

## **AVANCES EN UN DESARROLLO DE INVERNADERO DE CONSTRUCCIÓN MODULAR CON SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO BASADO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**Lucas Monelos<sup>1</sup> Jorge Lescano<sup>2</sup>, Rafael Oliva<sup>3</sup>, Patricio Triñanes Barrientos<sup>4</sup>, Néstor Cortez<sup>5</sup>**  
ICASUR-UARG (Instituto de Ciencias del Ambiente, Sustentabilidad y Recursos Naturales) y Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) Instituto de Tecnología Aplicada UARG - L.Rivera y Gregores, 9400 Río Gallegos - Santa Cruz TE 02966 442317/19 int 21,  
email: roliva@uarg.unpa.edu.ar

*Recibido 27/07/17, aceptado 26/09/17*

**RESUMEN:** El presente trabajo muestra los avances en el diseño y montaje de un invernáculo completo dotado de un sistema de control y monitoreo basado en energías alternativas (generador eólico y paneles solares), con el objetivo de iniciar la producción de plantas nativas comestibles generando trabajo y el mínimo impacto ambiental posible. El invernáculo es de construcción modular con madera y placas de polietileno, e incluye un sistema de control para mantener la temperatura ambiente y humedad dentro de parámetros normales. Asimismo, se incluye un sistema de monitoreo remoto de las variables principales.

**Palabras clave:** invernaderos, energía eólica, sistemas fotovoltaicos, riego, mediciones.

### **INTRODUCCION**

La producción bajo cubierta en Santa Cruz tiene gran importancia debido a la baja temperatura media anual, que promedia los 7.6°C. Su mantenimiento confiable requiere de un grado de automatización en las funciones de riego, control de temperatura y humedad que la hace dependiente de fuentes de energía estables, frecuentemente en zonas sin redes de distribución eléctrica o con redes de funcionamiento precario. De allí la importancia de su acople con sistemas de energía renovable, que en sus configuraciones de eólica baja potencia (carga de baterías) y con la característica local de abundante recurso de viento en todo el sur Patagónico se convierten en una alternativa muy conveniente para el suministro eléctrico (Oliva y otros, 2000; Lescano y otros, 2009). En forma complementaria, y dada la existencia de un recurso solar aprovechable (Grossi Gallegos y Righini, 2007), la favorable experiencia en sistemas locales (IESC-PERMER,2014) y la enorme reducción de costos de la alternativa fotovoltaica en los últimos años, resulta muy conveniente acoplar un aporte de suministro eléctrico con paneles fotovoltaicos.

---

<sup>1</sup> ICASUR-UARG, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

<sup>2</sup> Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

<sup>3</sup> Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) y L&R Ingeniería

<sup>4</sup> Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

<sup>5</sup> Departamento de Física, y Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA).

La actividad consiste en la construcción de invernaderos modulares de bajo costo y el monitoreo de un sistema de energía eólica y fotovoltaica de baja potencia acoplado a dicho invernadero, de tipo educativo y destinado en principio a tareas académicas. El sistema suministra potencia eléctrica para las funciones de iluminación y control del invernadero. Se realizará una comparación con otro invernáculo que se encuentra ya instalado en la Chacra de la UA San Julián (González y otros, 2016), y que cuenta con un sistema hidropónico y alimentación por aerogenerador y próximamente también paneles fotovoltaicos, con un sistema de monitoreo (Oliva, 2012) SISMED/SJ24 similar al propuesto para este sistema. El invernadero del presente proyecto se utilizará para fines académicos (ejemplo: Ingeniería en Recursos Naturales y materia optativa de Ingeniería Química) o de extensión, y se construye a través de un proyecto de Vinculación y Transferencia Tecnológica. Los altos costos iniciales de este tipo de equipamiento hacen deseable la existencia de líneas de crédito blandas para aplicaciones productivas a efectos de lograr su difusión y aprovechamiento en el medio.

## ETAPA INICIAL

En los inicios, se concibió el sistema como eólico solamente, e incorporando el sistema de medición y un banco de baterías de baja capacidad. Un diagrama en bloques del mismo se aprecia en la Figura 1.

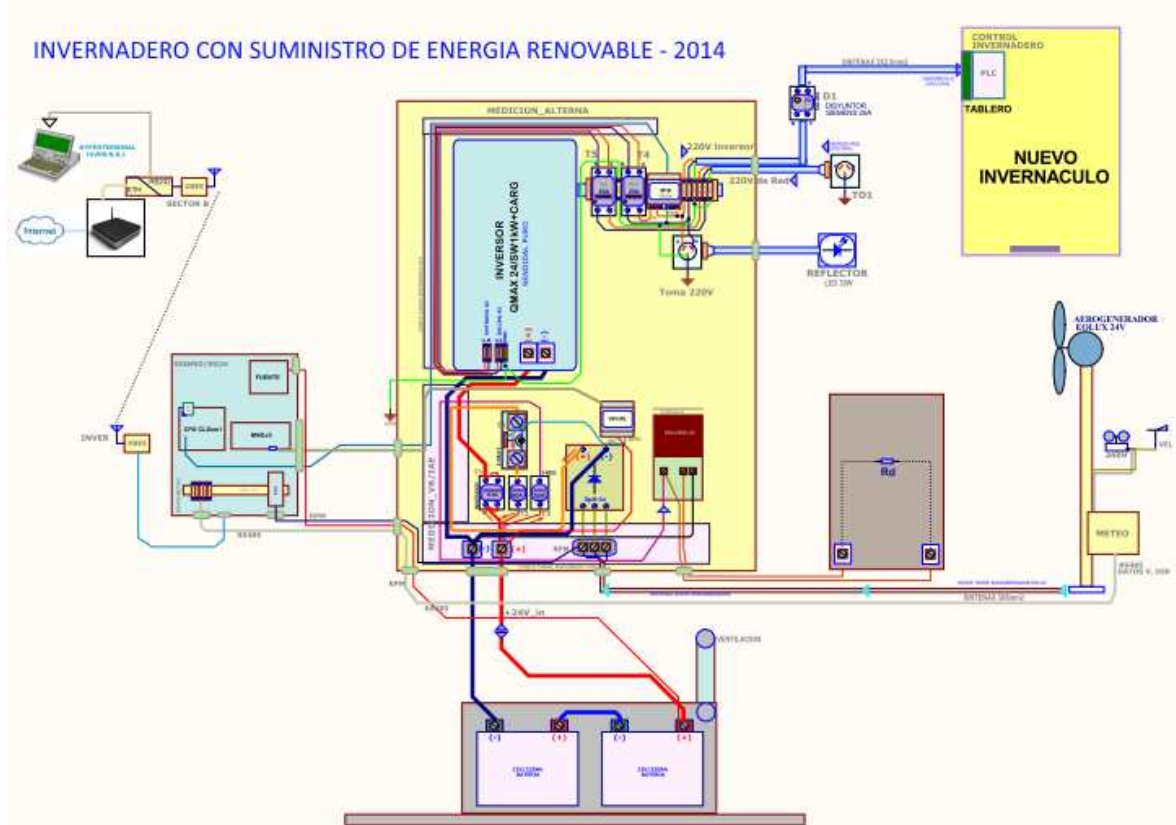


Figura 1: Diagrama general del sistema 2014 – Invernadero con energía eólica y sistema de medición

Una parte del equipamiento había sido adquirido desde la Universidad a través de un proyecto PEA (Plan Estratégico Agroalimentario), y se obtuvo en donación un tablero metálico a efectos de ubicar el inversor y reguladores. El sistema luego obtuvo financiamiento a través de un proyecto de Vinculación Tecnológica de la Convocatoria “Amílcar Herrera” en 2015, contando con el aval de la Asociación de Productores Frutihortícolas local. En la etapa inicial se instaló el aerogenerador en el predio universitario, y transitoriamente las baterías y el conjunto inversor, rectificador y regulador en el Invernadero Hidropónico (Figura 2), mientras se construía el refugio específico.



*Figura 2: Armado del tablero (arriba) e instalación transitoria inicial del sistema 2014/15*

Durante el proceso de construcción y primeros meses de operación se observaron una serie de problemas, en particular por tratarse de una zona semi-rural la circulación de caballos que en una oportunidad doblaron la torre por enganche con las riendas (que utilizan para rascarse). Asimismo se observaron casos de vandalismo por tratarse de un predio abierto, lo cual llevó a decidir la construcción de un cerramiento olímpico para el equipamiento y el invernadero, según la distribución que se observa en la Figura 3 (derecha). A la izquierda de dicha figura se observa también el banco de baterías original, que presentó problemas al poco tiempo de uso. Durante el proceso de construcción del cerramiento y refugio (julio de 2015), la máquina holladora por un error de operación “enganchó” una de las riendas de la torre reticulada (Figura 4) por lo cual la misma debió ser reparada, y las palas del aerogenerador reemplazadas.

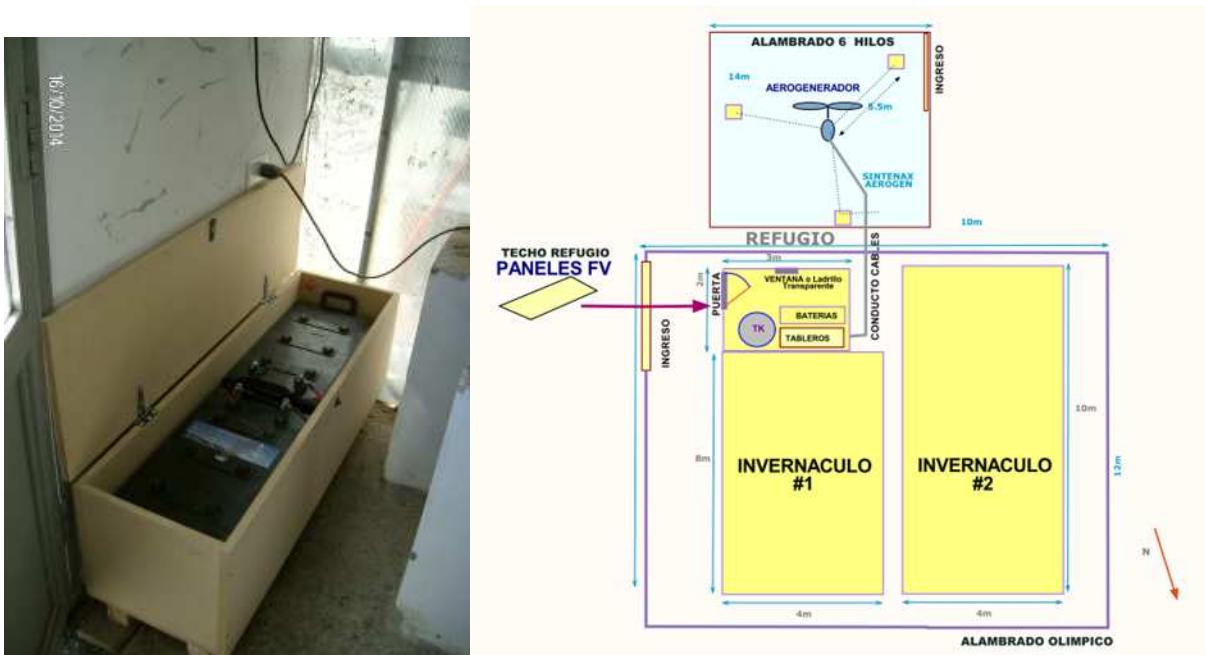


Figura 3: Banco de baterías y diagrama general de la distribución del cercado en el predio



Figura 4: Torre derribada accidentalmente durante la construcción del cerco perimetral (07/2015)

## SISTEMA ACTUAL EN PREPARACIÓN - AVANCES

En la Figura 5 se aprecia el sistema en preparación actualmente, una vez obtenidos los fondos (por reasignación de partida del Proyecto) para adquirir las nuevas baterías, reinstalar el aerogenerador con el nuevo cerco perimetral y adquiridos los paneles FV (2 unidades de 100 Wp) y regulador requerido, construcción del soporte especial elevado para los paneles FV además de la preparación del recinto de protección para albergar el conjunto baterías, reguladores, monitoreo, sistema de riego y tanque de agua.

El nuevo banco de baterías de 24 V / 390 Ah se puede ver en la Figura 6: este banco es de mayor calidad y capacidad que el anterior, considerando que tendrá el aporte tanto del aerogenerador como (en menor medida) de los paneles fotovoltaicos, y también a efectos de lograr mayor autonomía. El Inversor / cargador de 1.7 kW y salida senoidal pura permitirá a través de una conexión de emergencia a la red de la Universidad mantener la carga de las baterías aún en condiciones de falta de aporte solar y fotovoltaico. Esto es necesario dado el alto costo de las baterías, y la dificultad de su reemplazo.







*Figura 7: Vista del predio a inicios de 2017*



*Figura 8: Ubicación aproximada del juego de paneles fotovoltaicos sobre soporte elevado, en preparación*

## **SISTEMA DE RIEGO Y MONITOREO DE VARIABLES**

El sistema de riego es una parte fundamental del equipo para el sostenimiento del invernadero, cuya construcción puede observarse en la Figura 9. Se trata de un invernadero de bajo costo, de construcción modular en madera con revestimiento de polietileno para invernáculo LTD de 150 micrones. En la Figura 10 (izq.) se aprecia la instalación reciente de la bomba de agua, y el armado del tablero correspondiente para el SISMED/RG24 de monitoreo.

En la Figura 11, un detalle de la placa a utilizar para el sensado de tensión de batería (configurable a 12, 24 o 48V) y a la derecha la placa de montaje del sensor de efecto Hall de 50 A, a utilizar para monitoreo de la corriente inyectada por el aerogenerador a la batería.





Figura 9: Interior del Invernadero, tendido de cañerías de riego y revestimiento

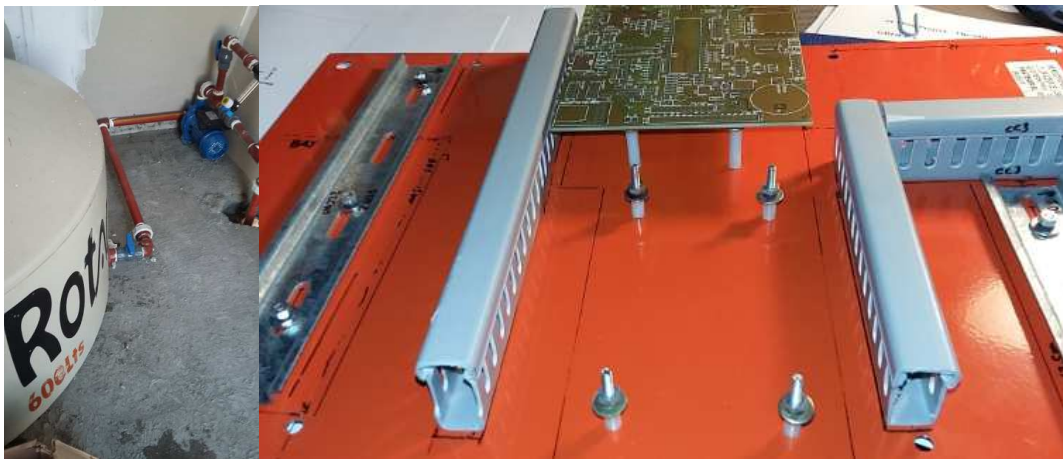


Figura 10: (izq.) Interior del refugio, con tanque de agua para riego y bomba, y (der.) armado del sistema de medición

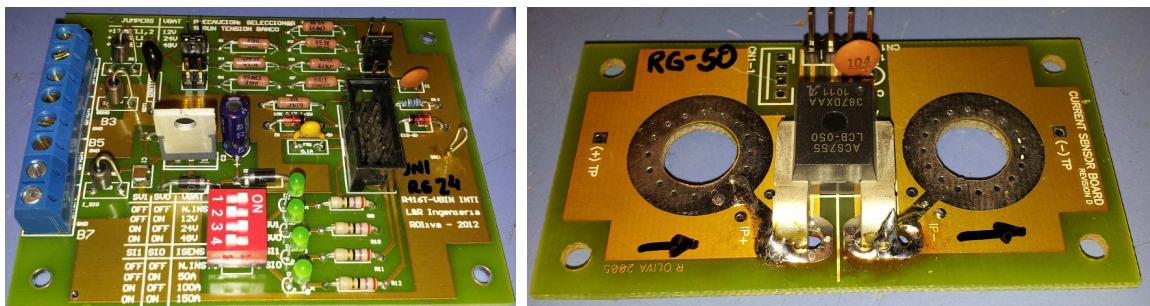


Figura 11: Montaje de placas – (izq.) Sensado de tensión via divisor resistivo configurable, y (der.) sensor de corriente de efecto Hall de 50 A

## CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un sistema de carácter educativo-experimental para demostrar las posibilidades del suministro eléctrico a través de energías renovables en una aplicación concreta de cultivo bajo cubierta. En el presente trabajo se muestran los avances del montaje, que no ha estado exento de dificultades. Los altos costos iniciales de este tipo de equipos hacen deseable la existencia de líneas de crédito específicas para aplicaciones productivas, que pueden beneficiarse en gran medida con soluciones similares.

## REFERENCIAS

González, J.F.; Oliva, R.; Cardenas, G.; Cortez, N. (2016) "MEDICIONES DE INTENSIDAD Y DIRECCION DE VIENTO EN DOS EMPLAZAMIENTOS DE PUERTO SAN JULIAN" Acta de la XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 4, pp. 06.127-06.138, 2016. ISBN 978-987-29873-0-5

Grossi Gallegos, H., Righini, R. (2007). Atlas de Energía Solar de la República Argentina, publicado por la Universidad de Lujan y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, 74pp.

IESC-PERMER (2014) Instituto de Energía de Santa Cruz, Programa PERMER:  
<http://www.iesc.gov.ar/iesc/permer.php>

Lescano, I., López, M., Oliva, R. (2009) "SISTEMA DE MEDICIÓN SISMED/C GLENCROSS PARA SITIO AISLADO" Comunicación ASADES 2009 – Rio Cuarto ISSN 0329-5184; vol 13.

Oliva, R.; Luna Pont, C.A. (2000) "Development and first results of a data acquisition system for low power wind-diesel generators in South Patagonia", Proceedings (CD) de "Wind Power for the 21st Century", EWEA Special Topic Conference and Exhibition, Kassel, Alemania, 25-27 setiembre 2000.

Oliva, R.; Lescano, J., Triñanes, P.; D'Elía, E. Melano, D.,Lescano, I., López, M. (2010) "PROYECTO GLENCROSS – ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR PARA ESCUELA RURAL Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 14, 2010, ISSN 0329-5184, p6.71-6.77

Oliva, R. (2012) "Estación meteorológica de construcción modular orientada a la prospección eólica en Argentina", Tesis - Maestría en Energías Renovables, Universidad Nacional de Salta, defendida 10-2014.

## ABSTRACT

This paper shows progress in the design and construction of a low-cost modular greenhouse for growing of local edible plants, using electrical supply for water pumping and irrigation from a small wind turbine (1.2 kW) combined with photovoltaic panels (0.2 kWp), located at a University Campus in South Patagonia. The installation uses a monitoring system to save the operational data from the renewable energy sources, and will also keep track of the grid-quality energy output (230 Vac / 50 Hz) to be supplied to the greenhouse.

**Keywords:** greenhouse crops, wind energy, photovoltaic systems, irrigation, measurements