

MÓDULO DE CONDENSACIÓN DE HUMEDAD DEL AIRE PARA LA GENERACIÓN DE AGUA UTILIZANDO COMO FUENTE DE ENERGÍA, LAS ENERGÍAS RENOVABLES

MODULE OF CONDENSATION OF MOISTURE IN THE AIR FOR THE GENERATION OF WATER USED AS A SOURCE OF ENERGY, RENEWABLE ENERGY

Sergio Saúl Osuna Peraza¹, Gabriela del Carmen Suarez Lizárraga¹, Edson Francisco Osuna Peraza², Álvaro Peraza Garzón¹, Gonzalo Ortega Huizar¹, Ramiro Gutiérrez Aguilar¹

¹Instituto Tecnológico de Mazatlán, México

²Facultad de Informática Mazatlán, Universidad Autónoma de Sinaloa, México

E-mail: [ssosunap, gsuarez, aperaza, gortega, rgutierrez]@itmazatlan.edu.mx, eosuna@uas.edu.mx

(Enviado Marzo 27, 2017; Aceptado Mayo 09, 2017)

Resumen

La escasez de agua es un problema que se nos presenta en la actualidad, y es un tema que cada día ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta. La falta del vital líquido obliga a reiterar nuevamente una llamada a la moderación de consumo por parte de la población a nivel mundial, ya que sin su colaboración los esfuerzos técnicos que llevan a cabo algunas organizaciones resultarían insuficientes. Ante estas circunstancias, muchas regiones del mundo y de nuestro país han alcanzado el límite de aprovechamiento del agua. Lo que ha llevado a sobreexplotar los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos, creando un impacto ambiental insospechado. Una propuesta de solución a este problema es la absorción de humedad de la atmósfera mediante un sistema, cuyo diseño permite, condensar esta humedad y así obtener agua. El módulo de condensación de humedad del aire para la generación de agua utilizando como fuente de energía, las Energías Renovables, depende completamente del nivel de humedad en el aire y la temperatura ambiental para producir agua. Cabe señalar que este sistema se puede emplear no solo en zonas rurales, sino también en zonas sub urbanas y urbanas.

Palabras clave: *Absorción, Humedad Atmosférica, Condensación, Energías Renovables.*

Abstract

The scarcity of water is a problem that is presented to us today, and it is an issue that increasingly occupies the attention of scientists, technicians, politicians and in general, of many of the inhabitants of the planet. The lack of vital liquid forces to reiterate again a call for moderation of consumption by the population worldwide, since without their collaboration the technical efforts carried out by some organizations would be insufficient. In these circumstances, many regions of the world and our country have reached the limit of water use. This has led to overexploitation of superficial and underground hydraulic resources, creating an unsuspected environmental impact. A proposed solution to this problem is the absorption of moisture from the atmosphere through a system, whose design allows condensate moisture and thus obtain water. The moisture condensation module of the air for the generation of water using renewable energies as a source of energy depends completely on the level of humidity in the air and the environmental temperature to produce water. It should be noted that this system can be used not only in rural areas, but also in sub urban and urban areas.

Keywords: *Absorption, Atmospheric Moisture, Condensation, Renewable Energies.*

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la escasez de agua es un problema que se nos presenta como un tema que cada día requiere y ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta. La falta de este vital líquido, obliga a reiterar nuevamente una llamada a la moderación de consumo por parte de la

población a nivel mundial, ya que sin su colaboración los esfuerzos técnicos que llevan a cabo algunas organizaciones resultarían insuficientes.

Sólo muy poca agua es utilizada para el consumo del hombre, ya que: el 90 % es agua de mar y tiene sal, el 2 % es hielo y está en los polos, y sólo el 1 % de toda el agua del planeta es dulce, encontrándose en ríos, lagos y

obtiene la cantidad de condensación de las unidades de aire acondicionado, como se observa en la Fig. 1.

Este programa especializado, permite la medición y manejo de las diferentes variables que entran en el cálculo de la condensación del agua como lo es: la humedad, temperatura, la presión parcial de la presión de vapor de agua comprendida en el aire o punto de rocío [4].

En definición, el acondicionamiento de aire es el proceso más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados; éste consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire dentro de los locales [5]. En el caso del módulo de condensación, se trata de una unidad de enfriamiento de aire acondicionado (A/A) de 5024 BTU/hr de capacidad, que ha sido convertida en un deshumidificador, sin la etapa del desecante, aprovechando la humedad (vapor de agua) y acumulándola en forma líquida en un recipiente.

La deshumidificación, es el proceso de retirar el vapor de agua contenida en el aire, llamada también humedad. Existen diferentes procesos para remover la humedad del aire, en este caso, el módulo de condensación lo hace por medio de enfriamiento hasta alcanzar una temperatura por debajo del punto de rocío, ya que aporta mayor cantidad de recolección de humedad por sus características mecánicas (como lo es el diseño de un aire acondicionado, cuyo evaporador es de 50 cm² y un condensador de 60 cm², específicamente de la unidad descrita) y cuya funciones son muy importantes, pues se encargan de absorber y extraer el aire húmedo. Por lo que, a mayor sea esta área mayor será la captación y condensación del aire.

3.2 Unidad de condensado

El aire puede deshumidificarse con sistemas de aire acondicionado convencionales de compresión de vapor. Estos enfrían al aire a una presión constante hasta una temperatura abajo de la temperatura del punto de rocío, ocurre que se condensa parte del vapor de agua presente en el aire.

Este tipo de deshumidificación, es el más utilizado en los equipos de aire acondicionado comercial y residencial. Para realizar este proceso, el evaporador del sistema de compresión de vapor, debe operar a una temperatura más baja que la que es requerida para extraer la carga de calor sensible de enfriamiento del espacio acondicionado, esto hace que el sistema tenga bajos coeficientes de operación (COP). En la Fig. 2, podemos ver la gráfica del proceso de deshumidificación por enfriamiento.

La unidad de enfriamiento utilizada es un acondicionador de aire marca LG (Fig. 3), de media tonelada (5024 BTU/hr).

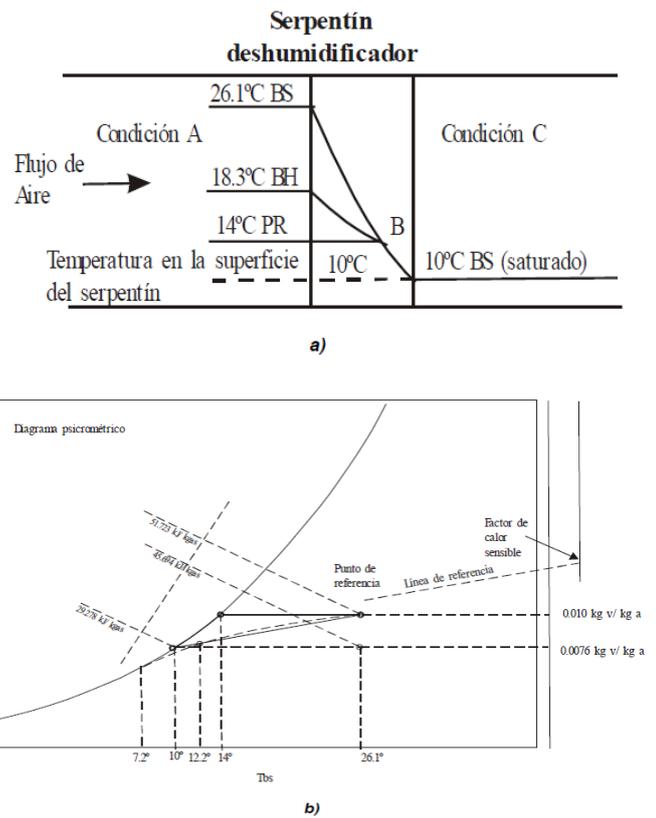


Figura 2 Proceso de deshumidificación por enfriamiento a) Esquemático, b) En la carta psicrométrica.

Para la unidad de enfriamiento se diseñó un chasis de lámina galvanizada (Fig. 4), para aprovechar el aire proveniente del evaporador (aire frío). Este aire es regresado de manera mecánica a la etapa del condensador donde expulsa el aire de la unidad, es propiamente un intercambiador térmico, esto se hizo para elevar la eficiencia en un 30% la obtención de agua condensada, a partir de la humedad del aire.



Figura 3 Unidad de enfriamiento.

adicionalmente, tiene un panel solar que produce una carga de 100 watts.

3.3 Panel solar o fotovoltaico

El panel solar entrega un voltaje, a máxima radiación solar, de 25 volts de corriente directa; mientras, con un sol de la 6 de la tarde o atardecer, donde la radiación solar hace una baja significativa y se produce 20 volts de CD, con una potencia de 80 watts, (Fig. 5) la corriente del panel es de 8 amperes.

Este panel cuenta con un regulador de voltaje, para alimentar el banco de baterías, el voltaje regulado es de 13.5 volts (CD), es suficiente para mantener un ciclo de alimentación de voltaje continuo a las baterías, la función del panel es lo que le da junto con el sistema de baterías la autonomía y la no dependencia de las fuentes de voltaje proveniente de la que de combustibles fósiles, esto es una de las fuentes principales de energía que hace que el sistema sea autosustentable (Fig. 6).



Figura 4 Chasis para la recirculación de aire en el aparato acondicionador.



Figura 5 Panel solar o fotovoltaico.

El ciclo de autonomía del módulo, depende y dependerá de la cantidad de radiación solar y del viento fluyente (máquina eólica) además de contar con un banco de baterías que descarga una alimentación de 12 volts de corriente directa (12 VCD), con una capacidad de almacenamiento de 250 amperes-horas. El sistema,



Figura 6 Panel solar con regulador.

3.4 Banco de acumuladores

Las baterías o acumuladores, sirven para almacenar la energía que los paneles fotovoltaicos generan mientras estén expuestos a la luz solar diariamente; y así, poderla usar en horas donde la energía consumida es superior a la generada, como sucede en la noche [6]. Otra importante función de las baterías, es la de proveer intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar, es el caso del sistema de enfriamiento, que cuenta con dos motores eléctricos, un ventilador y el compresor, que en el momento del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces más que la corriente nominal, durante unos segundos. El acumulador proporciona un voltaje estable y constante independiente de las condiciones de incidencia luminosa (intensidad solar), que puede ser lo más adecuado para el funcionamiento del sistema.

La batería utilizada es de plomo-ácido ($Pb-H_2SO_4$) de 12 VCD con una corriente de 250 A/hr (Fig. 7a); este tipo de batería se aplica ampliamente en los sistemas de generación fotovoltaicos, ya que son del tipo de descarga profunda, cabe mencionar que son diferentes a las utilizadas en sistemas automotrices debido a que la alta corriente permanece mucho más tiempo (horas) si la comparamos con una automotriz que descarga esa alta corriente en unos minutos. Están compuestas por dos electrodos inmersos en un electrolito de ácido sulfúrico (H_2SO_4) diluido en agua (Fig. 7b).

Para el módulo, se utilizan dos baterías en paralelo de 12 VCD, esta conexión proporciona el Voltaje igual, pero una corriente mucho mayor (Fig. 8).



Figura 7a Baterías plomo-ácido, utilizadas en el sistema.

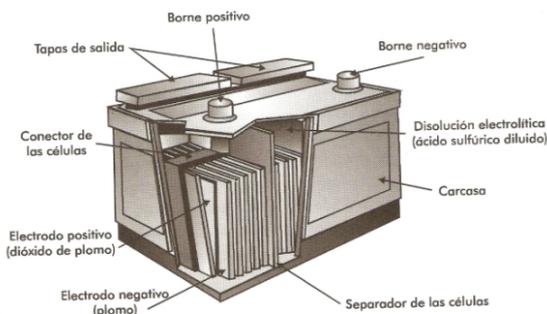


Figura7b Esquema interno de una batería.



Figura 8 Baterías conectadas en paralelo.

3.5 Inversor

El inversor utilizado es de 1000 watts, de 12 VCD a 127 VCA (Fig. 9) se hicieron modificaciones al circuito para tener mayor potencia (watts), este dispositivo permite transformar la corriente continua de 12 volts de corriente directa, que produce el panel solar y almacena en la baterías, en 127 volts de corriente alterna doméstica que es la fuente de alimentación tradicional. En este caso que utiliza en el módulo de condensación, para el motor del ventilador, así como el motor del compresor que funcionan con 127 de corriente alterna.

El tipo de inversor que se utiliza, es de modulación por ancho de pulso (PWM) y genera una señal casi senoidal, con muy pocos armónicos, con él se tiene rendimientos de un 90 %, incluso en bajos niveles de carga (Fig. 10).

El sistema aerogenerador, que es considerada en este proyecto como la fuente de energía renovable de respaldo, ya que cuando no hay luz solar, el viento será la fuerza que haga girar el aerogenerador del tipo Savonius [7], acoplado a un generador eléctrico rectificado y regulado, entregando 13 VCD para cargar las baterías.

3.6 Turbina eólica Savonius

El modelo de turbina empleado es el rotor Savonius (Fig. 11), es el más simple. Consiste en un cilindro hueco partido por la mitad, en el cual sus dos mitades han sido desplazadas para convertirlas en una S. Las partes cóncavas de la "S" captan el viento, mientras que los reversos presentan una menor resistencia al viento, por lo que girarán en el sentido que menos resistencia ofrezcan.

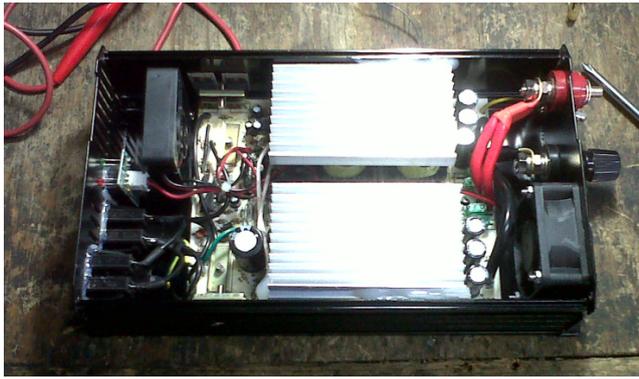


Figura 9 Inversor de voltaje.

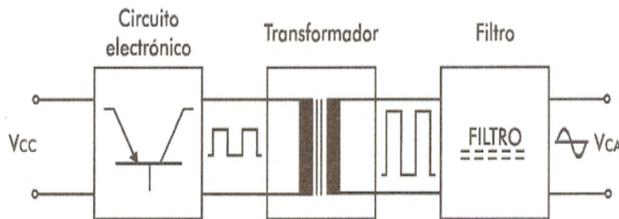


Figura 10 Esquema general de un inversor de voltaje de tipo de PWM.

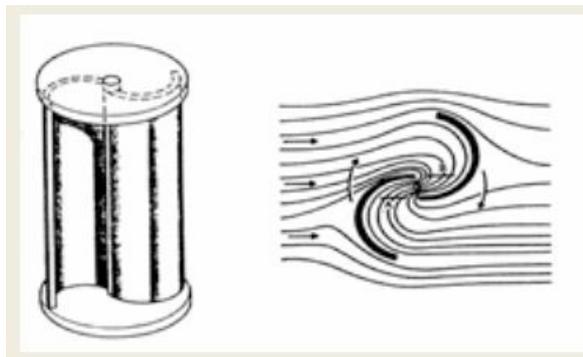


Figura 11 Turbina vertical o rotor Savonius, es una máquina eólica de gran sencillez y eficiencia.

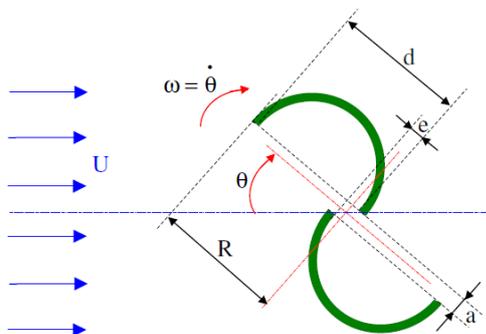


Figura 12 Esquema de un rotor savonius.

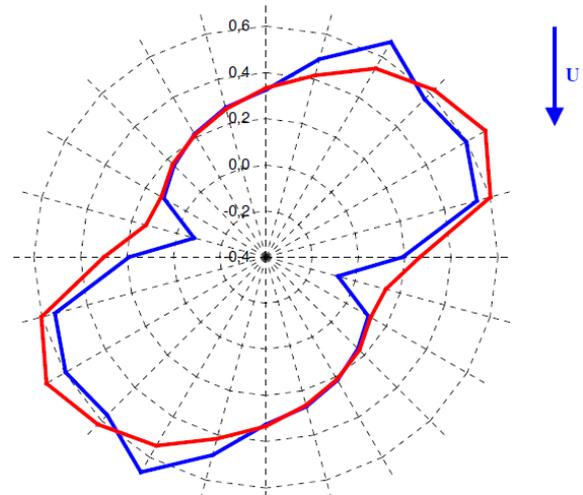


Figura 13 Coeficiente de torque.

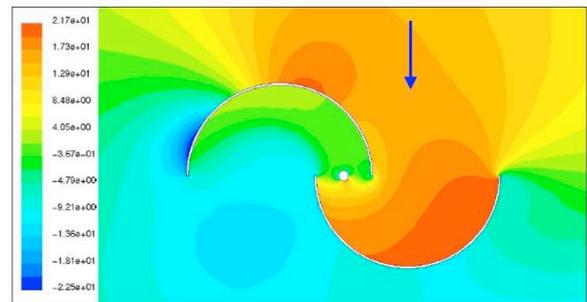


Figura 14 Esquema de distribución de presión.

La Savonius extrae mucho menos de la fuerza del viento que las turbinas de sustentación con similar tamaño. Por otro lado, no necesitan orientarse en la dirección del viento, soportan mejor las turbulencias y pueden empezar a girar con vientos de baja velocidad. Es una de las turbinas más económicas y más fáciles de usar (Figs. 12 y 13).

En la Fig. 14, se puede observar el comportamiento del viento sobre la turbina, se nota con una diferencia de tono naranja el valor de incremento de presión que ejerce sobre la paleta, y se observa una considerable diferencia de presión con respecto a la otra paleta, esto hace que el movimiento se ejerza.

La construcción de la turbina vertical se realizó con un tubo de acero como eje principal, 2 valeros de 3 pulgadas de diámetro, 6 metros de solera de 1/2 pulgada para sostener las palas y es la estructura de la Savonius, las palas son de hojas de policarbonato muy livianas .35 kg cada una con una dimensión de 123x72 cm, se acoplo en la base un engrane corona de 18 cm, (Fig. 15). En la Figura 16 está montada la turbina al eje base con el mecanismo de transmisión de potencia al generador.



Figura 15 Módulo Savonius, donde se aprecian la forma de las alas.



Figura 16 El rotor Savonius terminado con generador eléctrico acoplado por transmisión mecánica de cadena-corona-piñón.

3.7 Generador eléctrico

Un generador eléctrico es un dispositivo electromecánico, formado de bobinas de alambre magneto e imanes, destinado a la transformación de flujo magnético en electricidad mediante el fenómeno de la inducción electromagnética, generando una corriente eléctrica monofásica [6]. Se utilizó un motor como generador, el

motor es un General Electric Motors (Fig. 17), usado en unidades centrales de aire acondicionado, y para controlar el flujo de aire dentro de las habitaciones, cuenta con un circuito electrónico para controlar la velocidad de dicho motor, es un modelo que se descompone con facilidad, dejando inútil la tarjeta electrónica (Fig. 18), pero se puede aprovechar al máximo su motor de CA. Está formado por 2 partes: estator y rotor.

3.7.1 Estator

El estator (ver Fig. 19) está compuesto de 3 devanados o polos con alambre magneto del número16 (AWG 16), este cuenta con 3 conexiones, se encuentran conectadas en serie, entregando un voltaje monofásico.



Figura 17 Motor eléctrico GE MOTORS.



Figura 18 Tarjeta electrónica dañada.

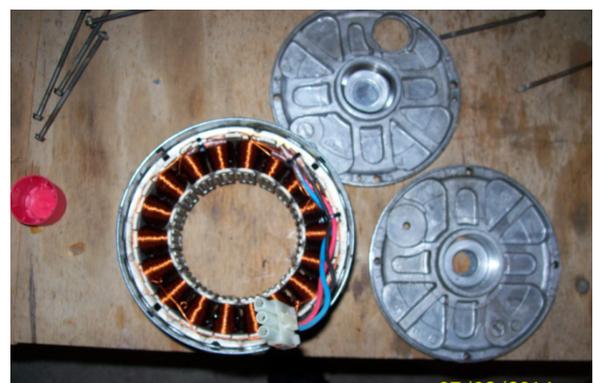


Figura 19 Estator del generador.

3.7.2 Rotor

El rotor del motor GE, contiene en su eje 3 imanes de ferrita, (Fig. 20), que al rotar, son los que convierten el campo magnético sobre la bobina en corriente eléctrica, Fig. 21.

3.7.3 Pruebas al generador GE

Se hicieron pruebas en la mesa y posteriormente, montándolo en el aerogenerador. En la mesa, se le conecto el multímetro y el tacómetro, se le dio una rotación al eje del rotor manualmente y entrego con 35 rpm, un voltaje de 12 VCA (Fig. 22). A 40 rpm alcanzo los 14 VCA (Fig. 23), mostrando un resultado satisfactorio, que permite su puesta en el sistema. Se montó en su base, a la estructura de poste metálico (Fig. 24), para alinearlo, posteriormente se montaron las palas del Savonius (Fig. 25).



Figura 23 Aumentan las rpm y aumenta el voltaje de salida del generador.



Figura 20 Rotor con 3 imanes permanentes.



Figura 24 Montaje en su base y estructura.

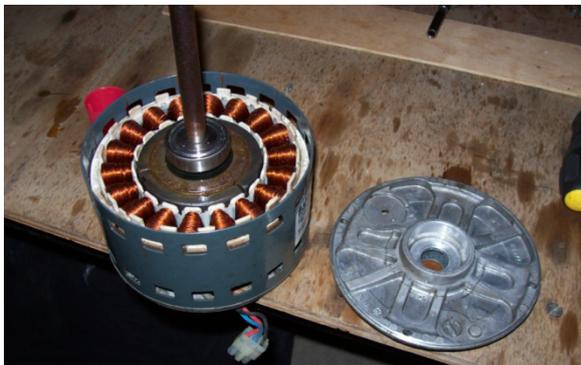


Figura 21 Estator y Rotor juntos.



Figura 25 Montaje en la transmisión de potencia y Savonius.



Figura 22 Respuesta del generador 12VCA a 35 rpm.

3.8 Instrumentación y circuito electrónico

El circuito electrónico, está compuesto de un dsPIC30F4013 de la compañía Microchip [8], cuya función de programa es la de almacenar datos

(*datalogger*) de los sensores de velocidad de viento, temperatura, humedad relativa, en una memoria SD. El otro circuito electrónico funciona como una estación meteorológica, que mide velocidad y dirección de viento, temperatura, humedad relativa, así como la presión atmosférica, estos datos nos sirven de referencia para calcular de manera aproximada la cantidad de agua a generar, así como también, el aprovechamiento de energía proveniente del viento.

3.8.1 Circuito dsPIC30F4013 como Datalogger

Este circuito se encarga de capturar las lecturas de algunos sensores y mandarlos a una memoria SD (Fig. 26).

En el diagrama esquemático, se puede observar la conexión del microcontrolador con la memoria SD en la Fig. 27.

Los circuitos, una vez probados en las tablas de prototipos, se procedió a su montaje en las tarjetas de circuito impreso (PCB), soldándose manualmente y volviendo a las pruebas de funcionamiento (Fig. 28).



Figura 28 Montaje de circuito en PCB.

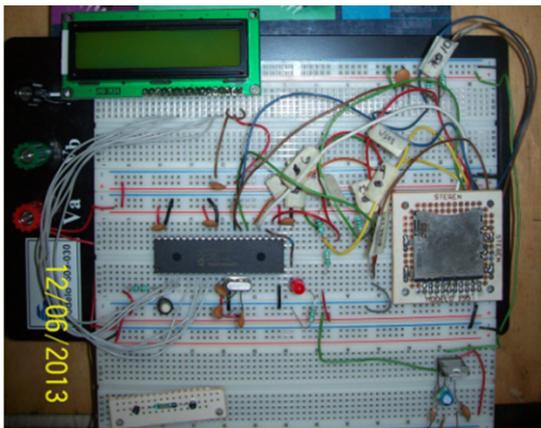


Figura 26 Datalogger con dsPIC30F4013.

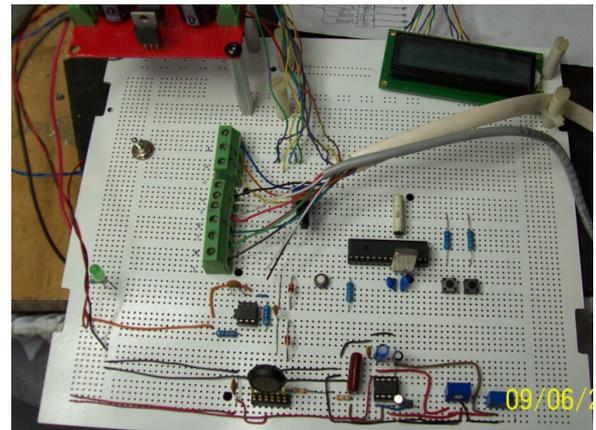


Figura 29 Circuito meteorológico en PCB.

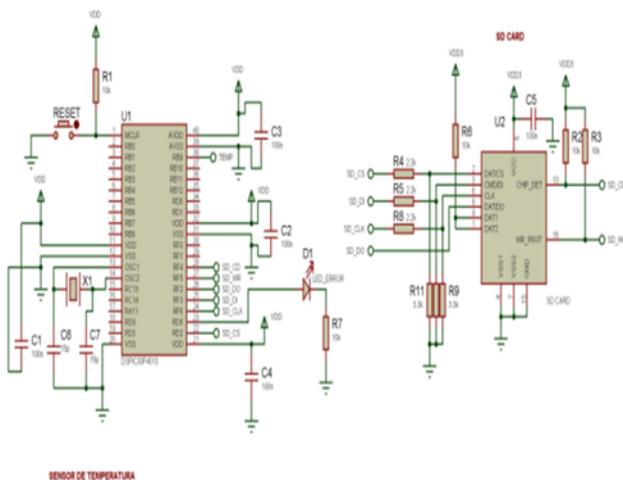


Figura 27 Diagrama esquemático del *memory card* y del microcontrolador.

3.8.2 Circuito de estación meteorológica

El circuito central de esta Estación Meteorológica, es un microcontrolador PIC16F876, de la familia Microchip [9], y está encargado de captar las señales de los sensores de temperatura DS1620, de humedad relativa HH-4010 de Honeywell, del sensor de presión barométrico MPX 4115 de Motorola. Como anemómetro se está utilizando un *reed switch* (interruptor magnético NA o Normalmente Abierto) y un pequeño imán de neodimio y la veleta es un sensor potenciométrico de 10KOhms de precisión (Fig. 29).

3.8.3 Sensor de temperatura DS1620

El termómetro digital y termostato DS1620 (Fig. 30) proporciona lecturas de 9 bits y que indican la

temperatura del dispositivo [10]. Con tres salidas de alarma térmica, el DS1620 también puede actuar como un termostato.

- THIGH es activada si la temperatura del DS1620 es mayor o igual a una temperatura definida por el usuario.
- TH. TLOW es activada si la temperatura del DS1620 es menor o igual a una temperatura definida por el usuario.
- TL. TCOM es activada cuando la temperatura supera TH y permanece alta hasta que la temperatura cae por debajo de TL.

Los ajustes de temperatura definidas por el usuario se guardan en la memoria no volátil, por lo que las piezas se pueden programar previamente antes de su inserción en un sistema, pudiendo así usarse en aplicaciones de control sin la necesidad de un microcontrolador [11]. Los ajustes y lectura de temperatura están comunicados hacia y desde el DS1620 por una simple interfaz de 3 hilos.

Características:

- No requiere componentes externos adicionales.
- Opera desde 2.7V a 5.5V.
- Mide desde -55°C a 125°C en incrementos de 0.5°C .
- Temperatura es leída como una palabra de 9 bit.
- Convierte la temperatura en una palabra digital en 750mS (Max.).
- Ajuste termostático definible por el usuario y no volátil.
- Sus aplicaciones incluye controles termostáticos, control industrial, termómetros o cualquier sistema activado por temperatura.
- Encapsulado DIP 8.

3.8.4 Sensor de humedad relativa

El sensor de humedad de la familia HIH-4010 de Honeywell (Fig. 31) tiene un rango de operación de temperatura de -40 a 85 grados centígrados, su detección de humedad va del 1 al 100%, entregando un valor analógico que va de los 0-5 VCD. Este sensor de humedad, el de temperatura así como la presión barométrica, nos indicarán los parámetros más próximos para obtener la mayor cantidad de humedad del aire para generar agua.



Figura 30 DS1620 sensor de temperatura.



Figura 31 Sensor de humedad HIH4010.

3.8.5 Sensor de presión barométrica

El sensor de presión MPX4115 (Fig.32), es un sensor de tipo piezo-resistivo donde el transductor utiliza un puente de Wheatstone incluido. Está diseñado para medir la presión barométrica, es decir, que esta calibrado para mediciones de 10 a 1000 hPa (Hectopascales). Este sensor es importante, ya que nos da una relación de referencia al bajar la presión y aumentar la temperatura aumenta la humedad relativa.



Figura 32 Sensor de presión MPX4115.

3.9 Montaje en la caja de protección

Se montan las tarjetas electrónicas junto a los reguladores de voltaje, como fuente de poderes una batería de gel plomo-ácido de 12VCD de 20 A/hr. Que será recargada por la celda solar. Se monta la tarjeta dentro de la caja (Fig. 33) y después se monta sobre el poste base (Fig.34a), posteriormente se hace una prueba para que funcione y ahora se procede a conectar los sensores de humedad (Fig. 34b) y temperatura que se encuentran en la parte más alta de la base tubular, junto con el anemómetro y veleta (Fig. 35).



Figura 33 Montaje de tarjeta en la caja.



Figura 34a Montaje de caja en la base tubular.



Figura 36 Ajuste de plataforma.

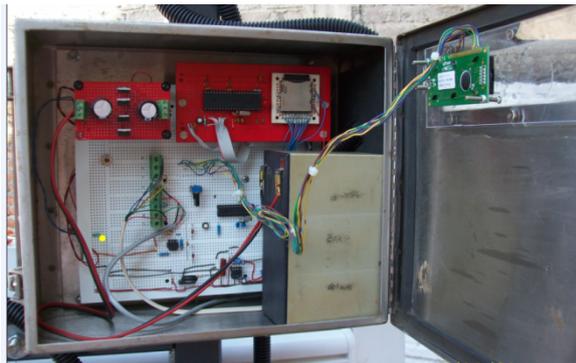


Figura 34b Tarjeta energizada con batería.



Figura 37 Recolectores de agua.



Figura 35 Anemómetro y veleta en la parte más alta de la base tubular.



Figura 38 Montaje final.

3.10 Montaje final

Una vez terminado los sub-módulos se procede a ensamblar el módulo completo, como se observa en las Figs. 36 y 37. Se instala los recolectores de agua, se conectan las baterías al panel solar y al generador; y por último, se termina de conectar la tarjeta electrónica, procediéndose a realizar las pruebas de carga, medición de corriente y voltaje generados en panel solar y aerogenerador (Fig.38). Así como también, se efectúa la evaluación mecánica de los componentes ensamblados y el seguimiento de 24 horas de las condiciones meteorológicas, para analizar la eficiencia del sistema para la recolección de agua en las condiciones presentes de humedad presentes en las pruebas, que era del 81% de humedad relativa.

4 CONCLUSIONES/OBSERVACIONES

El desarrollo de tecnología implica investigación y constantes evaluaciones de Prueba y Error; se puede concluir primeramente, que las energías renovables van a hacer en nuestro país una forma más de generación energía pero más limpias y accesibles.

Segundo, que estas nuevas energías estarán para resolver una infinidad de necesidades y problemas; por lo que todavía implica un costo considerable, no es fácilmente accesible para todos, pero con este sistema prototipo que se desarrolló, se tiene un claro camino para seguir explorando y experimentando. Con ello, poder

enfrentar la necesidad de agua, y que esta se logre, gracias a una fuente de energía inagotable como lo es el sol, el aire y la humedad del ambiente.

Tercero, con este proyecto nos genera varias expectativas tanto tecnológicas, como es un avance para desarrollar otras aplicaciones de fuentes renovables de energía, como educativo-pedagógicas ya que este trabajo sirve para consolidar esfuerzos en otras áreas dentro de los institutos tecnológicos, mediante la colaboración y el trabajo colegiado de los profesores y alumnos.

Cuarto, es un hecho y es posible hacerlo, solucionar problemas básicos y tan sensibles al ser humano con energías alternativas a un precio accesible, como lo es la extracción de agua para uso y consumo. Además, dar energía eléctrica a hogares remotos o que no tienen acceso a la red eléctrica comercial.

Quinto, la cantidad de agua obtenida, tuvo un promedio constante de 850 ml por 1 hora con un humedad relativa del 80 a 90%. Este dato surge de la toma de muestras, que fueron 70 de 100. Pero, en el resto de muestras variaba a mayor cantidad de agua en el mismo periodo de tiempo, porque la humedad y temperatura del ambiente aumentaba. Por tanto, se observó una razonable y aceptable cantidad de agua, que permite evaluar que el prototipo cumple con los objetivos planteados.

Sexto, en un contexto teórico pedagógico, que el proyecto promueve que los principios de “aprender a hacer” y “aprender a aprender” son fundamentales en los problemas que se presentó; además de observarse un

constructivismo y construccionismo, que hace que los individuos involucrados reflexionen y apliquen el método científico, así como notar las diversas inteligencias que alumnos usaron como la Lógico-Matemática, la Kinestésica o Física y la Interpersonal.

5 REFERENCIAS

- [1] INEGI. Cuentame...Territorio del INEGI. 2013. URL:<http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/distribucion.aspx?tema=T>. (06.07.2014).
- [2] Departamento de Desarrollo Sostenible FAO. FAO Deposito de Documentos. 2014. URL:<http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s03.htm>. (21.06.2014).
- [3] Miranda Barreras, A. L. La Psicometría. CEAC, Barcelona, 2000.
- [4] McQuay Corporation Air Conditioning. McQuay Air Conditioning. 2011. URL: www.mcquay.com. (21.06.2014).
- [5] Tricomi, E. El ABC del Aire Acondicionado, Alfaomega-Marcombo, Barcelona, 1992.
- [6] Mileaf, H. Electricidad 1-7, LIMUSA, México, 1985.
- [7] Sánchez Maza, M. Máquinas Eólicas, LIMUSA.
- [8] Angulo Usategui, J. M.; Etxebarria Ruíz, A. dsPIC, Diseño práctico de aplicaciones, McGraw-Hill.
- [9] M. T. Inc. MICROCHIP. 1998. URL: <http://www.microchip.com>. (20.10.2013).
- [10] D.-K. E. Co. Digi-Key Electronics. 1995. URL:<http://www.digikey.com>. (11.12.2013).
- [11] García Breijo, E. Compilador C CCS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC, Alfaomega-Marcombo, México, 2008.