

SISTEMAS DE BOMBEO ELÉCTRICO CON ENERGÍAS RENOVABLES A NIVEL PRODUCTIVO EN LA PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO / XII REGIÓN (CHILE) - PRIMEROS RESULTADOS

H. Vidal (*), R. Oliva (**), M. R. Gallardo (*), J. Fiorentine(***)

(*) Centro de Estudios de Recursos Energéticos (CERE) - Universidad de Magallanes, Punta Arenas (Chile)

(**) Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

- 9400 Rfo Gallegos - Santa Cruz TE 02966 442317/19 int 21, email: micro-en@unpa.edu.ar

(***) Arizona State University (ASU), Phoenix, AZ - EE.UU.

Recibido 12/08/14, aceptado 26/09/14

RESUMEN: En el presente trabajo se exhiben los primeros resultados de ensayo y medidas comparativas de dos sistemas de bombeo eléctrico, uno de ellos impulsado por energía fotovoltaica y el otro por energía eólica. El mismo fue financiado por un Proyecto FIC (Fondo de Innovación para la Competitividad) desarrollado por el CERE (Centro de Estudios de Recursos Energéticos, Universidad de Magallanes) en Punta Arenas, Chile. El proyecto involucró el montaje en la zona de Tierra del Fuego (Porvenir) de un ensayo y medidas comparativas de dos sistemas de bombeo: uno de ellos impulsado por fuente eólica (aerogenerador) y otro por una fuente solar (paneles fotovoltaicos). Se realizaron comparaciones en condiciones similares (pozos de agua, bombas y cañerías de similares características). El ensayo al momento de escritura del presente trabajo se basa en datos de enero a abril de 2014, considerando que durante mayo debido a las condiciones invernales extremas el sistema permanece inactivo. El ensayo incluye un sistema con estación meteorológica, para evaluar paralelamente el recurso eólico y solar. El interés en las conclusiones iniciales de este estudio comparativo pudo observarse durante el taller demostrativo realizado a fines de junio de 2014 en la ciudad de Porvenir, en la sede del CERE, que convocó a medio centenar de personas ligadas a la agricultura, ganadería, y habitantes que se encuentran en zonas remotas. Los resultados del sistema muestran un rendimiento en agua bombeada levemente superior para el caso eólico, aunque con una relación "agua bombeada / energía consumida" menor y mayor costo global de instalación.

Palabras clave:

Energía eólica, bombeo de agua, energía solar fotovoltaica, mediciones

INTRODUCCION

En zonas rurales de la Patagonia Austral, tanto argentina como chilena, la tecnología tradicional para el bombeo de agua es el sistema eólico mecánico, utilizando molinos multipala de viento que generan la fuerza motriz para el bombeo. Esta alternativa presenta problemas de mantenimiento, complicados aún más por la ubicación dispersa de los usuarios. Una opción es el uso de bombas eléctricas donde la electricidad se genera a partir de energías renovables. Existen varias alternativas tecnológicas para aprovechar estas energías en zonas rurales, entre otras: generadores eólicos, sistemas fotovoltaicos, microturbinas hidráulicas y electricidad a partir de la biomasa.

En general resulta costoso realizar una evaluación rigurosa de sistemas con energía renovable mediante el monitoreo. Por ello, se propuso a través del Proyecto FIC-Porvenir realizar una evaluación comparativa y con registro automatizado de dos sistemas (eólico en carga de baterías y fotovoltaico). Esto permitió conocer el funcionamiento de ambos sistemas de bombeo, obteniendo series de tiempo de parámetros clave y detectar fallas en forma mucho más regular y económica.

Existen antecedentes en desarrollos técnicos para evaluación de máquinas eólicas y sistemas de bombeo electro-eólico y fotovoltaico, que fueron resumidas en un trabajo inicial de presentación del presente proyecto (Vidal y otros, 2013), en otros a nivel internacional (Vick y Neal, 2012), (Muljadi y otros, 1995), y en el norte chileno (Schmidt y otros, 1999). La alternativa fotovoltaica habitualmente consiste de sistemas de paneles conectados en forma directa a bombas de corriente continua (o motores *brushless* trifásicos impulsados a partir de corriente continua) o a través de un control electrónico que optimiza la captura de potencia (MPPT / *Maximum Power Point Tracking*). Asimismo, aunque no tan habitualmente, se puede incorporar un banco de baterías de reserva de energía. Cuando se utiliza la opción eólica con impulso eléctrico para el bombeo y la alternativa con baterías, primero se genera la energía eléctrica que se almacena en acumuladores (típicamente de plomo ácido, tipo estacionario), la cual puede ser utilizada tanto para el bombeo como para otros fines. Una segunda variante es la utilización de generación directa, es decir sin acumulación, para accionamiento de bombas eléctricas, pero la oferta comercial de equipos es escasa. En el caso del proyecto FIC Porvenir, se ensaya un sistema fotovoltaico directo para bombeo y un sistema eólico con baterías de 24 V, y bomba impulsada por corriente continua. En (Fiorentine y Vidal, 2012) se midieron las características de uno de los pozos utilizados, y su tasa de recuperación (aprox. 7 cm/hora, en primavera) a través de bombeo forzado. Para la adquisición de datos se utilizaron antecedentes de sistemas similares (Oliva y González, 1999).

El interés en las conclusiones iniciales de este estudio comparativo pudo observarse durante un taller demostrativo realizado a fines de junio de 2014 en la ciudad de Porvenir, (Figura 1, abajo) que convocó a medio centenar de personas ligadas a la agricultura, ganadería, y particularmente habitantes que se encuentran en zonas remotas y por tanto alejadas de la red de energía eléctrica, y que habitualmente operan equipos térmicos para generación y bombeo. Durante dicho taller se discutieron los principios físicos y aspectos tecnológicos básicos del uso de las fuentes eólica y fotovoltaica, se presentaron sistemas simplificados (montados en la misma sede del CERE/UMAG en Porvenir) para iluminación, y se realizó una visita al sistema de bombeo próximo a la localidad, aunque sin estar el sistema en operación por tratarse de la temporada invernal (CERE/UMAG, 2014). Hubo especial interés en conocer los costos y necesidades de inversión de las alternativas presentadas. Se hizo especial énfasis en el costo adicional implicado en el sistema de adquisición de datos y algunos aspectos de control que no serán imprescindibles en sistemas convencionales y que reducen los requerimientos de inversión significativamente. Finalmente, se discutió el uso de este tipo de fuentes como alternativa para el reemplazo de combustibles como gas natural, diesel ó cualquier otro combustible fósil.

ASPECTOS PRÁCTICOS DEL MONTAJE REALIZADO EN EL PROYECTO

El presente Proyecto involucró el montaje de un ensayo y medidas comparativas de dos sistemas de bombeo: uno de ellos impulsado por fuente eólica (aerogenerador) y otro por una fuente solar (paneles fotovoltaicos). Se buscaba realizar la comparación en condiciones similares (pozos de agua, bombas y cañerías de similares características) durante un período de tiempo extendido, realizando mediciones registradas por un data-logger en una zona (Porvenir, Figura 1-izq.) caracterizada por un clima relativamente extremo (Tierra del Fuego / Sur Patagónico de Chile), y se contó con la cooperación de una familia de productores rurales de Porvenir dispuestos a realizar la experiencia de reemplazo de un sistema de bombeo tradicional por una combinación de sistema eólico con baterías, y fotovoltaico directo, bombeando a un único tanque elevado. De manera paralela se inició la evaluación del recurso eólico y solar a través de la instalación de una estación NOMAD 2, que consiste de un registrador electrónico independiente con sensores de velocidad de viento (anemómetro), sensor de dirección (veleta), sensor de radiación (piranómetro), sensor de temperatura y humedad, tarjeta de almacenamiento de datos y cables. Este equipo se instaló en el terreno a pocos metros de la torre del aerogenerador (Figura 1, der.), en un lugar que resulta adecuado para la captura óptima de viento y a la vez a pocos metros del emplazamiento del ensayo fotovoltaico.



Figura 1: (izq.) Ubicación del emplazamiento en cercanías de Porvenir(XII Región, Chile), (der.) vista del emplazamiento de aerogenerador y torre en cercanías de Porvenir, y (abajo) Taller realizado en Porvenir, 26 al 27 de junio de 2014

El montaje fue realizado en cuatro etapas, iniciándose en setiembre 2013 con la instalación de la torre de medición con sensores de viento (Anemómetros tipo NRG #40) a 10 y 20 m de altura, y el datalogger Nomad2 mencionado. La torre es construida íntegramente en el CERE de la UMAG, que cuenta con amplia experiencia en montaje e instalación de este tipo de equipamiento. La alimentación de dicho sistema se realiza a través de un panel solar independiente, que carga una batería interna de 12V tipo VRLA convencional.

En una segunda etapa, se realizaron durante noviembre de 2013 en el CERE de Punta Arenas ensayos de bombeo sobre un tanque con recirculación, que permitieron ensayar los distintos componentes del sistema y al mismo tiempo depurar algunos aspectos de diseño de sistema, realizando también un ensayo preliminar del sistema de registro y control del datalogger. En la Figura 2 (izq.) puede observarse el montaje de ensayo de los paneles fotovoltaicos, su controlador MPPT y el banco de baterías de la parte eólica. En Figura 2 (der.) el momento de ensayo de la bomba fotovoltaica en el tanque de recirculación de agua.



Figura 2- (izq.) Montaje de prueba de paneles fotovoltaicos (3 x 230W) y banco de baterías de 24V, en predio del CERE-UMAG, (der.) ensayo de recirculación de agua con bomba fotovoltaica en operación.

En la Figura 3 (izq.) puede observarse el ensayo de la bomba SunPumps de 24V, operando desde el banco de baterías, y en Figura 3 (der.) el ensayo del datalogger y placas accesorias para la implementación del sistema de control del sistema.



Figura 3- (izq.) Ensayo de bomba de 24V (eólica) impulsada por banco de baterías de 24V, y (der.) prueba de datalogger Campbell CR850 y accesorios en predio del CERE-UMAG (noviembre 2013).

Para la configuración ensayada del sistema solar fotovoltaico se muestra la secuencia de eventos registrada. Al inicio del ensayo, se midió la tensión de salida de los paneles en un valor próximo a 100 V CC. En el controlador PCC-120 de Sun Pumps, los switches LowWater (falta de agua) y SW_AguaTK (tanque lleno) se simularon con cables, y se conectó el caudalímetro Resol V40-2.5 (1 impulso cada 25 litros) como se indica, primeramente para una lectura del indicador mecánico y luego al data logger a través de la salida de pulsos (Switch closure). La secuencia registrada es la siguiente:

1. Se observó inicio de operación de la bomba SJT-05 a partir de los 110V en el bus de continua interno, según indicación del display LCD del controlador PCB 120BLS-M2
2. En esas condiciones, el display mostró un incremento de 2300 RPM a 2700 RPM aproximadamente, sin carga mecánica.
3. La corriente indicada fue de 5.4 A, y la tensión interna bajó a 99V al iniciar la operación. La indicación de Ciclo de trabajo estaba en 96% en estas condiciones.
4. A través de la observación del dial mecánico del V-40, se registró el tiempo para pasar de 750 a 850 litros bombeados con pleno sol, registrándose 1min y 36 segundos, lo cual dio 62.5 litros /minuto (16,4 GPM) o unos 1.05 litros/seg.
5. A través de la medición con multímetro de la salida al data logger (tanto a entradas P1 como a P2), se registró 10 litros cada 9 segundos (1.11 litros/seg) y 16 litros cada 15 segundos (1.066 litros/seg) dependiendo del flanco medido, lo cual verifica lo registrado en el punto 4.

En la tercera etapa, se preparó el montaje del tablero, sistema de control y shelter (ambos construidos en el CERE de Punta Arenas), y se realizó el montaje de tuberías y equipamiento en Porvenir durante inicios y mediados de diciembre de 2013

(Figura 4). Se mantuvo el sistema de bombeo mecánico anterior, aunque se construyó una nueva línea de conducción para llevar el agua desde la bomba fotovoltaica, y otra para la bomba eólica.



Figura 4 – Montaje de tablero de control y logger (izq.) y de sistemas de bombeo en la tercera etapa - diciembre 2013

En la cuarta etapa, se realizaron los montajes definitivos y la puesta en marcha. Algunos puntos importantes de esta etapa se muestran en la Figura 5. En el ítem 1 de dicha figura, el shelter con los paneles solares. Además de los tres paneles de 230W se observa un panel auxiliar para el sostenimiento del datalogger y su propia batería independiente de 12V. En el ítem 2 se aprecia el controlador solar y en el 3 el tablero con el logger y mas abajo las baterías. En el ítem 4 se observa el montaje del aerogenerador Bergey de 1 kW, y en el 5 una vista del instrumental instalado a la salida de la bomba fotovoltaica.

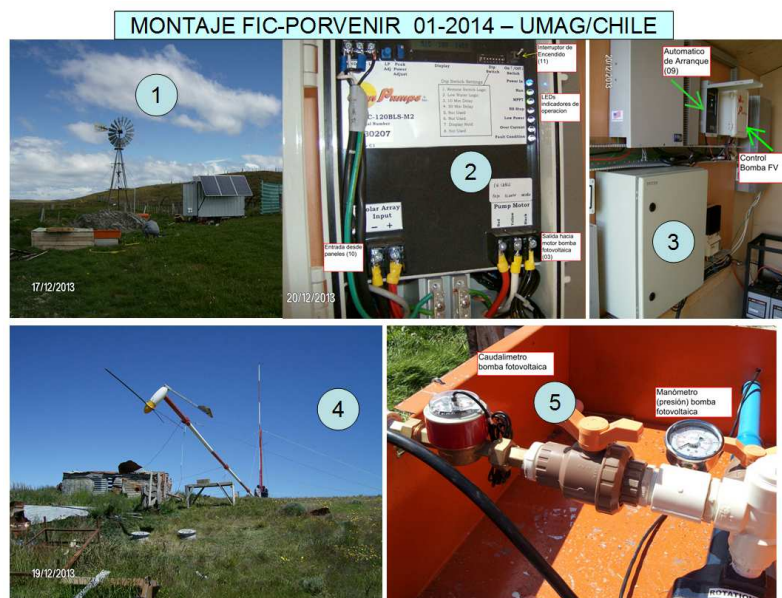


Figura 5 – Fotos del Montaje final (cuarta etapa) FIC-Porvenir- (1) Shelter, paneles solares, bombeo eólico/ mecánico original y montaje de bombas. (2) Control bomba fotovoltaica (3) Gabinete del Logger y automáticos (4) Instalación aerogenerador Bergey 1kW (5) Detalle de Bomba Fotovoltaica, Caudalímetro y manómetro

DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA

El diagrama general del equipamiento instalado, los flujos de bombeo y las variables medidas se aprecia en la Figura 6. Puede apreciarse que la inyección de potencia solar es directa de los paneles a través del controlador MPPT a la bomba SJT05, mientras que en el caso de la eólica la batería de 24 V sirve de almacenamiento intermedio de energía para impulsar la bomba eólica. Según se aprecia en dicha figura, el sistema ensayado consta de dos bombas: una orientada a conexión directa a un banco de paneles solares (Sun Pumps SJT-05), y otra orientada a operación directa a partir de un banco de baterías de 24 VCC, en este caso para alimentación con energía eólica. Ambas bombas se montan en un soporte especial junto a sus pozos respectivos y alimentan un tanque de 5000 litros (limitado a 3800) ubicado en el sector alto del establecimiento, para almacenamiento y descarga a sistemas de riego para hortalizas.

FIC-PORVENIR / FLUJO Y VARIABLES

CERE/UMAG
R.OLIVA - V1 05-05-2014

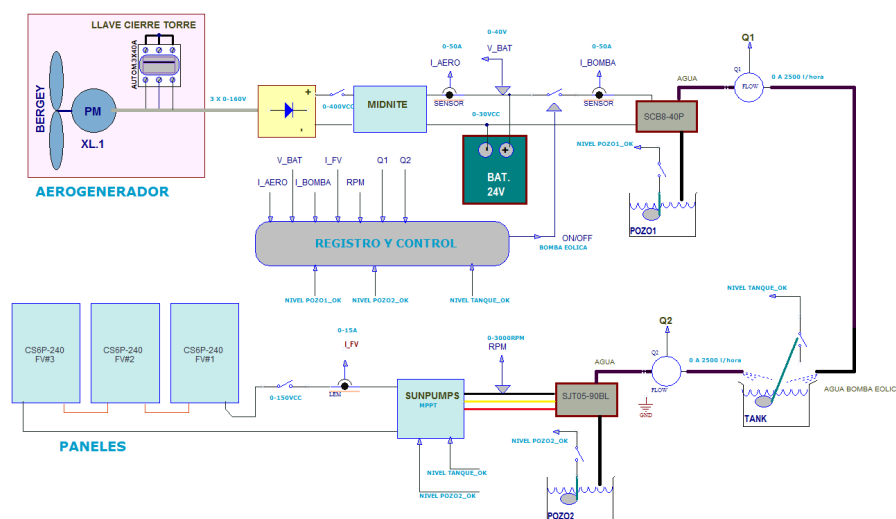


Figura 6 – Diagrama general simplificado del sistema FIC-Porvenir, indicando flujo de bombeo y variables-

Asimismo, sobre el refugio (shelter) se montaron los paneles fotovoltaicos (3 unidades de 230 W) y el banco de baterías de 24 V con reguladores y demás tableros (Figura 5). También en zona alta, hacia el oeste, se montó el aerogenerador Bergey de 1 kilovatio, sobre una torre rebatible de 18 metros. El aerogenerador entrega corriente alterna de 180V ca nominal a través de un cable trifásico de 100m de longitud al tablero. Allí se rectifica y reduce a 24V en el controlador inteligente Midnite 250, desde donde se deriva al banco de baterías y su respectiva bomba (SCB08). La lógica de encendido del sistema fotovoltaico se maneja a través del controlador Sun Pumps MPPT, mientras que en el caso de la eólica la lógica se programa en el datalogger Campbell CR850, y se acciona a través del relay indicado como ON/OFF.

DATOS PRELIMINARES - ETAPA INICIAL DE MEDICIONES

Ambos sistemas operaron satisfactoriamente entre el 8 de enero y el 5 de mayo de 2014, momento en que habitualmente los establecimientos de la zona realizan una descarga y deshabilitación de los sistemas de riego ante riesgo de congelamiento. El sistema por tratarse de una experiencia inicial no se dejó en operación automática, sino que se habilitaba cuando los dueños estuvieran realizando actividades en el establecimiento. Además de un registro visual con totalizadores, el sistema permite registrar los momentos en que se bombea, que habitualmente era en horas de trabajo y momentos de buen sol. En la Figura 7 se muestran los datos de operación y horas acumuladas para el equipo fotovoltaico en enero 2014. En la Figura 8 se observa el recurso solar para dicho mes, donde se observa que hay mayoría de días propicios pero el funcionamiento depende de la actividad de riego del usuario, que son sólo algunas horas por día.

FIC - Porvenir / Operacion Bomba Fotovoltaica (I_FV) y m3 Acumulados a TK (Enero 2014)

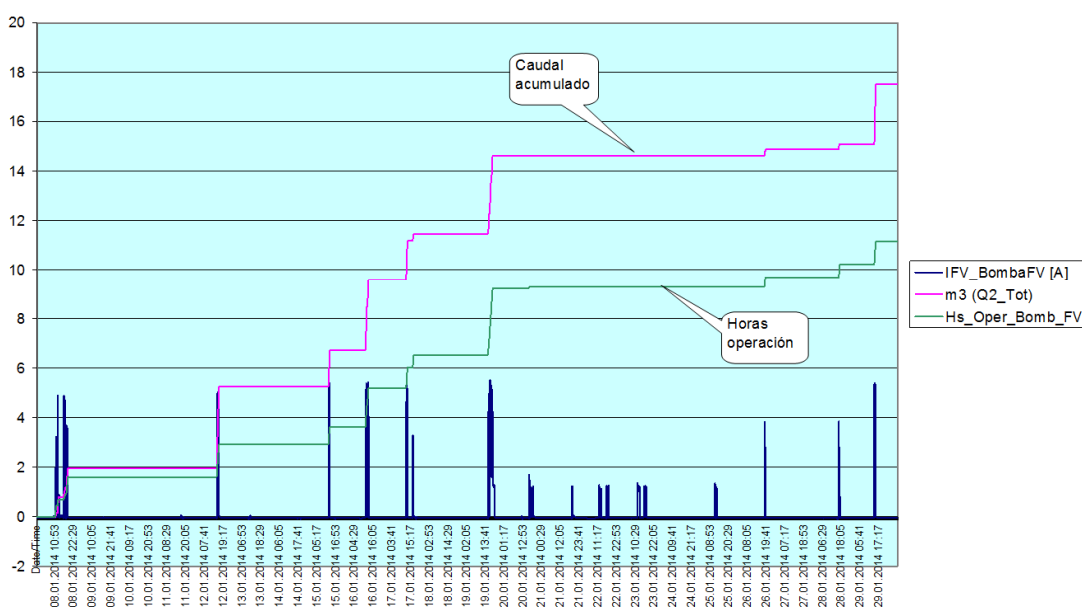


Figura 7 – Corriente [A] Horas de operación y caudal acumulado en enero 2014 - bomba Fotovoltaica FIC

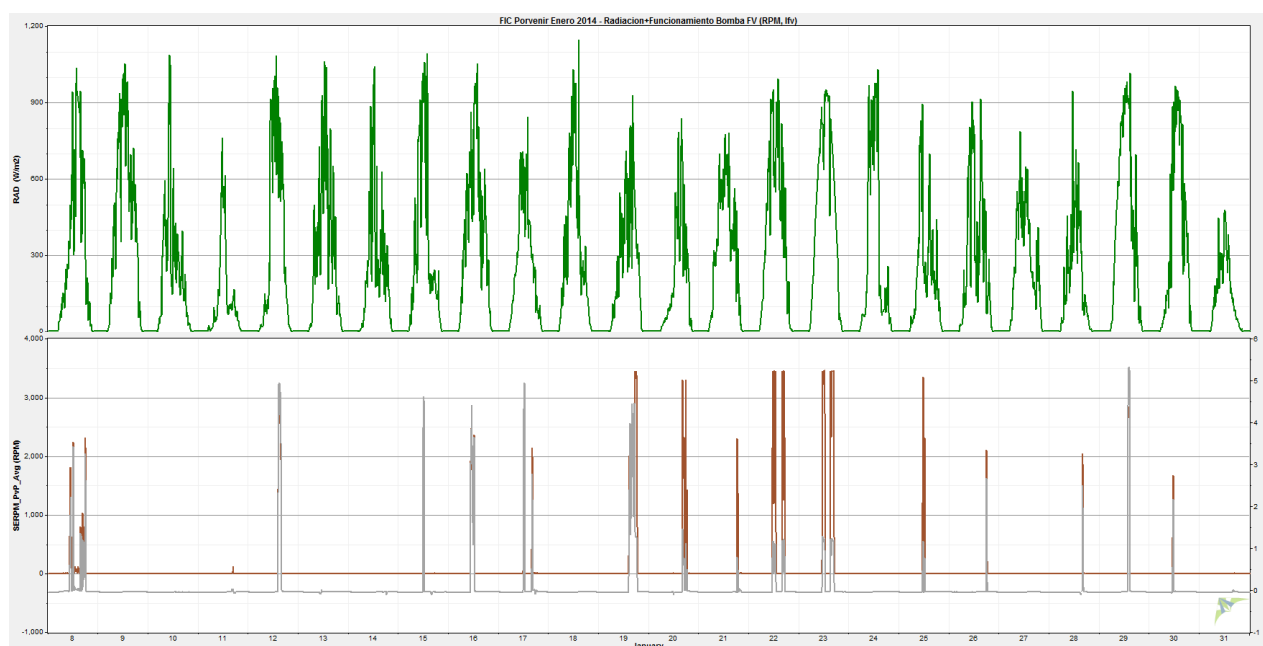
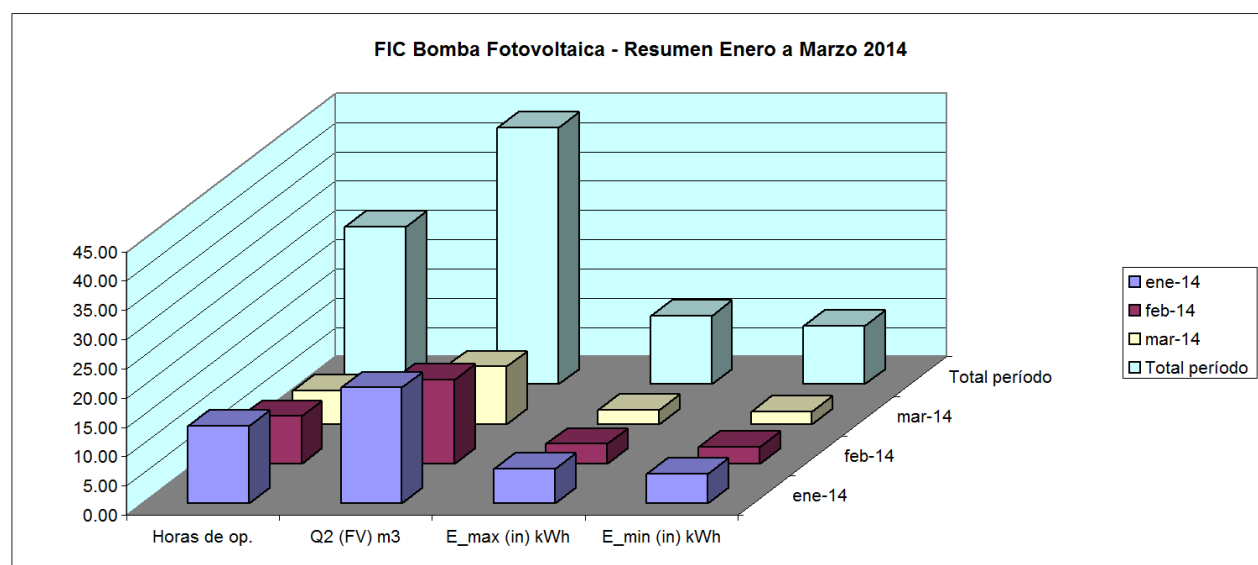


Figura 8 – - Recurso solar (sup,RAD en W/m2) e (inf) RPM bomba(línea oscura), Corriente de Paneles(línea clara) en el sistema de bombeo FV - valores cada 10 minutos enero 2014 - FIC Porvenir

Se observan momentos entre el 20 y 25 de enero en que el sistema intenta arrancar pero no lo consigue, probablemente por bajo nivel de radiación, en cuyo caso el MPPT actúa, pero también puede deberse a una falla del sistema de arranque.

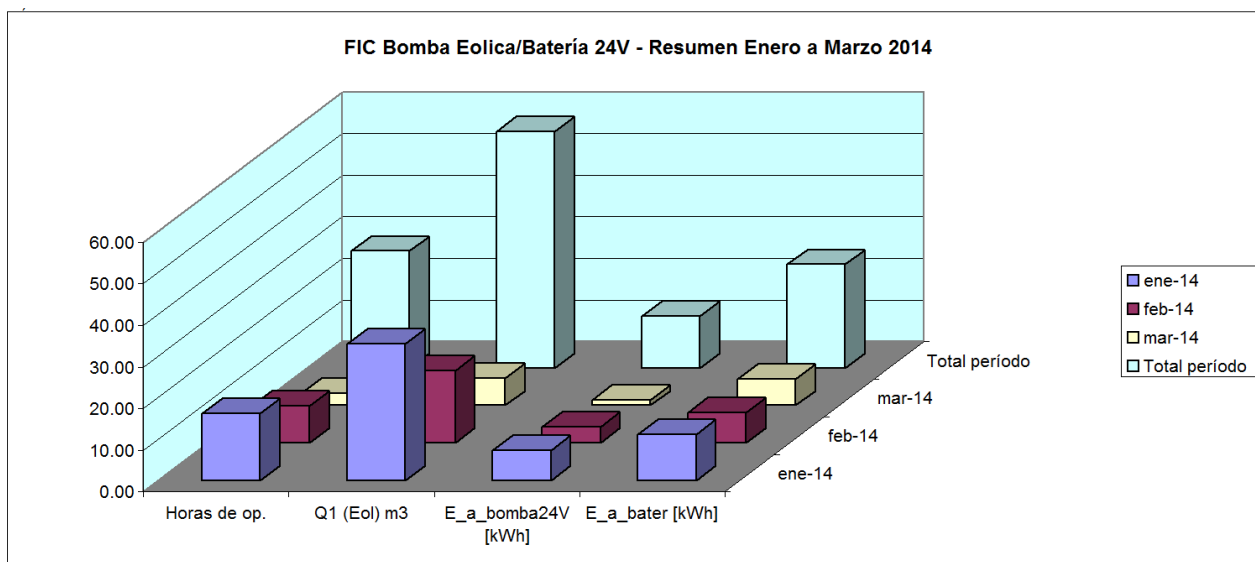


Fotovoltaica							Planilla de referencia:
Fecha inicio	Fecha Final.	Horas de op.	Q2 (FV) m3	E_max (in) kWh	E_min (in) kWh		
Enero 2014	08-ene	05-feb	13.17	19.73	5.92	5.07	datos+Potencias(a) FIC 8 enero a 5 de febrero_2014-Exported.xls
Febrero 2014	05-feb	06-mar	8.08	14.33	3.35	2.87	datos+Potencias(c) FIC_5 de febrero_al6deMarzo_2014-Exported.xls
Marzo 2014	06-mar	05-abr	5.72	9.78	2.39	2.05	datos+potencias(d) FIC_6deMarzo_al5abril_2014-Exported.xls
			26.97	43.83	11.66	9.99	

Nota1: E_max(in), Emin(in) son los valores de energía que puede estar tomando el regulador MPPT de los paneles solares, considerando el rango de tensión de operación.

Figura 9 – Horas de operación,caudal acumulado, Energía tomada (máxima, mínima) entre enero y marzo 2014 - bomba Fotovoltaica FIC - Porvenir

En la Figura 9 se muestra un gráfico resumen del período enero-marzo 2014 para dicha bomba. Allí, los límites E_Max, E_min surgen de la falta de una medición de la tensión producida por los paneles, que durante la operación tiene un rango de 90 a 105V. Se toman por tanto dos valores como límites posibles. En la Figura 10 se muestra un gráfico resumen similar al de la Figura 9 pero para la bomba eólica, en el período enero-marzo 2014. En la Figura 11 se muestran los datos de operación y horas acumuladas para el equipo eólico en enero 2014, mientras que en la Figura 12 se observa el recurso eólico.



Eolica						
	Fecha inicio	Fecha Final	Horas de op.	Q1 (Eol) m3	E_a bomba24V [kWh]	E_a bater [kWh]
Enero 2014	08-ene	05-feb	16.18	32.90	7.27	11.17
Febrero 2014	05-feb	06-mar	8.93	17.38	3.80	7.35
Marzo 2014	06-mar	05-abr	2.93	6.58	1.38	6.28
			28.05	56.85	12.46	24.81

Nota2: E_a bomba24V [kWh]: Es la energía tomada ($V \cdot I \cdot \text{tiempo}$) por la bomba desde el banco de 24V.

Nota3: E_a bater [kWh]: Es la energía ($V \cdot I \cdot \text{tiempo}$) entregada por el aerogenerador a la batería de 24V, que funciona como "estanque de reserva".

Figura 10 – Horas de operación, caudal acumulado, Energía tomada (máx., mínima) entre enero y marzo 2014 - bomba Eólica FIC - Porvenir

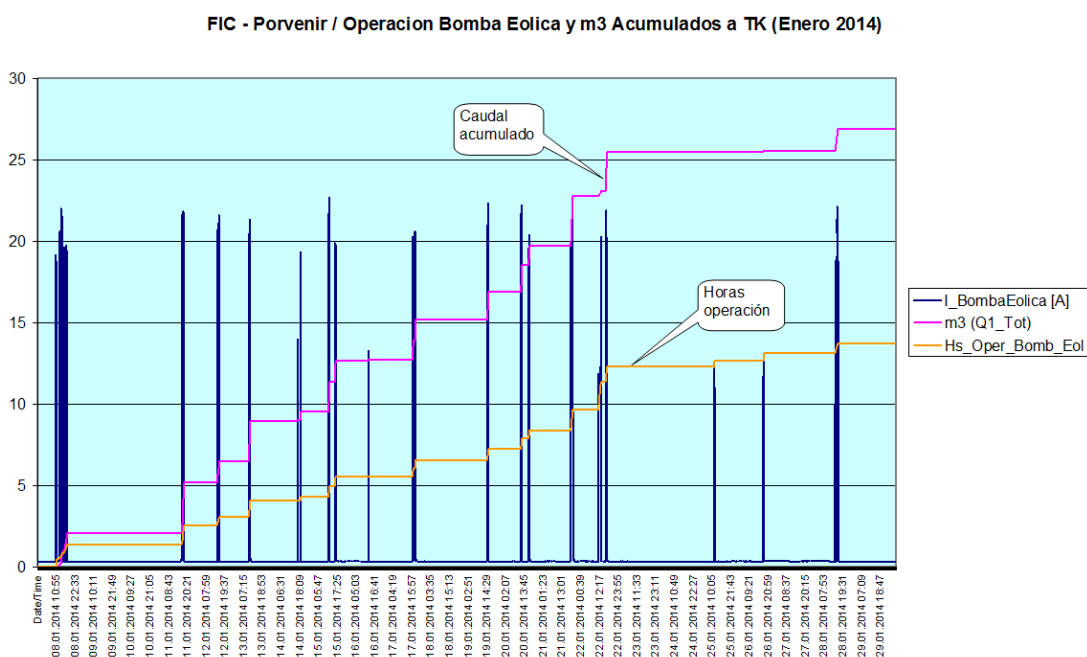


Figura 11 – Corriente [A], Horas de operación y caudal acumulado en enero 2014 - bomba Eólica FIC

En la Figura 12 se observa el recurso eólico para dicho mes, donde se observa en forma similar al fotovoltaico (Figura 8) que hay una buena proporción de días propicios pero el funcionamiento del aerogenerador depende de la actividad de riego del usuario, que son sólo algunas horas por día. Esto, según se indicó anteriormente, fue un requerimiento de la etapa de prueba del proyecto y con la mejora de la capacidad de los tanques y conocimiento del sistema tiene un alto potencial de mejora en su aprovechamiento.

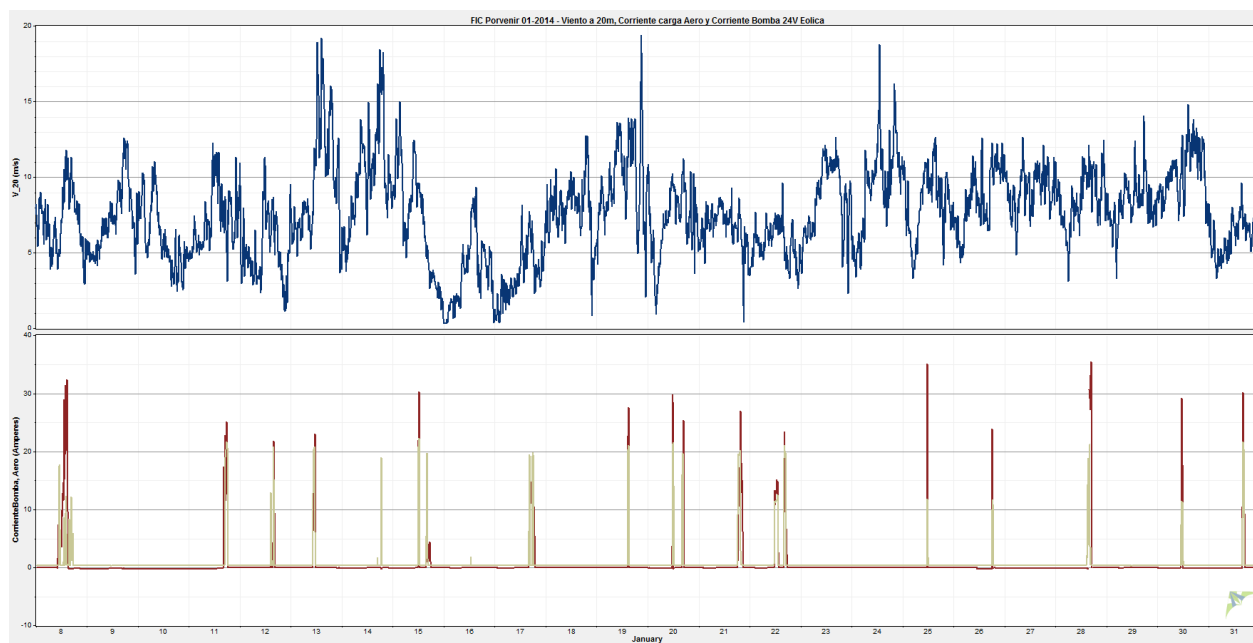


Figura 12 – Recurso Eólico - Enero 2014 - (sup) Velocidad de Viento a 20m de altura, (inf) Corriente de carga aerogenerador (línea oscura) y corriente de Bomba 24 V (línea clara) - valores cada 10 minutos

Caudal total /Horas de operación - según CR850			
Fecha inicial	Fecha final	Total m3/h	Total m3/h
		FV	Eol
08-ene	05-feb	1.50	2.03
05-feb	06-mar	1.77	1.94
06-mar	05-abr	1.71	2.24
Promedio 3 meses		1.66	2.07

Tabla 1 – Caudal promedio para cada período, para ambos sistemas

N° Mérito = Caudal bombeado/Energía ingresada					
Fecha inicial	Fecha final	Fotovoltaica		Eólica	
		Total m3/kWh		Total m3/kWh	
		Q2/E_maxFV	Q2/E_minFV	Q1/E_a_bom24V	Q1/E_a_bater
08-ene	05-feb	FV max	FV min	Bomba dde Bat	Bomba dde Eol
08-ene	05-feb	3.33	3.89	4.53	2.94
05-feb	06-mar	4.28	4.99	4.57	2.36
06-mar	05-abr	4.08	4.76	4.75	1.05
Promedio 3 meses		3.90	4.55	4.62	2.12

Tabla 2 – Número de mérito en cuanto a aprovechamiento de la energía (Caudal/energía ingresada). En el caso del sistema FV se dan valores para Emax, Emin. En el caso del sistema eólico, se cuenta el análisis desde la batería (aguas abajo) y desde el equipo eólico.

De las Figuras 9 y 10 se observa que las horas totales de operación de cada bomba son muy similares (26,97 FV, 28,05 eólico), algo esperable debido a que el usuario operaba ambos sistemas durante algunas de sus horas de trabajo. En la Tabla 1 se muestran los valores de caudal promedio en metro cúbico por hora de operación, para cada uno de los sistemas. La potencia de entrada a ambas subsistemas es de orden similar, si se observa que la corriente tomada desde los paneles FV en operación plena es de 5 A (Figuras 7 y 8), indicando un rango de $90 \times 5 = 450 \text{ W}$ a $105 \times 5 = 525 \text{ W}$, y para el sistema eólico la corriente es de alrededor de 20A (Figura 12), indicando un orden de potencia (si suponemos un banco a 24,5V) de 495 W. Sin embargo, la potencia en el caso FV es "modulada" por el controlador MPPT (que además tiene pérdidas al convertir CC a CA para impulsar la bomba), algo que no ocurre en el caso del eólico en que la corriente va directamente desde la batería a la bomba y que podría explicar el caudal promedio un 25% menor a lo largo de 3 meses para el caso FV, y también los caudales totales menores para este caso vistos al comparar Figuras 10 y 11.

En la Tabla 2 se muestra un "Número de Merito" en cuanto a aprovechamiento de energía, medida en (caudal bombeado / energía ingresada) a cada sistema. Para el caso fotovoltaico ese número se encuentra entre 4 y 4,5 con un valor más reducido

en el primer mes probablemente por problemas en el sistema entre las fechas 20 y 25 de enero (Figura 9). En el caso del eólico, si se cuenta la cadena "Batería a bomba" únicamente, da un valor similar al FV del orden de 4,6. Pero si se cuenta la cadena completa "aerogenerador a bomba", el valor se reduce a menos de la mitad. Esto probablemente atribuible al bajo rendimiento del conjunto cargador / batería, a la autodescarga y a las pérdidas en el proceso de carga de la batería, y permite concluir que la eficiencia global de la cadena FV es mejor que la del eólico, con la ventaja de no tener piezas móviles. Si bien no se muestra en las tablas indicadas, el costo del sistema eólico es mayor que el FV, aunque tiene la ventaja de poder utilizar la tensión de baterías para otros fines (ej. consumo eléctrico domiciliario en un sistema aislado). Por lo tanto, la opción dependerá de la aplicación final del proyecto.

CONCLUSIONES

Se han reunido datos preliminares de operación de un sistema que combina la utilización de recurso eólico y fotovoltaico, para bombeo eléctrico de agua en una zona de ambiente climático extremo. Las condiciones de pendiente, tubería y potencias similares hacen ambos sistemas comparables, aunque el tiempo analizado (tres meses) es limitado y las condiciones de operación no eran las ideales (funcionamiento no automático). Las primeras comparaciones permiten concluir que el sistema de menor costo (FV) y sin piezas móviles tiene un caudal bombeado menor, aunque con un "número de mérito" (caudal bombeado sobre energía ingresada) sensiblemente mayor que el eólico, que presenta pérdidas significativas en la cadena aerogenerador-batería-bomba (que se reflejan en un número de mérito menor). La capacidad de utilizar la batería para otros fines (suministro eléctrico) puede sin embargo resultar una ventaja en determinadas condiciones de proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las autoridades de la Universidad de Magallanes (UMAG) y de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), como así también a los propietarios de la parcela en Porvenir (lugar de emplazamiento de la prueba), y al director de la Unidad Académica Porvenir de la UMAG, Sr. Alejandro Nuñez.

REFERENCIAS

- Vidal, H., Oliva, R., Gallardo, M.R., Fiorentine, J. (2013) Evaluación de energías renovables para su utilización a nivel productivo en la Provincia de Tierra del Fuego / XII Región (Chile) – Avances. Acta de la XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente - Vol. 1, pp. 06.51-06.58, 2013. ISBN 978-987-29873-0-5
- Vick, B.D., Neal B. A. (2012) Analysis of off-grid hybrid wind turbine/solar PV water pumping systems. USDA, Agricultural Research Service, Bushland, TX 79012, EE.UU, revista Solar Energy 86 (2012) 1197–1207
- Schmidt, R., Torres, A., Escobar, A. (1999) Bombeo Fotovoltaico para Aplicaciones de Riego Tecnificado en Zonas Desérticas. Simposio Internacional de Energías Renovables, Agua e Infraestructura Afín, Universidad de Tarapacá y Universität Oldenburg, Arica, Chile, Nov. 1999.
- Oliva, R., Gonzalez, L. (1999) Development and Applications of a Data Acquisition System for Low Power Wind and PV Generators. Simposio Internacional de Energías Renovables, Agua e Infraestructura Afín, Universidad de Tarapacá y Universität Oldenburg, Arica, Chile, Nov. 1999.
- Muljadi E., Flowers L., Green J., Bergey M., (1995) Electric Design of Wind-electric Water Pumping systems. Proc. of 14th ASME ETCE Wind Energy Symposium, W.D. Musial (ed), Houston Tx. pp. 35-43 -Jan. 1995
- J. Fiorentine y H. Vidal (2012), Informe de dimensionamiento de un sistema de bombeo Eólico/Fotovoltaico, Centro de Estudio de los Recursos Energéticos, CERE, Universidad de Magallanes.
- CERE / UMAG (2014), Taller Proyecto FIC 26 y 27 de junio 2014: <http://www.cere-umag.cl/pagina-fic.html>

ABSTRACT

This work presents the first results in a research project to evaluate the performance of two renewable energy water-pumping systems, one of them based on photovoltaic panels operating in direct drive mode with an MPPT controller, the other one based on wind power, operating as battery charger with the pump driven from a 24V battery bank. Both systems have been tested during three months simultaneously in an extreme weather location in Porvenir, Tierra del Fuego in South Chile. Operation data was recorded for both systems using a high quality data logger and associated circuitry. The data collected during this period has provided some preliminary guide to the technical and economic evaluation of these systems, aimed to promote replacement of traditional combustion engine water pumping with cleaner alternatives.

Keywords: wind energy, water pumping, solar photovoltaic, measurements.