

ASPECTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y SOFTWARE PARA UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS DE EQUIPO DE BOMBEO EÓLICO Y FOTOVOLTAICO EN SUR DE CHILE

Humberto Vidal¹, Rafael Oliva², Ricardo Aguila³

Centro de Estudios de Recursos Energéticos (CERE) - Universidad de Magallanes, Punta Arenas (Chile), Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) y L&R Ingeniería - L.Rivera y Gregores, 9400 Río Gallegos - Santa Cruz TE 02966 442317/19 int 21, email: rafael.beltran.oliva@gmail.com

Recibido 09/09/15, aceptado 15/10/15

RESUMEN: El presente trabajo expone algunos aspectos de implementación y software específico, así como la ejecución de interfases, fuente de alimentación y protecciones eléctricas de un sistema de adquisición de datos basado en un datalogger Campbell Scientific para un equipo de bombeo de agua eólico y fotovoltaico en la ciudad de Porvenir, Tierra del Fuego (Chile). 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 de 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 describen los ítems principales del circuito de interfase, protecciones y software desarrollado en CR-BASIC que resulta de interés para aplicaciones que requieran este tipo de sistema de registro.

Palabras clave: energía eólica, baja potencia, sistema fotovoltaico, bombeo de agua, adquisición de datos.

INTRODUCCIÓN

Existen varias alternativas tecnológicas para aprovechar fuentes de energía renovables en zonas rurales, entre otras: generadores eólicos, sistemas fotovoltaicos, microturbinas hidráulicas y electricidad a partir de la biomasa. En general resulta complejo realizar una evaluación rigurosa de sistemas con energía renovable mediante el monitoreo, debido a los requerimientos del instrumental asociado y sus costos. Por ello, se propuso a través del Proyecto FIC-Porvenir realizar una evaluación comparativa y con registro automatizado de dos sistemas de bombeo (Vidal y otros, 2013): Uno eólico en carga de baterías y otro fotovoltaico directo. 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. En trabajos anteriores se han presentado aspectos de implementación y primeros datos de operación del sistema (Vidal y otros, 2014). El propósito del presente trabajo consiste en exponer aspectos técnicos y de programación del sistema de registro asociado a dicha instalación que comenzó a funcionar a fines de 2013 en la zona de Porvenir (Chile).

¹ Director, Centro de Estudios de Recursos Energéticos (CERE) - Universidad de Magallanes, Punta Arenas (Chile)

² Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) + LyR Ingeniería

³ Depto. de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería - Universidad de Magallanes, Punta Arenas (Chile)

DESCRIPCIÓN GENERAL

Junto con el sistema eólico y fotovoltaico de bombeo, se seleccionó un equipo de adquisición de datos Campbell Scientific CR850 para que asumiera algunas funciones de control sobre todo en lo relativo a nivel de pozo, tanque y períodos de funcionamiento (CampbellSci,2014). El esquema del sistema simplificado puede verse en la Figura 1, según la instalación realizada a fines de 2013.

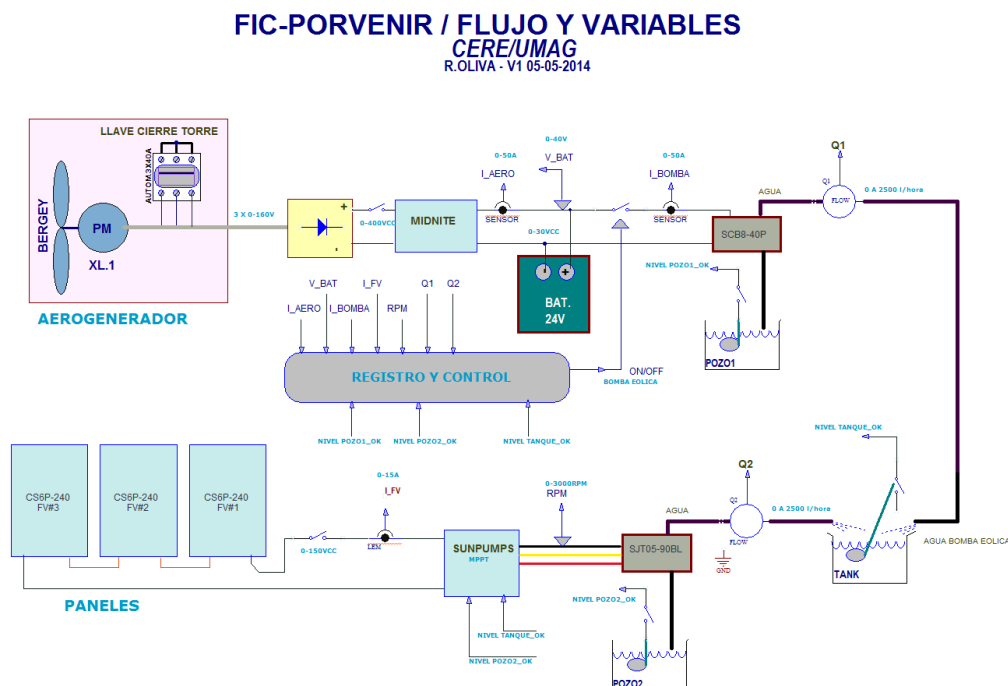


Figura 1: Diagrama simplificado del sistema FIC-Porvenir, indicando flujo de bombeo y variables



Figura 2 – Bomba fotovoltaica (izq), y cañería hacia tanque elevado sobre los invernaderos



Figura 3 – Refugio con paneles instalados (izq), y sistema de control y registro con CR850

El sistema (instalado en el Fundo de la Familia Ilnao en Porvenir en diciembre de 2013) consta de dos bombas, una orientada a conexión directa a un banco de paneles solares (SunPumps SJT-05, Figura 2 izq.) (SunPumps, 2014), 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 en la zona baja y alimentan un tanque de 5000 litros ubicado en el sector alto del fundo (Figura 2- der), para almacenamiento y descarga a sistemas de riego. Asimismo, sobre el refugio (shelter) se montaron los paneles fotovoltaicos (3 unidades de 230 W, mas una unidad de 20W para el registrador), el banco de baterías y demás tableros (Figura 3, izq). En la Figura 3(der) se aprecia el módulo de registro y control basado en el Datalogger CR850. El mismo tiene la ventaja de contar con un display LCD incorporado, de suma utilidad para un sistema de montaje en un sitio remoto. El consumo intrínseco de este equipo es muy bajo, y opera partir de una unidad reguladora/cargadora PS100 con una batería de 12 V/7 Ah, cuya recarga se realiza a través de un panel solar (20 W) independiente conectado directamente al PS100.

En la zona más alta, hacia el oeste, se montó el aerogenerador Bergey de 1 kilovatio, sobre una torre rebatible de 18 metros (Figura 4, der.). El aerogenerador entrega corriente a través de un cable trifásico de 100m de longitud al tablero regulador y al banco de baterías de 24V, y desde allí a su respectiva bomba. Desde mediados de 2013 el CERE instaló además una unidad de medición meteorológica Nomad 2 en una torre independiente de 20 m en ese sector (Figura 4, izq.), para tener registro de viento, temperatura y radiación solar (Oliva y Alborno, 2003).



Figura 4 – Zona alta: Estación Nomad2 (izq), y Montaje aerogenerador Bergey XL.1 24 VCC (der)

OPERACION SUBSISTEMA FOTOVOLTAICO

Operación general:

El sistema de bombeo fotovoltaico opera a través de una unidad de control MPPT de SunPumps, en forma independiente del controlador Campbell, como se aprecia en la Figura 5. La bomba opera cuando existe suficiente radiación y las señales de nivel de pozo y nivel de tanque están en estado "habilitado", bajo control directo del controlador SunPumps. Si bien el módulo Campbell realiza un registro del estado de dichas señales, además de las variables I_FV (corriente de paneles), RPM (giro de la bomba) y caudal (Q2), no se requiere ninguna señal de control que habilite la operación de la bomba. El operador tiene el control sobre el sistema con la llave de encendido ubicada a la salida de los paneles FV1 a FV3.

Para el sensado de corriente se utilizó una placa basada en un sensor de efecto Hall Allegro ACS713 unidireccional de 20 A (L&R Ing.) con aislación galvánica, que proporciona una señal de voltaje proporcional a la corriente, leída por una de las entradas en configuración "single-ended" (SE3) escalada a 0-5 V del controlador Campbell. Para el sensado de RPM, se optó por utilizar la corriente de salida de una de las ramas trifásicas del controlador SunPumps, según sugerencia del fabricante. Dicha corriente, que tiene una frecuencia de 0 a 2500 Hz originada por la conmutación de llaves electrónicas también es medida con una segunda placa L&R Ing. basada en un sensor Allegro ACS714, bidireccional de 20 A con aislación galvánica, la cual proporciona una señal de tensión

alterna centrada en 2.5V y de frecuencia proporcional a la velocidad de giro de la bomba. Esta señal a su vez es filtrada y leída por una tercera placa F2V (L&R Ing.) basada en el tradicional conversor LM2917 que proporciona una señal de tensión continua referida a 0V, proporcional a las RPM de la bomba, registrada a través de la entrada SE5 del controlador Campbell. La señal de caudal de salida del sensor V40 (Resol GmbH) está dada por cierres de interruptor (microrrelé interno), se la refiere a 5V a través de una resistencia y los cierres se cuentan a través de una entrada de conteo de pulsos P2 que proporciona el equipo Campbell.

FIC-PORVENIR / LOGICA BOMBEO FOTOVOLTAICO

CERE/UMAG

R.OLIVA - V3 04-01-2014

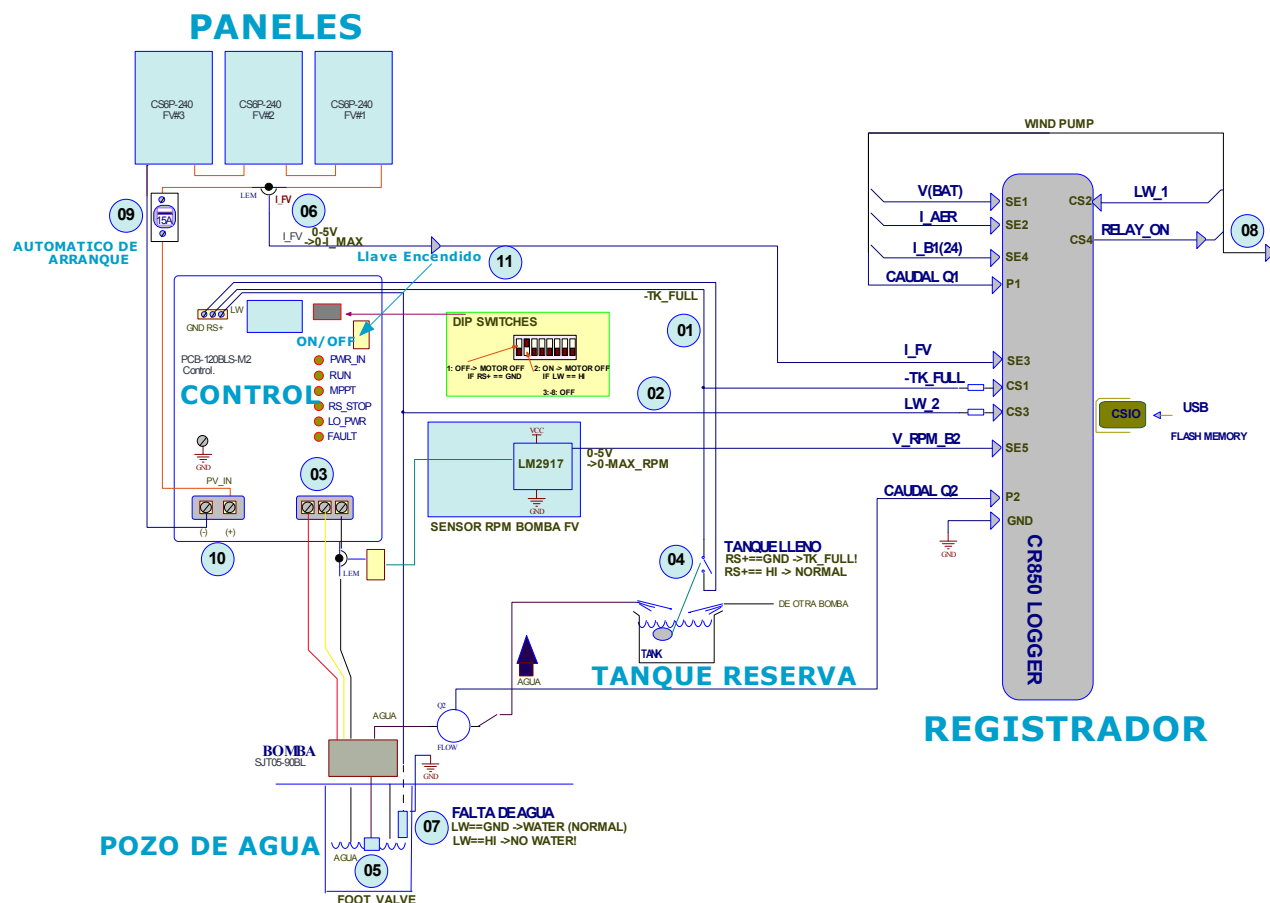


Figura 5 – Diagrama eléctrico detallado del sistema de bombeo FV

Operación detallada:

La operación del sistema fotovoltaico es fuertemente dependiente de las condiciones solares, y del estado del pozo y del tanque receptor. La unidad central Sun Pumps PCB-120BLS (Figura 6-der) realiza las funciones de control. La entrada desde los paneles fotovoltaicos (10, en Figura 5) entrega la corriente de los paneles al controlador. El encendido general del sistema es a través del Interruptor Automático de Arranque (09). El sistema opera siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- (A) La luz solar es suficiente
- (B) El interruptor de nivel del Tanque superior (04) indica que no está lleno y acepta mas agua.
- (C) El interruptor de nivel del Pozo (07) indica que hay suficiente agua y se puede bombear.
- (D) El Interruptor térmico de entrada (09) está en ON, y el Interruptor interno (11) está en ON.

Los LEDs que se muestran en Figura 6 (der) proporcionan un indicio de operación, junto con el display LCD hacia arriba de esa foto. El LED "Power In" (mas arriba) es el que indica que el interruptor (09) está encendido y los paneles proporcionan corriente. Los LEDs ubicados arriba RUN, y MPPT se encienden en el momento que la bomba empieza a girar - y cuando esta alcanza un punto de máxima potencia con la luz que se recibe, respectivamente. Los restantes cuatro LEDs que siguen indican condiciones de detención de la bomba, por bajo nivel de agua en Pozo, o por Tanque lleno, porque la radiación solar no alcanza para mover la bomba, por exceso de corriente sobre la bomba o

por condición de falla del controlador. En operación normal, la válvula de Pie (05 – Figura 5) ubicada debajo de la toma de agua impide que ante la detención de la bomba el agua se descargue hacia atrás de nuevo al pozo.

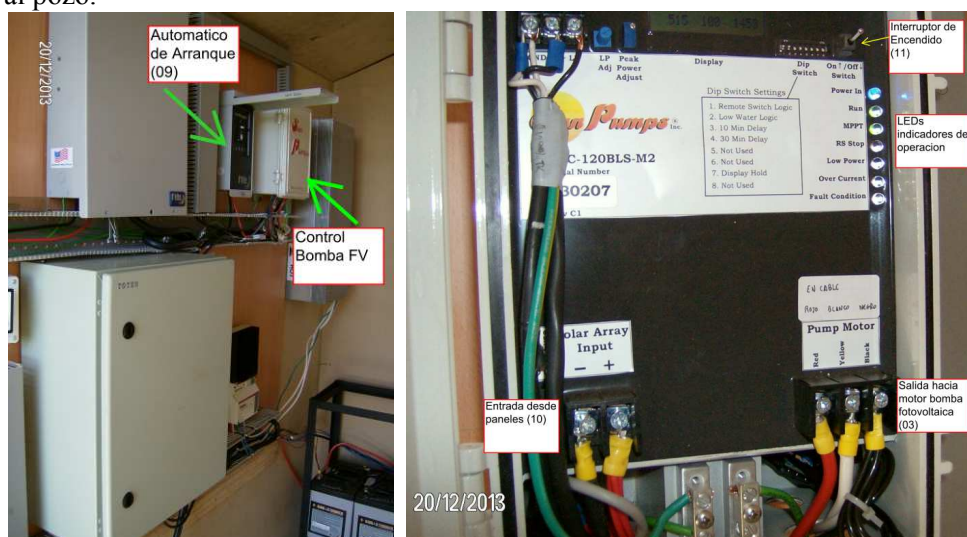


Figura 6 – Interruptor de arranque (09) y panel de control del sistema bombeo fotovoltaico

OPERACION SUBSISTEMA EOLICO

Operación general:

El sistema de bombeo eólico opera a través del banco de baterías de 24 Vcc, que recibe corriente del aerogenerador, y alimenta una bomba específica de SunPumps SCB08-40P (Figura 1, Diagrama Figura 7). Las condiciones de habilitación de la bomba requieren la intervención del controlador Campbell, que verifica la señal común de tanque receptor habilitado (para recibir agua), la de nivel adecuado en Pozo1 (bomba eólica) y además la tensión del banco de baterías. Si el mismo se encuentra muy descargado, no se habilita la operación hasta que el aerogenerador restablezca su producción.

Operación detallada subsistema eólico:

El sistema de bombeo se alimenta del Aerogenerador, ubicado sobre la torre de 18 metros rebatible, a 100 metros del refugio. Dicho aerogenerador suministra corriente al banco de baterías de 24V CC (4 baterías de 6 V / 225 Ah, tipo ciclo profundo en serie) para hacer que opere la bomba, que por una cañería separada hace subir al mismo tanque, el agua de un segundo pozo.

(1) El molino genera corriente (unos 50 a 180V de alterna) que se envían por un cable de exteriores de 100m hacia el refugio. El molino se puede dejar frenado a través de una llave (15 – Figura 7) que cuando está hacia arriba pone en cortocircuito los bobinados del equipo, frenándolo.

(2) El cable llega al tablero de entrada (09), donde ingresa la corriente del molino y se puede replicar el frenado (llave (14)) o interrumpir a través de la llave (13).

(3) La corriente se rectifica en dicho tablero y se envía al primer Regulador 1, Midnite Classic 250 (10), que reduce la tensión de 0-400 Vcc al nivel del banco de baterías (24 Vcc) a través de un convertidor buck interno. El regulador Midnite permite configurar por software la corriente máxima entregada por el molino, que se fija en 35 A. Un segundo regulador Tristar TS60 (11) absorbe excesos de potencia y los disipa en una resistencia, si la batería esta plenamente cargada.

(4) La bomba opera con 24V tomados desde la batería, que funciona como reserva de carga. La conexión y desconexión de la bomba a las baterías es a través de un Relé (02) de 50 A controlado por el equipo Campbell (Figura 7).

La bomba se enciende y el sistema opera siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

(A) La tensión de las baterías está por encima de 19V (Hay un voltímetro V1 - Figura 12 que indica el nivel de tensión de las baterías).

(B) El interruptor de nivel del Tanque superior (04) indica que no está lleno y acepta mas agua.

(C) El interruptor de nivel del Pozo (07) indica que hay suficiente agua y se puede bombear.

(D) El Interruptor térmico hacia la bomba de 24V (justo encima del Relé (02)) está encendido.

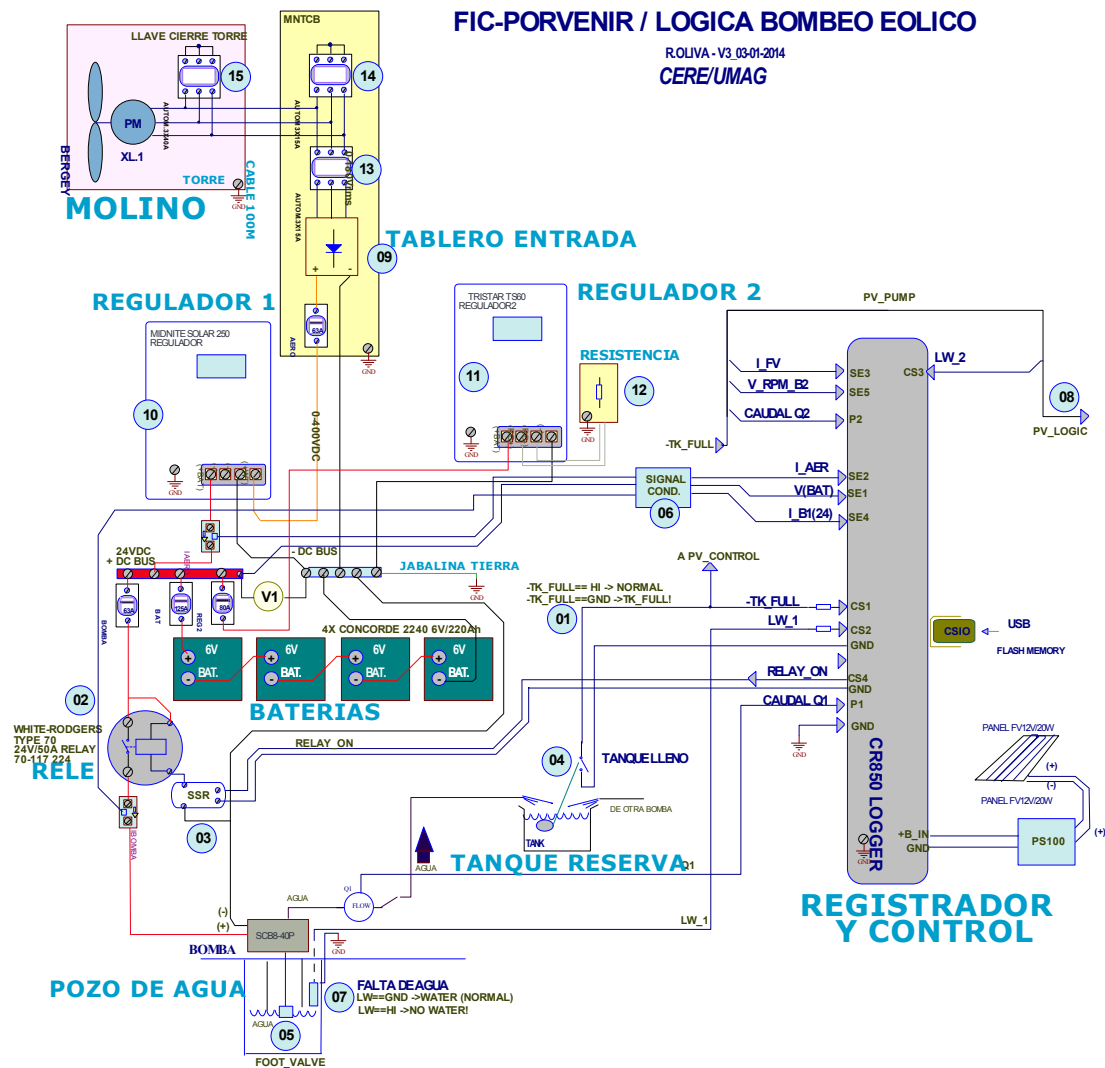


Figura 7 – Diagrama eléctrico del SISTEMA de bombeo 24 Vcc Eolico

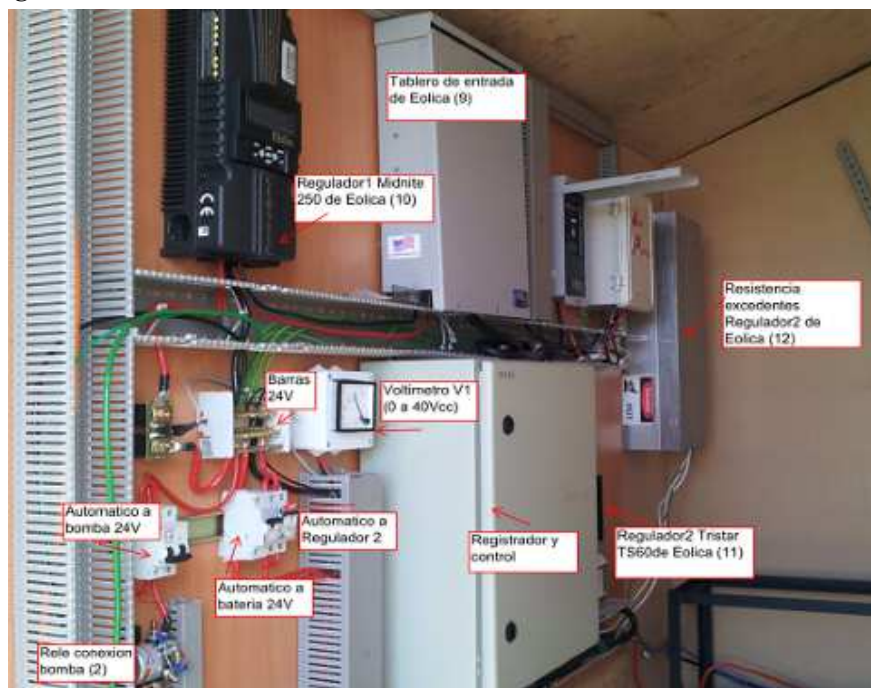


Figura 8 – Detalle elementos del tablero, bombeo 24 Vcc Eolico

MODULOS DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

A efectos de asegurar la integridad de las señales y proporcionar a la vez una protección al logger CR850 en caso de fallas o errores de conexión, se instrumentó sobre una placa DIN prototipo R840 (L&R Ing.) el montaje de los circuitos de protección e interfase de señales, además de las indicaciones de estado del sistema a través de LEDs y un transistor MOSFET para conmutación de la bobina del relé de bomba. El diagrama interno de dicho montaje se muestra en la Figura 9, mientras que en la Figura 10 se aprecia el armado del mismo junto con el módulo mencionado F2V (izq) de conversión frecuencia a tensión, y el módulo de adquisición de tensión de batería y corriente VIN-IAE (derecha).

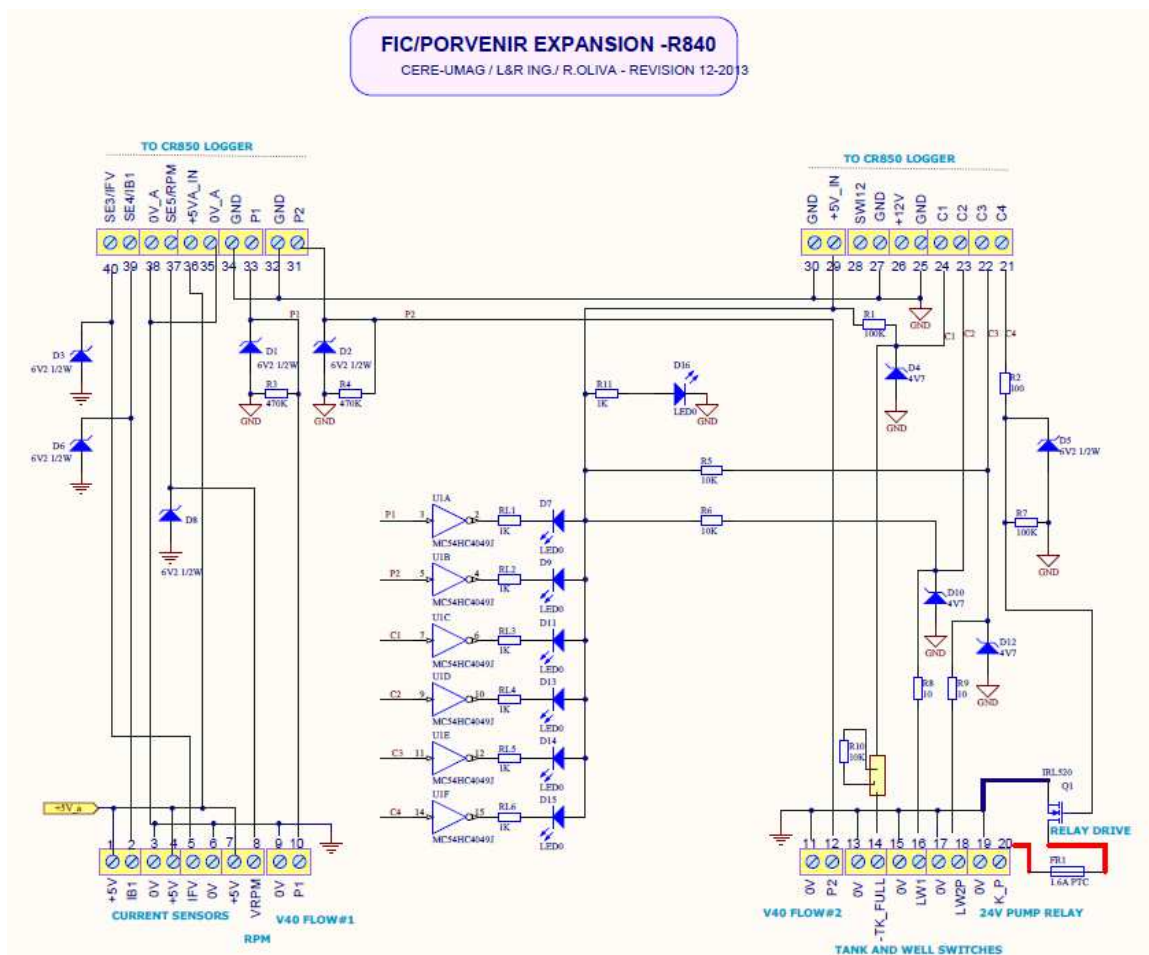


Figura 9 – Diagrama de la placa de acondicionamiento de señales



Figura 10 (izq) Modulo F2V, (centro) Acondicionamiento señales R840, (der) placa VIN-IAE

En la Figura 11 (izq) se muestra en armado el interior de una de las placas de adquisición de corriente, basadas en Allegro ACS714 (aquí bipolar, ± 20 A), y el interior de la placa F2V (izq) basada en el circuito LM2917 de conversión de frecuencia a tensión, aquí sin transformador dado que la aislación galvánica está dada por el sensor Allegro. El conjunto de ambas placas se utiliza para obtener una tensión proporcional a las RPM de salida de la bomba fotovoltaica.

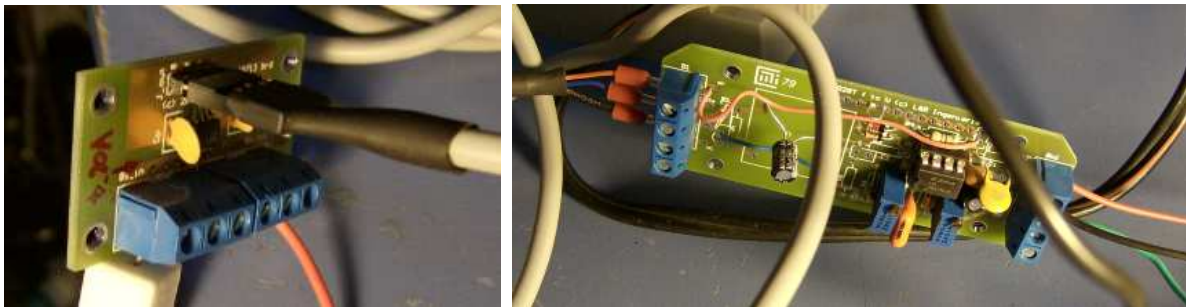


Figura 11 (izq) Placa para ACS714 bipolar, y armado de modulo F2V, (der) para medición de RPM

En la Figura 12 se ilustra el diagrama interno de la placa VIN-IAE (Figura 10, der) (Martin y otros, 2011) (Oliva, 2012) de medición de tensión y corriente del aerogenerador IAE, a efectos de adaptarla a los valores utilizados por el logger CR850.

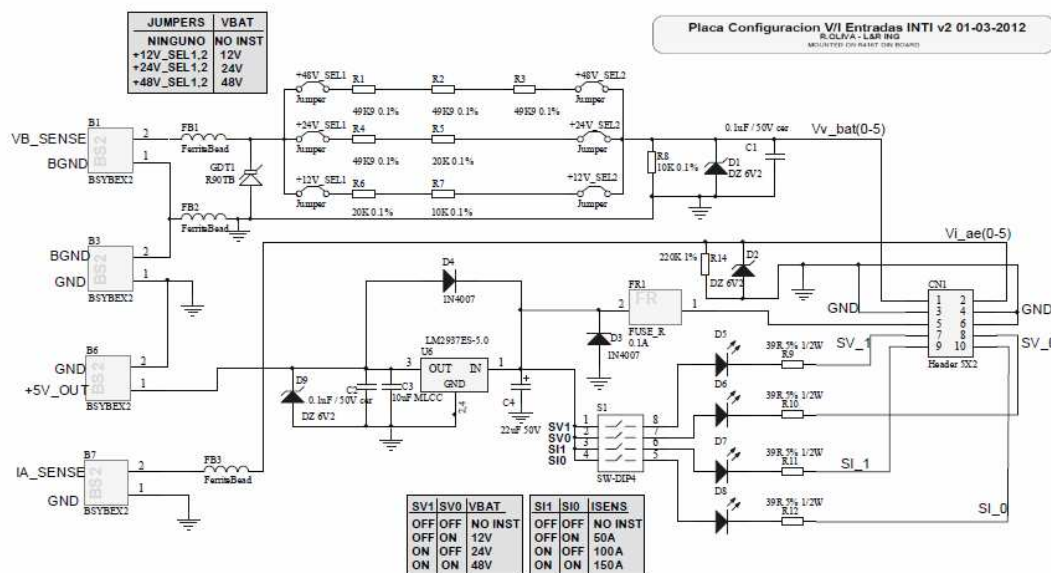


Figura 12 Diagrama de la Placa VIN-IAE utilizada para la lectura de tensión de batería y corriente del aerogenerador (0-50 A)



Figura 13 (izq) Placa para ACS752 con ACS758(50A), y flotantes utilizados en la primera instalación

A la izquierda en la Figura 13 se aprecia el sensor Allegro ACS758-50U y su placa soporte para medición de IAE hasta 50 A (Oliva y otros, 2006,2008). A la derecha en la misma, se aprecian los conmutadores flotantes convencionales utilizados para detección de tanque lleno y depósitos con nivel adecuado de agua, que ya tenían uso y debieron ser reemplazados a inicios de 2014.

SOFTWARE INTERNO DEL CONTROLADOR

El datalogger Campbell Scientific CR850 es un equipo de aplicación general, por lo cual cuenta con un sistema operativo interno multitarea y el usuario puede escribir un programa propio que se descarga a su memoria Flash interna. La programación es compatible con el resto de la línea CR de Campbell y se adapta especialmente a definir un lazo de medición, programando funciones a ejecutar en dicho lazo en lenguaje CRBASIC, un dialecto propietario del antiguo BASIC. El programa realizado por el usuario se depura previamente en una PC utilizando en este caso el software LoggerNet 4.01, para luego descargarlo al Logger. Su estructura para el caso desarrollado del proyecto FIC-Porvenir se muestra en la Figura 14 a través del lazo de programación representado como diagrama de flujo.

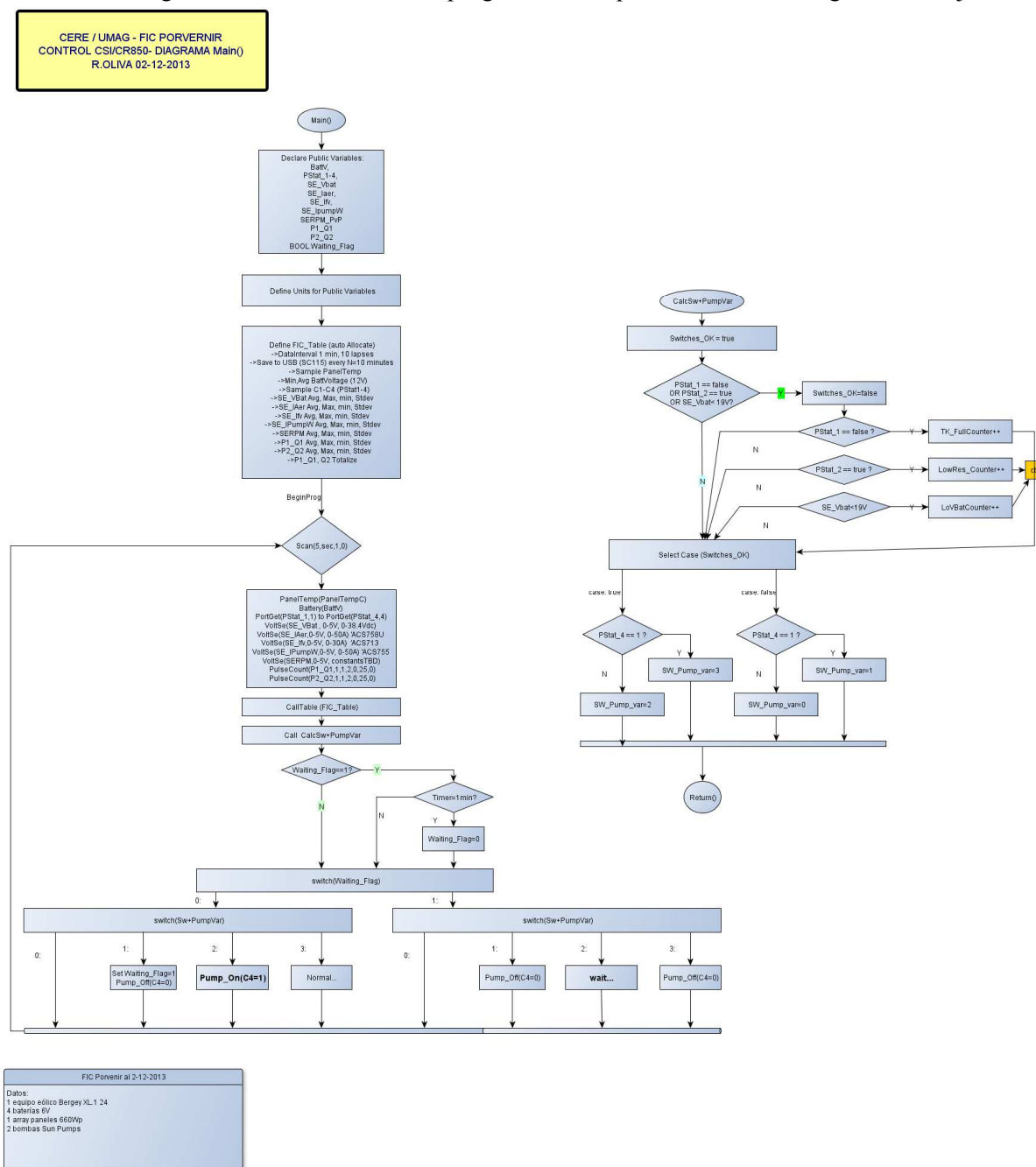


Figura 14 Diagrama de flujo de software interno del logger CR850

Según se aprecia en la Figura 14, el lazo contiene el barrido de los canales analógicos (medidas de Tensión, corriente y RPM) y de contadores de pulsos (caudalímetros Resol V40 1 y 2). En cada lazo se incluye la lectura de entradas digitales (switches de nivel de agua bajo/alto) y el manejo de una salida digital que enciende o apaga la bomba eólica (Figura 8, izq). Cada lazo incluye asimismo operaciones estadísticas (media, máximo, mínimo y desvío estándar) sobre las medidas de cada canal, y establecerá un período en el cual dichos valores se almacenen (ej. cada 10 minutos), en la memoria no volátil y a través de un módulo Campbell SC115 (Figura 15) en un medio de memoria extraíble (compatible con un USB-Drive).



Figura 15 Módulo SC115 de 2GB, utilizado con el logger CR850

El programa comienza realizando una declaración de las variables a utilizar, por ejemplo:

```
Public BattV
Public PanelTempC
' Status input/output 1-4
Public PStat_1
Public PStat_2
Public PStat_3
Public PStat_4
' Main 24V battery voltage
Public SE_Vbat
' Wind Turbine Current
Public SE_Iaer
' Solar panel current
Public SE>Ifv
' Wind 24V pump1 current
Public SE_IpumpW
' Solar pump2 RPM
Public SERPM_PvP
```

Tabla 1 Definición de variables en CRBASIC para aplicación FIC (parcial)

.. y luego define las unidades de ingeniería que utilizará cada variable:

```
Units BattV=Volts
Units PStat_1=On/Off
Units PStat_2=On/Off
Units PStat_3=On/Off
Units PStat_4=On/Off
' Change Scale/offset in VoltSE() instructions 31.10.2013
' Following appear now in Eng. Units: Volts, A, RPM
Units SE_Vbat=Volts
Units SE_Iaer=Amperes
Units SE>Ifv=Amperes
Units SE_IpumpW=Amperes
Units SERPM_PvP=RPM
' Leave as is - 1 pulse = 25 liters using V40-2.5
Units P1_Q1=Counts/Hz
Units P2_Q2=Counts/Hz
```

Tabla 2 Definición de unidades de ingeniería en CRBASIC para aplicación FIC (parcial)

Un tema importante es la definición de la tabla de almacenamiento, que se utilizará con el SC115, que requiere una asignación de memoria, define el intervalo de tiempo, el formato y la ubicación (Tabla 3)

```
DataTable(FIC_Table,True,-1)
'DataInterval parameters: TimeIntoInterval,Interval, Interv_units,lapses)
'Here we use:          0, 1, Min, 10 (Max lapses allowed=10)
DataInterval(0,1,Min,10)
'Replace CF Cardout with TableFile, for use with SC115
'Parms: USB:Filename,
'format,MaxNFiles,NofRecords,Interval,Units,Status,LastFile)
'Here: FICTest1, ASC, AutoAll.,Save after 60 recs (10,0,Min), 0,0 7.1.2014
TableFile ("USB:FICTest1",8,-1,60,0,Min,0,0)
'SC115 Resident mode with N of records
...
```

Tabla 3 Definición de tabla de almacenamiento, ubicada en USB

Además, deben definirse las operaciones a realizar en cada lazo, por ejemplo:

```
Sample(1,PStat_1,FP2) 'Muestras de entradas discretas
Sample(1,PStat_2,FP2)
Sample(1,PStat_3,FP2)
Sample(1,PStat_4,FP2)
Average(1,SE_Vbat,FP2,False) 'Promedio y estadísticas entradas analógicas
Maximum(1,SE_Vbat,FP2,False,True)
Minimum(1,SE_Vbat,FP2,False,False)
StdDev(1,SE_Vbat,FP2,False)
Average(1,SE_Iaer,FP2,False)
Maximum(1,SE_Iaer,FP2,False,False)
Minimum(1,SE_Iaer,FP2,False,False)
StdDev(1,SE_Iaer,FP2,False)
```

Tabla 4 Definición de operaciones a realizar en cada lazo (parcial)

Asimismo, dentro del lazo, se deben definir las lecturas y sus escalas para la operación de cada canal, por ejemplo para la tensión de batería, se tiene (Tabla 5):

```
' VoltSE( Dest,Reps,Range,SEChannel,MeasOFF,SettT,Integ,Mult,Offset)
' 2.12.13 Current Calibration - altered coefficients from CSI6, see
' Work_SoftwareProjectDoc/FIC-Porvenir/Sensors for XLS files
' A)
' Single-Ended Voltage meas. of wind battery voltage SE_Vbat (nom24V)
' m1= 0.008 (24V range) b1= 0.0 - See CSI6 page
' Range aprox. 0 to 38.4V DC
VoltSe(SE_Vbat,1,mV5000,1,False,0,_50Hz,0.008,0.0),FP2,False)
```

Tabla 5 Definición de operaciones a realizar en cada lazo (parcial)

Finalmente, existen definiciones de lógica de operación que manejan las señales de entrada y salida (Figura 7) según lo indicado en Figura 14, que permiten una sencilla implementación en CRBASIC, por ejemplo de la lógica para encendido de bomba eólica mencionada anteriormente. El sistema continúa en operación en los meses de setiembre a mayo, época de actividad de los invernaderos.

CONCLUSIONES

Se ha podido mostrar una implementación de equipamiento para registro de datos en una experiencia comparativa eólica – fotovoltaica en funcionamiento desde fines de 2013 para un emplazamiento rural en el sur de Chile, utilizando en este caso un componente principal de probada calidad como resulta ser el logger Campbell Scientific. Asimismo, se muestran aspectos de acople a sensores, fuente de alimentación, protecciones y programación de dicho equipo que pueden resultar de utilidad para aplicaciones similares en otros proyectos.

REFERENCIAS:

Vidal, H., Oliva, R., Gallardo, M.R., Fiorentine, J. (2014) " Sistemas de bombeo eléctrico con energías renovables a nivel productivo en la provincia de Tierra del Fuego / XII Región (Chile) - Primeros resultados." Acta de la XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 2, pp. 06.97-06.105, 2014 - ISBN 978-987-29873-0-5

CampbellSci (2014) Campbell Scientific: <http://www.campbellsci.com/cr800-series>

SunPumps (2014) Sunpumps Inc.: <https://www.sunpumps.com/>

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 Region (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

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

Martín G., Duzdevich J., Oliva R. (2011). "Plataforma de ensayo para pequeños aerogeneradores" Asades 2011 / Averma; ISSN 0329-5184; vol.15 pp 6.105–6.112.

Oliva R., Cortez N., Jones R. (2008) "Procesamiento de mediciones de potencia eléctrica en pequeños sistemas eólicos domiciliarios" ASADES 2008 / AVERMA; ISSN 0329-5184; vol 13; p6-35

Oliva R. y Vallejos, R. (2006) "Requerimientos para la evaluación de curvas de potencia en aerogeneradores de baja potencia para carga de baterías - Diseño de su implementación" ASADES 2006 / Comunicación; ISSN 0329-5184; vol 10 pp 6.05-6.07.

Oliva R., Albornoz C. (2003) "Operation and Two-year production data report of a wind-powered rural school in South Patagonia", Proceedings of 2nd World Wind Energy Congress, Cape Town, South Africa, 23-26 November 2003.

ABSTRACT: This paper presents some specific issues and solutions developed for a data acquisition system in an isolated region near the city of Porvenir, Chile. The measurement system is intended to evaluate two electric water-pumping systems, one of them using photovoltaic converters, and the other one using wind energy, and it is based on a Campbell Scientific CR850 datalogger. The project was financed by FIC (Fondo de Innovación para la Competitividad), a development fund from the government of Chile, and developed by CERE (Centro de Estudios de Recursos Energéticos) at the University of Magallanes in Punta Arenas, Chile. The system has been operating without problems since the end of 2013, during the spring to late autumn period. Most of the interface circuits, power supply and programming issues in CR-BASIC are described, and it is hoped that this work will be of use to other projects seeking to implement similar measurements.

Keywords: wind energy, small wind turbine, solar energy, water pumping, data logger, software