



Proyecto demostración: ECO-MINING

Modelo innovador de extracción de gravas y áridos basado en tecnologías limpias, generador de escenarios medioambientales positivos.

LIFE04 ENV/ES/000251



Sociedad "Carrascal, Tomillar,
Llanos, Cuesta y Otros"



Proyecto: Eco-Mining
LIFE04 ENV/ES/000251

LIFE04 ENV/ES/000251

Programa: LIFE-Medio ambiente

Proyecto europeo de demostración: **Eco-Mining**
Cofinanciado por la Unión Europea

Entregable – II
Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) y
Elementos fundamentales de acopio exterior (EFAE) del
Prototipo basado en tecnologías limpias combinadas

[www.life-ecomining.org]



Promotor: **Hormisoria, S.L.**

(Soria - España)

Socios:

- **Sociedad "El Carrascal, Tomillar, Llanos, Cuesta y Otros"**
Dombellas y Santervás de la Sierra - Garray (Soria - España)
- **Eco4Ward**
Graz (Austria)

Colaboradores:



Excmo. Ayuntamiento de Garray (Soria)

Zona de actuación: Dombellas y Santervás de la Sierra Término municipal de Garray (Soria)

Fecha de inicio: Segundo semestre de 2004

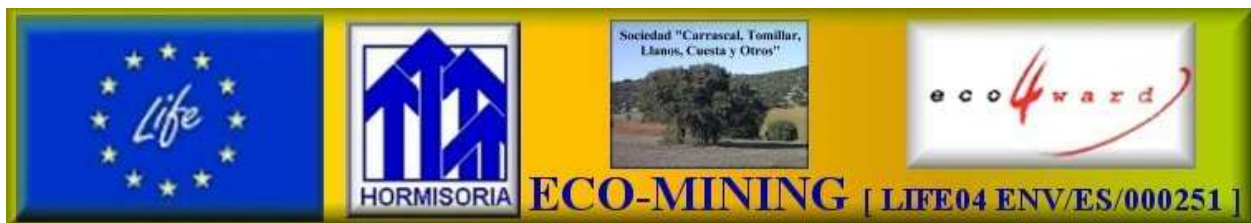
Fecha de finalización: Primer semestre de 2007

[Junio de 2007]



INDICE DE CONTENIDOS

1.	INFORME AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos)	3
1.1.	Objeto y alcance:.....	3
1.2.	Método operativo:	3
1.3.	Método de cálculo:.....	3
1.4.	Determinación de componentes, identificación, efectos, causa y gestión del fallo:.....	3
1.5.	Formulario AMFE:	5
1.6.	Información complementaria del Formulario AMFE.....	7
	En las fases de montaje y puesta en marcha del “prototipo” (separación sólido-sólido):.....	7
	En las fases previas a la implantación del “prototipo” (separación líquido-sólido):.....	8
	En las fases de construcción e integración del “prototipo” (separación líquido-sólido):.....	10
2.	INFORME “EFAE” (Elementos fundamentales de acopio exterior).....	12
2.1.	Objeto y alcance:.....	12
2.2.	Relación de “EFAE,s” por Fase:.....	12



1. INFORME AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos)

1.1. Objeto y alcance:

Tras establecer la metodología seguida para realizar el *Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE)*; el mismo se orienta a la mejora en el diseño del prototipo combinado en sus fases de separación “sólido-sólido” mediante batería de hidrociclones y “líquido-sólido” a través del sistema de “deshidratación natural forzada” con recuperación del agua mediante energías renovables.

Su utilización supone un control de calidad en fase de implantación y ha permitido optimizar el resultado de las labores relacionadas con la integración óptima de tecnologías, calibrado y puesta en marcha del prototipo en su conjunto. Simultáneamente se han abordado aspectos de fiabilidad, mantenimiento, seguridad etc.

1.2. Método operativo:

El *AMFE* es un análisis sistemático del efecto de los potenciales fallos de los distintos componentes (modos de fallo) sobre un subsistema y sobre el sistema global. El estudio se ha realizado con base en la documentación aportada por los suministradores externos, en la propia generada y en las acciones de seguimiento.

1.3. Método de cálculo:

Para la realización del *AMFE* se han seguido los siguientes pasos:

1. Se determinaron los componentes a analizar. Para definir el nivel de detalle con el que realizar el *AMFE* y por tanto la lista de componentes a estudiar, se valoró el grado de complejidad del sistema y su influencia en el prototipo.
2. Se identificaron los modos de fallo correspondientes a los componentes a estudiar.
3. Se definieron los efectos de los modos de fallo a distintos niveles “jerárquicos”; evaluando la severidad de cada modo de fallo, así como la forma de identificación del mismo y las medidas mitigantes adoptadas.

1.4. Determinación de componentes, identificación, efectos, causa y gestión del fallo:

- 4.1 En el transcurso de la experimentación se identificaron cinco tipos de componente, estructuras o sistemas que requieren una especial atención para garantizar su correcto diseño y posterior funcionamiento:
 - Estructura de hormigón y metálica soporte incluido tramex y tubería de interconexión entre plantas.
 - Cuba del escurridor, escurridor, bomba de impulsión y batería de ciclones.
 - Testado en “planta” de tecnologías disponibles que permitan la máxima recuperación de agua.
 - Pendiente necesaria para facilitar el trasvase de lodos entre “depósitos de decantación natural forzada”.
 - Sistema para el trasvase de aguas claras desde los “depósitos de decantación natural forzada” a la escollera de aguas limpias.



- 4.2 Identificación del fallo:
 - **Ref.:** Código único de referencia de modo de fallo
 - **Componente:** Nombre del componente.
 - **Modo de fallo:** Definición del modo de fallo
 - **Causa:** Causa del modo de fallo
- 4.3 Efectos del fallo:
 - **A nivel de componente.**
 - **Sobre el sistema (prototipo).**
- 4.4 Clasificación:
 - **Leve (A):** No afectaría al funcionamiento óptimo del prototipo.
 - **Moderado (B) :** Imposibilitaría el funcionamiento optimo del prototipo.
 - **Grave (C) :** Repercutiría sobre la seguridad.
- 4.5 Gestión de fallo:
 - **Diagnóstico:** Indica cómo se puede detectar el fallo
 - **Mitigación:** Justifica el fallo e identifica las medidas mitigantes adoptadas (por ejemplo: introducción de elementos de protección)
 - **Comentarios:** Comentarios y recomendaciones.



1.5. Formulario AMFE:

Refleja los controles y ensayos realizados en las fases de selección, implantación, experimentación y control de calidad.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS									
IDENTIFICACIÓN FALLO				EFECTOS DEL FALLO		CLASIFICACIÓN	GESTIÓN DE FALLO		
Referencia	Componente	Modo de fallo	Causa	Componente	Prototipo	(A) (B) (C)	Diagnóstico	Mitigación	Comentarios
BATERÍA DE HIDROCICLONADO (Separación sólido – sólido)									
1	Estructura hormigón	Mal diseño entre compacta y celda	Diseño		X	B	Visual	Nuevo diseño posición planta	Solucionado
2	Montaje compacta	Estructura metálica sin tramex	Diseño	X		C	Visual	Tablones de madera entre vigas	Solucionado
3	Montaje trames	Mal diseño de placas de tramex con estructura compacta	Diseño	X		B	Visual	Corte a medida de placas de trames	Solucionado
4	Puesta en marcha	Ajuste funcionamiento de planta	Necesidad de adaptar el equipo a las características de los lodos	X		B	Ensayos	Repetición de ensayos y ajustes	Ajustado
DEPÓSITOS PARA DESECACIÓN DE LODOS POR “DECANTACIÓN NATURAL FORZADA” (Separación líquido – sólido)									
5	Ensayo tecnología Centrifugadora	Separación líquido-sólido inviable, Analizados los ratios y rendimientos, éstos no resultan ser óptimos	Especiales características de los lodos de la explotación		X	B	Ensayos en planta a escala real	Descarte del sistema y pruebas con otra tecnología	Tras los ensayos en laboratorio, el testado debe realizarse a escala real.
6	Ensayo tecnología Filtro-Prensa	Separación líquido-sólido inviable, Analizados los ratios y rendimientos, éstos no resultan ser óptimos	Especiales características de los lodos de la explotación		X	B	Ensayos en planta a escala real	Descarte del sistema y pruebas con otra tecnología	Tras los ensayos en laboratorio, el testado debe realizarse a escala real.



ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

IDENTIFICACIÓN FALLO				EFECTOS DEL FALLO		CLASIFICACIÓN	GESTIÓN DE FALLO		
Referencia	Componente	Modo de fallo	Causa	Componente	Prototipo	(A) (B) (C)	Diagnóstico	Mitigación	Comentarios
7	Ensayo tecnología Tube-Press	Separación líquido-sólido inviable. Analizados los ratios y rendimientos, éstos no resultan ser óptimos	Especiales características de los lodos de la explotación		X	B	Ensayos en planta a escala real	Descarte del sistema y pruebas con otra técnica	Tras los ensayos en laboratorio, el testado debe realizarse a escala real.
8	Depósitos de decantación natural forzada	Los lodos vertidos no circulan entre depósitos, por sedimentación en las bocas que los comunican	Diseño de las aberturas entre depósitos y cotas.	X		B	Limpiar bocas de comunicación y redefinir las cotas	Actuar con maquinaria pesada para ajustar las cotas y el desnivel	Solucionado
9	Depósitos de decantación natural forzada	El agua recuperada no puede ser trasvasada sólo por gravedad desde la más baja cota de los depósitos a la escollera de aguas limpias	Diferencial de cotas insuficiente	X		B	Buscar otras alternativas co una ratio coste/beneficio ambiental aceptable	Se implanta un sistema basado en energías renovables para el bombeo (eólico)	Solucionado



1.6. Información complementaria del Formulario AMFE

En las fases de montaje y puesta en marcha del “prototipo” (separación sólido-sólido):

Se procedió a afinar in-situ la trayectoria de las tuberías entre equipos y enclavamientos eléctricos; se comprobaron los sentidos de giro, consumos eléctricos de los equipos en vacío; estabilizando el circuito sólo con agua.

Finalmente se procedió a la puesta en marcha y últimos ajustes para su trabajo en carga.

Incidencias:

Durante el montaje de la MRE 5x25-150,55-34 se encontraron dos dificultades relativas a la seguridad, que fueron inmediatamente subsanadas:

- No existía un acceso adecuado a la estructura (muretes de hormigón y parrilla de perfiles metálicos) sobre la que había que instalar nuestro equipo
- No existían ni tramex ni barandillas en dicha parrilla metálica para garantizar la seguridad durante el montaje.



Durante la puesta en marcha se realizaron entre otros los siguientes ajustes, para que los equipos trabajaran según las condiciones de diseño:

- Se sustituyó en la planta compacta existente la tobera de rebose.
- En la nueva planta se sustituyó la polea motor existente para alcanzar la presión requerida; finalmente resultó ser un problema de los instrumentos de medida de presión, que fue subsanado. Se comprobó que con la polea original se alcanzaba igualmente dicha presión.
- La alimentación a la cuba de la planta compacta se realiza desde “over” a través de una de las ramificaciones, con válvulas de compuerta y tubería de 10”; durante la puesta en marcha hubo problemas de ajustes entre las bridas de conexión, con las correspondientes pérdidas de pulpa. Se procedió al correcto ajuste y el problema quedó solucionado.
- También hubo problemas eléctricos en el arranque de un motor de 55 kW, porque no entraba la estrella del arranque; cuestión esta que fue igualmente resuelta.

En las fases previas a la implantación del “prototipo” (separación líquido-sólido):

Se testaron diversas tecnologías para determinar cual de ellas podía resultar la más adecuada a la finalidad pretendida (máxima recuperación de agua y supresión de las balsas de decantación).

Incidencias:

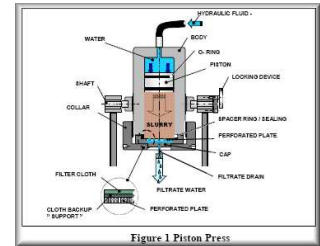
Los ensayos realizados “en planta” con “centrifugadora – decanter”, desaconsejaron su implantación atendida la caracterización específica de las arcillas tratadas, el coste de los equipos y su rendimiento en este caso concreto.

Pese a que inicialmente había sido ya descartada, se volvieron a realizar ensayos a escala real con un sistema de deshidratación por presión; los resultados hicieron de nuevo desaconsejable su implantación.





Con el fin de contrastar otras tecnologías posibles, se realizaron ensayos con la tecnología denominada “Tube Press”; que igualmente y por las mismas razones (caracterización específica de los lodos) llevaron al descarte de la misma.



Si bien para este caso concreto las tecnologías testadas no han resultado idóneas debido a las características específicas del lodo obtenido en esta cantera. Dichas tecnologías seguro pueden resultar aplicables en muchas otras explotaciones y servir a la finalidad de ahorros de agua y reducción de inertes que el proyecto plantea.

Los lodos tratados en esta explotación son eminentemente plásticos y el agua forma una envoltura sobre las partículas laminares, produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras al existir un esfuerzo; debido a los tamaños de partícula extremadamente pequeños, elevada área superficial y capacidad de hinchamiento.

Además, en los mismos existe un agua molecular imposible de eliminar por procesos mecánicos (montmorillonita).

Soluciones:

Se ideó un nuevo sistema de tratamiento de lodos que funciona del siguiente modo:

Mediante un sistema de tuberías procedentes de la planta de lavado el lodo llega a los depósitos de decantación, los cuales son grandes huecos de explotación realizados previamente, de pequeña extensión y gran profundidad, compactados en su fondo, interconectados entre sí y con pendiente adecuada para que los lodos decanten de manera natural.

Los lodos van sedimentando y formando un delta, de modo que al frente del mismo siempre queda una zona con nivel de agua limpia suficiente para instalar una bomba de evacuación de aguas.

El agua es evacuada en su practica totalidad, desde el frente del depósito, donde el agua es clara y limpia, hasta una segunda balsa, donde se distribuye bien como agua para lavado en planta o para su empleo en el riego de las áreas restauradas.

Una vez colmatados los depósitos se encuentran rellenos con lodos. Sobre ellos se inician las labores de restauración, no siendo necesario su acarreo por medios mecánicos a otros puntos de la explotación.

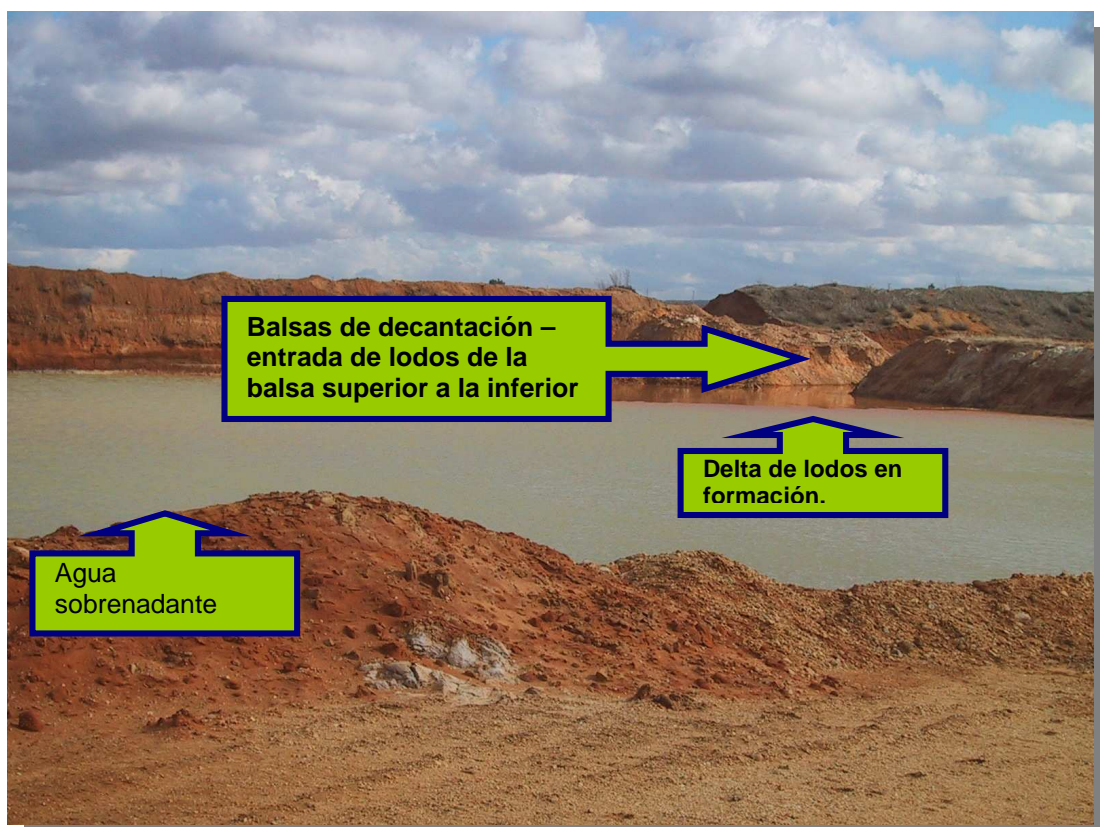


En las fases de construcción e integración del “prototipo” (separación líquido-sólido):

Se procedió a la excavación de los “depósitos de decantación natural forzada”, dotando de pendiente adecuada a los mismos; al compactado del fondo, a la apertura de las bocas de interconexión entre depósitos e implantación del sistema para trasvase del agua a la escollera de aguas limpias.

Incidencias:

La relación entre la diferencia de cotas y longitud de las balsas resultó inicialmente insuficiente para asegurar una fluida circulación de los lodos, de modo que tendían a acumularse en la parte superior de la balsa, dificultando la llegada del lodo a las siguientes balsas.



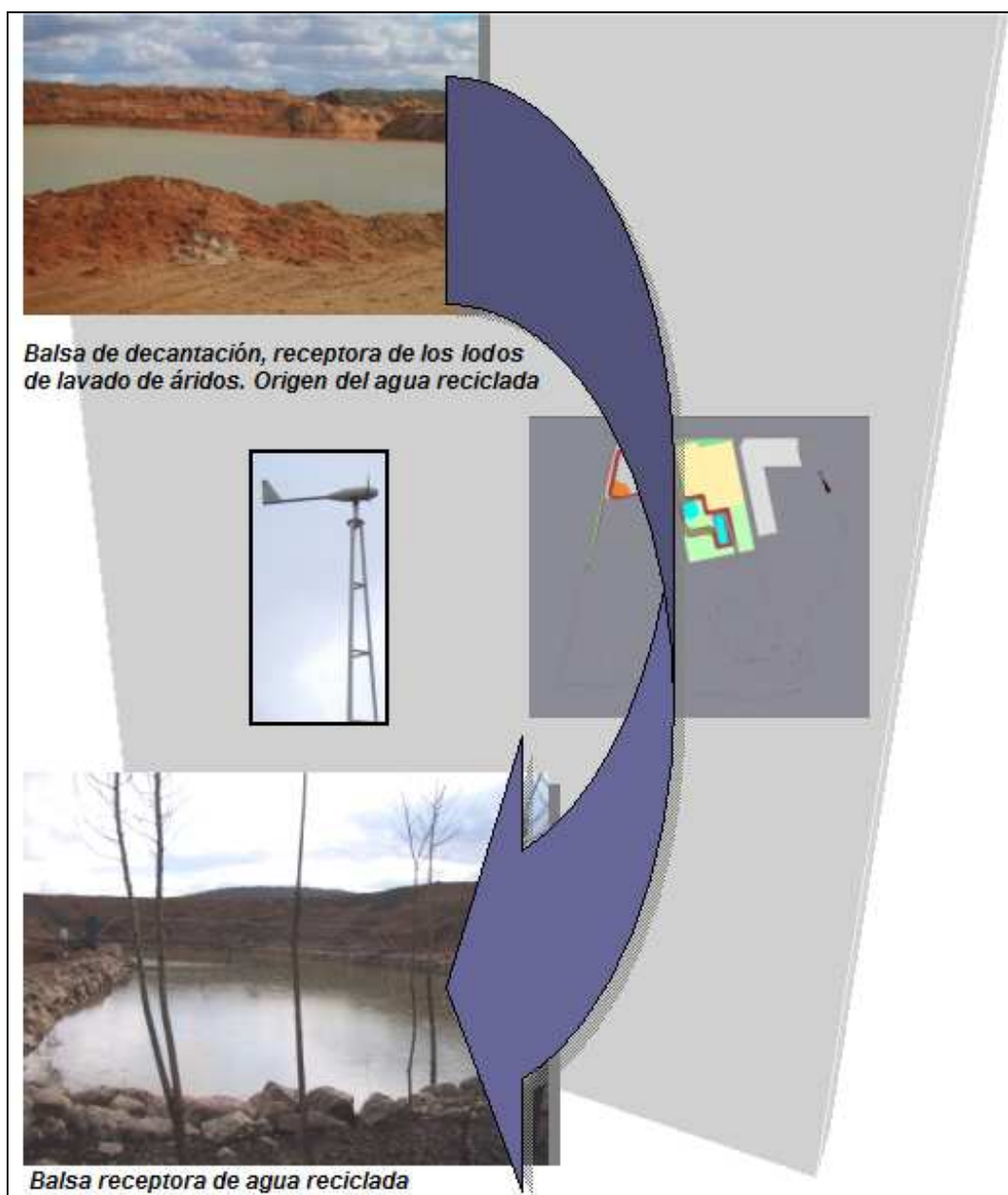
Por otro lado, la escasa diferencia de cotas de las láminas de agua entre los “depósitos de decantación natural forzada” y la balsa receptora de aguas limpias, unido a la distancia existente entre las mismas impidió el correcto funcionamiento del primer sistema de trasvase planteado mediante acción de la gravedad “sifón”.

Soluciones:

Para el caso del “atasco de lodos”, con ayuda de una retroexcavadora se agrandó el punto de salida de los mismos (mayor apertura del dique) y se paleó el material hasta lograr que el lodo fluyera correctamente). Se alcanzó una solución satisfactoria y el coste del uso de maquinaria

auxiliar comparado con el anterior uso de maquinaria para el caso de las antiguas balsas de decantación resulta favorable.

Para el trasvase de agua entre los depósitos y la escollera de aguas limpias mediante técnica de “sifón”, se optó por implantar un sistema de bombeo basado en energías renovables (aerogenerador), que posibilita el trasvase de aguas. Sin duda alguna para otras explotaciones en las que su orografía lo permita, el empleo de un sistema de trasvase por sifón resultará plenamente satisfactorio.





2. INFORME “EFAE” (Elementos fundamentales de acopio exterior)

2.1. Objeto y alcance:

Dado el carácter transnacional del Proyecto y como complemento al informe AMFE, resulta conveniente documentar de forma específica los aspectos relevantes que deban ser tenidos en cuenta en el diseño e implantación de prototipos similares, cuando los componentes del prototipo procedan del exterior. Este documento, adicionalmente, proporciona información complementaria de interés para las labores de adaptación de tecnologías limpias al prototipo.

2.2. Relación de “EFAE,s” por Fase:

La siguiente tabla lista los EFAE del prototipo, así como información complementaria de interés.

EFAE	Información complementaria	Suministrador
Batería de hidrociclonado	<p>Se fabrican hidrociclones, de dos tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integral en Poliuretano o Polímeros, y Acero-Elastómero, con carcasa metálica y revestimiento interior de elastómeros. <p>También, hidrociclones especiales para aplicaciones específicas.</p> <p>En sistema de construcción modular, se posibilita el intercambio de piezas entre ciclones de diferentes tamaños y materiales constructivos.</p> <p>El mantenimiento es simple gracias a los elementos especiales de conexión entre las diferentes partes del hidrociclón.</p>	<p>ERAL Equipos y Procesos</p> <p>Empresa española fundada en el año 1979.</p> <p>Tiene empresas filiales y asociadas y oficinas de representación en diversos países de Europa, América y Asia.</p> <p>Tiene Servicio Postventa tras la ejecución del proyecto.</p> <p>Asegura el cumplimiento de las normas internacionales y especificaciones técnicas.</p> <p>Aportan soluciones razonadas orientadas a la no degradación ambiental..</p>
Sistemas de riego y deshidratación	<p>En materia de energías renovables existen diversas soluciones.</p> <p>Por ser las más extendidas, lo que abarata el coste garantizando la reposición y mantenimiento, se ha analizado en este caso la viabilidad de los sistemas eólico y solar fotovoltaico.</p> <p>Dado que la zona es receptora de una fuerte irradiación solar media a lo largo del año y además está expuesta a vientos fuertes dominantes de componente NW; se optó por implantar para el sistema de riego, un sistema “híbrido” que combina ambas fuentes de generación, compensando así la carencia de una de ellas (poco viento o ausencia de luz solar) y almacenando los excedentes en baterías.</p> <p>Para el trasvase de agua entre balsas, se optó por un aerogenerador eólico que favorece el bombeo.</p>	<p>GRUPO ESOLTEF:</p> <p>Empresa española dedicada al asesoramiento en materia de utilización de energía solar térmica, fotovoltaica y eólica; y gestión eficiente del agua.</p> <p>Diseña y dimensiona los proyectos, lleva a cabo su ejecución y ofrece servicios de mantenimiento de instalaciones.</p> <p>Basan su oferta especializada en la instalación de este tipo de equipos, la gestión eficiente del agua y en la mejora de aspectos medioambientales en general.</p>