



**OPTIMIZAGUA LIFE03
ENV/E/000164**

INFORME Y MANUAL DE USUARIO

DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA – Programa LIFE-Medio Ambiente

de la Unión Europea



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO OPTIMIZAGUA.....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 LIMPIAS INTEGRADAS EN EL PROYECTO OPTIMIZAGUA

2. INFORME TÉCNICO-DESCRIPTIVO DE LA EXPERIENCIA PILOTO EN LA FINCA DE SORIA NATURAL..... Pág.:12-45



2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTUACIÓN: LOCALIZACIÓN Y PECULIARIDADES



- 2.2. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA
- 2.3. DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE TESTADO Y CONTRASTE
- 2.4. TRIGO: ESPECIE IRRIGADA CON EL SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE
 - 2.4.1. Generalidades del trigo
 - 2.4.2. Ciclo de desarrollo. Fases fenológicas
 - 2.4.3. Siembra: preparación del suelo, épocas de siembra y recogida
 - 2.4.4. Exigencias climatológicas
 - 2.4.5. Exigencias de suelo
 - 2.4.6. Labores de mantenimiento
 - 2.4.7. Riego
 - 2.4.8. Recolección



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



- 2.5.1. Generalidades del maíz
- 2.5.2. Ciclo de desarrollo. Fases fenológicas
- 2.5.3. Siembra: preparación del suelo, épocas de siembra y recogida
- 2.5.4. Riego



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



- 2.5.5. Recolección
- 2.5.6. Exigencias climatológicas
- 2.5.7. Exigencias de suelo

2.6. ALCACHOFA: ESPECIE IRRIGADA CON EL SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE



- 2.6.1. Origen
- 2.6.2. Importancia y distribución geográfica
- 2.6.3. Taxonomía, morfología y requerimientos edafológicos
- 2.6.4. EL cultivo de la alcachofa
 - 2.6.4.1. Variedades cultivadas
 - 2.6.4.2. Particularidades del cultivo
 - 2.6.4.3. Requerimientos hídricos y de riego



2.7. SISTEMAS Y EQUIPOS INTEGRANTES DE SORIA NATURAL COMO ACTUACIÓN EXPERIMENTAL



- 2.7.1. Sistema de recogida y almacenamiento de aguas pluviales
- 2.7.2. Sistema de suministro y bombeo de las aguas almacenadas

2.8. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



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





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



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



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



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...



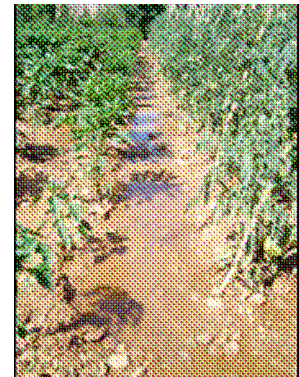
- Desajustes entre el aporte hídrico y las necesidades de la planta provocando un aumento de materia verde y, consecuentemente, de un medio propicio para el desarrollo de enfermedades. **(Imagen 3)**



Imagen 1: Estrés hídrico del maíz



Imagen 2: Percolación profunda



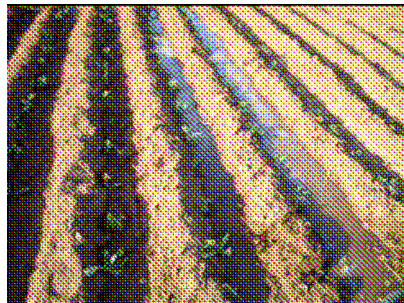


OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



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



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

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 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



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



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.



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

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)





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

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...





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



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-.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

2. INFORME TÉCNICO DE EXPERIENCIA PILOTO EN LA FINCA DE SORIA NATURAL

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTUACIÓN: LOCALIZACIÓN Y PECULIARIDADES

La acción en Soria Natural se enmarca dentro del ámbito de zonas de riego agrícola del Proyecto Optimizagua. Concretamente se han acotado unos ámbitos de experimentación dentro de una parcela de aproximadamente 20.000 m² en el término municipal de Garray (Soria, Castilla y León). (Imagen 10)

Imagen 10: Mapa de localización de Garray (Soria)





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



Garray, perteneciente a la comarca de Frentes, se encuentra a siete kilómetros de la capital Soriana. Es un municipio pequeño que cuenta con una extensión es de 76 Km² y una población que supera, ligeramente, los 350 habitantes. Esta realidad, sin embargo, no condiciona su repercusión turística y, por lo tanto, la capacidad divulgativa del Proyecto en cuestión. Garray es una población conocida por albergar el *Yacimiento Arqueológico de Numancia* –ciudad celtibérica famosa por su resistencia a la invasión de las tropas romanas-. Éste fue declarado, en el siglo XIX, como zona arqueológica Nacional y Conjunto Patrimonio de la Humanidad. (Imagen 11)

Imagen 11: Monumento en Garray declarado como Conjunto Patrimonio de la Humanidad



Por otro lado, no debe obviarse que ha sido *Soria Natural, S.A.*-empresa de gran repercusión en su sector- la concesionaria de unas parcelas para desarrollar la puesta en marcha del sistema de riego inteligente. Esta iniciativa privada ha escogido Garray y cercanías como enclavamiento de su fábrica y terrenos de cultivo biológicos. Se dedica al cultivo y estudio de plantas medicinales con el objetivo de ofrecer una Fitoterapia eficaz y de calidad. Todo ello informando con precisión al profesional y usuario y potenciando la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías. Por esta razón sus instalaciones son frecuentemente visitadas por profesionales del sector agrícola, agroalimentario, de la sanidad y, en general, del mundo científico.



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



De la información expuesta, se deduce que esta zona piloto se caracteriza por una ubicación muy interesante. Por un lado, su divulgación tiene muy buen potencial: turismo y sector profesional se funden para que la zona de actuación tenga un carácter visible, demostrativo y funcional al mismo tiempo. A parte, la parcela experimental se integra en una de mayor extensión cuyo entorno es totalmente agrícola. Esto se debe a que el término de Garray se dedica a la agricultura –de trigo, cebada y girasol- como una de sus principales actividades económicas. Por lo tanto, debiera ser bastante frecuente el contacto de la población autóctona con la actuación descrita y, así, convertirse en un sistema de riego de referencia. Consecuentemente, los habitantes de la zona pueden decidir implementar en sus propios campos de cultivo, la tecnología de riego eficiente evaluada. Todo ello debido a que, durante la fase de experimentación, se puede haber fomentado una familiarización no sólo con las potencialidades del sistema de riego inteligente sino también con sus resultados y beneficios finales.

Para finalizar con este apartado sólo falta exponer un aspecto. Con el objetivo de reforzar la visibilidad y difusión del Optimizagua se instalará un panel de visualización en el acceso a las instalaciones de *Soria Natural*, S.A. Desde éste podrá accederse a la información que suministren los sistemas implantados en las diversas acciones del Proyecto Optimizagua, a la página Web del mismo y a los links definidos (entre los que figura, con especial orientación, aquél que dirige a las páginas del *Programa Life –D.G.ENV-* de la Comisión Europea).



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

2.2. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA



La climatología de cada zona de la experiencia piloto es uno de los aspectos que deben considerarse para la puesta a punto de la tecnología de riego citada. En el presente apartado, se detallarán aquellos aspectos más relevantes del clima en Soria y que han sido considerados para diseñar el programa que pautará las decisiones de activación/inhibición del riego inteligente.



Como en cualquier otro lugar, la ubicación geográfica condiciona la climatología de Soria. Ésta se ubica sobre un collado formado por dos cerros, en el margen derecho del Río Duero (por esta razón hay quien la llama, *Soria: el paraíso a orillas del Duero*). A 1.506 metros de altitud de la zona oriental de la submeseta norte, es una de las poblaciones más frías de España.



Aunque su climatología es la propia de regiones continentales, las temperaturas se han ido suavizando con el paso del tiempo, manteniendo medias anuales de 11° C y precipitaciones de 416 mm³ al año. Podría definirse, el clima al que se sumerge esta región española como *mediterráneo continentalizado*. Esto es, inviernos muy largos y rigurosos y veranos cortos pero calurosos.



Para dar una idea del detalle de la climatología de Garray se han utilizado datos cedidos por el Instituto Nacional de Meteorología de la estación meteorológica instalada en Soria –muy próxima, como ya se ha expuesto, al término municipal de Garray-. Hay que especificar que, en Garray, la estación existente sólo ofrece valores de insolación y precipitación.



Se incluyen medias mensuales y anuales, calculadas sobre los datos diarios del período 1971-2000 de: temperaturas media, máxima y mínima, precipitación en mm, humedad relativa, horas de sol y días despejados, lluviosos... (Tabla 4)



Tabla 4: Datos meteorológicos del observatorio de Soria



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



SORIA (OBSERVATORIO)

Periodo: 1971-2000 Altitud (m): 1082 Latitud: 41 46 00 Longitud: 2 28 00

MES	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
ENE	2.9	7.4	-1.5	39	78	7	6	0	4	21	6	128
FEB	4.4	9.3	-0.6	38	73	7	5	0	1	17	4	143
MAR	6.5	12.4	0.6	28	66	6	4	0	1	14	5	191
ABR	8.0	13.8	2.3	53	67	8	3	1	1	7	3	199
MAY	11.9	18.0	5.8	61	66	10	1	4	1	1	2	242
JUN	16.2	23.2	9.2	46	62	6	0	5	1	0	4	290
JUL	20.0	28.1	12.0	34	54	4	0	5	0	0	10	342
AGO	19.9	27.9	12.0	30	56	4	0	5	0	0	8	316
SEP	16.3	23.5	9.1	31	62	5	0	3	1	0	5	230
OCT	11.1	16.9	5.4	45	72	7	0	1	2	2	4	174
NOV	6.5	11.4	1.6	45	76	7	2	0	2	11	5	138
DIC	4.0	8.2	-0.2	51	80	8	4	0	5	17	5	119
AÑO	10.6	16.7	4.6	502	68	80	25	23	19	89	64	2511

LEYENDA

T	Temperatura media mensual/anual (°C)
TM	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
Tm	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
R	Precipitación mensual/anual media (mm)
H	Humedad relativa media (%)
DR	Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
DN	Número medio mensual/anual de días de nieve
DT	Número medio mensual/anual de días de tormenta
DF	Número medio mensual/anual de días de niebla
DH	Número medio mensual/anual de días de helada
DD	Número medio mensual/anual de días despejados
I	Número medio mensual/anual de horas de sol

2.3.

DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE TESTADO Y CONTRASTE

La parcela que, situada en Garray, ha sido concedida por parte de Soria Natural para llevar a cabo una de las experiencias piloto de Optimizagua posee una extensión total de unos 20.000 m². Dentro de ésta se ubican tanto las superficies en las que se pone a prueba el sistema de riego inteligente como aquellas que desarrollan las funciones de



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

zonas de referencia o las que se encargan de la recogida de las aguas pluviales. (Tabla 5)

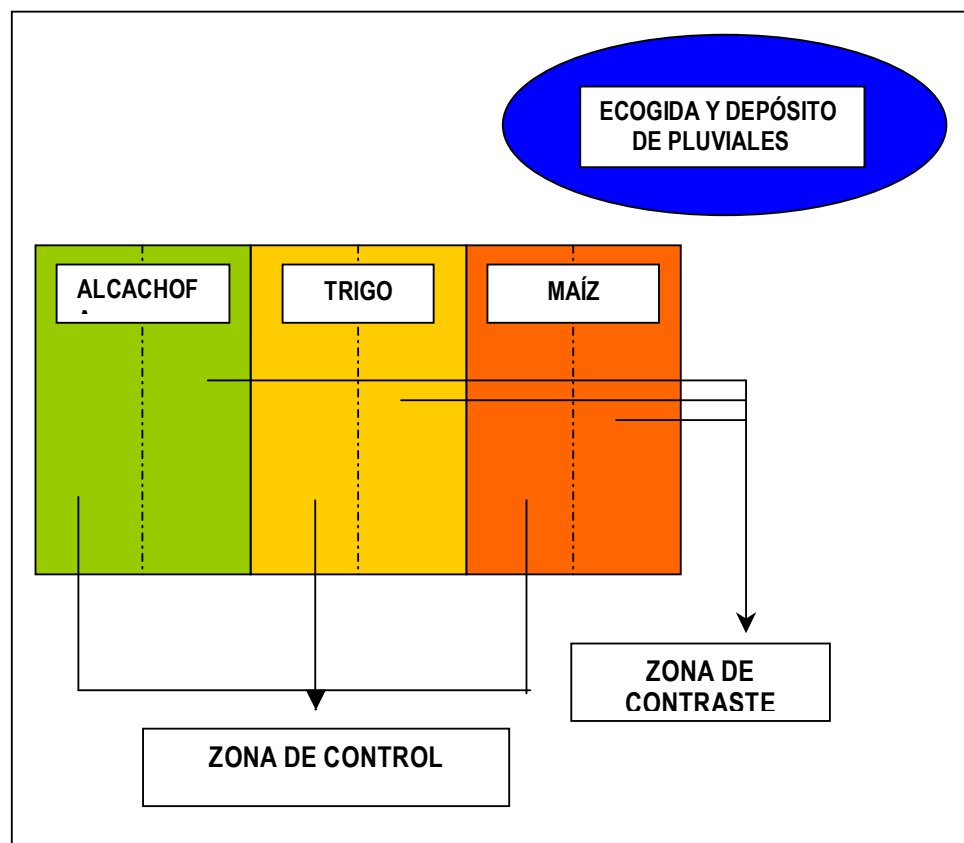
Tabla 5: Sectores y superficies de actuación de la experiencia piloto

	Superficie
Zona de riego inteligente	1,5 ha
Zona de riego convencional (contraste)	1,5 ha
Captación de pluviales (lago)	Balsa de 40 X 50 m



En las siguientes imágenes puede observarse las diferentes zonas de actuación expuestas (Imagen 12) y su ubicación.

Imagen 12: Vista de la ubicación de las diferentes zonas de actuación





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



2.4. EL TRIGO: ESPECIE IRRIGADA CON EL SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE

Durante el siguiente apartado se persigue familiarizarse con el trigo y su cultivo como una de las especies a irrigar con el sistema de riego inteligente en la actuación de la finca de Soria Natural. En principio, **las razones por las que ha sido seleccionado este tipo de cultivo son las siguientes: se caracteriza por tener una escasa demanda de aporte hídrico (1'03 L/m²) y la duración de su ciclo es media (222 días)**. Aún así, es importante, crear una perspectiva más amplia de las necesidades y particularidades de este tipo de cultivo. Este es, pues, el objetivo de los siguientes apartados. (Imagen 13)



Imagen 13: Vista panorámica de los campos de Soria Natural



2.4.1. Generalidades del trigo

La Unión Europea, actualmente, es uno de los principales agentes del mercado mundial de trigo duro. Si se concretizan cifras, por ejemplo, citar que durante el período 1988-1997 tuvo una producción media de casi 8 millones de toneladas al año. De este modo, la Unión Europea consiguió convertirse en el primer productor mundial de trigo duro





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

por delante de Turquía, Canadá y los Estados Unidos: Países junto con los cuales copa las dos terceras partes de la producción mundial.

Dentro de la Unión Europea, casi toda la producción se concentra en cuatro países: Italia, Grecia, Francia y España.

Por lo que respecta a los intercambios comerciales: a finales de los años 80, la Unión Europea era el segundo exportador mundial de trigo duro y suministrador de referencia de los países importadores de la cuenca mediterránea. Esta situación privilegiada, sin embargo, se deterioró en la segunda mitad de los años 90 hasta el punto de convertirse en importadora neta de trigo.



El trigo en España

El trigo es, junto a la cebada, el cereal más cultivado en España. Con una superficie aproximada de 2.000.000 ha, las regiones imperantes por lo que respecta a su cultivo son: Andalucía Occidental y la zona norte del estado (Castilla-León y zona del Ebro). Los mayores productores son: Sevilla, Burgos, Cuenca, Córdoba, Cádiz y Salamanca.

Es un cultivo principalmente de secano apto para zonas templadas y pluviometrías de 400 a 700 mm. La precipitación de referencia de Soria Natural -502 mm, **(ver tabla 4)** - entra dentro de este rango. Según este intervalo de lluvias, se definen unos rendimientos normales de 2000-5000 Kg/ha. En cambio, en regadío puede alcanzar producciones que varían desde los 3000 hasta los 7000 Kg/ha.

Los usos principales que de él se derivan son:

- panificación y harina (trigo blando)
- pastas (trigo duro)
- alimentación animal





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

En función de su momento de siembra, se distinguen:

- trigos de invierno o ciclo largo
- de primavera o ciclo corto y
- alternativos (tardías, precoces)



2.4.2. Ciclo del desarrollo. Fases fenológicas

El ciclo de desarrollo el trigo consta de los siguientes periodos:

- **Germinación:** nace la raíz y aparecen las tres primeras hojas
- **Ahijamiento:** formación de nudo de ahijamiento y aparición de tallos
- **Encañado:** crecimiento de raíz, hojas y tallos. Enderezamiento de tallos.
- **Espigado:** aparece y se desarrolla la espiga.
- **Floración:** crecen estambres y estigma. Hay fecundación y floración en la base.
- **Maduración-Fructificación:** formación y desarrollo del grano, amarillamiento y muerte de la planta.



2.4.3. Siembra: preparación del suelo, épocas de siembra y recogida

Se diferencian dos tipos de trigo relacionado con la época de siembra y recogida: el trigo duro y el trigo semiduro/blando. En las siguientes tablas se puede apreciar las fechas de siembra y recogida para la zona que nos interesa. Esto es, Huesca (Aragón).



- **Trigo duro:**

Duero: Castilla y León	Ener/Mar a Agosto/Sep
------------------------	-----------------------





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

• Trigo semiduro y blando:

Duero: Castilla y León	Oct/Dic a Jul/Agosto
------------------------	----------------------



Como ejemplo de *trigos blandos* pueden citarse las siguientes variedades –las cuales se distinguen por su talla, intervalo de duración de su ciclo, resistencia al frío, productividad, capacidad de adaptación...-: Alcalá, Alcotan, Anza, Aragón, Astral, Betres, Cajeme, Capitole, Gorio, Marius, Pane-247, Rinconada, Talento, Shasta, Yecora,



Como ejemplo de *trigos blandos* tenemos: Mexa (Mexicali), Roqueño, Vitron. Cada uno de éstos posee, como en el caso anterior, unas peculiaridades por lo que concierne a la duración de su ciclo, talla, resistencia y sensibilidad a las temperaturas extremas, capacidad de adaptación...



Antes de realizarse a cabo la siembra del trigo, el equipo que se encarga del cuidado de Soria Natural sabe que es necesaria una **etapa de preparación del suelo**. Ésta, más cuidadosa en primavera que en otoño, es conveniente que contenga las siguientes labores:



- enterrar residuos o abonos de la superficie con una labor de arado de vertedera o de arado de discos
- preparación del lecho de siembra mediante nivelación y refino del suelo con aperos de reja estrecha y a veces de discos. A menor tamaño de semilla, lecho mas fino.
- crear un suelo llano con pocos huecos y romper los terrones mediante una labor de compactación, intercalada en las operaciones anteriores, con gradas de discos pesadas o rodillo.
- en caso que sea posible es bueno esperar al crecimiento de malas hierbas y quitarlas con vibrocultivador o grada de discos ("matar la otoñada").





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



La mejor época para realizar la **siembra** es elegir la fecha en que el máximo frío coincida con el estado de 3 a 5 hojas en el crecimiento del trigo. De hecho, el rendimiento de la cosecha se ve favorecido por siembras tempranas. La profundidad en la que realizar la siembra varía entre 2 cm (suelos arcillosos y húmedos) y 4 cm (suelos sueltos y secos). El modo en que llevar a cabo la siembra puede ser: “siembra a voleo” -distribución irregular y pérdida de semillas-, “siembra en líneas”. “siembra a chorrillo”, “siembra con separaciones a 20 cm”....



Es importante citar que la **dosis de siembra** depende del tipo de zona en la que se lleve a cabo. Por ejemplo, en secano de 60 a 200 kg/ha y en regadío de 90-250 Kg/ha. Si nos encontramos en zonas fértiles, estos valores se modifican: en secano, 250 Kg/ha y 250 Kg/ha.



Siempre que nos encontremos en alguno de los siguientes casos se utiliza menos semilla: en zonas áridas, en siembras tempranas, en terrenos bien preparados, cuando se utilizan sembradoras de precisión...



2.4.4. Exigencias climatológicas

A pesar de no ser un cultivo demasiado exigente, necesita una cantidad de calor para cumplir su ciclo vegetativo. Esta cantidad de calor varía en función de si se trata de un trigo de invierno o de primavera. En ambos casos, sin embargo, perjudican las temperaturas elevadas en primavera y al final de la maduración.



Son deseables unos 500-600 mm aunque se desarrolla a partir de 300 mm. Por descontado, son mejores los años de más lluvia en primavera referente a su rendimiento. Tiene una temperatura mínima de crecimiento de 3-4° C; una óptima, de 25° C y una máxima, de 30-32° C.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

2.4.5. Exigencias de suelo

Una buena profundidad ayuda a un amplio desarrollo de raíces. Las características de suelos idóneos para el cultivo de trigo son: textura media a pesada con buena estructura y buen drenaje.

El encharcamiento es malo. En terrenos ligeros se padece estrés hídrico durante la maduración del grano. En suelos muy arcillosos, con mala estructura e insuficiente aireación, hay asfixia radicular en época de lluvias limitando su desarrollo. Los mejores rendimientos en suelos arcillosos-limosos o arcillosos los tiene en aquellos bien provistos de calcio, con buen poder absorbente y no muy aireado.

El trigo es medio tolerante a suelos salinos: su rendimiento es afectado cuando la conductividad eléctrica es mayor a 6 mmhos/cm. El PH de suelo óptimo, aunque tolera más, varía entre 5,5 y 7.

2.4.6. Labores de mantenimiento

Como cualquier otro cultivo, el trigo requiere de unas labores de mantenimiento. Básicamente éstas son:

- Pase de cultivador para eliminar malas hierbas y para preparar el suelo antes de abonar o regar.
- Tratamientos de malas hierbas en caso necesario. Se suele dar un tratamiento herbicida en primavera.
- Abonados de cobertera, uno al principio del ahijamiento y otro al final.
- Tratamiento de plagas y enfermedades en caso necesario.
- Uso de fertilizantes, tanto sólidos como líquidos. Debe, en cambio, evitarse la aportación de amoníaco anhidro en otoño y reducir al máximo los nitrogenados en otoños lluviosos.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

2.4.7. Riego

El riego, aporte y necesidades hídricas del trigo son factores que han debido considerarse para diseñar las pautas que rigen el sistema de riego inteligente. Por lo tanto, el presente apartado es interesante con el fin de crear una idea general sobre las necesidades hídricas del trigo como cultivo. Éstas varían en función de la zona en la que se ha sembrado, de la variedad, de la etapa de su ciclo en la que nos encontremos...

En España se cultiva poca superficie en regadío, unas 200.000 ha. Los años que en abril, mayo y junio llueve abundantemente no se riega puesto que no es necesario complementar necesidades. Durante el encañado y espigado se da el periodo de máxima exigencia de agua. Y, todo esto, sin olvidar que en aquellas zonas donde haya altas temperaturas, el riego es peligroso se está favoreciendo la roya. Por lo tanto, ha de ser un punto a tener en cuenta.

Generalmente, se suelen dar entre uno y tres riegos al mes, con una dosis total de unos 400 m³/ha. Este valor, por supuesto, es modificable en función de la zona y de las variedades en cuestión. Por ejemplo, las variedades de ciclo largo necesitan menos agua que las de ciclo corto. En estas últimas, si hay escasez de lluvias se puede llegar a dar hasta cuatro riegos.

2.4.8. Recolección

La recolección del cereal ha de realizarse cuando se alcanza la madurez agronómica que es aquella que permite almacenar el grano, con un contenido de humedad menor del 12%. Se realiza con cosechadoras autopropulsadas de gran anchura de corte (4 - 5 m). Se corta el trigo y se separa el grano de la paja. El grano se acumula, en tolvas de 2000 a 3000 Kg y la paja es liberada en un cordón, para su posterior empacamiento. Es importante una buena limpia de la maquina antes de la recolección. El almacenamiento siempre ha de ser en locales secos y muy ventilados, con el piso fuerte, bien hormigonado. Con mallas para evitar la entrada de roedores. Deben tener capacidad para que maniobren bien tractores y camiones.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

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

El siguiente apartado pretende una aproximación al maíz y su cultivo como una de las especies a irrigar con el sistema de riego inteligente en la actuación de la finca de Soria Natural. En principio, **son dos las razones por las que se ha seleccionado este tipo de cultivo. Por una parte porque su demanda hídrica (4'35 l/m²) es elevada mientras que la duración de su ciclo es media pero inferior a la del trigo (162 días).** De todos modos, sigue siendo básico ofrecer una perspectiva más amplia de las necesidades y particularidades de este tipo de cultivo. Este es, pues, el objetivo de los siguientes apartados. (Imagen 14)



Imagen 14: Vista de un campo de maíz



2.5.1. Generalidades del maíz

En la siguiente tabla puede observarse, por países y a nivel europeo, la participación de la producción de maíz: (Tabla 5)





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

Tabla 5: Producción europea de maíz

Maíz	Millones de toneladas	
	1999	2000
Europa		
Bulgaria	2	0.7
Croacia	2.1	1.2
Unión Europea	36.6	37.9
Dinamarca	1.7	1.9
Francia	15.7	16.4
Alemania	3.3	3.3
Grecia	1.5	1.4
Italia	9.7	10.1
España	3.3	3.3
Otros UE	1.5	1.5
Hungría	7.1	5
Rumania	10.5	4.5
Eslovaquia	0.8	0.4
Yugoslavia	5.4	4.2
Otros	2.6	2.9
Total Producción Europea	67.1	56.8



Con una extensión de 600.000 Ha, el maíz es el principal cereal de primavera cultivado en España. Como principales centros de producción destacan: Galicia, Castilla la Mancha, Extremadura, Aragón y Andalucía. Por provincias, la mayor producción se tiene en: Badajoz, Albacete, Zaragoza, Sevilla, Navarra, Pontevedra y Ciudad Real.



Normalmente se cultiva en regadío (un 70 % de la superficie). Requiere de temperaturas altas, buena iluminación, suelos fértiles y humedad. Como rendimientos normales se establecen, en secano, unos valores de 3.000-6.000 Kg/ha. En regadío, éstos ascienden a 7.000-15.000 kg/ha.



Como usos principales tenemos:

- *Maíz en grano*: alimentación animal (piensos) y alimentación humana (aceites, margarinas)
- *Maíz forraje*: Ocupa un 15% aproximadamente de la superficie y su destino es la alimentación animal.



Respecto a sus variedades, hoy en día, la gran mayoría son híbridos. Se clasifican de la duración de su ciclo vegetativo, que varía entre 80 y 180 días. En general, puede decirse que las variedades de maíz que más se cultivan son los *híbridos simples*, los más productivos. Pero, también, hay también *híbridos dobles*, de mayor adaptabilidad y menos exigencia, así como *híbridos de tres líneas*, de características intermedias.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

2.5.2. Ciclo de desarrollo. Fases fenológicas.

El ciclo del maíz es muy rápido y tiene las siguientes fases:

- **Germinación:** aparición de radícula y coleóplito.
- **Nascencia:** emergencia de coleóplito, plúmula y aparición de las raíces seminales.
- **Crecimiento:** desarrollo del tallo, hojas definitivas y sistema radicular.
- **Floración:** desarrollo del penacho o panícula y de la mazorca hasta la aparición de las sedas o barbas de la misma, hasta su
- **Alargamiento** (4-6 semanas). Termina con la liberación del polen del penacho y la fecundación de la mazorca (5-8 días).
- **Fructificación:** las sedas de la mazorca se marchitan y se vuelven castaño-oscuro, a los pocos días.
- **Maduración y secado:** disminuye su nivel de humedad (35%), hasta tener la adecuada para la recolección (20-25%).



2.5.3. Siembra: preparación del suelo, épocas de siembra, recogida y labores de mantenimiento

Es lógico deducir que la siembra y recogida del maíz depende no tan sólo de la zona en la que se haya sembrado sino también de la variedad escogida. En general, en los manuales se establece como más óptimo el siguiente intervalo de siembra:

- Para Castilla y León: de mediados de abril a mediados de mayo.

Por lo que concierne a la recolección; ésta se lleva a cabo desde 80 a 180 días a partir de la siembra, según la duración del ciclo de cada variedad. Esto es, desde mediados de verano hasta mediados de otoño.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

Antes de realizarse a cabo la siembra de maíz, el equipo que se encarga del cuidado de Soria Natural sabe que es necesaria una **etapa de preparación del suelo**. Ésta es conveniente que contenga las siguientes labores:



- Si ha habido un cultivo anterior, sus restos deben ser eliminados retirándolos o quemándolos, siendo más recomendable incorporarlos de nuevo al suelo. De esta manera, se aumenta el contenido en materia orgánica y se mejora tanto su estructura como la permeabilidad, absorción y retención de agua.
- Realizar labores profundas para mullir bien el suelo, descompactar la superficie y conseguir una estructura granular que favorezca la aireación, la infiltración del agua y el desarrollo radicular. Estas labores se realizarán con subsoladores, o con vertederas en el caso que haya que enterrar residuos orgánicos, y deben complementarse con pases de gradas o rastrillos para eliminar terrones. Estas labores deben realizarse antes del invierno.
- Eliminar las malas hierbas con cultivador o grada de discos
- Labores superficiales preparatorias de la siembra con el fin de incorporar fertilizantes, nivelar el terreno, eliminar terrones y huecos, y en conseguir una estructura adecuada para favorecer la aireación y un buen nivel de humedad. La fecha de estas labores será de finales de invierno en adelante y deben realizarse con el suelo con buen tempero.



Una vez finalizada la fase de preparación del suelo, ya se puede dar paso a la **siembra del maíz**. Cuando ésta se realiza en fechas tempranas se puede correr riesgo de heladas. En cambio, si la siembra es tardía tanto la floración como la maduración quedan retrasadas. La temperatura de germinación del maíz no debe ser inferior a los



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



10 °C, siendo la óptima la de 15-16 °C. Cuando hay fallos en la nascencia, no es una buena acción la de resembrar sino que la mejor opción es la de levantar el cultivo y sembrar de nuevo.

Hoy en día se siembra en líneas, con sembradoras de platos o neumáticas que permiten controlar la profundidad de siembra y aplicar, conjuntamente fertilizantes y fitosanitarios. De este último modo se evita el aclareo.



La **profundidad de siembra, en general y con condiciones óptimas del suelo, se sitúa** entre 3 y 5 cm. Concretando un poco más se recomienda una *siembra superficial* – de 2 cm- con temperaturas bajas y con mucha humedad en el suelo o bien *siembras profundas* –de 8 cm- con temperaturas altas y poca humedad en el suelo.



Por lo que respecta a la **densidad de siembra**: en ciclos tardíos y semitardíos, 70.000-85.000 plantas/ha; en ciclos semiprecoces y precoces, 75.000-110.000 plantas/ha; en ciclos muy precoces 35.000-45.000 plantas/ha.



Como **labores de mantenimiento del cultivo**, una vez realizada la siembra, destacar las siguientes acciones:



- En caso de necesitarlo, aclareo, cuando la planta ha alcanzado 30 ó 40 cm.
- Pases de cultivador para eliminar malas hierbas, aporcar las plantas o hacer surcos para el riego.
- Tratamientos contra las malas hierbas si es necesario.
- Abonados de cobertera en dos veces, una al mes o mes y medio después de la siembra y otra un mes antes de la floración.
- Tratamiento contra las plagas y enfermedades si son necesarios.
- El despenachado no se aconseja por disminuir el rendimiento, adelanta la maduración.



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

2.5.4. Riego

El riego, aporte y necesidades hídricas del trigo son factores que han debido considerarse para diseñar las pautas que rigen el sistema de riego inteligente.

Por lo tanto, el presente apartado es interesante con el fin de crear una idea general sobre las necesidades hídricas del maíz como cultivo. Éstas varían en función de la zona en la que se ha sembrado, de la variedad, de la etapa de su ciclo en la que nos encontremos...

El maíz consume grandes cantidades de agua para producir las sustancias que constituyen la estructura de la planta. Para obtener la máxima cosecha posible, la planta debe tener a su disposición a lo largo de todo su ciclo el agua necesaria, pero es en los momentos críticos de cultivo (de los que hablaremos más adelante) cuando de ninguna manera puede faltar el agua. Las mayores necesidades tienen lugar cuando la planta ha adquirido su máximo desarrollo.

El maíz es un cultivo de rápido crecimiento (se pueden obtener hasta 30 Tm. de materia seca por hectárea en 120-150 días).

Los sistemas de riego, según la manera de distribuir el agua, son los siguientes:

- Riego a pie: puede ser “a manta” cubriendo todo el terreno con agua, lo que exige una perfecta nivelación del suelo o riego “por surcos”,
- Riego por conducciones: por aspersión (con cobertura total o parcial), *pivots* (una tubería de gran longitud montada sobre ruedas que la hacen ir girando) o *rangers* (una tubería sobre ruedas que se mueven frontalmente).

2.5.5. Recolección

La recolección del maíz se realiza cuando el grano ha perdido parte de su humedad –aproximadamente un 20 %- pues de lo contrario, se dificultan la recolección y la conservación.

La recolección se efectúa de las siguientes formas:

- Arranque de la mazorca y deshojado de la misma, secado en jaulones y desgranado posterior





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

- Arranque, deshojado y desgranado simultáneos.



Ambas modalidades requieren maquinaria específica o la cosechadora de cereales modificada. Por último, concretar que en la recolección del maíz para forraje es necesaria la siega de la planta completa y un picado posterior antes de ensilarla.



2.5.6. Exigencias climatológicas

Tal y como ya ha sido especificado, la capacidad del maíz para producir altos rendimientos requiere la concurrencia de temperaturas elevadas, un alto grado de iluminación y una humedad adecuada. Es un cultivo muy exigente en agua que no puede escasear en las fases críticas (germinación, nascencia, desarrollo inicial, floración). La temperatura óptima de germinación y nascencia es alrededor de 15°C. Es muy sensible a las heladas tardías de primavera y a las temperaturas de otoño. Su crecimiento y desarrollo más favorables se producen entre los 25 y 30°C.



2.5.7. Exigencias de suelo

Le favorecen suelos profundos, de textura franca y con alto contenido en nutrientes, así como buen drenaje. El intervalo más favorable de pH es entre 6 y 7,5 y tiene una tolerancia media a la salinidad. Es importante que los nutrientes del suelo sean asimilables y estén disponibles para cubrir los requerimientos de la planta, que se producen en un período de 50-60 días.

Para que el maíz germine, nazca bien y tenga un crecimiento y desarrollo adecuados necesita unas condiciones favorables del suelo en cuanto a humedad, temperatura, aireación y estructura.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

2.6. LA ALCACHOFA: ESPECIE IRRIGADA CON EL SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE

En la misma línea que los dos apartados anteriores, durante las siguientes secciones se persigue una aproximación a la alcachofa y su cultivo. Es, junto con el trigo y el maíz es una de las especies a irrigar con el sistema de riego inteligente.



2.6.1. Origen

Se tienen noticias de esta planta desde la Antigüedad, aunque se cree que las informaciones sobre la misma están referidas al cardo silvestre (*Cynara cardunculus* L.), de la que derivan los actuales cultivares. (Imagen 15) Se trata de una planta originaria del Norte de África y Sur de Europa. Durante la época romana se habla de ella como planta cultivada, y a lo largo de los siglos se van cultivando las variedades locales, que son la base de los cultivares actuales.



Imagen 15: Imagen de la alcachofa



En Al-Andalus se cultivaba la alcachofa a partir de semilla el primer año, propagándola vegetativamente en años sucesivos.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

La obtención de individuos superiores fácilmente reproducibles por multiplicación vegetativa, habría desarrollado este tipo de multiplicación en periodos más recientes.



2.6.2. Importancia y distribución geográfica

Países como Italia, Francia y España se caracterizan, entre otros aspectos, por tener una producción y consumo tradicional del cultivo de la alcachofa. A escala mundial, su producción puede alcanzar cifras del 80%. (Tabla 6)



Por lo que respecta a España citar que, después de Italia, es el segundo productor mundial, con aproximadamente el 30% de la producción. Dentro del marco comunitario, sin embargo, se sitúa en el primer puesto con el 50-60% de las exportaciones. Siendo la región de la Cuenca Mediterránea, una de las zonas más productivas.



En la UE, el comercio de la alcachofa está decreciendo. Este hecho se debe, fundamentalmente, a una disminución de la demanda que se deriva de las dificultades que encierra su preparación para el consumo en fresco. Analizado desde otra perspectiva, en cambio, esto podría dar oportunidades al sector alimentario de los preparados. Todo ello sin dejar de considerar el valor como producto industrializado en forma de fondos, corazones y trozos.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

Tabla 6: Valores de producción mundial del cultivo de la alcachofa para el año

2002

PAÍSES	PRODUCCIÓN ALCACHOFAS año 2002 (toneladas)
<i>Italia</i>	470.225
<i>España</i>	268.500
<i>Argentina</i>	86.000
<i>Francia</i>	67.533
<i>Egipto</i>	65.255
<i>Marruecos</i>	46.520
<i>China</i>	43.000
<i>Estados Unidos</i>	42.770
<i>Argelia</i>	35.000
<i>Turquía</i>	26.000
<i>Chile</i>	25.000
<i>Grecia</i>	23.000
<i>Túnez</i>	19.200
<i>México</i>	10.000
<i>Rep. Islámica de Irán</i>	10.000
<i>Perú</i>	8.722
<i>Siria, Rep. Árabe</i>	5.708
<i>Israel</i>	4.800
<i>Chipre</i>	3.100

Fuente: F.A.O.



2.6.3. Taxonomía, morfología y requerimientos edafológicos

- **Familia:** *Compositae*.
- **Especie:** *Cynara scolymus*, L.



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



- **Planta:** Planta vivaz, que puede considerarse como bianual y trianual. En cultivos muy abonados se conserva como vivaz y con notable decrecimiento de la producción. Tallos erguidos, gruesos, acanalados longitudinalmente y ramificados, con más de un metro de altura. Se propaga o reproduce de distintos modos: reproducción por semillas, multiplicación por hijuelos, multiplicación por esquejes, cultivo de meristemas...

- **Sistema radicular:** Extraordinariamente potente, que le permite adaptarse a una extensa gama de suelos. Se inserta en un rizoma muy desarrollado, en el que se acumulan las reservas alimenticias que elabora la planta.

- **Hojas:** Largas, pubescentes, grandes de 0,9 a un metro de color verde claro por encima y algodonosas por debajo. Los nervios centrales están muy marcados y el limbo dividido en lóbulos laterales, a veces muy profundos en las hojas basales y mucho menos hundidos en hojas de tallo.

- **Flores:** Terminales muy gruesas, recubiertas por escamas membranosas imbricadas y carnosas en la base constituyendo la parte comestible. (Imagen 16)

- **Fruto:** Es un aquenio provisto de vilano, de forma oblonga y color grisáceo, que son considerados como la semilla de la planta, pesando el litro de 600 a 610 gramos y durando de seis a doce años su facultad germinativa. (Imagen 17)



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

Imagen 16: Vista de la flor de la
alcachofa



Imagen 17: Vista del fruto de la
alcachofa



Turismo, Medio Ambiente
Política Territorial



- **Clima:** Del mismo modo que cualquier otro tipo de cultivo, el de la alcachofa requiere de unas condiciones climáticas adecuadas para ofrecer producciones rentables. Durante este apartado y de modo global, serán descritas algunas de las necesidades climatológicas que prometen un buen desarrollo de esta planta. Debe destacarse que *las alcachofas necesitan menos fertilizantes que la mayoría de los cultivos hortícolas, para obtener elevados rendimientos.*

La alcachofa es una *hortaliza de invierno* (temporada fría). Su crecimiento de máximo esplendor se comprende con temperaturas diurnas de 24° C y nocturnas de 13° C.

Para una buena cosecha de alcachofas, el rango de temperaturas adecuado queda comprendido entre 7-29° C. De este modo, siempre que sea libre de heladas la planta recibe la apropiada vernalización (la floración es inducida por el frío).



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



De hecho, durante el periodo de cultivo se debe evitar a toda costa que las plantas se expongan a temperaturas por debajo de $-3,8^{\circ}\text{C}$, pues la cosecha corre peligro de arruinarse completamente.



En *climas cálidos y secos* se favorece que las hojas del fruto (brácteas) tiendan a abrirse rápidamente destruyendo la ternura de la parte comestible y la consistencia del fruto. En este caso, las alcachofas tienen un sabor amargo y son poco atractivas en apariencia. Frente a esto, se sabe que el *tiempo frío* daña fácilmente a la alcachofa. Aun así se consigue que, a temperaturas cercanas o por debajo del punto de congelación (0°C), la parte más externa de las hojas del fruto tiende a ampollarse, proporcionando primero un aspecto blanquecino en la hoja que luego se volverá de color marrón parduzco. Las lesiones superficiales causadas por el frío son estéticamente indeseables pero no perjudican para nada la calidad culinaria del fruto.



- **Suelo:** Las plantas de alcachofa tienen un *sistema radicular fuerte y profundo* que puede adaptarse a multitud de suelos. Sus preferencias, en cambio, son: suelos profundos, arenosos, fértiles y bien drenados. Por lo tanto, deben evitarse suelos ligeros con excesivo drenaje y poca conservación de la humedad. Los suelos deben ser llanos y estar libres de malas hierbas.



La planta en cuestión, además, soporta mal el exceso de humedad del suelo y puede adaptarse a suelos con PH ligeramente alcalino. Es resistente a la salinidad pero un exceso ocasiona necrosis en las brácteas internas y facilita la proliferación de enfermedades como *Botrytis* y *Erwinia*.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

2.6.4. El cultivo de la alcachofa

2.6.4.1. Variedades cultivadas

Las distintas variedades de alcachofa se diferencian principalmente por su forma (esférica u oval), tamaño y color (verde o violeta), del capítulo y por la precocidad (variedades de día corto, que necesitan haber pasado un período invernal antes de emitir los capítulos o de día largo, capaces de producir en otoño).

Hasta hace muy poco tiempo casi todas las variedades cultivadas en el mundo tenían una denominación geográfica, la de su lugar de origen. Así tenemos: *Blanca de Tudela*, *Madrileña*, *Violeta de Provenza*, *Camus de Bretaña*, *Romanesco*, *Espinoso Sardo*, *Californiana* etc. A pesar de que éstas siguen siendo las más cultivadas; recientemente han comenzado a utilizarse variedades propagadas por semilla. De las cuales las más conocidas pertenecen al tipo *Imperial Star* –variedad desarrollada en California-.

En España la variedad más cultivada, casi la única para mercado nacional, es la Blanca de Tudela, de capítulo oval, más bien pequeño, compacto y verde, que además, es muy temprana; es capaz de estar produciendo todo el otoño e invierno, cuando la alcachofa se comercializa en fresco para mercado interior o exportación, aunque sea en primavera cuando da la mayor cosecha (la única en zonas frías), que se destina principalmente a la industria.

Para exportación se cultivan, en Murcia y Alicante otras variedades: *Violeta de Provenza*, también de capítulo oval y temprana; *Macau* (*Camus de Bretagne* o *Blanc Hyèrois*) de capítulo esférico muy tardías y también alguna otra.

2.6.4.2. Particularidades del cultivo

Referirse al cultivo de alcachofas, entre otros aspectos, consiste en las siguientes pautas: preparación del terreno, siembra (aproximadamente 1 kg semillas/ha) o transplante (este último caso durante los meses de julio y agosto. Aproximadamente 9.000 plantones/ha), reposición de marras, recalzados y cavas, podas, quitar malas hierbas, abonar, regar, recolectar (suele comenzarse a partir del mes de octubre, pudiéndose





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



prolongar durante todo el invierno, dependiendo del clima de cada zona, y prolongándose hasta mayo o junio).

2.6.4.3. Requerimientos hídricos y de riego

De entre todas las labores que deben llevarse a cabo para que un cultivo de alcachofas ofrezca una buena producción, únicamente se profundizará en sus necesidades hídricas. Esto es, el riego. La razón es sencilla: es el sistema de riego inteligente, el eje alrededor del cual se posiciona el Proyecto Optimizagua.

Las alcachofas requieren *riegos frecuentes durante el periodo de crecimiento de la planta*. Durante la plantación para conseguir un buen arraigado es importante realizar un *riego de plantación* que proporcione suficiente humedad. La carencia de humedad en el suelo cuando los frutos están en formación provoca una mala calidad de los mismos. *Cuando la planta alcanza la madurez, el riego debe ser continuo.*

El riego de la alcachofa se puede efectuar mediante *aspersión, manta y goteo*. El riego a manta es el más empleado. En estos casos debe tenerse en cuenta que, ante riegos excesivos, las alcachofas son susceptibles a la podredumbre de la raíz. Por lo tanto, es recomendable no regar a manta y si se efectúa, tratar de no inundar la parte del tallo y la raíz.

El riego a aspersión tiene la ventaja de que crea un ambiente de humedad alrededor de la planta que favorece el crecimiento y la producción.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

2.7. SISTEMAS Y EQUIPOS INTEGRANTES DE LA FINCA SORIA NATURAL COMO ACTUACIÓN EXPERIMENTAL

Las partes integrantes de este prototipo son las siguientes:

- a) Sistema de recogida y almacenamiento de aguas pluviales
- b) Sistema de filtrado, suministro y bombeo de las aguas almacenadas.
- c) Sistema de control de riego de los campos de cultivo
- d) 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.

2.7.1. Sistema de recogida y almacenamiento de aguas pluviales

A falta de edificios colindantes de los que se pudiera recoger el agua de las precipitaciones, y aprovechando la existencia de una balsa en la finca (**Imagen 18**), se ha optado por considerar la misma superficie de dicha como la destinada a la recogida de aguas de origen pluvial. A su vez, también realiza la función de depósito de almacenamiento de las mismas. Con una profundidad de 9 metros, sus dimensiones son de 40 x 50 m.

Imagen 18: Vista de la balsa de la finca de Soria Natural





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

En el caso en que el agua pluvial no sea suficiente para abastecer las necesidades de riego, se procederá al llenado de la balsa –tal y como se observa en la imagen (Imagen 18)- con agua procedente de un pozo o de una canal.



2.7.2. Sistema de suministro y bombeo de las aguas almacenadas

El suministro de agua para el sistema de riego se realiza a partir de una bomba sumergible que absorbe y bombea agua desde la balsa.



En este caso, para contabilizar el volumen de agua de origen pluvial destinada a riego no se puede recurrir a un contador de agua. La razón ya ha sido expuesta: en la balsa puede acumularse tanto el agua de lluvia como del pozo o bien de la canal. Así, pues, con el fin de determinar este valor debe realizarse un simple cálculo combinando los datos suministrados por el pluviómetro, la superficie total del lago, y la evaporación de la zona.



Por lo que respecta al riego, el agua se bombea y transporta desde el la balsa 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. De este modo tenemos que por cada cultivo se han instalado tres líneas de aspersores de riego. Dos de ellas controladas por el sistema de riego inteligente y el tercero destinado al riego de referencia.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

2.8. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS



Ha sido instalado un dispositivo de energías alternativas para la alimentación del sistema de control de riego. De este modo se está dotando al prototipo de mayor versatilidad y autonomía; aspectos que facilitarán su implantación en otros lugares.



La energía alternativa por la que se ha optado es una combinación entre energía solar fotovoltaica y energía eólica. Tenemos, pues, un *sistema híbrido solar-eólico* cuyo funcionamiento para la obtención de energía eléctrica se detalla a continuación.



Tal y como se acaba de especificar, este tipo de sistemas se distinguen por tener dos fuentes energéticas- *el Sol y el viento*- a partir de las cuales se genera la corriente eléctrica que abastecerá el consumo energético posterior. Las tecnologías capaces de realizar esta transformación son, por una parte, la energía solar con sus módulos fotovoltaicos y, por otra, la energía eólica con su aerogenerador. Cabe detallar que, independientemente de la fuente energética, la producción final se combina y destina al mismo grupo de acumulación. De hecho, la electricidad generada en el campo solar y eólico se almacena en *baterías electroquímicas* para poder hacer uso de la energía a cualquier hora del día independientemente de la radiación solar y de la velocidad del viento. 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.



Gobierno de La Rioja
Tratamiento, Medio Ambiente
Política Territorial



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.



En nuestro caso, el sistema híbrido se ha complementado con un grupo generador. La instalación se configurará de modo que, a falta de energía de origen solar y



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

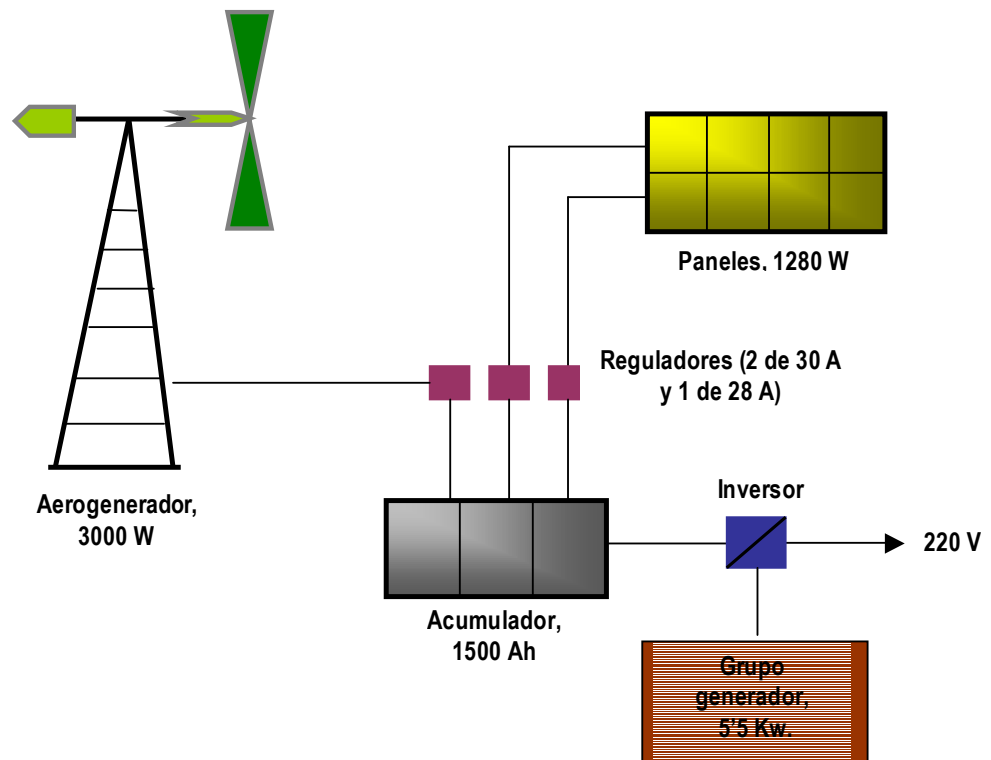


eólico debido por ejemplo a condiciones meteorológicas desfavorables, el sistema conmutará con tal de alimentar al dispositivo de control por medio de la producción del grupo de soporte.

Los paneles solares están ubicados en el tejado de una caseta sobre una estructura. Tienen el Sur como orientación y 45° de inclinación. Por lo que respecta al aerogenerador, concretar que se encuentra en un mástil junto a la instalación solar.

En la siguiente imagen, se ha incluido una imagen (Imagen 20) en la que se detalla no sólo un esquema del funcionamiento de un sistema híbrido solar-eólico sino también los datos específicos de la instalación existente en Soria Natural. Ésta se encuentra localizada en una caseta que hay enfrente de la balsa donde se recogen y almacenan las aguas pluviales. (Imagen 21)

Imagen 20: Esquema y lógica de funcionamiento de los equipos implicados en la instalación híbrida de Soria Natural





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

Imagen 21: Vista de la instalación del sistema energético de Soria Natural





**OPTIMIZAGUA LIFE03
ENV/E/000164**



MANUAL DE USUARIO



ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL



OPTIMIZAGUA – Programa LIFE-Medio Ambiente

de la Unión Europea



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

ÍNDICE

1. OBJETO.....	Pág.:3
2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR Y ENERGÍA EÓLICA.....	Pág.: 4-7
2.1. ENERGIA SOLAR	
2.2. ENERGÍA EÓLICA	
2.3. EL PAPEL DE LA ENERGÍA SOLAR-EÓLICA EN EL PROYECTO OPTIMIZAGUA	
3. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO HÍBRIDO SOLAR-EÓLICO.....	Pág.:8-20
3.1. PANELES SOLARES	
3.2. AEROGENERADOR	
3.3. REGULADORES DE CARGA SOLAR	
3.4. REGULADORES DE CARGA EÓLICA	
3.4.1. Comportamiento del regulador eólico con baterías de Plomo-Ácido	
3.5. CARGADOR-INVERSOR SON SALIDA SENOIDAL PURA	
3.5.1. Funcionamiento del Inversor-cargador	
3.6. GRUPO ELECTRÓGENO CON ARRANCADOR AUTOMÁTICO	
3.7. BATERÍAS	
4. DIMENSIONADO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA.....	Pág.:21-23
5. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN Y POSIBLES PROBLEMAS.....	Pág.:24-33
5.1. MANTENIMIENTO Y PRECAUCIONES DEL AEROGENERADOR	
5.2. MANTENIMIENTO DEL INVERSOR DAKAR-SINUS COMBI	
5.3. MANTENIMIENTO DE LAS BATERÍAS	
5.4. MANTENIMIENTO GENERAL Y DEL RESTO DE LA INSTALACIÓN	
5.5. MEDIDAS DE SEGURIDAD	
6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.....	Pág.:34





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



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 cada la actuación en Soria Natural del Proyecto Optimizagua. 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 y a la energía eólica por ser un sistema híbrido energía solar-eólica el integrado en esta actuación.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y ENERGÍA EÓLICA



En esta experiencia se ha optado, tal y como ya se acaba de reseñar, por implementar un equipo híbrido solar-eólico para la alimentación energética del sistema de riego. Así, pues, el presente apartado se ciñe a realizar una contextualización de estos dos tipos de energía y de su tecnología. **(Imagen 1)**



Imagen 1: Combinación entre el viento y el Sol



2.1. ENERGÍA 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 2)**



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*.





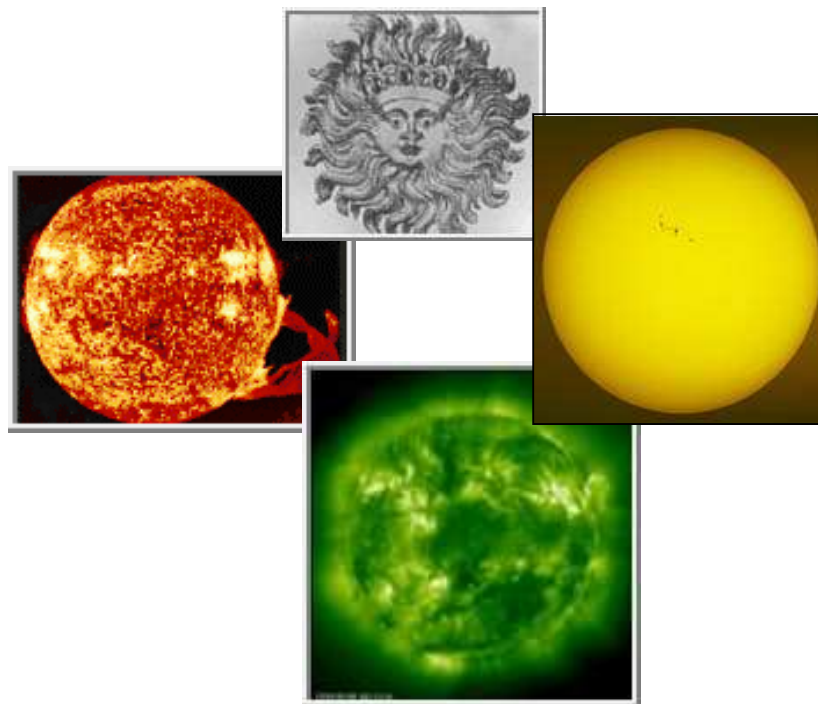
INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



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.

Imagen 2: Distintas maneras de ver el Sol



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.



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



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 Soria Natural han sido integrados módulos fotovoltaicos 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 .



2.2. ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es una forma indirecta de energía solar: es producto de las diferencias de temperatura y de presión inducidas en la atmósfera por la absorción de la radiación solar, que ponen en movimiento los vientos que producen la energía. Se calcula que un 2% de la energía solar recibida por la Tierra se convierte en energía cinética de los vientos (citado en *Energía eólica la respuesta al futuro*). Un valor enorme correspondiente a unos 30 millones de TWh por año, es decir, 500 veces el consumo mundial de energía en 1975. Incluso teniendo en cuenta que sólo el 10 % de esta energía se encuentra disponible cerca del suelo, el potencial sigue siendo considerable.



La tecnología capaz de transformar la velocidad del viento en energía eléctrica debe considerar una de las *características* esenciales de la *energía eólica*: su *discontinuidad*. Esto significa que el viento no sopla en todos los lugares del mismo modo: cambia de intensidad y de dirección de manera impredecible. Sin embargo, también es cierto, que en función de la superficie expuesta a la fuerza del viento se obtendrá una mayor o menor energía producida. A más superficie expuesta, mayor será la producción energética obtenida.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Existen distintas tipologías de molinos de viento o aerogeneradores capaces de realizar la conversión citada en función de la disposición de su eje. Hay molinos con eje horizontal –los más extendidos- y los que tienen eje vertical.



En *Soria Natural* se ha optado por instalar un pequeño *molino eólico con eje horizontal*. Tiene la capacidad de ir orientando continuamente su eje y aprovechar vientos flojos. De este modo, el eje se mantiene paralelo a la dirección del viento y, por lo tanto, sus aspas o palas estarán de cara al viento permanentemente.



2.3. EL PAPEL DE LA ENERGÍA SOLAR-EÓLICA EN EL PROYECTO OPTIMIZAGUA



Pueden destacarse varias razones que justifican la presencia de este equipo híbrido dentro del Proyecto. Sin embargo, el objetivo básico perseguido ha consistido en dotar de mayor versatilidad y autonomía al prototipo de riego inteligente (**Imagen 3**). 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 híbrida. 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 como resultan ser la energía solar y eólica.

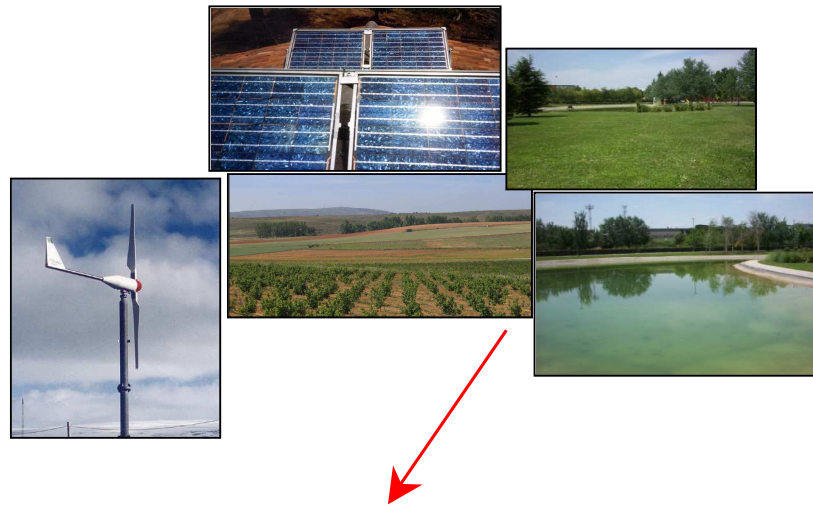




INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Imagen 3: Combinación resultante del sistema híbrido con el prototipo del sistema de riego inteligente en Soria Natural





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



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, el aerogenerador y el resto de los elementos de la instalación.



3. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO HÍBRIDO SOLAR-EÓLICO



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 4**). 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 meteorológicas 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 grupo electrógeno de soporte se pondría en marcha a través del arranque automático.

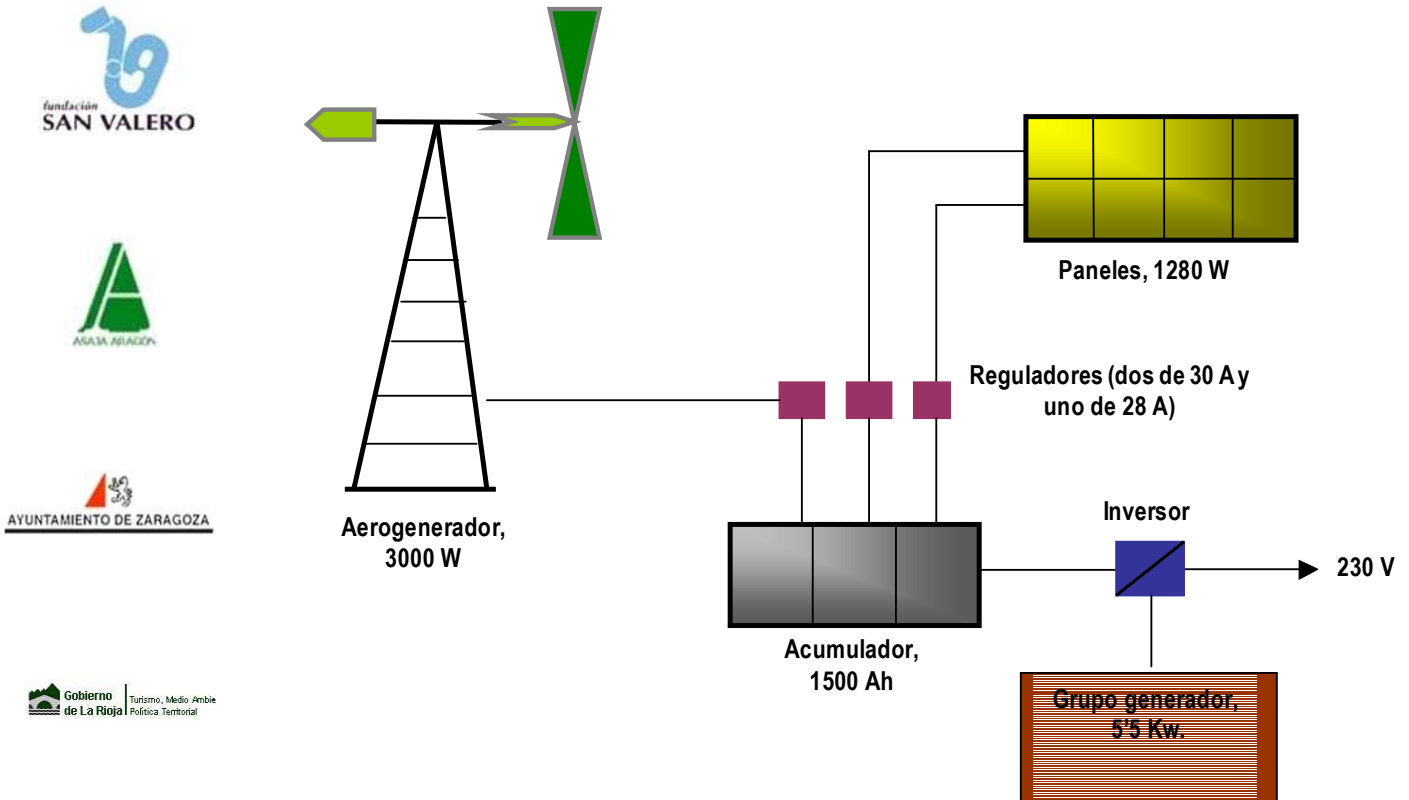




INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Imagen 4: Equipos y lógica de funcionamiento de los equipos implicados en la instalación híbrida de energía solar fotovoltaica y eólica de Soria Natural.



Durante el presente apartado vamos a familiarizarnos con las funciones que desarrollan cada uno de los equipos especificados en la imagen anterior.

3.1. Paneles solares o módulos fotovoltaicos

Son dispositivos encargados de convertir directamente la radiación solar en energía eléctrica de corriente continuo. En Soria Natural, se ha montado una estructura sobre el tejado de una caseta en la que se encuentran instalados los módulos fotovoltaicos.

3.2. Aerogenerador

Se encarga de captar la energía del viento para transformarla en energía eléctrica.



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

La relación que rige esta conversión es proporcional al cubo de su velocidad del viento. Esto es, que cuando la velocidad del viento se duplica, la potencia que puede producirse es hasta ocho veces superior. **(Imagen 5)**



Se compone, entre otros elementos, de un timón de orientación, de dos hélices, un alternador y una carcasa de protección. Tal y como se observa en la imagen, este dispositivo se ubica en lo alto de un mástil junto a la caseta con los módulos fotovoltaicos y a una distancia tal que no comporte interferencias o turbulencias en el viento.



El aerogenerador puede ser frenado de dos formas (*estos aspectos se detallan mejor en el apartado sobre el funcionamiento del regulador eólico*):

- a. Frenado automático: cuando las baterías están cargadas al nivel preprogramado, el regulador introduce unos impulsos para frenarlo. En concreto, el sistema va añadiendo estos impulsos (dependiendo siempre del valor de las baterías) de tal forma que si en 3 horas ha añadido 1000 pulsos, el generador quedará frenado hasta que el nivel de baterías sea inferior al programado.
- b. Frenado manual: Mediante el interruptor colocado en la parte frontal del regulador.



3.3. Reguladores de carga solar

Este elemento tiene la función de controlar de forma automática la carga de las baterías. Por un lado, impide que la sobrecarga de las baterías pueda estropearlas. Esto sucede cuando el consumo de electricidad es menor que la producida por los módulos. En este caso, el regulador de carga actuaría de tal manera que, detectando el nivel de carga del acumulador (o batería), desconectaría los módulos a partir de un valor determinado. Por otro lado, en la actualidad, prácticamente la totalidad de modelos de regulador incorporan un dispositivo que desconecta la salida de electricidad de la batería cuando la carga de la misma ha descendido de un nivel predeterminado.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

A parte también se encarga de controlar el consumo de las cargas de corriente continua.

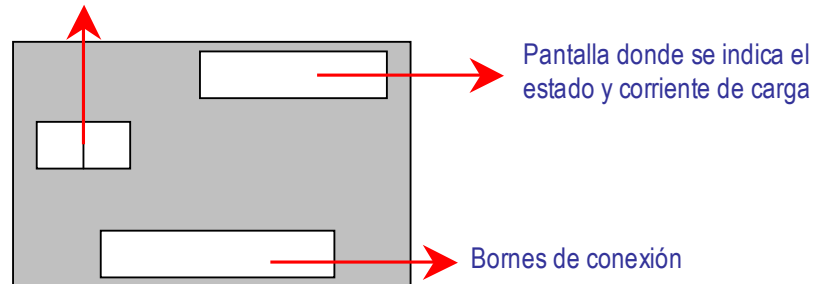


En nuestro caso, los *reguladores del sistema solar* están provistos de un testigo luminoso (**Imagen 6**) que informa tanto sobre el estado de carga de las baterías como del estado del regulador.



Imagen 6: Vista de las distintas partes del regulador de carga solar

Dcha.: indica el estado del regulador
Izqda.: indica el estado de la batería



Las distintas informaciones que se pueden visualizar en la pantalla son las siguientes:

- **Carácter LCD –Indicación**

En la pantalla se indican los parámetros del sistema más importantes. Durante el servicio normal la indicación cambia cada 3 segundos al próximo parámetro. En el panel indicador se indica la *tensión* que hay en los bornes de la batería y el *estado*. Este parámetro se indica con 5 símbolos. Las dos primeras cifras son parámetros internos de control. La primera letra indica si la desconexión de carga sucede controlado por estado de carga “L” o controlado por tensión “S”. La segunda letra indica que está ajustado a una batería de Plomo-ácido “B”. La última letra indica si el regulador realiza una carga norma “N”, carga cíclica “G” o carga equilibradora “A” en el ciclo siguiente.

UBAT: 12.2V 66LBG



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



- Indicación del estado de carga

Una indicación en barras muestra el estado de carga (SOC= State Of Charge) del acumulador. Cada barra grande indica respectivamente un 10% del estado de carga. La barra pequeña indica un 5% estado de carga adicional.



- Indicación de corriente de carga

La indicación en barras para la corriente de carga muestra (IM) el porcentaje de la corriente modular nominal que circula hacia adentro del acumulador. La evaluación de las barras se realiza al igual que en el caso anterior.



- Indicación de corriente de carga

La indicación en barras para la corriente de de carga (IL) muestra el porcentaje de la corriente modular nominal que circula hacia adentro de los aparatos conectados al regulador.



- Indicación de perturbaciones

En un caso de perturbación la clase de error que la causa, está indicada con texto comprensible. Los siguientes mensajes de errores pueden aparecer en la pantalla:



Load Current	SOBRECORRIENTE EN LA PARTE DE CARGA
MODUL CURRENT	SOBRECORRIENTE EN LA PARTE MODULAR
OVERTEMPERATURE	SOBRETEMPERATURA
OVERVOLTAGE	SOBRETENSIÓN DEL ACUMULADOR
LOW VOLTAGE	TENSIÓN ERDUCIDOA DEL ACUMULADOR



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

3.4. Regulador de carga eólica

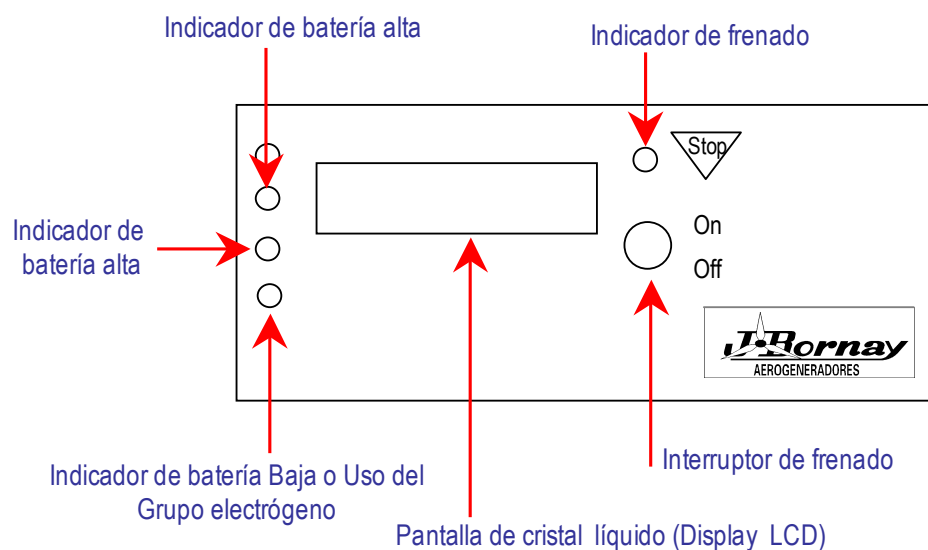
Al igual que los reguladores de carga solar su función consiste en proteger las baterías de sobrecargas excesivas. **(Imagen 7)**

El regulador detecta, en todo momento, el estado de carga de la batería y regula el paso de la energía producida. Únicamente da paso a la electricidad necesaria para la batería, manteniéndola en flotación y disipa la restante en forma de calor a través de una resistencia instalada en su interior.

A pesar de ser digital también está equipado de un testigo luminoso. El piloto se encenderá cuando la batería esté cargada y la electricidad esté siendo desviada a las resistencias. Así mismo, también va provisto de un voltímetro y un amperímetro para la lectura de la electricidad que está siendo regulada.

Desde el regulador, además, se puede dar la orden de inhibir el giro del aerogenerador. De hecho, en la parte frontal lleva instalado un freno que, al ser accionado, provoca un cortocircuito en el alternador. De este modo, se consigue el freno del giro del aerogenerador. **(Imagen 8)**

Imagen 8: Interpretación Visual del Panel Frontal del Regulador Inclín





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Se ha de considerar que, en caso de vientos fuertes, cuando las hélices giran a gran velocidad adquieren una gran inercia y resulta más difícil detenerlas. En estos días ventosos, para frenarlo, accionaremos intermitentemente el freno varias veces. Cada vez que el freno actúe, la velocidad de las hélices disminuirá hasta su parada. Una vez parado ya no volverá a arrancar hasta que no desactivemos el freno.



ATENCIÓN:

Con viento fuerte, frenar el aerogenerador accionando intermitentemente el interruptor del freno

PRECAUCIÓN:

Con viento fuerte, no deje nunca el aerogenerador girando en posición de freno.



3.4.1. Comportamiento del regulador eólico con Baterías de Plomo Ácido:

Al conectar el aparato, al igual que si se resetea por algún motivo, el regulador mostrará una pantalla de dos líneas. En la línea superior se ve la configuración eléctrica del regulador (600 W, 24V, 28A) y en la inferior, la versión del sistema (JB114v2-300904).

Seguido, aparecerá una nueva pantalla. En ésta, en la línea superior aparecen, de izquierda a derecha: la corriente que está suministrando el aerogenerador (en Amperios), el voltaje de la batería (en Voltios) y la temperatura (en grados centígrados). En la línea inferior indica que la configuración está hecha para baterías de Plomo Ácido (Pb) y en el proceso de carga en el que se encuentra. Pudiendo ser dos:

- *Proceso de carga normal:*

Durante el ciclo de carga normal (C_n), si el voltaje supera el umbral de 28.8V a 25°C, se realizará la retención del aerogenerador mediante impulsos de frenado. Aparte de eso, el controlador está actuando de forma de carga normal durante 2016 minutos (14 días) y descontando.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Transcurridos esos minutos de C_n , el controlador pasará a ciclo de carga de gasificación.

- *Proceso de carga de gasificación:*

Durante el ciclo de carga de gasificación (C_g), si el voltaje de baterías supera el umbral de 30V a 25°C se realiza la retención del aerogenerador mediante impulsos de frenado. Y además realiza el proceso de gasificación durante 150 minutos (2.5 horas) y descontando. Pasado este tiempo, el regulador pasará nuevamente a ciclo de carga normal.



Imagen 7: Vista de un regulador INCLIN

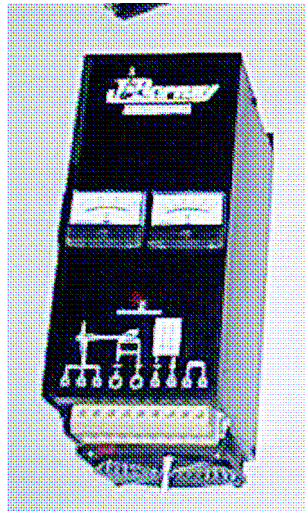


Imagen 9: Vista de un inversor COMBI



3.5. Cargador-Inversor con salida Senoidal pura

Por un lado, este dispositivo electrónico se encarga de convertir el voltaje de corriente continua procedente de las baterías en una corriente alterna de 220 V y 50 Hz apta para el consumo del sistema de riego. A parte, también es capaz de realizar esta conversión a la inversa (en modo cargador). (Imagen 9) Esta función está controlada electrónicamente y consiste en recibir corriente alterna a 220 V y 50 Hz –procedente del grupo electrógeno- y transformarlo a corriente continua de 24 V para cargar las baterías.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

El equipo está protegido y se desconectará ante estados de bajo y alto voltaje de la batería, así como por una sobrecarga. En el caso de funcionamiento de motores eléctricos, el inversor es capaz de suministrar momentáneamente picos de consumo sobre su potencia nominal para el arranque de los mismos. Dispone, además, de un sistema automático que reduce el consumo de energía de las baterías cuando el inversor no tiene demanda de consumo.



En su carcasa posee un panel de control y monitorización basado en la tecnología de leds. También Incluye interruptor de encendido/apagado y señales de diagnóstico de sistemas y alarmas.



3.5.1. Funcionamiento del inversor-cargador







El único control del propio Combi es su interruptor. Este interruptor controla las funciones de Encendido/Apagado y el control remoto. Una vez la unidad está instalada y el interruptor en posición ON, la entrega de energía precisa de 3 segundos para entregar a 220V. El sistema de transferencia automático interno está continuamente funcional aunque el interruptor esté en OFF (apagado). Si la fuente de CA externa –el grupo electrógeno de soporte- se desconecta, la unidad seguirá funcionando como inversor. El sistema realiza automáticamente las funciones de protección contra sobrecarga, modo de ahorro de energía, sistema de transferencia, sistema de regulación de potencia... **(Imagen 10)**



Imagen10: Panel frontal de Combi



BATTERY STATE

-  Float
-  Overload
-  Absorption
-  Low battery
-  Bulk
-  Temperature

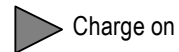


Failure

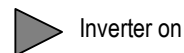


I On
O Off
Remote

SYSTEM STATE



Charge on



Inverter on



AC in



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Control y funciones de LED durante el proceso de carga

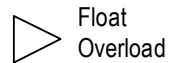
El estado de control y funcionamiento se indica por medio de siete testigos luminosos LED bicolors. Durante el estado de carga, el panel frontal mostrará la vista de la **Imagen 11**: leds encendidos de AC In (Presencia de CA) y Charger On (Cargador Encendido). Dependiendo del estado o etapa de carga, se encenderá uno de los tres LED. En primer lugar, se encenderá el led “BULK” (plena carga); con el paso del tiempo, dependiendo del estado de las baterías, se iluminará a continuación el led “ABSORPTION” (absorción). En este momento, el voltaje de la batería será de aproximadamente 28’5V a 20° C. Tras un período de absorción prefijado por fabricante cargador pasará al modo “FLOAT” (flotación) y se encenderá su led correspondiente. Ésta es la fase final del proceso de carga manteniendo la batería en estado de flotación.



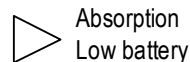
Imagen 11: Vista del control y funcionamiento de los led durante la carga



BATTERY STATE



Float
Overload



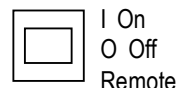
Absorption
Low battery



Bulk
Temperature

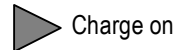


Failure

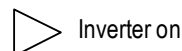


I On
O Off
Remote

SYSTEM STATE



Charge on



Inverter on



AC in

Control y funciones de LED en el modo inversor

Durante el funcionamiento del Combi como inversor el panel frontal aparecerá como se muestra en la **Imagen 12**. En condiciones de funcionamiento normal, ninguno de los tres LEDs rojos de alarma estará encendido. El LED “TEMPERATURE” (temperatura) se encenderá para indicar un aumento anormal de la temperatura en los circuitos del inversor. Esto puede ser consecuencia de una ventilación inadecuada o a que la carga conectada





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

supere la capacidad del inversor. El LED “LOW BATTERY” (batería baja) se encenderá cuando el voltaje de la batería descienda por debajo del valor de corte por batería baja. El LED “OVERCHARGE” (sobrecarga) se encenderá tras un posible cortocircuito o una fuerte sobrecarga. Reparando el cortocircuito o reduciendo la carga conectada, el Combi volverá de nuevo a condiciones normales y se desconectará el Led de sobrecarga.



Imagen 12: Vista del control y función de los LED en el modo inversor

BATTERY STATE

- ▶ Float
- ▶ Overload
- ▶ Absorption
- ▶ Low battery
- ▶ Bulk
- ▶ Temperature

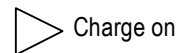


Failure



I On
O Off
Remote

SYSTEM STATE



Charge on



Inverter on



AC in



3.6. Grupo electrógeno con arrancador automático

El grupo electrógeno es un equipo que genera energía eléctrica a 220 V y 50 Hz utilizando gasolina como fuente de energía. En este caso, se ha dotado de un arrancador automático que es capaz de controlar el arranque de las siguientes formas. Entre ellas:

- Arranque y paro manual mediante el pulsador.
- Cuando la tensión de la batería está baja
- Cuando hay un fallo en el convertidor
- Realizar arranques periódicos
- Realizar arranques por intervalos de tiempo





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

3.7. Baterías

Son los dispositivos encargados de almacenar la energía eléctrica producida por el sistema híbrido. En Soria Natural se ha optado por integrar en el sistema baterías de Plomo Ácido Abiertas en las que las placas de plomo están sumergidas en ácido sulfúrico diluido.



Se tiene que recordar 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 los acumuladores. 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. Debe considerarse que, durante el proceso 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*.



Las baterías son uno de los equipos más sensibles del sistema híbrido. Por esta razón y con el fin de alargar su esperanza de vida, deberemos realizar un buen uso y las labores de mantenimiento que se detallan durante los siguientes apartados.

Añadir además que, en la instalación se han integrado los elementos habituales de operación y protección. Por lo tanto, este tipo de instalación no debería suponer ningún riesgo para sus usuarios.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



4. DIMENSIONADO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA

El sistema dimensionado trabaja a una tensión de 24 V. Las características de los diferentes equipos que configuran el sistema (**Imagen 13**) son:



	P _{nominal}	Funcionamiento respecto la velocidad del viento
1 aerogenerador INCLIN	3000 W	V _{arranque} 3.5 m/s V _{potencia nominal} 12 m/s V _{freno automático} 14 m/s



	P _{pico}	Características
8 módulos fotovoltaicos ATERSA	8 * 160 W	I _{sc} =5.0 V _{cc} =43.90 I _{pmp} =4.50 V _{pmp} = 35.70 V _{max sistema} =700 V



	I _{max}	V _{sistema}	
2 reguladores de carga solar STECA	30 A	12/24 V	
1 regulador eólico INCLIN	28 A	24 V	600 W





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



	Capacidad
12 vasos de acumulador	1500 Ah



		Comportamiento	
1 inversor DAKAR SINUS COMBI	Modo de carga	Entrada: 180-250 V, 50 ± 5% Hz	
		Salida: 24 V, 100 A	
	Modo inversor	Entrada: 24 V, 220 A	
		Salida: 230 V ±5%, 50 ± 0.01% Hz	



	Potencia
1 grupo electrógeno de gasolina KAMA con arrancador automático DGC-MASTERVOLT	5.5 KW

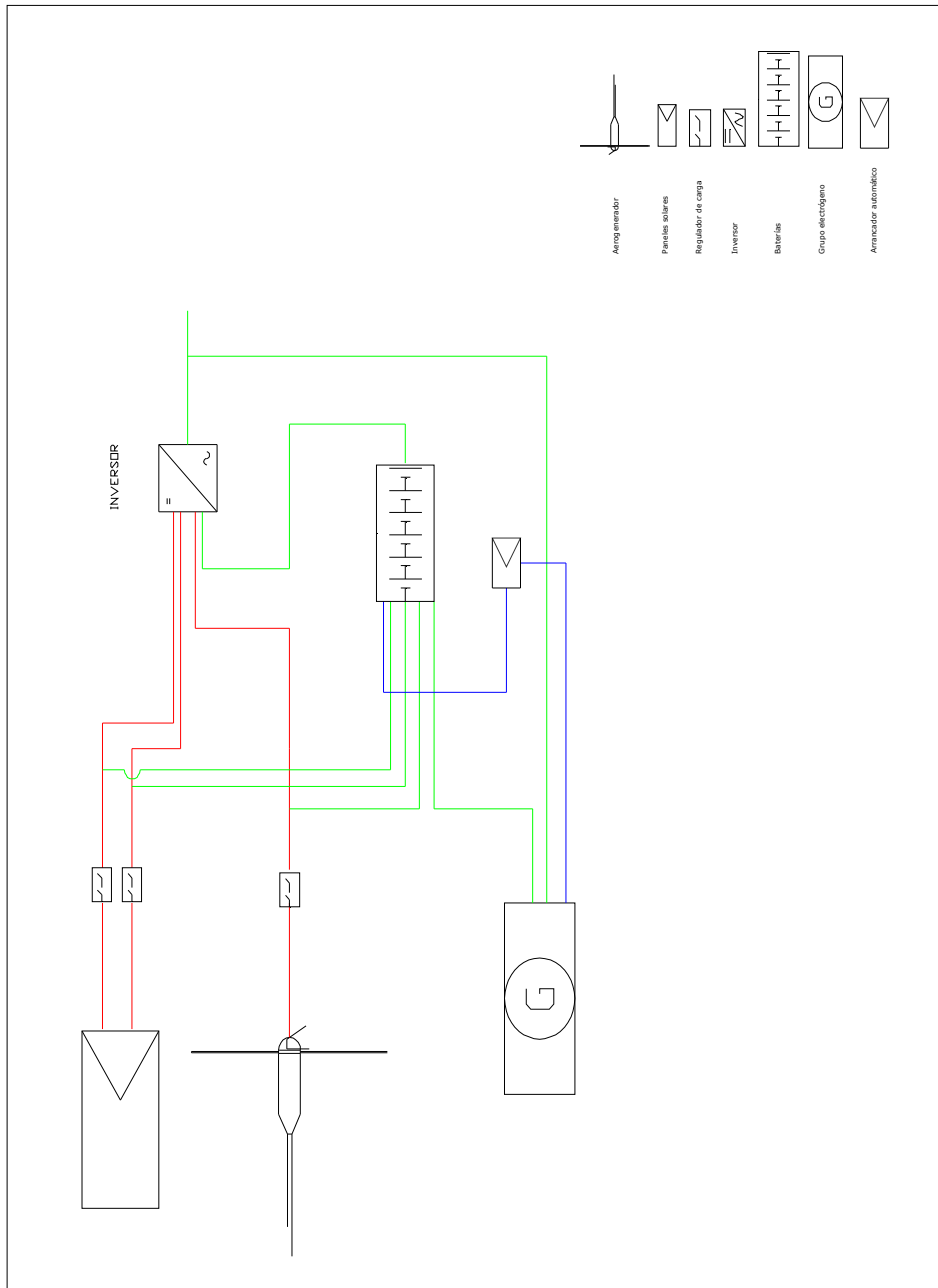




INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Imagen 13: Esquema unifilar de la instalación solar





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

5. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

5.1. MANTENIMIENTO Y PRECAUCIONES DEL AEROGENERADOR

Tal y como se especifica en el *Manual de Instrucciones y Mantenimiento del Inclín 3000*, para asegurar la vida de su aerogenerador se aconseja que lleve a cabo los consejos de mantenimiento que se detallan a continuación.

Cada 6 meses, y a ser posible en los cambios de estación, se recomienda realizar una inspección de mantenimiento en la cual se deben revisar los siguientes puntos:

- Revisar y reapretar todos los tornillos.
- Comprobar el estado de los cables.
- Inspección visual de las hélices.
- Revisión del sistema de frenado automático, accionando este manualmente.

Las partes principales del aerogenerador a la hora de realizar las inspecciones de mantenimiento son:

1. Rodamientos

El aerogenerador está equipado con rodamientos blindados de gran calidad que no necesitan mantenimiento.

2. Tornillería

Toda la tornillería es de acero inoxidable. Ante la falta de cualquier tornillo en una revisión de mantenimiento, reemplazarlo inmediatamente antes de que pueda producir daños mayores.

3. Cableado

Comprobar el estado de las uniones y los empalmes, así como regletas de conexiones que haya, para evitar que pueda desconectarse y dejar el aerogenerador funcionando libremente.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

4. Hélices

Las hélices de fibra de vidrio/carbono, llevan en el borde de ataque una cinta protectora de Poliuretano abrasivo. Esta cinta con el paso del tiempo puede verse afectada por las condiciones climatológicas. En caso de falta total o parcial de la cinta, acuda su instalador y reemplace la cinta. En caso contrario, la erosión y cambios climáticos incidirán directamente sobre la hélice, reduciendo su vida útil.



5. Amortiguador

El aerogenerador lleva instalados 2 amortiguadores hidráulicos que permiten el frenado rápido, y su vuelta a la posición normal lenta, evitando golpes bruscos.

El amortiguador tiene una pequeña holgura al principio de su retroceso que es normal, si su holgura fuera mayor de la mitad del recorrido y se observan pérdidas de aceite, habría que sustituir los amortiguadores por unos nuevos

6. Engrase

El aerogenerador Inclín consta de 3 partes móviles:

El *eje delantero* (hélice-alternador) provisto de rodamientos blindados y recubiertos totalmente con una grasa de por vida. No precisan engrase.

El *eje de orientación* (aerogenerador-torre), provisto de rodamientos blindados. No precisan engrase.

El *eje de inclinación* (alternador-giratoria), es un casquillo de acero inoxidable/bronce engrasado de por vida.

Como *precauciones*:

1. No manipular el aerogenerador ni el cuadro de control en días de viento.
2. No dejar el aerogenerador funcionando libremente (sin conectar a las baterías) puesto que podría dañar el sistema de carga. EN caso de que se a necesario desconectarlo de las baterías, frénelo.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



3. Con el aerogenerador funcionando libremente, el sistema de frenado automático por inclinación no funciona, con lo cual podrían producirse daños irreparables en el aerogenerador.
4. No manipule las resistencias del regulador.
5. No invierta la polaridad.
6. Utilizar el cableado adecuado.



5.2. MANTENIMIENTO DEL INVERSOR DAKAR SINUS COMBI

Tal y como se detalla en el *Manual del Usuario del DAKAR SINUS COMBI*, para su funcionamiento óptimo y eficaz es necesario seguir las siguientes pautas:

- Comprobar como mínimo una vez al año que todos los cables y conexiones están en buen estado. Defectos como la pérdida de conexión en bornes, cables quemados... deben ser corregidos inmediatamente.
- Mantener el Combi seco, limpio y sin polvo, para garantizar una buena disipación del calor.
- Comprobar el funcionamiento del ventilador. Éste tiene una vida mínima de 10 años.



Como principales problemas con los que nos podemos encontrar con el inversor destacar:





**INFORME DE LA ACTUACIÓN
EN SORIA NATURAL**

**OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164**



PROBLEMA	POSIBLE CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN
<p>No hay voltaje de salida en el invasor. El inversor no funciona o lo hace solamente durante unos segundos.</p>	<p>El voltaje de la batería puede ser demasiado bajo. El corte por bajo voltaje se produce a 20V.</p> <p><i>Bornes de batería oxidada.</i></p> <p>Compruebe si el inversor se ha sobrecalentado. En caso de sobrecalentamiento se encenderá el Led Temp + Failure (Fallo).</p> <p><i>Sobrecarga/cortocircuito. Se enciende el LED overload + Failure.</i></p>	<p>Recargar el banco de baterías durante 24 horas.</p> <p><i>Compruebe la corrosión, limpie y repare las secciones dañadas.</i></p> <p>Retire la carga conectada. Mejore la ventilación.</p> <p><i>Anule la carga excesiva. Anule el motivo del cortocircuito</i></p>
<p>El cargador Combi no funciona.</p>	<p>No hay entrada de CA</p> <p><i>Voltaje de entrada demasiado bajo. El Combi no funcionará por debajo de 160/80V.</i></p>	<p>Compruebe la instalación. Si hay suministro, el LED verde "AC in" debe estar encendido. Compruebe el fusible o los magnetotérmicos del sistema.</p> <p><i>Compruebe el voltaje de salida del generador, desconectando las cargas conectadas. El voltaje debería de subir.</i></p>
<p>El cargador de baterías Combi no funciona y mientras existe suministro de CA.</p>	<p>La frecuencia de red puede ser demasiado alta o baja. La frecuencia debe estar entre 36-66 Hz.</p>	<p>Compruebe la frecuencia de salida del generador. Compruebe las r.p.m. del generador.</p>



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

5.3. MANTENIMIENTO DE LAS BATERÍAS

Es necesario realizar un buen uso de las baterías si deseamos asegurarnos su vida útil e incluso alargarla. Por definición, ésta es el punto en el que la capacidad de las baterías se reduce entre 60-80% y depende de la cantidad de ciclos de carga/descarga y de la temperatura (recomendable estar en ambientes de 20-25° C). Depende, por ejemplo, de la temperatura porque condiciona la actividad química del ácido. El ácido de la batería oxida las placas de plomo de la batería, destruyendo gradualmente su estructura interna. La velocidad de este proceso aumenta con una temperatura ambiente superior. Así pues una batería con una duración de vida de 5 años y con una temperatura ambiente de 20° C tendrá una duración de servicio de 2'5 años si la temperatura ambiente es de 30° C.



Por otro lado, se debe 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.



5.4. MANTENIMIENTO GENERAL Y DEL RESTO DE LA INSTALACIÓN

Por lo que respecta a la parte de la instalación fotovoltaica debe mencionarse que, en principio, gozan de larga duración, son silenciosas y se caracterizan por su simplicidad. Las labores de mantenimiento que debemos realizar de los módulos así como del resto de la instalación se detalla en los siguientes apartados:

- 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.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



- 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.

5.5. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y CONTROL

La instalación en cuestión 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.



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



- 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 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





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

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.



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.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

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 lavajos 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 una 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 recordar 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.



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.**



a. Precauciones frente *contactos eléctricos directos*. Aquellos en los que la persona entra en contacto con una parte activa de la instalación que, en



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



b. 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.

c. 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.

Referente a las precauciones a tomar en el **equipo aerogenerador** destacar que, en caso de subir para realizar su mantenimiento, antes tiene que ser frenado. Para acceder al aerogenerador y con el objetivo de evitar posibles riesgos de caídas se requiere de un sistema de sujeción fiable (con ameses...).

Por último mencionar que, el **grupo electrógeno** de soporte utiliza gasolina como fuente energética. Por lo tanto, su llenado o vaciado debe realizarse con extrema precaución. Dirigirse al *Manual de Usuario* del grupo electrógeno para consultar la normativa de seguridad específica.



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN SORIA NATURAL

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

