

# Utilización de la Minicomputadora Raspberry Pi para la Adquisición y Evaluación de Datos de Niveles de Radiación Solar

Ever Jair Carpio Inga <sup>(1)</sup>

Boris Wladimir Puelo Candela <sup>(2)</sup>

Carlos Valdivieso Armendáriz Ing. <sup>(3)</sup>

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral,

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

[evjacarp@espol.edu.ec](mailto:evjacarp@espol.edu.ec) <sup>(1)</sup>

[bpuelo@espol.edu.ec](mailto:bpuelo@espol.edu.ec) <sup>(2)</sup>

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Ingeniería en Electricidad, Profesor de Materia de Graduación

[cvaldivi@espol.edu.ec](mailto:cvaldivi@espol.edu.ec) <sup>(3)</sup>

## Resumen

*Este documento presenta la construcción de un prototipo electrónico que adquiere los niveles de radiación solar, armado con ayuda de una celda solar BPW34, un microcontrolador PIC 16F88, el minicomputador Raspberry Pi y la interacción del software Php-MySQL, Raspbian, Apache, Wiring PI y Rrdtool.*

*La captura análoga que adquiere la celda solar es convertida en digital por medio del PIC16F88 y enviada a una base de datos de la memoria en la Raspberry PI, estos datos son procesados y mostrados en gráficas de formato HTML facilitando su acceso desde cualquier enlace de internet y revisar en línea la información tanto como el histórico y/o actualidad.*

*Con esta información al alcance de todos, las organizaciones, instituciones académicas y personas interesadas podrán determinar el beneficio o perjuicio en la localidad de Guayaquil. Cabe enunciar que según los estudios del índice de radiación solar en el globo terrestre, los países que se encuentran en la línea ecuatorial latitud 0 están expuestos a mayor nivel de radiación solar, siendo el Ecuador uno de los países más perjudicado.*

**Palabras Claves:** Radiación Solar, Raspberry PI, Información, Adquisición, Histórico, Evaluación.

## Abstract

*This paper presents the construction of an electronic prototype that acquires levels of solar radiation, built with a solar cell BPW34, a microcontroller PIC16F88 PIC, Raspberry Pi minicomputer and interaction with other technologies in this case software like Php- MySQL, Raspbian, Apache, Wiring IP and Rrdtool.*

*The analog data is captured by the solar cell and is converted to digital by the PIC16F88 and sent to a database on the Raspberry PI memory, these data information are processed and displayed in HTML graphical format making it accessible from anywhere using a link over internet to review the historical and / or current information online.*

*With this information available worldwide, organizations, academic institutes and interested persons are capable of determining the benefit or harmfulness in Guayaquil. Worth stating are studies of solar radiation that considerer the equator line latitude 0 exposed to high levels of solar radiation, Ecuador being one of the most affected countries.*

**Keywords:** Solar Radiation, Raspberry PI, Information, Acquisition, Historical, Evaluation.

## 1. Introducción

Hoy en día podemos hacer uso de ordenadores o dispositivos electrónicos con mucha destreza y sin la necesidad de consultar manuales de operación, adaptarse a las nuevas tendencias tecnológicas es algo innato, por esto se pretende con este prototipo demostrar que con el estudio de diferentes elementos tecnológicos y las pruebas necesarias se pueden construir proyectos económicos y fácilmente utilizables para el beneficio de la comunidad y con esto dar a conocer la minicomputador “Raspberry PI”, que inicialmente fue creada para impulsar la enseñanza de las ciencias de la computación a niveles académicos pero la realidad ha sido distinta a pesar de cumplir con los propósitos establecidos, su reducido tamaño lo han convertido en una herramienta ideal para el desarrollo de diferentes proyectos, tanto en el ámbito empresarial, personal y de investigación.

Este proyecto describe la arquitectura de una interface construida con la celda solar BPW34 y el microcontrolador PIC 16F88, en combinación del minicomputador Raspberry PI y software “Open Source”, se diseñó un dispositivo que sirve para capturar, almacenar, procesar y graficar datos.

El procesamiento de la data capturada es importante para poder mostrar datos actuales e históricos, encasillándose en la tecnología semántica que es aquella que trata de manejar los datos y proporcionar un criterio inteligente que sirva para mediar entre las intenciones de los usuarios y la información disponible ya que actualmente es de interés científico poder estudiar los niveles de radiación solar para así analizar las variaciones del calentamiento global y el desarrollo de proyectos que necesiten de adquirir datos ya sea de: calor, temperatura, humedad, ruido, etc.

### 1.1 Antecedentes

Ante la necesidad de buscar nuevos recursos de energía renovable, primero deberíamos considerar dejar de crear formas de contaminación como: la eléctrica, nuclear y química. Los excesivos métodos para obtener energía eléctrica en todo el mundo están destruyendo la Ionosfera y dependemos para nuestra supervivencia. La contaminación radiactiva que hemos creado poco a poco está dañando nuestra estructura celular. Los productos químicos que se liberan en nuestro entorno están mermando la vida.

En un futuro se desplazará el eje magnético de la tierra, esto tendrá como efecto secundario que la electricidad debido a que la nueva polaridad de la tierra no podrá generar estructuras moleculares magnéticas en la ionosfera y así formar electrones. [1]

Mencionamos lo beneficioso y lo perjudicial de la radiación solar según estudios científicos:

Beneficio: Hacer un uso adecuado de la energía inagotable del sol en paneles solares.

Perjudicial: El alto índice de daño cancerígeno en la piel por el exceso de radiación solar. [2]

## 2. Fundamento Teórico

Se detallan tecnologías y recursos de primera generación tanto software como hardware utilizados para el diseño y construcción del medidor de nivel de la radiación solar.

### 2.1 Herramientas de Software

- PIC C (CCS): programa y compila PIC 16F88 es de MIKRO. [3]
- RASPBIAN: Sistema Operativo proviene del Linux RASPBERRY PI. [4]
- PHP-MYSQL.- Manejador base de datos, crea, modifica, elimina tablas de datos. [5]
- PHP5-MYSQL: Proporciona módulos para las conexiones de base de datos MySQL directamente desde scripts PHP.
- PHPMYADMIN: Herramienta en PHP, maneja la administración de MySQL en el entorno HTML. Crea, elimina y edita Tablas y Bases de Datos.
- RRD TOOL: Round Robin Data base Tool, trabaja con una cantidad de datos fija, definida en el momento de crear la base de datos, y puntero al elemento actual.
- RRDTOOL-MYSQL: Librería que se usa para interactuar con los datos en el MySQL y generar gráficos con respecto al tiempo (monitoreo).
- SERVIDOR-WEB APACHE: Servicio permite trabajar en http. [6]
- WIRING PI: Librería necesaria en Linux para manejar los puertos GPIO del RASPBERRY PI.
- PROTEUS: Este software ofrece una amplia gama de prestaciones para realizar proyectos electrónicos, en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción; ya sea analógica, digital o combinada, usando diferentes componentes electrónicos como compuertas lógicas, herramientas de medición como multímetros, osciloscopios, analizadores lógicos y demás. [7]

## 2.2 Herramientas de Hardware

PIC 16F88.- microcontrolador convertidor ADC.

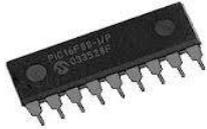


Figura 1. Microcontrolador pic 16f88

Microcontrolador multifunciones PIC16F88-I/P de 20 Mhz, 18 pines DIP, de Microchip.

Arquitectura: Harvard, memoria de código de 14 bits, separada de la memoria de datos de 8 bits. Procesamiento “pipeline”.

Tecnología: RISC, con 35 instrucciones, Mem. 4K localidades (14 bits) de FLASH, 368 localidades (8 bits) RAM, 256 localidades (8 bits) de EEPROM. [8]

BPW34.- fotodiodo electrónico.



Figura 2. Celda solar bpw34

Celda sensible a un rango de longitudes de onda de luz (430-1100nm). El voltaje de circuito abierto es de 350mV (900nm, con una fuente de luz de 1mW/cm<sup>2</sup>), y la corriente de corto circuito es de 47µA. [9]

RASPBERRY PI.- mini tarjeta madre.



Figura 3. Minicomputador raspberry pi modelo b rev2

- Broadcom BCM2835 SoC.
- 700 MHz ARM1176JZF-S core CPU.
- Broadcom Video Core IV GPU.
- 512 MB RAM.
- 2 x USB2.0 Puertos.
- Video: (PAL y NTSC), HDMI, LCD (DSI).
- Audio: 3.5mm Jack o Audio sobre HDMI.

- Almacenamiento: SD/MMC/SDIO.
- 10/100 Ethernet (RJ45).
- 8 x GPIO - UART.
- 12C BUS
- SPI BUS 2 Chips selects.
- +3.3 VDC / + 5 VDC / GROUND.
- 5V @ 700 mA via Micro USB o GPIO.
- GNU/Linux, Arch Linux, RISC OS. [10]

## 3. Diseño del captador de los niveles de radiación solar

En la construcción del prototipo se usará una celda solar que nos da un valor en mini voltios constantemente entre (0 – 500 mv.), el PIC 16F88 recibe la señal análoga y la convierte en señal digital (código binario) y este es transmitido cada 5 segundos hasta los puerto GPIO (Entrada Salida de Propósito General), la operación de captura es controlada por el minicomputador Raspberry PI donde mantiene en estado de reset al PIC 16F88.

Cada 30 segundos este es habilitado y ocurre la transmisión serial, que no es otra cosa que la recepción de una cadena de caracteres, en su contenido llega un carácter de inicio “I” que es donde empieza la data que necesitamos capturar hasta encontrar el carácter final “F”, este contenido es almacenado en una tabla de la base de datos MySQL.

Todo el sistema esta sincronizado para que transmita la data cada 35 segundos donde el diodo led será el piloto de la transmisión.

Los datos en el Raspberry PI son almacenados en la memoria para procesar, evaluar y elaborar cuadros estadísticos de la Radiación Solar vs. Tiempo, para crear las gráficas instalamos la librería rrdtool que nos permite el manejo y la creación de gráficas.

Finalmente esta información es procesada en formato HTML, para ser analizados y visualizados remotamente con el uso de una IP pública.

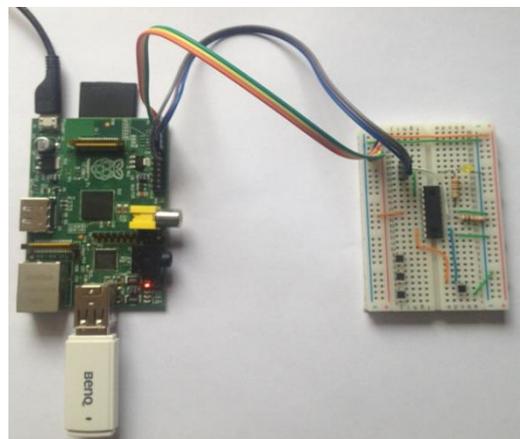


Figura 4. Ensamblado general del prototipo

## 4. Simulación, pruebas y evaluación

En esta sección se detalla la práctica e implementación en el ensamblaje de nuestro prototipo, dando una descripción de cada una de las etapas, especificando el uso de cada elemento y dispositivos electrónicos utilizados, uso de simuladores, creación de base de datos, sincronización de flujo de datos y creación de imágenes con el uso de tablas estructuradas.

### 4.1 Practica 1: Uso simulador Proteus para capturarlos datos

El prototipo fue implementado en un simulador PROTEUS para probar con eficiencia la adquisición de la data y observar la consistencia en la operación de los códigos de programación.

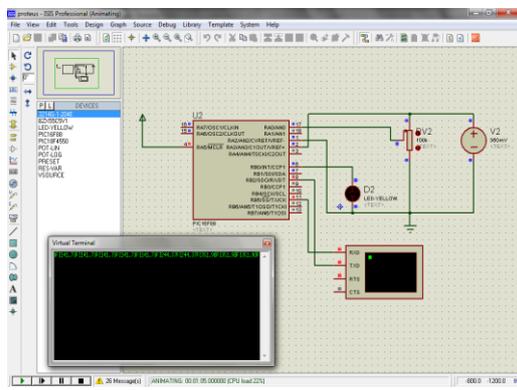


Figura 5. Captura de datos en simulador proteus

Notamos que en el PORT A tenemos una entrada de voltaje regulado por un potenciómetro para simular a la fotocelda BPW34. Visualizamos la salida de la data en el Virtual Terminal el cual representa una cadena de datos.

### 4.2 Implementación en el protoboard

En este ensayo se arma el circuito en el protoboard, con más exactitud se aprende la conversión analógica a digital, la transmisión de datos capturada por la celda solar hacia la Raspberry Pi, recibiendo digitalmente por medio del puerto GPIO.

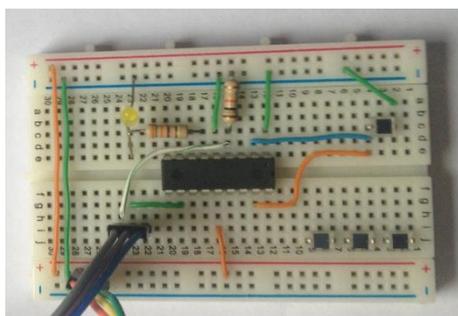


Figura 6. Implementación en protoboard

La fuente de alimentación es suministrada desde el Raspberry PI con una señal de control RESET que determina el instante de operación del circuito.

### 4.3 Practica 2: Creación base de datos

Es necesario realizar esta práctica para poder aprender y dinamizar habilidades en crear, editar, modificar, eliminar y ejecutar sentencias de SQL en tablas de bases de datos que el prototipo requiere para el almacenamiento de la información receptada desde la celda solar, para lo cual se usa el PhpMyAdmin.

Esta herramienta facilita la administración de MySQL y a través de un navegador se logra operar con los códigos HTML en una página web utilizando el Internet.

Se requiere instalar los servicios del PhpMyAdmin en la plataforma Raspbian para establecer en entorno necesario:

```
apt-get install php5-mysql
apt-get install phpMyAdmin
```

Desde un navegador ingresar la IP de la Raspberry PI para tener acceso a la plataforma administrativa.

1.- Ingresamos: //IP\_RaspberryPI/phpMyAdmin

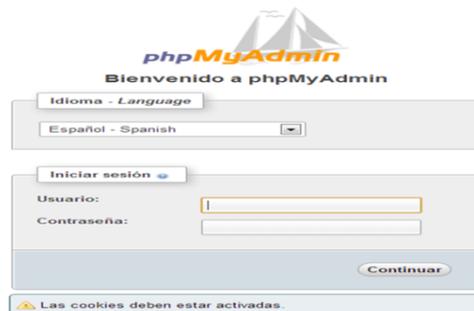


Figura 7 Inicio de sesión phpmyadmin

Usuario: root, contraseña: solar123

2.- Con este asistente se crea una base de datos

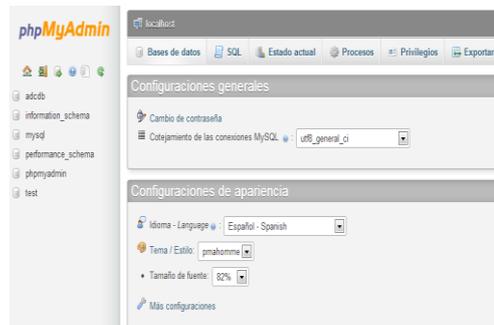


Figura 8. Creación base de datos en phpmyadmin

Inserción de datos a la tabla de la base de datos

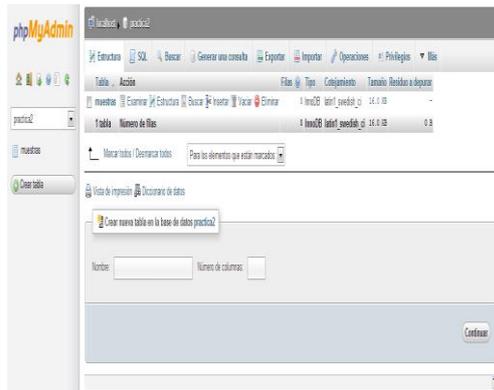


Figura 9. Inserción de datos en phpmyadmin

Detallamos como se ingresa los datos

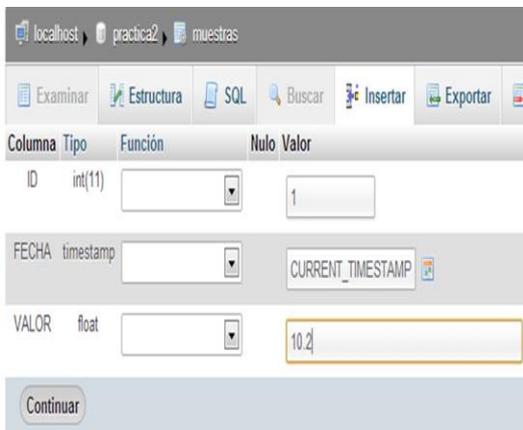


Figura 10. Dato en phpmyadmin

#### 4.4 Practica 3: Creación de la grafica

Con el uso de la librería rrdtool en el Raspbian nos permite el manejo y la creación de gráficas, rrdtool necesita los datos que se halla en la base de datos en este caso utilizaremos los datos almacenados.

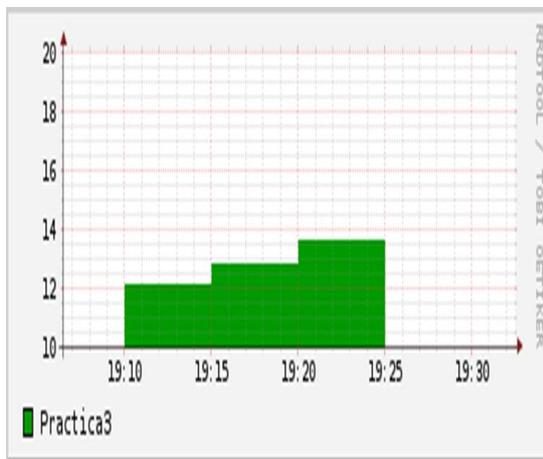


Figura 11. Grafica de los datos en la simulación

#### 4.5 Creación de la gráfica en HTML

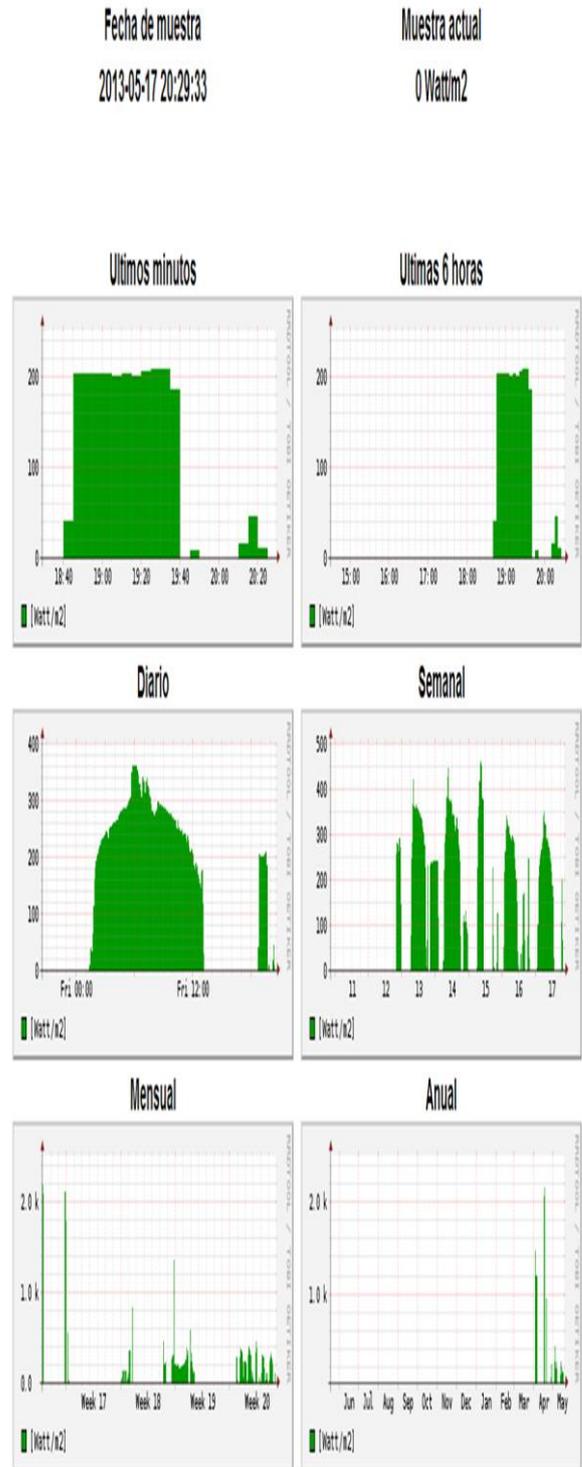


Figura 12. Grafica de histórico radiación solar

Para reflejar que se mantiene un histórico, se muestra diferentes periodos que son: actual, ultima 6 horas, diario, semanal, mensual, y anual.

## 4.6 Evaluación de datos de la Radiación Solar

Se ha estimado los valores de radiación solar adquiridos en la ciudad de Guayaquil-Ecuador por el prototipo, comparándolos con los datos capturados por un período de 22 años obtenidos del Solar Electricity Hand Book el cual proporciona datos de insolación promedio mensual, el cual genera información diaria promedio de cuanto un sistema fotovoltaico producirá en cualquier mes dado.

De esta forma se calibro con menor grado de error el valor de los niveles de radiación solar, dado que al tener 4,9 kW-h/m<sup>2</sup> valor máximo en Guayaquil de forma empírica vamos a asociarlo con 470mv que fue el valor máximo obtenido de la celda solar en un día soleado, y 3.7 kW-h/m<sup>2</sup> es el valor mínimo en Guayaquil de forma empírica vamos a asociarlo con 200mv que es el valor mínimo.

Podemos notar que existe 1.2 kW-h/m<sup>2</sup> de rango de 3.7 a 4.9 kW-h/m<sup>2</sup>. Existe 270mv de rango desde 200mv hasta 470mv. Para obtener una relación en estas dos escalas se ha realizado una división de 1.2/270 lo que nos da un valor de 0.00444 esto indica que por cada 1mv tenemos una variación de 0.00444 kW-h/m<sup>2</sup> se determinó que la validez de la data es a partir de los 200mv, valores menores a 200mv se interpreta que no hay luz solar y se lo representa con 0 kW-h/m<sup>2</sup>, y valor mayor a 470mv será interpretado como 4.9 kW-h/m<sup>2</sup>. [11]

## 5. Conclusiones

En el desarrollo de este proyecto podemos concluir que el uso de las diversas tecnologías de punta en Hardware y Software se pudo lograr la realización del prototipo, se usó una celda solar, un pic microcontrolador y el minicomputador Raspberry Pi componentes creados para diversas aplicaciones, en nuestro caso nos proporcionó la capacidad de crear interfaces para trabajar juntos en este proyecto.

Se comprobó que la radiación solar en Ecuador Guayaquil Latitud  $\approx 0$  está en un mínimo 3.7 KW-h/m<sup>2</sup> y un máximo de 4.9 KW-h/m<sup>2</sup> comparando con las tablas de radiaciones solar ya expuestas en el Solar

Electricity Handbook es evidente que nuestra medición tendría un margen error debido a que el tiempo de medición en nuestro caso ha sido corto y en la celda BPW34 su superficie adquisición es de 3 mm<sup>2</sup>.

Se concluyó que el uso del minicomputador RASPBERRY PI ha reducido el uso de componentes electrónicos para la implementación del prototipo, el mismo que permite almacenar, administrar y graficar los datos adquiridos por la celda solar, la representación gráfica KW/m<sup>2</sup> vs. Hora nos puede demostrar los instantes beneficiosos y/o perjudiciales del uso de los rayos solares.

## 6. Referencias

- [1] Antecedentes. Disponible en: Clerk, James, Magnetic Energy, 1891.
- [2] Consecuencias De La Radiación Solar. Disponible: <http://www.inppares.org/revistas/Revista%20II%202009/14%20-%20Radiacion.pdf> (Consultado el 14 de marzo del 2013).
- [3] Compilador c-ccs. Disponible en: García, E., Compilador c-ccs para microcontroladores pic, Alfa omega ,2008
- [4] RASBIAN. Disponible en: [www.alegsa.com.ar](http://www.alegsa.com.ar) (Consultado el 16 de marzo del 2013).
- [5] PHP Y MySQL. Disponible en: Cobo, Ángel, Php y MySQL, Díaz De Santos, 2005.
- [6] APACHE. Disponible en: Bowen, Rich, Apache, Amaya Multimedia, 2008.
- [7] PROTEUS. Disponible en: Tojeiro, German, Proteus, MARCOMBO, 2008.
- [8] PIC 16F88. Disponible en: <http://www.ele-mariamoliner.dyndns.org/~fperal/lodi/9B-pic16f88.pdf> (Consultado el 19 de marzo del 2013).
- [9] Celda Solar Miniatura BPW34. Disponible en: <https://www.sparkfun.com/products/9541> (Consultado el 16 de marzo del 2013).
- [10] Placa Raspberry Pi. Disponible en: <http://www.raspberrypi.org/faqs> (Consultado el 19 de Marzo del 2013).
- [11] Datos radiación solar. Disponible en: <http://solarelectricityhandbook.com/solar-irradiance.html> (Consultado el 20 de mayo del 2013)