en la instalación de energía solar fotovoltaica





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

Durante el presente apartado vamos a familiarizarnos con las funciones que desarrollan cada uno de los equipos especificados. Pero antes es necesario exponer una serie de conocimientos.



Un *generador fotovoltaico* está constituido por varios módulos fotovoltaicos junto con los cables eléctricos que los unen y con los elementos de soporte y fijación propios de la instalación. Este generador produce *electricidad en corriente continua* que, a partir de diferentes equipos electrónicos, puede *transformarse en corriente alterna*; con las mismas características que la electricidad de la red convencional.



Las funciones que desarrollan cada uno de los elementos expuestos en la **Imagen 3** son:

3.1. Paneles solares o módulos fotovoltaicos

Son dispositivos encargados de convertir directamente la radiación solar en energía eléctrica de corriente continuo.

3.2. Regulador de carga

Las funciones que desarrolla este elemento en la instalación solar son las siguientes:

1. Conducir la energía de paneles a batería con el máximo aprovechamiento, mínimas pérdidas en diodo de bloqueo (tipo *Schottky*, con caída de tensión de 0.4 V).
2. Medir la intensidad que producida en los paneles y la tensión de la batería.
3. Proteger la batería con el corte por alta, de una sobrecarga cuando el proceso de carga máxima ha concluido, alargando las revisiones de nivel de electrolito en batería.
4. Prolongar la vida de la batería con el desconector de baja tensión, impidiendo la descarga excesiva.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

5. Anunciar con un discreto aviso acústico, un estado de baja carga de la batería.

6. Por medio de una sencilla pulsación, se puede desconectar el sonido acústico, permaneciendo la señalización luminosa del estado de la batería.

7. En caso de estar períodos prolongados sonando, el consumo de alarma acústica es inapreciable. Esto es, de sólo 5 mA.

8. La señalización acústica y luminosa se repondrá automáticamente, cuando la batería recupere estados medios de carga.

9. Un consumo propio muy bajo de tan solo 20 mA en funcionamiento y de 60 mA cuando actúa el corte por alta.



A lo largo de la presente sección serán especificados el **modo de funcionamiento**, los **avisos de alarmas** integrados en el *regulador FOTON* y sus **características generales**.

Por lo que respecta a su funcionamiento y avisos de alarmas: cuando la tensión de carga alcanza un valor superior a 14'5 V se interrumpe el paso de corriente de paneles a la batería y el led de “BATERÍA CARGADA” se ilumina a partir de la energía procedente de los paneles. Si la tensión desciende un voltio, aproximadamente, se reconectarán los paneles a la batería y, por tanto, se apagará el led de “BATERÍA CARGADA”. Por otro lado, tenemos que los leds también permanecen apagados en el caso en el que la tensión de la batería se sitúa en unos valores normales.

Cuando el aviso de alarma está conectado y la tensión de la batería descienda por debajo de 11'3 V, el *Foton* avisará acústicamente y, simultáneamente, se encenderá un indicador de “BAJA BATERÍA”.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

Tal y como puede se puede observar en la **Imagen 4**, el regulador lleva incorporada una pantalla en la que se especifican los valores de voltaje de la batería y de su carga (es decir, de la intensidad de corriente procedente de los paneles solares).



Imagen 4: Vista de un regulador solar FOTON



Las características generales de este regulador en concreto:



Tensión de corte por alta 14'4 V

Tensión de alarma..... 11'3 V



Intensidad máxima de paneles 25 A

Intensidad máxima de utilización..... 30 A

Consumo FOTON a 12 V..... 20 mA

Consumo alarma acústica (sonando)..... 5 mA

Temperatura de trabajo..... -20° a 60°C





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”



3.3. Baterías

Son los dispositivos encargados de almacenar la energía eléctrica producida por el sistema solar.

Debe recordarse que la energía generada antes de ser acumulada es *procesada* por los reguladores. De este modo, mientras las baterías estén descargadas y las condiciones meteorológicas lo permitan, el regulador irá aportando energía a las baterías. En ellas, a través de reacciones químicas, se transforma la energía eléctrica entrante en compuestos químicos reversibles. Esto significa que, cuando se realiza un consumo, el compuesto químico se disocia y cede la energía que había requerido para su formación. Durante los procesos de carga se escapa hidrógeno –un gas muy volátil- hacia el entorno. Así que es *aconsejable no fumar ni encender fuego en el interior de la caseta donde se ubican las baterías*.



3.4. Cargador automático

Es un dispositivo automático que carga las baterías con energía procedente de la red de distribución en caso de que las condiciones de radiación no sean suficientes para cargar las baterías.



3.5. Inversor Senoidal

Es un dispositivo electrónico encargado de convertir el voltaje de corriente continua procedente de las baterías en una corriente alterna de 220 V y 50 Hz.

El inversor que se puede encontrar en esta instalación es el modelo *Studer AJ 275-12*. Como resultado de la conversión se obtiene una onda senoidal pura y, consecuentemente, compatible con equipos o cargas que requieren de buena calidad de onda. (Imagen 5)





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

Imagen 5: Vista de un inversor Studer



Trabaja a una tensión nominal de entrada de 12 V. Sin embargo acepta valores de tensión situados en el rango de 1.5-16 V. A 25° C su potencia nominal es de 200-275 VA.



En la siguiente página se detalla el esquema unificar de la instalación en cuestión.
(Imagen 6)

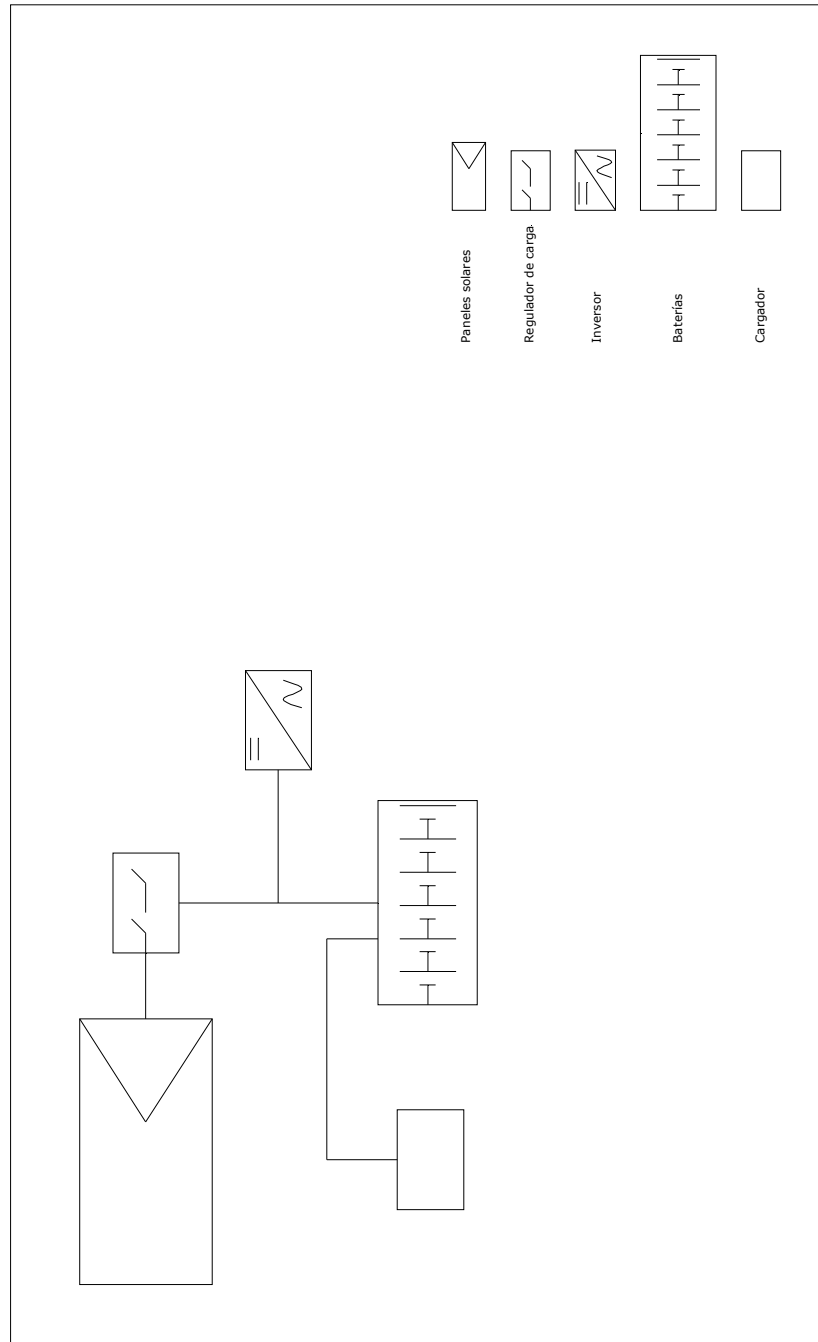




OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

Imagen 6: Esquema unifilar de la instalación solar





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

4. MEDIDAS DE CONTROL Y SEGURIDAD

La instalación solar lleva integrados los elementos habituales de operación y protección. Por lo tanto, este tipo de instalación no debería suponer ningún riesgo para sus usuarios. Aún así, a lo largo de las siguientes líneas serán expuestas una serie de **medidas de control y seguridad** para que las posibles causas de riesgo existentes en el uso de la instalación solar no se materialicen o cuando menos se minimicen.

Por lo que respecta a los riesgos relacionados con el uso de las **baterías de acumuladores eléctricos de Plomo-ácido**:

- Riesgo de contacto y proyección de ácido sulfúrico fuertemente corrosivo, siendo de mayor gravedad en el caso de explosión con rotura del recipiente de la batería.
- Riesgo de contacto con la corriente eléctrica en la utilización de los equipos de carga.
- Riesgo de explosión ocasionado por el desprendimiento de hidrógeno (gas extremadamente inflamable y explosivo) y oxígeno en presencia de un foco de ignición. Este desprendimiento es débil con la batería en reposo o en descarga pero alcanza su valor máximo al final de la carga y especialmente si se somete a una sobrecarga. La generación de esos gases continúa durante aproximadamente una hora después de desconectar la corriente de carga.
- Riesgos mecánicos de caída de objetos pesados sobre los pies y sobreesfuerzos en operaciones de manipulación manual y mecánica. Riesgo de tropiezos con cables u objetos en lugares de paso.
- Riesgos higiénicos por inhalación de aerosoles de ácido sulfúrico.

Por las razones establecidas, antes de realizar alguna operación en una batería que ha sido cargada, es recomendable dejarla como mínimo una hora y ventilar cada celda con una corriente suave de aire proporcionada con un cartón rígido a modo de abanico u



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

otro material no conductor para evitar el riesgo de contacto con los bornes y la consiguiente chispa tal como se comenta en el apartado siguiente.



La explosión puede ser externa a la batería si la acumulación de hidrógeno se da en el local de carga y también en el interior de la batería en donde la concentración fácilmente se encuentra en el rango de explosividad (4 a 79%). La rotura de la caja provocaría la proyección de ácido sobre el operario.



La zona de concentración peligrosa en las inmediaciones de la batería se define como un volumen finito por encima de las baterías, dentro de la cual es posible la ignición de la mezcla explosiva. La altura y anchura de esa zona peligrosa depende del caudal de gas desprendido. Esta definición parte del supuesto de la existencia de ventilación en el local, ya que en caso contrario la concentración de hidrógeno iría aumentando en todo su volumen con el consiguiente riesgo de explosión.



Por otro lado, referente a los *focos o fuentes de ignición* de posible presencia a evitar hay que considerar:



- Cerillas o encendedores utilizados para mirar el nivel de electrolito por los orificios de añadido de agua destilada.
- Llamas de sopletes para soldadura o corte. Estas operaciones se deben realizar en lugares apartados y establecer permisos de trabajos especiales.
- Chispas de equipos de soldadura al arco eléctrico. Igual que en el caso anterior.
- Chispas por cortocircuitos con herramientas u objetos metálicos que entren en contacto con los bornes de la batería. Se pueden evitar cubriendo los bornes con capuchón aislante y utilizando herramientas aislantes..
- Fumar cigarrillos. Debe estar totalmente prohibido.
- Chispas en la conexión o desconexión de la batería con el cargador. Se debe realizar la operación con el interruptor del cargador desconectado. Si no dispusiera de ese interruptor, el cargador debería estar desconectado de la toma de corriente alterna antes de conectar o desconectar la batería al cargador. Los conectores deben llevar marcadas sus polaridades para evitar confusiones y daños a la batería.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”



El mayor riesgo con el ácido de la batería se da en caso de salpicadura a los ojos. Se debe actuar de inmediato, rociando agua corriente sobre la parte afectada al menos durante varios minutos y con examen médico lo antes posible. No se debe utilizar disolución neutralizadora. Debería procurarse atención médica inmediata.



Si el contacto del ácido es con la piel también se debe lavar con abundante cantidad de agua. En caso de resultar con quemadura se debe seguir tratamiento médico. Como medida de protección en las situaciones de proyección de ácido, se requiere disponer de ducha y fuente lavaojos a una distancia máxima de 10 m de los puestos de trabajo, libres de obstáculos y debidamente señalizadas. Se deberán probar como mínimo una vez por semana y repararse de inmediato en caso de observarse alguna deficiencia.



Las salpicaduras menores de ácido sobre la ropa de trabajo se pueden neutralizar con un disolución débil de amoníaco (hidróxido amónico) o una disolución de bicarbonato sódico. El amoníaco no deja residuo al secar. Para salpicaduras de mayor extensión se requiere cambio de ropa y su lavado rápido para eliminar el ácido y evitar daños al tejido. Existen prendas y calzado resistentes a los ácidos.



Por lo que respecta al resto de la instalación, las medidas de control y seguridad a tomar son las que se adoptarían delante de cualquier **riesgo eléctrico**. Por lo tanto, durante la manipulación del sistema solar debe evitarse la circulación de una corriente eléctrica por el cuerpo humano bien sea porque éste ha entrado en contacto con un circuito eléctrico, exista un circuito cerrado o una diferencia de tensión.



Cabe recordarse que la gravedad de las lesiones aumenta con la intensidad de la corriente y con la duración del contacto eléctrico. La intensidad que circula por el cuerpo humano es mayor cuando aumenta la tensión a la que está sometido el accidentado y menor cuando aumenta la resistencia de paso por el cuerpo. Lo especificado está de acuerdo con la ley de Ohm; según la cual, la intensidad es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la resistencia.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

Respecto a las precauciones frente el riesgo eléctrico se diferencian dos grupos. En ambos casos, **si sucediera una avería o incidente, cortar la corriente como primera medida.**



- Precauciones frente *contactos eléctricos directos*. Aquellos en los que la persona entra en contacto con una parte activa de la instalación que, en condiciones normales, puede tener tensión (conductores). En este caso, debe recordarse que en la instalación se trabaja a 24 V de corriente continua hasta la salida del inversor; a partir de la cual hay tensión de 230 V en corriente alterna. Tanto en una parte como en la otra, los conductores eléctricos mantienen su aislamiento en todo el recorrido y los empalmes y conexiones se han llevado a cabo de forma adecuada. Por lo tanto, realizando un mantenimiento y buen uso del estado de los conductores no se debería desencadenar ningún tipo de imprevisto.



En esta sección también debe ser recordado que antes de manipular el inversor se tiene que desconectar puesto que se trabaja a una tensión de salida en la que peligra la vida.



- Precauciones frente *contactos eléctricos indirectos*. Aquellos en los que la persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito y que, en condiciones normales, no debería tener tensión, pero que la ha adquirido accidentalmente. En este sentido, debe evitarse manipular las instalaciones eléctricas cuando accidentalmente se encuentren mojadas o, bien, si el operario tiene los pies o manos mojados.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

5. TAREAS DE MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR

En principio, las instalaciones fotovoltaicas gozan de larga duración, son silenciosas y se caracterizan por su simplicidad. Este también es el caso de la instalación solar integrada en el Proyecto en la que las labores de mantenimiento básicamente se ciñen a:

- Mantener los niveles de electrolito en las baterías. Esta acción consiste en añadir *agua destilada* hasta el nivel que se indica en cada uno de los vasos de las baterías de acumulación.
- Limpiar las placas fotovoltaicas, como mínimo, un par de veces al año para que no disminuya su rendimiento por la suciedad acumulada.
- Evitar que se estropeen los conductos eléctricos, protegiéndolos contra quemaduras por estar cerca de una fuente de calor, con sustancias corrosivas o por cortes producidos por útiles afilados.
- Contratar un servicio cualificado de mantenimiento –Esoltef se hará cargo del mantenimiento hasta que finalice el Proyecto 30/09/06- que se encargue de verificar el estado de las clavijas, cajas de conexiones, cuadros eléctricos las conexiones eléctricas... (considerando el Reglamento de Baja Tensión MIE BT 042) así como también de los diferentes equipos integrantes del sistema y de las pautas de mantenimiento que se han ido citando durante el presente Manual.





**OPTIMIZAGUA LIFE03
ENV/E/000164**

INFORME DE LA ACTUACIÓN

EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR” (ZARAGOZA)

**OPTIMIZAGUA – Programa LIFE-Medio Ambiente
de la Unión Europea**



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

ÍNDICE



1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....Pág.: 3-11



- 1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO OPTIMIZAGUA
- 1.2. MARCO CONTEXTUAL: EXPOSICIÓN DE OBJETIVOS
- 1.3. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE ACTUACIÓN
- 1.4. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES
- 1.5. EL SOL Y EL VIENTO: FUENTES DE ENERGÍA LIMPIA INTEGRADAS EN EL PROYECTO OPTIMIZAGUA



2. INFORME TÉCNICO-DESCRIPTIVO DE LA EXPERIENCIA PILOTO UBICADA EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”Pág.: 12-27



- 2.1. INTRODUCCIÓN AL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”
- 2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PARQUE: LOCALIZACIÓN Y PECULIARIDADES
- 2.3. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA
- 2.4. DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE TESTADO Y CONTRASTE
- 2.5. EL CÉSPED: ESPECIE IRRIGADA CON EL SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE
 - 2.5.1. Generalidades del césped
 - 2.5.2. Mantenimiento del césped: requerimientos hídricos y ciclo vegetativo
- 2.6. SISTEMAS Y EQUIPOS INTEGRANTES DEL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR” COMO ACTUACIÓN EXPERIMENTAL
 - 2.6.1. Sistema de recogida y almacenamiento de aguas pluviales y freáticas
 - 2.6.2. Sistema de filtrado, bombeo y suministro de las aguas almacenadas
- 2.7. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA POR MEDIO DE DISPOSITIVO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO OPTIMIZAGUA



El Proyecto Optimizagua, desarrollado en el marco del Programa Life-Medio Ambiente de la Unión Europea, pretende demostrar el potencial ahorro hídrico que puede obtenerse en diferentes usos de riego. Desde cultivos agrícolas hasta parques públicos o zonas verdes de viviendas. Todo ello mediante la combinación de “sistemas de riego inteligente” con sistemas tradicionales de recogida y almacenamiento de aguas pluviales en aljibes.



Los sistemas, tecnologías y lógicas de funcionamiento aplicados permiten, por una parte, el aprovechamiento de las aguas pluviales para usos de riego. Consiguiendo, de esta manera, una reducción del consumo de agua proveniente de las redes públicas de abastecimiento. Por otro lado, también permiten corregir los importantes desvíos de aporte hídrico que se producen cuando se riega en condiciones climatológicas adversas o bien cuando las necesidades hídricas de las plantas ya están cubiertas.



Los prototipos de riego inteligente evaluados en el presente proyecto se alimentan con energías renovables con la finalidad de atorgarles una mayor versatilidad. Básicamente se componen de sensores de humedad y de una estación meteorológica que controla la pluviometría, temperatura, velocidad y dirección del viento. Toda esta información es procesada para determinar la acción del riego y registrada para su posterior transmisión y análisis.



1.2. MARCO CONTEXTUAL: EXPOSICIÓN DE OBJETIVOS



El agua como recurso escaso presenta abundante normativa orientada a fomentar su uso eficiente tanto desde el punto de vista de su cantidad como de su calidad.

A nivel español, si la agricultura se convierte en el principal consumidor de agua (65%); la demanda, para riegos de parques y jardines públicos y de zonas verdes privadas, es de carácter creciente. Este incremento de riego presenta como problema añadido, frente





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



al riego en la agricultura, una mayor necesidad de aportes hídricos derivados de dos parámetros claves en función del tipo de cultivo: nivel de demanda hídrica y el período que dura su ciclo (Tabla 1). Mencionar, como ejemplo, que el *césped como cultivo tipo de zonas verdes de ocio demanda un elevado aporte de riego: 4-8 L/m² al día durante un ciclo de 365 días al año.*



Tabla 1: Ejemplos, por cultivo, de demandas hídricas y duración de sus ciclos vegetativos.

CULTIVO	DURACIÓN CICLO (días)	CONSUMO (L · m ² /día)
Trigo	222	1'03
Maíz	162	4'35
Césped	385	4'10



En este sentido, la acción experimental propuesta se dirige a la obtención de ahorros hídricos significativos actuando sobre variables distintas del problema. Esto es, conseguir eficiencias en consumo sin detrimento de calidad de cultivos y, además, optimizar a través de la reutilización y regulación hídrica de aguas pluviales reservas adicionales para aportes de riego.



Las pretensiones, anteriormente expuestas, no se ciñen exclusivamente al ámbito agrícola sino que también abordan la eficiencia de consumos de agua en usos de riego con fines ornamentales o de ocio. Caso, este último, donde es habitual encontrar riegos sin control de eficiencia y con elevados consumos de agua incrementados por una clase de cultivo –el césped- con ciclo anual completo y elevada demanda hídrica.



El prototipo integrado comporta un grado de innovación respecto a que *los sistemas automáticos de riego actuales poseen un elevado índice de rigidez.* En la mayoría de casos sólo permiten realizar *riegos lineales.* Esto es, programar el horario de riego a nivel de duración, hora de comienzo y de finalización sin tener en cuenta las necesidades hídricas





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

del cultivo, ciclo vegetativo ni las condiciones climáticas de la zona. Derivándose de esta lógica de funcionamiento una multitud de problemas entre los que destacan:

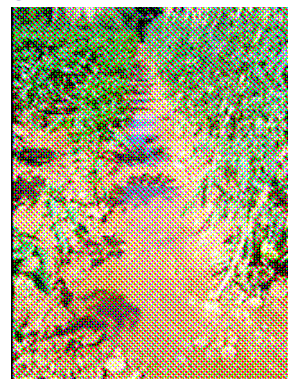
- Estrés hídrico o, expresado de otra manera, falta de agua por parte de la planta. **(Imagen 1)**
 - Generación de despilfarros hídricos debidos, en parte, a la simultaneidad de riego en días de lluvia.
 - Poca uniformidad en la dispersión del agua de riego como consecuencia de la acción del viento.
 - Generación de escorrentías superficiales cuando la intensidad del riego es superior a la capacidad de infiltración del suelo o, bien, por una percolación profunda (exceso de riego) **(Imagen 2)**. Tanto del primero como del segundo de los casos se pueden desencadenar importantes procesos de erosión del horizonte superficial de subsuelo o bien el deterioro de la calidad de las aguas de retorno del riego. Esto último debido a que hayan sido arrastrados abonos y productos fitosanitarios, movilizadas sales del subsuelo...
 - Desajustes entre el aporte hídrico y las necesidades de la planta provocando un aumento de materia verde y, consecuentemente, de un medio propicio para el desarrollo de enfermedades. **(Imagen 3)**



Imagen 1: Estrés hídrico del maíz



Imagen 2: Percolación profunda





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Imagen 3: Desajustes entre
aportes y necesidades hídricas



De algún modo, todos los perjuicios descritos pueden englobarse bajo una denominación común: *el empeoramiento de la calidad paisajística y la generación de impactos ambientales negativos en aquellas zonas que utilizan esta tipología de riego lineal*. Pero no simplemente se desencadenan pérdidas ambientales sino que también pueden ser contabilizadas una serie de pérdidas económicas. Desde el momento en el que cada litro de agua con el que se riega tiene un coste económico; es lógico pensar que un despilfarro de agua se traducirá en pérdidas monetarias.

Por ejemplo, es interesante comentar que *España dispuso 4.783 Hm³ de agua para el abastecimiento público urbano durante el año 2002*. De esta cantidad, un 80'6% - esto es, 3.856 Hm³- se distribuyó para el consumo de familias, empresas, consumos municipales...El 19'4% restante se perdió en las redes de distribución a través de fugas de las tuberías, roturas... Por tanto, si tenemos presente que en este mismo país el precio medio total del agua es de 0'81 €/m³ –según encuestas realizadas por el Instituto Nacional de Estadística el año 2002- están vertiendo 92 millones de euros en forma de pérdidas de agua.

La idea que se acaba de expresar debe aplicarse en el abastecimiento público urbano de agua. Por lo que respecta *al sector agrario*, durante el 2002 se consumieron 17.1150 Hm³ – según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística- a un precio de referencia de 0'020 €/m³ –tarifa del año 1999-. De este volumen total, al igual que en el caso anterior, una parte se destinó directamente al riego mientras que otra parte se tradujo en formas de pérdidas. Y, como es de suponer, en función del cultivo y la técnica de riego utilizada, los consumos



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

hídricos varían. Aspecto que debería ser considerado en el momento de decidir qué especies cultivar y dónde. (Tabla 2)



Tabla 2: Consumos hídricos por tipo de cultivo y técnica de riego en España

	2001	2002	Tasa %
Por tipos de cultivo:	m ³	m ³	
<i>Herbáceos</i>	6.795.454	6.572.731	-3.2
<i>Frutales</i>	2.766.151	2.598.797	-6.1
<i>Olivar y viñedo</i>	1.142.552	1.049.888	-8.1
<i>Patatas y hortalizas</i>	1.418.472	1.248.250	-12.1
<i>Otros tipos de cultivo</i>	4.540.409	5.613.470	23.6
Total	16.663.038	17.083.136	2.5
Por técnicas de riego:	m ³	m ³	
<i>Aspersión</i>	2.593.248	2.747.096	5.9
<i>Goteo</i>	1.533.254	1.348.500	-12.1
<i>Gravedad</i>	10.830.286	11.351.175	4.8
<i>Otros</i>	1.706.250	1.636.365	-4.1
Total	16.663.038	17.083.136	2.5

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (Encuesta del agua 2002)

A modo de resumen concretar que, los fines perseguidos por Optimizagua, consisten en:

Objetivo General:

1. Demostrar ahorros significativos de consumos de agua (35-50 %) en diferentes usos de riego.

Objetivos Específicos:

1. Experimentar, testar y validar modelos integrados innovadores de aplicaciones de inteligencia artificial en sistemas tradicionales de regulación



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



hídrica a través de cuatro acciones piloto (dos en agricultura, jardines públicos y zonas verdes de viviendas privadas).

2. Analizar, parametrizar y modelizar bajo indicadores coste/beneficio ambiental, modelos óptimos para distintas aplicaciones en usos de riego.
3. Minimizar las actuales desviaciones hídricas generadas por un aporte hídrico superior al mínimo requerido.
4. Difundir modelos y resultados a gran escala y por niveles de destinatarios de cada aplicación testada (agricultores, autoridades, locales y arquitectos).
5. Integrar durante la implementación del Proyecto, aquellos documentos guía relevantes de la Directiva Marco.



Al mismo tiempo, deben considerarse otros aspectos que también engloba el Proyecto en cuestión. Como por ejemplo, que en todas las actuaciones se integran sistemas de reutilización de aguas pluviales. Favoreciéndose, de este modo, la obtención de ahorros hídricos perseguidos.



Tal y como se acaba de citar, se parte de cuatro tipos de cultivo y sus necesidades concretas de aportes hídricos a los que se aplicará un sistema inteligente combinado e integrado con sistemas de tradición histórica en la regulación hídrica. Junto a esta tecnología se integrarán dispositivos de energías limpias (solar y eólica) para satisfacer el abastecimiento de la energía que precisan las aplicaciones y dispositivos de inteligencia artificial y bombeo de agua.



1.3. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE ACTUACIÓN



Atendiendo a las metas expuestas, se han ponderado en cada una de las acciones y a efectos de acotar las bases de testado más adecuadas, todos los aspectos relativos a disponibilidad de terrenos para la experimentación, dificultades técnicas, estado del terreno, problemáticas sociales del entorno, etc... Estos aspectos han sido considerados sin que por ello se haya huido de abordar alguna que implique mayor dificultad. Se ha perseguido, de este modo, dotar al proyecto de un mayor valor de contraste.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Tras analizar características y condiciones de las diversas posibilidades en las que desarrollar el proyecto han sido definidas las siguientes zonas experimentales (Imagen 4):



- **Actuación en parques públicos:** Parque Oliver y “Castillo Palomar”, en Zaragoza (Aragón).
- **Actuación en zonas verdes urbanizaciones privadas:** Residencial “El Avión”, en Logroño (La Rioja).
- **Actuación en explotaciones agrícolas:** Soria Natural S.A. – en Garray, Soria (Castilla y León)- y Finca Monte Julia –en Belver de Cinca, Huesca (Aragón)-.

Imagen 4. Mapa de España: se resaltan las zonas de piloto de actuación (Logroño-La Rioja, Soria, Zaragoza y Belver de Cinca)





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

1.4. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES

Por lo que respecta a la captación de aguas pluviales se utilizará, en general, la técnica del soterrado pleno para la ubicación de aljibes. Con esta técnica garantizamos la no incidencia solar y, por tanto: se evita la evaporación del agua, se favorece el mantenimiento de temperaturas acordes que no modifiquen sus parámetros de calidad y, consecuentemente, se evita potenciales surgimientos de brotes de legionela. Además también se consigue su plena integración en el entorno.

Los sistemas de captación y conducción de aguas pluviales hasta aljibe vendrán definidos por la determinación de la superficie en función del tipo, dimensión y ubicación de cada acción piloto que permitirá en determinados casos, aprovechar las vertientes y canalizaciones de edificaciones próximas.



1.5. EL SOL Y EL VIENTO: FUENTES DE ENERGÍA INTEGRADAS EN EL PROYECTO OPTIMIZAGUA

Ya se ha citado que junto con el sistema de riego inteligente se integra un equipo de alimentación energética que utiliza fuentes limpias para generar la energía consumida por el sistema de riego. En este caso se hace referencia a: la energía solar y la energía eólica.

Expresar las ventajas que la inclusión de fuentes limpias supone para el Proyecto Optimizagua puede resumirse en los siguientes puntos. Por un lado, nos encontramos que *está dotando al sistema de un grado de autonomía* que, cualquier otra fuente energética no podría ofrecer. El sistema de alimentación energética –bien sean paneles solares bien sea un aerogenerador- debe dimensionarse con el fin de que sea capaz de abastecer la demanda energética del sistema de riego a abastecer. Para conseguir este toque de autosuficiencia energética deberán ser consideradas: las variables de radiación solar y fuerza del viento características de la zona, el consumo energético a realizar, los días de autonomía que se necesitan en caso de condiciones climáticas adversas...





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Por otro lado, se está potenciando el *consumo de recursos autóctonos y gratuitos* de la zona (Sol y viento). Consecuentemente, se *disminuye el impacto ambiental*, los *costes económicos y dificultades de distribución* que cualquier otra fuente de energía fósil (petróleo, carbón, gas natural...) representa. Referente a esta idea mencionar que una vez se ha realizado la inversión inicial de integrar energías limpias en el prototipo; el siguiente paso consiste en ir amortizando la instalación con el paso del tiempo.



No se entrará a explicar la lógica de funcionamiento de las instalaciones solares y eólicas en este apartado. Otras secciones se encargan de desarrollar esta temática. Sin embargo, sí que es importante detallar que el hecho de integrar esta tipología de sistemas energéticos está acorde con la línea de trabajo de *El Libro Blanco Europeo de la Energía*.



Entre otros aspectos, sus planes de acción proponen acercar las energías renovables a distintas políticas de la Unión Europea. Como por ejemplo, al desarrollo rural – uno de los ámbitos de actuación del Proyecto Optimizagua-.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



2. INFORME TÉCNICO DE LA EXPERIENCIA PILOTO EN EL PARQUE CASTILLO-PALOMAR

2.1. INTRODUCCIÓN AL PARQUE OLIVER Y “CASTILLO PALOMAR”

Zaragoza, elegida como ciudad en la que albergar la Exposición Universal del 2008 entorno a una temática central: la gestión y el aprovechamiento del agua, se ha convertido en un marco de referencia. La filosofía del proyecto Optimizagua es muy acorde y compatible con la filosofía propia del acontecimiento universal citado. En este sentido, ha sido muy lógico haber seleccionado dos parques de dicha ciudad como emblemas en los que llevar a cabo parte de las experiencias de los sistemas de riego inteligente. Se hace referencia, en este informe, al Parque “Castillo Palomar”; elegido entre seis candidatos tras haber estudiado las características, condiciones y potenciales de cada uno de ellos. Es, por lo tanto, un parque público en cuyos jardines ha sido integrado la tecnología de riego inteligente, manteniendo una zona de contraste –riego convencional-, con el fin de evaluar su funcionamiento.

En los siguientes apartados, se llevará a cabo una concretización y especificación de las experiencias piloto realizadas no sólo en este parque sino también en el resto de zonas elegidas –igualmente idóneas para desarrollar el testado del objeto de estudio-.

2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PARQUE: LOCALIZACIÓN Y PECULIARIDADES

Situado al sur de la estación intermodal “Delicias” este parque cuenta con una extensión aproximada de 8.000 m² de jardín con predominio de césped. A dicha actuación se le añadirán superficies del colegio “Ana M^o Mayayo” –colindante con el parque- y, por lo tanto, la experiencia piloto quedará repartida entre ambos recintos. **(Imagen 10).**

Cabe mencionar que esta localización, caracterizada por el paso frecuente de personas y la coexistencia junto a un centro formativo, es idónea para la difusión del Proyecto. De hecho, desde un punto divulgativo, el contexto en el que se enmarca la



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



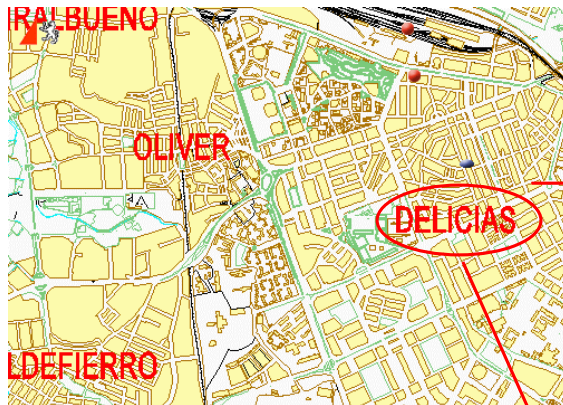
experiencia piloto de “Castillo-Palomar” fomenta que no sólo personas vinculadas a al barrio “Delicias” y usuarias del parque estén familiarizadas con dicho. Localizarse junto a una estación de tren que recibe, diariamente, olas de personas que van y vienen; puede ejercer una función expansiva de los límites territoriales del proyecto. A parte también debe ser considerada la integración de una parte de la experiencia piloto dentro de un centro de educación, el colegio público “Ana María Mayayo”. Y aún más, si se expone que en éste se ha tomado la iniciativa de crear un “*huerto escolar*”, con plantas autóctonas, que también será regado con la tecnología de riego inteligente. Consecuentemente, se establecerá contactos y vínculos continuos entre los escolares y sus familias con la experiencia piloto; la cual será un marco de referencia y coexistencia con el día a día del colegio. Un marco de referencia tan importante como el de acercar conceptos de eficiencia en el uso del agua, consumos hídricos variados de las especies vegetales, distintos tipos de tecnologías para llevar a cabo su riego... y todo ello, sin olvidar, las energías limpias que alimentan el sistema.



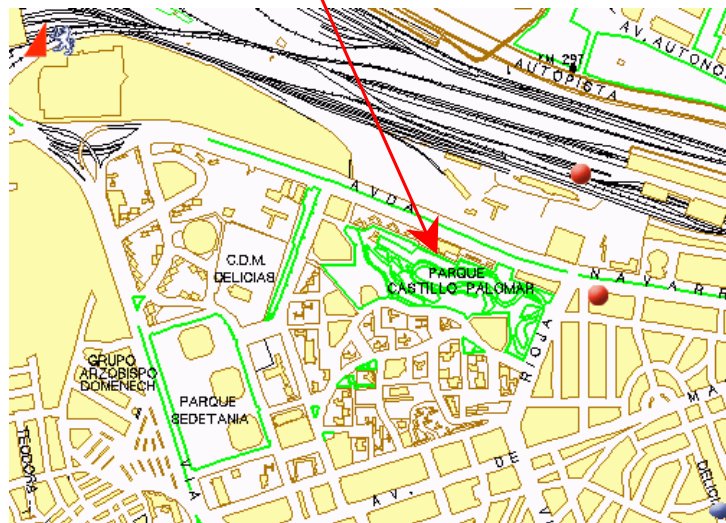
INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Imagen 10: Ubicación de la actuación en el Parque Palomar respecto a la actuación del Parque Oliver. En la imagen inferior se ubica el Parque Palomar dentro de Zaragoza



A casco histórico



2.2. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA

La climatología de cada zona de experiencia piloto es uno de los aspectos que deben considerarse para la puesta a punto de la tecnología de riego citada. En el presente





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



apartado, se detallarán aquellos aspectos más relevantes del clima en Zaragoza y que han sido considerados para diseñar el programa que pautará las decisiones de activación/inhibición de riego inteligente.



Las características climáticas de Aragón van muy vinculadas a la disposición de las montañas marginales; Pirineos, Sistema Ibérico y a la marcada depresión del valle medio del Ebro. A continuación se comentan algunos rasgos climáticos de Zaragoza cuyo clima, condicionado por su enclavamiento en la depresión del Ebro, es de carácter mediterráneo continentalizado. Esto es, verano e invierno muy largos frente a unas breves estaciones de primavera y otoño.



En invierno suele quedar la cuenca del Ebro en el borde meridional del anticiclón frío de Europa, predominando las nieblas o heladas según que el aire esté húmedo o seco. La primavera, como se ha dicho, es corta, se echa enseguida el calor y aparece inestabilidad tormentosa. En verano queda bajo el control del anticiclón subtropical de Azores, con valores altos de la presión atmosférica y gradiente débil. El otoño implica nueva actividad de la circulación atmosférica, suelen llegar los temporales de lluvia y empieza a prodigarse el cierzo en el valle del Ebro.



a) Precipitación.

En el valle medio del Ebro la precipitación es escasa. Los temporales de lluvia vienen asociados a vientos del SE y origen mediterráneo, que suben aguas arriba del río Ebro.



Analizando las isoyetas de la región se observa cómo las precipitaciones van descendiendo notablemente desde los bordes montañosos hacia el valle: la isoyeta de 400 mm flanquea ambas riberas de la cuenca del Ebro (altitud baja de 200 a 250 metros) donde quedan comprendido el valor anual medio de 314 mm en Zaragoza. En el valle llueve más en los equinoccios de primavera y otoño, siendo la distribución POIV (Primavera-Otoño-





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Invierno-Verano).

Los días con precipitación mayor o igual a 1 mm oscilan entre 35 y 73, siendo la media de 49 días. Si se consideran las precipitaciones mayores de 0,1 mm diarios, la media anual asciende a 74 días, de los que por lo tanto 25 corresponden a precipitaciones inferiores a 1 mm.



Las tormentas estivales son muy destacadas en toda la región aragonesa, siendo de 15 a 20 días en la cuenca media del Ebro. La nieve es escasa, entre 0 y 2 días al año, al igual que el granizo, apenas un día al año de media.



El gradiente medio de interpolación para la precipitación viene a ser de 25 mm/100 metros en el paso del valle al somontano.



b) Temperatura.

La estación más fría es el invierno (particularmente en el mes de Enero) con unos valores medios de 6,2°. En cambio, durante el mes más cálido –Julio- se alcanzan unas temperaturas medias de 24° a 26°.



Por lo que se refiere a la temperatura media anual el valor en Zaragoza es de 14,6°. El número de días de helada presenta un intervalo de 20 a 32. Las temperaturas medias máximas oscilan entre los 19° y 20°, mientras que las medias mínimas lo hacen entre los 8° y 10°.



c) Viento

La especial orientación geográfica del valle del Ebro hace que los vientos dominantes se presenten según dos direcciones privilegiadas, bien sea aguas abajo o bien aguas arriba: los vientos del NW (de origen atlántico) bajan fríos y secos; los vientos del SE (de origen mediterráneo) suben cálidos y húmedos. Por ello, la rosa climática de vientos en Zaragoza aparece notablemente deformada en dirección NNW-SSE.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



El viento del NW, el “cierzo”, es el que imprime carácter a la región, siendo una de sus más genuinas representaciones meteorológicas. Las rachas máximas de viento registradas oscilan entre los 100 y los 130 km/h. Las calmas son un 32%.

d) Nubosidad e insolación.



Existen muchas horas de sol despejado al año: el viento cierzo (frío y racheado del NW) barre las nubes y determina grandes intervalos de cielo despejado. Lo mismo ocurre con los anticiclones estables que se asientan sobre la región. En la siguiente tabla (Tabla 4) se pueden observar algunas de las características meteorológicas de la zona.



Tabla 4: Características meteorológicas de Zaragoza

Insolación	2.636 horas al año
Nº anual días despejados	85-100 días (siendo de 60-75 días cubiertos)
Nº anual días de niebla	25-40 días (concentrado en invierno y otoño)
Humedad relativa	60% (siendo invierno la estación de máximo valor)

Fuente: Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza. Mayo de 1999.



2.4. DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE TESTADO Y CONTRASTE



Dentro de la zona de jardines del parque “Castillo-Palomar”, se pueden diferenciar dos sectores por lo que respecta a la tecnología a aplicar. Una *–zona de testado–* en la que se pone a prueba la tecnología de riego inteligente y otra *–zona de contraste o riego convencional–* que hará las funciones de referencia con la que comparar resultados de la experiencia llevada a cabo.



Relacionado con la recogida de pluviales para el abastecimiento del aljibe; ésta se llevará a cabo desde las cubiertas del colegio público “Ana Mº Mayayo” y se conducirán hacia el depósito. (Tabla 5)



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Tabla 5: Sectores y superficies de actuación de la experiencia piloto

	Superficie
Zona de riego inteligente	5.000 m ²
Zona de riego convencional (contraste)	5.000 m ²
Captación de pluviales	3.321 m ²



En la siguiente imagen pueden observarse las diferentes zonas de actuación expuestas. (Imagen 11)

Imagen 11: Vista de la ubicación de los diferentes sectores de actuación





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



2.5. EL CÉSPED: ESPECIE IRRIGADA CON EL SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE

En el transcurso de esta sección se persigue familiarizarse con el césped; el cual es, sin duda alguna, la base y parte principal de cualquier jardín ya sea público o privado bien sea por su función estética como de resistencia. Según esto, no es de extrañar que en la zona de testado y de contraste del Parque Castillo-Palomar haya césped como cultivo a regar. (Imagen 12)

Imagen 12: Vista del césped de Palomar. Al fondo de la foto puede observarse el patio del colegio.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

2.5.1. Generalidades del césped

Los céspedes están formados por especies pertenecientes a la familia botánica de las Gramíneas. De las 10.000 que puede haber, sólo unas 20 especies se utilizan para hacer Céspedes. En España y en la mayor parte del mundo, las 12 siguientes son las más importantes:



- **Especies originarias de climas templados y fríos:** *Agrostis stolonifera* (Agrostis), *Agrostis tenuis* (Agrostis), *Festuca arundinacea* (Festuca), *Festuca rubra* (Festuca), *Festuca ovina* (Festuca), *Lolium perenne* (Ray-grass inglés) y *Poa pratense* (Poa).

El Ray-grass inglés es la especie cespitosa más difundida por el Mundo porque crece mucho y muy rápidamente. Sin embargo, exige mucha agua y abono y no se adapta bien a la sequía –factor que aumenta sus necesidades hídricas en climas cálidos-



- **Especies que son originarias de climas cálidos.:** *Cynodon dactylon* (Bermuda), *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu), *Stenotaphrum secundatum* (Gramón, Hierba de San Agustín), *Zoysia japonica* (Zoysia) y *Paspalum notatum* (Hierba de Bahía).



Del conjunto de variedades expuestas, cada una de ellas posee unas peculiaridades que la caracterizan como apta para una funcionalidad determinada. Las hay que son idóneas como céspedes muy finos y ornamentales. Éste es el caso de la *Agrostis stolonifera* –la más utilizada en los greens de los campos de golf- o bien la *Agrostis Tenuis* –utilizada en mezclas en jardines familiares-. En cambio, otras variedades -más resistentes al frío, al calor y con cierta resistencia a la sequía, a la salinidad y al pisoteo- se destinan a jardines públicos o a finalidades cuyo mantenimiento no sea tan extremadamente exigente. Es el caso de las *Festuca ssp*, *Lolium perenne*, *Poa pratense*, *Cynodon dactylon*, *Pennisetum clandestinum*, *Stenotaphrum secundatum*, *Zoysia japonica* y *Paspalum*



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

notatum. Generalmente, en los jardines se combinan unas especies con otras para llegar a un equilibrio entre: estética-resistencia-mantenimiento.



2.5.2. Mantenimiento del césped: requerimientos hídricos y ciclo

En la mayoría de regiones, normalmente, la lluvia no cubre las necesidades de los céspedes y hay que recurrir al riego. Éste, es sin duda, también el caso del Parque “Castillo-Palomar” en Zaragoza.



Generalmente, sus **exigencias hídricas** son considerables: **entre 4-8 L/m² día durante 365 días al año**. Aún así hay que considerar que hay especies y variedades de césped que consumen más agua que otras. Por ejemplo, un Ray-grass exige más riego que una Bermuda (*Cynodon dactylon* 'Numex-Sahara', por algo se llama así esta variedad).



Podemos detallar como generalidades de riego que:

- La época del año con máximo consumo de agua es en verano. En cambio, en invierno es el mínimo
- Depende de la calidad que queramos conseguir. Esto es, si nos conformamos con un césped un poquito menos verde y vigoroso o bien si perseguimos máxima calidad –caso en que hay que regar bastante más-.
- Un césped "acostumbrado" a poca agua deberá ser regado mucho menos que otro acostumbrado a un riego continuo.
- Cuando un césped se riega muy a menudo (digamos, como se hace normalmente), las raíces se desarrollan muy superficialmente, no profundizan, puesto que no tienen necesidad de buscar agua abajo. Un césped que se riega poco desarrolla un sistema radicular más profundo y más potente (dentro de lo que cabe para ser un césped).
 - Como referencia saber que, en un clima como el de Madrid, y un suelo de textura media (ni arcillosos, ni arenoso):





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



- a) **Invierno:** sólo riegos de apoyo o mantenimiento cada 20-25 días si la lluvia no es suficiente o el césped muestra necesidad.
- b) **Primavera:** marzo, abril y mayo, riego día sí, día no.
- c) **Verano:** junio, julio y agosto, riego diario.
- d) **Otoño:** dos veces por semana, interrumpiendo si hay lluvias.



2.6. SISTEMAS Y EQUIPOS INTEGRANTES DEL PARQUE CASTILLO-PALOMAR COMO ACTUACIÓN EXPERIMENTAL



Las partes integrantes de este prototipo son las siguientes:

1. Sistema de recogida y almacenamiento de aguas pluviales.
2. Sistema de filtrado, suministro y bombeo de las aguas almacenadas.
3. Sistema de control del riego de los jardines.
4. Sistema de alimentación energética por medio de dispositivo de energías alternativas.



A lo largo de los siguientes apartados se realizará una descripción de cada uno de los sistemas acabados de enumerar:



2.6.1. Sistema de recogida y almacenamiento de aguas pluviales y freáticas

En esta ocasión, tal y como se ha especificado, se ha aprovechado la proximidad del colegio "Ana M^a Mayayo" para captar, por una parte, las aguas caídas en la cubierta del edificio y, por otra, las caídas en la zona de recreo. Así, pues, se consigue una superficie total de captación de pluviales de 3.321 m². (Imágenes 13 y 14)





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Imagen 13: Vista de la fachada del colegio Ana Mayayo



Imagen 14: Vista del patio del colegio



El agua recogida en las cubiertas se conduce a un *aljibe* de 24.000 litros de capacidad que, *soterrado* a 2'5 metros para evitar pérdidas por evaporación y la aparición de posibles brotes de legionela, se encuentra colocado en una zona de jardín que limita con el colegio. (Imagen 15)





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Imagen 15: Vista de la ubicación del aljibe dentro de Palomar



El depósito, además de una entrada y una salida, incorpora un *rebosadero* cuya función consiste en desviar el agua sobrante en aquellos casos en los que se haya realizado un llenado completo. Por otro lado, también han sido colocadas, tanto a la entrada como a la salida del aljibe, una válvula de corte con el fin de para poder aislar el depósito cuando así se a necesario.



Cabe mencionar que en el “*Manual de usuario*” propio de esta actuación piloto se especifica una serie de especificaciones. Como ejemplo citar, que el aljibe tiene que limpiarse y desinfectarse, como mínimo una vez al año, cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez, tras una parada superior a un mes, tras una modificación estructural o cuando una revisión general así lo aconseje. Para ello, será necesario vaciar el depósito por medio de la bomba sumergida en su interior y para evacuar el agua en la red de alcantarillado general, se realizará un by-pass a la misma.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



2.6.2. Sistema de filtrado, bombeo y suministro de las aguas almacenadas

El suministro de agua para el sistema de riego se realiza mediante una bomba sumergible ubicada en el interior del depósito. Esta bomba ha sido colocada a unos centímetros de la base del mismo de manera que el agua bombeada se incorpora al circuito de riego a partir de la salida existente en la parte superior del aljibe a lo largo de una tubería.



A la salida del aljibe se ha integrado un *filtro de malla en “Y”* con el objetivo de evitar daños en el sistema de riego debido a aquellas partículas que pueda llevar el agua procedente del aljibe. La función del filtro citado consiste en separar aquella materia inorgánica que pueda dañar el equipo de aspersión. Su limpieza se llevará a cabo mediante una *llave de purga manual* que quedará a nivel del suelo.



Por lo que respecta a la decisión sobre de dónde debe ser extraída el agua para el riego dependerá de la reserva hídrica que se haya, en cada caso, en el aljibe. Si hay suficientes recursos se tomará ese agua para el riego; en caso contrario, se empleará el agua de red convencional.



Con el objetivo de contabilizar los consumos de agua derivados de las necesidades de riego, se ha incorporado un *contador* a la salida del aljibe en que se toma nota de la cantidad de agua extraída del aljibe procedente. Y, por tanto, de las aguas pluviales empleadas.



Referente al riego, el agua se bombea y transporta desde el aljibe hasta cada una de las áreas que deber ser irrigada. Dicho transporte se lleva a término a través de toda una red de tuberías, o *ramales de conducción*, instaladas en el subsuelo –entre 10 y 30 cm de profundidad- que son de materiales plásticos como el PVC o el polietileno. Una vez el agua llega a la zona a irrigar se dispersa a partir de una serie de aspersores emergentes.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE "CASTILLO-PALOMAR"

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



2.7. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA POR MEDIO DE DISPOSITIVO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Ha sido instalado un dispositivo de energías alternativas para la alimentación del sistema de control de riego a pesar de que, en el parque Palomar, existe la conexión a la red eléctrica general. La razón por la que se ha considerado incluir un sistema de este tipo es para dotar al prototipo de mayor versatilidad a la hora de su implantación en otros lugares.



La energía alternativa por la que se ha optado es la energía solar fotovoltaica, y el funcionamiento de la instalación para la obtención de energía eléctrica es como se sigue a continuación.



En estos sistemas, los módulos fotovoltaicos se encargan de transformar la energía emitida por el sol en pequeñas corrientes eléctricas. La electricidad generada en el campo solar se almacenará en *baterías electroquímicas* para poder hacer uso de la energía a cualquier hora del día independientemente de la radiación solar. La capacidad de la batería depende de la cantidad de energía que queramos almacenar o, lo que es lo mismo, del grado de autonomía que pretendamos conseguir.



Por otra parte, para poder controlar que los procesos de carga y descarga de las baterías se realicen siempre dentro de márgenes correctos de funcionamiento, es necesario incorporar al equipo un *regulador*.



Finalmente, un *inversor* transforma la señal continua emergente de las baterías a una señal alterna, a 220V adecuada para la correcta alimentación del dispositivo de control del sistema de riego.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN EL PARQUE “CASTILLO-PALOMAR”

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



En nuestro caso, aprovechando la existencia de la corriente eléctrica se ha configurado la instalación de modo que, a falta de energía de origen solar debido por ejemplo a condiciones meteorológicas desfavorables, el sistema conmutará con tal de alimentar al dispositivo de control por medio de la red eléctrica convencional.

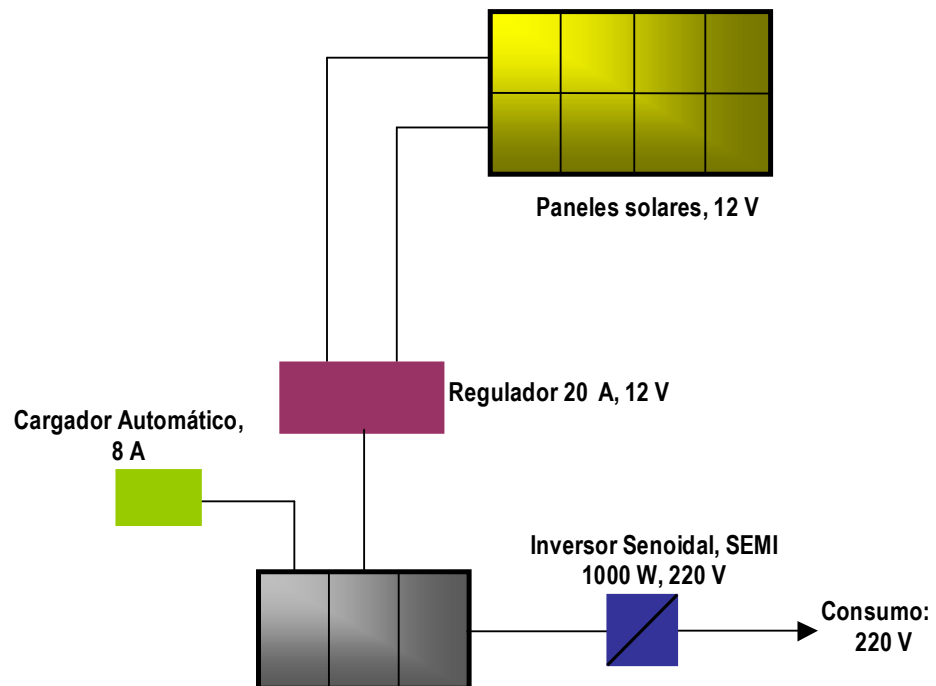


La colocación del panel solar se prevé vaya elevado sobre un mástil, orientado al sur e inclinado unos 45° aproximadamente, para evitar que sufra cualquier tipo de acto vandálico.



En la siguiente imagen, se detalla no sólo un esquema de funcionamiento de una instalación solar fotovoltaica sino también los datos específicos de la instalación existente en “Castillo-Palomar”: (Imagen 21)

Imagen 21: Esquema y lógica de funcionamiento de los equipos implicados en la instalación solar del Parque Castillo-Palomar





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



**Empresa colaboradora y coordinadora
del Proyecto Optimizagua:**

