

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL REMOTO PARA UN GENERADOR DE ELECTRICIDAD CON UN CONCENTRADOR FRESNEL

D. Hoyos T. Moya M. Villena, V.H. Serrano,

Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO-CONICET)
Universidad Nacional de Salta (UNSa)

Recibido 17/08/14, aceptado 27/09/14

RESUMEN: El presente trabajo tiene por objeto describir el diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de monitoreo y control remoto para instalaciones solares complejas. El sistema utiliza para la adquisición de datos un microcontrolador pic 18f4550, para el control del sistema un chip BCM2835 y para la transmisión a distancia distintos sistemas de conectividad por internet: wifi y 3g.

Palabras clave: Energías Renovables, electrónica de control, redes de sensores, procesamiento embebido.

INTRODUCCIÓN

Un sistema de generación de vapor que utiliza concentradores solares del tipo fresnel [Häberle et. al. 2000]; [F. M. Al-Naima, 1990] está compuesto por el campo solar, la unidad de acumulación y el bloque de potencia.

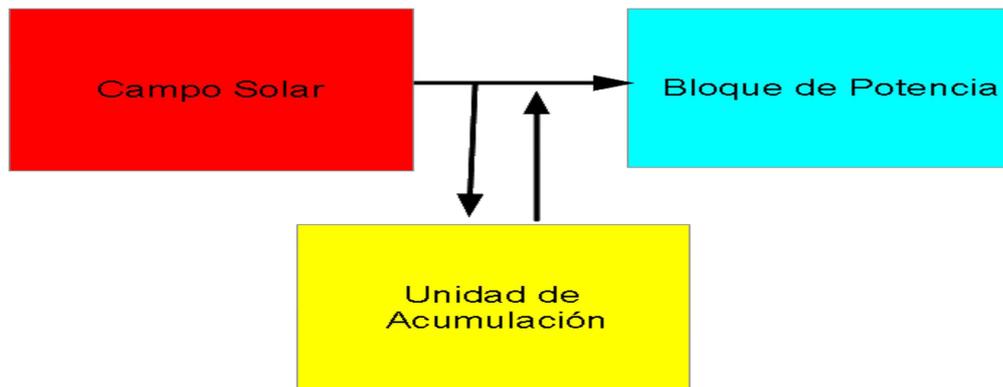


Figura 1: Esquema del sistema

El campo solar está compuesto por el campo de espejo y el absorbedor. El campo de espejo concentra la radiación solar directa en el absorbedor. En el absorbedor se calienta el agua hasta convertirse en vapor a alta temperatura y presión. Una descripción de este sistema se encuentra en [Altamirano, et al 2013].

El bloque de potencia está compuesto por el motor de vapor, el generador sincrónico, el condensador y el depósito de agua. El vapor obtenido se envía al motor de vapor y en la salida del mismo, se obtiene una mezcla de vapor y agua la cual se termina de enfriar en el condensador. El agua se envía a un depósito y se reinyecta al sistema. El sistema en principio será un sistema aislado y posteriormente se conectará a una red.

La unidad de acumulación permite acumular la energía obtenida por los espejos como energía térmica lo cual es una de las ventajas de este sistema. El sistema consiste en un bloque de hormigón aislado térmicamente con lana de vidrio recorrido en su interior por caños. Una descripción del estado del arte en el tema se encuentra en [Kuravi et al, 2013]

La figura 2 muestra el prototipo de la instalación para la generación eléctrica mediante concentradores solares del tipo fresnel en donde se puede observar el campo de espejos, el absorbedor y el acumulador que se encuentra a una distancia de 5 metros del absorbedor..

El esquema general de la instalación se encuentra en la figura 3, se muestran, en forma simplificada, los componentes del sistema: campo de espejos, absorbedor, motor de vapor, condensador, bomba, depósito de agua y el circuito del fluido (agua) en sus dos estados: líquido y vapor. El control de este complejo sistema requiere una estrategia de control sofisticada. La misma se plantea en [Hoyos et al, 2010]. Se puede sintetizar la propuesta en que cada parte del sistema que pueda operar en forma autónoma, disponga de una pequeña computadora que controle esa parte, cada computadora forma parte de una red donde una computadora más avanzada se encarga de controlar cada una de las pequeñas computadoras. Este esquema permite desarrollar las

partes en forma aislada. A la fecha, el control del campo de espejos se realiza a través de un sistema de una computadora por espejo conectadas en una red zigbee tal como se describe en [Hoyos et al, 2011] donde se desarrollo un protocolo propio dado que los existentes no parecían adecuados.



Figura 2: Instalación del generador de vapor basada en concentradores solares de Fresnel

Se probaron diversas configuraciones como las mostradas en [Moya, 2010] desarrollo de sistema basado en MODBUS, donde se comparan además las distintas redes posibles. [Villena, 2009], [Moya, 2012] En este trabajo se describe la implementación de la computadora central, las redes de comunicación y la computadora que controla el bloque de potencia.

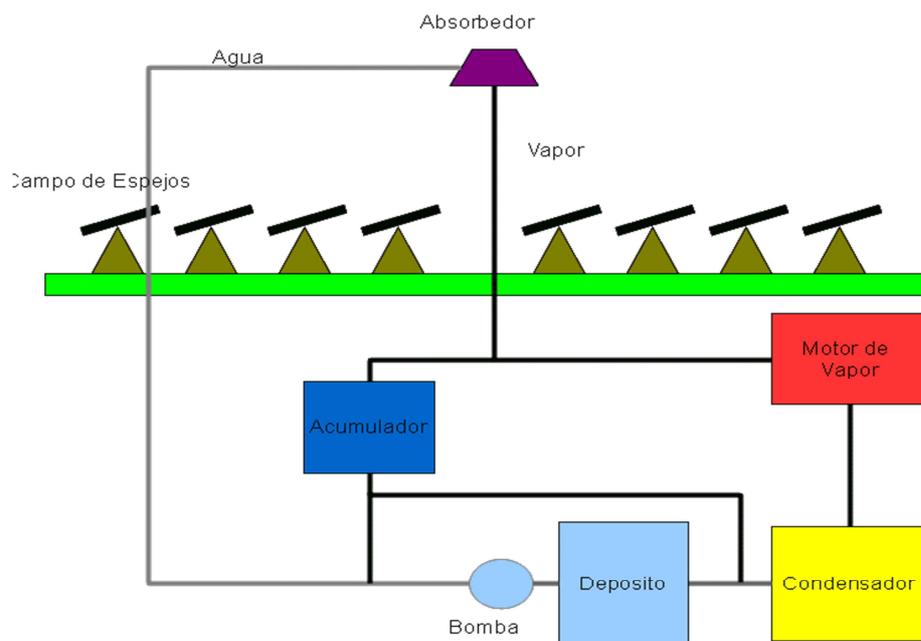


Figura. 3: Esquema general del sistema

SISTEMAS EMBEBIDOS

En los últimos años surgieron muchas opciones de diversos fabricantes destinados a sistemas de control para aplicaciones específicas (sistemas embebidos) como también se ofrecen dispositivos con funcionalidades similares a una computadora personal con un equipamiento mínimo y de costo reducido. En este tipo de dispositivos se pueden encontrar procesadores diseñados para realizar tareas con el menor consumo posible de recursos y con una cantidad de memoria mínima, un circuito del tipo System On Chip (SoC) que concentran el procesamiento gráfico compartiendo la memoria con el procesador principal de sistema. Así podemos encontrar equipos de este tipo: BeagleBone, Raspberry Pi y otros, todos ellos equipados con procesadores ARM similares a los que operan los smart phones y tablets. Generalmente incluyen entre 256 y 512 MB de memoria principal (compartida entre memoria de uso general y GPU para el video) el almacenamiento principal se realiza en memorias del tipo SD (similares a las utilizadas en las cámaras fotográficas) y puertos de entrada/salida de uso general.

En lo referente al software, debido a que disponen de más memoria que los microcontroladores de 16 o 32 bits, se pueden realizar cálculos avanzados utilizando software de cálculo tales como Scilab o rutinas de cálculo de software como python. Se utilizan distribuciones linux adaptadas a la familia de microprocesador que se esté utilizando.

Existen microcontroladores de 16 y 32 bits con memorias pequeñas de máximo 32 K pero con diversas interfaces tales como entradas y salidas digitales, moduladores por ancho de pulsos y conversores AD. Estos sistemas ocupan otra franja de aplicaciones en donde es prioritario la conexión con los sensores y actuadores, En cuanto al software de estos equipos se programan en C o assembler.

ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL

La arquitectura del sistema se muestra en la figura 4. El control general tiene como función dirigir el funcionamiento del sistema completo, realizar la comunicación con el operador y el mundo exterior a través de Internet. Con el operador se comunica utilizando el router WIFI y con el exterior utilizando el modem 3G. El sistema de control se encuentra distribuido en todo el campo de experimentación.

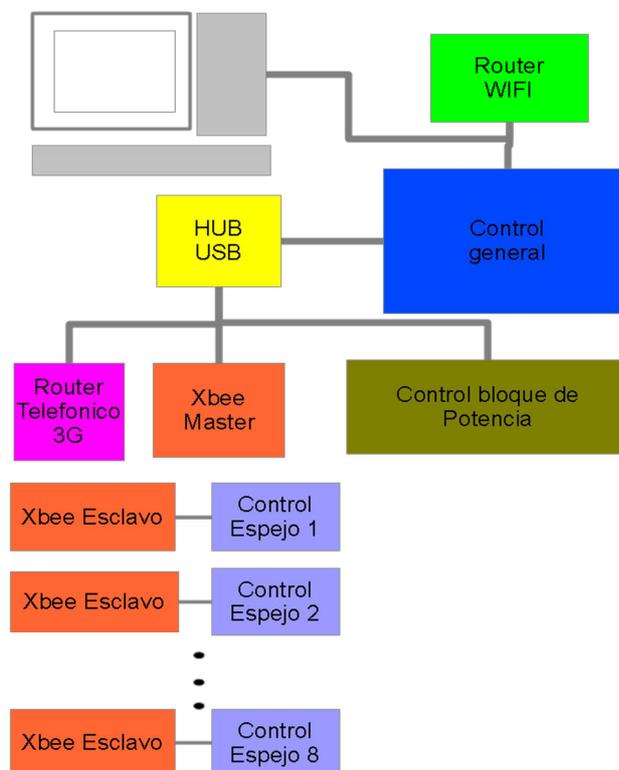


Figura 4: Esquema general del sistema de control

El sistema que se desea controlar se encuentra en una región relativamente alejada y el predio donde se encuentra el sistema es relativamente extenso, para la puesta a punto del equipo se requiere que distintos investigadores puedan acceder al control central al mismo tiempo con sus computadoras, por esta razón se utiliza

la red local wifi de forma que en el predio distintas personas puedan acceder al control de los distintos componentes del sistema. También se debe monitorizar distintas variables a distancia: posición de cada espejo temperatura en distintos lugares del fluido, presión de vapor, caudal de agua, en este sentido se agregó el router telefónico. Por seguridad desde el router telefónico (INTERNET) no se puede acceder al control.



Figura 5: Control central

En la figura 5 se puede observar el gabinete donde se encuentra el control central, en el cual se muestra la microcomputadora raspberry pi encargada del control general, la plaqueta con Xbee que controla la red zigbee y el router wifi que organiza la red local.. La ubicación geográfica de este tablero será en

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN Y COMANDOS

Se debe destacar que todos los sistemas presentados en la figura 4 están en desarrollo. El protocolo presentado fue desarrollado para esta aplicación y se presentaron en [Hoyos et al, 2012], el mismo tiene una cierta semejanza al protocolo MODBUS El conjunto de comandos evoluciona según las necesidades que se plantean en la operación del sistema. Para la interoperabilidad de los distintos nodos, se tuvo que implementar protocolos para definir y codificar las distintas operaciones que involucran a cada nodo y su inclusión en la red. Los protocolos desarrollados tienen el formato:

Encabezado	Número	Función	Numérico	Terminador
------------	--------	---------	----------	------------

En donde el campo “Encabezado” está compuesto de tres variables, identificado con los caracteres “xyz”. “Número” es el campo que identifica al dispositivo. En el campo “Función” se codifican las acciones que puede realizar el sistema, está dividida en dos sub-campos: en el primero se elige, motor paso a paso, servomotor, salida digital, AD PWM, temperatura; mientras que en el segundo las acciones ya sea para activar o desactivar un puerto. “Numérico” es el campo donde se ubican los datos numéricos que necesitan algunas instrucciones. “Terminador” es una bandera especificada por el carácter “t” que se utiliza para indicar que se terminó de enviar la información.

Cada parte puede funcionar en forma autónoma, tiene una microcomputadora que la controla. Las partes que se desarrollaron o que están en prueba y desarrollo son:

- ⤴ Control de tracking de los espejos (ocho controles)
- ⤴ Control de bloque de potencia

El seguimiento de cada espejo puede operar automáticamente o manualmente. En caso de operación manual utiliza un conjunto de comandos que permiten posicionar los espejos desde una computadora y se muestran en la tabla 1. Las situaciones a la que puede reaccionar son: proteger el espejo en caso de tormenta o granizo, reposicionarlo en caso de perder la orientación, mover los espejos en caso de ser necesario para enfriar el fluido o posicionarlo al inicializar el sistema. En modo automático el programa del microcontrolador sigue una rutina la cual lee en una tabla la velocidad que debe tener el espejo cada minuto y controla la velocidad del motor paso a paso.

Protocolo Comunicación

Encabezado			Tipo	Numero		Función		Datos numéricos				Terminador		
x	Y	Z	m	0	1	x	X	0	1	2	3	4	T	
x	Y	Z	m	0	1	m	M	0	1	2	3	4	T	modo manual
x	y	Z	m	0	1	m	U	0	1	2	3	4	T	modo automático
x	y	Z	m	0	1	m	E	0	1	2	3	4	T	posiciona en el punto inicial del espejo
x	y	Z	m	0	1	m	P	0	1	2	3	4	T	Prender
x	y	Z	m	0	1	m	A	0	1	2	3	4	T	Apagar
x	y	Z	m	0	1	l	H	0	1	2	3	4	T	Leer la hora
x	y	Z	m	0	1	l	M	0	1	2	3	4	T	leer los minutos
x	y	Z	m	0	1	l	S	0	1	2	3	4	T	leer los segundos
x	y	Z	m	0	1	l	N	0	1	2	3	4	T	leer los minutos desde inicio
x	y	Z	m	0	1	e	H	0	1	2	3	4	T	escribir la hora
x	y	Z	m	0	1	e	M	0	1	2	3	4	T	escribir los minutos
x	y	Z	m	0	1	e	S	0	1	2	3	4	T	escribir los segundos
x	y	Z	m	0	1	e	N	0	1	2	3	4	T	escribir los minutos desde el inicio
x	y	Z	m	0	1	e	P	0	1	2	3	4	T	escribir la posición
x	y	Z	m	0	1	e	D	0	1	2	3	4	T	escribir el día
x	y	Z	m	0	1	e	I	0	1	2	3	4	T	Escribir el periodo del motor

Tabla 1: Comandos del protocolo de comunicación seguimiento de espejos

El control del fluido implica cálculos demasiados sofisticados para que lo realice un microcontrolador, dado que requiere complejas librerías de cálculo. La pequeña computadora que acciona los actuadores (electroválvulas, bombas) y mide en los sensores (presión, temperatura, caudal) utiliza un conjunto de comandos que responde al protocolo de comunicación y se muestra en la tabla 2.

Protocolo Comunicación														
Encabezado			Tipo	Numero		Función		Datos numéricos				Terminador		
x	y	Z	v	0	1	a	X	0	1	2	3	4	T	Medir canal 0
x	y	Z	v	0	1	a	X	1	1	2	3	4	T	Medir canal 1
x	y	Z	v	0	1	u	X	0	1	2	3	4	T	Apagar v0

x	y	Z	v	0	1	u	X	1	1	2	3	4	T	Prender V0
x	y	Z	v	0	1	u	X	2	1	2	3	4	T	Apagar V1
x	y	Z	v	0	1	u	X	3	1	2	3	4	T	Prender V1
x	y	Z	v	0	1	u	P	0	1	2	3	4	T	Prender PWM 1
x	y	Z	v	0	1	u	A	0	1	2	3	4	T	Tiempo de alto PWM 1
x	y	Z	v	0	1	u	N	0	1	2	3	4	T	Apagar PWM 1
x	y	Z	v	0	1	u	P	0	1	2	3	4	T	Prender PWM 2
x	y	Z	v	0	1	u	A	0	1	2	3	4	T	Tiempo de alto PWM 2

Tabla 2: Comandos del protocolo de comunicación bloque de potencia

Los requerimientos de conectividad del sistema se resuelven de la siguiente forma:

A través del puerto USB, se conecta con:

- ▲ el campo de espejos utilizando una red zigbee [Hoyos et al, 2012]
- ▲ el bloque de potencia
- ▲ Internet utilizando un modem 3G

El puerto ethernet permite conectar con un router wifi al operador

CONTROL GENERAL

Se utiliza un sistema que empezó a comercializarse en 2012, se trata de un dispositivo que tiene una excelente relación costo/beneficio conocido comercialmente como Raspberry Pi. Se puede utilizar para diversas aplicaciones como la domótica y control o como una diminuta computadora personal. Este dispositivo cuenta con un procesador ARM (el mismo que comanda la mayor parte de los smart-phones de la actualidad).

El equipo utilizado para este trabajo es la versión B, equipado con un microprocesador ARM1176JZF-S que opera a 700 Mhz, la memoria RAM principal del equipo es de 512MB compartida con la GPU (procesador gráfico) en un Broadcom BCM2835 SoC. Habiendo llevado a cabo los ensayos respectivos se obtuvo en la práctica unos 384MB de RAM para el usuario. Este sistema incluye Salida de Video Compuesto con un conector RCA y también un conector High Definition Multi-media Interface (HDMI) que permite conectar con un televisor o monitor de alta definición. El dispositivo cuenta con dos conectores USB 2.0, una interfaz de red Ethernet de 10/100 Mbps. Para probarlo se utiliza como almacenamiento secundario una memoria SD de 8GB en la cual se instaló el sistema operativo para operar el dispositivo. La Raspberry Pi incluye un puerto con entradas/salidas de propósito general (General Purpose Input/Output: GPIO) que fueron utilizadas para el control propiamente dicho. Los pines GPIO permiten interactuar con diversos componentes electrónicos. La figura 5 muestra un sistema embebido Raspberry Pi conectado a una red ethernet mediante un conector RJ45 y alimentado mediante un conector microUSB.



Fig. 5: Raspberry Pi

El sistema operativo que comanda la Raspberry Pi [Raspberry, 2013] es una distribución linux, el fabricante ofrece diversas opciones adaptadas a la plataforma ARM en su sitio web (Debian, Archlinux, Fedora entre otros). La bibliografía consultada recomienda el uso de Raspbian, la misma está basada en Debian 7 (wheezy) e incluye las utilidades básicas del sistema operativo, un escritorio gráfico con muy pocos requerimientos de hardware LXDE y algunas opciones para la programación: un entorno de desarrollo para Python (IDLE) y el compilador GCC para el lenguaje C. Al tratarse de una distribución derivada de Debian, con sus correspondientes repositorios accesibles en Internet se puede obtener más de 35.000 paquetes de software de la distribución.

BLOQUE DE POTENCIA

Está compuesto por un microcontrolador PIC18F4550 [microchip, 2010] el cual fue programado utilizando C18. El sistema funciona con un cristal de 20Mhz y se comunica con el control central a una velocidad de 9600 baudios. Esta velocidad se considera adecuada para el actual desarrollo del sistema, pero se realizaron ensayos y el sistema funciona adecuadamente hasta 57600 baudios.

El microprocesador trabaja en forma manual o automática En modo manual el funcionamiento del mismo consiste en esperar que el módulo USB reciba una orden según el protocolo que se muestra en la Tabla 1 y realizar la tarea correspondiente. Las posibles tareas pueden dividir en:

1. Control de puertos digitales
2. Medición de canales analógicos
3. Control de módulo PWM

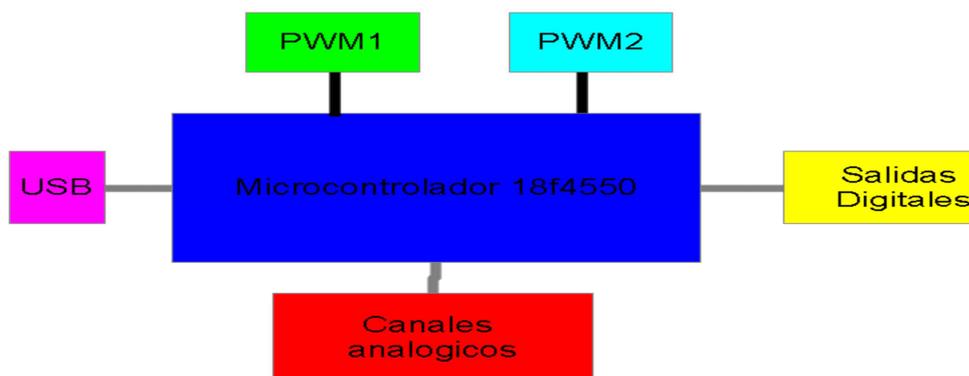


Figura 5: Diagrama de bloque de potencia

LENGUAJE DE PROGRAMACION PYTHON

En los últimos años se debate sobre los lenguajes de programación que deben usarse y en particular el debate se abre sobre aplicaciones específicas, lo cierto es que con el devenir de los años la programación de los dispositivos electrónicos debe ser cada vez más portable, es decir, debe brindar la posibilidad de portar el mismo código fuente a distintas plataformas, a su vez, el lenguaje de programación debe ser legible ya que la complejidad de los programas impulsa al trabajo colaborativo (en equipo) sumado a lo anterior, el lenguaje elegido debe ser necesariamente de alto nivel (esto facilita los ítems anteriormente mencionados).

El lenguaje de programación Python fue creado a finales de los años ochenta, sin embargo el auge del uso de python se produjo en los últimos años. Es un lenguaje multiparadigma, es decir, se pueden utilizar varios estilos: programación orientada a objetos, programación imperativa y programación funcional. Es interpretado y multiplataforma, se pueden encontrar intérpretes para distintas plataformas: Unix, Linux, Windows, etc

PROGRAMA DE CONTROL

Al estar el sistema en desarrollo el programa tiene distintas formas de operación:

- Operación manual desde una computadora en el radio del route
- Operación automática desde una computadora en el radio del route
- Operación automática desde el control central
- Monitorización a distancia cuando el operador no se encuentre en el lugar

La primera opción se utiliza en el comienzo de la etapa del desarrollo. En el control central se encuentra un programa servidor socket que espera órdenes desde internet en un puerto determinado. Estas órdenes deben tener el formato especificado en las tablas 1 y 2. Al recibir las mismas el servidor las envía a las distintas microcomputadoras para que realicen las acciones especificadas. Del lado cliente (PC) se desarrollo una interfaz grafica para controlar el bloque de potencia la que se muestra en la figura 6. Este programa se desarrolló sobre python.



Figura 6: Interfaz grafica que utiliza socket cliente

El sistema de control debe abrir y cerrar válvulas, las mismas reciben el nombre de v0, v1 v2 y v3. Esta parte del sistema no fue probado sobre el prototipo y por lo tanto no se especifico la función.

Para la segunda opción se desarrollaron dos librerías una en python y la otra en scilab. Estas librerías actúan como un cliente del servidor socket y envían ordenes al mismo de forma que desde una PC que se encuentre en el radio del route WIFI se puede probar y o optimizar distintos algoritmo de control. En la tabla 3 se muestra alguna de las rutinas que se desarrollaron

Función	Nombre en python	Nombre en scilab
Encender Valvula 0	Prender_v0_s	Prender_v0_s
Apagar Valvula 0	Apagar_v0_s	Apagarr_v0_s
Encender Valvula 1	Prender_v1_s	Prender_v1_s
Apagar Valvula 1	Apagar_v1_s	Apagarr_v1_s
Encender Valvula 2	Prender_v2_s	Prender_v2_s
Apagar Valvula 2	Apagar_v2_s	Apagarr_v2_s
Encender Valvula 3	Prender_v3_s	Prender_v3_s
Apagar Valvula 3	Apagar_v3_s	Apagarr_v3_s
Medir en el canal 0	medir_adc_0_s	medir_adc_0_s
Medir en el canal 1	medir_adc_1_s	medir_adc_1_s
Medir en el canal 2	medir_adc_2_s	medir_adc_2_s
Medir en el canal 3	medir_adc_3_s	medir_adc_3_s

Tabla 3: Rutinas para controlar el sistema

La tercera opción operación automática desde el control central se desarrollara una vez que se disponga de un algoritmo confiable fruto de la prueba del sistema. El programa desarrollado en python o Scilab es colocado en el control general y se ejecuta en el mismo. Se utilizan las mismas funciones del punto dos

Cómo está prevista la comunicación del sistema con el exterior a través de Internet, normalmente usando 3G, se plantea la necesidad de una interfaz acorde. Una interfaz web basada en texto (sin uso intensivo de gráficos) se adapta perfectamente por ser: liviana, porque requiere poco tráfico de datos y portable ya que para su uso sólo se requiere de un navegador de Internet, disponible en todos los sistemas operativos actuales.

El desarrollo de esta interfaz puede facilitarse en gran medida haciendo uso de algún Framework Web para Python, éstos son conjuntos de bibliotecas de código, en este caso orientadas al diseño de aplicaciones Web, que pueden reutilizarse fácilmente. Dentro de las opciones disponibles se optó por Flask, un framework minimalista que es software libre. La aplicación Web obtenida se comunica con el programa de control usando socket y por lo tanto puede funcionar en el mismo equipo o en otro equipo remoto con el que exista conectividad IP.

RESULTADOS

La estrategia de control general se presento en [Hoyos et al, 2012]. Dada la complejidad del sistema se supone que este sistema es un conjunto de sistemas que interaccionan entre si. Se trabaja con inteligencia distribuida y dos redes de comunicacion.

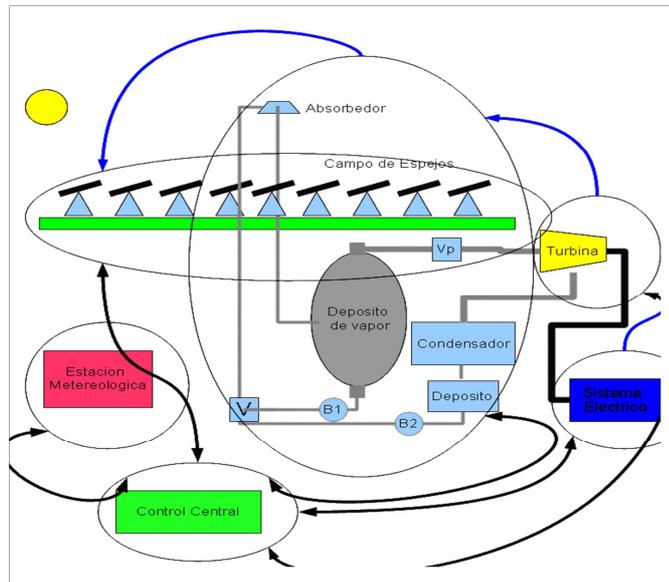


Figura 7: Esquema del sistema

El sistema que controla los espejos dispone de un microcontrolador por espejo y está conectada con el resto del sistema a través de la red zigbee. Cada espejo posee un programa que cambia la velocidad de los motores una vez por minuto según una tabla de velocidades, existe una tabla por día del año. Esto permite mantener el sistema en ensayo de laboratorio con una precisión de 0.2 grados.



Figura 8: tablero de control de espejo



Figura 9; absorbedor en funcionamiento

En la figura 8 se muestra el tablero de control de un espejo se puede observar el microcontrolador LPC1345, la placa Xbee el control de potencia. El sistema sigue la trayectoria de los rayos desde la 10:00 horas hasta las 16:00 horas, a partir de ese momento los espejos giran y se colocan en posición invertida hasta la mañana en donde se ubican en la posición correspondiente del día siguiente. En caso de inclemencia climática los espejos se colocan en posición invertida. En caso de nubes los espejos siguen la su trayectoria normal para comenzar a calentar el sistema apenas se disponga de radiación directa. En la figura 9 se muestra el absorbedor y la mancha provocada por la concentración de los rayos sobre el espejo. Se ensayo el sistema durante cinco días y no perdió la sincronización en ningún momento.

Este sistema consume por espejo 0.280 kw-h en un día. El mayor consumo del sistema es la bomba de ½ HP que debe trabajar las seis horas diarias.

Del bloque de potencia se ensayo el control de velocidad de la bomba y la medición de presión de agua. El sensor de presión funciona con un error de 2 %.

CONCLUSIONES

Se ha construido un equipo que realiza el control de una instalación para generar vapor con concentradores tipo fresnel, consistente en una red de nodos de adquisición comunicados con un nodo central de manera inalámbrica utilizando la red zigbee y Raspberry Pi. El propósito de su desarrollo fue contar con un equipo de control confiable, fácil de montar, con posibilidad de despliegue en un área extensa, fácil de conectar, de bajo consumo y poco cableado, preferentemente de bajo costo.

Bibliografía:

- A. Häberle C. Zahler, J. de Lalaing*, J. Ven*, M. Sureda*, (2001) The Solarmundo Project - Advanced Technology for Solar Thermal Power Generation ISE Solar worl Congress
- F. M. Al-Naima y Yaghobian N. A. (1990). Design and construction of a solar tracking system. *Solar & Wind Technology Volume7, Issue 5*, pp.611-617
- Altamirano M., Hongn M., Fernández C, Bárcena H., Hoyos D, Saravia L, Flores Larsen S., Gea M., Placco C Suligoy H (2013) PUESTA A PUNTO Y SIMULACION DEL CONCENTRADOR FRESNEL LINEAL DE 86 M2 INSTALADO EN SAN CARLOS, SALTA *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 17*, pp.04.35-04.43,ISSN 2314-1433
- Sarada Kuravi 1, Jamie Trahan, D. Yogi Goswami*, Muhammad M. Rahman, Elias K. Stefanakos (2013)Thermal energy storage technologies and systems for concentrating solar power plants *Progress in Energy and Combustion Science 39 Elsevier*
- Hoyos D. Serrano V. H. Villena M. Moya T.J. Gogolino (2010) SISTEMA DE CONTROL PARA GENERADORES DE VAPOR UTILIZANDO CONCENTRADORES SOLARES TIPO FRESNEL *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14*, ISSN 0329-5184
- M. Villena, V. Serrano, D. Hoyos, (2009) Análisis de sistemas con inteligencia distribuida para el control de concentradores solares. *Avances en Energía Solar y Medio Ambiente*, Vol. 13.9-37 a 9-44.
- Moya, T., et al., (2010). Red de sensores y control inalámbrica para un sistema de generación de vapor solar térmico. *Avances en Energía Solar y Medio Ambiente*, Vol. 14, páginas, .8-151 a 8-156.
- Moya, T. y D. Hoyos, (2012). Implementación de módulos MODBUS inalámbricos para control e instrumentacion de sistemas solares. *Avances en Energía Solar y Medio Ambiente*, Vol. 16, páginas, .8-199 a 8-206.
- D. Hoyos M. Hongm V. H. Serrano T. Moya (2012) CONCENTRADOR LINEAL FRESNEL COMO SISTEMA DE SISTEMAS *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 16*, 8.159-8.165
- Microchip Technology Inc., (2010). PIC 18F/LF1XK50 Data Sheet.
- Capella, J.V. tt al., (2013). In line river monitoring of nitrate concentration by means of a Wireless Sensor Network with energy harvesting. *Sensors and Actuators B: Chemical 177*, paginas 419–427.
- Crowley, K., et al., (2005). Web-based real-time temperature monitoring of shellfish catches using a wireless sensor network. *Sensors and Actuators A: Physical 122*,páginas 222–230.
- Matese, A., et al., (2009). A wireless sensor network for precision viticulture: The NAV system. *Computers and Electronics in Agriculture 69*, páginas 51–58.
- Qia, C., et al., (2012) Development of Wireless Sensor Network for Data Collection and Footwork Training. *Procedia Engineering. Vol 34*, 2012, páginas 520–525

ABSTRACT

This paper aims to describe the design, construction and development of a system for remote monitoring and control for complex solar systems. The system uses a pic18f4550 microcontroller for data acquisition, a BCM2835 chip for system control and different systems of internet connectivity for remote transmission.

Keywords: solar energy, technology sensors net,embebed system