



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DOCUMENTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA DE TITULACIÓN

**DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DE LÁMPARAS LED
ALIMENTADAS CON SISTEMA FOTOVOLTAICO CON MONITOREO
REMOTO VÍA GPRS EN LA UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR
FRANCISCANA SALITRE**

AUTORES

**MARIO ANDRÉS RANGEL ZAMORA
GIOVANNY DE JESÚS ENRIQUEZ CAMPOVERDE**

TUTOR

ING. LUIS ANTONIO NEIRA CLEMENTE

GUAYAQUIL – ENERO 2017

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, nos corresponde exclusivamente a nosotros:

- Mario Andrés Rangel Zamora portador de C.I: 0924267594.
- Giovanni De Jesús Enriquez Campoverde portador de C.I: 0926414418.

Alumnos de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL.

Guayaquil, enero del 2017

(f) Mario Andrés Rangel Zamora

C.I: 0924267594

(f) Giovanni De Jesús Enriquez Campoverde

C.I: 0926414418

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Mario Andrés Rangel Zamora con documento de identificación 0924267594 y Giovanni De Jesús Enriquez Campoverde con documento de identificación 0926414418, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de grado titulado: “**Diseño, implementación e instalación de lámparas Led alimentadas con sistema fotovoltaico con monitoreo remoto vía GPRS en la Unidad Educativa Particular Franciscana Salitre**”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO ELECTRÓNICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, enero del 2017

(f) Mario Andrés Rangel Zamora

C.I: 0924267594

(f) Giovanni De Jesús Enriquez Campoverde

C.I: 0926414418

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de titulación proyecto técnico “**Diseño, implementación e instalación de lámparas Led alimentadas con sistema fotovoltaico con monitoreo remoto vía GPRS en la Unidad Educativa Particular Franciscana Salitre**”, presentado por los señores Mario Andrés Rangel Zamora y Giovanni De Jesús Enriquez Campoverde para optar por el título de Ingeniero Electrónico, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

(f) Ing. Luis Antonio Neira Clemente

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación representa la superación personal bajo las bendiciones de Dios, lo cual va dedicado especialmente a mis padres Luis Rangel y María Zamora, ya que siempre estuvieron pendientes en cada avance de mi carrera universitaria.

Adicional agradezco a mi hermana Gabriela Rangel y tía Azucena Zamora, por su apoyo que me ha ayudado en el día a día de mi vida universitaria.

También va dedicado a mis seres queridos, por lo que brindaron ese gran amor y confianza, sin olvidar el honor de indicar sobre los grandes amigos hechos en la universidad politécnica salesiana que me acompañaron y en mi superación profesional.

Mario Andrés Rangel Zamora

Agradezco ante todo a Dios que le ha dado la fortaleza y sabiduría en todo momento.

Además, a mis padres Luis Enriquez Ruiz y Carmita Campoverde Sarango por su amor, apoyo y sacrificio no tan solo durante toda mi carrera sino también en todos mis años de existencia, ya que estuvieron siempre a mi lado.

Todos mis logros se los debo a ellos, hubiese conseguido nada sin ustedes. He aquí el resultado de todo nuestro esfuerzo.

Giovanny De Jesús Enriquez Campoverde

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios y a nuestros padres por todo su amor y bendiciones para que este proyecto se lleve de la mejor manera y se pueda realizar correctamente.

También estamos muy agradecidos con nuestro tutor, el ingeniero Luis Neira, por su paciencia, dedicación, apoyo, colaboración, y motivación que ha aportado en el transcurso de ejecución del proyecto técnico.

Además de ello, muchas gracias a todo el personal que el Colegio Particular Mixto Franciscano, su colaboración ha sido muy importante en el transcurso del desarrollo del proyecto.

Muchas gracias también a la Madre Margarita directora del colegio, por darnos la oportunidad de realizar nuestro proyecto de titulación y poner en ejecución todos nuestros conocimientos adquiridos en sus instalaciones.

Mario Andrés Rangel Zamora

Giovanny De Jesús Enriquez Campoverde

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	TUTOR DEL PROYECTO	TEMA DE PROYECTO
2017	Rangel Zamora, Mario Andrés. Enriquez Campoverde, Geovanny De Jesús	Ing. Luis Antonio Neira Clemente	Diseño, implementación e instalación de lámparas Led alimentadas con sistema fotovoltaico con monitoreo remoto vía GPRS en la Unidad Educativa Particular Franciscana Salitre

El proyecto realizado en el Colegio Particular Mixto Franciscano del Cantón Salitre tiene como idea principal mejorar la eficiencia lumínica del área recreativa de la institución utilizando un sistema de iluminación Led de bajo consumo alimentado mediante un generador fotovoltaico, que representa un gran ahorro de energía y conserva el medio ambiente. Adicionalmente desarrollar un equipo a bajo costo que permita el monitoreo permanente de las variables energéticas, tanto en su etapa de generación (Módulo Fotovoltaico) como de consumo (Iluminación Led).

La central de energía fotovoltaica ayudará a disminuir el costo de la planilla eléctrica del colegio. Esta central será utilizada para la alimentación del sistema de iluminación Led en caso de existir problemas en su sistema actual de iluminación, utilizando energía limpia y verde, captada a través de los módulos fotovoltaicos, la misma que es almacenada en unas baterías para luego ser convertida a tensión alterna con la que trabajan los reflectores Led instalados en el colegio.

El equipo desarrollado consiste en capturar información a través de circuitos electrónicos y sensores las variables involucradas. (Ej. Corriente, voltaje, potencia, etc.).

Esta información es convertida en datos digitales para ser enviados a una aplicación web (Emoncms) mediante el uso de la plataforma Arduino y el módulo GSM/GPRS SIM900 para su posterior almacenamiento, visualización y análisis.

El diseño del software se realiza mediante el IDE de Arduino y de librerías de código abierto que ayudan a realizar la programación más sencilla y rápida. Se aplican algunos algoritmos de programación para la calibración de sensores, procesamiento de datos, cálculos para obtener los parámetros de las variables, etc.

El monitoreo a través de internet permite que el proceso del sistema pueda ser observado desde cualquier lugar del mundo por medio de un computador o smartphone que cuente con conexión a internet para su análisis en tiempo real.

Palabras claves: Ahorro de energía, Led, Generador Fotovoltaico, Arduino, GSM/GPRS

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	PROJECT TUTOR	TOPIC
2017	Rangel Zamora, Mario Andrés. Enriquez Campoverde, Geovanny De Jesús	Ing. Luis Antonio Neira Clemente	Design, deployment and installation of Led lamps powered by photovoltaic system with a remote monitoring via GPRS in Unidad Educativa Particular Franciscana Salitre

The project that was made in the Colegio Particular Mixto Franciscano of the Salitre canton, has one main idea, to improve the luminous efficiency of the diversionary area of the institution by using a low consumption lighting led system which has been energized with a photovoltaic generator that represents a substantial energy saving and preserves the environment. Furthermore develop a low cost equipment that permits the permanent supervision of the fuel variables, in every phase including power generation (Photovoltaic module) and electrical consumption (Led lighting).

The photovoltaic energy plant will help to reduce the costs of the electric bills of the institution. This plant will be used to energize the lighting led system if there exists any problem in their current lighting system by using clean, green renewable energy collected by photovoltaic modules that is stored in batteries then it is transformed into alternating voltage, that made the Led spotlights work.

The developed equipment is done mainly by collecting information through electronic circuits and sensors, the involved variables (Ex. Flow, voltage, power, and so on.).

This information is transformed into digital data, then it is sent to a web application (Emoncms) by using the Arduino platform and the GSM/GPRS SIM90 module subsequently it's stored, displayed and analyzed.

The software desing is made through the Arduino IDE of open source libraries that help with simple and faster programming. Some programming algorithms are implemented to calibrate the sensors, data processing, and estimates to obtain the settings of the variables, so on.

The monitoring via internet allows to observe the processing system anywhere you want to, just by using a computer or smartphone that have access to internet for its analysis in real time.

Keywords: Energy saving, Led, Photovoltaic generator Arduino, GSM/GPRS

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
ANEXOS	XVII
INTRODUCCIÓN	18
1. EL PROBLEMA.....	19
1.1. ANTECEDENTES	19
1.2. IMPORTANCIA Y ALCANCE.....	19
1.3. DELIMITACIÓN	20
1.3.1. Espacial.....	20
1.3.2. Temporal.....	20
1.3.3. Sectorial	20
1.3.4. Académica	21
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	21
1.5. OBJETIVOS	21
1.5.1. Objetivo general.....	21
1.5.2. Objetivos específicos	22

2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	23
2.1.	ENERGÍA SOLAR.....	23
2.1.1.	Radiación solar	23
2.1.2.	Generación fotovoltaica.....	25
2.2.	ILUMINACIÓN LED.....	29
2.2.1.	Grado de protección IP	31
2.3.	INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA	32
2.3.1.	Etapas de la instrumentación electrónica.....	32
2.4.	TELEMETRÍA	33
2.4.1.	Concepto de la red celular	34
2.4.2.	Introducción a la red GSM.....	34
2.4.3.	Introducción a la red GPRS	38
2.5.	PLATAFORMA ARDUINO.....	42
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	54
3.1.	METODOLOGÍA.....	54
3.1.1.	Método analítico	54
3.1.2.	Método sintético	54
3.1.3.	Método deductivo	55
3.1.4.	Método inductivo.....	55
3.1.5.	Método histórico lógico	55
3.2.	BENEFICIARIOS	55
3.3.	IMPACTO	55
3.4.	FUNCIONALIDAD	56
4.	RESULTADOS	57
4.1.	IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO	57
4.1.1.	Ahorro energético	58
4.1.2.	Dimensionamiento de una central de generación fotovoltaica	59

4.1.3.	Instalación de la estructura metálica	65
4.1.4.	Instalación de reflectores Leds	67
4.1.5.	Tablero de control eléctrico	68
4.1.6.	Diseño del equipo para adquisición de datos (EAD).....	69
4.1.7.	Envío de datos mediante el módulo SIM900.....	78
4.1.8.	Almacenamiento y visualización de datos usando aplicación Emoncms	80
4.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	86
4.2.1.	Resultados del sistema de iluminación Led.....	86
4.2.2.	Resultados de voltaje y corriente en módulos fotovoltaicos.....	87
4.2.3.	Resultados del inversor de voltaje	88
4.2.4.	Resultados del EAD.....	88
4.2.5.	Resultados del envío y almacenamiento de datos.....	90
	CONCLUSIONES	94
	RECOMENDACIONES	96
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
	ANEXOS	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica del Colegio Particular Mixto Franciscano.....	20
Figura 2: Energía expulsada por el sol.....	23
Figura 3: Piranómetro	24
Figura 4: Elementos de una central de generación fotovoltaica	26
Figura 5: Módulo fotovoltaico marca Sunset.....	27
Figura 6: Batería marca Millennium	27
Figura 7: Regulador de carga	28
Figura 8: Inversor de voltaje marca Wagan	29
Figura 9: Diodo Led de potencia.....	29
Figura 10: Ejemplo de un grado de protección IP.....	32
Figura 11: Diagrama de bloques de las etapas de la instrumentación electrónica	32
Figura 12: Explicación de cada una de las etapas de la instrumentación electrónica	33
Figura 13: Ejemplo de un sistema telemétrico	34
Figura 14: Modelo de celdas de una red celular	34
Figura 15: Arquitectura simplificada de la red GSM.....	35
Figura 16: Estructura del servicio SMS	37
Figura 17: Servicios básicos SM MO y SM MT	38
Figura 18: Elementos de la arquitectura GPRS.....	39
Figura 19: Diagrama de pines del Arduino Mega 2560.....	43
Figura 20: Diagrama del hardware del módulo SIMCOM SIM900	44
Figura 21: Pila de protocolos de una estación móvil	45
Figura 22: Estructura de un comando AT	48
Figura 23: Página principal de la aplicación Emoncms	50
Figura 24: Ejemplos de inputs en Emoncms.....	51

Figura 25: Feeds creados a partir de cada proceso correspondiente a un input	52
Figura 26: Ventana de visualizaciones de cada una de nuestros inputs.	53
Figura 27: Parámetros de creación de un nuevo Dashboard	53
Figura 28: Esquema de funcionamiento del sistema de iluminación Led por medio de un generador fotovoltaico y el equipo de monitoreo	57
Figura 29: Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico SUNSET PX 1206... ..	63
Figura 30: Baterías Millennium conectadas en paralelo	64
Figura 31: Inversor de voltaje, con entrada de 12 Vdc y salida de 120 Vac.....	65
Figura 32: Regulador de carga en funcionamiento	65
Figura 33: Estructura para ubicación de módulos fotovoltaicos.....	66
Figura 34: Conexión en paralelo de los módulos fotovoltaicos.....	67
Figura 35: Instalación de un reflector Led de 100 W.....	67
Figura 36: Tablero de control eléctrico.....	68
Figura 37: Ubicación del sistema en la institución educativa	68
Figura 38: Diagrama de bloques del EAD	69
Figura 39: Sensor de corriente Allegro ACS712	70
Figura 40: Divisor de voltaje.....	71
Figura 41: Sensor de corriente SCT-013-030 no invasivo.....	71
Figura 42: Resistencia de carga acoplada al sensor	73
Figura 43: Circuito de acondicionamiento del sensor SCT-013-030.....	73
Figura 44: Transformador de voltaje.....	74
Figura 45: Diagrama del circuito Open Energy Monitor para medir voltaje alterno. ..	75
Figura 46: Seguidor de tensión simulado en Proteus	76
Figura 47: Descripción de las conexiones del equipo	77
Figura 48: Información en LCD para monitoreo local	77
Figura 49: Instalación de tarjeta SIM en módulo SIM900.....	78

Figura 50: Conexión entre módulo SIM900 y Arduino MEGA 2560	79
Figura 51: Ingreso a la aplicación web Emoncms	81
Figura 52: Creación de los inputs a para las variables a monitorear.....	82
Figura 53: Entramos a la configuración de cada input.....	82
Figura 54: Creación de un Feed con proceso de Log para el voltaje del panel.....	83
Figura 55: Creación de un Feed con proceso de Potencia a kWh para la potencia de la carga	83
Figura 56: Dashboard creado para el monitoreo de las variables dentro de la aplicación Emoncms.....	84
Figura 57: Configuración de la aplicación My Electric	85
Figura 58: Interfaz de la aplicación My Electric dentro de Emoncms.....	85
Figura 59: Sistema de Iluminación Led en funcionamiento	86
Figura 60: Medición del voltaje del módulo fotovoltaico a circuito abierto.....	87
Figura 61: Medición de corriente del módulo fotovoltaico en corto circuito	87
Figura 62: Voltaje de salida del inversor para alimentación del sistema de iluminación Led.....	88
Figura 63: Datos medidos con el EAD muy cercanos a los obtenidos con instrumentos de medición	90
Figura 64: Funcionamiento del algoritmo para el envío de datos a la aplicación Emoncms.....	90
Figura 65: Diagrama de bloques de la conexión GPRS	91
Figura 66: Dashboard del proyecto con los datos medidos en tiempo real.....	91
Figura 67: Registro de las variables energéticas del generador fotovoltaico.....	92
Figura 68: Registro de las variables energéticas del sistema de iluminación Led	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Equivalencia de tecnología Led con otras luminarias.....	31
Tabla 2: Comandos AT con su respectiva descripción	48
Tabla 3: Parámetros a configurar en los Inputs con su respectiva descripción.....	51
Tabla 4: Potencia ahorrada.....	58
Tabla 5: Energía ahorrada mensual.....	58
Tabla 6: Coste de energía ahorrada mensual y anualmente	58
Tabla 7: Ahorro energético a lo largo de la vida útil	59
Tabla 8: Niveles de radiación mensuales sobre la ubicación del proyecto	61
Tabla 9: Consumo energético de la institución	61
Tabla 10: Comparación del voltaje en módulos fotovoltaicos.....	89
Tabla 11: Comparación de la corriente generada por los módulos fotovoltaicos	89
Tabla 12: Comparación del voltaje de alimentación al sistema de iluminación Led.	89
Tabla 13: Comparación de la corriente consumida por el sistema de iluminación Led	89
Tabla 14: Valor promedio obtenido en el período de muestreo.....	93

ANEXOS

Anexo 1: Presupuesto del proyecto de titulación	99
Anexo 2: Programación.....	100
Anexo 3: Hoja de datos del módulo fotovoltaico marca Sunset serie PX 120-160W _p	103
Anexo 4: Hoja de datos de la batería Millenium S-2000	105
Anexo 5: Hoja de datos del Arduino MEGA 2560	106
Anexo 6: Hoja de datos del módulo SIMCOM SIM900 Cuatribanda GSM/GPRS	108
Anexo 7: Hoja de datos del sensor de corriente SCT-013-030.....	109
Anexo 8: Hoja de datos del sensor de corriente ACS712	110
Anexo 9: Especificaciones del inversor de voltaje Wagan	112
Anexo 10: Hojas de datos del encapsulado LM358.....	113
Anexo 11: Conexión para medición de potencia consumida por el sistema de iluminación Led	115
Anexo 12: Conexión para medición de potencia entregada por los módulos fotovoltaicos.....	116
Anexo 13: Tarjeta PCB col los elementos del equipo de adquisición de datos	117

INTRODUCCIÓN

En este proyecto se da a conocer una solución que contribuya al mejoramiento de iluminación del área recreativa del Colegio Particular Mixto Franciscano del Cantón Salitre y en su contexto realizar un equipo de monitoreo, para obtener de manera remota las variables que se presentan en el sistema, lo que llevo al grupo de investigación a centrarse en el diseño y desarrollo de un equipo que permitiera desde la captura de la información (Sensores y circuitos), el procesamiento (Arduino), la transmisión (Módulo SIM900) y la visualización de los datos (Emoncms) resultante de todo el proceso, el cual se dividió en diferentes secciones.

Dentro del documento se detallan las razones por las que se plantea esta mejora, el lugar donde se plantea la solución, su implementación y el análisis de los resultados, distribuidos de la siguiente manera:

En la sección 1 se analiza el problema y sus delimitaciones, tanto espacial, temporal y académica.

En la sección 2 se muestran los fundamentos teóricos acorde al proyecto.

En la sección 3 y 4 se analiza la solución, se dimensiona la central de generación fotovoltaica, como también el equipo para la adquisición y envío de datos, en contexto se muestra la realización del algoritmo para la programación dentro de la plataforma Arduino y la configuración de la aplicación web Emoncms.

Con el proyecto a continuación presentado se permite dar un gran paso al uso de energías renovables y aplicaciones web de código abierto dentro del Cantón Salitre, para luego ascender e implementar este proyecto a nivel nacional.

1. EL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

La Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil en su misión de servir a la sociedad, propone como desafío a los alumnos de los últimos semestres a establecer formas y métodos para mejorar la calidad de vida de las personas. Por esta razón se plantea el **diseño, implementación e instalación de lámparas Led alimentadas con sistema fotovoltaico con monitoreo remoto vía GPRS en la Unidad Educativa Particular Franciscana Salitre** en el área recreativa, que no cuenta con una eficiencia lumínica apropiada para ejercer actividades en horario nocturno, ni el debido monitoreo de las variables involucradas.

El monitoreo de las variables es riguroso para prevenir alguna falla en el sistema de iluminación, también se propuso realizar una central de generación fotovoltaica.

1.2. IMPORTANCIA Y ALCANCE

La meta u objetivo del desarrollo de este proyecto es dar inicio a la implementación del uso de energía limpia o renovable, iluminación Led y aplicaciones web de código abierto para el monitoreo de las variables involucradas.

La propuesta del proyecto es motivar la importancia del uso de las energías renovables basado en energía fotovoltaica, que ayuden con el medio ambiente y su ecosistema.

En toda institución educativa o universidad existe la necesidad de conocer e implementar tecnologías tales como GSM/GPRS y Emoncms para que los estudiantes conozcan nuevas alternativas de fácil acceso para el envío y almacenamiento de datos.

La importancia de este proyecto es la aplicación que se pondría en práctica los conocimientos aprendidos en la universidad de manera más práctica, utilizando esta tecnología de comunicación y aplicándola en el sistema. Con la tecnología GSM/GPRS y de la mano de la plataforma Arduino se puede transmitir datos a bajo costo desde cualquier lugar del mundo, para su posterior análisis.

1.3. DELIMITACIÓN

1.3.1. Espacial

El proyecto es implementado en el Colegio Particular Mixto Franciscano del Cantón Salitre, Provincia del Guayas. (Véase Figura 1).

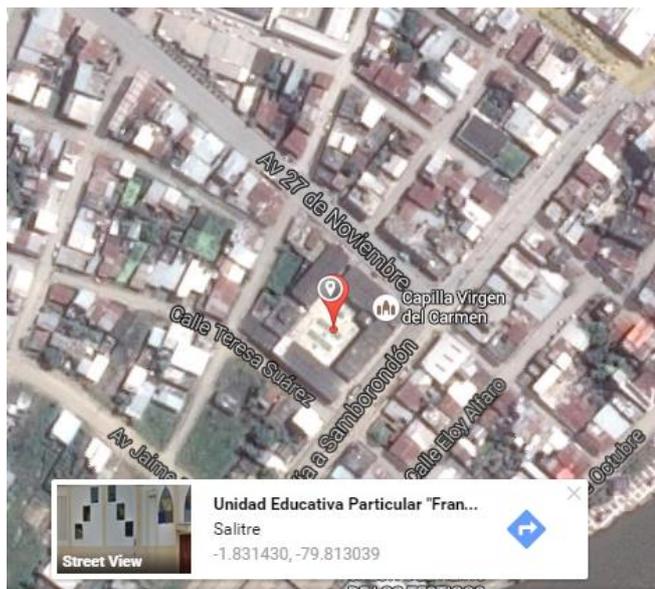


Figura 1: Ubicación geográfica del Colegio Particular Mixto Franciscano

Recuperado de: <https://www.google.com.ec/maps>

1.3.2. Temporal

El presente proyecto técnico tuvo una duración de 12 meses a partir de la aprobación del plan incluyendo la evaluación.

1.3.3. Sectorial

El presente proyecto técnico tuvo su desarrollo, en el sector noroeste del Cantón Salitre de la provincia del Guayas, específicamente en las calles Av. Samborondón y Av. 37 de noviembre.

1.3.4. Académica

El alcance del proyecto técnico, en el ámbito académico contiene los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera Ingeniería Electrónica, con más énfasis en las materias como Sistemas Microprocesados I, II, Instalaciones Civiles, Electrónica en Potencia I y Electrónica Analógica II.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El sistema de iluminación del área recreativa de la institución es ineficiente, lo cual se procede con la instalación de luminarias Led con el debido acumulador de energía usando energía fotovoltaica que ayuden a la conservación del medio ambiente.

Con lo descrito anteriormente, se formula la siguiente pregunta:

- ¿Cómo debería diseñarse el sistema para que cumpla con los objetivos requeridos?
- Una vez implementada la central de generación fotovoltaica; ¿Qué datos son necesarios para comprobar el estado de validez del equipo de monitoreo?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

- Diseñar, implementar e instalar lámparas Led alimentadas con sistema fotovoltaico con monitoreo remoto vía GPRS en la Unidad Educativa Particular Franciscana Salitre.

1.5.2. Objetivos específicos

- Diseñar una central de generación fotovoltaica que satisfaga la demanda del sistema de iluminación Led.
- Diseñar y realizar un equipo para la adquisición de las variables energéticas del sistema.
- Instalar elementos de la central de generación fotovoltaica junto al equipo para adquisición y envío de la información.
- Realizar un algoritmo para el envío de información mediante el uso del módulo SIM900.
- Implementar una aplicación web para la visualización y almacenamiento de las variables energéticas.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ENERGÍA SOLAR

[1] La energía solar es la fuente principal de vida en el planeta: dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en la Tierra, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. El sol (Véase Figura 2), nos suministra alimentos mediante la fotosíntesis y como es la energía del sol la que induce el movimiento del viento, del agua y el crecimiento de las plantas, la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables (La energía mareomotriz, Energía de la biomasa, La energía hidroeléctrica, La energía eólica y de La energía solar).

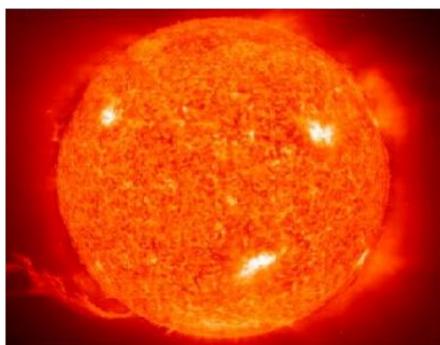


Figura 2: Energía expulsada por el sol

Fuente: [1]

2.1.1. Radiación solar

Es el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (Luz visible, infrarroja y ultravioleta).

Aproximadamente la mitad de las que recibimos, comprendidas entre $0.4\mu m$ y $0.7\mu m$, pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como luz visible. De la otra mitad, la mayoría se sitúa en la parte infrarroja del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta.

La porción de esta radiación que no es absorbida por la atmosfera, es la que produce quemaduras en la piel a la gente que se expone muchas horas al día sin protección. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro (Véase Figura 3).



Figura 3: Piranómetro

Fuente: [1]

2.1.1.1. Tipos de radiación solar

Radiación Directa: Es aquella que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

Radiación Difusa: Parte de la radiación que atraviesa la atmosfera es reflejada por las nubes o absorbida por estas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no solo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, arboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos.

Radiación Reflejada: La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, llamado también albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

Radiación Global: Es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones. En un día despejado, con cielo limpio, la radiación directa es preponderante sobre la radiación difusa. Por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y la totalidad de la radiación que incide es difusa.

Los distintos tipos de módulos solares aprovechan de forma distinta la radiación solar. Los módulos solares planos, por ejemplo, captan la radiación total (Directa más Difusa), sin embargo, los módulos de concentración solo captan la radiación directa. Por esta razón, los módulos de concentración suelen situarse en zonas de muy poca nubosidad y con pocas brumas, en el interior, alejadas de las costas.

2.1.2. Generación fotovoltaica

[1] Se define como generación fotovoltaica al proceso de obtención de energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos. Los módulos fotovoltaicos están conformados por dispositivos semiconductores tipo “diodo”, los cuales al recibir radiación solar mediante un proceso químico se excitan y provocan saltos electrónicos, esto se conoce como efecto fotoeléctrico.

Al producirse este fenómeno se genera una pequeña caída de tensión en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos nos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas para el uso de pequeños dispositivos electrónicos.

2.1.2.1. Elementos de una central de generación fotovoltaica

Una central de generación fotovoltaica debe tener una serie de elementos indispensables para su correcto funcionamiento y control de la instalación, los cuales se observan en la Figura 4 y se describen a continuación:

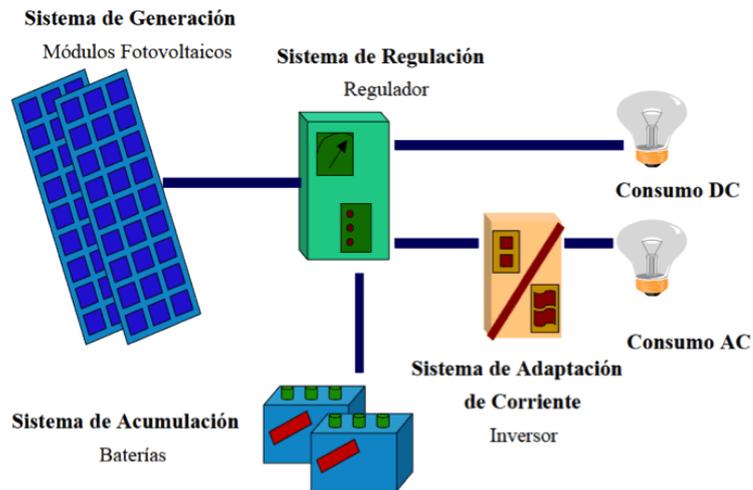


Figura 4: Elementos de una central de generación fotovoltaica

Recuperado de: http://www.magrenas.com/wp-content/uploads/2015/07/esquema_basico_instalacion_fotovoltaica_autonoma.gif

2.1.2.1.1. Módulo fotovoltaico

La función es captar y convertir la radiación solar en corriente eléctrica. Estos módulos se pueden conectar en serie o en paralelo. Cuando se conectan en serie el voltaje total será la suma de los voltajes individuales de cada uno de los dispositivos. La corriente de salida será igual a la corriente de un módulo.

Al conectarlos en paralelo la corriente total será la suma de las corrientes individuales de cada módulo y el voltaje será el mismo que el de uno solo. Por lo tanto, el número de componentes conectado en serie determina el voltaje, y el número de dispositivos en paralelo determina la corriente que se le puede suministrar a una carga. Como se puede ver en la Figura 5, hay variedad de módulos fotovoltaicos en cuanto a su diseño y fabricación.



Figura 5: Módulo fotovoltaico marca Sunset

Recuperado de: <http://www.renova-energia.com/productos/paneles-solares/>

2.1.2.1.2. Batería

La naturaleza variable de la radiación solar, y por lo tanto de la energía eléctrica generada, hace que en los sistemas fotovoltaicos aislados de la red eléctrica sean necesarios sistemas de acumulación de energía que permitan disponer de la misma en periodos en los que no es posible la generación. En los sistemas fotovoltaicos, dicho papel lo realiza la batería.

Las propiedades de la batería que se elija para un sistema fotovoltaico influyen de gran manera en el diseño de algunos elementos de la instalación, por lo que hay que prestar una atención especial a las características más convenientes para las condiciones del sistema a alimentar, tales como los tipos de cargas para las que se destina, la potencia total y los ciclos de consumo previstos, entre otros.



Figura 6: Batería marca Millennium

Recuperado de: <http://www.codesolar.org/Energia-Solar/Energias-Renovables/Baterias-Millennium.html>

2.1.2.1.3. Regulador de carga

Es el equipo (Véase Figura 7) que controla los procesos de carga y descarga de la batería. Controla el proceso de carga evitando que, con la batería a plena capacidad, los módulos fotovoltaicos sigan inyectando corriente a la misma. Se lleva a cabo anulando o reduciendo el paso de corriente del módulo fotovoltaico.

También controla el proceso de descarga evitando que el estado de carga de la batería alcance un valor demasiado bajo cuando está consumiendo la energía almacenada. Esto se lleva a cabo desconectando la batería de los circuitos de consumo.



Figura 7: Regulador de carga

Recuperado de: <http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-410241034-panel-solar-de-carga-de-bateria-del-controlador-30a-1224v- JM>

2.1.2.1.4. Inversor de voltaje

Se encarga de convertir la corriente continua producida por el módulo fotovoltaico a las características eléctricas requeridas por las cargas a alimentar en alterna. A continuación, en la Figura 8 se puede ver una marca de inversor.



Figura 8: Inversor de voltaje marca Wagan

Recuperado de: <http://wagan.com/wagan-tech/power-inverters/elite-400w-pro.html>

2.2. ILUMINACIÓN LED

[2] El componente principal es el diodo, que trabaja en corriente continua y emite luz únicamente con la longitud de onda del color del Led (Light Emitting Diode) Diodo Luminiscente.



Figura 9: Diodo Led de potencia

Recuperado de: http://iluminet.com/press/wp-content/uploads/2010/08/SSI_3.jpg

El conjunto de diodos Led está montado sobre una placa y conectado de tal manera que permite mantener una mayor seguridad en el servicio.

El paquete de diodos Led, al trabajar con corriente continua y ser el suministro de la corriente alterna, lleva instalado un circuito electrónico rectificador de alterna a continua, que para ciertas tecnologías incorpora una función de estabilización de tensión que permite mantener el mismo nivel luminoso en el punto, incluso con el fallo

de cierto número de diodos al elevar el nivel de tensión que permitirá mantener el mismo nivel de iluminación con los restantes.

Ventajas:

- Con la tecnología Led se produce una menor disipación de calor. Esto es debido a que la incandescencia emite luz en todo el espectro visible, siendo el difusor (Que hace de filtro) quien deja pasar sólo el color requerido y el resto del espectro se transforma en calor, mientras que el diodo Led emite luz monocromática directamente, en la longitud de onda de color requerido, por lo que no existe la transformación de luz en calor.
- Esta diferencia en la emisión de luz entre la incandescencia más el filtro y el diodo Led, hace que ésta sea más eficiente, ya que toda la luz emitida por foco luminoso es aprovechada en la iluminación del punto de luz.
- La vida útil de la lámpara incandescente es de 6.000 h mientras que la del Led puede llegar a 100.000 h, es decir, 17 veces mayor.
- Altos niveles de flujo e intensidad dirigida.
- Significante tamaño para múltiples y diferentes opciones de diseño.
- Alta eficiencia, ahorro de energía.
- Luz blanca.
- Todos los colores (de 460 nm a 650 nm).
- Requerimientos bajos de Voltaje y Consumos.
- Alta resistencia a los golpes y vibraciones.
- Sin radiación U. V.
- Pueden ser fácilmente controlados y programados.
- Diferentes formas con diferentes ángulos de radiación.

En la siguiente tabla mostraremos una comparación entre los diferentes tipos de sistemas de iluminación:

Tabla 1: Equivalencia de tecnología Led con otras luminarias

EQUIVALENCIAS		BOMBILLA INCANDESCENTE	HALOGENAS HALOGENAS	HALOGENAS TIPO PAR	BOMBILLAS BAJA CONSUMO	TUBO FLUORESCENTE	FOCO HALOGENURO	VAPOR DE SODIO	LUMENES (lm)
									
POTENCIA LED	2 W		20 W		6 W				50 - 80
	3 W		35 W		8 W				180 - 270
	5 W		40 W		11 W				240 - 420
	6 W		50 W		13 W	12 W			390 - 550
	7 W		60 W		15 W	14 W			510 - 640
	9 W		70 W		18 W	18 W			600 - 830
	10 W		80 W		20 W	20 W	50 W		810 - 950
	12 W		100 W		25 W	25 W	60 W		900 - 1100
	13 W		110 W		30 W	28 W	70 W		955 - 1200
	15 W		120 W		40 W	32 W	75 W		1000 - 1400
	18 W		140 W		50 W	36 W	90 W		1100 - 1700
	20 W		150 W		60 W	44 W	120 W		1200 - 1900
	25 W		200 W		70 W	58 W	150 W		1250 - 2400
	30 W		250 W		80 W	70 W	170 W		1300 - 2500
	35 W		300 W		90 W		180 W		1350 - 2800
	50 W		350 W		100 W		200 W	100 W	2440 - 4500
	80 W		400 W		150 W		250 W	150 W	3600 - 7500
100 W		500 W		200 W		300 W	250 W	5100 - 9500	
120 W		550 W		250 W		350 W	300 W	6000 - 11000	
150 W		700 W		300 W		500 W	400 W	7500 - 14000	

Recuperado de: <http://www.supertiendasolar.es/fotky4432/TABLA-DE-EQUIVALENCIA2.png>

2.2.1. Grado de protección IP

[3] El grado de protección IP hace referencia a la norma internacional IEC 60529 *Degrees of Protection* utilizado con mucha frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico o electrónico, en general de uso industrial como sensores, medidores, controladores, etc. Especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos por los contenedores que resguardan los componentes que constituyen el equipo. Los niveles de protección están indicados por un código compuesto por dos letras constantes “IP” y dos números que indican el grado de protección.

A continuación, daremos ejemplo de un grado:



Figura 10: Ejemplo de un grado de protección IP

Fuente: [3]

2.3. INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

[4] La instrumentación electrónica es la técnica que se ocupa de la medición de cualquier tipo de magnitud física, de su conversión a magnitudes y de su tratamiento para proporcionar información para un sistema de control o a una persona.

La instrumentación electrónica se aplica cuando se usa un sensor y se procesa la información proveniente de variables tanto físicas como químicas, a partir de las cuales se realiza la visualización y control de los procesos, empleando dispositivos electrónicos.

2.3.1. Etapas de la instrumentación electrónica



Figura 11: Diagrama de bloques de las etapas de la instrumentación electrónica

Fuente: [4]

Adquisición de datos: La información de las magnitudes físicas es adquirida y convertida en una señal eléctrica. La variable física es convertida en una señal eléctrica mediante un dispositivo sensor a fin de ser procesada adecuadamente.

Procesamiento de datos: Consiste en el procesamiento, selección y manipulación de los datos, la cual puede ser realizada por un DSP (Procesador Digital de Señal). Un DSP es un sistema basado en un procesador o microprocesador que posee un conjunto de instrucciones, un hardware y un software optimizados para aplicaciones que requieran operaciones numéricas a muy alta velocidad.

Distribución de los datos: El valor medido se presenta a un observador o se transmite a otro sistema. La señal que toma el sensor puede tener algunas características que la hacen poco adecuada para ser procesada (Señal de pequeño nivel, espectro grande, falta de linealidad, etc.), estas características pueden ser corregidas en la etapa de acondicionamiento de la señal.

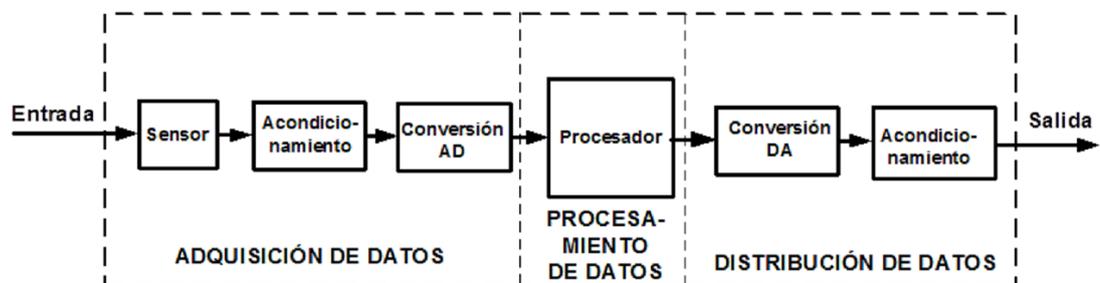


Figura 12: Explicación de cada una de las etapas de la instrumentación electrónica

Fuente: [4]

2.4. TELEMETRÍA

[5] La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el envío de la dicha información hacia un servidor. El envío de datos hacia el servidor en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (Ej. Teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etc.).

En el caso de específico la transmisión de los datos es por medio de la plataforma GSM que es actualmente en nuestro país la de más amplia cobertura y velocidad, dentro de esta plataforma existe 2 maneras de enviar y recibir la información que son por SMS y por GPRS cada una con una característica diferente, pero con el mismo fin.

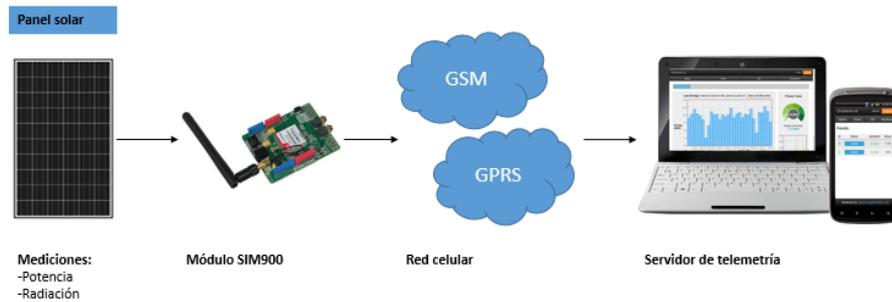


Figura 13: Ejemplo de un sistema telemétrico

2.4.1. Concepto de la red celular

[6] En una red celular, cada celda está rodeada por 6 celdas contiguas (Por esto las celdas generalmente se dibujan como un hexágono). Para evitar interferencia, las celdas adyacentes no pueden usar la misma frecuencia. En la práctica, dos celdas que usan el mismo rango de frecuencia deben estar separadas por una distancia equivalente a dos o tres veces el diámetro de la celda.

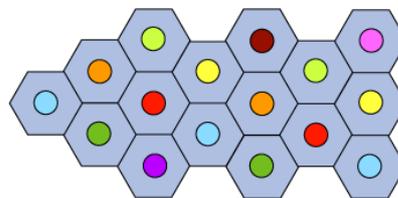


Figura 14: Modelo de celdas de una red celular

Fuente: [6]

Recuperado de:

<http://static.commentcamarche.net/es.kioskea.net/pictures/telephonie-mobile-images-cellules.png>

2.4.2. Introducción a la red GSM

[7] La red GSM (Sistema global de comunicaciones móviles) es, a comienzos del siglo XXI, el estándar más usado de Europa. Se denomina estándar "de segunda generación"

(2G) porque, a diferencia de la primera generación de teléfonos portátiles, las comunicaciones se producen de un modo completamente digital.

En 1982, cuando fue estandarizado por primera vez, fue denominado "Groupe Spécial Mobile" y en 1991 se convirtió en un estándar internacional llamado "Sistema Global de Comunicaciones Móviles".

En Europa, el estándar GSM usa las bandas de frecuencia de 900MHz y 1800 MHz. Sin embargo, en los Estados Unidos se usa la banda de frecuencia de 1900 MHz. Por esa razón, los teléfonos portátiles que funcionan tanto en Europa como en los Estados Unidos se llaman tribanda y aquellos que funcionan sólo en Europa se denominan bibanda.

El estándar GSM permite un rendimiento máximo de 9,6 kbps, que permite transmisiones de voz y de datos digitales de volumen bajo, por ejemplo, mensajes de texto (SMS, Servicio de mensajes cortos) o mensajes multimedia (MMS, Servicio de mensajes multimedia).

2.4.2.1. Arquitectura de la red GSM

En la Figura 15 se muestra de manera resumida la arquitectura de la red GSM. Esta arquitectura es más compleja y dispone de más elementos que los presentados en esta figura. El objetivo de esta introducción es describir el servicio SMS a nivel de aplicación, sin entrar en demasiados detalles de la red subyacente.

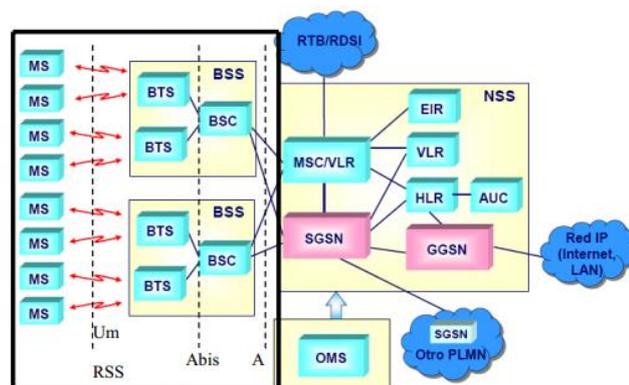


Figura 15: Arquitectura simplificada de la red GSM

Fuente: [7]

A continuación, se detallarán resumidamente los principales bloques del diagrama mostrado en la Figura 16:

1. **Subsistema Radio (RSS, Radio SubSystem):** Cubre la comunicación entre las estaciones móviles (MS) y las estaciones base (BTS). El interfaz radio entre ellas se denomina Um.
2. **El subsistema de estaciones base (BSS):** Incluido dentro de la parte Radio, está constituido por los siguientes elementos:
 - a. **BTS (Base Transceiver Station):** Emisor, receptor y antena. Procesa los canales radio (Interfaz Um).
 - b. **BSC (Base Station Controller):** Handover, control de las BTS, mapeo de canales radio sobre los canales terrestres. Por un lado, se comunica con las BTS a través de un interfaz con canales de 16kbps/s (Abis) y por otro lado se comunica con los MSC a través del interfaz A, con canales de 64kbps/s.

Este subsistema hace de interfaz entre la parte radio y la parte de red.

3. **Subsistema de red y conmutación (NSS, Network and Switching Subsystem):** Conmutación, gestión de la movilidad, interconexión con otras redes y control del sistema. Esta es la parte más compleja, siendo sus elementos fundamentales los siguientes:
 - a. **MSC (Mobile Services Switching Center):** Centro de conmutación entre otras muchas funciones.
 - b. **GMSC (Gateway Mobile Services Switching Center):** Conexión con otras redes.
 - c. **Bases de datos:**
 - i. HLR (Home Location Register).
 - ii. VLR (Visitor Location Register).
 - iii. EIR (Equipment Identity Register).

2.4.2.1.1. Servicio SMS

El servicio SMS, esquematizado en la Figura 15, permite transferir un mensaje de texto entre una estación móvil (MS) y otra entidad (SME) a través de un centro de servicio (SC). El servicio final ofrecido es una comunicación extremo-extremo entre la estación móvil (MS) y la entidad (SME). La entidad puede ser otra estación móvil o puede estar situado en una red fija. En el caso de envío de un mensaje entre dos móviles, ambas partes son estaciones móviles. Cuando se envía un mensaje para solicitar algún tipo de servicio de valor añadido, un extremo es una estación móvil y la otra es un servidor que atiende las peticiones, como puede ser uno de los exitosos sistemas de televoto actuales. En la norma GSM sólo se especifica la parte de comunicaciones entre las estaciones móviles (MS) y el Centro de servicio. La comunicación entre el Centro de Servicio y las entidades fijas, queda fuera del ámbito de esta norma.

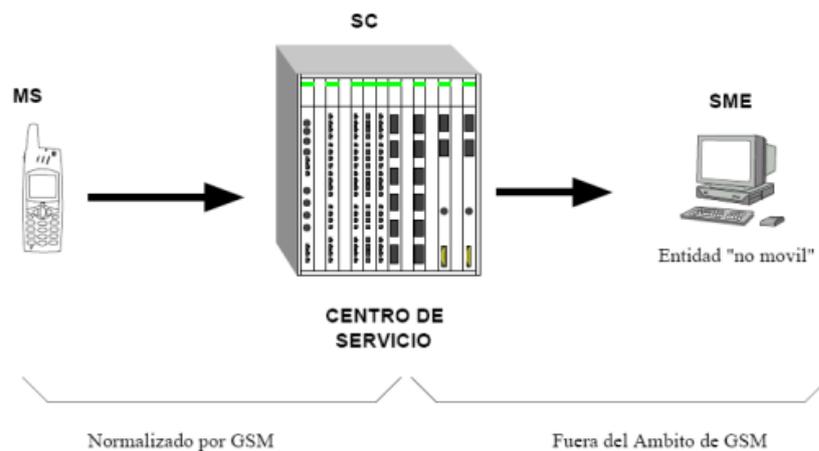


Figura 16: Estructura del servicio SMS

Fuente: [7]

El servicio SMS se divide en dos servicios Básicos detallados en la Figura 16:

1. **SM MT (Short Message Mobile Terminated Point-to-Point):** Servicio de entrega de un mensaje desde el SC hasta una MS, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.
2. **SM MO (Short Message Mobile Originated Point-to-Point):** Servicio de envío de un mensaje desde una MS hasta un SC, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.



Figura 17: Servicios básicos SM MO y SM MT

Fuente: [7]

2.4.3. Introducción a la red GPRS

[8] En este apartado vamos a introducir la tecnología GPRS. Esta tecnología tiene gran importancia porque es la usada por el teléfono móvil que ejecuta nuestra aplicación para conectarse a Internet, e interactuar con el servidor web.

Entre otras cosas, GPRS nos marcará la velocidad de transmisión y recepción de los datos del móvil, lo cual será de gran importancia a la hora de probar nuestra aplicación sobre un dispositivo real.

2.4.3.1. Arquitectura de la red GPRS

En la siguiente figura detallamos todos los elementos de una red GPRS:

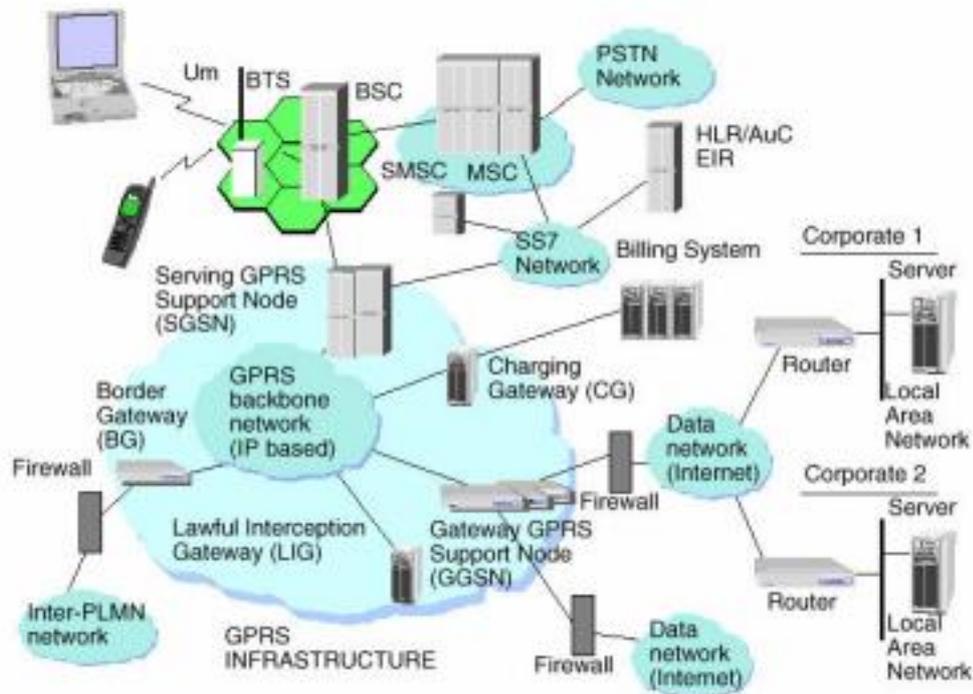


Figura 18: Elementos de la arquitectura GPRS

Fuente: [8]

El nodo de soporte GSN (Gateway Support Node) de GPRS es el elemento principal de la infraestructura. Existen dos tipos de nodos GSN: unos de entrada (Serving GPRS Support Node, SGSN), que proporcionan conectividad a las BSC de GSM y otros de salida (Gateway GPRS Support Node, GGSN), que interconectan el sistema con redes de datos externas. Estos routers pueden proporcionar la conexión y la intercomunicación con otras redes de datos, pueden administrar la movilidad de los usuarios a través de los registros de GPRS y son capaces de entregar los paquetes de datos a las estaciones móviles, independientemente de su posición.

Físicamente los GSN pueden estar integrados en el MSC (Mobile Switching Center) pueden ser elementos separados de la red. Otro nuevo nodo que añade GPRS al sistema GSM es el BG (Border Gateway), que es necesario principalmente por razones de seguridad y está situado en la conexión con la red troncal (backbone) Inter-PLMN. Mediante él se pueden intercambiar datos con otras PLMNs (Public Land Mobile Network).

Las redes troncales Inter-PLMN e Intra-PLMN también son elementos nuevos y están basadas en redes IP. Una PLMN (Public Land Mobile Network) es una red de

telefonía móvil. Además, aparecen unas nuevas gateways en el sistema GPRS, las CG (Charging Gateway).

Otros nodos que constituyen una novedad en la red son los firewalls o barreras de seguridad, cuya misión es proteger a la red de accesos no deseados, pues en GPRS los nodos tienen direcciones IP y son, por tanto, susceptibles de ataques externos. Los sistemas GSM actuales fueron diseñados originariamente para las llamadas de voz, en tanto que el principal objetivo de GPRS es ofrecer acceso a las redes de datos estándar tanto con TCP/IP como con X.25. Esas redes consideran la red GPRS como una subred normal. El GGSN se comportará como un encaminador (Router) y ocultará las características específicas de la red GPRS a las redes de datos externas.

A continuación, vamos a describir los elementos específicos de una red GPRS.

2.4.3.1.1. SGSN

El SGSN es el principal componente de una red GPRS. Está conectado al BSC por medio de la interfaz Gb y constituye para el terminal móvil el punto de acceso al servicio de la red GPRS.

Básicamente se puede decir que el SGSN equivale a una MSC a nivel funcional, con la salvedad de que conmuta paquetes.

2.4.3.1.2. GGSN

El GGSN proporciona la interconexión entre la red GPRS y las redes de paquetes de datos externas, como por ejemplo Internet, Intranets corporativas, etc. Desde el punto de vista de las redes externas, el GGSN es un encaminador a una subred, ya que el GGSN oculta la infraestructura de la red GPRS a las redes externas.

Cuando el GGSN recibe datos dirigidos a un terminal GPRS específico comprueba si la dirección está activa para, en ese caso, enviar los datos al SGSN que está atendiendo al terminal. En el caso en que la dirección esté inactiva, trata de activar dicho terminal.

2.4.3.1.3. Otros elementos de la red GPRS

En la red GPRS hay otros elementos además del SGSN y el GGSN. Algunos son elementos comunes de las redes de datos, como por ejemplo los DNS o los Firewall.

- **Border Gateway:** la principal función del BG es que haya una conexión segura entre varias PLMNs interconectadas para soportar itinerancia. Su arquitectura exacta no está definida en las especificaciones GPRS, de manera que los operadores deberán llegar a oportunos acuerdos sobre esta interconexión.
- **Domain Name System:** el DNS es necesario en la red GPRS para que se pueda llevar a cabo la traducción de nombres lógicos en direcciones físicas de los GSNs.
- **Charging Gateway:** el CG recoge CDRs generados en los SSGNs y GGSNs, de manera que los consolida y preprocesa antes de pasarlos al sistema de facturación. Gracias a esto, el sistema de facturación soporta menos carga de procesamiento.
- **Firewall:** es igual que en cualquier otra red. Es un sistema o conjunto combinado de sistemas que crean una barrera segura entre dos redes. El propósito de un firewall es mantener a los intrusos fuera de la red GPRS, de manera que no puedan acceder a los nodos y provocar fallos.

2.4.3.1.4. Servicios

El servicio GPRS pone a disposición de sus usuarios dos tipologías de servicio diferentes:

- Punto a Punto (Point to Point, PTP).
- Punto a Multipunto (Point to Multipoint, PTM).

Un servicio Point To Point es un servicio en el que el usuario envía uno o más paquetes a un único destinatario. Se pueden dar dos clases de servicios punto a punto:

- Connection Less Point to Point services (CLNS).

- Connection Oriented Point to Point services (CONS).

Un servicio PTP CLNS es un servicio en el que dos paquetes sucesivos son enviados a la red de forma independiente. Se define como un servicio de datagrama y puede ser útil para soportar aplicaciones bursty (A ráfagas) de tipo no interactivo.

2.5. PLATAFORMA ARDUINO

2.5.1.1. Arduino

[9] Arduino es una plataforma de hardware libre basada en una sencilla placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring. Arduino se puede utilizar para desarrollar objetos interactivos autónomos o puede ser conectado a software del ordenador (Ej. Macromedia Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, MatLab, LabView, etc.). Las placas pueden ser montadas por los usuarios a mano o adquirirse ya armadas y funcionales. El entorno de desarrollo integrado libre se puede descargar gratuitamente, como también existe infinidad de documentación y descripción esquemática del diseño electrónico de la misma. Las plataformas Arduino están basadas en los microcontroladores Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 y otros similares, chips sencillos y de bajo costo que permiten el desarrollo de múltiples diseños.

Al tratarse de hardware abierto, tanto su diseño como su distribución es libre. Es decir, puede utilizarse libremente para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto sin haber adquirido ninguna licencia.

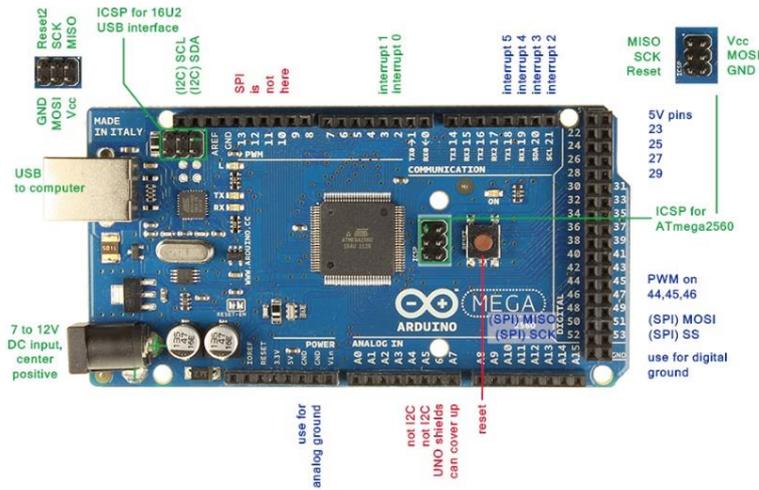


Figura 19: Diagrama de pines del Arduino Mega 2560

Fuente: [10]

[10] La Arduino Mega 2560 (Figura 19) es una placa electrónica basada en el chip Atmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de Entrada/Salida (15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (Puertos serie de hardware), un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio, contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador.

Basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador para empezar. La tarjeta Mega 2560 es compatible con la mayoría de los shield para el Arduino Uno.

2.5.1.1.1. Módulo SIMCOM SIM900 cuatribanda GSM/GPRS

[11] El módulo GPRS se basa en el módulo SIM900 del SIMCOM y compatible con Arduino y sus clones. El escudo GPRS que proporciona una manera de comunicarse a través de la red de telefonía celular GSM. El escudo también permite enviar SMS, MMS, GPRS y audio a través de UART mediante el envío de comandos AT (GSM 07.07, 07.05, SIMCOM mejorada y Comandos AT).

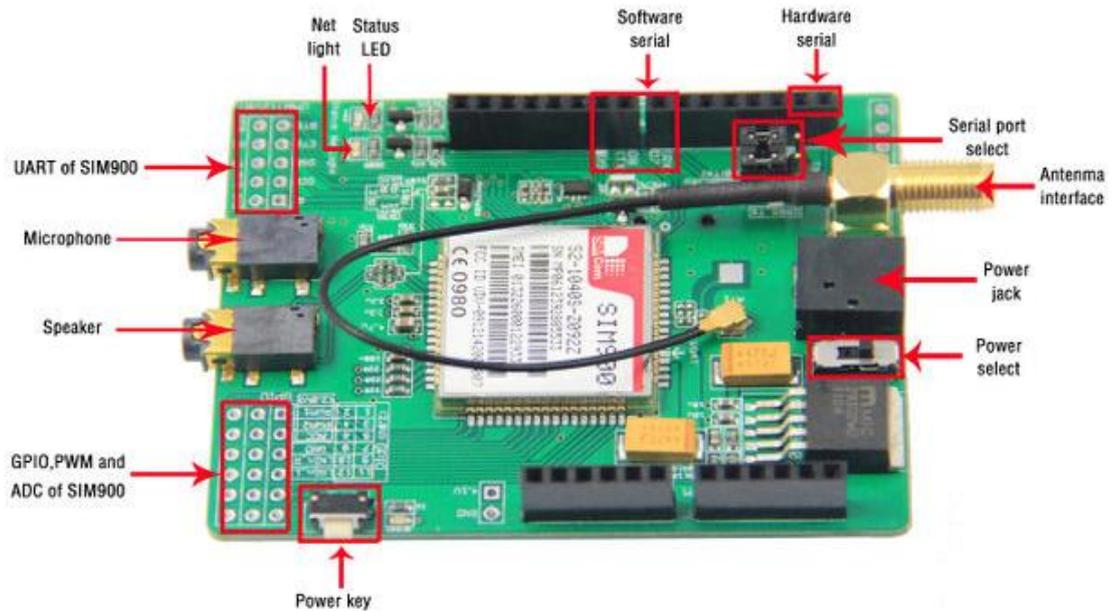


Figura 20: Diagrama del hardware del módulo SIMCOM SIM900

Fuente: [11]

2.5.1.1.2. Principales características

- Cuatribanda 850/900 /1800/ 1900 MHz - Funciona en la red GSM de todo el mundo.
- Control a través de comandos AT - Comandos estándar: GSM 07.07 y 07.05. Comandos mejorados: Comandos AT SIMCOM.
- Servicio de mensajes cortos - Por lo que se puede enviar pequeñas cantidades de datos. a través de la red (ASCII o Hexadecimal en bruto).
- Pila de protocolos TCP/UDP - Le permite cargar datos a un servidor web.
- Puerto serie seleccionable.
- Bajo consumo de energía - 1,5 mA (Modo de espera).

2.5.1.2. Protocolo GPRS

[12] El protocolo GPRS es un protocolo de capa tres, transparente para todas las entidades de red comprendidas entre el terminal móvil MT y el nodo GSN al que el móvil está, lógicamente conectado, las entidades entre las que se establece una

conexión a este nivel están, de hecho, localizadas en el terminal móvil MT y en el nodo GSN. Este protocolo soporta tanto el intercambio de informaciones de control como de paquetes PDP-PDU (Packet Data Protocol - Protocol Data Unit) entre el móvil y el nodo al que éste se encuentra conectado (Los PDP-PDU son encapsulados en las tramas GPRS).

2.5.1.2.1. Pila de protocolos de estación móvil



Figura 21: Pila de protocolos de una estación móvil

Fuente: [12]

La descripción de cada etapa de la Figura 21, se presenta a continuación:

Aplicación: Es la interfaz que utiliza el usuario para realizar el envío de datos a través de la red.

IP/X.25: Es la interfaz entre el de la estación móvil de datos y el equipo de terminación del circuito de datos para terminales móviles que funcionan en el modo paquete y están conectados a redes públicas que establece mecanismos de direccionamiento entre usuarios, negociación de características de comunicación y técnicas de recuperación de errores.

SNDCP: Este protocolo es el encargado de la segmentación, reensamblado, compresión, encriptación y multiplicación en una única conexión virtual de los mensajes de datos de usuario y de control del nivel de red (IP, X.25).

LLC: Este protocolo proporciona un control de enlace lógico altamente fiable entre la estación móvil y el Nodo de Soporte de Servicios GPRS (SGSN).

RLC: Protocolo responsable de la transmisión de datos en el espectro radioeléctrico y de los procedimientos de control de errores (BEC) mediante la retransmisión selectiva de bloques.

MAC: Protocolo encargado de controlar el acceso a los procedimientos de señalización (petición y asignación) de los canales radio compartidos por las MS y gestión del mapeo de tramas LLC sobre los canales físicos de la trama GSM.

GSM RF: Hace referencia a los aspectos físicos de la red que se utiliza para la transmisión de los datos (Medios de transmisión, dispositivos que conforman la parte física de la red, entre otros.).

2.5.1.3. Protocolo HTTP

[12] Se define como un Protocolo de Transferencia de Hipertexto, es uno de los más populares por su uso en cada transacción de la World Wide Web, también se dice que es un protocolo sin estado, es decir que no guarda ninguna información sobre conexiones anteriores, además hace uso del puerto 80. La sintaxis de petición del protocolo HTTP es la siguiente:

```
``http:’ ’ ``//’ ’ dirección [’:’ ’ puerto] [path]
```

Dónde:

Dirección: Es el Sistema de Nombres de Dominio (DNS) o una dirección IP.

Puerto: (Por defecto 80).

Path: (Por defecto “/”) indica el recurso al que se accede.

Este protocolo tiene diferentes versiones de HTTP que pueden ser la 1.0, la 0.9 y la 1.1 en la actualidad la más usada es la HTTP/1.1 y sus métodos de peticiones son: Get, Head, Post, Put, entre otros. Un mensaje HTTP consisten en hacer una petición desde el cliente al servidor y por ende recibirá una respuesta del servidor al cliente, estas peticiones se las clasifica de dos formas y son simples o completas. “En el caso de que el servidor tenga implementado un método, pero no está permitido para el recurso que se pide, entonces se devuelve un código de estado 405 (Método no permitido), si lo que ocurre es que no tiene implementado el método, entonces devuelve un código 501 (No implementado). Los únicos métodos que deben soportar los servidores de forma obligatoria son los métodos GET y HEAD”.

2.5.1.4. AT

[13] Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un terminal modem.

En un principio, el juego de comandos AT fue desarrollado en 1977 por Dennis Hayes como un interfaz de comunicación con un modem para así poder configurarlo y proporcionarle instrucciones, tales como marcar un número de teléfono. Más adelante, con el avance del baudio, fueron las compañías Microcomm y US Robotics las que siguieron desarrollando y expandiendo el juego de comandos hasta universalizarlo.

Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de “attention”.

Aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales. De esta forma, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales. Este juego de instrucciones puede encontrarse en la documentación técnica de los terminales GSM y permite acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.

2.5.1.4.1. Sintaxis del comando AT

[12] En estos comandos se escribe primeramente el prefijo “AT” ya que se puede escribir más instrucciones en la línea de comandos y solamente una vez se escribirá el prefijo, también están compuestos por cadenas de caracteres ACSII dentro de la línea de comandos. Estos comandos AT tienen una estructura establecida para la ejecución de los mismos que conoceremos a continuación:



Figura 22: Estructura de un comando AT

- El **prefijo** de los comandos AT debe ser la cadena de caracteres “AT”, con el signo “+”.
- El **comando** es la solicitud que se procesa en el terminal GSM/GPRS y puede escribirse con letras minúsculas o mayúsculas no influye en la solicitud de respuesta.
- El **sufijo** de los comandos AT debe ser retorno de carro <CR>, es el equivalente a ENTER.

En los comandos existen los siguientes modelos de solicitudes:

AT+ = x Configura un parámetro con valor x.

AT+? Pide información al modem (Ej. Calidad de señal, etc.)

AT+ =? Se obtiene todo el rango de valores posibles que se pueden configurar.

2.5.1.4.2. Ejemplo de comandos AT

En la Tabla 3 se muestran algunos de los más importantes comandos utilizados en este proyecto:

Tabla 2: Comandos AT con su respectiva descripción

Comando	Descripción
AT	Comprobamos la disponibilidad del dispositivo.

AT+CPIN?	Saber si la SIM está a la espera del PIN, PUK O PH-PIN (Bloqueo del terminal a un móvil).
AT+CMGS="+59399444xxx"	Se utiliza para enviar mensajes SMS. Los mensajes pueden ser enviados en el modo de texto o en el modo PDU.
AT+CGATT?	Se utiliza para conectar o desconectar el dispositivo al servicio de dominio de paquetes (GPRS).
AT+CIPSTART="TCP", "80.243.190.58", "80"	Inicia una conexión TCP o UDP.

Fuente: [14]

2.5.1.5. Aplicación web Emoncms

Como todo sistema para obtención de datos, se hace necesario que este tenga la capacidad de almacenarlos para luego poder procesarlos y analizar dicha información de diferentes formas, pero de una forma que las personas que van a hacer uso de ella la puedan interpretar fácilmente, como es sabido la forma más conveniente de presentar cualquier tipo de información para su interpretación es de forma gráfica.

Para poder realizar lo expuesto anteriormente el sistema utiliza un servidor web Open Source, este servidor permite además de almacenar los datos visualizarlos de una forma gráfica, y a su vez esos datos guardarlos durante mucho tiempo. La dirección web de Emoncms es: <https://www.emoncms.com/>.



Figura 23: Página principal de la aplicación Emoncms

Recuperado de: <https://emoncms.org>

2.5.1.5.1. Módulos de la aplicación Emoncms

[12] Emoncms nos permite llevar el monitoreo de variables eléctricas de una manera fácil, rápida y eficiente, como cualquier servidor tiene un menú de configuraciones donde tenemos cuatro módulos muy importantes como son:

- Input.
- Feeds.
- Vis.
- Dashboard.

Los mismos que tienen una función específica. A continuación, describiremos las funciones de cada uno de estos módulos:

Inputs: Aquí es donde se almacenan las variables de los sensores utilizados que se controlaran de manera remota, esta plataforma permite realizar una calibración adicional para optimizar el procesamiento de los datos y obtener los mismos con mayor precisión posible. La configuración de las entradas se la realiza mediante tres procesos fundamentales, donde se asigna un nombre al o los procesos que se esté llevando a cabo, también se le da un intervalo para el registro de los datos, aquí es importante colocar un valor mayor o igual al intervalo dado en el proceso de transmisión de los datos, y por último se realiza la asignación de un proceso como realizar una suma,

resta o también colocar el valor máximo o mínimo de los datos que se transmiten, y que como administrador de la cuenta se puede configurar. En la Figura 24 se pueden observar los parámetros que se deben configurar.

Node	Key	Name	Process list	last updated	value
0	1	PotenciaG	log kwh	17 mins ago	100
0	2	PotenciaC	log kwh	17 mins ago	200

Figura 24: Ejemplos de inputs en Emoncms.

Recuperado de: <https://emoncms.org>

Tabla 3: Parámetros a configurar en los Inputs con su respectiva descripción

Parámetro	Descripción
Nodo	Hace referencia al dispositivo que envía los datos al servidor (Pueden contener distintas variables).
Llave	Indicador de cada uno de los inputs.
Nombre	El sistema no sabe qué tipo de datos está recibiendo entonces se debe proporcionar un nombre que se le asigna a la entrada.
Lista de proceso	Muestra el tipo de procesamiento que se le haya asignado a cada variable de entrada.
Tiempo del último registro	Valor en segundos de la última actualización.
Valor	Valor del último dato enviado en el input correspondiente.
Configuraciones	Editar, Borrar, Configurar.

Fuente: [12]

Feeds: Es donde se gestiona el almacenamiento de los datos de entrada, aquí se puede ver la actualización de cada variable de acuerdo al tiempo configurado para su actualización en el servidor, dentro de este campo tenemos Id que corresponde al identificador de un determinado proceso, el mismo que más adelante será utilizado para crear la interfaz gráfica de la variable sensada y se ocupa de pasarlos a los

siguientes parámetros. Siempre dentro de este parámetro, se puede visualizar la actividad de envío de datos, tiene algunos campos, el más importante de estos es el Id que corresponde al identificador del proceso, existe otro campo que es “Public” este se configura dependiendo si se desea que los datos sean públicos para que puedan ser vistos por cualquiera persona, o simplemente privados que limitarán el acceso a una cuenta segura.

La Figura 25 podemos observar en detalle las opciones que presta el servidor dentro de la configuración Feed.

[Feed API Help](#)

Id	Name	Tag	Datatype	Engine	Public	Size	Updated	Value				
126637	PotenciaG	Node:0	REALTIME	PHPPFINA	🔒	0.0kb	inactive	0	✎	🗑	👁	⊙
126638	PotenciaG_kWh	Node:0	REALTIME	PHPPFINA	🔒	0.0kb	inactive	0	✎	🗑	👁	⊙
126639	PotenciaC	Node:0	REALTIME	PHPPFINA	🔒	0.0kb	inactive	0	✎	🗑	👁	⊙
126640	PotenciaC_kWh	Node:0	REALTIME	PHPPFINA	🔒	0.0kb	inactive	0	✎	🗑	👁	⊙

Figura 25: Feeds creados a partir de cada proceso correspondiente a un input

Recuperado de: <https://emoncms.org>

Vis: Este parámetro es donde se realiza las visualizaciones de cada una de las variables transmitidas, donde se configura de manera gráfica la selección de la visualización, una vez que se visualiza la gráfica deseada, también presenta un código HTML de la misma, del que podemos hacer uso para colocarla en una página web con o sin dominio y poder presentarla en tiempo real. El proceso completo para la visualización de una gráfica se describe a continuación:

- **Select visualisation:** En la pestaña que se encuentra a la izquierda de la ventana escogemos el parámetro en el cual se está transmitiendo las variables, en este caso es en tiempo real.
- **Set options:** En la pestaña que se encuentra frente a “feed”, escogemos la variable a la que queremos visualizar previamente creada.
- **View:** Al dar click en el icono “view” nos muestra la gráfica de la variable que llamamos o que deseamos monitorear.
- **Full screen:** Nos permite mostrar la gráfica en pantalla completa

En la parte inferior nos muestra un código HTML que se describió anteriormente del mismo que se puede hacer uso para publicarla en una página web. En la Figura 26 se aprecia lo descrito acerca de cada uno de los parámetros.

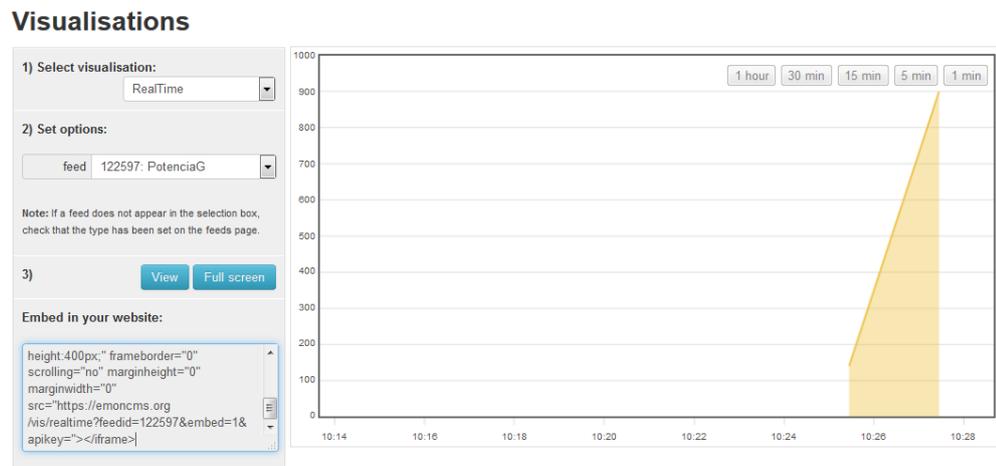


Figura 26: Ventana de visualizaciones de cada una de nuestros inputs.

Recuperado de: <https://emoncms.org>

Dashboard: Es la ventana en donde se diseñará la interfaz gráfica, la misma que se presenta para la visualización de las variables, existen tres tipos de configuraciones para la presentación de esta interfaz, cada uno de estos con características distintas, las mismas que describiremos a continuación:

- **Main page:** Esta configuración de página nos permite mostrar la aplicación diseñada, únicamente con escribir en el navegador web “emoncms.org/Usuario_Registrado”.
- **Page Published:** Estas páginas son de libre acceso para que sea visitada por cualquier persona, para observar los datos presentados sin opción a editar los mismos.
- **Page Private:** Para acceder a estas páginas debe autenticar su cuenta en el servidor emoncms.org.

Dashboards

Id	Name	Alias	Main	Public	Published					
34526	Monitor		★	🔒	✓	✕	✎	🗑️	🔗	👁️

Figura 27: Parámetros de creación de un nuevo Dashboard

Recuperado de: <https://emoncms.org>

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. METODOLOGÍA

Se realizó un análisis previo al planteamiento del proyecto donde se encontró una problemática en común en el área recreativa del Colegio Particular Mixto Franciscano del Cantón Salitre, baja eficiencia de las luminarias y alto consumo de energía en la institución, donde se identificaron factores claves que al cambiarlos generaron un sistema óptimo con el uso de energía fotovoltaica.

3.1.1. Método analítico

El presente proyecto fue analizado y realizado en 6 etapas:

1. Investigación.
2. Dimensionamiento de una central de generación fotovoltaica.
3. Instalación del sistema de iluminación Led.
4. Desarrollo del equipo de adquisición de datos.
5. Programación de la tarjeta Arduino.
6. Acople e implementación.

3.1.2. Método sintético

La mejora de luminosidad se realiza mediante reflectores con tecnología Led y la alimentación de las mismas se realizará por medio de una central de generación fotovoltaica.

3.1.3. Método deductivo

Debido a las ventajas de la tecnología Led tanto en ahorro energético como eficiencia lumínica se procedió a la instalación de las mismas.

3.1.4. Método inductivo

Hoy en día el uso de energías renovables va en aumento por lo cual se espera replicar este proyecto en los diferentes lugares del Cantón Salitre.

3.1.5. Método histórico lógico

Los desarrollos de módulos fotovoltaicos nos ayudan a la captación de energía limpia o renovable fue generada en el año 2000 pero con una potencia muy baja y con limitantes de temperatura, 2 años más tarde se creó un nuevo módulo fotovoltaico sin limitantes de temperatura. En la actualidad la potencia de los módulos fotovoltaicos ha aumentado hasta 350w lo cual demuestra el desarrollo exitoso de esta tecnología.

3.2. BENEFICIARIOS

Los principales beneficiarios del proyecto aplicado en el Colegio Particular Mixto Franciscano del Cantón Salitre tenemos a los alumnos, docentes y toda la comunidad que dan uso del área recreativa de la institución educativa.

3.3. IMPACTO

Con el proyecto a continuación descrito se permite dar el primer paso al uso de energías renovables dentro del Cantón Salitre y también el uso de aplicaciones web de código

abierto para el monitoreo de variables, para luego ascender implementando este proyecto a nivel nacional en cada hogar, edificio, institución, etc.

3.4. FUNCIONALIDAD

La central de energía fotovoltaica está compuesta por dos módulos fotovoltaicos de 120 W y 12 Vdc cada uno, montado sobre una estructura metálica fija, ubicada en la terraza del Colegio Franciscano del Cantón Salitre y a su vez unas baterías conectadas en paralelo tipo AGM de 100 Ah 12 Vdc cada una, donde se almacena la energía solar captada por los módulos.

Un regulador de carga de 30 A está interconectada a las baterías, módulos e inversor, la función de regulador se encarga de carga y descarga de las baterías y suministrar energía al inversor, además cumple la función de proteger las sobrecargas.

Un inversor con entrada de 12 Vdc y salida de 120 Vac, este inversor transforma la corriente continua en corriente alterna, necesaria para alimentar el sistema de iluminación Led.

Todos estos elementos están dentro de un tablero de control en cuál también encontramos el equipo de monitoreo de las variables energética que contiene los sensores y circuitos para la adquisición y envío de datos.

4. RESULTADOS

4.1. IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO

A continuación, se detalla el diseño e implementación de la central de generación fotovoltaica, módulo fotovoltaico, baterías, inversor, reflectores Led, junto al montaje del equipo de monitoreo en este proyecto técnico. (Véase Figura 28)

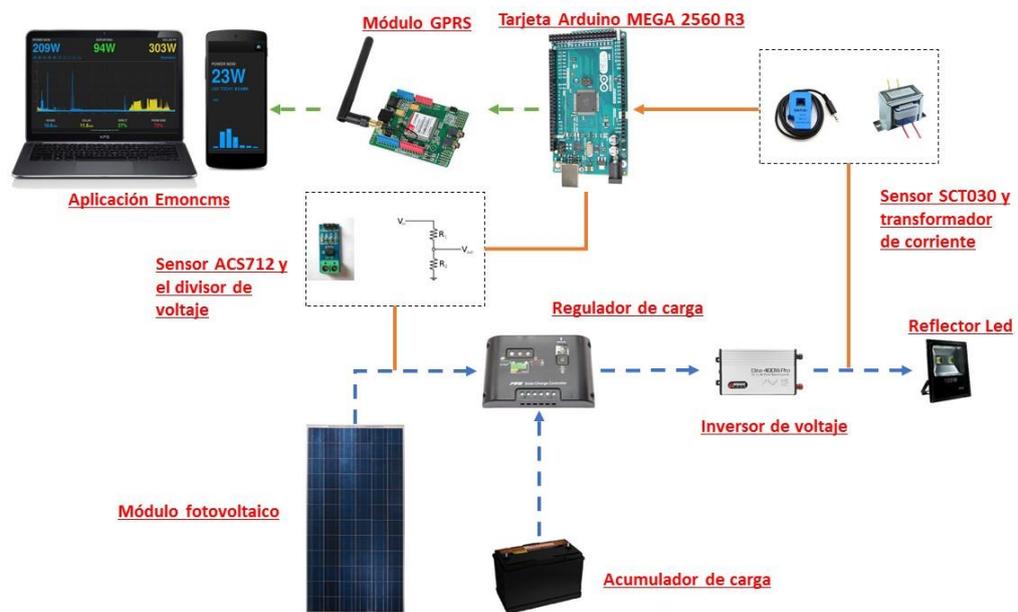


Figura 28: Esquema de funcionamiento del sistema de iluminación Led por medio de un generador fotovoltaico y el equipo de monitoreo

Explicación:

El diagrama mostrado en la Figura 28 muestra el flujo del sistema. El flujo empieza desde que el módulo fotovoltaico recibe energía del sol y las acumula en las baterías, estas son las que se encargan de alimentar el inversor de voltaje que es la fuente para poder encender los reflectores Led.

Mientras tanto en segundo plano está funcionando el equipo de monitoreo alimentado mediante el puerto USB del inversor de voltaje, este equipo por medio de los sensores envía las señales de las variables energéticas a la tarjeta Arduino que es la encargada de procesar la información para luego ser enviada al módulo GPRS, el encargado de

enviar los datos mediante comandos AT a la aplicación Emoncms para su posterior visualización y análisis.

4.1.1. Ahorro energético

Actualmente en la institución educativa el lugar que cuenta con una mayor carga de energía es el área recreativa, dónde tienen instalados reflectores de halógenos.

El ahorro que podemos obtener en la institución, sustituyendo los 3 reflectores de halógenos con un consumo de 440 W por unidad, por reflectores Led de 100W. Con un funcionamiento de 2 horas diarias durante 5 días de la semana se muestran a continuación:

Tabla 4: Potencia ahorrada

Iluminación Actual	Reflector Led	Ahorro de Watios	Cantidad de cambios	Watios ahorrados
440 W	100 W	340	3	1020

Tabla 5: Energía ahorra mensual

kWatios ahorrados	Horas/Día	Días de uso semanal	Semanas de consumo al mes	kWh ahorrados al mes
1.02 kW	2	5	4	40.8 kWh

Tabla 6: Coste de energía ahorrada mensual y anualmente

kWh ahorrados al mes	Coste de energía por kWh (Según factura)	Coste energético ahorrado mensual	Meses	Coste energético ahorrado anual
40.8 kWh	0.10 \$	4.08 \$	12	48.96 \$

Tabla 7: Ahorro energético a lo largo de la vida útil

Vida útil del Led	Horas de uso al año	Estimación de vida de los Leds	Ahorro energético anual	Coste energético total
50000	520	96.15 Años	48.96 \$	4707.50 \$

4.1.2. Dimensionamiento de una central de generación fotovoltaica

[1] Se le denomina dimensionado a una serie de procesos de cálculo que logran optimizar el uso y la generación de la energía eléctrica solar, realizando un balance adecuado entre ellas, desde los puntos de vista técnico y económico.

El primer aspecto que debemos considerar a la hora de realizar el diseño es el consumo de energía. Para conocer cuánta energía eléctrica se requiere para alimentar los dispositivos que serán empleados en dicha instalación, se deben tener en cuenta las características eléctricas de los equipos y el tiempo de empleo por parte del usuario del sistema. Es decir, se hace necesario conocer o estimar la corriente y la tensión o voltaje de trabajo de los equipos instalados y el número de horas diarias de trabajo, teniendo en cuenta las posibles ampliaciones que en el futuro se hagan en la instalación proyectada.

Como segundo aspecto a tener en cuenta en el diseño y no de menos importancia está la disponibilidad en el sitio de instalación del recurso solar, el cual se define como: La cantidad de radiación solar global o total que incide al día sobre los módulos solares y que se expresa en kW/m²*día [Horas de Sol máximo u horas de sol pico (HSP)].

Para obtener este dato se puede medir al menos durante un año la radiación solar en el sitio de la futura instalación, pero lo más práctico y generalizado es el uso de las tablas de radiación y los mapas de radiación, que han sido desarrollados por el Instituto de Meteorología y otros organismos e instituciones como la Organización Meteorológica Mundial (OMM) con la ayuda de sus estaciones de medición de la radiación y el uso de satélites meteorológicos.

En la práctica, se toma como valor de la radiación, el promedio de los tres meses de peor radiación solar durante el año en la estación de medición más cercana al lugar de la instalación.

Los resultados de la medición de la radiación solar están avalados por un número considerable de años de investigación, por lo que constituyen un dato confiable a utilizar junto con los valores de consumo, y constituyen la base del cálculo del sistema.

En este aspecto se debe tener en cuenta las condiciones climatológicas y meteorológicas del lugar de instalación, ya que estas varían notablemente con la orografía del lugar. Es decir, no es lo mismo en una llanura, que en las zonas montañosas o en una isla.

Es muy importante tener en cuenta la nubosidad del lugar durante el año, que se expresa como el porcentaje del cielo cubierto por nubes a lo largo del año e influye notablemente en el rendimiento del sistema de generación solar y a los días consecutivos sin Sol, en los cuales el sistema solar depende del funcionamiento del banco de baterías y se denomina: sistema autónomo.

La determinación de este valor (Número de días de autonomía) es muy importante, ya que incide directamente en el tamaño del banco de baterías electroquímicas de acumulación, en la fiabilidad del sistema y en el costo de este.

Se debe tener en cuenta para que tipo de uso está diseñado el sistema solar, ya que, por ejemplo, no es lo mismo el número de días de autonomía para un sistema profesional de telecomunicaciones, que para la alimentación eléctrica de una vivienda aislada en una zona montañosa o zona no interconectada.

Existen diferentes sistemas de cálculo, desde los más sencillos hasta los más sofisticados que son realizados por una computadora con simulación del sistema proyectado, pero todos se basan en un algoritmo que se explica a continuación.

4.1.2.1. Identificación de la radiación solar en el cantón Salitre

De acuerdo con la página <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/> de la NASA, se obtuvo la siguiente información de radiación solar en el Cantón Salitre utilizando los siguientes parámetros:

- Latitud: -1.832
- Longitud: -79.813

Tabla 8: Niveles de radiación mensuales sobre la ubicación del proyecto

Mes	Radiación Solar Horizontalmente kWh/m ² /d
Enero	4.21
Febrero	4.38
Marzo	4.76
Abril	4.64
Mayo	4.18
Junio	3.78
Julio	3.81
Agosto	4.21
Septiembre	4.32
Octubre	3.97
Noviembre	4.21
Diciembre	4.09
Promedio	4.21

De acuerdo a los valores obtenidos seleccionaremos la condición de trabajo más desfavorable que se pueda presentar, por lo que trabajaremos con el nivel más bajo de **Radiación solar = 3.78 kWh/m²** con la finalidad de dimensionar nuestro sistema fotovoltaico.

4.1.2.2. Cálculo del consumo de energía

[15] En la Tabla 6 se muestra las cargas que serán alimentadas por el generador fotovoltaico de acuerdo a las necesidades de la institución, considerando la potencia y el tiempo que serán usadas cada una de estas diariamente:

Tabla 9: Consumo energético de la institución

Equipo	Consumo	Cantidad	Uso	Energía
--------	---------	----------	-----	---------

Reflector Led	100 W	3	2 Horas	600 Wh/Día
Total				600 Wh/Día

El factor de inversión usado en la transformación de corriente continua a corriente alterna, que representa la pérdida de potencia para la alimentación de los reflectores tipo Led a plena carga:

$$\text{Factor de inversión} = 1.1$$

$$\text{Carga diaria equivalente} = 1.1 * \text{Carga Diaria} = 1.1 * 600 = 660 \text{ Wh/Día}$$

El voltaje de nuestro sistema se fija con el siguiente valor:

$$\text{Voltaje del sistema} = 12 \text{ Vdc}$$

$$\text{Carga diaria de corriente} = \frac{\text{Carga diaria equivalente}}{\text{Voltaje del sistema}} = \frac{660}{12} = 55 \text{ A}$$

Para los cálculos se toma un margen de seguridad debido a las pérdidas en el sistema fotovoltaico (Ej. Caídas de tensión en cables):

$$\text{Factor de pérdida} = 1.1$$

$$\text{Carga de corriente corregida} = 1.1 * \text{Carga diaria de corriente} = 1.1 * 55 = 60.5 \text{ A}$$

Como ya se conoce previamente el valor de radiación solar ya se puede obtener la corriente pico del sistema:

$$\text{Corriente pico del sistema} = \frac{\text{Carga de corriente corregida}}{\text{Radiación solar}} = \frac{60.5}{3.78} \approx 16 \text{ A}$$

4.1.2.3. Dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos

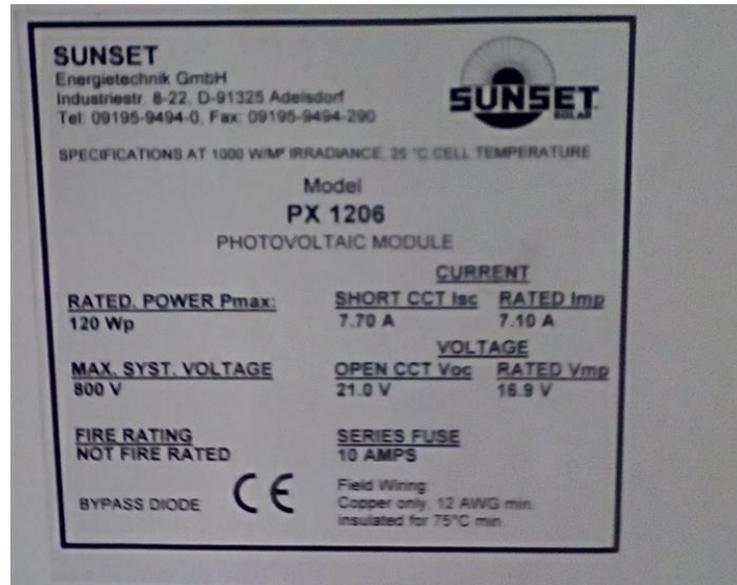


Figura 29: Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico SUNSET PX 1206

Especificaciones técnicas para cálculos:

- $P_{max} = 120 \text{ W}$
- $V_{mp} = 16.9 \text{ V}$
- $I_{sc} = 7.70 \text{ A}$

Conociendo la corriente pico del sistema de 16 A y la corriente pico en placa de los paneles provistos (I_{sc}), se puede obtener la cantidad de paneles que conforman el arreglo de módulos en paralelo:

$$\text{Módulos en paralelo} = \frac{\text{Corriente pico del sistema}}{I_{sc}} = \frac{16}{7.8} = 2.05$$

Como conocemos la tensión del sistema es de 12 Vdc y la tensión nominal en placa de los módulos (V_{mpp}) es de 16,5 Vdc, podemos obtener el coeficiente de relación de voltajes que sirve para determinar la cantidad final de módulos necesarios:

$$\text{Coeficiente de relación de voltajes} = \frac{\text{Voltaje del sistema}}{V_{mpp}} = \frac{12}{16.5} = 0.72$$

Es así como usando la siguiente fórmula obtenemos la cantidad final de paneles:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de paneles} &= \text{Módulos en paralelo} * \text{Coeficiente de relación de voltajes} \\ &= 2.05 * 0.72 \approx 2 \end{aligned}$$

4.1.2.4. Dimensionamiento de baterías

Sabiendo la carga de corriente diaria de 61 A, ahora se necesita definir la cantidad de días de autonomía que el sistema podrá alimentar las cargas sin contar de luz solar, esta cantidad queda definida en 2, lo que hace que la capacidad nominal del banco de baterías sea de 122 A.

$$\text{Capacidad nominal de baterías} = \text{Carga corriente diaria} * \text{Días de autonomía} = 61 * 2 = 122 \text{ A}$$



Figura 30: Baterías Millennium conectadas en paralelo

De los datos técnicos de la batería escogida se conoce que tiene una profundidad de descarga de 0.7 y una capacidad de 120 Ah a 12 Vdc. De este valor de 0.7 se obtiene la capacidad corregida del banco que es de 173 A.

$$\text{Capacidad corregida} = \frac{\text{Capacidad nominal de baterías}}{\text{Profundidad de descarga}} = \frac{122}{0.7} = 172.29 \text{ A}$$

Al ser la capacidad del banco de 173 A y la tensión del sistema a 12 Vdc, se necesitó de dos baterías con las características mencionadas.

4.1.2.5. Dimensionamiento del inversor de voltaje

Al ser la carga máxima del proyecto de 300 W, solo se necesitó de un inversor de capacidad superior que pueda abastecer el sistema de iluminación Led.

Se escogió un inversor a 120 Vac de 400W.



Figura 31: Inversor de voltaje, con entrada de 12 Vdc y salida de 120 Vac

4.1.2.6. Dimensionamiento del regulador de carga

El regulador de carga administra la corriente pico del sistema entre módulos, baterías e inversor, por lo que solo es necesario contar con un regulador capaz de aguantar la carga de 16 A. El regulador usado está sobredimensionado siendo capaz de regular la carga del sistema y uno mucho más grande si se piensa ampliar en algún momento el proyecto.



Figura 32: Regulador de carga en funcionamiento

4.1.3. Instalación de la estructura metálica

Para poder conseguir la mejor recepción de energía solar y sacar el máximo rendimiento de los módulos fotovoltaicos para suministrar energía al sistema de

iluminación Led es importante que se encuentre bien orientada y con el grado de inclinación adecuado a la temporada de uso de la central fotovoltaica.

Nuestra estructura está orientada hacia el sur y con un ángulo de inclinación de 10° ya que nos encontramos sobre la línea ecuatorial.

La estructura de los módulos fotovoltaicos como se muestra en la Figura 33, se fijó en la terraza de la institución educativa.



Figura 33: Estructura para ubicación de módulos fotovoltaicos

4.1.3.1. Conexión de módulos fotovoltaicos

En nuestro proyecto los módulos fotovoltaicos son conectados en paralelo como se muestra en la Figura 34, lo que estamos haciendo es mantener fijo el voltaje y sumar la intensidad de los módulos.

En nuestro caso tenemos 2 módulos de 12 Vdc en paralelo, el total sigue siendo 12 Vdc y la intensidad es la suma de las intensidades de los módulos que en este caso sería 7.70 A (Isc), dando un total de 15.40 A.



Figura 34: Conexión en paralelo de los módulos fotovoltaicos

4.1.4. Instalación de reflectores Leds

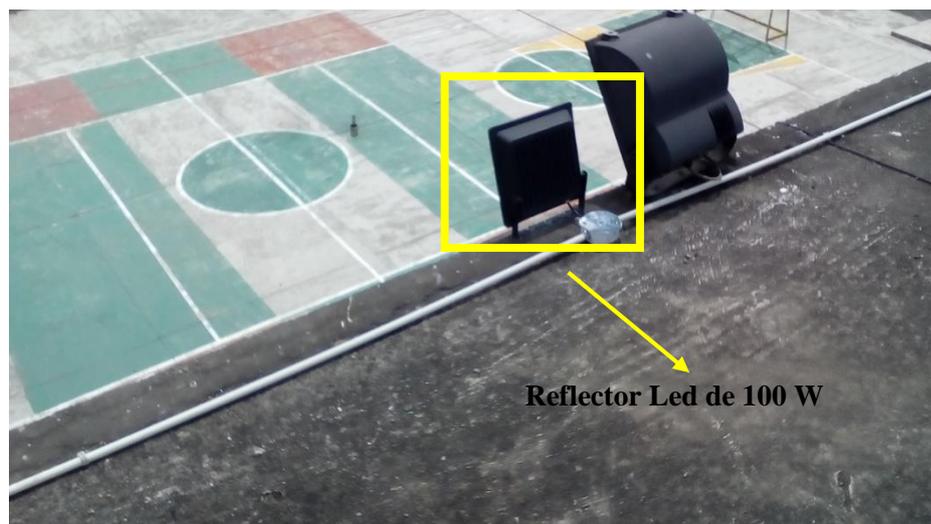


Figura 35: Instalación de un reflector Led de 100 W

La instalación de los reflectores se lo hizo en la terraza de la institución como se muestra en la Figura 35, realizando el cableado de cada una de ellas por medio de tubería PVC y su respectiva roseta para proteger las uniones.

4.1.5. Tablero de control eléctrico

Los tableros tienen un acabado de plástico, aquí se unen todas las conexiones eléctricas y electrónicas tales como sensores, interruptor electromagnético, un interruptor para el encendido del sistema de iluminación, entre otros. Dentro del tablero está el equipo para la adquisición de datos que se encarga de monitoreo de las variables energéticas. A continuación, véase las figuras 36, 37 donde se da el inicio y culminación en el armado del tablero de control para el sistema, en contexto se muestra la ubicación de todo el sistema.



Figura 36: Tablero de control eléctrico



Figura 37: Ubicación del sistema en la institución educativa

4.1.6. Diseño del equipo para adquisición de datos (EAD)

4.1.6.1. Diseño del hardware

El diseño del hardware del equipo de adquisición de datos está dividido en cuatro etapas principales, detalladas de la siguiente forma:

1. La primera etapa consta de la adquisición de las señales con los sensores de corriente y voltaje.
2. La segunda parte consiste en la adecuación de estas señales, para lo cual se emplea un seguidor de tensión usando el integrado LM358.
3. La tercera se basa en el uso de la tarjeta Arduino Mega 2560 R3 empleada para el procesamiento digital de las señales obtenidas.
4. La cuarta consta de la visualización de los parámetros medidos mediante un display LCD de 20x04 con comunicación I2C.

Para tener un concepto más claro del hardware empleado, se lo presenta la Figura 38 con su diagrama de bloques respectivo.

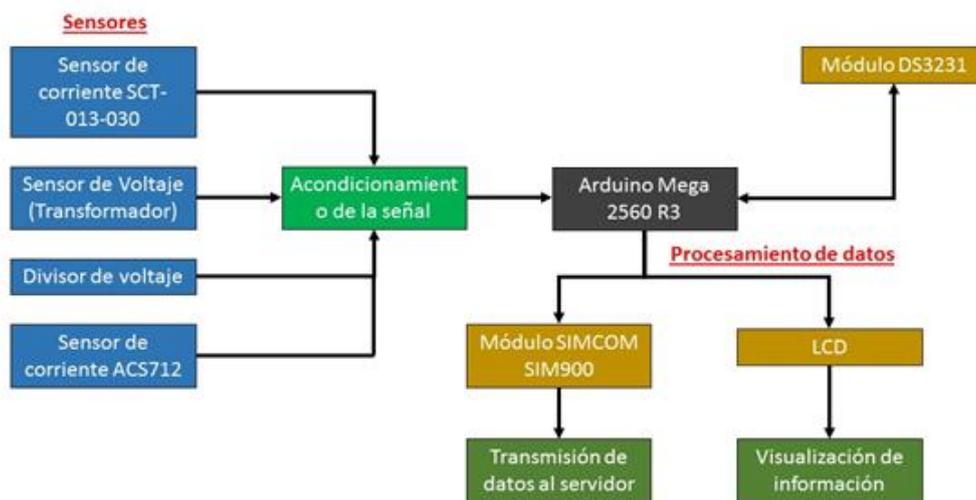


Figura 38: Diagrama de bloques del EAD

4.1.6.2. Elementos principales del EAD

En esta sección se detalla los elementos utilizados en el desarrollo del hardware del EAD, especificando sus principales características y conexiones.

4.1.6.2.1. Sensor de corriente ACS712



Figura 39: Sensor de corriente Allegro ACS712

Fuente: [16]

Recuperado de: <http://electronilab.co/tienda/modulo-sensor-de-corriente-acs712-30/>

[16] El sensor de corriente con tecnología de efecto hall. Capacidad de 30 Amperios en corriente alterna y corriente directa.

Este sensor está basado en el circuito integrado ACS712 de Allegro MicroSystems permite medir la cantidad de corriente que fluye a través de un circuito de corriente alterna (AC) o corriente directa (DC). El método de sensado es a través de un sensor de efecto hall que provee un voltaje de salida proporcional a la corriente que fluye en el circuito.

Especificaciones técnicas:

- Voltaje de salida: 66mV/A.
- Voltaje de operación: 4.5V ~ 5.5V.
- Salida de voltaje sin corriente: VCC/2.
- Resistencia interna: 1.2 mΩ.
- Sensibilidad de salida: 66 a 185 mV/A.

4.1.6.2.2. Divisor de voltaje

Una de las partes importantes en el diseño del sistema es el divisor de voltaje (Figura 40) ya que este permite obtener un rango de medición alto de los voltajes de entrada de los módulos, de lo contrario no se podría medir voltajes superiores a cinco voltios sin averiar el ADC (Convertor análogo digital) del Arduino.

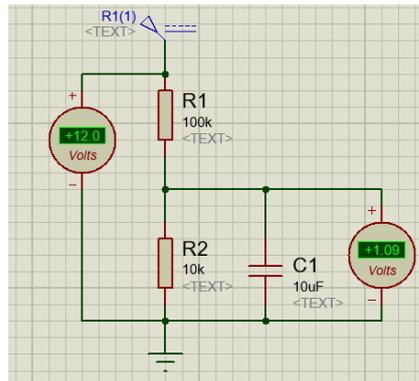


Figura 40: Divisor de voltaje

4.1.6.2.3. Sensor de corriente SCT-013-030



Figura 41: Sensor de corriente SCT-013-030 no invasivo.

Fuente: [17]

[17] El sensor de corriente SCT-013-030 (Véase Figura 41) es muy fácil de manejar y acoplar. Puede colocarse como una pinza alrededor de un cable que entre a una acometida sin la necesidad de realizar algún trabajo de alto voltaje midiendo corriente de 0 hasta 30 A AC.

Funcionan como transformadores por el principio físico de inducción electromagnética.

Especificaciones técnicas:

- Corriente de entrada (Inducción): 0-30A AC.
- Voltaje de salida: 0-1V.
- No linealidad: $\pm 1\%$.
- Resistencia (RL): 62Ω .
- Turn Ratio: 1800:1.
- Fuerza dieléctrica (Entre la carcasa y la salida): 1000V AC/1min 5mA.

4.1.6.2.3.1. Acondicionamiento y calibración del sensor SCT-013-030

[18] Para conectar el sensor a Arduino, la señal del CT necesita ser acondicionada y calibrada para su correcto funcionamiento. Esto se lo realiza en base al circuito de [Open Energy Motor](#) y su librería “Emonlib.h” siguiendo los siguientes pasos:

Calcular la resistencia de carga:

La señal de corriente debe ser convertida en una señal de voltaje porque el sensor SCT-013-030 tiene salida de corriente. El sensor es calibrado para medir un máximo de 30 AC RMS así que primero tenemos que conocer la corriente pico actual:

$$I(\text{Medida}) = \sqrt{2} * I(\text{RMS}) = \sqrt{2} * 30 = 42.3 \text{ A}$$

La corriente de salida se la define por el número de vueltas que en este caso es 1800:

$$I(\text{sensor}) = \frac{I(\text{medida})}{\text{Vueltas}} = \frac{42,3}{1800} = 0.0235 \text{ A}$$

A medida que la corriente está alternando alrededor de 0 y para maximizar la resolución de la medición, el voltaje máximo en la resistencia de carga debe ser la mitad de lo máximo dado por la tarjeta Arduino $\frac{5}{2} = 2.5 \text{ Vdc}$ y calculamos el valor de la misma:

$$R(\text{Carga}) = \frac{2.5}{I(\text{sensor})} = \frac{2.5}{0.0235} = 106.38 \Omega$$

Para una mejor calibración utilizaremos un potenciómetro de 1 k Ω para poder tener mejoras en la medición.

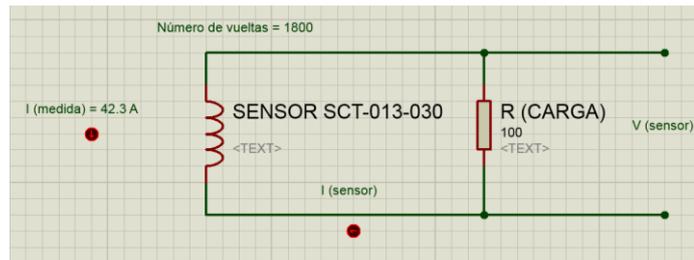


Figura 42: Resistencia de carga acoplada al sensor

Arduino no puede medir tensión negativa, por lo que necesitamos tener V (Sensor) = 2.5 Vdc para tener una tensión medible entre 0-5 Vdc. Para eso añadimos a nuestro circuito los siguientes elementos:

- 2 resistencias para el divisor de voltaje ($R_a = R_b = 10\text{ k}\Omega$ es bueno para evitar demasiado consumo de energía).
- 1 condensador electrolítico $C1 = 10\text{ uF}$ que tiene una baja reactancia, unos pocos cientos de ohmios y proporciona un camino alternativo para la corriente alterna y eludir la resistencia.

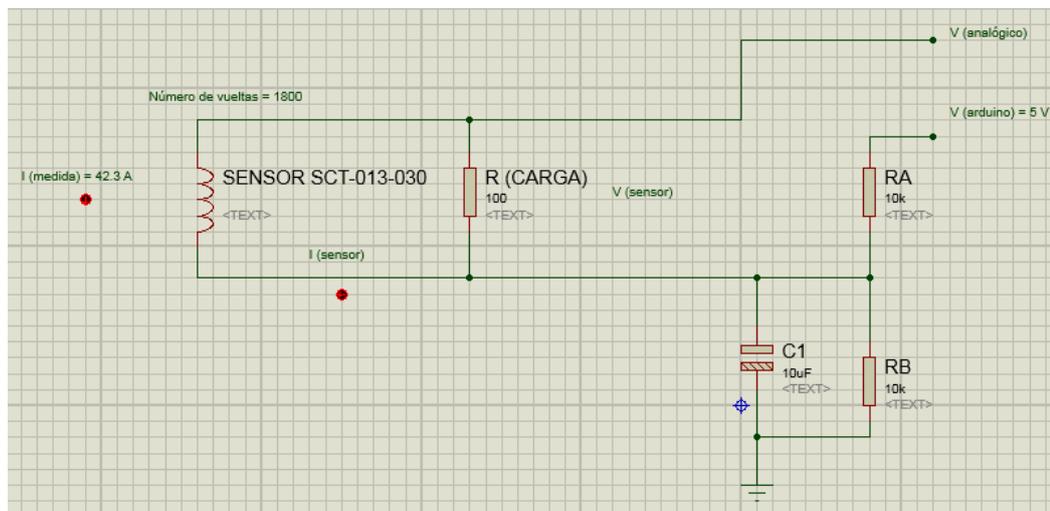


Figura 43: Circuito de acondicionamiento del sensor SCT-013-030

El valor a colocar en la función *Energy.current* (*pin_analógico*, *calibración*), de la librería “EmonLib.h” correspondiente a la calibración y es calculado de la siguiente manera:

$$\text{Calibración} = \frac{\text{Vueltas}}{R(\text{carga})} = \frac{1800}{100} = 18$$

4.1.6.2.4. Sensor de voltaje

[19] El transformador de tensión es necesario para medir las variables de energía eléctrica, además este nos brinda seguridad ya que no se requiere tener contacto con la red de 220 Vac, el transformador nos proporciona un aislamiento entre la alta tensión y baja tensión. Los transformadores de voltaje pueden venir de diferentes tensiones nominales lo cual depende del diseño, material y construcción, en este caso se utiliza el transformador que se muestra en la Figura 44 el cual tiene las siguientes características:

- Voltaje de entrada: 120/240 Vrms.
- Voltaje de salida: 9 Vrms.
- Frecuencia: 60/50 Hz.
- Corriente: 1000mA.

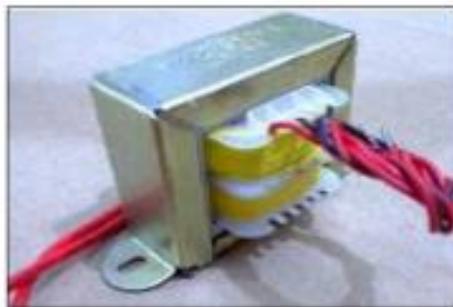


Figura 44: Transformador de voltaje

4.1.6.2.4.1. Acondicionamiento y calibración del sensor de voltaje

[18] Al igual que en el caso de la medición de corriente con un sensor de CT, el objetivo principal de la electrónica de acondicionamiento de señal que se detalla a continuación, es condicionar la salida del transformador de corriente alterna por lo que cumple los requisitos de las entradas analógicas Arduino.

Así tenemos que:

- Bajar la forma de onda.
- Añadir un offset así que no hay componente negativo.

La forma de onda se puede escalar hacia abajo mediante un divisor de voltaje conectado a través de los terminales del adaptador, y el desplazamiento puede añadirse utilizando una fuente de tensión creada por otro divisor de tensión conectado a través de la fuente de alimentación de la placa Arduino.

Aquí está el diagrama del circuito y las formas de onda de tensión:

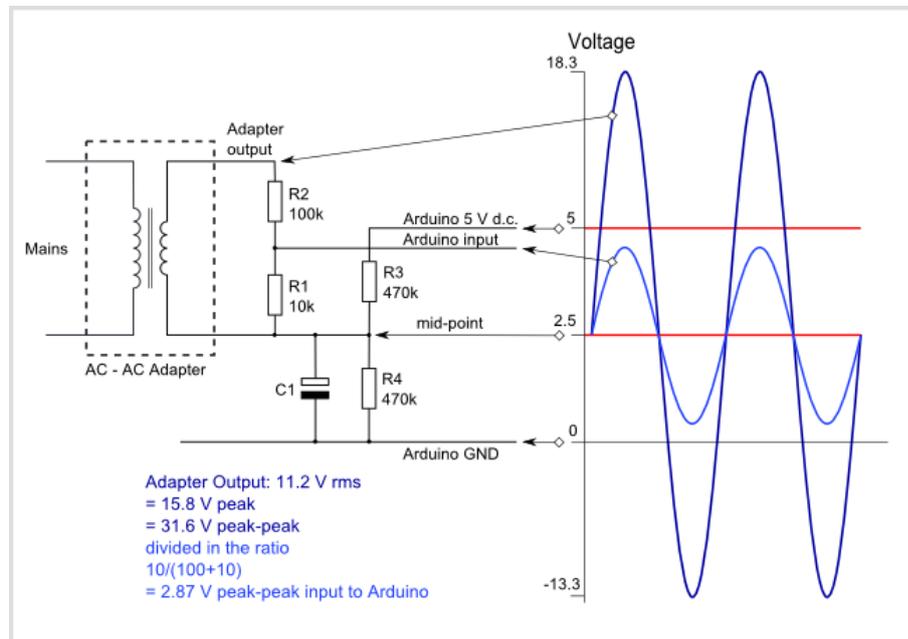


Figura 45: Diagrama del circuito Open Energy Monitor para medir voltaje alterno

Fuente: [18]

Las resistencias R1 y R2 forman un divisor de tensión que se escala por la tensión de corriente alterna del transformador. Las resistencias R3 y R4 proporcionan la polarización de tensión. El condensador C1 proporciona una trayectoria de baja impedancia a tierra de la señal de corriente alterna. El valor entre 1 uF y 10 uF será satisfactorio.

R1 y R2 deben ser elegidos para dar un pico de voltaje de salida de ~ 1 Vdc. Para un adaptador de CA - CA con una producción de 9 Vrms, una combinación de resistencia de 10 kΩ para R1 y R2 100 kΩ sería adecuado, como se muestra en la fórmula:

$$\text{Voltaje pico de salida} = \frac{R1}{R1 + R2} * \text{Voltaje pico de entrada} = \frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 100 \text{ k}\Omega} * 12.17$$

$$= 1.15 \text{ Vac}$$

4.1.6.3. Acondicionamiento de las señales

Las señales provenientes de los sensores o circuitos deben ser acondicionadas eléctricamente para que el microcontrolador pueda recibirlas a través de sus puertos de entrada y así procesarlas.

Se utiliza el encapsulado LM358N, un amplificador operacional configurado para instrumentar las señales de entrada al microcontrolador.

Con el fin de disminuir el error en la medida de los voltajes se incorpora en el circuito un AO configurado en modo seguidor de tensión, esto nos permite obtener una medida más exacta en la medición de los voltajes, el AO utilizado en el circuito es el LM358N. Se observa (Figura 46) la simulación del divisor del voltaje en *Proteus* y los voltajes de entrada y salida, en el diseño se incorpora un amplificador operacional LM358N en modo seguidor de tensión, para mejorar la precisión en la medida.

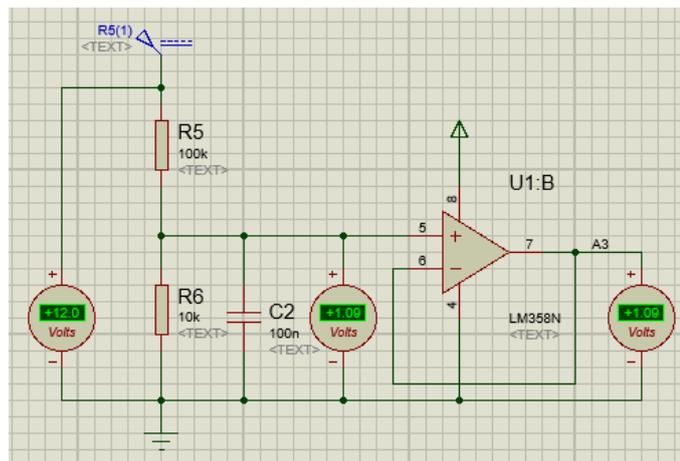


Figura 46: Seguidor de tensión simulado en Proteus

4.1.6.4. Acople e instalación del EAD en el tablero eléctrico

4.1.6.4.1. Conexiones

La conexión del equipo al sistema de generación fotovoltaico es relativamente sencilla ya que consta de muy pocas conexiones y es intuitiva para minimizar en riesgo de error en la conexión y así evitar daños en el equipo de telemetría, en la siguiente imagen (Figura 47) se hace una descripción de cada conexión.



Figura 47: Descripción de las conexiones del equipo

1. Alimentación del equipo.
2. Antena del módulo SIM900.
3. LCD (Información).
4. Entradas para las variables a monitorear (Ej. Corriente de los módulos fotovoltaicos, etc.).

4.1.6.4.2. Descripción de la información mostrada en LCD

El equipo, mediante una pantalla de LCD permite la visualización local de las variables a monitorear cual se hace primordial para el operario del sistema (Figura 48). A continuación, se hace una descripción detallada de cada dato mostrado.

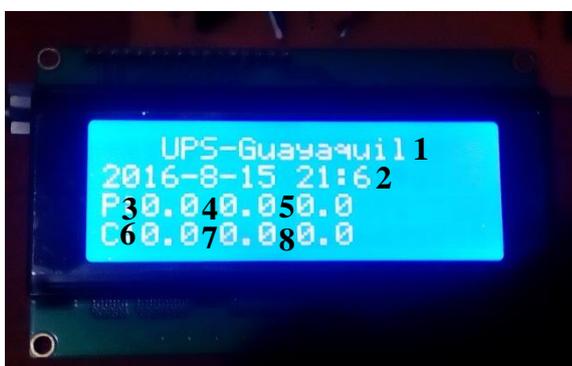


Figura 48: Información en LCD para monitoreo local

1. Encabezado.
2. Fecha y hora actual.

3. Voltaje de los módulos fotovoltaicos.
4. Corriente de los módulos fotovoltaicos.
5. Potencia generada por los módulos fotovoltaicos.
6. Voltaje inyectado a la carga.
7. Corriente suministrada a la carga
8. Potencia consumida por la carga.

4.1.7. Envío de datos mediante el módulo SIM900

En esta sección se detalla la instalación y conexión del módulo SIM900 a la tarjeta Arduino y también se describe el algoritmo para su funcionamiento para la conexión al servidor Emoncms.

4.1.7.1. Instalación de la SIMCARD en el módulo SIM900

Como se ha descrito anteriormente la telemetría, utiliza la red celular GSM/GPRS para la transmisión de los datos a un servidor, para que esto sea posible es necesario la utilización de una SIMCARD igual a la que utiliza un teléfono celular convencional ya sea prepago o pospago, lo importante es que se cuente con servicio de internet. Utilizaremos una tarjeta SIM del proveedor Claro por motivos que no se encontraron inconvenientes en cuanto a cobertura, en la Figura 49 se muestra la instalación de la tarjeta SIM en el módulo.



Figura 49: Instalación de tarjeta SIM en módulo SIM900

4.1.7.2. Conexión con Arduino MEGA 2560 R3

Utilizamos la librería “SoftwareSerial.h” de Arduino, por lo tanto, debemos puentear en el módulo SIM900 para trabajar con dicha librería.

Para que la librería funcione correctamente, al menos el pin RX debe ser uno que admita interrupciones y en la tarjeta MEGA 2560 serán el pin D10, D11 como se muestra en la Figura 50 la conexión.

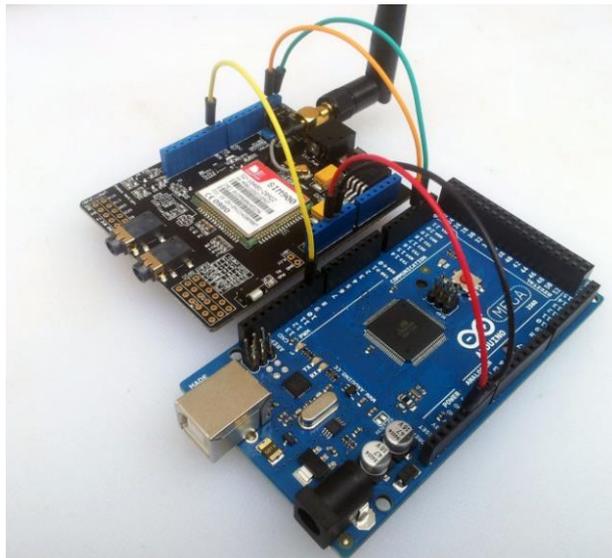


Figura 50: Conexión entre módulo SIM900 y Arduino MEGA 2560

Recuperado de:

https://ermagherd.files.wordpress.com/2013/04/img_20130407_120640.jpg?w=6

50

4.1.7.3. Algoritmo para el envío de datos

El módulo SIM900 posee ciertos comandos que facilitan enormemente el establecimiento de conexiones TCP o UDP. Para el caso del módulo la conexión GPRS se realiza siguiendo el siguiente algoritmo desarrollado:

1. Iniciamos la conexión GPRS (AT+CGATT?).
2. Configuramos el tipo de configuración como simple (AT+CIPMUX=0).

3. Seleccionamos el modo de operación TCP/IP como no transparente (AT+CIPMODE=0).
4. Definimos el APN, usuario y clave del operador móvil (AT+CSTT="internet.claro.com.ec","", "").
5. Activamos el perfil de datos inalámbricos (AT+CIICR).
6. Verificamos que se obtenga una dirección IP para el módulo (AT+CIFSR).
7. Comenzamos la conexión a la página web (AT+CIPSTART="TCP", "80.243.190.58", "80").
8. Enviamos los datos (AT+CIPSEND).
9. Cerramos la conexión TCP (AT+CIPCLOSE).
10. Cerramos la conexión cuando no se utilice (AT+CIPSHUT=0)

4.1.8. Almacenamiento y visualización de datos usando aplicación Emoncms

Para almacenar y visualizar los datos obtenidos por el equipo, se escogió una plataforma tecnológica en la nube, que cuenta con servicio gratuito para la recepción y almacenamiento de datos provenientes de sensores.

Emoncms se define como una “Plataforma como un Servicio” (PaaS) para la Internet de las Cosas. Esencialmente Emoncms es una nube especializada en recibir y desplegar información de los distintos sensores de los cuales se requiera almacenar y publicar información. Para acceder a los servicios de Emoncms es necesario tener una cuenta de usuario. De no existir, se debe registrar en la plataforma para crear una cuenta en emoncms.com. Ésta permitirá obtener el usuario y la contraseña para poder obtener los parámetros y subir los datos provenientes de los sensores a la plataforma web.

4.1.8.1. Ingreso a la aplicación Emoncms

Para el caso específico de nuestra cuenta una vez realizado el registro, tenemos la siguiente información de usuario:

- Username: upsfranciscano

- Password: ups2016

Con la información de la cuenta de usuario se procede a dar clic en el botón “Login” para poder entrar a nuestra cuenta (Figura 51).

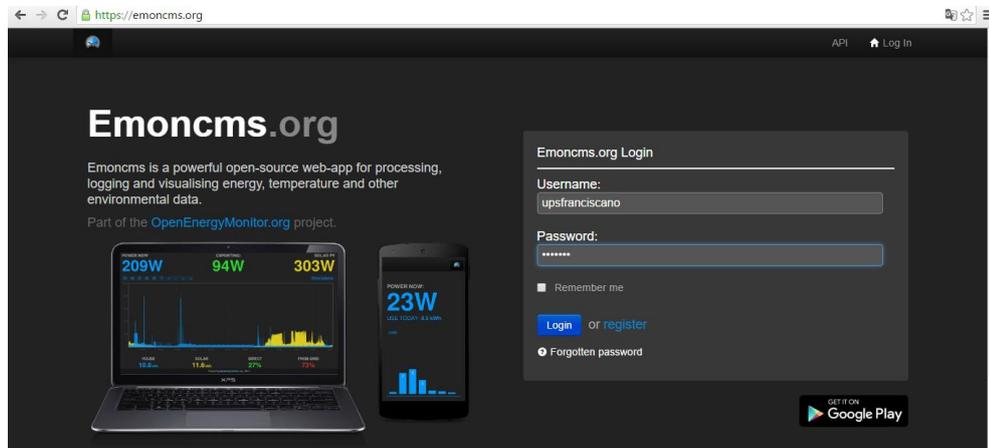


Figura 51: Ingreso a la aplicación web Emoncms

4.1.8.2. Configuración de aplicación Emoncms

Para poder utilizar la aplicación es necesario realizar unas configuraciones básicas para su buen funcionamiento, estas configuraciones dependen de las variables a almacenar.

A continuación, se detalla cada uno de los módulos usados de la aplicación.

4.1.8.2.1. Creación de Inputs para variables a monitorear

Para poder visualizar los datos que están siendo obtenidos por el equipo, primero que todo se debe iniciar sesión, cuando se ha realizado el anterior paso comenzaremos a crear cada uno de los inputs a monitorear de cada variable. Por ejemplo, creamos el input para el voltaje de los paneles en la barra del navegador ponemos la siguiente dirección

<https://emoncms.org/input/post.json?json={1:0}>

La cuál una vez hecho click el servidor dará una respuesta de **Ok**, el cual significa que se creó correctamente el input. Y procedemos a realizar el mismo procedimiento para cada una de las variables del sistema, como se muestra en la Figura 52, todos los inputs creados correctamente.

Inputs

Node:	Key	Name	Process list	last updated	value			
0	1	VP	log	inactive	1.27			
0	2	IP	log	inactive	0			
0	3	PP	log	inactive	0			
0	4	VC	log	inactive	118.3			
0	5	IC	log	inactive	0			
0	6	PC	log kWh	inactive	0			

Figura 52: Creación de los inputs a para las variables a monitorear

4.1.8.2.2. Configuración de Feeds

Una vez creados los inputs comenzaremos a crear cada uno de sus Feeds dando click en la llave de configuración como se muestra en la Figura 53.



Figura 53: Entramos a la configuración de cada input

En los voltajes y corrientes tanto de los paneles como de la carga crearemos solo un proceso “log”, el cual solo registra el valor de entrada sin ningún tipo de formula en su procedimiento. En la Figura 54 vemos la creación de un Feed con proceso de log para la medición de voltaje del panel.

Inputs

Node0: VP config

Input processes are executed sequentially with the result being passed back for further processing by the next processor in the input processing list.

Order	Process	Arg	Actions
1	Log to feed	Node0: V (feedvalue:1.27)	

Add process:

Log to feed CREATE NEW: VP Feed engine: Fixed Interval (PHFFINA) - re 10s Add

Log to feed: This processor logs the current selected input to a timeseries feed which can then be used to explore historic data. This is recommended for logging power, temperature, humidity, voltage and current data.

Feed engine:

- PHFFina is the recommended feed engine it is a basic fixed interval timeseries engine and is the same engine used on the EmonPi which makes it possible to migrate the data between emoncms.org and the EmonPi. A fixed interval feed engine makes use of the typically regular nature of timeseries data the timestamp does not need to be stored as data is recorded and posted at a fixed interval i.e every 10 seconds halving the required disk space and providing faster data access.
- PHPTimeseries is for data posted at a non regular interval such as on state change.

Feed interval: When selecting the feed interval select an interval that is the same as, or longer than the update rate that is set in your monitoring equipment. Setting the interval rate to be shorter than the update rate of the equipment causes un-needed disk space to be used up.

Figura 54: Creación de un Feed con proceso de Log para el voltaje del panel

Colocamos en tiempo de 60 s por que debe ser un intervalo mayor al envío de datos del módulo SIM900, que en práctica demora unos 50 s cada lectura y envío según las pruebas realizadas y damos click en “Add”.

Para la potencia de la carga crearemos un Feed adicional el cuál realiza una conversión de potencia a un contador de energía consumida por cada hora de uso, como se muestra en la Figura 55.

↑	2	Power to kWh	Node0: P kWh
---	---	--------------	--------------

Figura 55: Creación de un Feed con proceso de Potencia a kWh para la potencia de la carga

4.1.8.2.3. Creación del Dashboard

En el Dashboard utilizaremos varios elementos como por ejemplo una gráfica en tiempo real para ver los kWh de los módulos y la carga, también utilizaremos el widget dial para monitorear el voltaje, corriente y potencia tanto de los módulos como de la carga y obtendremos como resultado final el diseño presentado en la Figura 56.

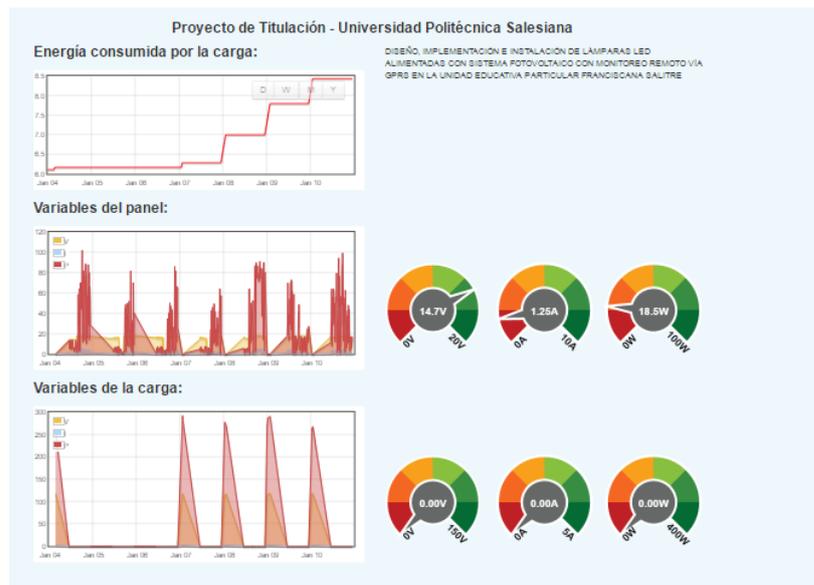


Figura 56: Dashboard creado para el monitoreo de las variables dentro de la aplicación Emoncms

4.1.8.2.4. Aplicación My Electric

La aplicación My Electric es una sencilla aplicación de monitoreo de energía del hogar o edificio para poder explorar el consumo de electricidad a cada momento. Incluye en su interfaz una visión en tiempo real. En la Figura 57 realizamos la configuración de la siguiente manera:

1. Insertamos la potencia de la carga,
2. Insertamos la energía consumida por la carga,
3. Costo del kWh según la factura.
4. Colocamos el valor de la moneda.

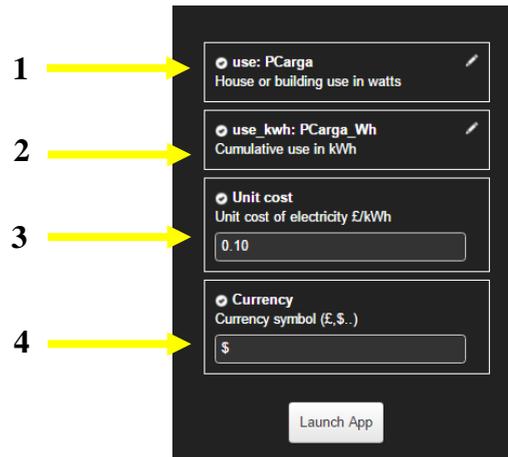


Figura 57: Configuración de la aplicación My Electric

Luego de hacer la configuración damos click en botón “Launch App” para entrar a la interfaz de la aplicación, como se muestra en la Figura 58:

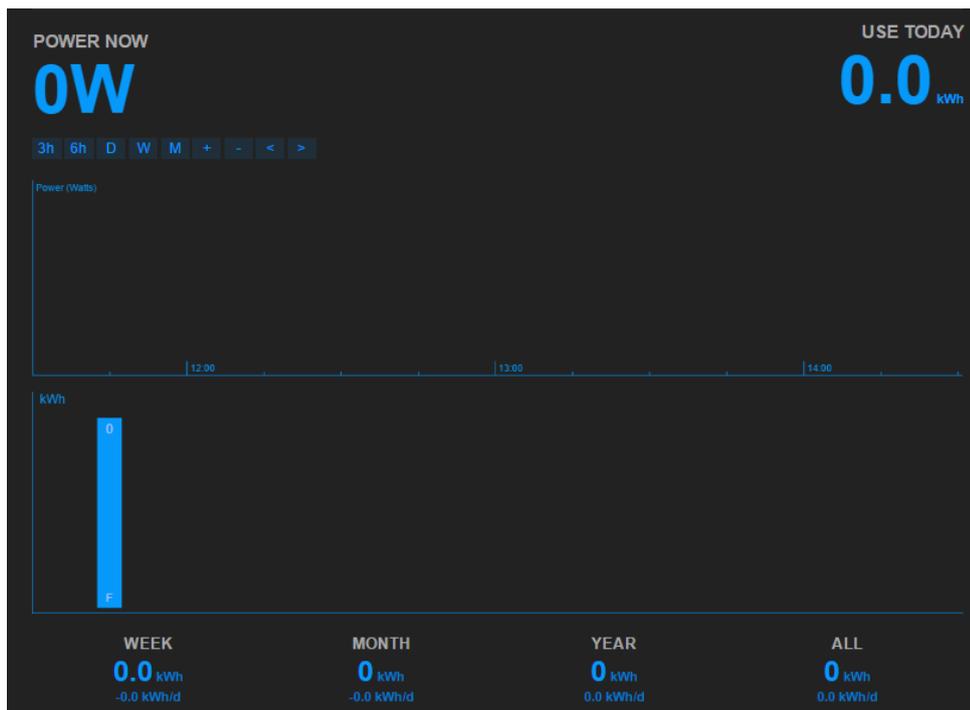


Figura 58: Interfaz de la aplicación My Electric dentro de Emoncms

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se detalla el correcto funcionamiento del sistema de iluminación Led, central de energía fotovoltaico, donde se realizaron pruebas de las variables energéticas, pruebas del equipo para adquisición de datos y también el modelo cliente (Módulo SIM900) servidor (Emoncms) para el envío y almacenamiento de datos respectivamente.

4.2.1. Resultados del sistema de iluminación Led

El sistema de iluminación Led alimentadas con un voltaje nominal de 117 Vac tuvo buenos resultados, notando la diferencia con el sistema actual que posee la institución.

Por lo tanto, la eficiencia lumínica en algunos sectores del área recreativa mejoró notablemente como se muestra en la Figura 59, eso se deber a la mejor calidad de la tecnología Led en comparación con la de Halógeno.



Figura 59: Sistema de Iluminación Led en funcionamiento

4.2.2. Resultados de voltaje y corriente en módulos fotovoltaicos

Se procedió a comprobar el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos midiendo su V_{oc} e I_{sc} para posteriormente compararlos con los datos del fabricante, y así no tener problemas a la hora de alimentar la carga, en las Figuras 60, 61 se muestran las medidas de voltaje y corriente respectivamente, las mediciones se realizaron a las 12pm del día, cuando la radiación obtenida es de forma directa golpeando perpendicularmente al módulo logrando una medida más eficiente en condiciones óptimas.

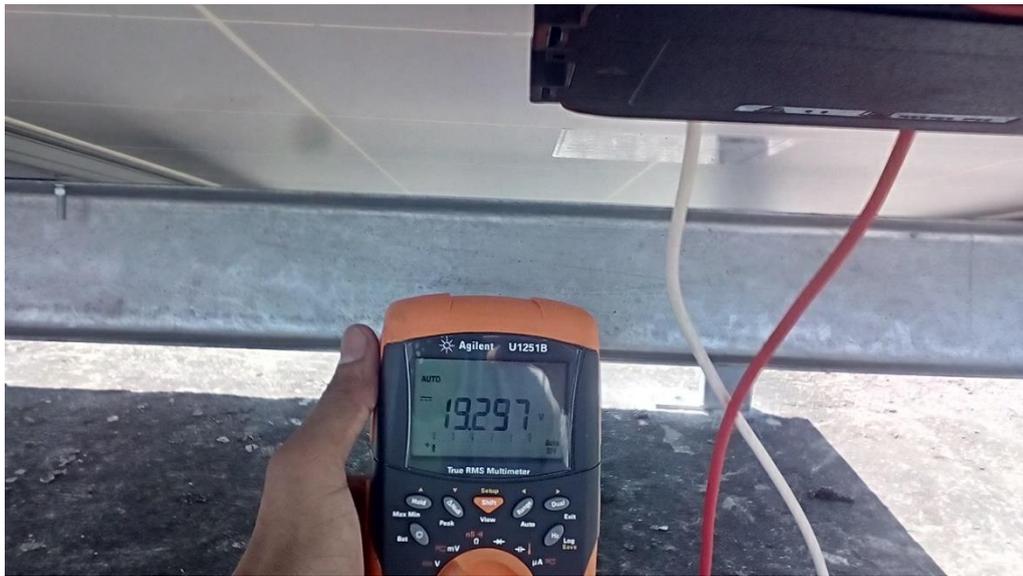


Figura 60: Medición del voltaje del módulo fotovoltaico a circuito abierto



Figura 61: Medición de corriente del módulo fotovoltaico en corto circuito

Los resultados fueron satisfactorios para comprobar el estado y funcionamiento de los módulos, por lo tanto, se llegó a la conclusión que el módulo cumple con un 90% de su eficiencia total cuando se realiza la captación de energía solar en condiciones óptimas.

4.2.3. Resultados del inversor de voltaje

En la Figura 62 se muestra la salida de voltaje del inversor, dónde tiene un voltaje de entrada proveniente del regulador de carga entre 12 y 15 Vdc aproximadamente, suficientes para tener un buen funcionamiento del inversor, según los datos del fabricante.



Figura 62: Voltaje de salida del inversor para alimentación del sistema de iluminación Led

4.2.4. Resultados del EAD

Para comparar los resultados del EAD se utilizó un multímetro “BEK-66B7000” y el amperímetro “FLUKE”. La forma en la que se llevó a cabo las pruebas fue mediante la comparación de las mediciones de los dispositivos anteriormente mencionados y el valor adquirido en el equipo implementado. Se procedió a tomar 5 muestras en intervalos de un minuto de cada una de las variables energéticas del sistema, para luego sacar la desviación y error como las mostramos en las siguientes tablas.

Tabla 10: Comparación del voltaje en módulos fotovoltaicos

“BEK-66B7000”	EAD	Desviación	Error (%)
18.25	18.6	0.35	1.88
18	18.1	0.1	0.55
18.15	18	-0.15	-0.83
18.15	18.45	0.3	1.63
18.5	19	0.5	2.63
Error			-5.86

Tabla 11: Comparación de la corriente generada por los módulos fotovoltaicos

“BEK-66B7000”	EAD	Desviación	Error (%)
4.5	4.8	0.3	6.25
4	4.2	0.2	4.76
4.35	4	-0.35	-8.75
5	4.5	-0.5	-11.11
4.5	4.6	0.1	2.17
Error			-6.68

Se pudo comprobar que tanto que el divisor de voltaje y el sensor de corriente ACS712 tuvieron buenos resultados con el algoritmo y calibración aplicada en la programación, los valores son aproximados a los medidos con los equipos mencionados.

Tabla 12: Comparación del voltaje de alimentación al sistema de iluminación Led

“BEK-66B7000”	Equipo	Desviación	Error (%)
118	116	-2	-1.72
118.5	117	-1.5	-1.28
119	118.4	-0.6	-0.51
117	118.5	1.5	1.27
117.1	118	0.9	0.76
Error			-1.48

Tabla 13: Comparación de la corriente consumida por el sistema de iluminación Led

“FLUKE”	Equipo	Desviación	Error (%)
2.5	2.52	0.02	3.85
2.45	2.6	0.15	25.00
2.6	2.5	-0.1	-20.00
2.5	2.45	-0.05	-11.11
2.55	2.5	-0.05	-10.00

Los resultados obtenidos para las mediciones en la carga fueron satisfactorios debido a la buena calibración de los sensores, tanto de voltaje como de corriente



Figura 63: Datos medidos con el EAD muy cercanos a los obtenidos con instrumentos de medición

4.2.5. Resultados del envío y almacenamiento de datos

Con ayuda del monitor serial del IDE de Arduino podemos ver el funcionamiento del algoritmo anteriormente descrito, el cuál es presentado en la Figura 64.

```

AT+CGATT?
+CGATT: 1
OK
AT+CIPMUX=0
OK
AT+CIPMODE=0
OK
AT+CSTT="internet.claro.com.ec", "", ""
OK
AT+CIICR
OK
AT+CIFSR
10.209.48.193
AT+CIPSPRT=0
OK
AT+CIPSTART="TCP", "80.243.190.58", "80"
OK
CONNECT OK
AT+CIPSEND
PUT /input/post.json?node=0&csv=0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00&aHost: 80.243.190.58
Connection: close
[]
SEND OK
ok
AT+CIPCLOSE
OK
AT+CIPSHUT=0
OK

```

Figura 64: Funcionamiento del algoritmo para el envío de datos a la aplicación Emoncms

El método de petición para la conexión a la red es realizada mediante el comando "AT+CIPSTART", que es la comunicación al servidor por medio del protocolo TCP, donde se determina la dirección a donde van a ser transmitidos los datos en este caso emoncms.org, luego se realiza el envío de en formato de "json" utilizando el "apikey", que es un código de 32 caracteres, que el servidor emoncms.org lo genera al momento se crea una cuenta, este código se lo puede considerar como una llave que nos da acceso a los recursos del servidor para realizar la trasmisión, el proceso del envío de los datos se los realiza en intervalos de tiempo de 4 minutos aproximadamente. En la Figura 65 se presenta el diagrama de bloques implementado para la trasmisión en el equipo.



Figura 65: Diagrama de bloques de la conexión GPRS

Para poder visualizar los datos que están siendo obtenidos y enviados por el equipo, se puede acceder de manera remota ingresando la dirección: <https://emoncms.org/upsfranciscano>, la cual dará acceso al Dashboard creado para visualizar las variables energéticas en tiempo real de nuestro sistema, como se muestra en la Figura 66:



Figura 66: Dashboard del proyecto con los datos medidos en tiempo real

A continuación, se puede apreciar el dispositivo en funcionamiento, las gráficas de los datos obtenidos por el equipo (Figura 67, 68) y una tabla de valores de los mismos (Tabla 14), estos datos son obtenidos en un tiempo de 60 minutos, por lo cual se obtiene 60 datos en un intervalo de 60 segundos.

Los valores de los módulos fotovoltaicos fueron obtenidos durante el día, por motivos de que la radicación solar es más fuerte y se obtiene mejores resultados del comportamiento del mismo.

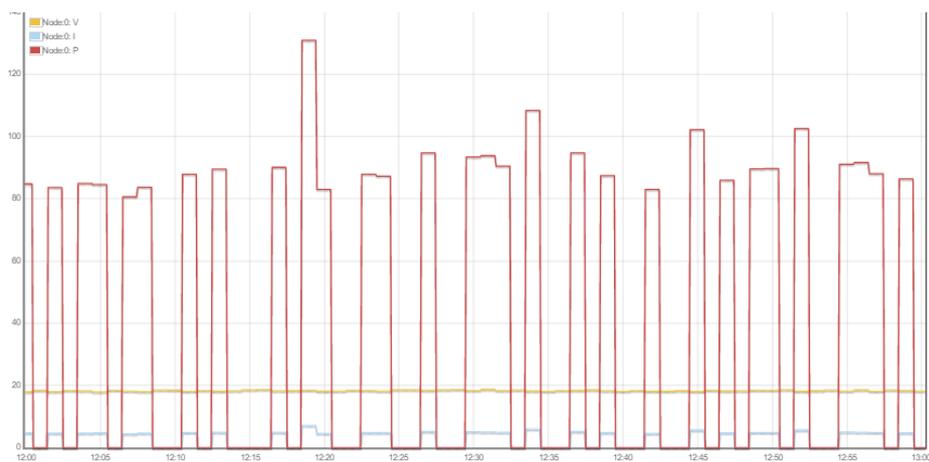


Figura 67: Registro de las variables energéticas del generador fotovoltaico

Los valores obtenidos en la alimentación del sistema de iluminación Led fueron realizados en la noche, para comprobar su consumo aplicado a la parte práctica.

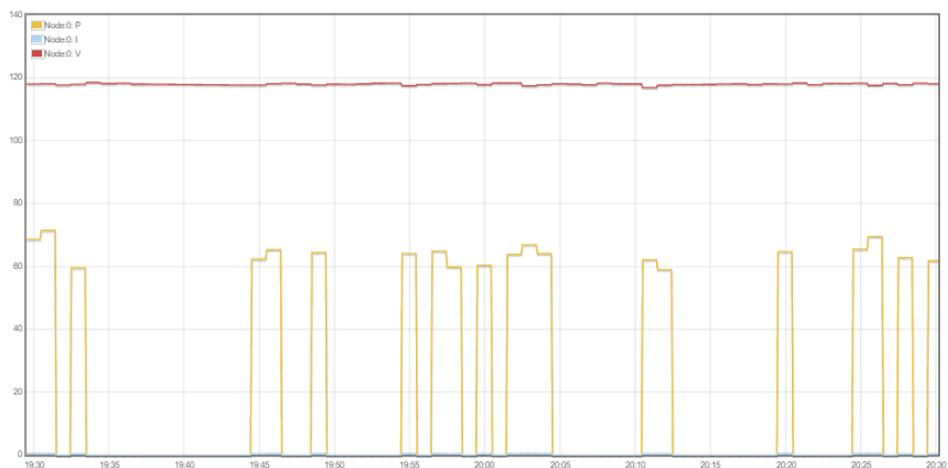


Figura 68: Registro de las variables energéticas del sistema de iluminación Led

Podemos ver que los resultados son buenos, el envío y almacenamiento de datos son instantáneos según parámetros seteados en el proyecto, la señal de la red Claro ayuda

a una buena transmisión por eso optamos por esta opción, además posee cobertura nacional de primer nivel.

Tabla 14: Valor promedio obtenido en el período de muestreo

Hora	Mediciones (Módulos)
12:00pm	– Voltaje aproximado 18 Vdc
13:00pm	
12:00pm	– Corriente aproximada 5 A
13:00pm	
Hora	Mediciones (Carga)
19:00pm	– Voltaje aproximado 117 Vdc
20:00pm	
19:00pm	– Corriente aproximada 2.5 A
20:00pm	

CONCLUSIONES

- Al realizar las pruebas, se observó que el nivel de iluminación de las lámparas Led es mayor a la luminaria de halógeno, pero la variación que existe de amperaje entre las dos luminarias no tiene un margen tan alto.
- Mediante las pruebas realizadas se concluye y se verifica la eficiencia de energía que posee el sistema fotovoltaico, donde la potencia suministrada por el módulo fotovoltaico y almacenado en la batería, alimenta a las cargas de las luminarias del área recreativa de la institución educativa.
- El equipo implementado cumple con las principales funciones, al realizar mediciones de voltaje y corriente tanto en los módulos fotovoltaicos y la carga.
- El sistema de telemetría desarrollado para el envío de los datos al servidor prediseñado se lo realiza de manera gratuita por lo que se limita a normas y condiciones impuestas por el propietario, pero cumple a cabalidad con el objetivo planteado al presentar la información.
- Para el acceso a la cuenta del servidor prediseñado se requiere un usuario y contraseña y así hacer uso de los beneficios que brinda esta cuenta gratuita; además posee algunas ventajas como: configurar el tiempo de actualización de las variables en el servidor.
- El sistema de iluminación Led a plena carga del acumulador en las pruebas realizadas dura aproximadamente 90 minutos.
- El envío de datos por medio del módulo GPRS se demora del cliente (Arduino) al servidor (Emoncms) aproximadamente 60 segundos según pruebas realizadas, lo cual es bueno porque se tendría una muestra de datos cada minuto para sus análisis.

- Se llegó a la conclusión que el consumo del sistema de iluminación Led es bajo, y no se necesita utilizar toda la potencia para tener unos resultados satisfactorios de luminosidad.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio previo de las condiciones ambientales para un mejor funcionamiento del sistema fotovoltaico.
- En el proceso de implementación y calibración es importante el uso de equipos y herramientas adecuadas para realizar un muestro de señales obtenidas por los sensores, y a partir de ahí establecer los métodos de calibración y corrección de fase pertinentes.
- Ya que es un dispositivo de medición que generalmente se encuentra ubicado en lugares donde las condiciones ambientales no son tan favorables, se recomienda montar el prototipo en una estructura que esté apta para soportar las inclemencias medioambientales. Además, se puede mejorar la parte de las conexiones poniendo borneras más adecuadas, para conectar todo tipo de cable.
- A pesar de que el dispositivo puede ser alimentado con valores de voltaje entre 5 y 12 Vdc se recomienda alimentar el dispositivo con 5 Vdc y mínimo a 1A, para garantizar el correcto funcionamiento y evitar daños ocasionados al mismo por bajo suministro de corriente.
- Se recomienda utilizar el sistema de iluminación Led entre 1 a 2 horas diarias, por motivo de sobrecargar el generador fotovoltaico.
- Designar personal para el manejo y mantenimiento del dispositivo, capacitándolo para que no tenga inconvenientes en el proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Arenas y Z. Hodman, Libro Interactivo sobre Energía Solar y sus Aplicaciones, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2011.
- [2] Inersol, «<http://www.inersol.es>,» <http://www.inersol.es>, [En línea]. Available: http://www.inersol.es/Tec_Led.htm.
- [3] Hellermanntyton, «<http://www.hellermanntyton.es>,» <http://www.hellermanntyton.es>. [En línea]. Available: http://www.hellermanntyton.es/site/binaries/content/assets/downloads/es/el-catalogo-2011---2012/ht_es_chapter7.2.pdf.
- [4] Instrumentacionelectronica, «<https://instrumentacionelectronica.wordpress.com>,» 4 Septiembre 2013. [En línea]. Available: <https://instrumentacionelectronica.wordpress.com/2013/09/24/instrumentacion-electronica/>.
- [5] Controlysolucioneseléctricas, «controlysolucioneselectricas.mex.tl,» [En línea]. Available: http://controlysolucioneselectricas.mex.tl/765755_Telemetria-GSM-GPRS.html.
- [6] Ccm, «es.ccm.net,» Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>.
- [7] Bibing, «<http://bibing.us.es>,» [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F4+Red+GSM.pdf>.
- [8] F. P. Donate, «<http://bibing.us.es>,» [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11372/fichero/Memoria%252F03+-+GPRS.pdf>.
- [9] J. Castro y R. Posso, «<http://repositorio.utp.edu.co>,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/5637/1/62147C355.pdf>.
- [10] Arduino, «<https://www.arduino.cc>,» [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>.

- [11] Geeetech, «<http://www.geeetech.com>,» [En línea]. Available: http://www.geeetech.com/wiki/index.php/Arduino_GPRS_Shield.
- [12] P. G. V. Rigoberto, «dspace.unl.edu.ec,» 23 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11126/1/Poma%20Godoy%2c%20Vicente%20Roberto.pdf>.
- [13] Bluehack, «bluehack.elhacker.net,» [En línea]. Available: <http://bluehack.elhacker.net/proyectos/comandosat/comandosat.html>.
- [14] M2msupport. [En línea]. Available: <http://m2msupport.net/>.
- [15] Conecel, «<http://www.conelec.gob.ec>,» 2008. [En línea]. Available: http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf.
- [16] Electronilab, «<http://electronilab.co>,» [En línea]. Available: <http://electronilab.co/tienda/modulo-sensor-de-corriente-ac-712-30/>.
- [17] Naylampmechatronics, «[naylampmechatronics](http://www.naylampmechatronics.com),» [En línea]. Available: <http://www.naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/154-sensor-de-corriente-ac-30a.html>.
- [18] Openenergymonitor, «<https://openenergymonitor.org>,» <https://openenergymonitor.org>, [En línea]. Available: <https://openenergymonitor.org>.
- [19] J. Chamba, Diseño e implementación de un sistema medición de energía eléctrica inteligente para uso doméstico, Loja, 2014.

ANEXOS

Anexo 1: Presupuesto del proyecto de titulación

Ítem	Descripción	Valor unitario	Cantidad	Valor total
1	Panel Solar Sunset 120 Watts 12 Vdc	\$350.00	2	\$700.00
2	Controlador de carga solar 30 A - 12/24 Vdc Tec Pwm	\$40.00	1	\$40.00
3	Batería de ciclo profundo Millenium S-2000 110 Ah	\$300.00	2	\$600.00
4	Inversor de voltaje Wagan 12 Vdc – 120 Vac	\$70.00	1	\$70.00
5	Sensor de corriente ACS712 30 A	\$15.00	1	\$15.00
6	Sensor de corriente no invasivo SCT-013-030	\$30.00	1	\$30.00
7	Transformador 220 Vac – 9 Vac	\$15.00	1	\$15.00
8	Reflectores Led 100 W	\$50.00	3	\$150.00
9	GPRS Shield V1.0	\$65.00	1	\$65.00
10	Arduino Uno R3	\$20.00	1	\$20.00
11	Lcd 20x4	\$13.50	1	\$13.50
12	Otros	\$200.00	1	\$200.00
13	Movilización	\$100.00	1	\$100.00
14	Estructura metálica	\$150.00	1	\$150.00
Total				\$2168.50

Anexo 2: Programación

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include "EmonLib.h"
#include <Wire.h>
#include "Sodaq_DS3231.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
SoftwareSerial SIM900(10, 11);
EnergyMonitor Energy;
LiquidCrystal_I2C LCD(0x27,20,4);
/*Variables de la API Emoncms
https://emoncms.org/input/post.json?node=0&csv=100,200,300,400,500,600
&apikey=742d04344674eea848bd0bee45b61b67*/
#define Apikey
"742d04344674eea848bd0bee45b61b67"
float Sensibilidad = 0.066;
#define Samples 50//Número de
muestras analógicas a tomar para la
lectura
int Suma = 0;//Suma de muestras
hechas
float Voltaje = 0.00;
float VP = 0.00;
float IP = 0.00;
float PP = 0.00;
float VC = 0.00;
float IC = 0.00;
float PC = 0.00;
int z = 0;
unsigned char Contador = 0;//Número
de la muestra
void setup(){
  SIM900.begin(19200);
  Serial.begin(19200);
  Wire.begin();
  rtc.begin();
  LCD.init();
  LCD.backlight();
  LCD.clear();
  pinMode(46, OUTPUT);
  pinMode(47, OUTPUT);
  pinMode(9,
OUTPUT);digitalWrite(9,LOW);
  LCD.setCursor(0,0);
  LCD.print("Iniciando...");
  Energy.current(0,18);//Pin analógico
y valor de calibración
  Energy.voltage(1, 125, 1.15);
//[Configuración con +- 8%]
  Encender_SIM900();
  delay(5000);//Tiempo para reconocer
la red telefónica
  SIM900.println("AT");//Chequear
comunicación entre SIM900 y
Arduino
  delay(250);
  Respuesta();
  LCD.clear();
  digitalWrite(47,HIGH);
}

void Encender_SIM900(){
  digitalWrite(9,HIGH);
  delay(2000);
  digitalWrite(9,LOW);
  delay(3000);
}

void loop(){
  LCD.setCursor(0,0);
  LCD.print(" UPS-Guayaquil ");
  Tiempo();
  LCD.setCursor(0,2);
  VP = Voltaje_Panel();
  IP = Corriente_Panel();
  PP = VP*IP;
  LCD.print("P:"); LCD.print(IP,1);
  LCD.print(" "); LCD.print(VP,1);
  LCD.print(" "); LCD.print(PP,1);
  LCD.setCursor(0,3);
  /*Calculamos valores de la carga*/
  Energy.calcVI(20,2000);
  VC = Energy.Vrms;
  for (z = 0; z < 5 ; z++){
    IC = Corriente_Carga();
  }
  z = 0;
  PC = VC*IC;
  LCD.print("C:"); LCD.print(IC,1);
  LCD.print(" "); LCD.print(VC,1);
  LCD.print(" "); LCD.print(PC,1);
  Enviar_Datos(VP, IP, PP, VC, IC,
PC);
}
```

```

float Voltaje_Panel(){
  while (Contador < Samples){//Tomar
un número de muestras analógicas y
sumarlas
    Suma += analogRead(A3);
    Contador++;
    delay(10);
  }
  Voltaje = ((float)Suma /
(float)Samples * 4.80) / 1024.0;
//4.80V es la tensión de referencia
calibrada
  float VP = Voltaje * 11.011;//11.132
es el valor calibrado del división de
tensión entre R1 y R2
  Contador = 0;
  Suma = 0;
  return VP;
}

float Corriente_Panel(){
  float Sensor = analogRead(A2) *
(4.88 / 1023.0); //Lectura del sensor
  float IP =(Sensor - 2.45) /
Sensibilidad; //Ecuación para obtener
la corriente
  return IP;
}

float Corriente_Carga(){
  float Corriente =
Energy.calcIrms(1480);
  double Irms = (Corriente +
(Corriente * 0.09)) * sqrt(2);
  return Irms;
}

void Tiempo(){
  DateTime now = rtc.now();//Obtener
tiempo actual
  LCD.setCursor(0,1);
  LCD.print(now.year(), DEC);
  LCD.print('-');
  LCD.print(now.month(), DEC);
  LCD.print('-');
  LCD.print(now.date(), DEC);
  LCD.print(' ');
  LCD.print(now.hour(), DEC);
  LCD.print(':');
  LCD.print(now.minute(), DEC);
}

}

void Enviar_Datos(float VP, float IP,
float PP, float VC, float IC, float PC){
  SIM900.println("AT+CGATT?");
  delay(250);
  Respuesta();
  SIM900.println("AT+CIPMUX=0");
  delay(250);
  Respuesta();

  SIM900.println("AT+CIPMODE=0");
  delay(250);
  Respuesta();

  SIM900.println("AT+CSTT=\"internet
.claro.com.ec\", \"\", \"\"); //APN
  delay(1250);
  Respuesta();
  SIM900.println("AT+CIICR");
  delay(250);
  Respuesta();

  SIM900.println("AT+CIFSR");//Obten
emos dirección IP Local
  delay(2000);
  Respuesta();
  SIM900.println("AT+CIPSPRT=0");
  delay(3000);
  Respuesta();

  SIM900.println("AT+CIPSTART=\"T
CP\", \"80.243.190.58\", \"80\"); //Com
enzamos la conexión
  delay(2000);
  Respuesta();
  Serial.println();

  SIM900.println("AT+CIPSEND");//In
iciamos el envío de datos al servidor
Emoncms
  delay(5000);
  Respuesta();
  SIM900.print("PUT
/input/post.json?node=0&csv=");
  SIM900.print(VP);
  SIM900.print(",");
  SIM900.print(IP);
  SIM900.print(",");
}

```

```

SIM900.print(PP);
SIM900.print(",");
SIM900.print(VC);
SIM900.print(",");
SIM900.print(IC);
SIM900.print(",");
SIM900.print(PC);
SIM900.print("&apikey=");
SIM900.println(Apikey);
Respuesta();
SIM900.println("HTTP/1.1");
delay(5000);
Respuesta();
SIM900.println("Host:
80.243.190.58");//
delay(500);
Respuesta();
SIM900.println("Connection: close");
delay(500);
Respuesta();

SIM900.write(0x1A);//Enviando
datos.
delay(5000);//Esperando respuesta,
depende de la conexión del móvil
SIM900.println();
Respuesta();

SIM900.println("AT+CIPCLOSE");//
Cierra la conexión.
delay(100);
Respuesta();
SIM900.println("AT+CIPSHUT=0");
delay(100);
Respuesta();
}
void Respuesta(){
while(SIM900.available() != 0){
Serial.write(SIM900.read());
}
}

```

SUNSET PX Series 120 - 160 W_p

Con una experiencia de más de 30 años, la empresa SUNSET es pionera y ha contribuido en gran medida en el progreso de esta tecnología. El resultado de esta experiencia dilatada es la serie PX, un módulo fotovoltaico con células policristalinas de gran rendimiento también en condiciones extremas. Los módulos de la serie PX son muy apropiados para la instalación on-grid e instalaciones especiales off-grid.



Características de las series Sunset PX

- 36 células solares de silicio policristalino de SUNsilicon® con un grado de eficiencia hasta el 19%
- Superficie estructurada para rendimientos eléctricos especialmente altos
- Uso de vidrio solar templado especial, material EVA sintético, y un marco de aluminio anodizado garantizan la utilización a largo plazo
- Producción bajo el control de los estándares de calidad alemana
- Muy apropiado para SUNpower Roof® sistema integrado y SUNpremium® sistema huertas solares

The world's future energy[®] by

www.sunset-solar.com



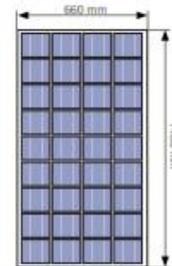
Serie modulo

PX 1206 / 1306 / 1406 / 1506 / 1606

Especificaciones técnicas PX

		1206	1306	1406	1506	1606
Potencia nominal ($\pm 5\%$)	P_{max} [W _p]	120	130	140	150	160
Corriente nominal	I_{MPP} [A]	7.25	7.50	7.75	8.08	8.41
Tensión nominal	V_{MPP} [V]	16.5	17.2	18.0	18.5	19.0
Corriente de cortocircuito	I_{sc} [A]	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0
Tensión de circuito abierto	V_{oc} [V]	21.0	21.4	21.8	22.2	22.6

Potencia pico bajo condiciones de test (STC: 1000 W/m², 25°C, espectro AM 1,5)



Especificaciones técnicas PX

		1206	1306	1406	1506	1606
Potencia nominal	P_{max} [W _p]	85	93	100	107	114
Corriente nominal	I_{MPP} [A]	5.8	6.0	6.20	6.46	6.72
Tensión nominal	V_{MPP} [V]	14.85	15.5	16.2	16.7	17.2
Corriente de cortocircuito	I_{sc} [A]	6.24	6.48	6.72	6.96	7.20
Tensión de circuito abierto	V_{oc} [V]	18.9	19.3	19.6	20.0	23.6

Potencia pico bajo condiciones de test (NOCT: 800 W/m², 48± 2°C, espectro AM 1,5)



Propiedades en el diseño del sistema

Clase protección		II				
Sistema de tensión	V_{sys} [V]	1000	Coefficiente de temperatura I_{sc}	α	[%/K]	+ 0.053
Protección por sobrecorriente	I_f [A]	15	Coefficiente de temperatura V_{oc}	β	[%/K]	- 0.32

Propiedades mecánicas

Cubierta frontal	4 mm vidrio solar	Clase de protección	toma de corriente IP 65
Cubierta trasera	folio multicapa	Cable de conexión	Multi Contact MC4 o compatible
Tipo de célula	policristalino	Peso	11.7 kg
Dimensiones	1480 x 660 x 35 mm	HL-test	5400 Pa

En el curso de los años la empresa SUNSET ha fijado otros parámetros con los estándares de calidad. Una calidad constante se garantiza con pruebas hechas regularmente. Un control visual, eléctrico y técnico serio hecho sobre cada módulo. Esto se puede reconocer a través de la etiqueta SUNSET, el número de serie, y la garantía de SUNSET.

- 5 años garantía del producto
- 10 años garantía de rendimiento respecto a una prestación del 90%
- 25 años garantía de rendimiento respecto a una prestación del 80%
- Informaciones detalladas se encuentran en nuestras condiciones de garantía
- Conforme según IEC 61730 y IEC 61215



SUNSET Energietechnik GmbH
 • Industriestralle 8-22 • D-91325 Adelsdorf
 • Telefon 09195.9494-0 • Telefax 09195.9494-290
 • E-Mail: support@sunset-selac.com



Especificaciones sin compromiso a cambios técnicos.

Anexo 4: Hoja de datos de la batería Millenium S-2000

Model ::	1-DC-100 (S-2000)
Polarity ::	I
Box Type ::	31-TP
Reserve (Cap) Min. ::	–
Cap 10h ::	100
Cap 5h ::	93
Cap 3h :: ::	81
Cap 1h ::	64
Dimensions ::	mm 340 x 170 x 245

Anexo 5: Hoja de datos del Arduino MEGA 2560

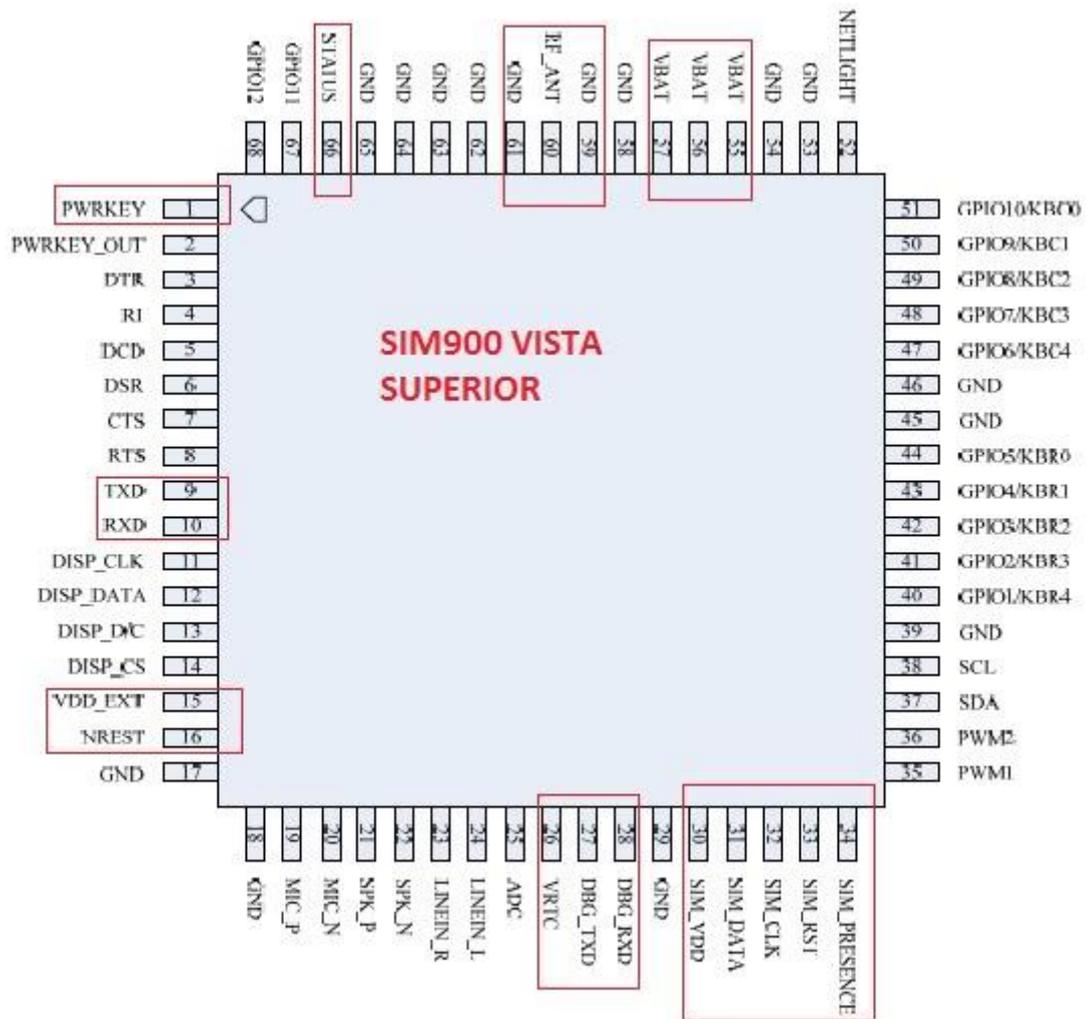
Pin Number	Pin Name	Mapped Pin Name
1	PG5 (OC0B)	Digital pin 4 (PWM)
2	PE0 (	Digital pin 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Digital pin 1 (TX0)
4	PE2 (
5	PE3 (	Digital pin 5 (PWM)
6	PE4 (	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 (	Digital pin 3 (PWM)
8	PE6 (T3/INT6	
9	PE7 (
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 (RXD2)	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Digital pin 16 (TX2)
14	PH2 (XCK2)	
15	PH3 (OC4A)	Digital pin 6 (PWM)
16	PH4 (OC4B)	Digital pin 7 (PWM)
17	PH5 (OC4C)	Digital pin 8 (PWM)
18	PH6 (OC2B)	Digital pin 9 (PWM)
19	PB0 (	Digital pin 53 (SS)
20	PB1 (	Digital pin 52 (SCK)
21	PB2 (	Digital pin 51
22	PB3 (	Digital pin 50
23	PB4 (	Digital pin 10 (PWM)
24	PB5 (	Digital pin 11 (PWM)
25	PB6 (	Digital pin 12 (PWM)
26	PB7 (	Digital pin 13 (PWM)
27	PH7 (T4)	
28	PG3 (TOSC2)	
29	PG4 (TOSC1)	
30	RESET	RESET
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 (ICP4)	Digital pin 49
36	PL1 (ICP5)	Digital pin 48
37	PL2 (T5)	Digital pin 47
38	PL3 (OC5A)	Digital pin 46 (PWM)
39	PL4 (OC5B)	Digital pin 45 (PWM)
40	PL5 (OC5C)	Digital pin 44 (PWM)
41	PL6	Digital pin 43
42	PL7	Digital pin 42
43	PD0 (	Digital pin 21 (SCL)
44	PD1 (	Digital pin 20 (SDA)
45	PD2 (	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 (	Digital pin 18 (TX1)
47	PD4 (ICP1)	
48	PD5 (XCK1)	
49	PD6 (T1)	
50	PD7 (T0)	Digital pin 38

Pin Number	Pin Name	Mapped Pin Name
51	PG0 (WR)	Digital pin 41
52	PG1 (RD)	Digital pin 40
53	PC0 (A8)	Digital pin 37
54	PC1 (A9)	Digital pin 36
55	PC2 (A10)	Digital pin 35
56	PC3 (A11)	Digital pin 34
57	PC4 (A12)	Digital pin 33
58	PC5 (A13)	Digital pin 32
59	PC6 (A14)	Digital pin 31
60	PC7 (A15)	Digital pin 30
61	VCC	VCC
62	GND	GND
63	PJ0 (	Digital pin 15 (RX3)
64	PJ1 (	Digital pin 14 (TX3)
65	PJ2 (
66	PJ3 (PCINT12	
67	PJ4 (PCINT13	
68	PJ5 (PCINT14	
69	PJ6 (PCINT	
70	PG2 (ALE)	Digital pin 39
71	PA7 (AD7)	Digital pin 29
72	PA6 (AD6)	Digital pin 28
73	PA5 (AD5)	Digital pin 27
74	PA4 (AD4)	Digital pin 26
75	PA3 (AD3)	Digital pin 25
76	PA2 (AD2)	Digital pin 24
77	PA1 (AD1)	Digital pin 23
78	PA0 (AD0)	Digital pin 22
79	PJ7	
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 (	Analog pin 15
83	PK6 (	Analog pin 14
84	PK5 (	Analog pin 13
85	PK4 (	Analog pin 12
86	PK3 (	Analog pin 11
87	PK2 (	Analog pin 10
88	PK1 (	Analog pin 9
89	PK0 (	Analog pin 8
90	PF7 (ADC7)	Analog pin 7
91	PF6 (ADC6)	Analog pin 6
92	PF5 (	Analog pin 5
93	PF4 (	Analog pin 4
94	PF3 (ADC3)	Analog pin 3
95	PF2 (ADC2)	Analog pin 2
96	PF1 (ADC1)	Analog pin 1
97	PF0 (ADC0)	Analog pin 0
98	AREF	Analog Reference
99	GND	GND
100	AVCC	VCC

Características principales

Microcontroladores	ATmega2560	
Tensión de funcionamiento	5V	
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V	
Voltaje de entrada (límites)	6-20V	
Digital I / O Pins	54 (15 proporcionan salida PWM)	
Pines de entrada analógica	16	
Corriente continua para las E / S Pin	40 mA	
Corriente de la CC para Pin 3.3V	50 mA	
Memoria Flash	256 KB, 8 KB para el gestor de arranque	
SRAM	8 KB	
EEPROM	4 KB	
Velocidad del reloj	16 MHz.	Comunicaciones
serie	Serie 0, 1, 2y 3 Interrupciones Externas	5
SPI	Si	
TWI	Si Dimensiones	
100mm x 50mm		

Anexo 6: Hoja de datos del módulo SIMCOM SIM900 Cuatribanda GSM/GPRS



Anexo 7: Hoja de datos del sensor de corriente SCT-013-030

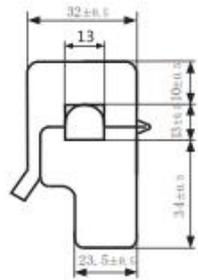
SPECIFICATION

Customer Title : XiDi Technology Product Name: Split-core current
 Manufacture Model : SCT-013-030 transformer

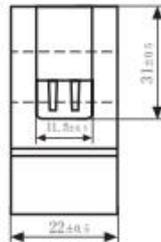
Characteristics: open size:13mm×13mm
 Im leading wire
 Core material:Ferrite
 Fire resistance property:in accordance with
 UL 94-V0
 Dielectric strength: 1500V AC/Imin 5mA
 (between shell and output)



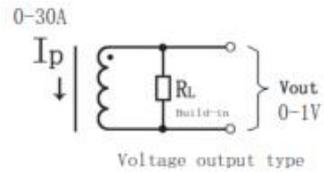
Outline size diagram:(in mm)



Front View



Side View



Voltage output type

Schematic Diagram

Typical table of technical parameters:

input current	output voltage	non-linearity	build-in sampling resistance (R _L)
0-30A	0-1V	±1%	62 Ω
turn ratio	resistance grade	work temperature	dielectric strength(between shell and output)
1800:1	Grade B	-25℃~+70℃	1500V AC/Imin 5mA

Customer Sign:

Beijing YaoHuadechang Electronic Co.,Ltd
 Phone: 0355-7929499-803
 Cell: 13693334514
 Contact Name: Engineer Chen

Approve Sign: Chenjianping

2011-7-21

Anexo 8: Hoja de datos del sensor de corriente ACS712

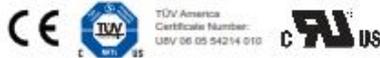


ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

Description

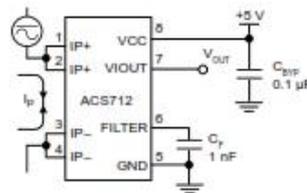
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current, I_p , within the range specified. C_p is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _A (°C)	Optimized Range, I _p (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		5	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{OUT}		5	V
Reverse Output Voltage	V _{ROUT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{OUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{OUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _p	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C

Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V _{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V _{WFSI}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V _{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V _{WFR}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	164	VDC or V _{pk}

* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001



Allegro MicroSystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

2

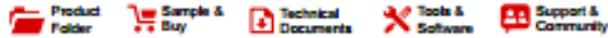
Anexo 9: Especificaciones del inversor de voltaje Wagan

SPECIFICATIONS

All specifications are typical at nominal line, half load and 77°F (25°C) unless otherwise noted. Specifications are subject to change without notice.

Name	Description
Input	12V (10–15V) DC
Output	110V AC
Output frequency	60 Hz
Output waveform	Modified Sine Waveform
Continuous power	400 Watts
Surge Power	1000 Watts
Efficiency	Approximately 90%
Current drawn when no load	< 0.3 Amps
Battery low alarm	10.5 ± 0.5V DC
Battery low shutdown	10 ± 0.5V DC
Alarm and thermal shutdown	130°F ± 10° (55°C ± 5°)
Internal DC fuse	35 Amps
External DC fuse	None
AC output sockets	Two 3-prong outlets
USB output sockets	Two outlets
Power switch	DC input ON/OFF control
Dimensions (L x W x H)	5 x 4 x 2 inches
Net Weight	650 g

Anexo 10: Hojas de datos del encapsulado LM358



LM158-N, LM258-N, LM2904-N, LM358-N
SNO6873F – JANUARY 2003 – REVISED DECEMBER 2014

LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers

1 Features

- Available in 8-Bump DSBGA Chip-Sized Package, (See AN-1112, SNVA009)
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100 dB
- Wide Bandwidth (Unity Gain): 1 MHz (Temperature Compensated)
- Wide Power Supply Range:
 - Single Supply: 3V to 32V
 - Or Dual Supplies: $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very Low Supply Current Drain (500 μA)—Essentially Independent of Supply Voltage
- Low Input Offset Voltage: 2 mV
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to the Power Supply Voltage
- Large Output Voltage Swing
- Unique Characteristics:
 - In the Linear Mode the Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground and the Output Voltage Can Also Swing to Ground, even though Operated from Only a Single Power Supply Voltage.
 - The Unity Gain Cross Frequency is Temperature Compensated.
 - The Input Bias Current is also Temperature Compensated.
- Advantages:
 - Two Internally Compensated Op Amps
 - Eliminates Need for Dual Supplies
 - Allows Direct Sensing Near GND and V_{OUT} Also Goes to GND
 - Compatible with All Forms of Logic
 - Power Drain Suitable for Battery Operation

2 Applications

- Active Filters
- General Signal Conditioning and Amplification
- 4- to 20-mA Current Loop Transmitters

3 Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard 3.3-V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

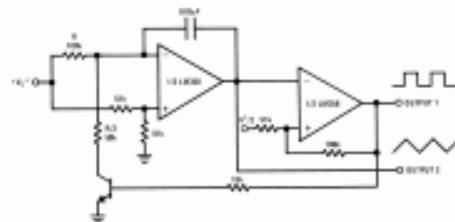
The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump DSBGA) using TI's DSBGA package technology.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM158-N	TO-CAN (8)	9.68 mm x 9.09 mm
	CDIP (8)	10.16 mm x 6.502 mm
LM258-N	TO-CAN (8)	9.68 mm x 9.09 mm
	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
LM2904-N	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm
	TO-CAN (8)	9.68 mm x 9.09 mm
LM358-N	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm

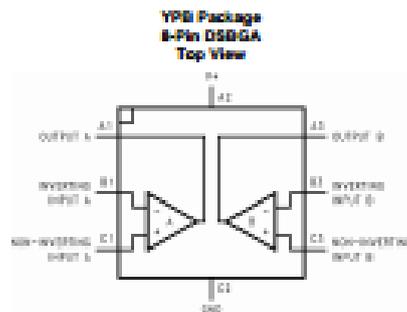
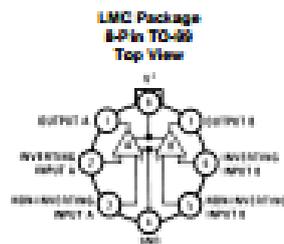
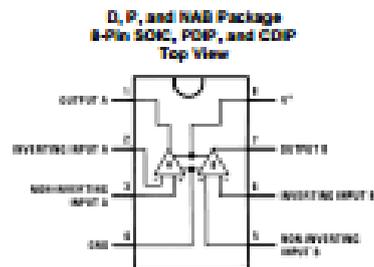
(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Voltage Controlled Oscillator (VCO)



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

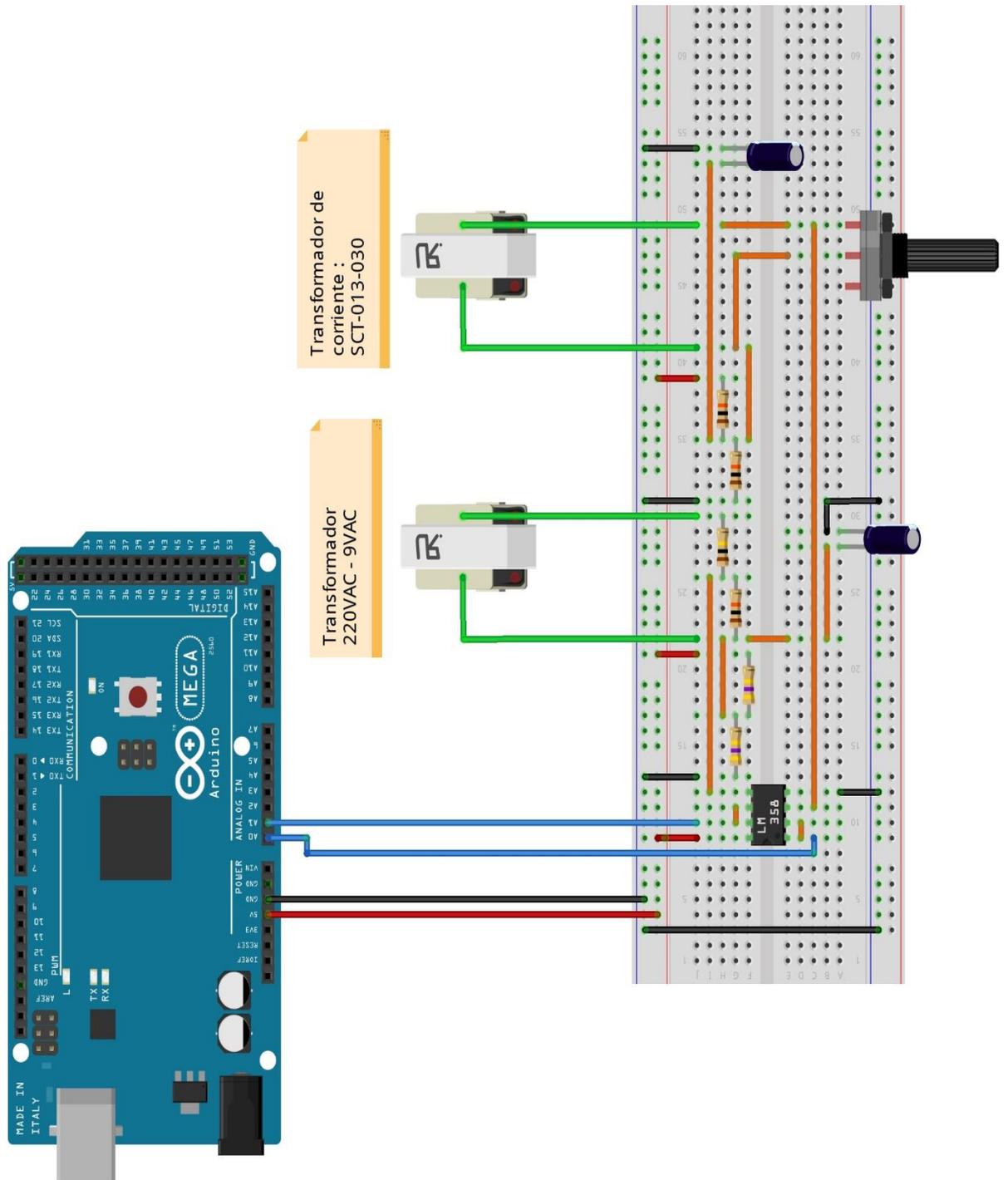
5 Pin Configuration and Functions



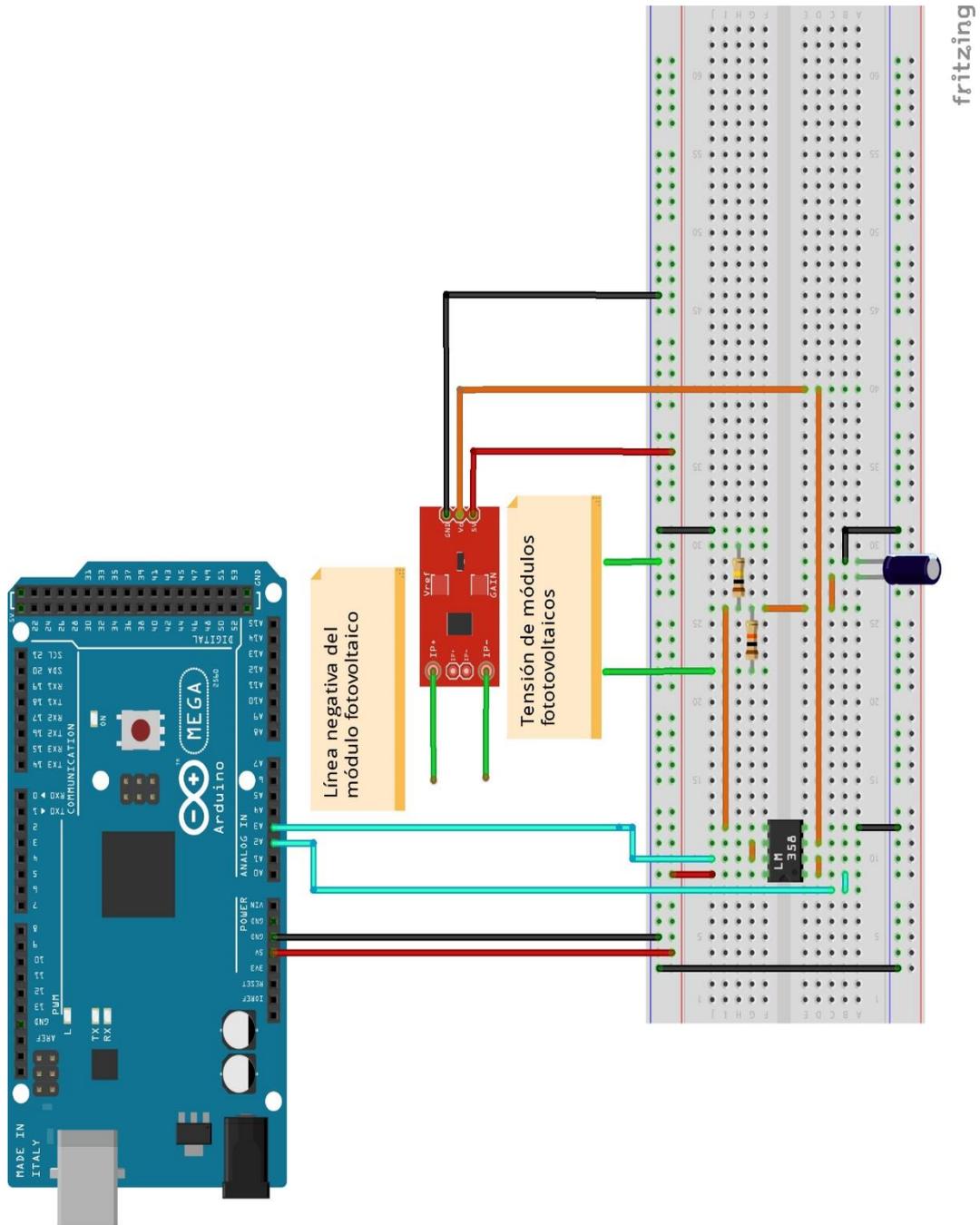
Pin Functions

PIN			TYPE	DESCRIPTION
DVPLMC NO.	DSBGA NO.	NAME		
1	A1	OUTA	O	Output, Channel A
2	B1	-INA	I	Inverting Input, Channel A
3	C1	+INA	I	Non-Inverting Input, Channel A
4	C2	GND / V-	P	Ground for Single supply configurations, negative supply for dual supply configurations
5	C3	+VIB	I	Output, Channel B
6	B3	-INB	I	Inverting Input, Channel B
7	A3	OUTB	O	Non-Inverting Input, Channel B
8	A2	V+	P	Positive Supply

Anexo 11: Conexión para medición de potencia consumida por el sistema de iluminación Led



Anexo 12: Conexión para medición de potencia entregada por los módulos fotovoltaicos



Anexo 13: Tarjeta PCB col los elementos del equipo de adquisición de datos

