



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MONITOREO CLIMATOLÓGICO VÍA GPRS Y
AUTOMATIZACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DEL ANILLO DEL
PIRANÓMETRO EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA-
ESPOCH”

Trabajo de Titulación presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTORES: ALEX MARLON CALUÑA TISALEMA
ALEX RODRIGO JORDÁN VARGAS
TUTOR: DR. JOSÉ RIGOBERTO MUÑOZ CARGUA

Riobamba-Ecuador

2017

©2017, Alex Marlon Caluña Tisalema y Alex Rodrigo Jordán Vargas.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO CLIMATOLÓGICO VÍA GPRS Y AUTOMATIZACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DEL ANILLO DEL PIRANÓMETRO EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA- ESPOCH”, de responsabilidad de los señores Alex Marlon Caluña Tisalema y Alex Rodrigo Jordán Vargas, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

| NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|--|--------------|--------------|
| Ing. Washington Luna E. DECANO FIE | ----- | ----- |
| Ing. Freddy Chávez V. DIRECTOR EIE CONTROL Y REDES INDUSTRIALES | ----- | ----- |
| Dr. José Rigoberto Muñoz Cargua DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN | ----- | ----- |
| Ing. Edwin Altamirano. MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN | ----- | ----- |

Nosotros, ALEX MARLON CALUÑA TISALEMA Y ALEX RODRIGO JORDÁN VARGAS, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Alex Marlon Caluña Tisalema
180461903-7

Alex Rodrigo Jordán Vargas
180422921-7

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a las personas más importantes en mi vida: mis papás y hermanos; siempre han sido el mejor apoyo, ejemplo, inspiración y consejeros.

A la luz que brilló en nuestras vidas y hoy desafía la velocidad del infinito; libre entre nubes imponente navegando en la eternidad.

A mis amigos quienes fueron parte de largas jornadas de estudio, divertidos momentos entre conversas, bromas y anécdotas; son los mejores.

A todos quienes me han brindado su apoyo incondicional.

Este logro para ustedes.

ALEX MARLON

Dedico este esfuerzo a mis padres por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera, a mis hermanos por alentarme a cumplir con mis sueños sin dejarme desfallecer. A toda mi familia pues lucharon junto a mí hasta llegar al final y conseguir este triunfo.

A mis compañeros y amigos con quienes compartí gratos e inolvidables momentos entre risas y horas de estudio.

ALEX RODRIGO

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirnos sus puertas y formarnos como profesionales, a nuestros maestros que a lo largo de la carrera nos transmitieron sus conocimientos y anécdotas profesionales, a nuestro tutor de Trabajo de Titulación por su apoyo constante en el desarrollo del mismo.

MARLON Y ALEX

TABLA DE CONTENIDO

Páginas

| | |
|--|------------|
| PORTADA | |
| DERECHOS DE AUTOR | ii |
| CERTIFICACIÓN | iii |
| DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xii |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | xiv |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xv |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS | xvi |
| RESUMEN | xix |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I | 6 |
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL | 6 |
| 1.1. Estación Meteorológica | 6 |
| <i>1.1.1. Funcionamiento Estación Meteorológica Automática (EMA)</i> | <i>7</i> |
| <i>1.1.2. Componentes de una Estación Meteorológica Automática</i> | <i>8</i> |
| <i>1.1.2.1. Registrador de datos o Datalogger</i> | <i>9</i> |
| <i>1.1.2.2. Sistema de Comunicación y Transmisión</i> | <i>9</i> |
| <i>1.1.2.3. Fuente de energía</i> | <i>10</i> |
| 1.2. Sistema GPRS | 10 |
| <i>1.2.1. Tarjeta GPRS SIM 900</i> | <i>10</i> |
| <i>1.2.2. Arquitectura de Red GPRS</i> | <i>11</i> |
| <i>1.2.3. Protocolo GPRS</i> | <i>12</i> |
| <i>1.2.4. Tipologías de servicios</i> | <i>12</i> |
| 1.3. Sistema Fotovoltaico | 13 |
| <i>1.3.1. Componentes de un Sistema Fotovoltaico</i> | <i>14</i> |
| <i>1.3.1.1. Panel solar</i> | <i>14</i> |
| <i>1.3.1.2. Baterías</i> | <i>15</i> |
| <i>1.3.1.3. Regulador de Carga</i> | <i>16</i> |

| | | |
|--------------------------|--|----|
| 1.3.2. | <i>Funcionamiento de un Sistema Fotovoltaico</i> | 16 |
| 1.4. | Actuadores | 18 |
| 1.4.1. | <i>Motor paso a paso</i> | 18 |
| 1.5. | Elementos de protección | 19 |
| 1.5.1. | <i>Fusibles fotovoltaicos cilíndricos</i> | 19 |
| 1.6. | Puente H | 20 |
| 1.6.1. | <i>Módulo LM298</i> | 21 |
| 1.7. | Módulo reloj en tiempo real DS3231 | 21 |
| 1.8. | Placa Arduino UNO | 22 |
| 1.8.1. | <i>Conectores disponibles de la placa Arduino Uno</i> | 23 |
| 1.8.2. | <i>Cable para conexión entre PC y Arduino</i> | 24 |
| 1.9. | Software utilizado para la programación y diseño del Sistema | 24 |
| 1.9.1. | <i>Sistema Operativo Windows</i> | 25 |
| 1.9.2. | <i>IDE Arduino 1.8.1</i> | 25 |
| 1.9.3. | <i>Software SolidWorks</i> | 25 |
| 1.9.4. | <i>Aplicación Ubidots</i> | 26 |
| CAPITULO II | | 28 |
| 2. | MARCO METODOLÓGICO | 28 |
| 2.1. | Lugar de estudio | 28 |
| 2.2. | Técnicas de Recolección de Datos | 29 |
| 2.3. | Alcance de la investigación | 29 |
| 2.4. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 29 |
| 2.5. | Universo, población y muestra de la investigación | 29 |
| 2.6. | Diseño y dimensionamiento del sistema mecánico piñón-cremallera | 30 |
| 2.6.1. | <i>Dimensionamiento del motor para el sistema piñón.-cremallera</i> | 30 |
| 2.6.2. | <i>Dimensionamiento del piñón y cremallera</i> | 32 |
| 2.6.3. | <i>Diseño del sistema piñón.-cremallera en SolidWorks</i> | 35 |
| 2.7. | Diseño del Sistema Fotovoltaico | 38 |
| 2.7.1. | <i>Calculo de la energía diaria consumida</i> | 38 |

| | | |
|---------------------------|--|----|
| 2.7.2. | <i>Selección del horario solar pico (HPS)</i> | 39 |
| 2.7.3. | <i>Dimensionamiento del panel fotovoltaico</i> | 40 |
| 2.7.3.1. | <i>Colocación De Los Paneles Fotovoltaicos</i> | 41 |
| 2.7.3.2. | <i>Orientación del panel fotovoltaico</i> | 41 |
| 2.7.4. | <i>Dimensionamiento del sistema de acumulación de energía</i> | 41 |
| 2.7.5. | <i>Dimensionamiento del regulador</i> | 42 |
| 2.8. | Sistema de control del Movimiento automático del anillo de sombra del piranómetro | 43 |
| 2.8.1. | <i>Sistema de alimentación</i> | 43 |
| 2.8.2. | <i>Control del motor paso a paso bipolar</i> | 44 |
| 2.8.2.1. | <i>Control del reloj tiempo real de precisión RTC DS3231</i> | 46 |
| 2.8.3. | <i>Esquema de conexión de los componentes para el control del motor a pasos</i> | 46 |
| 2.9. | Ajuste y posicionamiento del piranómetro | 48 |
| 2.10. | Control del avance de la cremallera | 50 |
| 2.11. | Diagrama de flujo del movimiento del anillo de sombra | 52 |
| 2.11.1. | <i>Programación</i> | 54 |
| 2.12. | Diseño y programación para la conexión de sensores a la placa Arduino | 58 |
| 2.12.1. | <i>Diagramas de conexión diseñados en Proteus ISIS</i> | 58 |
| 2.12.2. | <i>Programación para la lectura de las señales de los sensores</i> | 61 |
| 2.13. | Transmisión de datos | 63 |
| 2.13.1. | <i>Conexión del módulo GPRS a la placa Arduino</i> | 64 |
| 2.13.2. | <i>Programación para la transmisión de datos</i> | 64 |
| 2.14. | Almacenamiento de datos en el Servidor Web | 66 |
| CAPITULO III | | 68 |
| 3. | MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN | 68 |
| 3.1. | Monitoreo de variables meteorológicas vía GPRS | 68 |
| 3.1.1. | <i>Funcionamiento de los sensores</i> | 69 |
| 3.1.1.1. | <i>Adquisición de los datos de los sensores descritos</i> | 71 |
| 3.2. | Visualización de datos en la página Web | 73 |
| 3.3. | Análisis de la optimización del tiempo | 75 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 3.4. | Análisis de datos consumidos en la transmisión mensual de datos..... | 77 |
| 3.5. | Análisis de gastos..... | 79 |
| 3.6. | Resultados..... | 80 |
| | CONCLUSIONES..... | 83 |
| | RECOMENDACIONES..... | 84 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 1 |
| | BIBLIOGRAFÍA | |
| | ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Tabla 1-1 | Especificaciones del motor paso a paso bipolar marca Nema..... | 18 |
| Tabla 2-1 | Especificaciones técnicas de la placa Arduino Uno..... | 22 |
| Tabla 1-2 | Coefficiente de seguridad (K) basado en el Tiempo de trabajo y tipo de carga | 30 |
| Tabla 2-2 | Potencia nominal vs Tiempo de funcionamiento..... | 39 |
| Tabla 3-2 | Secuencia de giro del motor paso a paso..... | 45 |
| Tabla 4-2 | Valor para el posicionamiento de las barras del anillo de sombra HFSR01.... | 50 |
| Tabla 5-2 | Lista de comandos AT utilizados en la programación..... | 64 |
| Tabla 1-3. | La dirección en grados, los valores de resistencia interna, el voltaje suministrado al sensor para una resistencia externa usada de 10k..... | 70 |
| Tabla 2-3. | Tiempo utilizado en la descarga de datos..... | 76 |
| Tabla 3-3. | Tiempo utilizado en el movimiento del anillo de sombra del piranómetro.... | 77 |
| Tabla 3-3. | Promedio de datos diarios transmitidos vía GPRS..... | 80 |
| Tabla 3-3. | Promedio de datos diarios descargados en la estación..... | 80 |
| Tabla 3-3. | Porcentaje de error entre datos enviados y descargados..... | 80 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------------------|---|----|
| Figura 1-1. | Estación Meteorológica ESPOCH..... | 6 |
| Figura 2-1. | Esquema Funcional de una EMA..... | 7 |
| Figura 3-1. | Instrumentos Meteorológicos..... | 9 |
| Figura 4-1. | Módulo GPRS SIM 900..... | 11 |
| Figura 5-1. | Tipología punto a punto. | 12 |
| Figura 6-1. | Tipología punto a multipunto..... | 13 |
| Figura 7-1. | Sistema Fotovoltaico. | 13 |
| Figura 8-1. | Panel solar..... | 14 |
| Figura 9-1. | Batería Solar Recargable..... | 15 |
| Figura 10-1. | Regulador de carga..... | 16 |
| Figura 11-1. | Funcionamiento de Sistema Solar Fotovoltaico..... | 18 |
| Figura 12-1. | Motor paso a paso Nema..... | 19 |
| Figura 13-1. | Fusible cilíndrico gPV..... | 20 |
| Figura 14-1. | Esquema de un puente H. | 21 |
| Figura 15-1. | Módulo LM298..... | 21 |
| Figura 16-1. | Módulo de reloj en tiempo real DS3231..... | 22 |
| Figura 17-1. | Esquema de la placa Arduino Uno..... | 24 |
| Figura 18-1. | Cable Arduino Mega 2560 - PC..... | 24 |
| Figura 19-1. | Pantalla IDE de Arduino 1.8.1..... | 25 |
| Figura 20-1. | Módulos existentes en SolidWorks. | 26 |
| Figura 1-2. | Sistema piñón-cremallera..... | 32 |
| Figura 2-2. | Sistema piñón- cremallera y sus respectivos valores de dimensionamiento. | 35 |
| Figura 3-2. | Sistema piñón-cremallera en SolidWorks..... | 36 |
| Figura 4-2. | Acople de piñón-motor en SolidWorks..... | 36 |
| Figura 5-2. | Sistema mecánico piñón-cremallera diseñado en SolidWorks. | 37 |
| Figura 6-2. | Sistema mecánico piñón-cremallera instalado..... | 37 |
| Figura 7-2. | Sistema de alimentación fotovoltaico..... | 44 |
| Figura 8-2. | Esquema de motor bipolar..... | 44 |
| Figura 9-2. | Pines del módulo LM298..... | 45 |
| Figura 10-2. | Esquema de conexión de los componentes para el control del motor a pasos..... | 46 |
| Figura 11-2. | Tablero de control instalado..... | 47 |
| Figura 12-2. | Angulo de posicionamiento..... | 48 |

| | | |
|---------------------|---|----|
| Figura 13-2. | Rango del Angulo de declinación solar..... | 49 |
| Figura 14-2. | Componentes del Piranómetro..... | 49 |
| | Avance de la cremallera | 53 |
| Figura 1-2. | Circuito para la conexión del anemómetro y la veleta..... | 58 |
| Figura 2-2. | Circuito para la conexión del pluviómetro..... | 59 |
| Figura 3-2. | Circuito para la conexión del sensor de temperatura y humedad DHT21 | 59 |
| Figura 4-2. | Circuito para la conexión del sensor de presión..... | 60 |
| Figura 5-2. | Conexión de los sensores a la placa Arduino..... | 60 |
| Figura 7-2. | Diagrama de conexión entre el módulo GPRS y la placa Arduino..... | 64 |
| Figura 8-2. | Funcionamiento de una API..... | 67 |
| Figura 1-3. | Sistema de transmisión y monitoreo de datos usando red GPRS y protocolo TCP/IP..... | 68 |
| Figura 2-3. | Circuito del sensor de dirección de viento..... | 69 |
| Figura 3-3. | Divisor de voltaje para generar..... | 70 |
| Figura 4-3. | Conexión de pines del anemómetro y..... | 71 |
| | Placa impresa de adquisición de señales de sensores..... | 72 |
| Figura 5-3. | Página de registro de Ubidots..... | 73 |
| Figura 6-3. | Pantalla principal de la API..... | 73 |
| Figura 7-3. | Creación de origen de datos “GPRS” | 74 |
| Figura 8-3. | Variables de datos enviados por los sensores..... | 74 |
| Figura 9-3. | Visualización en el servidor web de valores de las señales captadas en el medio por los sensores. | 75 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1-3. Diagrama de flujo del movimiento del anillo de sombra..... | 53 |
| Grafico 2-1. Diagrama de flujo del posicionamiento correcto del anillo de sombra..... | 57 |
| Gráfico 1-3. Tiempo para la toma de datos: manera manual vs Monitoreo en la página web. | 76 |
| Grafico 4-1. Proceso para el monitoreo de datos..... | 73 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL PANEL SOLAR
- ANEXO B.** HOJA DE ESPECIFICACIONES DE BATERÍA ULTRACELL
- ANEXO C.** HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL REGULADOR DE CARGA SHS-10
- ANEXO D.** HOJA DE ESPECIFICACIONES DE MOTOR NEMA
- ANEXO E.** HOJA DE ESPECIFICACIONES DE FUSIBLES CILINDRICOS
- ANEXO F.** HOJA DE ESPECIFICACIONES DE LA PLACA ARDUINO UNO
- ANEXO G.** INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO, INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS, PANEL DE CONTROL, SISTEMA MECÁNICO PIÑÓN CREMALLERA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|-----------------------|--|
| A | Amperios |
| AC | Corriente alterna |
| AH | Amperios hora |
| API | Interfaz de programación de aplicaciones |
| APN | Access Point Name |
| BG | Border Gateway |
| C | Capacidad de batería |
| °C | Grado Celsius |
| CG | Charging Gateway |
| DC | Corriente continua |
| De | Diámetro exterior |
| Di | Diámetro interior |
| dp | Diámetro primitivo del piñón |
| EDC | Energía en corriente continua |
| EMA | Estación Meteorológica Automática |
| e | Espesor de diente |
| E | Energía diaria consumida |
| F_{ht} | Fuerza tangencial horizontal |
| FIE | Facultad de Informática y Electrónica |
| GGSN | Gateway GPRS Support Node |
| GSM | Sistema global para las comunicaciones móviles |

| | |
|--------------------------|--|
| GPRS | General Package Radio System |
| h | Altura de diente |
| H | Tiempo en horas del funcionamiento del dispositivo |
| hc | Adendum |
| hp | Ddedendum |
| hPa | Hectopascal |
| HPS | horario solar pico |
| K | Coefficiente de seguridad |
| Kg | Kilogramos |
| M | Par de giro |
| mm | milímetros |
| M2M | Maquina a máquina |
| N | Newton |
| η | Rendimiento del sistema piñón-cremallera |
| P | Potencia nominal |
| PWM | Pulse Wave Modulation, |
| PCU | Packet Control Unit |
| PTM | Punto a multipunto |
| PTP | Punto a punto |
| SCL | System Clock |
| SDA | System Data |
| SGSN | Serving GPRS Support Node |
| STC | condiciones de medida estándar |

| | |
|---------------|---|
| TCP/IP | Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet |
| TTL | Logica transistor a transistor |
| μ | Coefficiente de rozamiento |
| UART | Transmisor-Receptor asíncrono de datos |
| V | Voltios |
| W | Vatios |
| z | Número de dientes |

RESUMEN

El Trabajo de Titulación tuvo como objetivo el diseño e implementación de un sistema de monitoreo climatológico vía red celular (GPRS) y automatización de la calibración del anillo del piranómetro en la estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Para la automatización se diseñó un sistema mecánico piñón-cremallera que se encuentra montado sobre una estructura metálica y al cual están ensambladas las barras de deslizamiento; a dicho sistema está acoplado un motor a pasos NEMA que permite el movimiento lineal de las barras. Para establecer la comunicación GPRS se utilizó la tarjeta SIM 900 que se conectó a la placa Arduino, permitiendo el monitoreo de las variables de la estación meteorológica en la pantalla de la aplicación API de Ubidots; dicha aplicación utiliza métodos del protocolo de hipertexto (HTTP) finalmente se puede visualizar los datos de estación meteorológica de la ESPOCH en tiempo real. Además se implementó un sistema fotovoltaico que provee de energía a los dispositivos eléctricos y electrónicos instalados; está formado por: panel solar, regulador de voltaje, convertidor DC-DC, driver de motor a pasos LM298 y el módulo de reloj en tiempo real. La programación para el control del movimiento del motor a pasos, lectura de las señales de los instrumentos meteorológicos, la transmisión de datos hacia la página web; se realizó en el software IDE Arduino. Se mejoró el tiempo utilizado en la toma de datos; en donde se obtuvo 60 minutos al realizar la descarga de datos manualmente; mientras que mediante el monitoreo de la página web se obtuvo 10 minutos; optimizando el tiempo en 50 minutos; lo que representa una mejora del 83.3 % en el tiempo empleado. Con el sistema implementado se logró el monitoreo en tiempo real de las variables meteorológicas y el control automático del movimiento anillo de sombra; además que se disminuyó costos y tiempos en la adquisición de datos, ya que se registran automáticamente en la página web. Se recomienda a los estudiantes realizar una revisión mensual del sistema instalado para así evitar averías.

PALABRAS CLAVE

<TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <TECNOLOGÍA DE LAS COMUNICACIONES> <REDES> <ESTACIÓN METEOROLÓGICA>, <PIRANÓMETRO>, <RED CELULAR (GPRS)>, <SERVIDOR WEB>, <ARDUINO (TARJETA DE PROGRAMACIÓN)>.

ABSTRACT

The main purpose of this study was the design and implementation of a climate monitoring system via cellular network (GPRS) and automation of the calibration of the pyranometer ring at the meteorological station of the Polytechnic High School of Chimborazo. In order to carry out the automation process, it was designed a mechanical rack-and-pinion system that is mounted on a metal structure in which the slide bars are assembled. A NEMA stepper motor that enables the linear movement of the bars is coupled to this system. In order to establish the GPRS communication, the SIM card 900, which was connected to the Arduino board; was used. This; enables to monitor the variables of the climatological station in the screen of Ubidots API application, which uses hypertext protocol (HTTP) methods. Finally, the data of the ESPOCH weather station can be visualized in real time. Besides, it was implemented a photovoltaic system that provides energy to the electrical and electronic devices installed. The photovoltaic system consists of solar panel, voltage regulator, DC-DC converter, LM298 driver of stepper motor and clock module in real time. The programming for the control of the movement of the engine by steps, reading the signals of the meteorological instruments, the transmission of data towards the web page were activities developed in the Arduino IDE software. The time invested in data collection was improved since downloading data manually took 60 minutes while by means of the monitoring of the website the data collection took 10 minutes; optimizing the time in 50 minutes, which represents an improvement of 83.3% of the time spent. The implemented system made possible to monitor the meteorological variables and the automatic control of the ring of shadow movement in real time. In addition to this, both, costs and times in the acquisition of data were reduced since they are registered automatically in the web page. It is recommended that students conduct a monthly check of the installed system to avoid breakdowns.

KEYWORDS

<TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES> <COMMUNICATIONS TECHNOLOGY> <NETWORKS> <WEATHER STATION>, <PYRANOMETER>, <CELL NETWORK (GPRS)>, <WEB SERVER>, <ARDUINO (PROGRAMMING CARD)>.

INTRODUCCIÓN

En el mundo se ha utilizado combustibles fósiles para generar electricidad para la iluminación y para operar las máquinas industriales y aparatos domésticos durante mucho tiempo, debido a ello los recursos naturales se han agotado rápidamente, por ello muchos países están buscando fuentes alternativas de energía que no contaminen el medio ambiente.

En Ecuador se están construyendo diferentes proyectos hidroeléctricos para generar electricidad, mismos que ayudarán a reducir la contaminación; pero hay también otros tipos de energía que provienen de la naturaleza como son solares, geotérmicas y eólicas.

Para entidades como el CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y AMBIENTE ESPOCH en el área de energías alternativas se están llevando a cabo estudios para examinar el comportamiento del clima local; es importante conocer datos fidedignos, para ello se requiere un constante monitoreo y registro de parámetros climatológicos; como son la velocidad y dirección de viento radiación solar, la cantidad de lluvia, la temperatura, la humedad relativa.

Para el caso de la energía solar los parámetros principales de medición son la radiación solar directa y la radiación solar difusa, al interpretar dichos parámetros se puede emplear para diferentes propósitos; como el diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos, monitoreo de potencia en sistemas basados en energía solar, determinar el número de horas de sol que puedan utilizarse para la generación de electricidad a través de paneles fotovoltaicos, entre otros.

El piranómetro mide la radiación solar global de la zona. Para la medición de la radiación solar difusa se hace uso de un anillo el cual proyecta una sombra sobre el piranómetro para poder tener lecturas de radiación solar difusa sobre un determinado sitio. Sin embargo, debido a los fenómenos anuales, declinación solar, el usuario debe ajustar manualmente este anillo para el correcto posicionamiento de la sombra sobre el pirómetro. Para evitar perder la exactitud y pertinencia de las lecturas de radiación solar difusa.

En el presente proyecto de titulación se ha diseñado un sistema automatizado; en el dispositivo de anillo de sombra que no requiere mano de obra para su ajuste, este sistema basa su funcionamiento en una tabla de regulación de las barras de deslizamiento sobre el cual está sujeto el anillo de sombra del sensor, en dicha tabla se muestra la una determinada fecha del año y en qué medida debe estar posicionado el anillo de sombra.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Antecedentes

La utilización eficiente de las fuentes de energías alternativas, requiere del conocimiento de los recursos, es decir, tener registros del comportamiento de variables climatológicas, tales como la radiación solar global, velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, presión atmosférica entre otras. Debido a esta razón es necesario contar con estaciones meteorológicas para monitorear dichos parámetros.

La estación meteorológica debe tener instalados estos sensores que miden diferentes variables climatológicas, las cuales se utilizan para posteriores análisis referentes a las energías renovables, al ambiente, a la contaminación, cambios climáticos entre otros.

Las señales provenientes de estos sensores se reciben en una tarjeta de adquisición de datos llamada Datalogger el cual toma estas señales la mayoría análogas, procesa estas señales, las convierte en digitales y los almacena en una memoria para su posterior descarga. El personal acude a la estación meteorológica para obtener los datos manualmente, lo que implica utilización de recursos tanto humanos como físicos.

Formulación del problema

En los últimos años la instrumentación virtual ha evolucionado de manera significativa, lo que ha permitido obtener un registro de variables más completo y eficiente, a través del uso de la instrumentación virtual basado en computadoras personales, cuyo campo de aplicación no se ha limitado tan sólo al área del monitoreo y control de procesos, sino que también está siendo aplicado en el registro de variables físicas en general.

En la estación meteorológica de la ESPOCH, se encuentran instalados los sensores de radiación solar directa y difusa para medir la radiación solar global que llega a determinada área de la tierra, el sensor de radiación solar difusa se compone de un anillo el cual debe desplazarse continuamente para generar la sombra necesaria sobre dicho sensor y obtener la información requerida. Dado que por los movimientos de rotación y traslación del planeta el anillo pierde su alineación con la declinación del sol durante el día y permite el contacto directo del sensor con la radiación solar el personal encargado debe trasladarse al lugar para alinearlos nuevamente.

Para registrar los datos de los instrumentos meteorológicos de la estación, se tiene que trasladar al lugar en donde está ubicada para ello se tiene que usar recursos como transporte y viáticos para el personal encargado de esta actividad.

La recopilación de estos datos así como la calibración del sensor de radiación difusa está planificado por el centro que se lo debe realizar constantemente; debido a que este proceso se lo tiene que cumplir periódicamente sería necesaria la implementación de un sistema de monitoreo de datos

Sistematización del problema

1. ¿Qué tipo de módulos se aplicarán para establecer la comunicación GPRS?
2. ¿Cómo implementar un sistema de visualización para monitorear una estación meteorológica a través de la transmisión de datos mediante red GPRS?
3. ¿Cómo automatizar la calibración del anillo de sombra del sensor de radiación difusa de la estación meteorológica?
4. ¿Qué elementos son los adecuados para automatizar la calibración del anillo de sombra del piranómetro?

JUSTIFICACIÓN

Justificación teórica

La estación meteorológica del Centro de Investigación de energías alternativas y ambiente ESPOCH cuenta con varios sensores como son: sensor de viento, sensor de presión barométrica, sensor de temperatura y humedad, pluviómetro, sensor de radiación solar y paneles solares para el abastecimiento de energía de los equipos instalados.

Para conocer los datos almacenados por la estación es necesario el desplazamiento de personal técnico generando algunos gastos además de la pérdida de tiempo. Factores como la ubicación geográfica de algunas estaciones, la falta de personal y el transporte causa dificultades para la periódica recopilación de estos datos y la calibración del anillo del sensor de radiación solar difusa (piranómetro).

La estación meteorológica requiere un monitoreo constante de cada variable medida por los sensores, siendo necesario entonces contar con un sistema de monitoreo de todas estas variables climatológicas además de la visualización del comportamiento de estas variables también es

necesario generar reportes en los que se incluyan promedios, valores máximos y mínimos, para ello se debe contar con una estación base en la cual se recibirán estos datos provenientes de la estación meteorológica a través de un medio de transmisión de datos en este caso la red GPRS.

Como ya se mencionó la estación cuenta con un sensor de radiación solar difusa el mismo que no debe recibir la energía solar de forma directa por lo que necesariamente para ello este sensor cuenta con un anillo que se debe calibrar manualmente después de cierto periodo de tiempo que por lo general se hace cada quince días haciendo necesaria la automatización del mismo aplicando las reglas técnicas especificadas por el fabricante y la utilización de una placa de programación Arduino

Justificación aplicativa

El centro de investigación requiere de recursos necesarios como personal o un vehículo que este a plena disposición a lo largo del día, para desplazarse a la estación meteorológica y obtener los datos periódicamente por lo que la descarga de los mismos se realiza cada quince días, necesitando un sistema de transmisión de datos fiable desde dicha estación hacia el Centro de Investigación ubicado en la FIE.

El proyecto tiene por objetivo la implementación de un sistema para el monitoreo climatológico a través del uso de la red celular GPRS, para lo cual se tomará los datos de los sensores de la estación meteorológica luego se enviarán los datos a través de la red celular GPRS hasta el servidor web para su visualización y monitoreo, a este servidor dirigirán los datos de la estación remota, los parámetros para poder enviar los datos recopilados deberán ser configurados en los módems. Los datos serán almacenados en la memoria interna del datalogger y luego se transferirán al servidor el cual será el encargado de procesarlos para visualizarlos en una interfaz amigable para el usuario cada minuto.

El Datalogger recibe los datos de cada uno de los sensores instalados en la estación y los almacena luego los envía al transmisor GPRS por comunicación serial. El transmisor enviará la señal al receptor que estará instalado en la planta base y los datos serán almacenados en un servidor para luego ser visualizados. Gracias a las funciones proporcionadas por el servidor se puede almacenar estos datos y generar reportes en formato Excel.

Adicionalmente el sistema contará con un control automático aplicado a la calibración del anillo del sensor de radiación difusa (piranómetro), el cual se encargará de generar la sombra necesaria desplazándose automáticamente utilizando una tarjeta de Arduino. Este se encargará de

controlar los motores para el desplazamiento del anillo de sombra del piranómetro mediante un código que estará basado en las especificaciones del sensor de radiación difusa. La fuente de alimentación del sistema de control será una batería recargable la misma que recibirá energía de un panel solar.

OBJETIVOS

Objetivos generales

- Diseñar e Implementar de un sistema de monitoreo climatológico vía GPRS y automatizar la calibración del sensor de radiación difusa (piranómetro) en la estación meteorológica-ESPOCH.

Objetivos específicos

- Recolectar y transmitir datos climáticos para la visualización y monitoreo de datos en la estación meteorológica ESPOCH vía GPRS.
- Enviar los datos recopilados por los sensores a un servidor web para el registro de los datos recibidos por la estación base.
- Automatizar la calibración del anillo del sensor de radiación difusa (piranómetro) de manera que éste pueda desplazarse linealmente para que genere sombra mediante la utilización de un Arduino en la estación meteorológica.
- Generar reportes continuos con los datos adquiridos para su posterior análisis.
- Realizar el registro y pruebas del sistema propuesto.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Estación Meteorológica

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar valores de variables meteorológicas para posteriormente realizar estudios climatológicos. La medición de dichas variables es de vital importancia en procesos industriales, en la agricultura, entre otros.

Según lo establecido por la Organización Meteorológica Mundial las estaciones meteorológicas se clasifican según su finalidad en:

- **Estación Sinóptica:** pueden ser de climatología, agrícolas, especiales, aeronáuticas y satélites.
- **De acuerdo a la magnitud de las observaciones:** pueden ser principales, ordinarias y auxiliares o adicionales.
- **Por el nivel de observación:** se subdividen en superficie y altitud.
- **Según el lugar de observación:** pueden ser terrestres, aéreas y marítimas.

En el presente proyecto de titulación se estudiará una estación meteorológica automática, misma que se encarga de registrar los datos de las variables medidas de manera continua y en tiempo real; sin la necesidad de la presencia del ser humano. Con la EMA se puede lograr mayor precisión en la medición de datos, además que se pueden instalar en lugares que son poco accesibles al ser humano. La **Figura 1-1**, muestra la estación Meteorológica de la ESPOCH.



Figura 1-1. Estación Meteorológica ESPOCH

Fuente: Espoch ,2017, iner.espoch.edu.ec

1.1.1. *Funcionamiento Estación Meteorológica Automática (EMA)*

Una estación meteorológica automática (EMA) es una herramienta que mediante el uso de equipo computarizado y sensores obtienen datos de parámetros meteorológicos como radiación solar, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica, lluvia entre otros. Una vez que dicha lectura ha sido procesada se transmite a través de un sistema de comunicación en forma automática.

La estación automática funciona en forma autónoma, las 24 horas, con un sistema de alimentación a través paneles solares o mediante el uso de la energía eólica (Maldonado I. y Aravena R., 2006 p. 14-15).

En la **Figura 2-1.** se puede visualizar el Esquema Funcional de una Estación Meteorológica Automática.

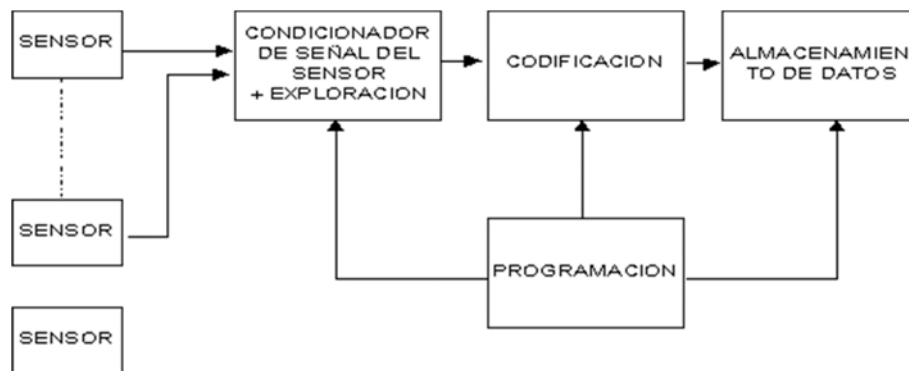


Figura 2-1. Esquema Funcional de una EMA

Fuente: www.cm.colpos.mx

Basados en el artículo “Automatización de la medición de variables meteorológicas” publicado en la web www.cm.colpos.mx, a continuación se describe el funcionamiento de una EMA:

- Los instrumentos meteorológicos son los sensores, cada uno posee un adaptador y un acondicionador de señal así como el dispositivo de exploración secuencial de los sensores.
- El acondicionador de señal envía la señal analógica al dispositivo de codificación y la convierte a una señal digital.
- Una vez codificada la información; es decir transferida a valores comprendidos por la computadora se transfiere al almacenamiento de datos.
- Cabe mencionar que para cada parte del funcionamiento se realiza una programación, en el presente proyecto la programación se realizó en el software Arduino IDE.

1.1.2. Componentes de una Estación Meteorológica Automática

Una estación meteorológica automática está formada por cuatro elementos indispensables: Instrumentos Meteorológicos o sensores, Registrador de Datos o Datalogger, Sistema de Alimentación de Energía y Sistema de Comunicación y Transmisión de Datos. En los siguientes apartados se describen cada uno de los componentes citados.

Los instrumentos meteorológicos son los sensores que conforman una EMA, los sensores son los encargados de captar las condiciones climáticas del medio ambiente y transformarlas en impulsos eléctricos, que posteriormente serán visualizadas en un computador. A continuación se describen los más importantes:

- **Piranómetro:** es un sensor de radiación que mide la radiación que proviene del sol. La radiación solar puede ser difusa o directa. La unidad de medida es W/m^2 . En la Estación Meteorología de la ESPOCH se encuentra instalado el sensor HFSR01.
- **Anemómetro:** es un instrumento que sirve para medir la dirección e intensidad del viento; está formado por un sensor que determina la dirección y otro sensor que la girar determina la velocidad del viento. La unidad de velocidad del viento es el Nudo. En la Estación Meteorología de la ESPOCH se encuentra instalado el sensor
- **Veleta:** Determina la dirección horizontal de donde proviene el viento
- **Higrómetro:** es un sensor que mide el grado de humedad que se halla en el ambiente. En la Estación Meteorología de la ESPOCH se encuentra instalado el sensor DHT21.
- **Termómetro:** es un sensor que mide la temperatura en el ambiente. Su unidad de medida es $^{\circ}C$. En la Estación Meteorología de la ESPOCH se encuentra instalado el sensor DHT21.
- **Pluviómetro:** es un sensor que se utiliza para medir la cantidad de lluvia que cae en un determinado lugar y tiempo. La salida del sensor instalado en la Estación Meteorológica de la ESPOCH es digital.
- **Barómetro:** es un sensor que permite medir la presión atmosférica. Su unidad de medida es el hectopascal hPa. En la Estación Meteorología de la ESPOCH se encuentra instalado el sensor BMP180.

En la **Figura 3-1.** se ilustran los Instrumentos Meteorológicos, como son: veleta, anemómetro, barómetro, sensor de temperatura y humedad, pluviómetro y piranómetro; los mismos que se encuentran instalados en la estación meteorológica de la ESPOCH.

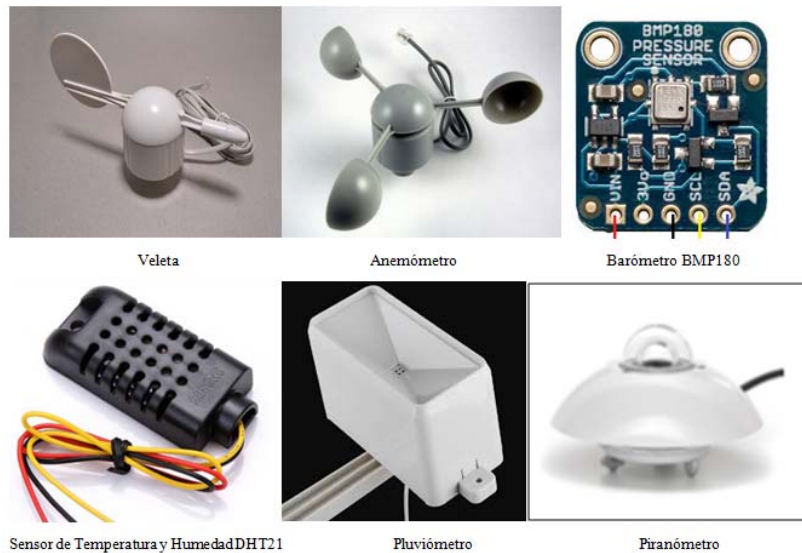


Figura 3-1. Instrumentos Meteorológicos

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

1.1.2.1. Registrador de datos o Datalogger

Un registrador de datos es un dispositivo electrónico que permite recopilar datos automáticamente las 24 horas del día mediante instrumentos y sensores. El logger interpreta la señal digital o analógica y la transforma en un valor que representa el valor medido por el sensor. Posteriormente los datos leídos en su memoria y luego tener acceso a su registro. (<http://www.proviento.com.ec/logger.html>).

1.1.2.2. Sistema de Comunicación y Transmisión

Mediante estos instrumentos se extra la información del Datalogger hacia la base de datos. Existen diversas opciones para la conexión entre el computador y el datalogger; a continuación se enlistan:

- **Comunicación directa:** se utiliza un cable RS232 o RJ-485 entre el datalogger y la PC.
- **Comunicación vía red telefónica fija y móvil:** Es necesario un módem ubicado junto al computador y otro ubicado junto al datalogger.
- **Comunicación vía ondas de radio:** es necesario utilizar antenas repetidoras para cubrir la distancia entre la EMA y el computador.
- **Comunicación vía satélite:** es necesario una señal de satélite; por medio de la cual se transmitirá las señales desde el datalogger al computador.

1.1.2.3. Fuente de energía

La fuente de energía es la encargada de proveer de energía eléctrica para el funcionamiento de los instrumentos meteorológicos, el procesamiento de datos en el Datalogger, almacenamiento y transmisión de datos hacia el sistema de transmisión y comunicación (Maldonado I. y Aravena R., 2006 p. 16).

Existen diferentes fuentes de energía, entre las más utilizadas para la instalación de EMA's se describen las siguientes:

- **Energía eléctrica alterna:** este tipo de energía proviene de la red de 120 Voltios. La magnitud y el sentido de la corriente se da en dos sentidos.
- **Energía eléctrica continua:** este tipo de energía proviene de pilas y baterías de estado sólido recargable. El flujo de la energía continua es en un solo sentido.
- **Energía solar:** Provee de energía fotovoltaica por la luz del sol; o también energía termosolar por calor del sol. Se optó por la energía fotovoltaica para la estación meteorológica de la ESPOCH.

1.2. Sistema GPRS

El servicio general de paquetes de radio (GPRS) se basa en el sistema GSM, pues permite comunicarse vía satélite, sin necesidad de cables ni conexión física a dos terminales móviles. Permite a los usuarios enviar y recibir información a velocidades de hasta 115kbit/s. Los sistemas GPRS otorgan compatibilidad con las LANs, WANs Internet. Cuando se envían datos, estos son encapsulados en subpaquetes para ser enviados; a dichos paquetes se les asigna capacidad de red (Análisis y estudio de redes GPRS, 2005, p. 28).

1.2.1. Tarjeta GPRS SIM 900

La tarjeta GPRS SIM 900 es compatible con la tecnología GPRS para la transmisión de datos. El modem permite conectarse a la red internet mediante el protocolo TCP-IP y una velocidad máxima de transmisión de datos de 115,000 kbps. La transferencia de datos de GPRS es facturada a los usuarios de telefonía móvil por volumen de información transmitida. A continuación se describe las sus características principales:

- La tarjeta está configurada vía UART, que permite el control de los puertos serie para la comunicación de datos entre varios dispositivos.

- La tarjeta está basada en el módulo SIM900, que es un dispositivo que permite la conexión a la red celular GSM/GPRS, con el que se puede enviar datos , mandar SMS realizar llamadas, entre otras aplicaciones

En la **Figura 4-1** se ilustra la Tarjeta SIM 900 utilizada para transmisión de datos en el sistema meteorológico.



Figura 4-1. Módulo GPRS SIM 900

Fuente: hetpro-store.com

1.2.2. Arquitectura de Red GPRS

La red GPRS es una mejora de la red GSM; esto gracias a que se incorporan nuevos nodos en su arquitectura. En base a lo expuesto por Sánchez J. en su Trabajo de Titulación Análisis y Estudio de Redes GPRS se describen los nodos de una red GPRS:

- **GGSN (Gateway GPRS Support Node):** es una interfaz lógica hacia las redes de paquetes de datos externas. Cuando recibe los datos comprueba si la dirección del usuario está activa; y si lo está envía los datos al SGSN.
- **SGSN (Serving GPRS Support Node):** permite conmutar los paquetes ubicados jerárquicamente, transporta los paquetes de datos desde y hacia BTS, también detecta nuevos móviles GPRS.

- **CG (Charging Gateway):** recoge los CDRs generados por los SGSNs y GGSNs para consolidarlos y pre-procesarlos para posteriormente enviarlos al BG.
- **BG (Border Gateway):** Realiza la interfaz entre los backbones GPRS de distintas operadoras, por ejemplo entre Movistar y Claro.

1.2.3. *Protocolo GPRS*

GPRS es un protocolo de tres niveles, soporta tanto informaciones de control como de paquetes entre el móvil y el nodo al cual está conectada (Francisco Prieto, 2005, p. 67-68). Está formado por los siguientes campos:

- **Identificador de protocolo GPRS.:** es un dato de tipo numérico y se encarga de distinguir las ráfagas que contienen los paquetes GPRS de las ráfagas que contiene los paquetes GSM.
- **Identificador de protocolos de los PDU:** su función es direccionar las tramas GPRS hacia el SAP correcto; es un valor numérico.
- **Mensajes GPRS:** pueden ser de dos tipos; ya sea información de control o de datos.

1.2.4. *Tipologías de servicios*

Una red con tecnología GPRS dispone de dos tipologías: punto a punto (PTP) y punto a multipunto (PTM). A continuación se describen:

- **Punto a punto:** en este servicio el usuario envía uno o varios paquetes aun solo destinatario. En esta tipología se hallan la conexión Less Point To Point y la Conexión Oriented Point To Point. En la **Figura 5-1.** se muestra la Tipología Punto a Punto.

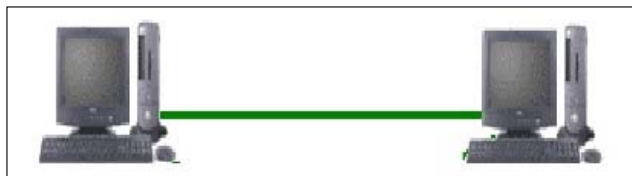


Figura 5-1. Tipología punto a punto.

Fuente: Telemática y Teleinformática, 2009.

- **Punto a multipunto:** en esta tipología pueden existir más de un destinatario; el envío de paquetes se realiza en base a la ubicación geográfica. Aquí se encuentran tres tipos de servicios; PTM Multicast, PTM Group Call y IP Multicast. La **Figura 6-1.** muestra la Tipología Punto a Multipunto.

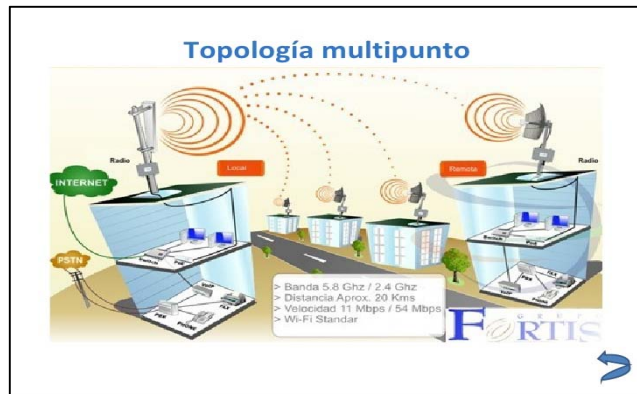


Figura 6-1. Tipología punto a multipunto

Fuente: Telemática y Teleinformática, 2009

1.3. Sistema Fotovoltaico

Un sistema Fotovoltaico es un conjunto de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que permiten captar la energía proveniente del sol y transformarla en energía eléctrica. Con dicho sistema se puede producir electricidad en el transcurso del día, almacenarla y utilizarla posteriormente.

Tiene diversas aplicaciones, entre las más relevantes se tiene:

- Para dotar de electricidad a zonas rurales y aisladas.
- En el área de telecomunicaciones como por ejemplo: repetidores, vía radio, entre otros.
- Espaciales; pues dota de energía eléctrica a elementos puestos en el espacio por el hombre.
- En Redes VSAT alimenta a estaciones de redes privadas de comunicación.
- En el bombeo de agua ya se para agua potable o riego.

En la **Figura 7-1.** Se ilustra un Sistema fotovoltaico

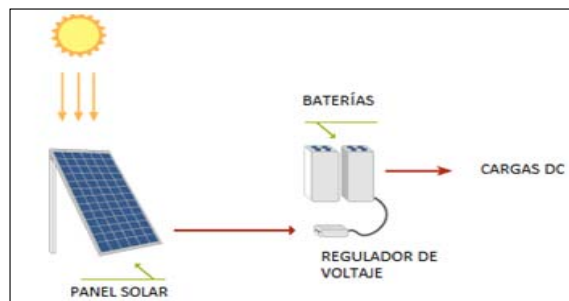


Figura 7-1. Sistema Fotovoltaico.

Fuente: www.soliclima.es/fotovoltaica-aislada

1.3.1. Componentes de un Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico está compuesto por: panel solar, generador fotovoltaico, regulador de carga, baterías recargables y convertidor DC/DC. En los siguientes apartados se describe cada uno de los elementos. Cabe recalcar que se debe dimensionar el sistema fotovoltaico para elegir los componentes adecuados; es decir conocer los requerimientos eléctricos del sistema.

1.3.1.1. Panel solar

El panel solar es el componente principal de una central fotovoltaica, está compuesto por un conjunto de células fotovoltaicas que están conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre un marco. Dichas células son las encargadas de convertir los rayos de luz provenientes del sol en electricidad. Está basado en el efecto fotovoltaico en el que una célula fotovoltaica absorbe los fotones de luz-energía para luego emitir electrones (Técnico en Instalaciones eléctricas y automáticas., 2010, p. 12-14).

En base a lo descrito en el Unidad 1 del Libro *Técnico en Instalaciones eléctricas y automáticas*. Un panel solar consta de las siguientes partes:

- **Marco de aluminio:** sirve de soporte en el momento de la instalación
- **Encapsulado:** protege los módulos de la abrasión, humedad y los rayos ultravioletas; también sirve de escudo a las células solares y las conexiones.
- **Conexionado:** las células solares van conectadas en serie y paralelo para proporcionar una tensión e intensidad indicadas para su aplicación
- **Soporte:** proporciona rigidez al panel
- **Vidrio:** recubre el panel par así protegerlo de la lluvia, rayos, entre otros fenómenos atmosféricos.

En la **Figura 8-1.** se ilustra el Panel solar PV-SY0801, utilizado en el proyecto.



Figura 8-1. Panel solar

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

En base a la hoja de especificaciones visualizadas en el **ANEXO A** se describen las características del panel solar utilizado en el sistema fotovoltaico implementado:

- **Voltaje nominal:** 45V
- **Número de celdas:** 72
- **Potencia nominal:** 300W

1.3.1.2. Baterías

Son dispositivos que transforman la energía química en energía eléctrica. Su funcionamiento radica en el almacenamiento de energía química para el posterior consumo de energía eléctrica. Las baterías se recargan de almacenar energía durante un tiempo determinado, proporciona potencia elevada y fija un valor de voltaje al sistema (Técnico en Instalaciones eléctricas y automáticas., 2010, p. 21-23).

Existen diversos parámetros a tomar en cuenta al momento de seleccionar una batería; a continuación se enlistan los parámetros con sus respectivos valores, basados en la hoja de datos de la batería Ultracell del, misma que fue seleccionada para la implementación del sistema fotovoltaico:

- Vida útil: 15 años.
- Capacidad (25° C): 156AH
- Autodescarga: 3% de capacidad por mes a 25° C
- Tensión de carga: 14.4 – 15 V
- Corriente de carga: 37.5 A.

En la **Figura 9-1**. Se ilustra una batería solar recargable de la marca Ultracell; la misma que fue empleada en el sistema fotovoltaico implementado.



Figura 9-1. Batería Solar Recargable

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

1.3.1.3. Regulador de Carga

El regulador de carga es un dispositivo que evita sobredescargas de la batería, con el fin de alargar la vida útil de las baterías. Cumple con dos funciones principales; la primera radica en garantizar una carga al acumulador e impedir eventos de sobrecarga y la segunda cuando la batería se descarga debe asegurar el suministro eléctrico diario suficiente además de evitar que la batería se descargue por completa (Técnico en Instalaciones eléctricas y automáticas., 2012, p. 19).

En la **Figura 10-1.** se ilustra el regulador de carga solar de la marca Morningstar SHS-10 utilizado en el proyecto.



Figura 10-1. Regulador de carga

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

A continuación se describen las características del regulador de carga solar SHS-10.

- Punto de regulación: 14.3 V
- Desconexión por bajo voltaje: 11.5 V
- Reconexión por bajo voltaje: 12.6 V.
- Tipo de carga: PWM Serie.

1.3.2. Funcionamiento de un Sistema Fotovoltaico

El conjunto de elementos que componen un sistema fotovoltaico cumplen con una determinada función dentro del mismo, y así lograr un sistema. Durante el día existen horas en las que la radiación solar es mayor, es ahí cuando el panel solar produce energía eléctrica en forma de corriente continua, esta corriente es almacenada en las baterías. Cuando el sistema lo requiere se alimenta de la energía almacenada en las baterías. En base a lo descrito en la web www.soliclima.es se describe las etapas de funcionamiento de un sistema fotovoltaico:

RADIACIÓN:

Etapa 1: Durante el día el sol emite energía calorífica que llegan al panel solar como rayos solares.

PRODUCCIÓN:

Etapa 2: La célula fotovoltaica del panel solar genere electricidad cuando crea una diferencia de potencial eléctrico entre la carga positiva y la negativa añadiendo átomos contaminantes a un semiconductor puro; con el fin de recibir electrones.

Etapa 3: Mediante cargas generará una corriente, exponiendo la célula fotovoltaica a una radiación luminosa para así aprovechar la energía de los fotones.

Etapa 4: El fotón cede energía a un electrón de la banda de valencia y lo hace pasar a la banda de conducción. Así, se provoca la ausencia de electrones, que crean cargas y establecen una corriente eléctrica.

Etapa 5: Obtendremos una diferencia de potencial uniendo dos semiconductores que contienen diferentes densidades de cargas positivas o negativas. Esto genera un campo eléctrico.

ACUMULADOR:

Etapa 6: la energía generada en el campo eléctrico se transmite al regulador, que posteriormente lo envía a la batería; donde almacenará la energía para su posterior uso.

UTILIZACIÓN:

Etapa 7: Finalmente la energía que se encuentra almacenada en la batería es utilizada por la carga, que pueden ser electrodomésticos u otros.

En la **Figura 11-1**, se aprecia el funcionamiento de un Sistema Solar Fotovoltaico.

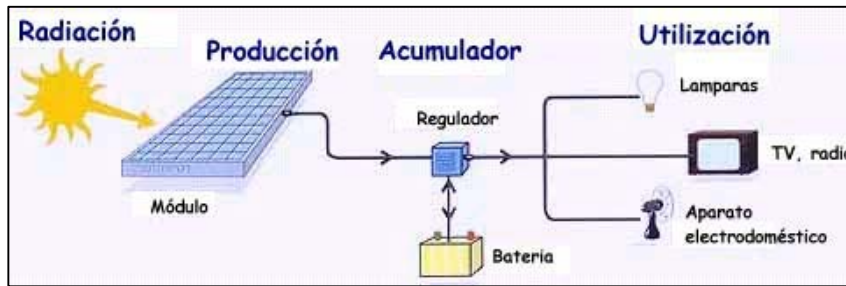


Figura 11-1. Funcionamiento de Sistema Solar Fotovoltaico

Fuente: www.arisa.com.mx/plantas.html

1.4. Actuadores

Los actuadores son dispositivos que proporcionan una fuerza para mover un elemento acoplado a ellos. Los actuadores eléctricos presentan grandes ventajas, como por ejemplo: brindan un posicionamiento fijo, generan fuerza rápidamente, entre otras. Los actuadores utilizados en el presente proyecto son: motor paso a paso, interruptores y fusibles fotovoltaicos.

1.4.1. Motor paso a paso

Los motores paso a paso son dispositivos que basan su funcionamiento en el control por pulsos de avance. Cuentan con bobinados que al ser alimentados correctamente giran a una secuencia deseada; además si gira el sentido de la secuencia por ende cambiara el sentido de giro del motor.

En la **Tabla 1-1.** se enlistan las características del motor paso a paso bipolar Nema utilizado en el sistema piñón- cremallera del presente proyecto, en base a su hoja de datos del **ANEXO D.**

Tabla 1-1. Especificaciones del motor paso a paso bipolar marca Nema

| PARÁMETRO | ESPECIFICACIÓN |
|-----------------------------|----------------|
| Voltaje de operación | 4.2 V |
| Corriente por fase bipolar | 3 A |
| Corriente por fase unipolar | 4 A |
| Resistencia Eléctrica: | 1.4 Ohm |
| Grados por paso: | 1.8 grados |
| Pasos por revolución: | 200 pasos |

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Fases: | 2 |
| Torque | 600 g.cm |
| Precisión angular: | ±3% |
| Temperatura de operación: | -20 a 40 °C |

Fuente: Hoja de especificaciones Motor paso a paso bipolar Nema.

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

En la **Figura 12-1.** se puede apreciar el Motor paso a paso Nema 23 utilizado en el sistema piñón –cremallera.

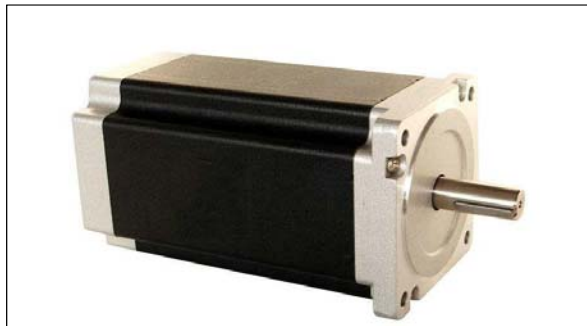


Figura 12-1. Motor paso a paso Nema.

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

1.5. Elementos de protección

Los elementos de protección protegen a los circuitos eléctricos y electrónicos de sobrecorrientes, sobrevoltajes y sobrecargas, interrumpiendo el paso de corriente. Existen diversos dispositivos que realizan esta función, como son: fusibles cilíndricos, fusibles térmicos, breaker, disyuntores, protector diferencial, entre otros. A continuación se describen los elementos usados en el presente proyecto.

1.5.1. Fusibles fotovoltaicos cilíndricos

Son dispositivos eléctricos destinados a la protección del sistema fotovoltaico de los constantes incrementos de potencia; ya que existen instalaciones que superan los 800V DC. En el caso de que existan sobretensiones, sobre corrientes o sobrecargas el fusible inmediatamente actuará para evitar daños en los equipos y al ser humano.

Los fusibles cilíndricos gPV que se utilizaron para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos del sistema fotovoltaico instalado en la estación meteorológica se ilustran la **Figura 13-1**.



Figura 13-1. Fusible cilíndrico gPV

Fuente: www.df-sa.es/es/?portfolio=fusibles-cilindricos-gpv

Los fusibles cilíndricos gPV se están construidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos lo que permite un alto poder de corte en un reducido espacio. Los contactos son a base de cobre plateado y los elementos de fusión son de plata, estas características incrementan la vida útil y mantienen intactas las características. Para la instalación de estos fusibles se recomienda la utilización de las bases modulares PMF 1000 V en versión unipolar o bipolar (www.df-sa.es).

En base a la hoja de datos ilustrada en el **ANEXO E**, se describen las especificaciones eléctricas del fusible cilíndrico gPV.

- Tensiones asignadas:
- Corriente asignada:
- Poder de corte asignado:
- Corriente mínima de interrupción:

1.6. Puente H

El puente H es un arreglo de interruptores que inducen un cambio de dirección en el flujo de corriente a través de las bobinas de un motor en este caso paso a paso en una secuencia específica. La **Figura 14-1** ilustra el esquema de un puente H.

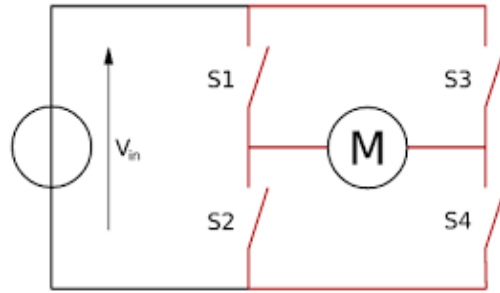


Figura 14-1. Esquema de un puente H.

Fuente: Hernández I., Ochoa, C., 2004

1.6.1. Módulo LM298

Es una tarjeta que controla motores de DC o un motor a pasos. Es compatible también con la placa Arduino Uno y otras tarjetas de desarrollo que se manejan en el entorno de programación. Esta tarjeta cuenta con el circuito L298, el cual viene ya con un disipador para evitar sobrecalentamiento. En la **Figura 15-1.** se muestra el Módulo LM298.

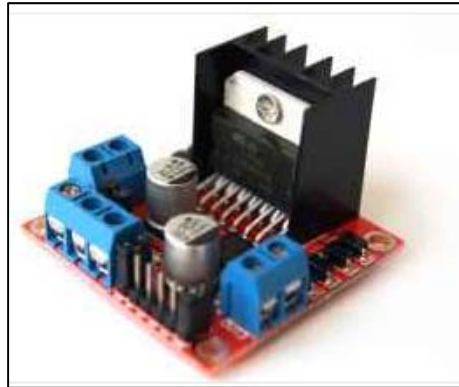


Figura 15-1. Módulo LM298

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

1.7. Módulo reloj en tiempo real DS3231

El DS3231 es un reloj en tiempo real de alta exactitud que posee un oscilador de cristal. El dispositivo conserva la cuenta precisa del tiempo aun cuando la energía es interrumpida; es decir mantiene el registro de segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año. La fecha se ajusta automáticamente, cuenta con dos alarmas programables que pueden generar interrupciones a una hora/fecha programada (Geek Factory, Módulo de reloj en tiempo real).

En la **Figura 16-1**, se puede observar la vista posterior y frontal del Módulo de reloj en tiempo real DS3231.

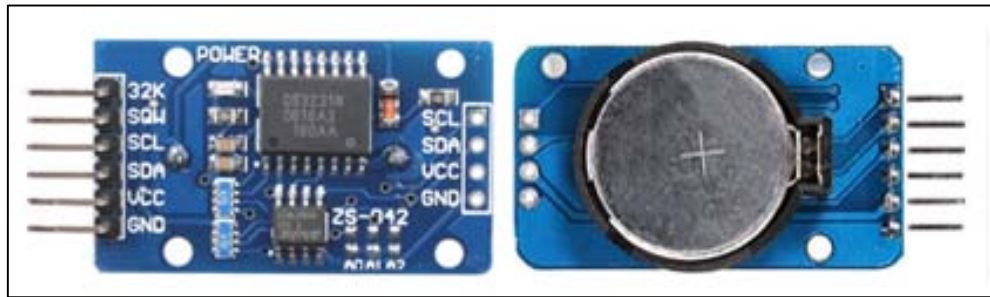


Figura 16-1. Módulo de reloj en tiempo real DS3231

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

1.8. Placa Arduino UNO

Arduino es una placa de programación que cuenta con entradas y salidas (E/S) de tipo analógica y digital; está basada en el microcontrolador ATmega328P. El arduino no difiere de otros microcontroladores en que no utiliza el chip driver FTDI USB-to-serial. En su lugar, cuenta con el Atmega16U2 programado como un convertidor de USB a serie (www.arduino.org).

En base a lo descrito en el [Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) de la hoja de especificaciones de la placa Arduino Uno, se detallan sus especificaciones técnicas en la **Tabla 2-1**.

Tabla 2-1. Especificaciones técnicas de la placa Arduino Uno.

| Nro. | Características | Especificación |
|------|--|----------------------------------|
| 1 | Microcontrolador | ATmega328P |
| 2 | Voltaje Operativo | 5V |
| 3 | Voltaje de Entrada | 7-12V |
| 4 | Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida | 20 mA |
| 5 | Corriente DC entregada en el Pin 3.3V | 50 mA |
| 6 | Memoria Flash, SRAM y EEPROM | 32 KB, 2KB y 1KB respectivamente |
| 7 | Velocidad de reloj | 16 MHz |
| 8 | Fusible | Para protección USB |

Fuente: www.arduino.cc

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Arduino Uno presenta varias ventajas en comparación con otras placas de programación; a continuación se enlistan las principales:

- Es de bajo costo y compacto.
- Es multiplataforma: funciona en varios sistemas operativos como Windows, Linux, Mac.
- Entorno de programación sencillo ya que está basado en un ambiente Processing y es gráfico
- Hardware prolongable y de código abierto.

1.8.1. Conectores disponibles de la placa Arduino Uno

La placa Arduino Uno cuenta con diversos tipos de conectores como por ejemplo conector USB, entradas y salida digital y analógica, puertos de alimentación, entre otros. Posteriormente se dará a conocer las funciones que realizan cada uno de los conectores que conforman la placa. A continuación se describe la función de cada conector en la placa Arduino Uno, mostrados en la **Figura 17-1**.

- **Posee 14 pines digitales** que pueden programarse como entradas o salidas.
- **Salida y entrada TX Y RX:** permiten recibir y transmitir señales TTL.
- **Botón de RESET:** reinicia el microcontrolador.
- **Pines de programador serie (ICSP):** son usados para programar microcontroladores.
- **Posee 6 pines analógicos:** proporcionan 10 bits de resolución, reciben entradas de 0 o 5V.
- **Gnd:** pines de toma a tierra.
- **Pin de 5V:** alimenta a elementos externos con 5V.
- **Pin de 3.3V:** alimenta a elementos externos con 3.3V.
- **Fuente externa de 7V a 12V:** es la encargada de alimentar a la placa Arduino Uno.
- **Cable USB:** permite la comunicación entre la placa y el computador mediante un cable de red; también sirve para alimentar a la placa.

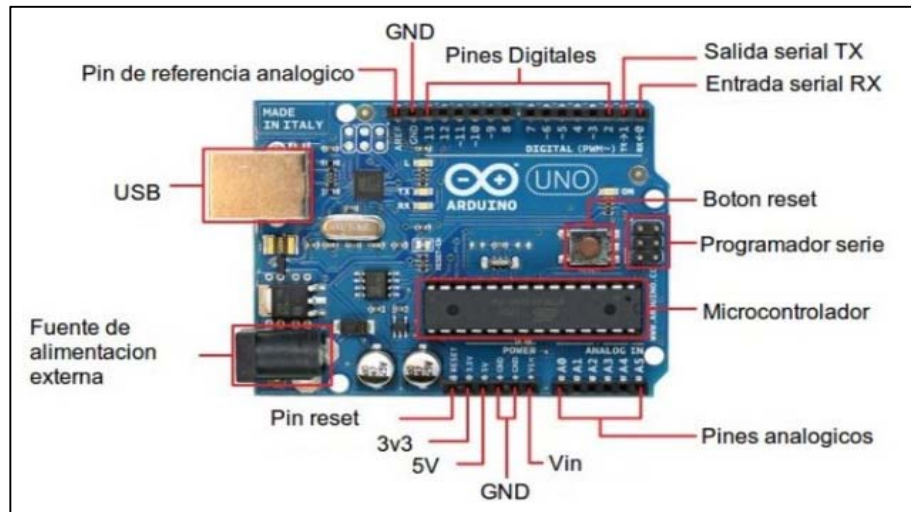


Figura 17-1. Esquema de la placa Arduino Uno

Fuente: www.emaze.com/@AIWOZZCL/ARDUINOS

1.8.2. Cable para conexión entre PC y Arduino

Mediante este cable se puede conectar la placa Arduino Uno al computador; para así realizar la programación en IDE Arduino y posteriormente cargar el programa a la placa Arduino Uno. En la **Figura 18-1.** se puede apreciar el cable utilizado para la conexión Arduino Uno– PC.

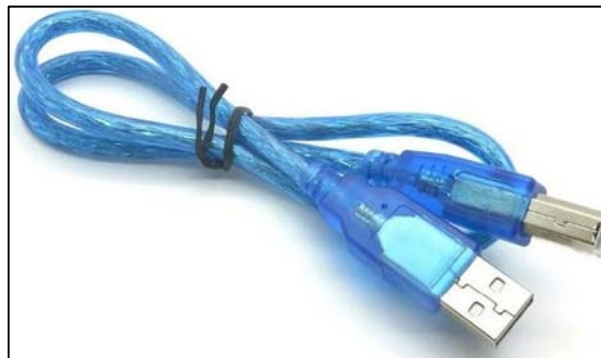


Figura 18-1. Cable Arduino Mega 2560 - PC

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

1.9. Software utilizado para la programación y diseño del Sistema

Para la implementación del sistema se hace necesario el manejo de diversos software, desde el sistema operativo Windows XP que sirve de plataforma al software de programación y diseño; como por ejemplo SolidWorks, IDE Arduino, Microsoft Office, entre otros. En los siguientes apartados se describen el software utilizados en el presente proyecto.

1.9.1. Sistema Operativo Windows

El sistema operativo Windows es un conjunto de programas que posibilita la administración de los recursos tanto de hardware como de software de una computadora. Sirve de plataforma para la instalación de otro software. El SO Windows cuenta con una gran gama de versiones que se han ido mejorando con el pasar de los años. Para el presente proyecto se utilizó el Sistema Operativo Windows XP, sobre el cual se instalaron IDE Arduino 1.8.1 y SolidWorks.

1.9.2. IDE Arduino 1.8.1

IDE de Arduino es un software de código abierto basado en Java que permite el control de los diferentes pines de cualquier placa Arduino mediante líneas de código. Este software es compatible en varios sistemas operativos como son: Windows, Mac OS y Linux. Usa sintaxis de C/C++ que es muy estricta; es decir que llaves, puntos y comas tienen que estar en su sitio o de lo contrario el programa no funciona (www.arduino.org).

La **Figura 19-1.** muestra la pantalla de IDE Arduino versión 1.8.1, que se utilizó para la programación

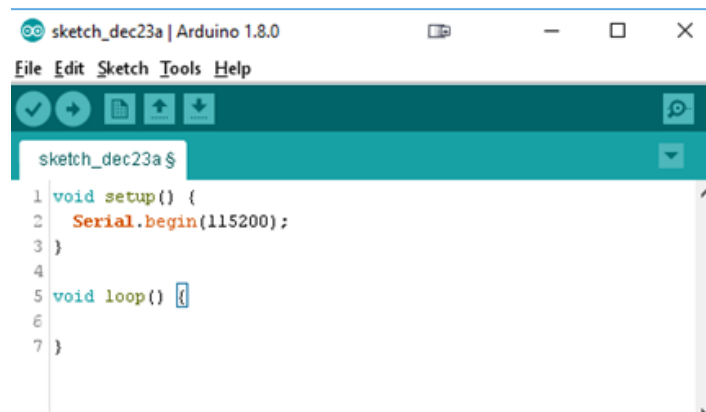


Figura 19-1. Pantalla IDE de Arduino 1.8.1

Fuente: www.arduino.org

1.9.3. Software SolidWorks

SolidWorks es un software de diseño en 3D, permite modelar piezas de una forma versátil y precisa; ya que se puede diseñar cuidadosamente las piezas a modelar. Además se puede obtener una animación en tiempo real del diseño creado (Introducción a SolidWorks, p 17-22).

SolidWorks ofrece tres módulos para el diseño: Módulo Pieza, Módulo Ensamblaje y Módulo Dibujo; los mismos que están relacionados entre sí, es decir que si se realiza algún cambio en el módulo pieza automáticamente se actualizará dicha pieza en los dos módulos restantes. A continuación se describen las características de cada módulo:

- El módulo pieza: permite crear modelos tridimensionales a partir de diagramas en 2D; para luego convertirlos en figuras sólidas.
- El módulo ensamblaje: crea conjuntos de gráficos a partir de diseños creados en el módulo pieza. Gracias a este módulo se verifica que exista un acople adecuado entre las piezas que conforman el diseño.
- El módulo dibujo: permite obtener las vistas estándar, las acotaciones, los materiales, secciones y cortes, entre otras.

La **Figura 20-1.** ilustra los Módulos existentes en SolidWorks; con ejemplo de aplicación.

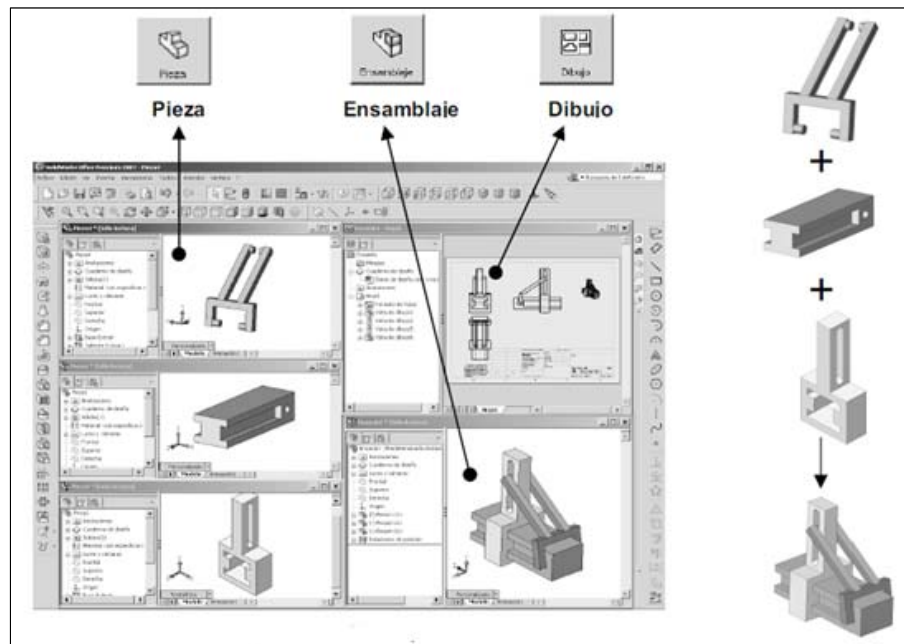


Figura 20-1. Módulos existentes en SolidWorks.

Fuente: Introducción a SolidWorks

1.9.4. *Aplicación Ubidots*

Es un servicio en la nube que nos permite almacenar e interpretar información de sensores en tiempo real, haciendo posible la creación de aplicaciones para el Internet de las Cosas.

Según la web [www.maestrodelacomputacion](http://www.maestrodelacomputacion.com), para poder subir los datos a una página web se requieren los siguientes parámetros

- **Origen de datos:** es una fuente de datos proveniente del arduino. El cual puede tener una o más variables.
- **Variable:** Una variable es un conjunto de datos que cambia en el tiempo.
- **Valor:** Es el valor medido por el sensor en un instante de tiempo determinado.
- **Eventos:** en esta parte se puede realizar operaciones con los datos, como suma, promedios, máximos, mínimos, entre otras

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

Para el proceso de diseño e implementación del presente trabajo de titulación denominado: Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo climatológico vía GPRS y automatización de la calibración del anillo del piranómetro en la estación meteorológica-ESPOCH, se aplicaron cinco métodos de investigación.

Los métodos de investigación utilizados son: método de análisis y síntesis, método inductivo, método deductivo, método heurístico y el método experimental; cada uno de ellos facilitó la recolección y manejo óptimo de la información, la detección y corrección de errores; y así cumplir con los objetivos planteados.

El método de análisis y síntesis se utilizó para la automatización del anillo de radiación y la transmisión de datos; ya que es necesario analizar cada uno de los componentes; ya sean mecánicos y electrónicos, para posteriormente agruparlos y formar un sistema óptimo.

El método inductivo al ser un razonamiento que parte de lo particular a lo general, permite recolectar datos climatológicos individuales, para posteriormente presentarlos en una sola interfaz gráfica almacenada en un servidor web.

Con la ayuda del método heurístico que está basado en el uso de normas y conocimientos empíricos, se realizó la programación en Arduino que controla los actuadores así como también en el diseño de la estructura del sistema mecánico Piñón-Cremallera en SolidWorks.

Para obtener los resultados deseados se realizaron pruebas constantemente mediante el uso de método experimental. Se ejecutaron simulaciones en el software SolidWorks del sistema mecánico piñón-cremallera para corregir errores previos a la instalación; también se realizó el ajuste de los ángulos que debe seguir el motor a pasos en determinados momentos del día.

2.1. Lugar de estudio

El trabajo de titulación se realizó en la provincia de Chimborazo, ciudad de Riobamba en la Estación Meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.2. Técnicas de Recolección de Datos

Mediante el Análisis documental con la ayuda de libros, revistas, blog, folletos, se recolecta información sobre los temas relacionados a una Estación Meteorológica y sus componentes, características de los elementos utilizados en el sistema implementado. Este análisis se realizará durante el desarrollo del proyecto.

La observación de campo no experimental permite profundizar el conocimiento sobre el funcionamiento del anillo del piranómetro de la estación meteorológica a automatizar. Con la ayuda de libros, revistas, blog, folletos. Dado que el proyecto es tecnológico necesitaremos observar el comportamiento de las variables conforme se desarrolle.

2.3. Alcance de la investigación

La investigación permitirá conocer los valores reales de la estación meteorológica sin la necesidad de acudir al lugar; con ello se reduce tiempo y se optimizan recursos humanos. Con la automatización del anillo del piranómetro el movimiento estará controlado por el micro a pasos y la placa Arduino. Por ende el alcance de la investigación fue exploratorio, descriptivo y explicativo.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la elaboración del trabajo de titulación, se realizaron entrevistas a las personas que forman parte del centro de investigación de energías alternativas de la Espoch, la cual consistió en recolectar información referente a las necesidades y requerimientos técnicos del sistema a implementar, además se utilizó el método de observación para conocer la situación en la que se encontraba la estación meteorológica de la Espoch , y las posibles soluciones al sistema automático del anillo de sombra del piranómetro que se implementó.

2.5. Universo, población y muestra de la investigación

El universo de estudio para este trabajo de titulación son las estaciones meteorológicas de la Espoch ubicadas en diferentes sitios de la provincia de Chimborazo, en este caso la población estudiada es la estación meteorológica ubicada en la Espoch y se tomó como muestra la información referente a datos climáticos y datos sobre el deslizamiento del anillo de sombra del piranómetro.

2.6. Diseño y dimensionamiento del sistema mecánico piñón-cremallera

Para realizar el movimiento automático del anillo que cubre el sensor de radiación solar o piranómetro y lograra obtener datos de radiación difusa; se utilizó el sistema mecánico piñón-cremallera, con este sistema mecánico garantizamos el correcto desplazamiento del anillo de sombra sobre el sensor de radiación solar , ya que este sistema tiene menos piezas por lo que tiende a ser más preciso además la dirección es más fácil de controlar, con lo cual tendremos datos correctos de dicho sensor lo que se podrá hacer análisis posteriores para diferentes fines como puede ser el dimensionamiento de parques fotovoltaicos; dicho sistema se montó sobre una estructura metálica que sirve de soporte.

2.6.1. Dimensionamiento del motor para el sistema piñón.-cremallera

Para elegir el motor que permite el movimiento del anillo del piranómetro, se tuvo en cuenta las variables basadas en las dimensiones del piñón y de la cremallera, como son: el ángulo de movimiento, la fuerza tangencial horizontal, la fuerza que ejerce los dientes de piñón sobre la cremallera. Previo al cálculo de la fuerza tangencial es necesario conocer las condiciones mecánicas iniciales tales como:

- **Masa a desplazar:** corresponde a la masa del anillo de sombra.
- **La velocidad de deslizamiento:** es la velocidad lineal de desplazamiento
- **Aceleración para el desplazamiento:** es la aceleración estimada para empezar un movimiento.
- **Coefficiente de seguridad:** es el valor que se agrega por golpes o deformaciones estructurales inesperadas y que afecten al sistema, este valor viene en base a la relación entre el tiempo de trabajo y tipo de carga. En la **Tabla 1-2.** se muestra el Coeficiente de seguridad basado en el tiempo de trabajo y tipo de carga.

Tabla 1-2. Coeficiente de seguridad (K) basado en el Tiempo de trabajo y tipo de carga

| TIEMPO DE TRABAJO | TIPO DE CARGA | | |
|------------------------|---------------|----------|--------|
| | Uniforme | Moderado | Pesado |
| Ocasional (1/2 hora) | 1.5 | 1.8 | 2.3 |
| Intermitente (3 horas) | 1.8 | 2 | 2.5 |
| 80-10horas | 2 | 2.25 | 2.8 |
| 24 horas | 2 | 2.5 | 3 |

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Fuente: Transmisiones por cremallera piñón, 2012

Una vez conocidos las condiciones mecánicas del sistema se procedió al cálculo del torque mínimo con que debe contar el motor, siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1: Se hizo el cálculo de la fuerza tangencial en este caso horizontal del sistema para ello empleamos la siguiente fórmula:

$$F_{ht} = P * (9.81\mu + a) * K$$

Dónde:

F_{ht} : Fuerza tangencial horizontal [N]

P : Masa a trasladar [Kg]

a : Aceleración lineal [m/s^2]

K : Coeficiente de seguridad

μ : Coeficiente de rozamiento

Datos para el cálculo:

$P = 2$ Kg

$a = 1.5$ m/s^2

K : Para trabajo ocasional y carga moderada según **Tabla 1-2.** = 1.8

μ : Coeficiente de fricción acero//acero= 0.15

Aplicando la fórmula:

$$F_{ht} = 2 * ((9.81 * 0.15) + 1.5) * 1.8$$

$$F_{ht} = 11 \text{ N}$$

Paso 2: Establecimos un valor estimado del diámetro primitivo (dp) del piñón utilizado en el sistema, el cual fue de 40mm; con este valor se calculó el par de giro sobre el piñón, para así generar el movimiento rotatorio mediante la siguiente fórmula:

$$M = \frac{dp * F_{ht}}{2000 * \eta}$$

Dónde:

M : Par de giro [Nm]

F_{ht} : Fuerza tangencial horizontal [N]

dp : Diámetro primitivo del piñón [mm]

η : Rendimiento del sistema piñón-cremallera que en este caso se estableció en 90%

$$M = \frac{40 * 11}{2000 * 0.9}$$

$$M = 0.25Nm$$

$$M = 25Ncm$$

Terminados los cálculos se obtuvo como resultado que el motor a utilizar debe tener un torque mínimo de $25Ncm$; razón por la cual se seleccionó el motor paso a paso bipolar de la marca Nema 23 ilustrado en la **Figura 12-1.** del Capítulo I, el mismo que tiene un par de giro de $90Ncm$.

2.6.2. Dimensionamiento del piñón y cremallera

Previo al dimensionamiento del piñón y la cremallera es necesario conocer las partes que lo conforman; en la **Figura 1-2.** se ilustra las partes de dicho sistema.

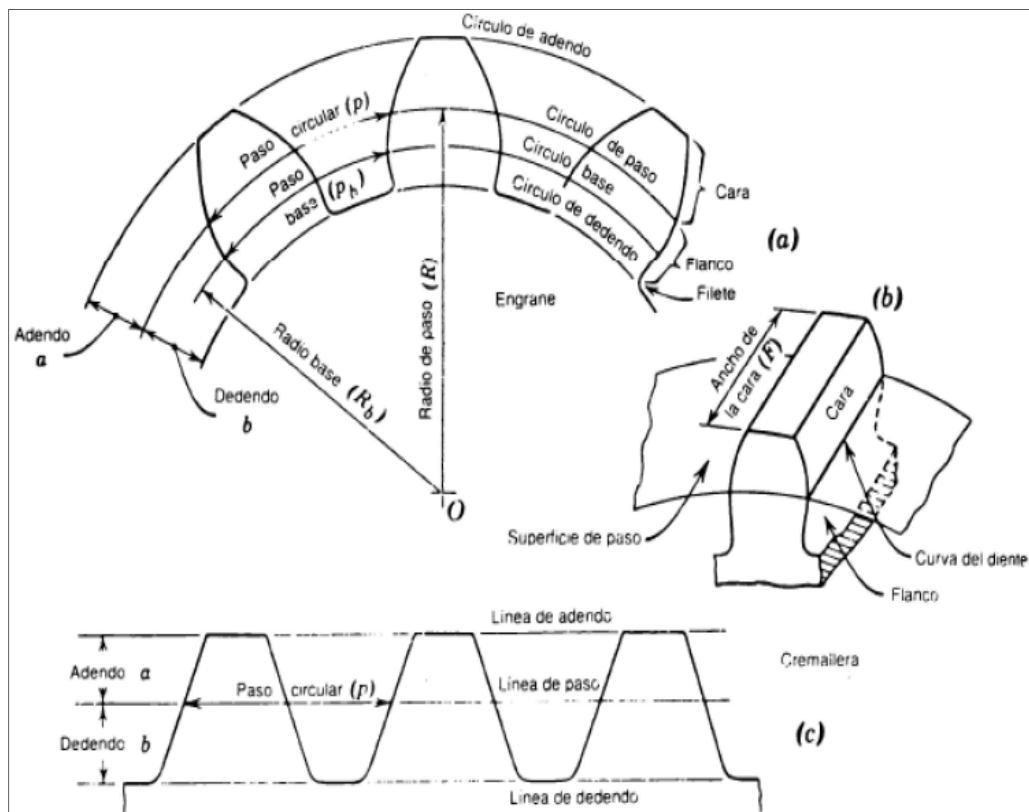


Figura 1-2. Sistema piñón-cremallera

Fuente: <http://fundamentosdemaquinashern.blogspot.com/2010/08/5.html>

Dimensionamiento del piñón: A continuación se describen las partes del sistema y el cálculo respectivo para el dimensionamiento del piñón:

- **Circunferencia primitiva:** Es la circunferencia según la cual se realiza la tangencia teórica del engranaje.
-
- **Diámetro primitivo (dp):** Es el diámetro correspondiente a la circunferencia primitiva. En el caso del presente sistema es un dato inicial.

$$dp = 40 \text{ mm}$$

- **Número de dientes (z):** es el número de dientes del piñón. El número de dientes del piñón utilizado es de:

$$z = 20 \text{ dientes}$$

- **Módulo (m):** Es el cociente que resulta de dividir el diámetro primitivo, expresado en milímetros, entre el número de dientes de la rueda; se calcula mediante la siguiente expresión:

$$m = \frac{dp}{z}$$

$$m = \frac{40}{20}$$

$$m = 2$$

- **Paso circular (P):** Es la distancia entre dos puntos homólogos de dos dientes consecutivos, medida sobre la circunferencia primitiva. Para que dos ruedas engranen ambas tienen que tener el mismo paso circular.; viene expresado mediante la siguiente fórmula:

$$p = m * \pi$$

$$p = 2 * \pi$$

$$p = 6.2 \text{ mm}$$

- **Diámetro exterior (De):** También denominado diámetro total, es el correspondiente a la circunferencia en la cual está inscrita la rueda dentada.; y su fórmula es:

$$De = m(z + 2)$$

$$De = 2(20 + 2)$$

$$De = 44 \text{ mm}$$

- **Diámetro interior (Di):** Conocido también como diámetro de fondo, es el correspondiente a la circunferencia que limita interiormente a los dientes; y su fórmula es:

$$Di = dp - (2m * 1.167)$$

$$Di = 40 - (2 * 2 * 1.167)$$

$$**Di = 35.33mm**$$

- **Altura de la cabeza del diente o adendum (hc):** es el valor medido desde la circunferencia primitiva a la cresta del diente. Este dato es obtenido del piñón utilizado en el sistema.

$$hc = m$$

$$**hc = 2mm**$$

- **Altura del pie del diente o dedendum (hp):** es el valor medido desde el fondo del diente a la circunferencia primitiva; y viene dado mediante la siguiente expresión:

$$hp = m * 1.167$$

$$hp = 2 * 1.167$$

$$**hp = 2.4mm**$$

- **Altura del diente (h):** es el valor medido desde el fondo del diente a la cresta; se calcula mediante la siguiente expresión:

$$h = hc + hp$$

$$h = 2 + 2.4$$

$$**h = 4.4mm**$$

- **Espesor del diente (e):** es el valor medido sobre la circunferencia primitiva y viene expresado mediante la siguiente fórmula:

$$e = 0.5 * p$$

$$e = 0.5 * 6.2$$

$$**e = 3.14mm**$$

Dimensionamiento de la cremallera: las dimensiones utilizadas tanto en el dimensionamiento del piñón como de la cremallera; son las mismas, pues para lograr el engranaje entre los dientes

del piñón y la cremallera es necesario que tengan el mismo valor numérico en el paso circular. A continuación se describen los valores que tienen en común el piñón y la cremallera.

- La longitud de la cremallera: 300 mm.
- Ancho del piñón y cremallera: 20 mm.
- Paso circular del piñón y cremallera: 6.2 mm.

2.6.3. *Diseño del sistema piñón.-cremallera en SolidWorks*

Una vez obtenidos los valores de dimensionamiento del motor, piñón y cremallera se procedió al diseño del sistema unificado en el software SolidWorks. SolidWorks permite diseñar por partes, para el proyecto se diseñó el piñón, la cremallera, el soporte mecánico; y posteriormente se acopló cada parte del sistema para realizar la simulación y corregir errores de funcionamiento.

Previo al diseño en Solid Works se consideró necesario una gráfica del piñón y la cremallera con sus respectivos valores de dimensionamiento; mismos que están ilustrados en la **Figura 2-2**.

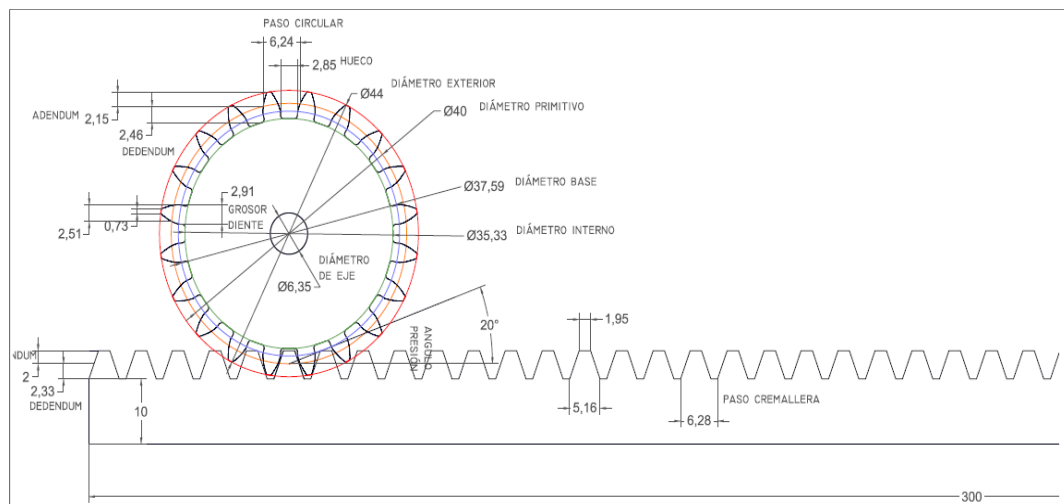


Figura 2-2. Sistema piñón- cremallera y sus respectivos valores de dimensionamiento.

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Una vez conocidos los valores de medida para cada uno de los elementos del sistema se procedió a realizar el diseño en SolidWorks, el mismo que se muestra en la **Figura 3-2**.

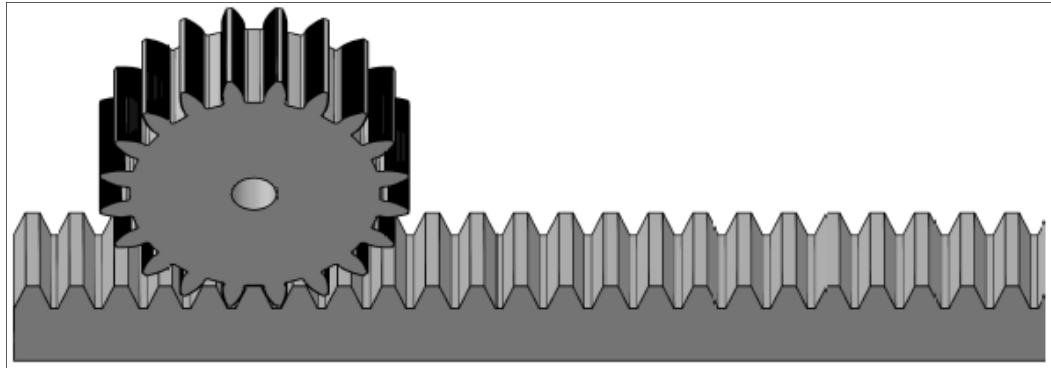


Figura 3-2. Sistema piñón-cremallera en SolidWorks

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

En la **Figura 4-2.** se muestra el acople del orificio ubicado en el centro del piñón al eje del motor paso a paso Nema 23.



Figura 4-2. Acople de piñón-motor en SolidWorks

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

El sistema piñón-cremallera como ya se mencionó anteriormente, está gobernado por un motor a pasos el cual tiene acoplado un piñón, el motor al entrar en funcionamiento transmite una potencia en conjunto con el piñón acoplado a la cremallera horizontal; generando un movimiento lineal de acuerdo a los pulsos que se le dé al motor paso a paso. Cabe recalcar que al accionamiento del motor a pasos es acorde a los días del año.

También se ha diseñado la estructura sobre la cual están montados dichos componentes en el software SolidWorks; así como también se ha realizado la simulación del movimiento mencionado.

En la **Figura 5-2.** se muestra la estructura diseñada en SolidWorks que finalmente se instaló. Mientras que en la **Figura 6-2.** se muestra el sistema finalmente instalado en la estación meteorológica.

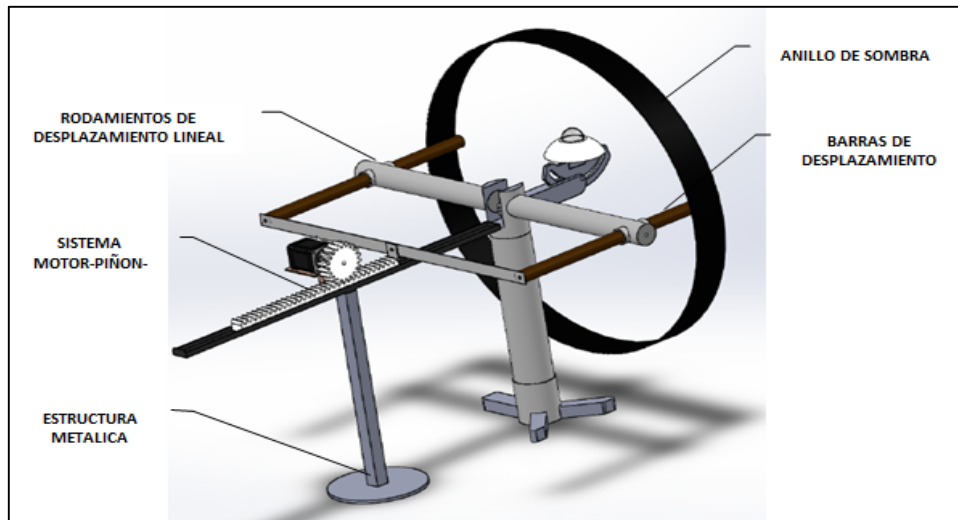


Figura 5-2. Sistema mecánico piñón-cremallera diseñado en SolidWorks.

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017



Figura 6-2. Sistema mecánico piñón-cremallera instalado

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

2.7. Diseño del Sistema Fotovoltaico

Para el diseño del sistema en fotovoltaico se tomó en cuenta varios parámetros como son: cálculo de la energía diaria consumida por cada elemento del sistema, selección del horario de mayor radiación solar es decir las horas en la cuales la radiación del sol tiene mayor impacto sobre determinada superficie, dimensionamiento del panel fotovoltaico para saber el número de paneles que se necesitarán, así como la potencia que deben tener cada uno para garantizar el abastecimiento de energía al sistema, dimensionamiento del sistema de acumulación de energía al igual que en los paneles solares se debe calcular el número de batería a usar, su capacidad y días de autonomía , dimensionamiento del regulador.

2.7.1. *Calculo de la energía diaria consumida*

Para calcular la energía total consumida al día se realizó el cálculo de la potencia nominal de cada dispositivo utilizado en el sistema; de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P = V * I \quad [W]$$

Dónde:

P: potencia nominal en vatios [W]

V: es el voltaje de operación de cada dispositivo en voltios [V]

I: corriente consumida por cada dispositivo en amperios [I]

Una vez obtenida la potencia nominal de cada elemento utilizado, se especificó también el tiempo en horas en el cual el dispositivo va a estar en funcionamiento para obtener la energía diaria consumida de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$E = P * H \quad [W/H]$$

Dónde:

E: energía en vatios hora consumida por cada dispositivo [W/H]

P: potencia nominal

H: tiempo en horas del funcionamiento del dispositivo

Finalmente se realiza la sumatoria de la energía consumida de cada elemento para obtener la energía total [ET] diaria consumida por el proyecto implementado. En la **Tabla 2-2.** se ilustra los dispositivos utilizados con sus respectivos parámetros eléctricos de operación.

Tabla 2-2. Potencia nominal vs Tiempo de funcionamiento

| Dispositivo | Voltaje operación (V) | Corriente consumo (A) | Potencia nominal (W) | Tiempo de operación (H) | Energía diaria consumida (W/H) |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Motor a pasos | 12 | 4 | 48 | 0,5 | 24 |
| Arduino uno | 5 | 0,092 | 0,46 | 24 | 11,04 |
| Controlador motor a pasos | 5 | 0,036 | 0,18 | 24 | 4,32 |
| Fuente regulable LM2596 | 12 | 0,05 | 0,6 | 24 | 14,4 |
| Total sensores | 5 | 0,05 | 0,25 | 24 | 6 |
| Módulo GPRS | 5 | 0,95 | 4,75 | 24 | 114 |
| | Potencia Total de consumo | | 54,24 | Energía consumida total | 173,76 |

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

La energía en corriente continua (EDC) diaria consumida por el sistema es de 174 W/H. Por lo tanto se tuvo en cuenta que la eficiencia de la batería utilizada para este proyecto tenga una tensión nominal de 12V y una eficiencia (η) de 95%; con estos datos se calculó la energía total mediante la siguiente fórmula:

$$ET = \frac{EDC}{\eta}$$

$$ET = \frac{174}{0.95}$$

$$ET = 184 \text{ W/H}$$

Del cálculo se obtiene que el valor de la *Energía Total* consumida por el sistema diariamente es de: 184 W/H; en base se debe seleccionar el panel solar del sistema fotovoltaico.

2.7.2. Selección del horario solar pico (HPS)

Para determinar las horas solares pico se debe tener en cuenta tres términos: la irradiancia que es la magnitud de la intensidad de iluminación solar que llega al ser humano; mientras que irradiación es la cantidad de irradiancia recibida por el ser humano en un intervalo de tiempo y

por unidad de superficie. Las horas solares pico (HPS) son el número de horas en que existe una irradiancia solar constante de 1000 W/m².

Para calcular el valor de HPS se divide el valor de la irradiación incidente entre el valor de la potencia de irradiancia. Entonces para obtener las HPS en la provincia de Chimborazo se ha recurrido al atlas solar del Ecuador en donde se indica que:

- La irradiación solar media anual es de 4.5KW/H por día.
- El valor de HPS es de 1000 W/H o 1kW/H

Entonces para obtener las horas picos solares se tomó el valor de 4.5KW/H y se dividió entre 1kW/H y obtenemos el valor de 4.5W/H para HPS en la provincia de Chimborazo

2.7.3. *Dimensionamiento del panel fotovoltaico*

Para calcular el dimensionamiento del panel fotovoltaico se realizó el cálculo del número de paneles necesarios para abastecer de energía suficiente al sistema; previo al cálculo se especifican los siguientes parámetros:

- **Potencia pico del panel solar (P_p):** 50 w
- **Factor global de pérdidas (F_g):** es la disminución de la energía entregada por el generador respecto de la energía solar. Se encuentra entre 0.65 y 0.9; para este caso se tomó 0.65.
- **Energía total consumida (E_T):** 174 WH

Entonces con estos valores mostrados se puede obtener el total de paneles solares requeridos para el sistema, aplicando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{NT: número total de paneles} \quad NT &= \frac{E_T}{P_p * HPS * F_G} \\ NT &= \frac{174}{50 * 4.5 * 0.65} \\ \text{NT} &= \mathbf{1.25} \end{aligned}$$

Realizados los cálculos se obtiene como resultado que se necesitan 1.25 paneles, por lo tanto, para el sistema fotovoltaico instalado se utilizó un panel con una potencia de 50 W ilustrado en la **Figura 8-1.** del Capítulo 1.

2.7.3.1. *Colocación De Los Paneles Fotovoltaicos*

Para aprovechar la mayor cantidad de energía proporcionada por el panel se debe colocar a una cierta inclinación, así como también a una cierta orientación, de manera que se procure de que los rayos solares incidan de forma perpendicular en el panel solar para un mejor aprovechamiento de la energía del sol, lo ideal es instalar paneles con seguidor solar ya que con esto se asegura el máximo rendimiento de dichos paneles, pero esto significa costos más elevados, para este proyecto se instaló el panel de forma fija ya que con la correcta orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos resultan ser lo más eficientes posibles.

2.7.3.2. *Orientación del panel fotovoltaico*

La orientación de los paneles debe ser de tal forma que éstos siempre dirigidos hacia el ecuador terrestre. Esto quiere decir que la orientación será hacia el sur para aquellas instalaciones fotovoltaicas ubicadas en el hemisferio norte terrestre, y orientadas hacia el norte para las instalaciones ubicadas en el hemisferio sur. Por norma general, son permitidas desviaciones de hasta ± 20 grados respecto del ecuador del observador sin que se produzcan mayores pérdidas de rendimiento.

Para que el modulo fotovoltaico aproveche la mayor cantidad de energía solar se recomienda que el panel solar se coloque con un ángulo igual al de la latitud del lugar, en la ciudad de Riobamba se tiene las siguientes coordenadas geográficas en grados según datos de google Earth: **Riobamba, Latitud geográfica:** $1^{\circ}39'$

Basados en estos datos la inclinación del panel se la colocó a 15 gados, para asegurar un mayor impacto de los rayos en el panel y también de esta forma se aprovecha la limpieza del panel del polvo y otros factores gracias al deslizamiento de la lluvia.

2.7.4. *Dimensionamiento del sistema de acumulación de energía*

Para dimensionar el sistema de acumulación en base a la capacidad de amperios hora (AH); se definió los siguientes parámetros:

- **Días de autonomía:** es la energía capaz de proporcionar por el sistema fotovoltaico en ausencia de sol, para el proyecto se tomó un día
- **Máxima profundidad de descarga (Pd):** el porcentaje de descarga obtenido de la batería cargada al tope.

Entonces se procedió a calcular la capacidad de la batería de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C = \frac{D * ET}{V_{bat} * P_d}$$
$$C = \frac{1 * 184}{12 * 0.7}$$
$$C = 21.8 \text{ AH}$$

Por lo tanto, se seleccionó una batería de 12 V con una capacidad de 20 AH ilustrada en la **Figura 9-1.** del Capítulo 1. esto de acuerdo a las cargas que usamos; ya que ninguna sobrepasa en su tensión de operación de 12V, por lo tanto, la máxima profundidad de descarga para esta batería es $P_d = 0.7$

2.7.5. Dimensionamiento del regulador

Para el dimensionamiento del regulador se consideraron los siguientes datos tomados de las fichas técnicas de los equipos utilizados.

- Tensión máxima del panel solar (V_{mpp}): 17.5 V
- Potencia máxima del panel solar (P_p): 50 W
- Voltaje de la batería (V_{bat}): 12 V
- Potencia consumida por las cargas (PT): 55 W de acuerdo a la **Tabla 2-2.**

Una vez conocidos los datos anteriores se procede al cálculo de la corriente necesaria que soporta el regulador de voltaje:

Corriente generada por el panel (IG)

$$I_G = \frac{P_p}{V_{mpp}}$$
$$I_G = \frac{50}{12}$$
$$I_G = 2.85 \text{ A}$$

Corriente consumida por las cargas (IC)

$$I_C = \frac{ET}{V_{bat}}$$
$$I_C = \frac{184}{12}$$
$$I_C = 4.52 \text{ A}$$

El valor máximo entre estos dos valores calculados es de 4.52 A, pero tomando en cuenta los picos de irradiación o los cambios de temperatura se debe aumentar el 15% de este valor calculado, es decir que la corriente soportada por el regulador es de:

$$IR = (4.5 * 0.15) + 4.5$$

$$\mathbf{IR = 5.2 A}$$

Por ello se seleccionó el regulador SHS-10 de 6A ilustrado en la **Figura 10-1.** del Capítulo I; ya que soporta la corriente de 5.2^a calculada.

2.8. Sistema de control del Movimiento automático del anillo de sombra del piranómetro

Para el esquema el movimiento autónomo del anillo del piranómetro se desglosó en dos partes:

- Sistema Alimentación: se refiere a la implementación del sistema fotovoltaico previamente dimensionado.
- Control del motor paso a paso bipolar: es el que genera el desplazamiento lineal del anillo de sombra.

2.8.1. Sistema de alimentación

Para alimentar a los diversos componentes de la estación meteorológica se ha usado el sistema fotovoltaico previamente dimensionado, el cual funciona alimentando una batería con energía proveniente del panel solar gracias a los rayos del sol, como se dijo anteriormente esta batería una vez cargada suministra 12 V de corriente directa a 20Ah.

Para poder suministrar un voltaje de 5VDC que es el voltaje de operación del sistema se ha adicionado un convertidor de voltaje DC-DC LM2596 el cual acepta como niveles de voltaje de entrada de 3 a 35 VDC fijos y provee una salida de 2 a 35VDC ajustable y corriente de salida de hasta 3A, la cual es suficiente para garantizar el funcionamiento de nuestro sistema.

El esquema de conexión del sistema de alimentación fotovoltaico para el sistema de movimiento automático del anillo de sombra del piranómetro es representado en la **Figura 7-2.**

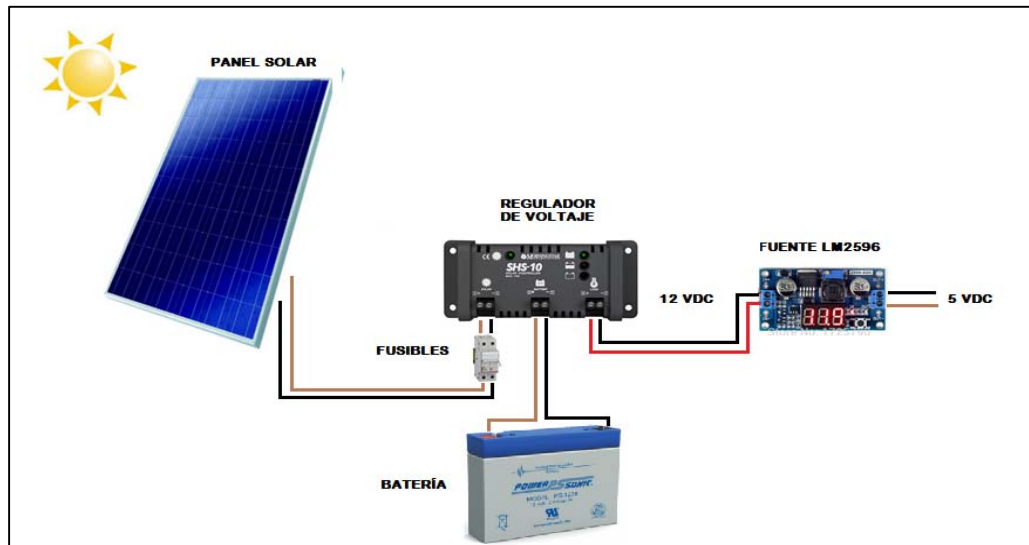


Figura 7-2. Sistema de alimentación fotovoltaico.

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

2.8.2. Control del motor paso a paso bipolar

Para controlar el motor paso a paso que permite el movimiento del anillo; se utilizó la placa electrónica Arduino Uno y el driver LM298. Las salidas de la placa Arduino envían los pulsos al controlador LM298.

El motor a pasos bipolar está formado por dos bobinas independientes, gira a un ángulo determinado que permite el desplazamiento del anillo de sombra del sensor de radiación difusa según la fecha. De acuerdo al número de pasos proporcionados a dicho motor se produce el deslizamiento, obteniendo mayor precisión en el desplazamiento del anillo de sombra.

En la **Figura 8-2** se ilustra del esquema del motor bipolar, en donde se observan las cuatro salidas disponibles.

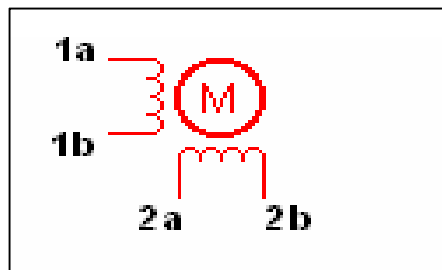


Figura 8-2. Esquema de motor bipolar

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Las salidas 1a y 1b corresponden a la primera bobina y las salidas 2a y 2b corresponden a la segunda bobina. Los movimientos del motor están basados en secuencia de pulsos sobre las bobinas 1 y 2, las mismas que son controladas por la placa Arduino Uno. En la **Tabla 3-2** se describe la secuencia para el sentido de giro del motor paso a paso.

Tabla 3-2. Secuencia de giro del motor paso a paso

| PASOS | BOBINA 1 | | BOBINA 2 | |
|-------|----------|-------|----------|-------|
| | 1a | 1b | 2a | 2b |
| 1 | (+) V | (-) V | (+) V | (-) V |
| 2 | (+) V | (-) V | (-) V | (+) V |
| 3 | (-) V | (+) V | (-) V | (+) V |
| 4 | (-) V | (+) V | (+) V | (-) V |

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017
Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

En base a lo descrito en la **Tabla 3-2** se concluye que para que el motor gire revolución completa son necesarios 200 pasos, es decir que se requiere generar 200 pulsos desde la placa Arduino Uno. Los pulsos generados por la placa Arduino se envían al módulo LM298 el cual contiene dos puentes H para manejar las dos bobinas del motor, los cuales determinaran el sentido de giro de avance o retroceso del motor a pasos.

Los pines ENA, IN1, IN2 corresponden a las entradas para controlar el MOTOR A (OUT1 y OUT2) los pines ENB, IN3, IN4 permiten controlar el MOTOR B (OUT3 y OUT4). ENA y ENB, sirven para habilitar o deshabilitar los motores, controlando así la velocidad mediante el ingreso de una señal de PWM por estos pines. Si no se usan se deben de conectar los Jumper para que siempre estén habilitados. Funciona con una alimentación de 5VDC.

En la **Figura 9-2.** se ilustra los pines disponibles en el módulo LM298, al cual se conectaron las bobinas del motor paso a paso.

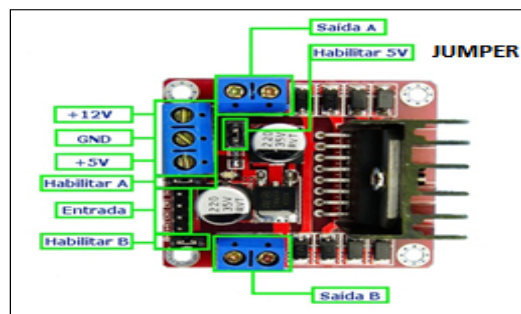


Figura 9-2. Pines del módulo LM298
Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Cabe mencionar que para alimentar el módulo se utilizó dos fuentes; una de 5V proveniente de la placa Arduino Uno y otra fuente con el valor del voltaje que trabaja el motor.

2.8.2.1. Control del reloj tiempo real de precisión RTC DS3231

El control del reloj RTC DS3231 se realizó por medio del bus de comunicación I2C, el mismo que permitió la comunicación con la placa Arduino. Se requiere de una línea de señal bus que marca el tiempo y otra para intercambiar datos. A continuación se describen las señales:

- **SCL:** es la línea de los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.
- **SDA:** es la línea que transmite los datos entre la placa Arduino Uno y el reloj.
- **GND:** permite la interconexión entre todos los dispositivos del bus.

2.8.3. Esquema de conexión de los componentes para el control del motor a pasos

La **Figura 10-2.** ilustra el diagrama de conexión de los componentes que permiten controlar el movimiento del motor paso a paso.

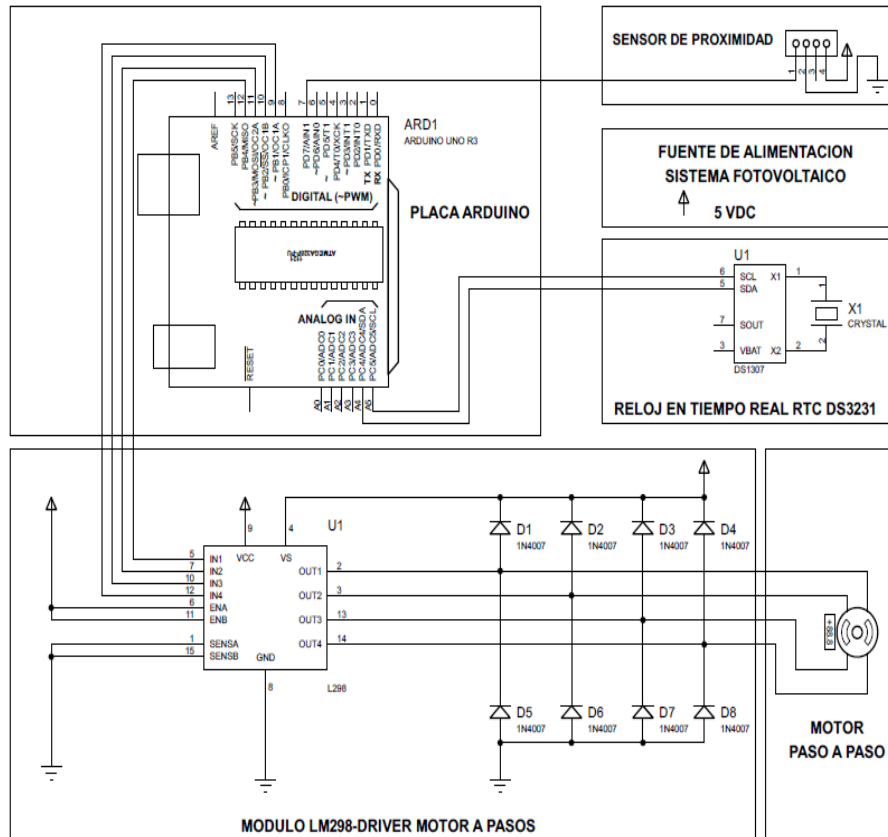


Figura 10-2. Esquema de conexión de los componentes para el control del motor a pasos
Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Cada componente del circuito es alimentado por la energía proveniente del sistema fotovoltaico, con voltaje de corriente continua de 5V, el motor a pasos es controlado por el módulo LM298 que contiene dos puentes H que son los que generan el giro del motor en las dos direcciones, además del el paro del mismo.

El microcontrolador de la placa de Arduino Uno es el que genera los pulsos necesarios para el movimiento del motor. Se ha utilizado las salidas digitales 9, 10, 11,12 del Arduino para enviar las secuencias de pulsos, las mismas que se reciben en los pines IN1, IN2, IN3, IN4 pertenecientes a las bobinas del motor. En el módulo LM298 invierte el flujo de corriente a través de sus puentes H, y entonces genera el movimiento controlando el sentido de giro del motor.

Utilizando el reloj en tiempo real, se realiza el avance del anillo de sombra en una determinada fecha según la **Tabla 4-2** de desplazamiento, dicho avance se genera gracias al sistema piñón-cremallera sujeta a al anillo de sombra.

En la **Figura 11-2.** se visualiza el tablero de control del sistema instalado; en donde se encuentran las conexiones descritas anteriormente tanto para el sistema fotovoltaico como para el control de motor a pasos.



Figura 11-2. Tablero de control instalado

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

En el **ANEXO G** se muestra la instalación del sistema fotovoltaico, del tablero de control, de los instrumentos meteorológicos, del sistema mecánico piñón .cremallera.

2.9. Ajuste y posicionamiento del piranómetro

Cuando está instalado apropiadamente y rutinariamente ajustado, el anillo de sombra obstruye la irradiación que cae sobre el radiómetro montado dentro del anillo de sombra, desde el amanecer hasta el atardecer. El ajuste mecánico del anillo es recomendado hacerlo con frecuencia para obtener un rendimiento óptimo de medición. La correcta instalación de este sensor es la siguiente:

La glándula del piranómetro y el cable de señal deben estar orientados según el hemisferio en el cual se han de instalar, es decir, si se encuentra en el hemisferio norte la glándula del piranómetro deberá estar apuntando al norte sobre la instalación; si la instalación se la hace en el hemisferio sur, el instrumento debe ser montado con la glándula del piranómetro y el cable de señal orientados apuntando al sur. El sistema instalado se encuentra en el hemisferio sur por ende la glándula del pirómetro está instalada apuntando al sur.

La base de montaje del sensor se instaló en paralelo y al nivel de la tierra. El sensor se colocó y ajustó de tal manera que las barras de ajuste deslizantes de sombra quedaron paralelas al eje de la Tierra. Se ajustó el goniómetro de modo que el indicador de la escala coincide con la de la latitud. En la **Figura 12-2.** se muestra el ángulo de posicionamiento del goniómetro.

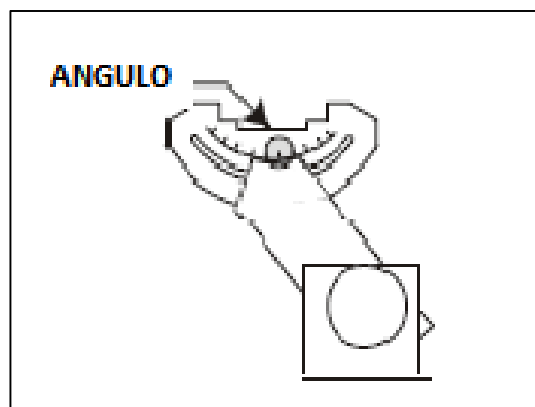


Figura 12-2. Ángulo de posicionamiento del goniómetro

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Una vez que el sensor se encontró posicionado en la forma adecuada, se procedió a deslizar las barras constantemente para para lograr que el anillo proporcione una sombra al sensor de

radiación todos los días y así tener una correcta lectura de datos de radiación solar difusa. Para este propósito se utilizó los datos registrados sobre la declinación solar en la **Tabla 4-2**.

La declinación solar (δ) es el ángulo entre la línea Sol-Tierra y el plano ecuatorial celeste. Dicho ángulo varía a lo largo del año; de $23,45^\circ$ (21 de junio), a $-23,45^\circ$ (21 de diciembre), pasando por cero en los equinoccios de primavera y de otoño. En la **Figura 13-2**, se visualiza el rango del ángulo de declinación solar.

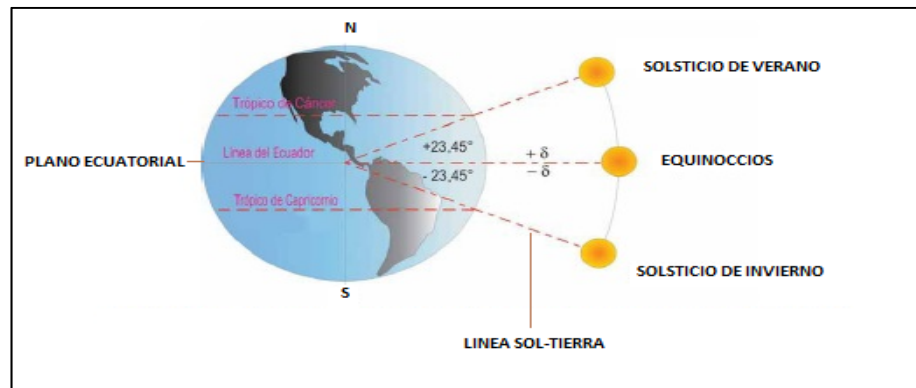


Figura 13-2. Rango del Angulo de declinación solar

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Declinaci%C3%B3n_solar

En la **Figura 14-2**, muestra los componentes del piranómetro colocados de la manera correcta.

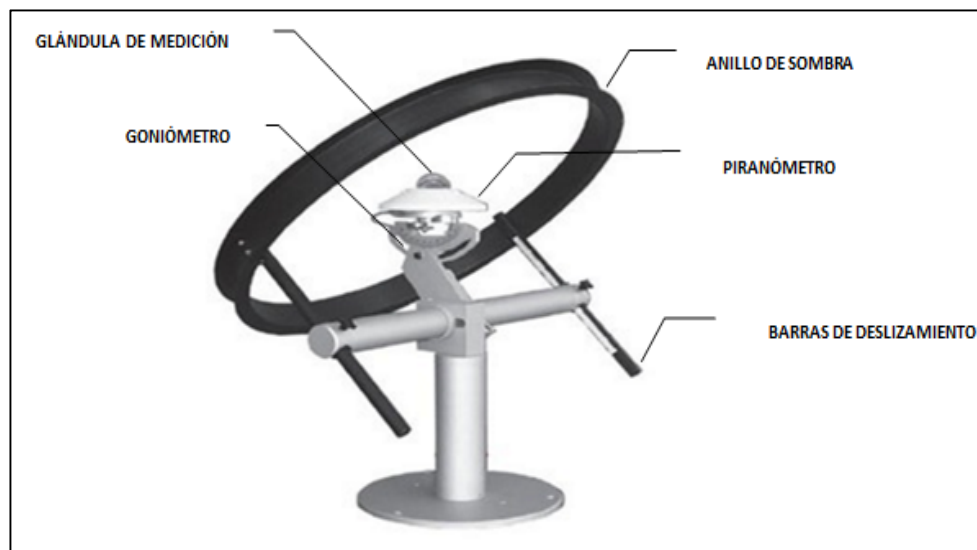


Figura 14-2. Componentes del Piranómetro

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

2.10. Control del avance de la cremallera

Como ya se dijo anteriormente el avance de la cremallera está dado por la relación entre el número de dientes del piñón (z) y el número de dientes por cada centímetro de la cremallera (n), que en este caso es de 10 cm; es decir, que por cada revolución del piñón el avance de la cremallera será de 10cm, el motor utilizado necesita 200 pasos para completar una revolución, entonces para avanzar 10 cm se debe enviar 200 pulsos desde la Placa Arduino.

En la **Figura 15-2** se muestra los parámetros “ z ” y “ n ” del sistema piñón-cremallera:

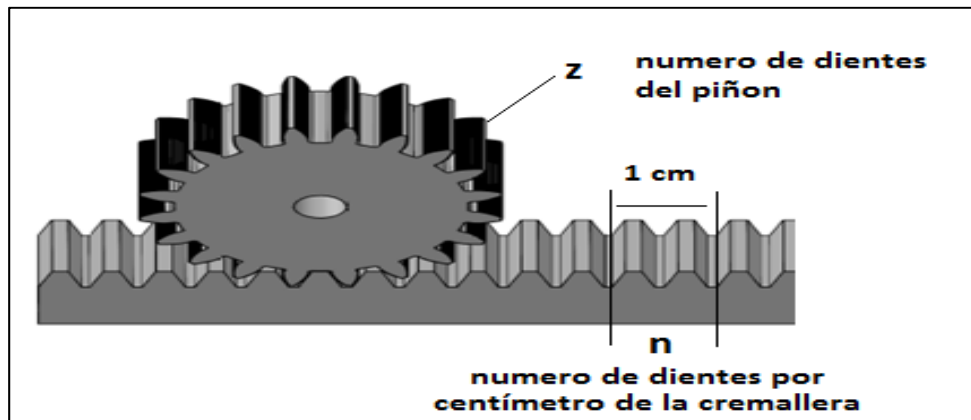


Figura 15-2. Avance de la cremallera

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Se realizó la programación del movimiento según la **Tabla 4-2**. De ajuste de escala de barras deslizante para el anillo de sombra HFSR01 basado en el ángulo declinación solar.

Tabla 4-2. Valor para el posicionamiento de las barras del anillo de sombra HFSR01.


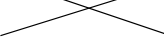
| Declinación solar | Fecha día/mes | | Valor para el posicionamiento de las barras del anillo de sombra en el hemisferio sur (mm) |
|-------------------|---------------|--------|--|
| -23,26 | 21-dic | | 126 |
| 22 | 10-ene | 03-dic | 116 |
| 20 | 21-ene | 22-nov | 106 |
| 18 | 29-ene | 13-nov | 96 |
| 16 | 05-feb | 06-nov | 86 |
| 14 | 11-feb | 31-oct | 76 |
| 12 | 17-feb | 25-oct | 66 |
| 10 | 23-feb | 19-oct | 56 |
| 8 | 28-feb | 14-oct | 46 |

| | | | |
|-------|---------------|---------------|-------------|
| 6 | 05-mar | 08-oct | 36 |
| 4 | 10-mar | 03-oct | 30 |
| 2 | 15-mar | 28-sep | 20 |
| 0 | 21-mar | 23-sep | 10 |
| 2 | 26-mar | 18-sep | 0 |
| 4 | 31-mar | 12-sep | -10 |
| 6 | 05-abr | 06-sep | -20 |
| 8 | 10-abr | 02-sep | -30 |
| 10 | 16-abr | 27-ago | -36 |
| 12 | 22-abr | 21-ago | -46 |
| 14 | 28-abr | 15-ago | -56 |
| 16 | 04-may | 09-ago | -66 |
| 18 | 12-may | 01-ago | -76 |
| 20 | 20-may | 23-jul | -86 |
| 22 | 31-may | 12-jul | -96 |
| 23,26 | 21-jun | | -106 |

Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

El deslizamiento de la cremallera va a ser de 10mm a 2mm por cada fecha establecida en la entones, por ejemplo para desplazar 10mm de la cremallera y definir cuantos pulsos enviará la Placa Arduino se realiza una regla de tres, teniendo en cuenta que 200 pasos del motor =100mm de avance de la cremallera.

| | | |
|--------|---|--------------------------|
| Avance | | número de pasos o pulsos |
| 100mm |  | 200 pasos |
| 10 mm |  | Nº Pasos |

$$N^{\circ}pasos = \frac{200 * 10}{100} = 20 \text{ pasos o pulsos}$$

Es decir, para que el anillo de sombras se desplace 10mm necesita 20 pasos o pulsos. Con esto se definió una formula general para calcular el número de pasos que se necesitan para determinado avance del anillo de sombra.

$$N^{\circ}pasos = \frac{\text{pulsos por revolucion del motor a pasos} * \text{avance de cremallera requerido}}{\text{avance total de cremallera por cada revolucion}}$$

2.11. Diagrama de flujo del movimiento del anillo de sombra

Previo a la programación que controla el movimiento del anillo de sombra se realizó un diagrama de flujo; el mismo que sigue el siguiente proceso:

- INICIO
- Definición de librerías y declaración de variables
- Inicio de reloj y puerto serial.
- Inicio del ciclo de horario y fecha (retroalimentación): en dicho ciclo se encuentra un condicional que determina el movimiento del motor, ya sea para el avance /retroceso o para que se tenga.
- FIN

El **Grafico 1-2.** muestra el diagrama de flujo que explica el funcionamiento del movimiento del anillo de sombra basada en el valor para el posicionamiento de las barras en el hemisferio sur (mm).

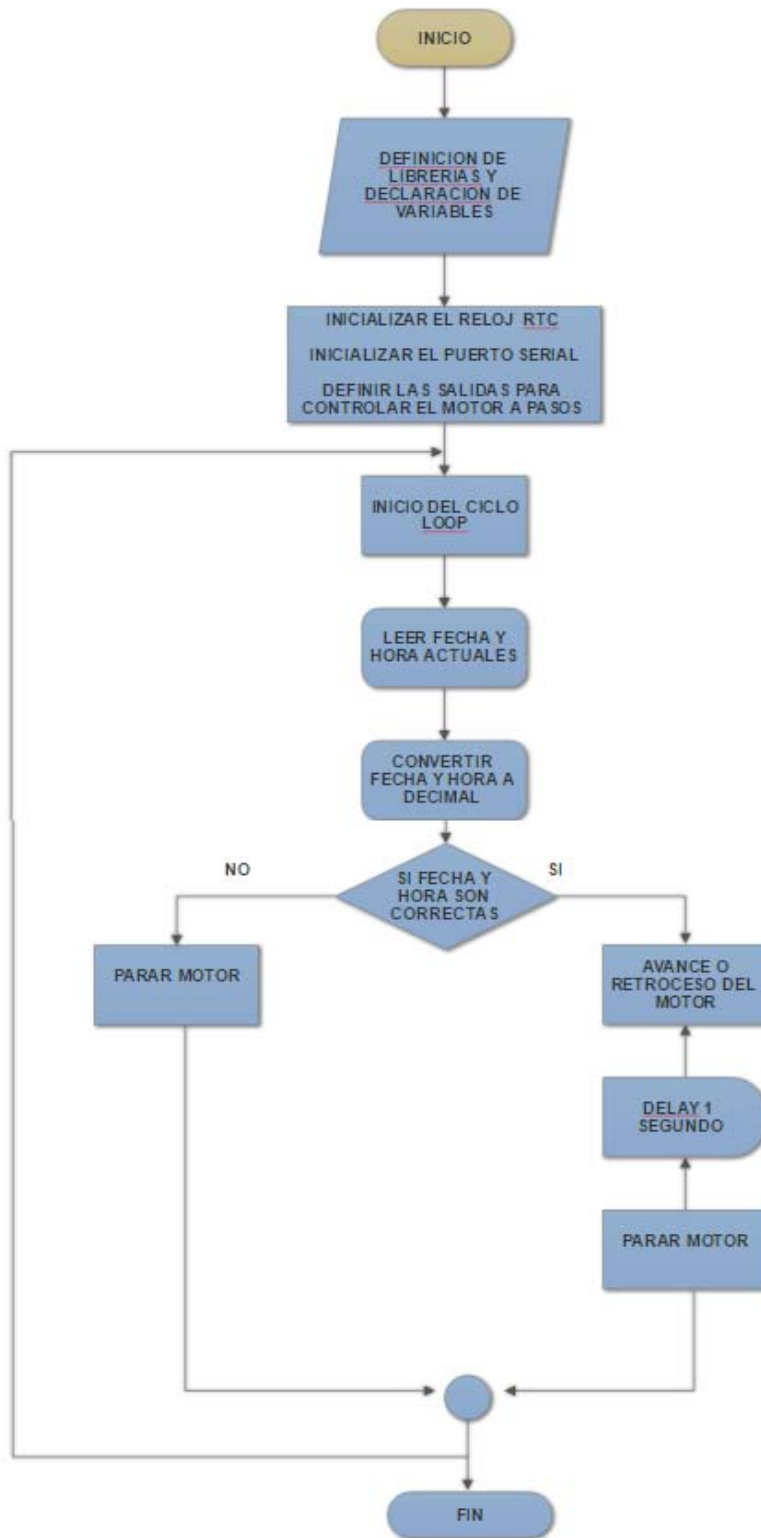


Grafico 1-2.Diagrama de flujo del movimiento del anillo de sombra

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

2.11.1. Programación

Para programar el movimiento del anillo se utilizó el IDE de arduino previamente instalado en la PC, una vez escrito el código se procedió a grabar en la Placa Arduino a través del bus de datos serie universal USB.

- **Definición de librerías:** Esta librería permite comunicar la placa Arduino con dispositivos con protocolo de comunicaciones I2C como lo son el reloj RTC DS3231, el pin de datos (SDA) se encuentra en el pin analógico 4, y el pin de reloj (SCL) se encuentra en el pin analógico 5 de la placa de Arduino Uno.

```
#include <Wire.h>
```

- **Definición de variables:** las variables a controlar son el tiempo y el número de pasos del motor definimos variables para la visualización de las horas, los minutos y segundos.

```
byte second = 0; //SEGUNDOS
byte minute = 0; //MINUTOS
byte hour = 0; //HORAS
byte weekday = 0; //DIA
byte monthday = 0; //DIA
byte month = 0; //MES
byte year = 0; //AÑO
```

```
RTC_DS1307 RTC; //VARIABLE PARA RELOJ
#define STEPS 200 //DEFINICION DEL NUMERO DE PULSOS DEL MOTOR A PASOS
```

- **Definición de los pines para enviar pulsos de la Placa Arduino Uno:** IN1=12, IN2=11, IN3=10, IN4=9 al controlador para el movimiento del motor

```
Stepper stepper(STEPS,12,11,10,9); //DEFINICION DE LOS PINES DIGITALES
```

- **Función en la que se definen la inicialización de los dispositivos:** se activan los pines de salida

```
void setup ()
{
  stepper.setSpeed (20); //DEFINICION DE LA VELOCIDAD DEL MOTOR
  pinMode (30, OUTPUT);
  Wire.begin(); //ESTABLECE LA COMUNICACION I2C
  RTC.begin(); //INICIALIZA EL MODULO
  RTC.adjust(DateTime (__DATE__, __TIME__)); //ESTABLECE LA FECHA Y
  HORA ACTUALIZADAS
}
```

```

Serial. Begin (9600);
//setTime();
}

```

- **Función que lee los datos de fecha y hora:** datos que son enviados a través del bus I2C del módulo de reloj RTC al Arduino

```

void readTime ()
{
Wire.beginTransmission(DS1307); //INICIO DE TRANSMISIÓN DE DATOS
Wire.write(byte (0));
Wire.endTransmission() ;//FIN DE TRANSMISIÓN
Wire.requestFrom(DS1307, 7);

//CODIGO ESCRIBE LOS DATOS DEL RELOJ AL PUERTO SERIE

second = bcdToDec (Wire.read());
minute = bcdToDec (Wire.read());
hour = bcdToDec (Wire.read());
weekday = bcdToDec (Wire.read());
monthday = bcdToDec (Wire.read());
month = bcdToDec (Wire.read());
year = bcdToDec (Wire.read());

//CODIGO QUE MUESTRA EN EL MONITOR SERIE LA FECHA Y HORA ACTUALES

Serial.print(monthday);
Serial.write('-');
Serial.print(month);
Serial.write('-');
Serial.print(year);
Serial.write('-');
Serial.write('-');

Serial.print(hour);
Serial.write(':');
Serial.print(minute);
Serial.write(':');
Serial.print(second);
Serial.write(0xd);
Serial.println();
}

```

- **Función para convertir datos:** Como los datos enviados están en código binario (4bits), se necesita convertirlos a decimal para poder mostrarlos

```

byte bcdToDec (byte val)
{
int msbdec=val/16*10;//obtiene el valor decimal del bit más
significativo del código BCD (4 bits)

int lsbdec = val%16;//obtiene el valor decimal del bit menos
significativo del código BCD (4 bits)

int total=msbdec+lsbdec; //suma estos valores
return (total); //devuelve el valor decimal del código BCD
}

```

- **Función para generar el movimiento del motor:** Este movimiento se produce para cierta fecha del año, y por un número determinado de pasos descritos anteriormente. Desde enero a junio se produce un avance del anillo de sombra el cual se desliza aproximadamente 10mm por fecha, en total según la **Tabla5-2** se mueve 250 mm, una vez completado este tramo comienza a retroceder de Julio a diciembre 260 mm aproximadamente. El código se muestra a continuación:

```
void loop ()
{
  readTime (); // LLAMA A LA FUNCION LEER TIEMPO
  delay (1000);

  //CONDICION PARA DESLIZAR EL ANILLO DE SOMBRA SEGUN LA FECHA

  //ESTABLECEMOS LA FECHA EL DIA Y LA HORA EN LA SE PRODUCE EL
MOVIMIENTO

  if ((monthday==10) &&(month==1)) //10/ENERO
  {
    if ((hour==0) &&(minute==0) &&(second==55))
    {
      stepper.step(20); //AVANCE DEL ANILLO DE SOMBRA POR UN CENTIMETRO
      delay (100);
      parar_motor (); //LLAMA A LA FUNCION PARAR MOTOR
    }
  }
}
//VUELVE A EMPEZAR PARA EL AÑO SIGUIENTE
```

Mediante la función stepper. **step** (20); establecemos el movimiento el numero 20 significa el número de pasos o pulsos que se envían al motor, el signo positivo (+) delante del número de pulsos hace que la cremallera avance, en cambio el valor negativo (-), significa el retroceso de la cremallera y del anillo de sombra.

- **Función para frenar el motor:** desactivamos las salidas del arduino

```
void parar_motor ()
{
  digitalWrite (12, LOW);
  digitalWrite (11, LOW);
  digitalWrite (10, LOW);
  digitalWrite (9, LOW); }

```

- **Función para mantener el anillo de sombra en la posición correcta:** Para asegurarnos de que la posición del anillo de sombra sea la correcta, se instaló un sensor de proximidad, el cual va a ser el inicio desde donde va a recorrer el anillo de sombra para cubrir el sensor de radiación difusa, este sensor se lo ha colocado junto al piñon , y va a detectar otro objeto

colocado junto a la cremallera, entonces cuando por algún motivo externo llegase el anillo de sombra a una posición en la que no corresponde estar en una determinada fecha según la tabla anteriormente mostrada, hemos realizado junto con el programa principal, un circuito que controle, la correcta posición del anillo de sombra del sensor.

A continuación en el **Grafico 2-2.** se muestra el diagrama de flujo de este proceso:

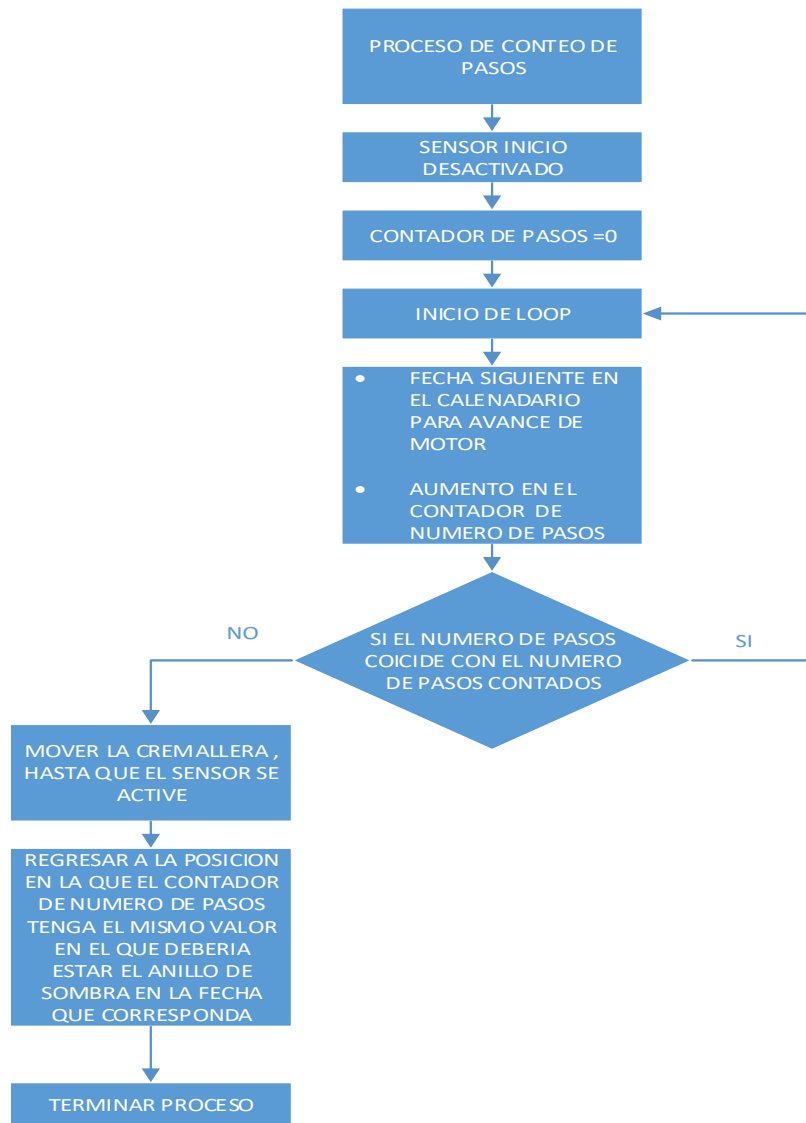


Grafico 2-2. Diagrama de flujo del posicionamiento correcto del anillo de sombra

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

El piranómetro se colocó de manera que cuando detecte el objeto, la posición de las barras de deslizamiento del anillo de sombra, van a estar en la posición -106 mm, que es la posición

inicial. Entonces cuando el anillo de sombra no esté en la posición correcta, este regresa hasta que el sensor detecte el objeto colocado junto a la cremallera, que será la posición inicial.

Cada vez que el anillo de sombra se desplace por cada fecha, se van contando el número de pasos, cuando el anillo de sombra no esté en la posición correcta en una fecha determinada, hacemos mediante código de programación comparamos entre el número de pasos recorrido, y el número de pasos que debería tener recorridos el motor para su posición correcta, si no es así este anillo regresa a la posición inicial, para luego ir a la posición correcta.

2.12. Diseño y programación para la conexión de sensores a la placa Arduino

Para lograr la adquisición de datos de los sensores de la estación meteorológica se realizó el diseño de los circuitos eléctricos para la conexión de cada uno de los sensores; posteriormente se escribió el código de programación para el control de cada sensor. En los siguientes apartados se describe detalladamente.

2.12.1. Diagramas de conexión diseñados en Proteus ISIS.

Los circuitos para la obtención de señales captadas por los diferentes sensores fueron diseñados en el software Proteus ISIS, el mismo que permite creación y simulación de circuitos eléctricos y electrónicos. Se realizó un circuito para sensor para una mejor explicación.

En la **Figura 1-2.** se visualiza el circuito eléctrico para conexión de la veleta y el anemómetro.

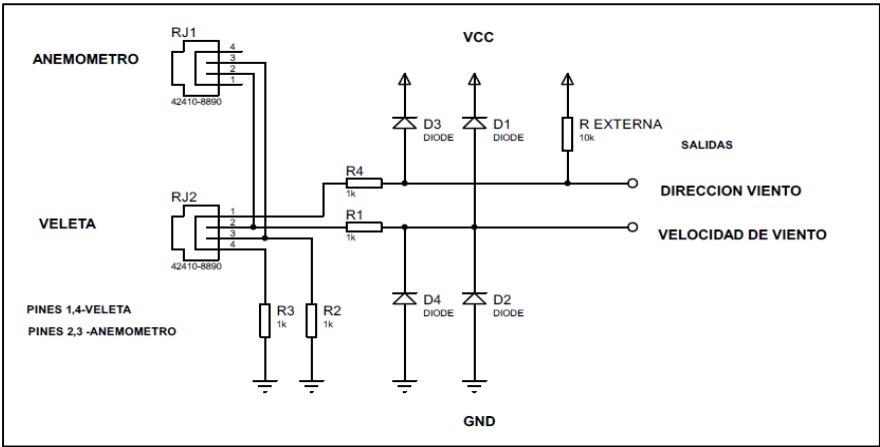


Figura 1-2. Circuito para la conexión del anemómetro y la veleta.

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

La **Figura 2-2.** muestra el circuito eléctrico para conexión del pluviómetro..

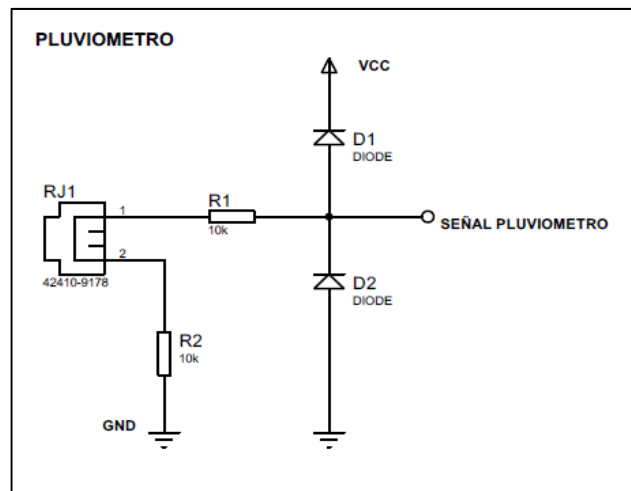


Figura 2-2. Circuito para la conexión del pluviómetro

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

La **Figura 4-2.** ilustra el circuito eléctrico para conexión del sensor de temperatura y humedad DHT21.

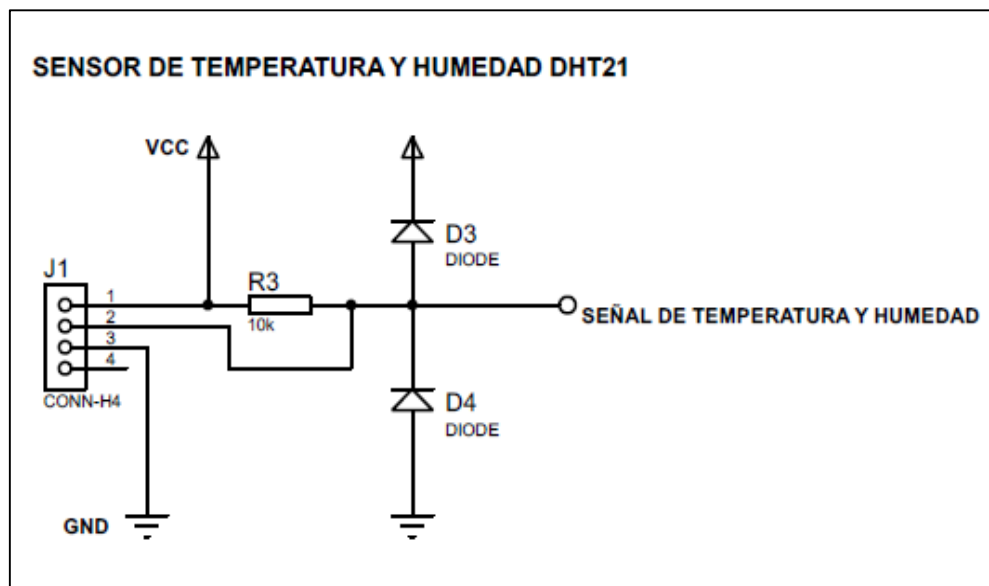


Figura 3-2. Circuito para la conexión del sensor de temperatura y humedad DHT21

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

La **Figura 4-2**. Ilustra el circuito eléctrico para conexión del sensor de presión barométrica y altitud.

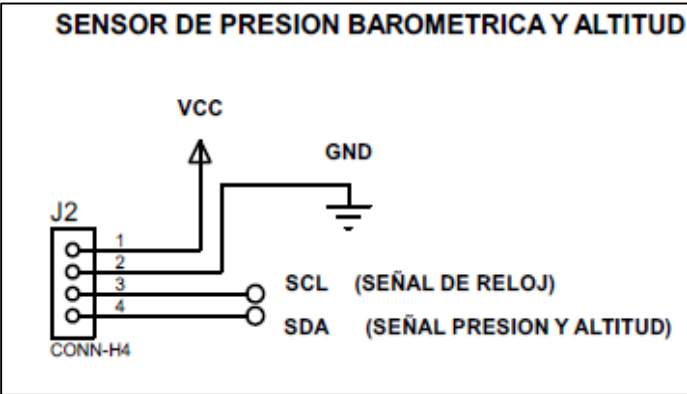


Figura 4-2. Circuito para la conexión del sensor de presión barométrica y altitud

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Una vez diseñados e implementados los circuitos y teniendo las salidas de señales; se procedió a receiptarlas a la placa Arduino como se muestra a continuación en la **Figura 5-2**.

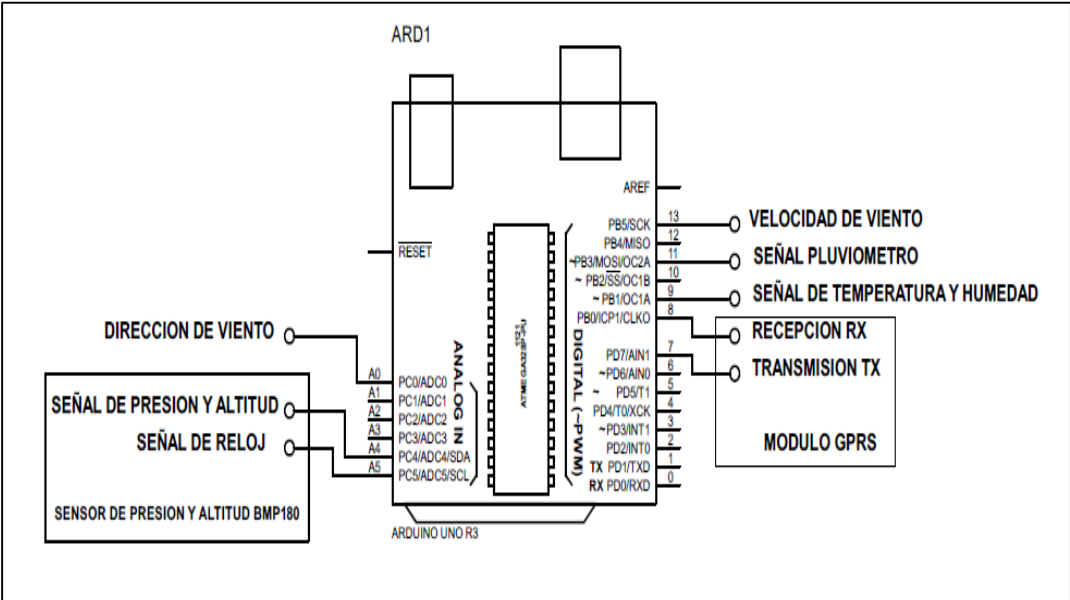


Figura 5-2. Conexión de los sensores a la placa Arduino

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

El diseño del circuito impreso para la recolección de datos de los sensores instalados, se ha realizado en el software Ares de Proteus, que se usa para crear diseños de circuitos impresos, a continuación la **Figura 6-2**. Muestra la placa diseñada en Ares:

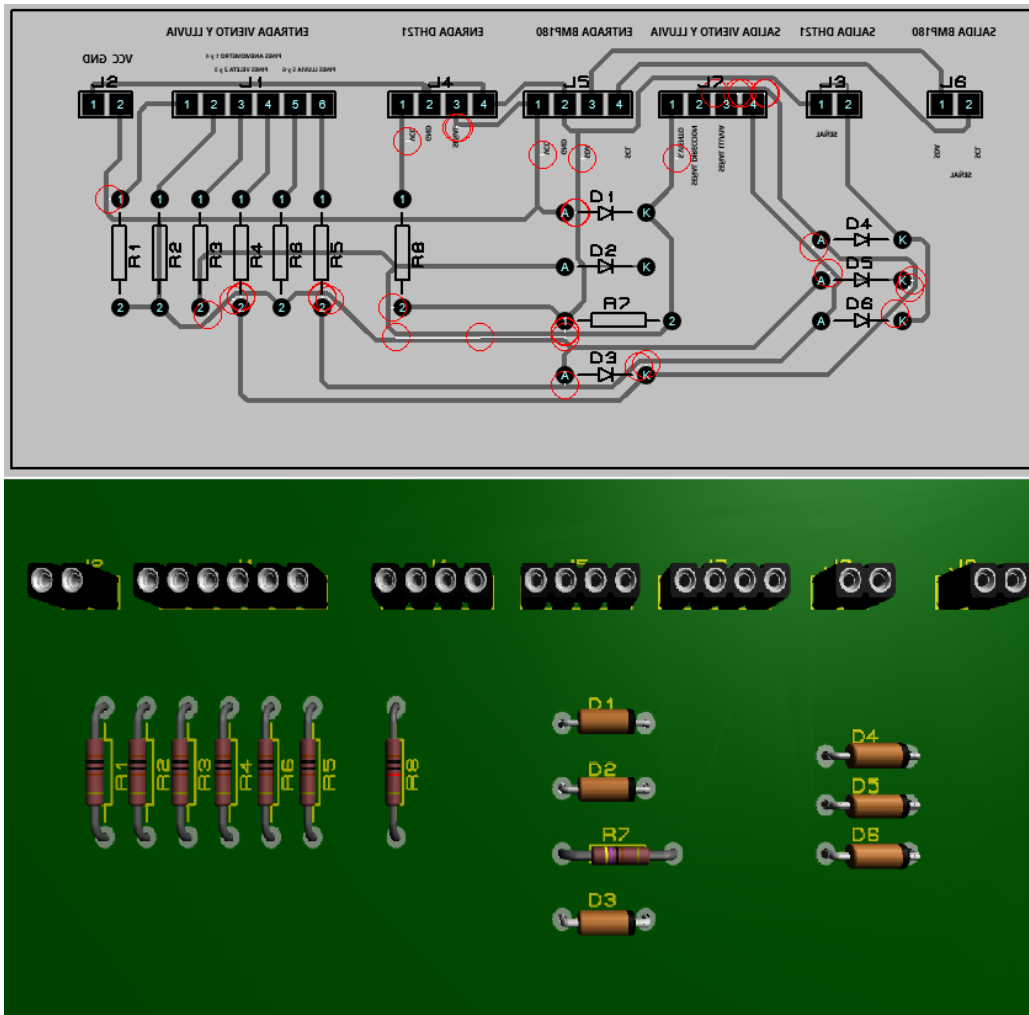


Figura 6-2. Placa impresa de adquisición de señales de sensores

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

2.12.2. Programación para la lectura de las señales de los sensores

El código para la lectura de sensores se realizó en el IDE de arduino, a continuación se describen las funciones empleadas para

- **Función para leer los datos del Sensor DHT21 que miden la temperatura y humedad**

```
void DHT21 ()
{
  HU = dht.readHumidity();//lectura entrada analoga(A0);
  TEMP = dht.readTemperature();//lectura entrada analoga (A1);
  if (isnan(value_1) || isnan(value_2)) {
```

```

    Serial.println("Failed to read from DHT");
  } else {
    Serial.print("Humedad: ");
    Serial.print(HU); //valor de la humedad
    Serial.print(" %\t");
    Serial.print("Temperatura: ");
    Serial.print(TEMP); //valor de la temperatura
    Serial.println(" *C");      }

```

- **Función para leer los datos del Sensor BMP180 que miden la presión barométrica y la altitud**

```

void BMP180()
{
//Leemos los valores del sensor y sacamos la presión atmosférica por
el monitor serie
    PRE=bmp.readPressure();
    Serial.print("Presión = ");
    Serial.print(PRE); //valor de la presión
    Serial.println(" Pa");

//Calculamos la altitud asumiendo la presión barométrica standard' a
1013.25 milibares

    AL=bmp.readAltitude();
    Serial.print("Altitud = ");
    Serial.print(AL); //valor de la altitud
    Serial.println(" metros");

    Serial.println(); //Espacio entre lecturas
    delay(1000);      //Pausa de 1 segundos entre lecturas }

```

- **Lectura velocidad del viento**

```

float velocidad_viento()
{
    Velocidad=digitalRead(3); //lectura de datos por el pin 3
    ultima_lectura=0;//variable de conteo
    float deltaTime = millis() - ultima_lectura;
    deltaTime /= 1000.0; //segundos entre medición
    ultima_lectura = millis();
    VEL *= 0.44704;//lectura en metros por segundo de la velocidad
    Serial.println();
    Serial.print("velocidad:");
    Serial.println(VEL); //valor de la velocidad

```

- **Lectura de la dirección de viento**

```

int dirección_viento()
{ unsigned int adc; //variable de entrada del sensor
  adc = analogRead(DIR); // get the current reading from the sensor
//valor en grados de la dirección de viento según tabla de valores
  if (adc < 380) return (113);
  if (adc < 393) return (68);
  if (adc < 414) return (90);

```

```

if (adc < 456) return (158);
if (adc < 508) return (135);
if (adc < 551) return (203);
if (adc < 615) return (180);
if (adc < 680) return (23);
if (adc < 746) return (45);
if (adc < 801) return (248);
if (adc < 833) return (225);
if (adc < 878) return (338);
if (adc < 913) return (0);
if (adc < 940) return (293);
if (adc < 967) return (315);
if (adc < 990) return (270);
return (-1); // error, disconnected?
Serial.println (DIR); //valor de la dirección    }

```

- **Lectura de la cantidad de lluvia**

```

void cant_lluvia()
lluvia=digitalRead(2);
rainin = 0; //variable auxiliar
for(int i = 0 ; i < 60 ; i++)//variable de conteo
rainin += rainHour[i];
Serial.println (lluvia); //valor de la cantidad de lluvia

```

- Salida de todos los sensores, para enviarse al servidor web:

```

Serial.print(HU); //valor de la humedad
Serial.print(TEMP); //valor de la temperatura
Serial.print(PRE); //valor de la presión
Serial.print(AL); //valor de la altitud
Serial.print(VEL); //valor de la velocidad
Serial.print(DIR); //valor de la dirección
Serial.print(lluvia); //valor de la cantidad de lluvia

```

2.13. Transmisión de datos

Para poder transmitir los datos recolectados por los sensores se utilizó de la tarjeta GPRS SIM 900 mostrada en la **Figura 4-1** del Capítulo I. Se seleccionó dicho dispositivo ya que es ideal para sistemas remotos, en este caso facilitó la recepción de datos a través de la red celular y el monitoreo desde lugares muy lejanos, en donde otro tipo de comunicación inalámbrica sería ineficiente, con ello se puede transmitir datos las 24 horas del día y a una mayor velocidad.

2.13.1. Conexión del módulo GPRS a la placa Arduino

Los pines de transmisión y recepción de datos son conectados a los pines 7 y 8 de la placa de Arduino para poder establecer la comunicación entre estos dos dispositivos. En la se ilustra ek diagrama de conexión entre el módulo GPRS y la placa Arduino.

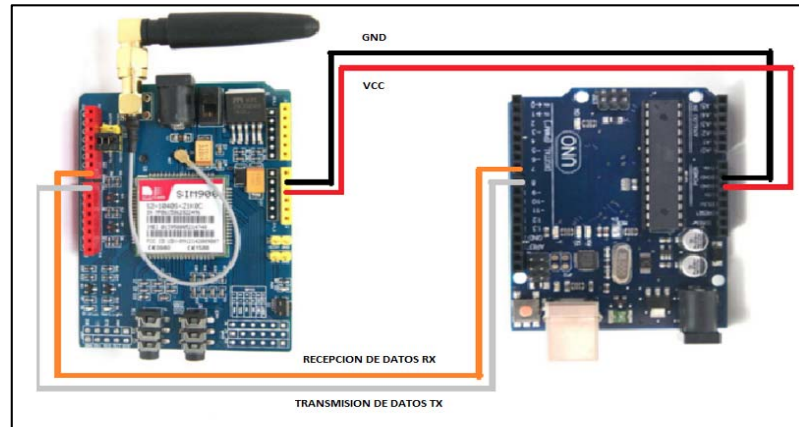


Figura 7-2. Diagrama de conexión entre el módulo GPRS y la placa Arduino

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

2.13.2. Programación para la transmisión de datos.

Para controlar el módulo SIM900 se emplearon los comandos AT que son un lenguaje para configurar los módems en este caso el módulo GPRS. Para controlar este dispositivo se lo conectó a la placa Arduino, y empieza a comunicar datos a través de comandos AT.

Previo a la programación se especificó un APN que es el nombre de un punto de acceso el cual hay que configurar para que el módulo GPRS se pueda conectar a Internet usando las redes de la operadora seleccionada. En este caso se utilizó la operadora de claro, el nombre se APN de esta operadora es *internet.claro.com.ec*. y la transferencia de datos de GPRS se cobra por volumen de información transmitida (en kilo o megabytes)

La lista de comandos AT usada para el proceso de transmisión se muestra en la **Tabla 5-2**

Tabla 5-2.Lista de comandos AT utilizados en la programación

| COMANDOS AT | FUNCIÓN |
|-------------|--|
| (AT+CGATT) | Iniciamos la conexión |
| (AT+CSTT) | Definimos el APN, usuario y clave a utilizar |
| (AT+CIICR) | Activamos el perfil de datos inalámbrico |

| | |
|---------------|--|
| (AT+CIFSR) | Verificamos que se obtenga una dirección IP para el módulo |
| AT+CIPSTART | Iniciamos la conexión TCP/IP |
| AT+CIPSEND | Enviamos los datos |
| (AT+CIPSHUT) | Cerramos la conexión cuando no se utilice |
| (AT+CGATT) | Desactivamos la conexión GPRS |
| (AT+CIPCLOSE) | Cerramos la conexión |

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

A continuación se describen las diferentes funciones programadas para transmitir los datos via GPRS.

- **Función para configuración de APN claro**

```
void config_apn()
{
  mySerial.print("AT+CSTT");
  mySerial.print((char)34);
  mySerial.print("internet.claro.com.ec");
  mySerial.print((char)34);
  mySerial.print(",");
  mySerial.print((char)34);
  mySerial.print((char)34);
  mySerial.print((char)34);
  mySerial.print(",");
  mySerial.print((char)34);
  mySerial.print((char)34);
}
```

- **Función para comunicación con red GPRS**

```
void config_comunicacion()
{
  mySerial.print("AT+CIPSTART");
  Serial.print((char)34);

  mySerial.print("TCP");
  Serial.print((char)34);
  Serial.print(",");
  Serial.print((char)34);

  mySerial.print("app.ubidots.com/");
  Serial.print((char)34);
  Serial.print(",");
  Serial.print((char)34);

  mySerial.print("9876");
  Serial.print((char)34);
  Serial.print((char)34);
  delay(100);
}
```

- **Función para Envío de datos a servidor ubidots.com**

```
void enviardato()
{
  mySerial.print("AT+CIPSEND");//comando AT para envío de datos
  delay(1000);

  mySerial.print("GET/mis_sitios/iot.php?valor=" );
  delay(1000);

  mySerial.println(VEL); //datos de velocidad
  mySerial.println(DIR); //datos de direccion
  mySerial.println(lluvia); //datos de lluvia
  mySerial.println(HU); //datos de humedad
  mySerial.println(PRE); //datos de presion
  mySerial.println(TEMP); //datos de temperatura
  mySerial.println(AL); //datos de altitud
}
}
```

- **Función para tomar los datos antes obtenidos**

```
void leer_sensor()
{
  DHT21 ();
  BMP180();
  velocidad_viento();
  dirección_viento() ;
  cant_lluvia();
}
}
```

- **Ciclo de envío de datos**

```
void loop()
{
  config_apn();
  config_comunicacion();
  leer_sensor();
  enviardato();
}
}
```

2.14. Almacenamiento de datos en el Servidor Web

En el presente proyecto se almacenó los datos obtenidos de las variables de los sensores captadas en el ambiente en una base de datos alojada en el servidor Web denominado “Internet de las Cosas”; además permite la visualización de los valores de las variables.

Se empleó el servicio en la nube denominado Ubidots para subir, almacenar y visualizar los datos de los diferentes sensores que se encuentran instalados en la estación meteorológica, permitiendo así el monitoreo de los datos en tiempo real.

Primero se conectó los dispositivos al API de Ubidots. API especifica la interacción entre los dispositivos y Ubidots, a continuación en la **Figura 8-2.** se muestra el funcionamiento de una API.

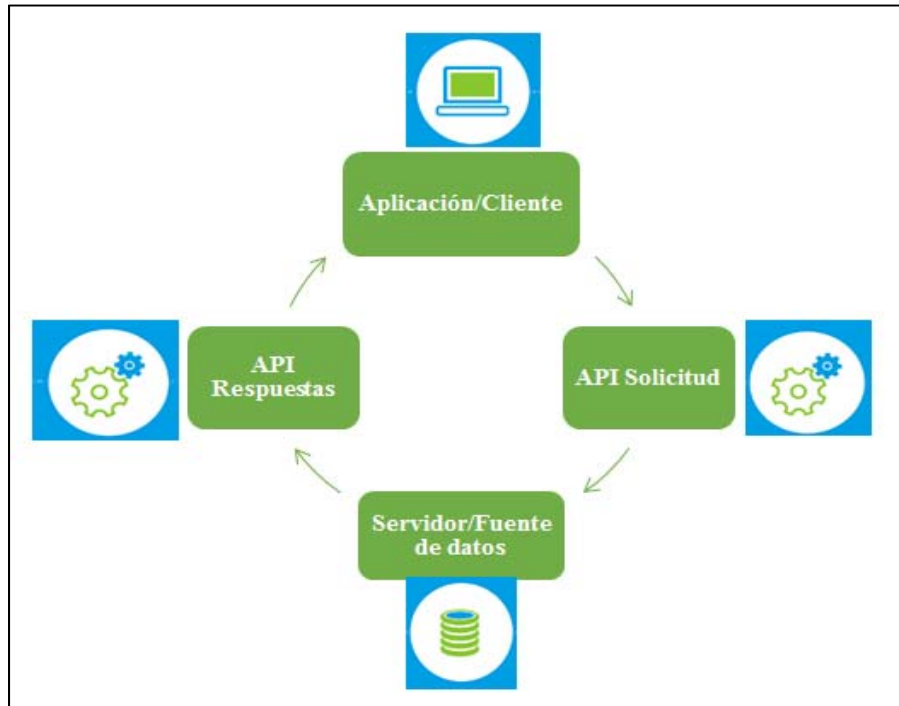


Figura 8-2. Funcionamiento de una API

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Se empleó el protocolo HTTP para la API, el mismo que permitió la comunicación con la página web. El API de Ubidots implementa los principales cuatro métodos de HTTP para poder subir datos:

- **GET:** facilita la lectura de información
- **POST:** permite la creación de información
- **PUT:** permite la edición de información
- **DELETE:** facilita el eliminado de información

Para poder acceder a la API y visualizar los datos, se creó una cuenta con un nombre de usuario y contraseña, automáticamente se obtuvo un TOKEN, que es un tipo de contraseña que permite que el dispositivo pueda autenticarse de manera segura ante el API de Ubidots

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Este capítulo se realiza la medición de los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas a cada elemento del Sistema Meteorológico de la ESPOCH; y así garantizar el funcionamiento óptimo todos los dispositivos en un determinado momento del día.

En los apartados siguientes se describen la adquisición y monitoreo de las variables meteorológicas, la visualización de datos en la página web.

3.1. Monitoreo de variables meteorológicas vía GPRS

El monitoreo se realizó mediante el control M2M (maquina a máquina) incorpora las redes GPRS e internet como medios para la trasmisión de datos en un sistema de telemetría; de esta manera el microcontrolador conectado con un módem GPRS establece una comunicación con una computadora (habilitada como servidor TCP-IP), dicha PC cuenta con acceso a internet pero a la vez puede mostrar los datos en otros servidores web de internet.

En la **Figura 1-3**. se ilustra un diagrama de bloques del sistema, en donde el microcontrolador adquiere y procesa datos de sensores conectados a él. Este sistema es monitoreado remotamente desde una estación central en donde podemos visualizar estos datos

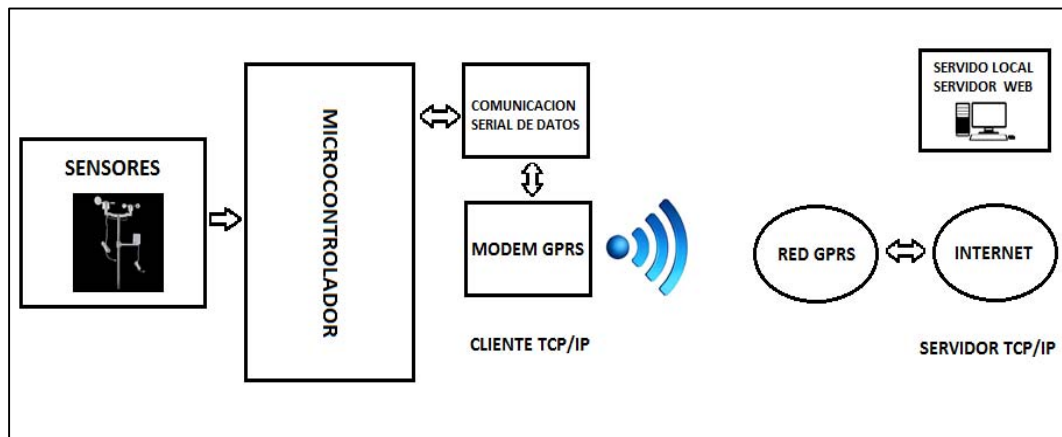


Figura 1-3. Sistema de transmisión y monitoreo de datos usando red GPRS y protocolo TCP/IP

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Para monitorear variable meteorológicas se siguió los siguientes pasos:

- Adquirir datos de sensores instalados en la estación meteorológica de la ESPOCH, mediante el uso de microprocesador contenido en la placa de Arduino Uno.
- Procesar estos datos mediante código de programación, para su posterior almacenamiento y transmisión de los mismos.
- Envío de los datos meteorológicos de un microcontrolador a través de puerto serie al dispositivo de GPRS, el cual se encarga de mandar los datos a través de la red celular para alojarlos en un servidor web.
- Instalar un servidor web local como, para recibir los datos y almacenarlos en una base de datos creada para este fin.
- Mostrar los datos en un servidor web destinado para la visualización y monitoreo de los mismos.

3.1.1. *Funcionamiento de los sensores*

Para poder realizar el monitoreo de las variables climáticas, se ha utilizado los sensores proporcionados por el centro de investigación de energías alternas de la FIE, los cuales se describen a continuación:

- **Veleta para medir la dirección del viento:** consta de ocho interruptores, cada uno está conectado a una resistencia diferente como se muestra en la **Figura 2-3.** , al girar la veleta se cierran dos interruptores a la vez, esto permite tener 16 posiciones para mostrar, las mismas que son direcciones en grados ya que la señal de salida de este sensor muestra diferentes voltajes los cuales se obtienen gracias al divisor de tensión que se forma al conectar una resistencia externa a los pines del sensor como se muestra en la **Figura 3-3.**

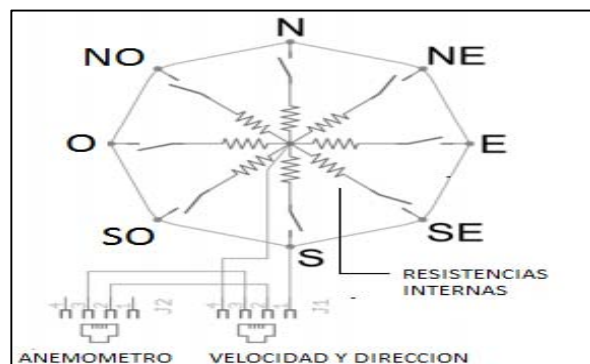


Figura 2-3. Circuito del sensor de dirección de viento

Fuente: www.switchdoc.com/weatherrack-weather-sensors/

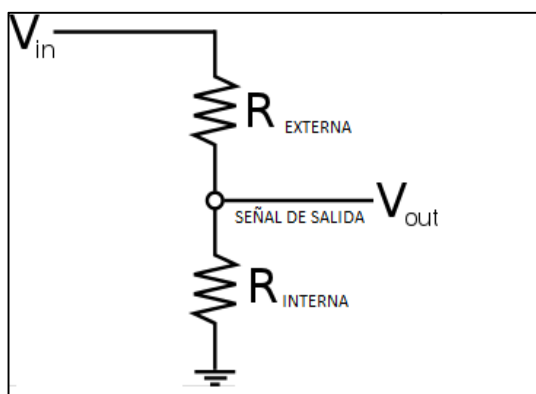


Figura 3-3. Divisor de voltaje para generar
Diversos valores a la salida del sensor

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

La salida de este sensor es análoga, la dirección en grados, los valores de resistencia interna, el voltaje suministrado al sensor para una resistencia externa usada de 10k se muestra en la **Tabla 1-3**.

Tabla 1-3. La dirección en grados, los valores de resistencia interna, el voltaje suministrado al sensor para una resistencia externa usada de 10k.

| DIRECCIÓN (GRADOS) | RESISTENCIA INTERNA (Ohmios) | VOLTAJE DE SALIDA PARA (Vin=5V, R=10k) |
|--------------------|------------------------------|--|
| 0 | 33K | 3.84 |
| 22,5 | 6.57K | 1.98 |
| 45 | 8.2K | 2.25 |
| 67,5 | 891 | 0.41 |
| 90 | 1K | 0.45 |
| 112,5 | 688 | 0.32 |
| 135 | 2.2K | 0.90 |
| 157,5 | 1.41K | 0.62 |
| 180 | 3.9K | 1.40 |
| 202,5 | 3.14K | 1.19 |
| 225 | 16K | 3.08 |
| 247,5 | 14.12K | 2.93 |
| 270 | 120K | 4.62 |
| 292,5 | 42.12K | 4.04 |
| 315 | 64.9K | 4.78 |
| 337,5 | 21.88K | 3.43 |

Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

- **Sensor de velocidad de viento o Anemómetro:** Para medir la velocidad del viento este sensor cierra un interruptor magnético, una velocidad del viento de 2.4Km / h provoca que este interruptor se cierre una vez por segundo. El interruptor del anemómetro está conectado a los dos conductores interiores. Cabe mencionar que tanto el anemómetro como la veleta de dirección tienen sus pines acoplados a un conector RJ10, como se muestra en la **Figura 4-3**. La salida de este sensor es digital.

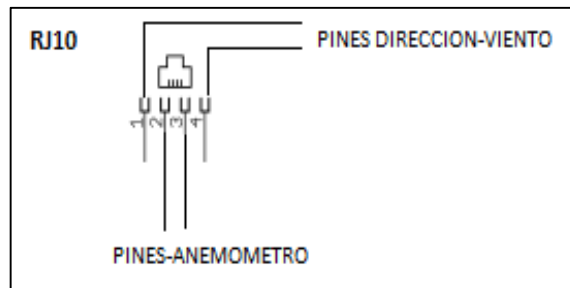


Figura 4-3. Conexión de pines del anemómetro y la veleta de dirección

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

- **Sensor para medir la cantidad de lluvia (pluviómetro):** cada (0,2794 mm³) de lluvia causa un cierre momentáneo del contacto que puede se puede adquirir con una entrada de interrupción del microcontrolador. La salida del sensor es digital.
- **Sensor de Temperatura y Humedad DHT21:** posee un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir la temperatura del aire del ambiente; el sensor envía una señal digital en el pin de datos. El sensor toma lecturas cada dos segundos.
- **BMP180 Presión barométrica y Altitud:** fue conectado directamente al pin de la Placa Arduino

3.1.1.1. Adquisición de los datos de los sensores descritos

Para tomar las lecturas de los diferentes sensores ante descrito se ha hecho uso de la placa de Arduino Uno. Se escogió dicha placa ya que es compatible con todos los sensores que se utilizó para el monitoreo de los datos, además cuenta con las suficientes entradas y salidas analógicas y digitales que se necesita para este trabajo, su voltaje de funcionamiento es de 5- 12 V, para un correcto funcionamiento. En el **Grafico 1-3** se muestra el diagrama de proceso para el monitoreo de estos datos.

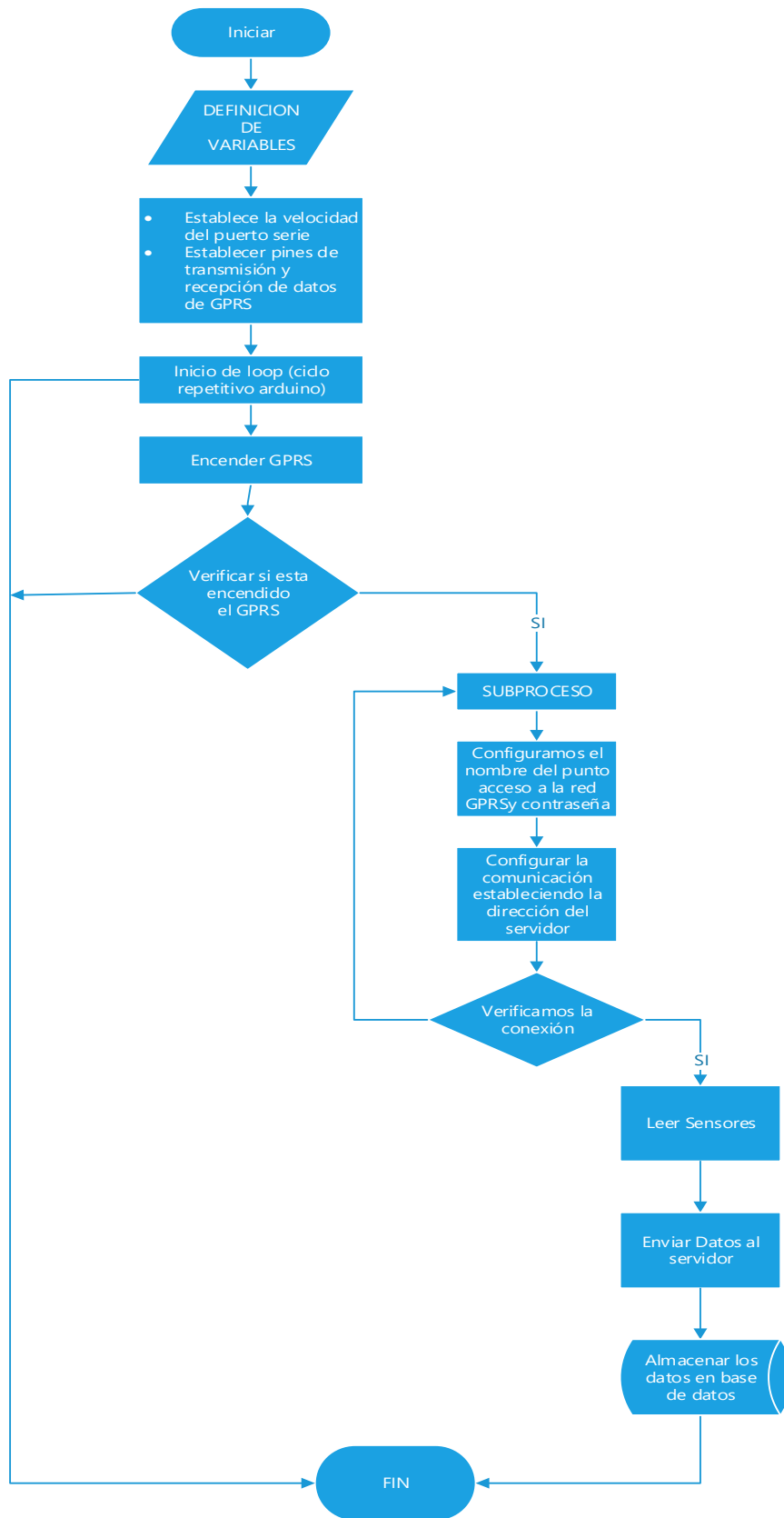


Gráfico 1-3. Proceso para el monitoreo de datos

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

3.2. Visualización de datos en la página Web

La **Figura 5-3.** muestra la página para obtener una cuenta y entonces poder acceder a la API de ubidots, en la cual especificamos un nombre de usuario, contraseña y un email.



Figura 5-3. Página de registro de Ubidots

Fuente: app.ubidots.com

Una vez registrada la cuenta, se visualizará la pantalla mostrada en la **Figura 6-3.**

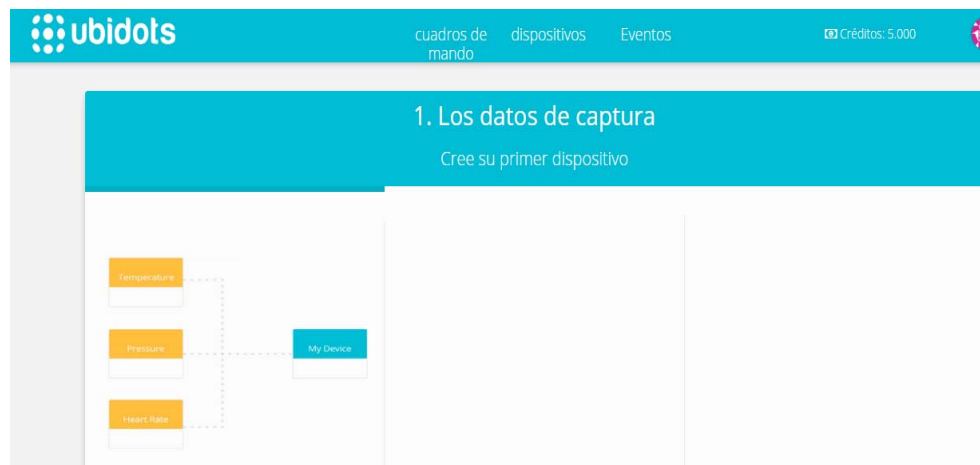


Figura 6-3. Pantalla principal de la API

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

En la pantalla principal de API dirigirse a la pestaña “dispositivos”, o también llamado un origen de datos, que es donde se van a estar alojadas todas las variables a medir con los sensores instalados en la estación meteorológica. Para el presente proyecto se creó el origen de datos llamado “GPRS”; el mismo que se muestra en la **Figura 7-3.**



Figura 7-3. Creación de origen de datos “GPRS”

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Ya con el origen datos “GPRS” creado, dentro de este se creó las variables de: velocidad de viento, dirección de viento, cantidad de lluvia, temperatura, humedad, presión barométrica, altitud del lugar, a las cuales se envía los datos obtenidos de los sensores. En la **Figura 8-3.** se muestra la pantalla de la página web con las variables creadas.

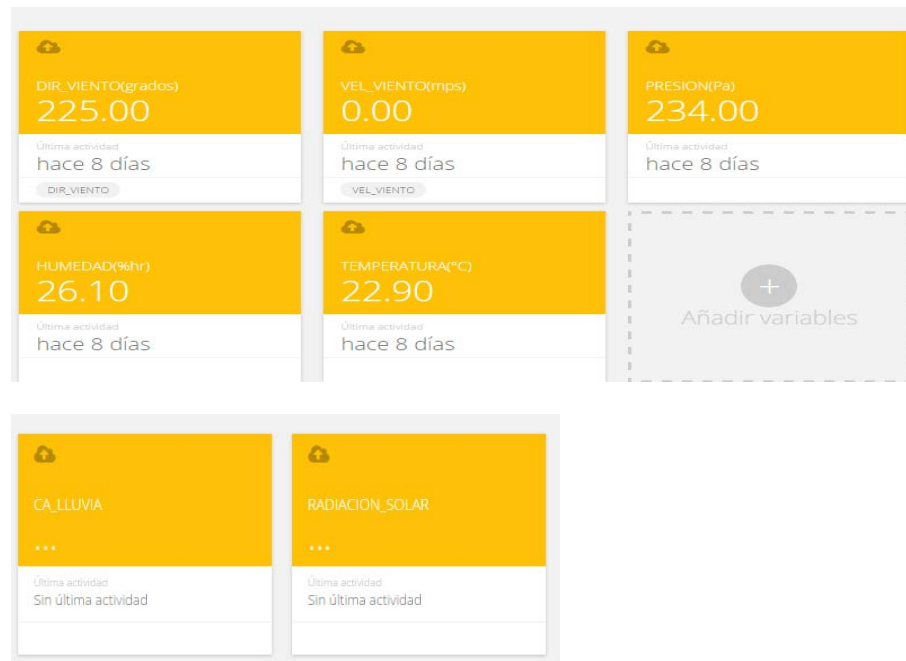


Figura 8-3. Variables de datos enviados por los sensores

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

En la **Figura 9-3.** se visualiza la página web en donde se muestra los valores de las señales captadas por los sensores en el medio ambiente durante un tiempo determinado. Las variables vienen mediads de la siguiente manera:

- **DIR_VIENTO:** viene dada en grados
- **VEL_VIENTO:** viene dada en mps
- **PRESIÓN:** viene dada en Pa.
- **HUMEDAD:** viene dada en %hr
- **TEMPERATURA:** viene dada en °C
- **CAIDA DE LLUVIA:** viene dada por L/m²
- **RADIACIÓN_SOLAR:** viene dada por w/m²

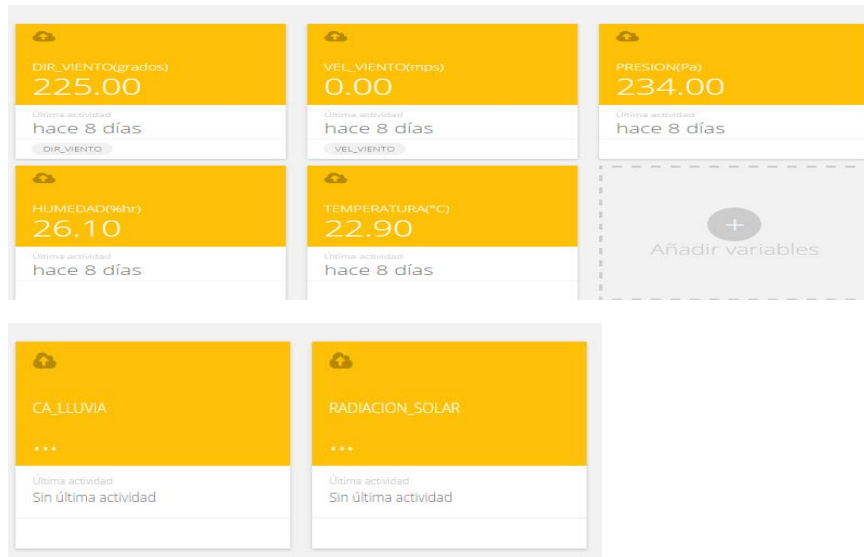


Figura 9-3. Visualización en el servidor web de valores de las señales captadas en el medio por los sensores.

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Además, de poder mostrar los datos que llegan por minuto de los sensores, este servidor Ubidots nos permite realizar, promedios diarios, mínimos, y también se pueden realizar reportes de estos datos gracias a q podemos descargar estos datos en formato de Excel, ya que este servidor nos permite almacenar datos de hasta 3 meses a partir de su recepción

3.3. Análisis de la optimización del tiempo

Una vez implementado y probado el sistema de monitoreo climatológico vía GPRS se realizó el análisis de optimización del tiempo, puesto que anteriormente el operario de la estación debía acudir a la misma a descargar los datos de los sensores cada 15 días; pero gracias a la comunicación vía GPRS que se efectuó para la comunicación entre la estación meteorológica y la página web se redujo valioso tiempo.

A continuación en la **Tabla 2-3**, se muestra el tiempo utilizado en la descarga de datos de la estación meteorológica de una manera manual vs el monitoreo de los datos en la página web; en donde se observa que se optimiza un tiempo de 25 minutos cada 15 días en realizar dicha operación

Tabla 2-3. Tiempo utilizado en la descarga de datos

| TIEMPO UTILIZADO EN LA DESCARGA DE DATOS DURANTE 15 DÍAS | | | |
|---|------------------------------------|--|--|
| | MANERA MANUAL (minutos) | MONITOREO DE LOS DATOS EN LA PÁGINA WEB.(minutos) | Tiempo optimizado (minutos) |
| Tiempo en llegar a la estación a la estación | 10 | 0 | 10 |
| Tiempo en descargar los datos | 20 | 5 | 15 |
| TOTAL | 30 | 5 | 25 |

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Como se puede observar en el **Gráfico 1-3**, se muestra el tiempo utilizado en la toma de datos manera manual vs Monitoreo en la página web en un mes; en donde se obtuvo 60 minutos al realizar la descarga de datos manualmente; mientras que mediante el monitoreo de la página web se obtuvo 10 minutos; optimizando el tiempo en 50 minutos; lo que representa una mejora del 83.3 % en el tiempo empleado

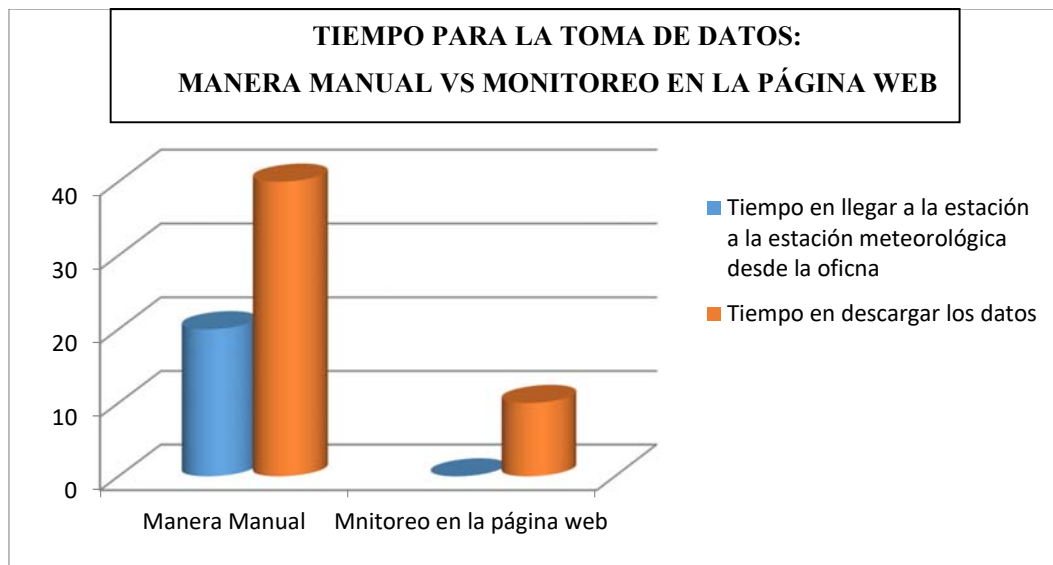


Gráfico 1-3. Tiempo para la toma de datos: manera manual vs Monitoreo en la página web

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Una vez implementado y probado el sistema automatización de la calibración del anillo de sombra del piranómetro se realizó el análisis de optimización del tiempo, puesto que anteriormente el operario de la estación debía acudir a la misma a mover las barras del anillo de sombra cada semana; pero gracias a la Automatización del movimiento del anillo se redujo los tiempos empleados para esta operación.

A continuación en la **Tabla 3-3.** se muestra la optimización del tiempo empleado en el movimiento del anillo de sombra.

Tabla 3-3. Tiempo utilizado en el movimiento del anillo de sombra del piranómetro

| TIEMPO UTILIZADO DURANTE UNA SEMANA EN EL MOVIMIENTO DEL ANILLO DE SOMBRA DEL PIRANÓMETRO | | | |
|--|------------------------------------|--|--|
| | MANERA MANUAL (minutos) | Sistema automatizado piñón-cremallera (minutos) | Tiempo optimizado (minutos) |
| Tiempo en llegar a la estación a la estación | 10 | 0 | 10 |
| Tiempo en mover las barras del anillo de sombra | 5 | 0 | 5 |
| TOTAL | 15 | 0 | 15 |

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Como se puede observar en la **Tabla 3-3.** Al realizar el movimiento del anillo de sombra del piranómetro de manera manual se emplea 15 minutos; mientras que con el sistema piñón-cremallera automatizado se reduce el tiempo a 0 minutos; es decir tenemos una optimización del tiempo del 100%.

3.4. Análisis de datos consumidos en la transmisión mensual de datos

En la estación se encuentran instalados 7 sensores, el total de datos a ser enviados al servidor web es de 200 bytes, a continuación se muestra el consumo mensual en Mb del consumo total de datos en un mes.

Datos:

- Total de mediciones = 8
- Total de datos por todas la mediciones = 250 bytes

- Frecuencia de medicion por dia = 1 minuto
- Minutos por dia = 24 * 60min = 1440minutos
- Total de mediciones por dia = 1440 mediciones

Calculo:

Total de mediciones por mes = 1440 * 30

Total de mediciones por mes = **43200 mediciones**

Consumo total de datos al mes = 43200 * 250

Consumo total de datos al mes = **10,8Mb**

El consumo total de datos para nuestras mediciones mensuales es de 10,8 megabytes. Por lo que se debe tener un plan de datos que cubra esta demanda mensual de Mb.

- Toma de datos: se han receptado los datos provenientes de la estación meteorológica instalada a través de la red GPRS en el servidor web en este trabajo de titulación durante la última semana de febrero, estos datos se los ha comparado con datos descargados en la estación, con el objetivo de comprobar la veracidad de los datos.

A continuación se muestran en la **Tabla 4-3** y **Tabla 5-3** de datos obtenidas:

Tabla 4-3. Promedio de datos diarios transmitidos vía GPRS

| PROMEDIO DIARIO DE DATOS TRANSMITIDOS (Dt) | | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | dir_viento (°) | vel_viento (mps) | presión (pa) | Humedad (%) | Temperatura (°C) | ca_lluvia (mm) | radiación/ m2 |
| Lunes | 255 | 2,2 | 73034,01 | 78,0 | 14,2 | 1,1 | 324 |
| Martes | 230 | 1,6 | 72887,35 | 81,5 | 14,8 | 0,0 | 325 |
| Miércoles | 225 | 1,8 | 73180,65 | 76,6 | 13,3 | 0,4 | 328 |
| Jueves | 230 | 2,0 | 73180,65 | 85,5 | 14,3 | 6,8 | 328 |
| Viernes | 255 | 2,1 | 73034,01 | 82,5 | 13,5 | 15,7 | 325 |
| Sábado | 235 | 1,5 | 72994,01 | 82,5 | 14,1 | 0,0 | 326 |

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Tabla 5-3. Promedio de datos diarios descargados en la estación

| PROMEDIO DIADIO DE DATOS DESCARGADOS (Dd) | | | | | | | |
|---|----------------|------------------|--------------|-------------|------------------|----------------|----------------|
| | dir_viento (°) | vel_viento (mps) | Presión (pa) | Humedad (%) | Temperatura (°C) | ca_lluvia (mm) | Radiación w/m2 |
| Lunes | 255 | 2,2 | 73034,01 | 78,0 | 14,2 | 1,1 | 324 |
| Martes | 230 | 1,6 | 72887,35 | 81,5 | 14,8 | 0,0 | 325 |
| Miércoles | 225 | 1,8 | 73180,65 | 76,6 | 13,3 | 0,4 | 328 |
| Jueves | 230 | 2,0 | 73180,65 | 85,5 | 14,3 | 6,8 | 328 |
| Viernes | 255 | 2,1 | 73034,01 | 82,5 | 13,5 | 15,7 | 325 |
| Sábado | 235 | 1,5 | 72994,01 | 82,5 | 14,1 | 0,0 | 326 |

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

3.5. Análisis de gastos

Un factor importante que mejoró con la implementación del proyecto fue el económico, ya que se redujeron los gastos de manera significativa. En la **Tabla 6-3** se muestran los gastos por visita a la estación meteorológica y en la **Tabla 7-3** se observa el gasto por la instalación del sistema automatizado. Se puede verificar que el costo por visita diario es de \$ 240, el mensual es de \$ 720 y el anual es de \$17280. Mientras que la instalación del sistema costó \$1945; con ello se evitan las vistas diarias a la estación meteorológica y con ello se reducen gastos, además de optimizar tiempo y recursos humanos.

Tabla 6-3. Gastos por visitas Diario, mensual y anual

| GASTOS POR VISITAS | |
|---|--------------|
| Gasto combustible | 20 |
| Pago horas trabajadas a personal (5 personas) | 200 |
| Viáticos | 20 |
| Total de gastos por día | 240 |
| | |
| Gastos por visita a las 5 estaciones | 720 |
| | |
| Gastos mensuales (2 visitas al mes) | 1440 |
| | |
| Gasto anual | 17280 |

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Tabla 7-3. Gastos de implementación del sistema.

| GASTOS DE IMPLEMENTACIÓN SISTEMA | |
|---|-------------|
| Panel solar | 150 |
| Batería 20 Ah | 150 |
| Arduino uno | 55 |
| Arduino Mega | 50 |
| Regulador de Voltaje del panel solar | 100 |
| Módulo GPRS | 120 |
| Módulo reloj tiempo real | 100 |
| Estructuras metálicas | 300 |
| Piñón Cremallera (fabricación) | 200 |
| Motor paso a paso NEMA 23 | 150 |
| Gabinete IP64 | 120 |
| Conectores y cables | 50 |
| Pago personal (2 personas* 5 días) | 400 |
| Costo de datos consumidos en Mb | 10 |
| TOTAL | 1955 |

Realizado por: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017

3.6. Resultados

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación se determinaron a través de pruebas realizadas a los elemento la Estación Meteorológica de la ESPOCH. La realización de dichas pruebas tiene como finalidad dar respuesta a las preguntas de Sistematización del Problema formuladas en el anteproyecto y descritas en el Planteamiento del Problema del presente escrito.

A continuación se dará respuesta a las preguntas planteadas:

1. ¿Qué tipo de módulos se aplicarán para establecer la comunicación GPRS?

Para establecer la comunicación GPRS se utilizó la tarjeta GPRS SIM 900, mediante la conexión a la red internet usando el protocolo TCP-IP a una velocidad de transmisión de datos de 115,000 kbps. Para controlar este dispositivo se lo conectó la placa Arduino en donde previamente se realizó la programación en su respectivo software; y entonces se logró comunicar datos a través de comandos AT.

El módulo es controlado por UART; es decir que se necesita de un pin para la transmisión TX y un pin para la recepción de datos RX. Hay que asegurarse de que el jumper de la tarjeta GSM del módulo este posicionado en los pines TX y RX.

Cabe mencionar que dicha tarjeta es totalmente compatible con la placa Arduino; además el módulo es ideal para aplicaciones remotas; en el presente proyecto se recibe los datos a través de la red celular y se puede monitorear los datos en lugares poco accesibles para el ser humano.

5. ¿Cómo implementar un sistema de visualización para monitorear una estación meteorológica a través de la transmisión de datos mediante red GPRS?

Para el monitoreo de las variables de la estación meteorológica como son: velocidad del viento, dirección del viento, cantidad de lluvia, humedad, temperatura, presión barométrica y radiación solar del lugar. Se utilizó un servicio en la nube denominado “Ubidots” que permitió el almacenamiento e interpretación de las señales captadas por los sensores en tiempo real.

Se creó una aplicación API en Ubidots a la cual se conectó la placa Arduino; dicha aplicación utiliza cuatro métodos del protocolo HTTP: Get, Post, Put, Delete. Previó a la creación de la API se registró una cuenta en Ubidots. Finalmente se puede visualizar los datos de estación meteorológica de la ESPOCH en tiempo real.

2. ¿Cómo automatizar la calibración del anillo de sombra del sensor de radiación difusa de la estación meteorológica?

Para la automatización de la calibración del anillo de sombra del sensor de radiación difusa es necesario realizar un ajuste y posicionamiento del piranómetro en base a sus valores del posicionamiento en el hemisferio sur. El sistema automatizado consta de dos partes: el diseño del sistema mecánico piñón-cremallera con su programación en el software IDE Arduino y el circuito de control.

El sistema mecánico piñón-cremallera está montado sobre una estructura metálica, en la cual la cremallera va ensamblada junto con las barras de deslizamiento ajustadas al anillo de sombra, para obtener un mejor desplazamiento de las barras y minimizar el rozamiento posee rodamientos de deslizamiento lineal los cuales sirven de canales para el movimiento de las barras.

El circuito de control se alimenta del sistema fotovoltaico previamente dimensionado e implementado con un voltaje de entrada de 3 a 35 VDC fijos y provee de 2 a 35 VDC variables; con una corriente de salida de 3A. Por otra parte está formado por el motor a pasos que genera el desplazamiento lineal del anillo de sombra

3. ¿Qué elementos son los adecuados para automatizar la calibración del anillo de sombra del piranómetro?

Los elementos utilizados para la automatización fueron un sistema mecánico formado por un piñón y una cremallera, a dicho sistema se encuentra acoplado un motor bipolar paso a paso marca NEMA.

Para el sistema de alimentación fotovoltaico se empleó un panel solar, fusibles para la protección, batería solar recargable, regulador de voltaje y un convertidor de voltaje DC-DC.

Para el control del motor a pasos se empleó: placa Arduino, driver de motor a pasos LM298 y módulo de reloj en tiempo real.

CONCLUSIONES

1. El sistema de monitoreo climatológico con tecnología GPRS y controlador arduino, implementado en el trabajo de titulación, permitió la optimización y la reducción de recursos económicos y humanos, disminuyendo al mínimo la intervención del personal en la descarga y obtención de datos climatológicos.
2. El sistema solar fotovoltaico instalado permitió tener un flujo constante de energía hacia los dispositivos electrónicos instalados, garantizando el correcto funcionamiento de dichos elementos y del sistema implementado, teniendo así una independencia y autonomía energética del proyecto.
3. La implementación del sistema automatizado del anillo de sombra, compuesto por el mecanismo piñón- cremallera al ser un sistema preciso, permitió tener un control constante y exacto en la calibración del sensor de radiación difusa, acoplándose al requerimiento de calibración fabricante y al sistema manual propio del piranómetro.
4. Con el uso de un servidor web y la comunicación GPRS, se logró obtener un registro continuo de la información proveniente de todos los sensores instalados en la estación meteorológica, teniendo confiabilidad y fiabilidad de la información registrada a cada minuto.
5. En base a las pruebas realizadas en el sistema implementado se verificó que el funcionamiento general mostro resultados óptimos, por ser una herramienta eficiente que permite conocer y registrar cada variable monitoreada, sencilla de utilizar por parte usuarios, sirviendo como una herramienta para generar información para posteriores investigaciones.

RECOMENDACIONES

1. Establecer revisiones del sistema al menos tres veces al año por parte del personal encargado, ya que por el medio en el que se encuentra el sistema tiende a acumular elementos externos como polvo e impurezas que pueden afectar su funcionamiento.
2. Para la instalación del sistema en estaciones meteorológicas remotas se recomienda tener en cuenta un sistema GPRS de mayor potencia, ya que la señal proporcionada por el proveedor sería muy baja afectando la comunicación con el servidor.
3. En base a lo realizado en este trabajo de titulación, se recomienda que para la fabricación de la estructura metálica y del sistema piñón-cremallera se utilice materiales de mejores características como durabilidad y resistentes a climas cambiantes como lo es el acero inoxidable, para tener así una mayor durabilidad del sistema.
4. Para mejorar la exactitud y la precisión de las variables climatológicas obtenidas se recomienda el uso de sensores con mejores características de fabricación teniendo así aumento en los costos del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ARDUINO.** Arduino UNO. [En línea]. [Consulta: 25 de septiembre 2016]. Disponible en: www.arduino.org
2. **ARIAS, J.** *Generadores eléctricos fotovoltaicos* [en línea]. 24 de marzo, 2015. [Consulta: 26 de diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.arisa.com.mx/plantas.html>
3. **DF EELCTRIC.** *Fusibles fotovoltaicos cilíndricos Gpv, Fusibles cilíndricos para instalaciones fotovoltaicas* [En línea], Barcelona-España 2014. [Consulta: 6 de octubre, 2016]. Disponible en: <http://www.df-sa.es/es/?portfolio=fusibles-cilindricos-gpv>
4. **DIAZ, T.; CARMONA, G.** *Técnico en Instalaciones eléctricas y automáticas* [En línea]. España: MCGRAW-HILL/Interamericana de España, 2010. pp. 12-23. [Consulta: 16 de octubre 2016]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
5. **ESTUDIANTES DE XII GRADO.** *Telemática y Teleinformática* [Blog]. SlidesShare, 26 de junio, 2009. [Consulta: 26 de diciembre 2016]. Disponible en: https://es.slideshare.net/trucco_59/telemtica-y-teleinformtica
6. **GEEK FACTORY.** *DS3231 Módulo Reloj en Tiempo Real.* Módulos para el desarrollo [En línea] [Consulta: 18 de diciembre, 2016]. Disponible en: www.geekfactory.mx/tienda/modulos-para-desarrollo/ds3231-modulo-reloj-en-tiempo-real/
7. **GÓMEZ GONZÁLES, Sergio.** El Gran Libro de SolidWorks. 2ª. ed. Barcelona-España: Marcombo, 2014, pp. 17-22.
8. **HERNÁNDEZ BELLO, Irmig Isaac & OCHOA LUNA, Cristóbal.** Control difuso y construcción de un mecanismo capaz de golpear con distintos efectos una bola de billar [En línea] (TESIS DE PREGRADO). Universidad de las Américas Puebla, Departamento de Ingeniería Electrónica. Escuela de Ingeniería, Licenciatura en Ingeniería en Electrónica y Computadoras. México, 2004. pp. 25-34. [Consulta: 13 de enero, 2017]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/hernandez_b_ii/capitulo3.pdf

9. **HERRERA Jordiloria.** *Arduinos* [blog]. España, 5 de noviembre, 2015. [Consulta: 15 de agosto 2015]. Disponible en: <https://www.emaze.com/@AIWOZZCL/ARDUINOS>
10. **MAESTRO.** *¿Qué es una API y cómo funciona?* [Blog]. España. Maestros de la Computación, 21 de abril, 2016. [Consulta: 24 de septiembre 2016]. Disponible en: <https://www.maestrodelacomputacion.net/que-es-una-api/>
11. **MALDONADO, I. & ARAVENA, R.** *Redes de Estaciones Meteorológicas Automáticas y sus aplicaciones productivas* [En línea]. Chillás-Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2006. pp. 14-15. [Consulta: 28 de diciembre 2016]. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR34381.pdf>
12. **Pérez Valdés, Damián.** *¿Qué son las bases de datos?* [Blog]. España. Maestros de la Web, 26 de octubre, 2007. [Consulta: 14 de diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.maestrosdelweb.com/que-son-las-bases-de-datos/>
13. **PRIETO DONATE, F.** Transmisión de imágenes de video mediante Servicios Web XML sobre J2ME [En línea], (TESIS DE PREGRADO). Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, Ingeniería de Telecomunicación, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Sevilla-España 2007. pp. 67-68. [Consulta: 20 de agosto 2016]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11372/fichero/Memoria%252FMemoria+completa.pdf>
14. **PROVIENTO S.A. ENERGÍAS RENOVABLES ECUADOR.** *Datalogger* [En línea], Ecuador: 2013. [Consulta: 8 de noviembre, 2016]. Disponible en: <http://www.proviento.com.ec/logger.html>
15. **SÁNCHEZ WEVAR, Juan Andrés.** Análisis y estudio de redes GPRS, [En línea], (TESIS DE PREGRADO). Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Electricidad y Electrónica. Valdivia-Chile 2005. pp. 28. [Consulta: 4 de noviembre 2016]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcis211a/doc/bmfcis211a.pdf>
16. **SOLICLIMA ENERGÍA SOLAR.** *Fotovoltaica aislada* [En línea], España 2015. [Consulta: 7 de agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.soliclima.es/fotovoltaica-aislada>

17. SWITCHDOC LABS. *WeatherRack Weather Sensors* [En línea]. Grove Dervices, Solar Power, Boards and Blogs [Consulta: 5 de diciembre, 2016]. Disponible en:<http://www.switchdoc.com/weatherrack-weather-sensors/>

18. UBIDOTS, *Servidor web* [en línea] [Consulta: 5 de enero, 2017]. Disponible en:<https://app.ubidots.com/accounts/signin/>

ANEXOS


ANEXO A. HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL PANEL SOLAR

| PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO SUNLINK SP280-20P 300W, 24V | |
|--|------------------------|
| CÉLULAS | |
| TECNOLOGIA | SILICIO POLICRISTALINO |
| NÚMERO DE CÉLULAS | 72 |
| DIMENSIONES | 156 X 156 mm |
| CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES | |
| Dimensiones L x W x H | 1956 x 992 x 45 mm |
| Peso | 27.0 KG |
| CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | |
| Potencia Máxima Pmax | 300 W |
| Tensión de circuito abierto Voc | 45.00 V |
| Tensión punto máx. potencia Vmpp | 36.20 V |
| Intensidad de cortocircuito Isc | 9.13 A |
| Intensidad de punto máx. Potencia Impp | 8.28 A |
| * En condiciones estándar (STC) Irradiancia 1000W/m ² , AM 1.5, temperatura de la célula 25°C | |

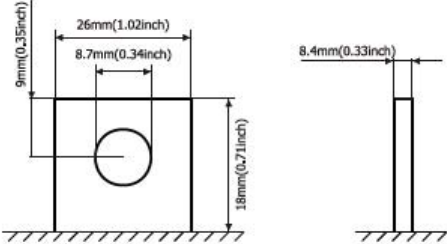
Fuente: www.renova-energia.com/productos/paneles-solares/sunlink-sl280-24m-300w-24v/

ANEXO B. HOJA DE ESPECIFICACIONES DE BATERÍA ULTRACELL


Image



Terminal Type



Dimensions



Specifications

| Battery Model | UCG 150 - 12 | | | |
|----------------------------------|---|---------------------|----------------------|--------------------|
| Designed Floating Life | 15 Years | | | |
| Capacity (25°C) | 20HR (7.8A, 1.75V) | 10HR (15.3A, 1.75V) | 5HR (28A, 1.75V) | 1HR (97.5A, 1.75V) |
| | 156AH | 153AH | 140AH | 97.5AH |
| Dimensions | Length | Width | Height | Total Height |
| | 483mm | 171mm | 241mm | 241mm |
| Approx. Weight | 45Kg | | | |
| Internal Resistance | Fully Charged at 25°C 0.004 Ohm | | | |
| Self Discharge | 3% of capacity declined per month at 25°C | | | |
| Capacity Affected by Temperature | 40°C | 25°C | 0°C | -15°C |
| | 102% | 100% | 85% | 65% |
| Charge Voltage (25°C) | Cycle Use | | Float Use | |
| | 14.4-15V (-30mV/C), max. Current: 37.5A | | 13.6-13.8V (-20mV/C) | |

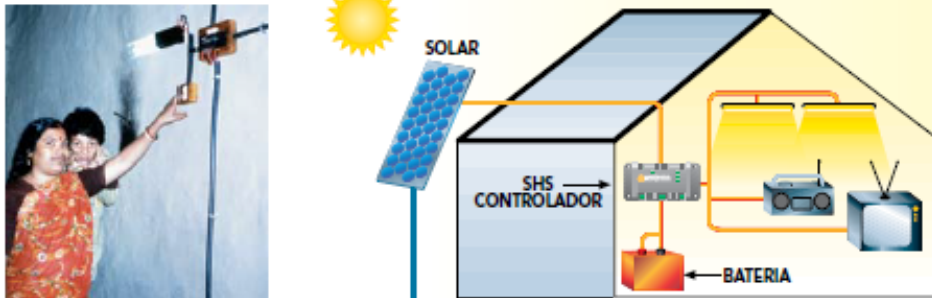
Construction

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Component — Raw material Positive — Lead dioxide Negative — Lead Container — ABS (Flame Retardent optional) Cover — ABS (Flame Retardent optional) <p style="font-size: small;">Sealed and maintenance free option</p> | <ul style="list-style-type: none"> Sealant — Epoxy Resin Safety Valve — EPDR Terminal — Copper Separator — Fibre Glass Electrolyte — Sulphuric acid and Gel <p style="font-size: small;">Non-spillable construction design</p> |
|--|---|

Fuente: <http://ultracell.es/>

ANEXO C. HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL REGULADOR DE CARGA SHS-10

SHS™ CONTROLADOR SOLAR



INFORMACIÓN TÉCNICA

CAPACIDADES NOMINALES: (TODOS A 12 VOLTIOS)

| | |
|--------------------|--|
| SHS-6 | 100 W ó 6 A PARA EL SISTEMA DE CARGA SOLAR Y LA CARGA |
| SHS-10 | 170 W ó 10 A PARA EL SISTEMA DE CARGA SOLAR Y LA CARGA |
| SHS NIGHT LIGHT-6 | 100 VATIOS O 6 AMPERIOS PARA SOLAR Y LA LUZ |
| SHS NIGHT LIGHT-10 | 170 VATIOS O 10 AMPERIOS POR SOLAR Y LA LUZ |

| | | | |
|--------------------------------|---|---------------------------|---|
| • Punto de regulación | 14.3 V | • Indicaciones de los LED | Verde: en carga Niveles de batería: verde, amarillo y rojo Rojo: advertencia de bajo voltaje y desconexión Los 3 LED destellando — indicación de errores |
| • Desconexión por bajo voltaje | 11.5 V | • Terminales | Para tamaños de cable de hasta 4 mm ² |
| • Reconexión por bajo voltaje | 12.6 V | • Dimensiones | 15.1 x 6.6 x 3.6 cm |
| • Tipo de carga | PWM Serie (modulación de ancho de pulso) 4 etapas: En bruto, PWM, por incremento o "Boost" y flotante Carga compensada en temperatura | • Peso | 113 g |
| • Protecciones electrónicas | Cortocircuito y exceso de corriente — sistema de carga solar y carga Polaridad inversa — en sistema de carga solar, en la carga y en la batería Corriente inversa por la noche Alto voltaje — en la carga Rayos — en sistema solar, en la carga y en la batería | • Consumo propio | 8 mA máximo |
| • Tropicalización | Placa de circuito — recubrimiento según norma Terminales — protegidos contra corrosión | • Temperatura | -25°C a +50°C |
| | | • Humedad | 100% sin condensación |
| | | • Encapsulado | IP 22 |
| | | • Cumple con normas de | CE, Banco Mundial |

Fuente: Hoja de especificaciones

ANEXO D. HOJA DE ESPECIFICACIONES DE MOTOR NEMA

NEMA 23 Motor

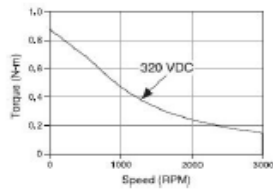
3/9

| Electrical | |
|--|----------------------------------|
| Step angle | 1.8 deg |
| Steps per revolution | 200 |
| Angular accuracy | ±3% |
| Phases | 2 |
| Industry Standards | |
| Industrial standards | CE, cUR, UR |
| RoHS Compliance | Yes |
| Physical | |
| Operating temperature | -20 to 40 °C |
| Rated ambient temperature | 40 °C |
| Shaft load (20,000 hours at 1,500 rpm) | |
| Radial | 20 lb (9.1 kg) at shaft center |
| Axial push | 6 lb (2.7 kg) |
| Axial pull | 50 lb (22.7 kg) |
| Recommended heat sink size | 10 x 10 x 1/4 in. aluminum plate |
| Recommended encoder | 780251-01 |

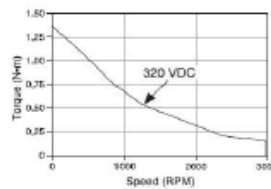
| NI Part Number | Manufacturer Part Number | Dual shaft | Drive | Amps/Phase | Holding Torque oz-in. (N . m) | Rotor Inertia oz-in.-c ² (kg-m ² x 10 ⁻⁴) | Phase Inductance mH | Phase Resistance Ω±10% | Detent Torque oz-in. (N . m) | Thermal Resistance* °C/watt | Max Speed rpm |
|----------------|--------------------------|------------|--------|------------|----------------------------------|---|------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------|
| 780073-01 | T21NRLC-LNN-NS-00 | no | P70360 | 0.40 | 180 (1.27) | 0.0034 (0.0248) | 209 | 42.9 | 2.97 (0.021) | 4.64 | 3000 |
| 780074-01 | T21NRLC-LDN-NS-00 | yes | | | 280 (1.98) | 0.0056 (0.0408) | | | | | |
| 780075-01 | T22NRLC-LNN-NS-00 | no | | | 360 (2.58) | 0.0094 (0.0612) | | | | | |
| 780076-01 | T22NRLC-LDN-NS-00 | yes | | | 280 (1.98) | 0.0056 (0.0408) | | | | | |
| 780077-01 | T23NRLC-LNN-NS-00 | no | P70530 | 2.7 | 180 (1.27) | 0.0034 (0.0248) | 4.6 | 0.85 | 2.97 (0.021) | | |
| 780078-01 | T23NRLC-LDN-NS-00 | yes | | | 280 (1.98) | 0.0056 (0.0408) | | | | | |
| 780079-01 | T21NRLH-LNN-NS-00 | no | | | 380 (2.68) | 0.0034 (0.0248) | | | | | |
| 780080-01 | T21NRLH-LDN-NS-00 | yes | | | 280 (1.98) | 0.0056 (0.0408) | | | | | |
| 780081-01 | T22NRLG-LNN-NS-00 | no | | 3.0 | 280 (1.98) | 0.0056 (0.0408) | 6.2 | 1.00 | 6.34 (0.049) | | |
| 780082-01 | T22NRLG-LDN-NS-00 | yes | | | 380 (2.68) | 0.0034 (0.0248) | | | | | |
| 780083-01 | T23NRLH-LNN-NS-00 | no | | | 280 (1.98) | 0.0056 (0.0408) | | | | | |
| 780084-01 | T23NRLH-LDN-NS-00 | yes | | | 380 (2.68) | 0.0034 (0.0248) | | | | | |

Torque versus Speed

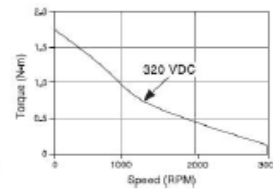
780073-01 and 780074-01
Torque versus Speed at 0.36 A



780076-01 and 780078-01
Torque versus Speed at 0.40 A



780077-01 and 780078-01
Torque versus Speed at 0.52 A



780078-01 and 780080-01
Torque versus Speed at 2.7 A

780081-01 and 780082-01
Torque versus Speed at 2.5 A

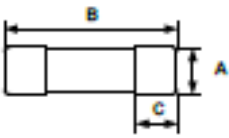
780083-01 and 780084-01
Torque versus Speed at 3.0 A

Fuente: Hoja de especificaciones

ANEXO E. HOJA DE ESPECIFICACIONES DE FUSIBLES CILINDRICOS

| | |
|------------|--|
| gPV | FUSIBLES CILINDRICOS PARA INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CYLINDRICAL FUSE-LINKS FOR PHOTOVOLTAIC INSTALLATIONS |
|------------|--|

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | | TECHNICAL CHARACTERISTICS | |
|---|--|----------------------------------|--|
| Tamaño <i>Size</i> | 10x38 / 14x51 | | |
| Tensiones asignadas <i>Rated voltages</i> | 1.000V DC / 1.100 V DC | | |
| Corriente asignada <i>Rated current</i> | 10x38 1.000 V DC → 1A ...20A 14x51 1.000 V DC → 25A - 32A 14x51 1.100 V DC → 15A - 20A | | |
| Poder de corte asignado <i>Rated breaking capacity</i> | Fuse-links 1.000 V DC → 30 kA (L/R = 2 ms) Fuse-links 1.100 V DC → 10 kA (L/R = 2 ms) | | |
| Categoría de utilización <i>Utilization category</i> | gPV (protección de sobrecargas y cortocircuitos) (<i>protection against overload and short-circuit</i>) | | |
| Corriente mínima de interrupción <i>Minimum interrupt rating</i> | 2...32A → 1,35-In 1A → 1,45-In | | |
| Corriente de no fusión <i>Non fusing current</i> | 1,13-In | | |
| Temperatura de almacenaje <i>Storage temperature</i> | -40°C ... 90°C | | |
| Temperatura de funcionamiento <i>Operating temperature</i> | -30°C ... 80°C | | |

| DIMENSIONES / DIMENSIONS | | | | |
|---|------|----|----|-----------------------------|
|  | A | B | C | Peso <i>Weight (gr.)</i> |
| 10x38 | 10,3 | 38 | 10 | 8 |
| 14x51 | 14,3 | 51 | 13 | 18 |

| TAMAÑO | Un (V DC) | In (A) | REFERENCIA | POTENCIA DISIPADA (W) @ 0,7-In | POTENCIA DISIPADA (W) @ In | I ² PRECARGO (A ² s) | I ² TOTAL @ Un (A ² s) |
|--------|-----------|--------|------------|--------------------------------|----------------------------|---|--|
| SIZE | Un (V DC) | In (A) | REFERENCE | POWER DISSIPATION (W) @ 0,7-In | POWER DISSIPATION (W) @ In | PRE-LOADING I ² (A ² s) | OPERATING I ² @ Un (A ² s) |
| 10x38 | 1000V | 1 | 491601 | 0,31 | 0,76 | 0,35 | 1,3 |
| | | 2 | 491602 (A) | 0,78 | 1,45 | 0,62 | 1,0 |
| | | 3 | 491604 (A) | 0,66 | 1,66 | 1,9 | 3,1 |
| | | 4 | 491605 (A) | 0,64 | 1,57 | 6,9 | 11 |
| | | 5 | 491606 (A) | 0,60 | 1,65 | 14 | 22 |
| | | 6 | 491610 (A) | 0,77 | 1,84 | 24 | 38 |
| | | 8 | 491615 (A) | 0,82 | 2,00 | 7 | 17 |
| | | 10 | 491620 (A) | 0,94 | 2,20 | 15 | 38 |
| | | 12 | 491625 (A) | 0,98 | 2,40 | 27 | 68 |
| | | 15 | 491629 (A) | 1,05 | 2,65 | 62 | 115 |
| | | 16 | 491630 (A) | 1,10 | 2,70 | 89 | 165 |
| | | 20 | 491635 (A) | 1,33 | 3,20 | 158 | 294 |
| 14x51 | 1100 V | 15 | 491647 | 1,34 | 3,14 | 48 | 112 |
| | | 20 | 491648 | 1,55 | 3,68 | 99 | 367 |
| 14x51 | 1000 V | 25 | 491650 | 1,60 | 3,80 | 275 | 650 |
| | | 32 | 491655 | 2,00 | 4,70 | 550 | 1300 |

Fuente: www.df-sa.es

ANEXO F. HOJA DE ESPECIFICACIONES DE LA PLACA ARDUINO UNO

Technical Specification

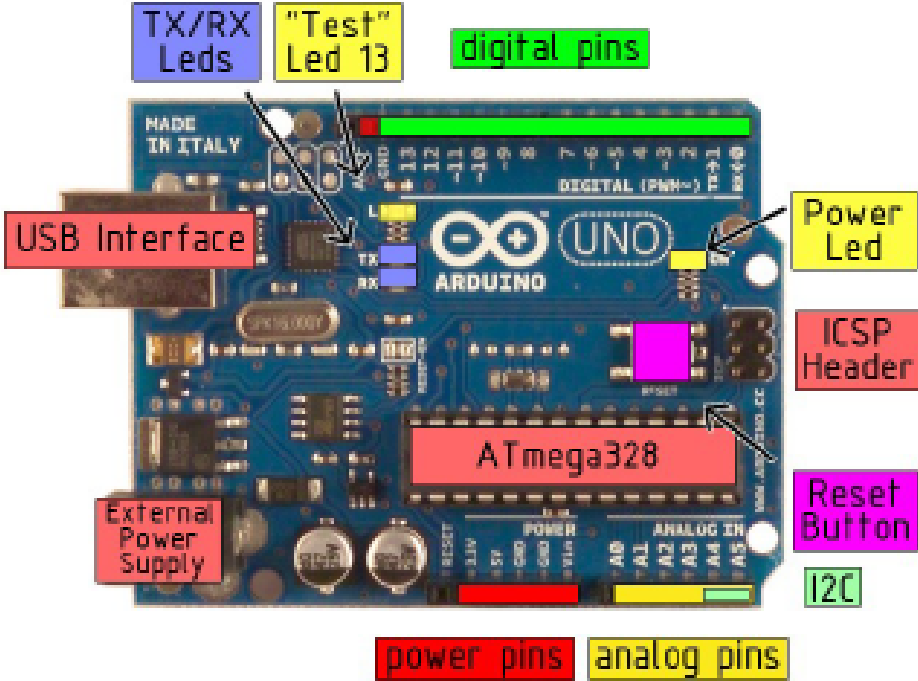


EAGLE files: [arduino-dvamilano-uno-design.vio](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

| | |
|-----------------------------|--|
| Microcontroller | ATmega328 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (Limits) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |

Components of the board



Fuente: Hoja de especificaciones Arduino UNO

ANEXO G. INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO, INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS, PANEL DE CONTROL, SISTEMA MECÁNICO PIÑÓN CREMALLERA





Fuente: Alex Caluña y Alex Jordán, 2017