

EL POTENCIAL MINIHIDRÁULICO DE SIERRA MÁGINA

*Andrés López Valdivia, Blas Ogayar Fernández,
Pedro Gómez Vidal, María de los Ángeles Medina Quesada,
José Antonio La Cal Herrera*

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados globales obtenidos del trabajo realizado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Jaén en colaboración con AGENER, sobre el potencial de energía minihidráulica de la provincia de Jaén. Seguidamente, se particularizan los resultados para la comarca de Sierra Mágina. Las plantas de energía minihidráulica son ordenadas según ratios de rentabilidad.

El estudio concluye que la mayoría de las minicentrales analizadas en Sierra Mágina poseen un bajo índice de impacto medioambiental, aunque el pequeño tamaño de las mismas unido a la elevada dependencia pluviométrica, condiciona muy seriamente la viabilidad de este tipo de proyectos.

Palabras clave: minicentrales hidroeléctricas; análisis de costes; rentabilidad financiera; evaluación técnico-económica

SUMMARY

This article reports the obtained global results by the research project realized by the Department of Electrical Engineering of the University of Jaén in collaboration with AGENER, about the potential of minihydraulic energy of Jaén's province. Next, the results for the region of Sierra Mágina are distinguished. The small hydro power plants are ordered according to ratios of financial yield.

The study concludes that most of the small hydro power plants evaluated in Sierra Mágina have a low index of environmental impact, although the small size of the same ones together with the high pluviometric dependency, it very seriously conditions the viability of this type of projects.

Keywords: small hydropower plants; costs analysis; financial yield; Techno-economic evaluation

1. INTRODUCCIÓN.

El objetivo de este artículo es dar a conocer el potencial y posibilidades de recuperación de las centrales minihidráulicas pertenecientes a la comarca de Sierra Mágina. Para ello, nos apoyaremos en los resultados del trabajo realizado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Jaén, en colabora-

ción con AGENER, según convenio suscrito entre la Universidad de Jaén y la Diputación de Jaén, y que se llevó a cabo para toda la provincia de Jaén.

El documento se estructura como sigue: empezaremos por describir la metodología desarrollada para el estudio a nivel provincial; más adelante, analizaremos los resultados obtenidos de manera particularizada para la comarca de Sierra Mágina y, finalmente, expondremos las conclusiones del estudio. Al final del documento, en los anexos, daremos una breve pincelada gráfica de todas las centrales visitadas pertenecientes a Sierra Mágina.

2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.

De manera esquemática, la metodología empleada, puede resumirse a través de las dos fases de actuación que marcaron el desarrollo del estudio.

Fase 1ª: Determinación de la situación de las diversas centrales minihidráulicas en la provincia de Jaén.

En esta fase se ha seguido el siguiente proceso:

- a) Búsqueda de centrales existentes o que han existido.
- b) Localización de nuevos emplazamientos
- c) Situación real de las diversas instalaciones.
- d) Análisis de la situación administrativa de la concesión para los aprovechamientos hidroeléctricos.

Fase 2ª: Determinar la viabilidad técnico-económica-financiera para su puesta en servicio.

En base a los resultados preliminares de la fase 1ª, el grupo de trabajo integrado por los profesores del departamento de ingeniería eléctrica de la Universidad de Jaén, en colaboración con Agener, realizó una selección previa de aquellas centrales con mayor interés de cara a una futura recuperación, para elaborar, seguidamente, detallados informes conteniendo la siguiente información:

- Antecedentes.
- Estudio hidrológico. Determinación del caudal de Equipamiento.
- Análisis de potencia asignada y energía generada.
- Estudio de ratios.
- Descripción del estado actual de las instalaciones.
- Actuaciones a realizar.
- Estudio de costes.
- Análisis de rentabilidad.
- Análisis de sensibilidad.
- Conclusiones.

3. RESULTADOS PRELIMINARES (FASE 1):

Las centrales susceptibles de estudio al comienzo del trabajo de campo, eran las que se reflejan en la tabla 1.

TABLA 1

	Número	Observaciones
Minicentrales de la provincia de Jaén en diversos censos (fuera de servicio actualmente)	60	
Minicentrales que han funcionado en diversas épocas y no están incluidas en censos. (fuera de servicio actualmente)	3	Matabegid Cerrada del Utrero Junta de los ríos
Nueva instalación	2	La Toba Trujala
Centrales funcionando actualmente	14	
TOTAL	79	

TABLA 2

	Número de centrales	Observaciones
Centrales totalmente desaparecidas.	25	
Centrales visitadas y estudiadas.	40	Sin posibilidad de recuperación (21). Se plantea realizar un informe de campo y un informe de final abreviado, explicando los motivos. Con posibilidad de recuperación (19). Se plantea emitir un informe de campo y informe final (técnico-financiero).
TOTAL	65	

Como se puede observar en la tabla 2 es amplio el número de centrales que se encuentran totalmente desaparecidas. La razones son varias, sin embargo, podríamos enumerar algunos motivos tales como: desvíos de cauces, disminución hidrológica, construcción de carreteras y autovías, inundación por embalses, etc.

4. RESULTADOS FINALES.

De las centrales consideradas, a priori, como más rentables, se elaboraron 19 informes completos conteniendo los puntos enumerados en la fase 2 de la metodología. Los resultados para toda la provincia de Jaén se resumen en la tabla 3. En las celdas sombreadas se destacan las centrales pertenecientes a Sierra Mágina (8) y que han sido objeto de un estudio en profundidad. Asimismo, en la ilustración 1 se puede apreciar la situación de los distintos aprovechamientos.

TABLA 3

NOMBRE CENTRAL	POBLACIÓN	Potencia (kW)	Energía Generada (kWh)	Inversión (€)	TIR %	Periodo Retorno (años)	VAN (€)	Costo/Beneficio	Ratio Potencia (€/kW)	Ratio Energía (€/kWh)
Mata Begid	Cambil	200	691.200	78.000	390,91	0,85	298.261	15,11	390	0,11
Casas Nuevas	Marmolejo	2200	16.810.738	2.978.000	141,61	2,17	3.901.485	5,42	1.353	0,177
Cerrada de Utrero	Cazorla	380	2.434.000	490.000	119,63	2,52	532.629	4,57	1.128	0,174
La Toba	La Toba	80	691.200	169.400	90,80	3,2	134.544	3,44	2.117	0,24
Valdepeñas	Valdepeñas de Jaén	1000	4.417.189	1.229.000	75,02	3,75	778.528	2,82	1.229	0,278
Sacromonte Alto	Cambil	30	205.770	59.500	70,60	3,93	34.810	2,64	1.983	0,28
Río Frio	Los Villares	85	535.500	164.000	64,26	4,24	82.382	2,32	1.929	0,30
Purísima Concepción	Mengibar	150	894.700	295.600	56,61	4,48	131.028	2,09	1.970	0,33
Las Chozuelas	Villanueva del Arzobispo	450	1.829.000	721.907	40,67	5,98	201.329	1,46	1.583	0,39
Puente del Obispo	Begijar	100	833.000	364.529	32,82	6,96	72.359	1,15	3.610	0,44
Electra San Juan	Puente de Génave	135	666.230	300.000	30,72	7,27	52.572	1,06	2.222	0,45
Piedra Romera	Cambil	70	350.000	147.569	24,09	8,52	18.224	0,79	2.494	0,50
Santa Isabel	Torres	35	183.481	93.700	22,48	8,86	8.042	0,72	2677	0,51
Trujala	Trujala	12	82.000	60.926	13,41	11,34	-1.201	0,37	5.077	0,74
Electra Guzmán	Cambil	10	47.860	46.000	8,33	16,04	-4.381	0,01	4.600	0,961
San Manuel	Arbuniel de Cambil	30	187.540	123.000	8,31	13,87	-11.242	0,16	4.100	0,656
Ntra. Sra. de Tíscar	Quesada	60	310.440	247.100	1,45	21,35	-51.880	-0,15	4118	0,79
Ntra. Sra. de las Angeles	Campillo de Arenas	30	157.180	172.600	-	24,51	-42.003	-0,24	5753	1,09
Junta de los Ríos	Cambil	65	290.640	280.000	-	38,03	-95.498	-0,49	5.091	0,963

De acuerdo con las recomendaciones del IDAE y ESHA¹, y a partir de los resultados obtenidos anteriormente se realizaron tres clasificaciones:

A) Centrales con una TIR superior a la tasa de descuento elegida (15%) y el periodo de retorno inferior a 6 años. En este grupo se encuentran:

TABLA 4

NOMBRE CENTRAL	Potencia (kW)	Inversión (€)	TIR %	Periodo Retorno (años)	VAN (€)
Mata Begid	200	78.000	390,91	0,85	298.261
Casas Nuevas	2200	2.978.000	141,61	2,17	3.901.485
Cerrada de Utrero	380	490.000	119,63	2,52	532.629
La Toba	80	169.400	90,80	3,2	134.544
Valdepeñas	1000	1.229.000	75,02	3,75	778.528
Sacromonte Alto	30	59.500	70,60	3,93	34.810
Río Frío	85	164.000	64,26	4,24	82.382
Purísima Concepción	150	295.600	56,61	4,48	131.028
Las Chozuelas	450	721.907	40,67	5,98	201.329

Como se puede observar en la tabla 4, dentro de este grupo se encuentran 2 centrales de Sierra Mágina, la de Mata Regid en Cambil y la de Sacromonte Alto en Arbuniel. Encabeza el grupo de centrales más rentables la central de Mata Begid en Cambil. La explicación a esto se debe a que las actuaciones en materia de obra civil y equipamiento electromecánico son mínimas². No obstante y dadas a las particularidades de la propiedad es muy difícil que esta instalación se recupere. Esta minicentral pertenece a los diversos propietarios que adquirieron la finca una vez privatizada y no parece posible que exista una acción conjunta para

¹ European Small Hydropower Association.

² Es la única central estudiada que mantiene el equipamiento original (Instalado en 1930.)

reparar la turbina³ ya que existen bastantes discrepancias entre ellos. Actualmente la central funciona de una forma deficiente ya que, al tener estropeado el regulador de carga, no se aprovecha el agua de forma correcta y no se adapta a las necesidades reales de consumo. Toda la energía se utiliza para alimentar las viviendas de los propietarios, todo ello sin posibilidad de inyectar la energía excedente a la red.

La central de Sacromonte Alto en Arbuniel, es otra central destacada en cuanto a los criterios de rentabilidad fijados. La razón se encuentra en que está prácticamente rehabilitada y tan sólo necesita la instalación del alternador y la consiguiente conexión a la red. Esta, es la única central estudiada en la que la propiedad está actualmente trabajando en su recuperación.

B) Centrales con una TIR superior a la tasa de descuento elegida (15%) y periodo de retorno superior a 6 años.

Aunque puede ser interesante recuperar estas centrales desde el punto de vista energético, analizando la rentabilidad financiera no es tan aconsejable dicha recuperación, sobre todo por el alto tiempo de retorno. Estas centrales son:

TABLA 5

NOMBRE CENTRAL	Potencia (kW)	Inversión (€)	TIR %	Periodo Retorno (años)	VAN (€)
Puente del Obispo	100	364.529	32,82	6,96	72.359
Electra San Juan	135	300.000	30,72	7,27	52.572
Piedra Romera	70	147.569	24,09	8,52	18.224
Santa Isabel	35	93.700	22,48	8,86	8.042

Las centrales de Piedra Romera en Cambil y de Santa Isabel en Torres, tienen en común varias características:

- Los dueños están interesados en recuperarlas.
- El caudal de diseño ha disminuido bruscamente.
- La rentabilidad financiera es baja.
- Los costes para la recuperación no son demasiados elevados.

³ Incluso no ha sido posible ponerse de acuerdo para instalar una línea de media tensión y suministrar energía a todas las viviendas.

C) Centrales con una TIR inferior a la tasa de descuento elegida (15%)

TABLA 6

NOMBRE CENTRAL	Potencia (kW)	Inversión (€)	TIR %	Periodo Retorno (años)	VAN (€)
Trujala	12	60.926	13,41	11,34	-1.201
Electra Guzmán	10	46.000	8,33	16,04	-4.381
San Manuel	30	123.000	8,31	13,87	-11.242
Ntra. Sra. de Tiscar	60	247.100	1,45	21,35	-51.880
Ntra. Sra. de las Angeles	30	172.600	-	24,51	-42.003
Junta de los Ríos	65	280.000	-	38,03	-95.498

En ningún caso la rentabilidad del proyecto está garantizada, ya que todos los parámetros son totalmente adversos.

Este grupo de centrales está caracterizado por la baja producción energética y en algunos casos el alto coste de recuperación. Esto lleva implícito los resultados negativos mostrados.

La central de Electra Guzmán, en Cambil, se destina a autoconsumo, pero debido a las inversiones a realizar junto con la baja producción energética hacen que el VAN sea negativo y no sea aconsejable su recuperación.

Con las centrales de San Manuel en Arbuniel, Ntra Señora de los Ángeles en Campillo de Arenas y Junta de los Ríos en Cambil, se han obtenido un VAN negativo. Ello implica que los proyectos no son rentables en ningún caso.

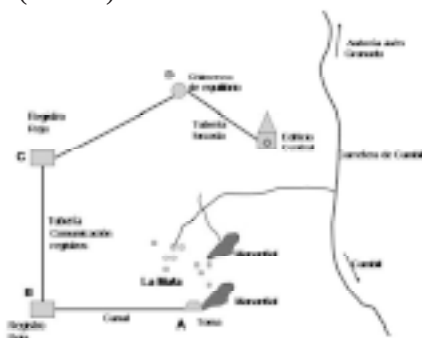
5. CONCLUSIONES.

1. Las minihidráulicas estudiadas en Sierra Mágina, en su mayoría de agua fluyente, poseen un bajo índice de impacto medioambiental, aspecto muy a tener en cuenta, dado que se ubican en un parque natural.
2. Las ayudas públicas, cuanto más pequeño es el aprovechamiento, se hacen más imprescindibles. Esto ocurre en Sierra Mágina, con potencias medias instaladas en torno a los 60 KVA, con saltos medios pequeños (33 metros), o con caudales de diseño medios igualmente reducidos (375 litros/segundo)

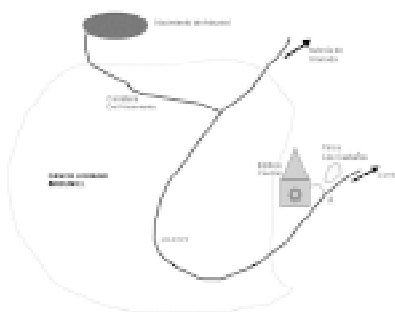
3. El pequeño tamaño de las centrales, unido a la elevada dependencia pluviométrica que poseen, condiciona muy seriamente la viabilidad de este tipo de aprovechamientos.
4. Aún hoy, la puesta en marcha de estas centrales se ve muy perjudicada por las fuertes inversiones que hay que realizar al inicio, a pesar de que los costes de mantenimiento sean pequeños.
5. La recuperación parece ser la solución al día de hoy, pero sólo es factible en aquellas centrales que conserven mejor su obra civil o su equipamiento electromecánico.
6. En cualquier caso, el verdadero problema detectado en muchas ubicaciones, es la escasez de agua.
7. La ubicación de las minicentrales en un parque natural, sugiere que su posible puesta en marcha puede tener más alicientes que los propios que se derivan de un frío análisis de viabilidad técnico-financiero.

6. AGRADECIMIENTOS.

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a la Excma. Diputación Provincial de Jaén, a través de AGENER (Agencia de gestión energética de la provincia de Jaén) por la financiación del proyecto “Estudio del potencial y viabilidad para la recuperación de centrales hidroeléctricas en la provincia de Jaén”.



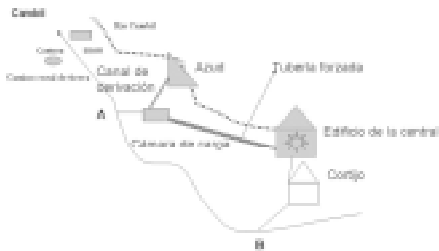
Salto neto (m)	Caudal diseño (litros /seg)	Potencia (KW)	Energía generada (KWh/ año)
80	120	200	691.200
Inversión	TIR	VAN	Periodo Retorno
78.000	390,91	298.261	0,85



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/ seg)	Potencia (KW)	Energía generada (KWh/ año)
8	726	30	205.770
Inversión	TIR	VAN	Periodo Retorno
59.500	70,6	34.810	3,93



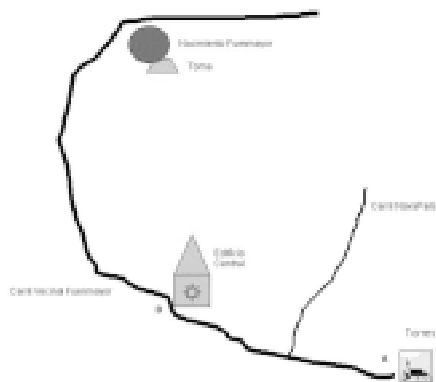
Piedra Romera (Cambil)



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/ seg)	Potencia (KW)	Energía generada (KWh/ año)
33	300	70	350.000
Inversión	TIR	VAN	Periodo Retorno
147.569	24,09	18.224	8,52



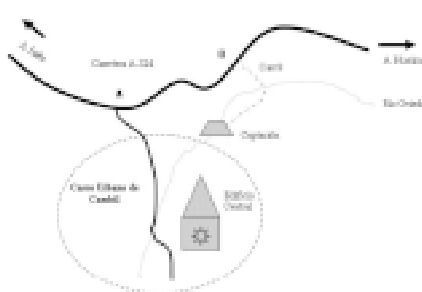
Santa Isabel (Torres)



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/ seg)	Potencia (KW)	Energía generada (KWh/ año)
33	300	70	350.000
Inversión	TIR	VAN	Período Retorno
147.569	24,09	18.224	8,52



Electra Guzmán (Cambil)



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/ seg)	Potencia (KW)	Energía generada (KWh/ año)
9,5	150	10	47.860
Inversión	TIR	VAN	Periodo Retorno
46.000	8,33	-4.381	16,04



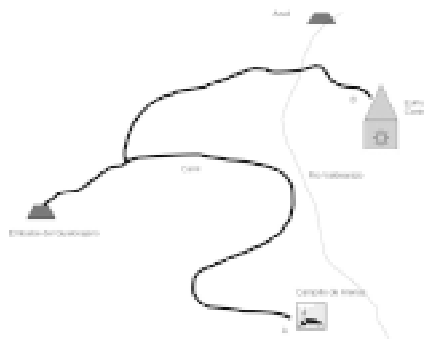
San Manuel (Arbuniel)



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/ seg)	Potencia (KW)	Energía generada (KWh/ año)
8	500	30	187.540
Inversión	TIR	VAN	Periodo Retorno
123.000	8,31	-11.242	13,87



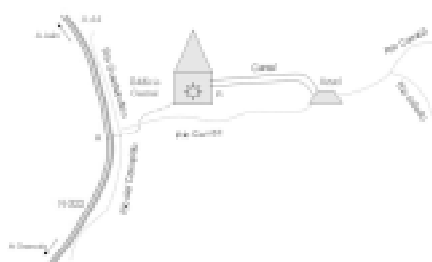
Ntra. Sra. de los Ángeles (Campillo de Arenas)



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/seg)	Potencia (KW)	Energía generada (KWh/año)
30	150	30	157.180
Inversión	TIR	VAN	Periodo Retorno
172.600	-	-42.003	24,51



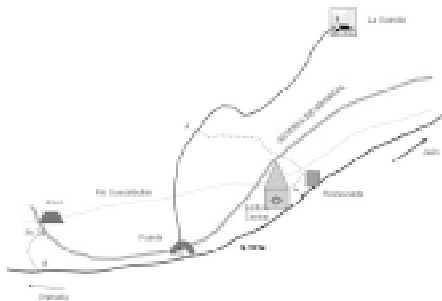
Junta de los ríos (Cambil)



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/ seg)	Potencia (KW)	Energía generada (KWh/ año)
8	1.000	65	290.640
Inversión	TIR	VAN	Periodo Retorno
280.000	-	-95.498	38,03



Molino Viejo (La Guardia)



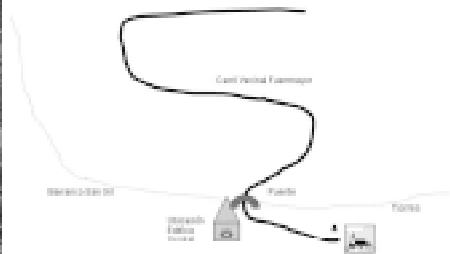
Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/ seg)	Potencia (KVA)	Energía generada (KWh/ año)
9	1.500	130	-



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/ seg)	Potencia (KVA)	Energía generada (KWh/ año)
10	500	69,5	-



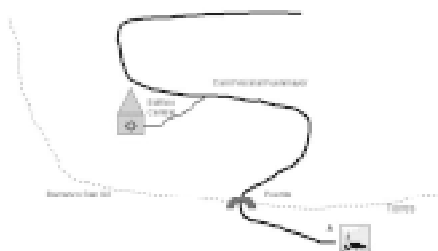
Santo Domingo (Torres)



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/ seg)	Potencia (KVA)	Energía generada (KWh/ año)
23,5	300	106	-



Los Molinos (Torres)



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/seg)	Potencia (KVA)	Energía generada (KWh/año)
40	100	43	-



Garcéz (Garcéz)



Salto neto (m)	Caudal diseño (litros/seg)	Potencia (KVA)	Energía generada (KWh/año)
8	300	24	-



