

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y
COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA**



“Sistema de monitoreo de energía y combustible con conexión a la nube para generadores eléctricos de gasolina con capacidad de potencia inferior a 10kW, propiedad de la organización MBMDI.”

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

PRESENTADO POR:

Br. Jonathan Fuentes

Br. Jarib Castillo Salcedo

Tutor:

Ing. Alvaro Gaitán

Índice de contenidos

Dedicatoria	5
Agradecimientos	6
Resumen	7
Abstract	8
I. Introducción	1
II. Justificación	3
III. Objetivos	5
Capítulo 1: Marco Teórico	6
1. Fuente de alimentación.....	6
2. Sensores.....	8
3. El factor de potencia	13
4. Microcontrolador.....	16
5. La plataforma Arduino	18
6. Arduino.....	19
7. Visualización y almacenamiento de datos del sistema en la web.....	21
8. Comunicación.....	23
a) Estándar GSM	23
b) Red Celular	23
c) Tarjeta SIM.....	25
d) Estándar GPRS.....	25
e) Protocolo GSM / GPRS.....	27
9. Módulo de transmisión GSM/GPRS.....	28
f) Comandos AT.....	29
10. Datalogger	31
Capítulo 2: Análisis y presentación de resultados.	32
11. Análisis.....	33
12. Diseño	35
g) Diagrama de flujo del sistema	43
h) Módulo de transmisión SIM900 utilizado.....	44
i) Calibración de los Sensores.....	48

j)	Visualización y almacenamiento de datos del sistema en la web.	51
k)	Sistema de respaldo usando Módulo SD.	58
l)	Planes de paquetes de datos de los proveedores locales.	59
13.	Implementación.....	61
14.	Evaluación.....	63
15.	Resultados.....	64
IV.	Capitulo III: Conclusiones y Recomendaciones.....	65
V.	Bibliografía.....	65
VI.	Anexos.....	a
i.	Hojas de Datos de los sensores.....	a
16.	YF-S201 Water Flow Sensor.....	a
ii.	Características Técnicas de los Componentes del Shield SIM900.....	c
iii.	Bitácora de las mediciones con el sensor de flujo.....	d
17.	ZMPT101B	e
iv.	Manual de Usuario	e
v.	Acuerdo con la organización.....	f
vi.	Rúbricas de desempeño.....	g
vii.	Constancia de uso de generador.....	k

Índice de Figuras

Ilustración 1. Fuente de Alimentación DC (fuente propia).....	6
Ilustración 2. Fuente de alimentación DC tipo comercial y Fuente de alimentación DC.....	7
Ilustración 3. Sensor de corriente tipo "Clamp on".....	9
Ilustración 4. Sensor de corriente ACS712.....	9
Ilustración 5. Diagrama de conexión ACS712.....	10
Ilustración 6. Sensor ZMPT101B y su respectivo divisor de Voltaje.....	11
Ilustración 7. Diagrama funcional del ZMPT101B.....	11
Ilustración 8. Sensor de flujo YF-S201.....	12
Ilustración 9. Triangulo de las potencias.....	13
Ilustración 10. Fórmulas para PF.....	14
Ilustración 11. Configuración LM311 para cruce por cero.....	15
Ilustración 12. Filtrado y cruce por cero.....	15
Ilustración 13. Compuerta XOR 7486 Y Visualización del $\text{Cos}(\varphi)$	15
Ilustración 14. Conexiones entre sensores y placa de desarrollo (Arduino).....	16
Ilustración 15. Arduino Mega2560.....	17
Ilustración 16. Arduino IDE.....	18
Ilustración 17. Arduino Education(Logo) y Arduino Project Hub(Logo).....	21
Ilustración 18. Plataformas más usadas por la comunidad estudiantil.....	22
Ilustración 19. Tarjeta SIM de una operadora Local (CLARO).....	25
Ilustración 20. Diagrama de Flujo del Sistema desarrollado.....	43
Ilustración 21. Forma de Colocar los Jumpers para la comunicación Módulo-Arduino.....	45
Ilustración 22. Forma de Colocar la Alimentación externa al Modulo y conectar a Arduino.....	46
Ilustración 23. Forma de Colocar la Alimentación externa al Arduino y conectar al Modulo.....	46
Ilustración 24. Forma de Colocar el interruptor de selección de alimentación y encendido de Leds.....	47
Ilustración 25. Pines a soldar si se desea la activación del SIM mediante un pulso enviado desde el Arduino.....	47
Ilustración 26. Grafica de los valores de prueba.....	48
Ilustración 27. Grafica del comportamiento del sensor de Corriente.....	49
Ilustración 28. Grafica de los valores de voltaje.....	50
Ilustración 29. Plataforma Thingspeak.....	52
Ilustración 30. Formulario de registro de usuariosgspeak.com.....	53
Ilustración 31. Formulario de ingreso a www.thingspeak.com	53
Ilustración 32. Información de los proyectos creados.....	54
Ilustración 33. Información relacionada al uso del canal.....	55
Ilustración 34. Información relacionada al envío de info al canal.....	56
Ilustración 35. Visualización de los datos de los sensores.....	57
Ilustración 36. Módulo SD.....	58
Ilustración 37. Implementación del sistema en el generador de MBMDI.....	62
Ilustración 38. Antena para Modulo SIM900 Y Fuente de Alimentación Externa.....	c

Índice de Tablas

Tabla 1. Rangos de cada sensor ACS712 según su capacidad.	10
Tabla 2. Proforma de Sistema #1	36
Tabla 3. Proforma de Sistema #2	38
Tabla 4. Proforma de Sistema #3	39
Tabla 5. Shields disponibles para el envío de datos usando tecnología GSM/GPRS.....	41
Tabla 6. Distintos Precios de cada sistema con cada una de las shields disponibles.	41
Tabla 7. Tabla de valores de prueba.....	48
Tabla 8. Tabla de los valores de prueba para los voltajes.....	50
Tabla 9. Planes de paquete de datos operadora CLARO.....	60
Tabla 10. Planes de paquete de datos Operadora Movistar	60

Índice de Formulas

Ecuación 1. Formula General de Corriente para determinar capacidad de sensor a usar	8
Ecuación 2. Formula General para sensor de Voltaje ZMPT101B	12
Ecuación 3. Formula desarrollada para valores del sensor de voltaje ZMPT101B	12
Ecuación 4. Formula General de potencia en Watts	14
Ecuación 5. Formula General de la pendiente de una recta	49
Ecuación 6. Fórmula para determinar el Valor de la Corriente	49
Ecuación 7. Fórmula para determinar la lectura del ADC del Arduino	49
Ecuación 8. Formula general del Sensor ZMPT101B	50
Ecuación 9. Determinando el Voltaje a la salida del ZMPT101B	50
Ecuación 10. Formula de la relación de transformación para el ZMPT101B	50
Ecuación 11. Pendiente de la recta para el sensor ZMPT101B	51
Ecuación 12. Fórmula para determinar la lectura final del ZMPT101B	51

Dedicatoria

Dedico este trabajo primeramente a Dios, quien es mi Señor, Salvador y ejemplo a seguir; mi fuente de inspiración, gozo y de quien vienen las fuerzas para no desmayar a pesar de las dificultades. ¡A Él sea toda la gloria!

A mis padres y hermano quienes incansablemente me han apoyado a lo largo de mi vida y de este logro que estoy a punto de alcanzar. Por animarme a seguir adelante, además de inspirarme a perseguir mis sueños con esfuerzo y dedicación, pero principalmente encomendando todo a la voluntad perfecta de Dios.

A mis maestros y tutor por su tiempo invertido y por todo lo que he podido aprender de ustedes.

Jarib Castillo Salcedo

Dedico este trabajo primeramente a Dios, quien ha sido mi principal ayudador a lo largo de mi vida. Gracias a él he podido encontrar la paz, satisfacción y alegría en mi vida. Sin duda alguna, él es mi roca, mi baluarte y libertador.

A mis padres, hermanos y amigos que de igual manera me han apoyado y animado a nunca desistir. Los cuales siempre han permanecido conmigo y sus motivaciones me han ayudado a crecer y a aprender cada vez más.

A cada maestro que me enseñó acerca de esta gran profesión y al tutor que con esmero y dedicación nos ha ayudado sin complicación. A todos, Muchas Gracias.

Jonathan Fuentes

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a nuestro Dios *Abba* por darnos la vida, sabiduría, fuerza y gracia para culminar esta carrera y por permitirnos lograr un peldaño más en nuestra carrera profesional.

Agradecemos de sobremanera a nuestros padres por su apoyo y comprensión para con nosotros a lo largo de toda esta jornada. Gracias por todos sus consejos y enseñanzas, valores morales y espirituales, quienes nos han permitido llegar hasta aquí con sumo gozo. No ha sido fácil, pero gracias a ustedes ha sido más llevadero.

Le damos gracias a nuestro tutor Ing. Álvaro Gaitán por su asesoría y apoyo para con nosotros durante esta larga jornada. En especial agradecemos por todo su tiempo invertido en nosotros y esperamos este trabajo refleje nuestro agradecimiento.

Agradecemos a la organización Misión Bautista Medico Dental Internacional (MBMDI) por permitirnos llevar a cabo este proyecto en sus instalaciones, además de brindarnos los equipos necesarios para la realización de este proyecto.

Resumen

El presente documento muestra los resultados obtenidos del Sistema de monitoreo de energía y combustible con conexión a la nube para generadores eléctricos de gasolina con capacidad de potencia inferior a 10kW, propiedad de la organización MBMDI¹. Este prototipo del sistema de monitoreo es un modelo que podría estandarizarse para cualquier tipo de generador eléctrico de gasolina que se disponga. La conexión a la nube permite que la gerencia de MBMDI pueda revisar constantemente valores de interés en el desempeño del generador, tales como corriente, voltaje, factor de potencia y potencia.

El sistema es de fácil manipulación para el usuario, puesto que, con el simple encendido del sistema, el proceso de censado de la información y envío de datos comenzará automáticamente. Esto es posible gracias a que ya que todos estos procesos han sido previamente programados en la plataforma basada en microcontrolador. El sistema ayudará a determinar la eficiencia del generador con respecto a los valores previamente adquiridos y analizados.

¹ Misión Bautista Médico Dental Internacional

Abstract

This document contains the results obtained from the energy and fuel monitoring system, with connection to the cloud, designed for gasoline electric generators with power capacity lower than 10kW, property of BMDMI.² This prototype is a model that could be standardized for any type of electric generators available. The connection to the cloud allows the management of BMDMI to constantly review values of interest, along with the performance of the generator. Important values such as current, voltage, power factor and power are also available in the cloud service.

The system has a user-friendly environment, since the system can easily be turned on/off and the process of recording information and sending data will start automatically. All of this is possible thanks to the fact that all these processes have been previously programmed in the chip, based on microcontroller infrastructure. The system will help determine the efficiency of the generator in contrast to the values previously acquired and analyzed.

² Baptist Medical and Dental Mission International

I. Introducción

Los generadores eléctricos pueden encontrarse en una gran diversidad de tamaños, rango de trabajo, durabilidad y, sobre todo, eficiencia. Gracias a los avances de la tecnología, hoy en día es posible monitorear un generador eléctrico para tener un mejor control, desempeño y seguridad del sistema, adaptando sistemas de adquisición de datos que permiten el monitoreo de las variables deseadas (Fernandez & Duarte, 2014) Este tipo de equipos suelen ser muy costosos (Andreula, 2010) y requieren de tecnologías avanzadas en el ámbito de las comunicaciones, tales como Zigbee, IED, Fibra óptica, Siemens PG, entre otras, estas para poder establecer comunicación con la estación de monitoreo (Bejarano, 2015)

Misión Bautista Medico Dental Internacional (MBMDI) es una organización no gubernamental donde se utilizan múltiples generadores eléctricos de gasolina que permiten establecer clínicas dentales y médicas en las áreas rurales de Nicaragua. Estas clínicas medicas están en constante movimiento y la demanda de carga siempre varía con respecto al tiempo. Como es de saberse, se necesita combustible para abastecer a los generadores puesto que estos proveen la corriente que va a ser consumida por las cargas a lo largo de la semana. El problema principal está en que no existe hasta la fecha un sistema de monitoreo, que permita además comprobar que el combustible comprado/presupuestado concuerda con el combustible verdaderamente consumido por el generador

Ante esta inminente preocupación surgió la idea de un monitor de energía para generadores eléctricos de potencia inferiores a los 10KW, con el propósito de brindar una solución integral a esta problemática a partir de las ciencias que la electrónica provee. El sistema contará con un dispositivo central como elemento de adquisición y manipulación de datos del sistema, un módulo de envío de información, y un conjunto de sensores para la medición de variables específicas del generador. Una vez conocidas estas variables, serán enviadas a través del

módulo GPRS utilizando comandos AT y luego serán almacenadas en un servicio de almacenamiento en la nube. El usuario tendrá acceso a este dominio en la nube y podrá informarse constantemente acerca del desempeño del generador mediante estadísticas basadas en los datos referentes, presentadas en un informe que se enviará a la organización cada vez que sea solicitado.

De esta manera, MBMDI podrá contar con un sistema de monitoreo de combustible y energía con acceso a estos datos a través de un servicio en la nube, por el cual se podrá comprobar que el combustible esté siendo consumido y no hurtado, además de la facilidad de determinar si los generadores eléctricos están en óptimas condiciones de trabajo.

II. Justificación

Misión Bautista Medico Dental Internacional (MBMDI) es una ONG que lleva brigadas médicas a las áreas rurales de Nicaragua. En las brigadas se utilizan generadores eléctricos de gasolina con capacidad de potencia inferiores a 10kW para suministrar energía a compresores y clínicas móviles. En muchas ocasiones el combustible que se lleva para el funcionamiento de los generadores no es suficiente, pese a que en teoría se compra más de lo necesario. De ahí, surge la necesidad de monitorear este proceso, asegurándose de que el combustible no haya sido hurtado de ninguna manera, además de ratificar si este ya ha sido introducido a los generadores. Debido a esta problemática, monitorear el combustible y la energía generaría un gran aporte económico a la organización, puesto que se desea aprovechar los recursos al máximo; esto no puede forjarse si el combustible es sustraído de alguna manera ilícita o si los generadores no se encuentran en las mejores condiciones de trabajo. Esta es la razón principal por lo cual un sistema de monitoreo de energía y combustible debe ser implementado en esta organización.

MBMDI utiliza generadores eléctricos como el Honda EM4000S o el Champion 75531i, los cuales son de muy baja potencia (menor a 10Kw) comparados con generadores eléctricos utilizados en la industria. En yuxtaposición con lo mencionado anteriormente, estos generadores no poseen ninguna interfaz o puerto de salida que permita conocer datos de importancia en el desempeño y estado del generador de manera remota. Por tal razón es sumamente importante el monitoreo de variables (Corriente, Voltaje, Potencia y Litros de combustible que han entrado al tanque) a partir de un sinnúmero de sensores y componentes electrónicos. En caso de que el generador no cumpla con los estándares previamente definidos por el fabricante, será notificado a la organización para que este sea sometido a revisión o mantenimiento, y en el peor de los casos, un cambio definitivo.

Finalmente, la alta gerencia de la organización MBMDI está interesada en contar con este servicio de monitoreo remoto, que les permita tener un control del consumo de combustible desde la comodidad de sus oficinas, de manera que puedan tomar las decisiones pertinentes para el uso apropiado de este rubro. Por tal razón, es de gran importancia la implementación de este monitor de energía y combustible con conexión a la nube, lo cual permitiría a la gerencia tener información continua del sistema a través red, además de seguir las tendencias de las TIC'S del siglo XXI.

III. Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar un sistema de monitoreo con capacidad de almacenamiento en la nube orientado a generadores de gasolina con capacidad de potencia inferior a los 10kW propiedad de la organización MBMDI.

Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de adquisición datos y acondicionamiento de variables que pueda ser manipulados por un microcontrolador.
- Diseñar un sistema de almacenamiento de datos o “Datalogger” que permita guardar variables específicas, tales como: Potencia, Corriente, Voltaje, y galones de combustible; lo que permitirán inquirir acerca del desempeño del generador en base a estos criterios.
- Implementar un sistema de comunicación basado en la tecnología GPRS para el envío y recepción de datos entre el microcontrolador y el servicio en la nube.
- Diseñar un sistema de almacenamiento y visualización de variables de interés haciendo uso de una plataforma de servicio en la nube.
- Implementar el conjunto de sistemas antes mencionados para la formulación total del sistema de monitoreo de combustible y energía con conexión a la nube en los generadores eléctricos de gasolina con capacidad de potencia inferior a 10Kw, propiedad de MBMDI.
- Evaluar mediante rubricas de desempeño el funcionamiento del sistema, dos frecuencias cada semana, por el lapso de un mes.
- Elaborar un manual de usuario acerca del uso del sistema de monitoreo.

Capítulo 1: Marco Teórico

Dado que la mira central de este análisis estará puesta en el diseño de este sistema de monitoreo de energía y combustible, será necesario plantear algunos parámetros que sirvan de ejes conceptuales sobre los que apoyar la teoría detrás de este diseño. Para empezar, entenderemos algunos conceptos y fundamentos sobre los cuales se cimienta este protocolo.

1. Fuente de alimentación.

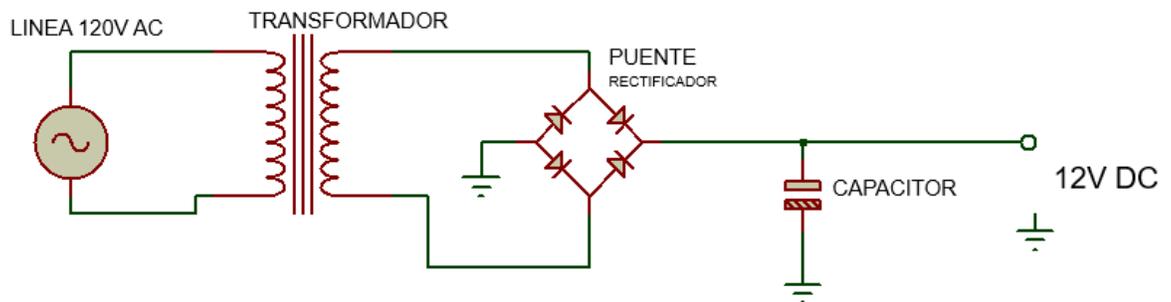


Ilustración 1. Fuente de Alimentacion DC (fuente propia)

La fuente de alimentación o fuente de poder como también se le conoce, se definen dentro del ámbito de la electrónica, como el instrumento que transforma la corriente alterna, en una o varias corrientes continuas o directas, las cuales son utilizadas para alimentar los diferentes aparatos electrónicos, tales como televisores, computadoras, impresoras, etc. (Rashid, 1993) Esta fuente de alimentación es necesaria para el correcto funcionamiento de todos los componentes del sistema.

Se ha evaluado las distintas maneras de crear una fuente de alimentación y algunos parámetros encontrados entre las diversas formas no serían beneficiosas para el sistema. Las fuentes resistivas tienden a generar mucha energía en forma de calor, y esta se desperdicia debido al efecto Joule. Esta fuente estaría en un contenedor alimentando toda la circuitería electrónica, por lo cual no sería provechoso tener fuentes de calor adicionales a las temperaturas a las que opera el circuito. Las fuentes capacitivas también parecen ser una buena opción, sin embargo, tienden a fallar totalmente si uno de los diodos Zener que estabilizan el voltaje se averían.

Por tal razón, lo más óptimo sería una fuente DC a partir de un transformador que provee una salida de 5 Voltios, 2.2 Amperios. En la Ilustración 2 se muestra un ejemplo.

El principal objetivo de una fuente de alimentación es de suministrar una tensión apropiada para el funcionamiento de cualquier dispositivo electrónico que esté conectado a la misma.

La fuente de alimentación es la encargada de convertir la entrada de voltaje alterna de la red convencional en un voltaje continuo o también llamado directo. Para que este proceso se dé, existen algunas etapas fundamentales que consisten en: Transformación, rectificación, filtrado y regulación.

En la Ilustración 2 se muestra un prototipo de una fuente DC, tipo comercial.



Ilustración 2. Fuente de alimentación DC tipo comercial y Fuente de alimentación DC (2A@5Vcc)

Una fuente de voltaje DC como la mostrada anteriormente sería ideal para el uso en el sistema de monitoreo, sin embargo, este modelo carece de carcasa, por lo cual el modelo presentado de igual manera en la Ilustración 2 es práctico y funcional, además de contar con una salida de 5VCC y 2000mA.

2. Sensores

Sensor de corriente.

Los sensores son dispositivos electrónicos que nos permiten interactuar con el medio, proporcionando información acerca de las variables que nos rodean, para poder procesarlas y generar ordenes o activar procesos. (Serna, 2010)

El sistema de monitoreo contará con ciertos sensores que proveerán la información necesaria de las variables medidas, tales como la corriente, voltaje, potencia y cantidad de litros de combustible.

El sensor de corriente es vital para la medición de todas las variables relacionadas con la energía que será provistas por el sistema. MBMDI posee generadores eléctricos tales como Honda EM4000S, el cual provee una salida típica de 4kW de potencia y en casos críticos hasta 5kW por un lapso máximo de 10 segundos, según el fabricante. (Honda, 2011).

El sensor de corriente por lo tanto debe contar con la capacidad máxima del generador con el cual se va a trabajar. Para este caso particular, la capacidad de corriente por parte del sensor debe ser mayor a 42 A, como se muestra en la

$$\text{formula } I = \frac{P}{V} = \frac{5kW}{120V} = 41.66 A$$

Ecuación 1. Formula General de Corriente para determinar capacidad de sensor a usar

Conociendo este dato es posible buscar un sensor que se ajuste a los requerimientos, tales como el SCT013-060, sensor de corriente tipo “clamp-on” o no invasivo de 60A. Algunos de estos sensores proveen una salida de corriente

en mA en dependencia de la corriente suministrada; otros generan una salida de voltaje en dependencia de la corriente que pase a través de la ferrita.

El sensor mencionado anteriormente, quien tiene una relación de 0.0166 Voltios por cada Amperio que pasa a través de la ferrita. En la Ilustración 3, se presenta una imagen de este sensor.



Ilustración 3. Sensor de corriente tipo "Clamp on"

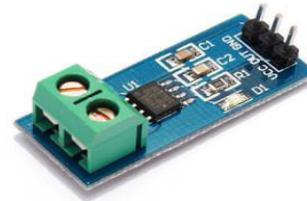


Ilustración 4. Sensor de corriente ACS712

Por otro lado, este sensor SCT013-060 no es tan sensible a las variaciones pequeñas de corriente y no funciona en mediciones menores a 100W. Por lo tanto, un consumo de corriente por una carga inferior a los 2 Amperios no es detectado. Esto representa un rango de error muy grande para generadores de menor capacidad de corriente tales como el generador *Champion 75531i* que posee MBMDI que provee solamente 28 Amperios. (Champion, 2014) Por tal razón se ha utilizado un sensor mucho más sensible a demandas de corriente pequeñas. Tal sensor es el ACS712.

Los sensores de corriente ACS712 están diseñados para ser fácilmente utilizados con microcontroladores tales como el Arduino. Estos sensores se basan en el chip Allegro ACS712ELC, y se ofrecen con rangos de 5A, 20A y 30A.

La operación funcional básica de cada uno de estos dispositivos es idéntica. La única diferencia es con el factor de escala en la salida como se detalla en la tabla 1.

	5A Module	20A Module	30A Module
Supply Voltage (VCC)	5Vdc Nominal	5Vdc Nominal	5Vdc Nominal
Measurement Range	-5 to +5 Amps	-20 to +20 Amps	-30 to +30 Amps
Voltage at 0A	VCC/2 (nominally 2.5Vdc)	VCC/2 (nominally 2.5Vdc)	VCC/2 (nominally 2.5VDC)
Scale Factor	185 mV per Amp	100 mV per Amp	66 mV per Amp
Chip	ACS712ELC-05A	ACS712ELC-10A	ACS712ELC-30A

Tabla 1. Rangos de cada sensor ACS712 según su capacidad.

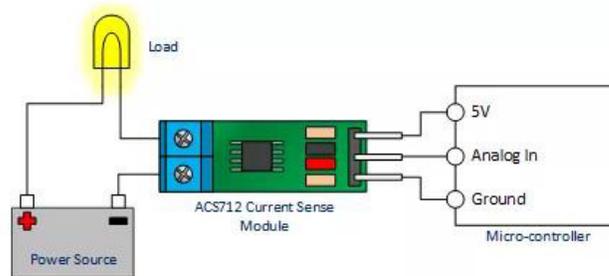


Ilustración 5. Diagrama de conexión ACS712

El diagrama de conexión se muestra en la Ilustración 5. La carga se conecta en los terminales de bloque y luego los tres pines de salida se conectan a tierra, 5v VCC y uno de los pines analógicos del microcontrolador. Esto nos provee los datos necesarios para conocer la demanda de corriente de la carga conectada.

Sensor de voltaje.

Para la medición del voltaje proporcionado por el generador, puede ser adquirido mediante un sencillo divisor de voltaje que permitirá tomar una muestra del voltaje y luego este dato será leído por el microcontrolador. En la Ilustración 6 se muestra un ejemplo de divisor de voltaje simulado en el software Proteus V8.5

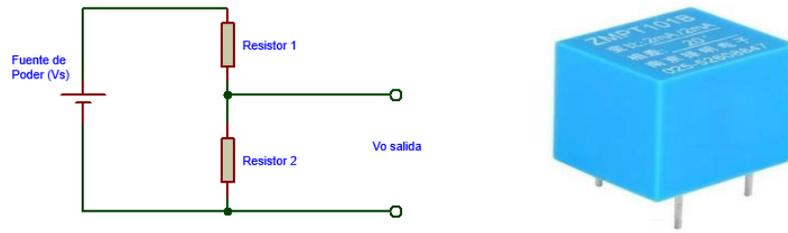


Ilustración 6. Sensor ZMPT101B y su respectivo divisor de Voltaje.

A pesar de que gracias a un divisor de voltaje es posible medir la magnitud del voltaje, este método tiende a ser un tanto peligroso debido al voltaje que pasa a través de los resistores. Por este motivo existen algunos transformadores que de forma segura nos determinan un voltaje de salida que un microcontrolador puede leer y de forma muy segura.

Tal es el caso del sensor de voltaje AC ZMPT101B, mostrado de igual manera en la Ilustración 6. Quien provee un voltaje de salida deseado.

Gracias al convertidor Analógico-Digital del Arduino es posible la lectura de un valor analógico, en este caso provisto por el sensor.

La hoja de datos del fabricante³ muestra el diagrama funcional y la fórmula utilizada para los cálculos correspondientes. Un extracto de esta se muestra en la Ilustración 7.

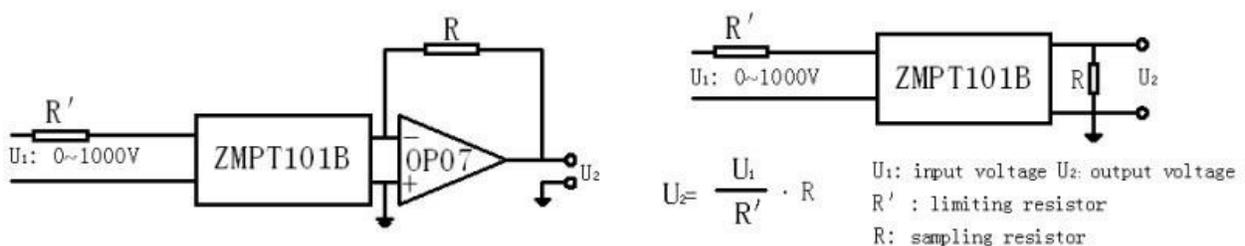


Ilustración 7. Diagrama funcional del ZMPT101B

³ La hoja de datos del sensor ZMPT101B se encuentra en la sección de Anexos.

$$U_2 = \frac{U_1 * R}{R'}$$

Ecuación 2. Formula General para sensor de Voltaje ZMPT101B

De acuerdo con la ecuación provista por el fabricante se seleccionó valores de resistencia que produjeran un corriente inferior a 2mA a cada lado del transformador. Por tal razón se calculó $R' = 180k$ y $R = 4.7k$. Para un valor de entrada típicamente, 120V ac resulta:

$$U_2 = \frac{120v * 4.7k}{180k} = 3.13Vac$$

Ecuación 3. Formula desarrollada para valores del sensor de voltaje ZMPT101B

El sensor de flujo.

Si bien en cierto, el flujo del combustible no es un tema abarcado en este proyecto, el sensor de flujo nos permite saber la cantidad de mL o L que pasan a través de este sensor de efecto hall. Para este proyecto se usará el sensor YF-S201 que se muestra en la Ilustración 8.

Este sensor utiliza un sensor de molinete para medir la cantidad de líquido que se movió a través de él.

Los sensores están sólidamente construidos y proporcionan un pulso digital cada vez que una cantidad de líquido pasa a través de la tubería. La salida se puede conectar fácilmente a un microcontrolador para monitorear el uso del agua, por ejemplo, y/o calcular la cantidad de líquido que queda en un tanque, etc.



Ilustración 8. Sensor de flujo YF-S201

3. El factor de potencia.

Factor de potencia (PF) es una cantidad eléctrica relacionado con la calidad de la energía y los análisis de eficiencia energética. Un bajo PF aumenta las pérdidas de los conductores; contribuye a la ocurrencia de condiciones de sobrecarga en sistemas eléctricos; reduce el nivel de voltaje, especialmente cuando está ubicado en puntos de conexión que están lejos del alimentador; y compromete la capacidad de transformadores y alimentadores. (Silva, 2009)

De acuerdo con la literatura, PF se define como la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S). Alternativamente, se puede expresar como el coseno del ángulo entre los fasores de potencia ($\cos \Psi$). (Irwin, 2002)

En los conceptos generales de corriente alterna se trabaja con el Triángulo de Potencias (Ilustración 9), cuyos catetos son las potencias Activa (P) y Reactiva (Q), y que posee por hipotenusa la potencia Aparente (S).

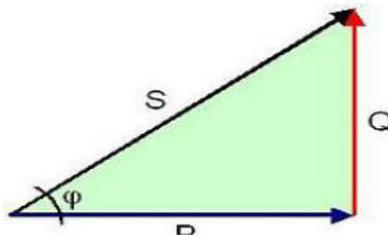


Ilustración 9. Triangulo de las potencias

El Factor de Potencia nos indica el grado de aprovechamiento real de la potencia suministrada al sistema, mediante un número positivo menor o igual que la unidad. En ausencia de armónicos el factor de potencia es igual al coseno de ϕ . En este estudio se ha calculado dividiendo la potencia activa entre la potencia aparente. (Trujillo, Eduardo). Véase Ilustración 10.

$$FP = \frac{P}{S} \rightarrow \text{en ausencia de armónicos} \rightarrow \frac{V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos \varphi}{V_{rms} \cdot I_{rms}} = \cos \varphi$$

Donde:

- FP es el Factor de potencia.
- P es la potencia activa.
- S es la potencia aparente..
- V_{rms} es el valor eficaz del voltaje.
- I_{rms} es el valor eficaz de la intensidad.
- φ es el ángulo de desfase entre tensión e intensidad para la frecuencia fundamental

Ilustración 10. Fórmulas para PF

Por esta razón, la potencia en Watts es la potencia que tiene mayor importancia en este sistema, y viene dada por.

$$\text{Potencia en Watts} = V * I * \cos \varphi$$

Ecuación 4. Formula General de potencia en Watts

Los sensores antes mencionados nos proporcionan los valores de Voltaje (V) y corriente (I) respectivamente. De esta manera lo único restante es el PF o $\cos \varphi$.

Para la correcta realización de este cálculo haremos uso de algunos componentes electrónicos que acondicionarán la señal, de manera que podamos usarla.

Ya que los sensores de corriente (ACS712 y ZMPT101B) proveen salidas analógicas, se necesita digitalizar estos valores para hacer el cálculo del factor de potencia. Para la digitalización de dichos valores se hará un cruce por cero, utilizando amplificadores operacionales, tales como el LM311.

En la Ilustración 11 se muestra la configuración del LM311. De igual manera En la Ilustración 12 se muestra como una señal analógica (señal amarilla) es convertida a una señal digital luego de ser filtrada por el diodo (D2) (señal azul) y luego el cruce por cero con el OPAMP (señal roja).

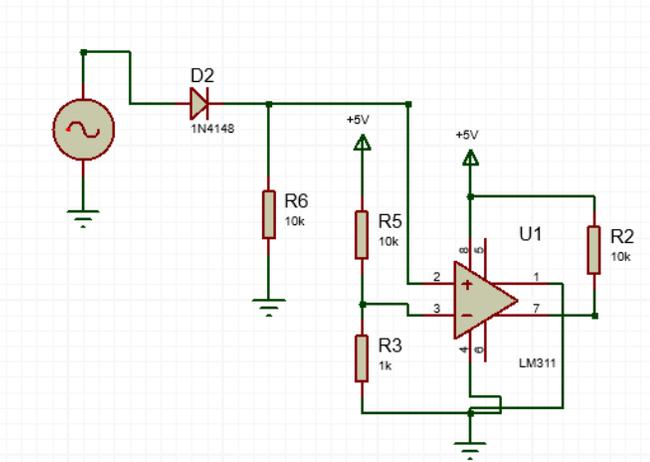


Ilustración 11. Configuración LM311 para cruce por cero.

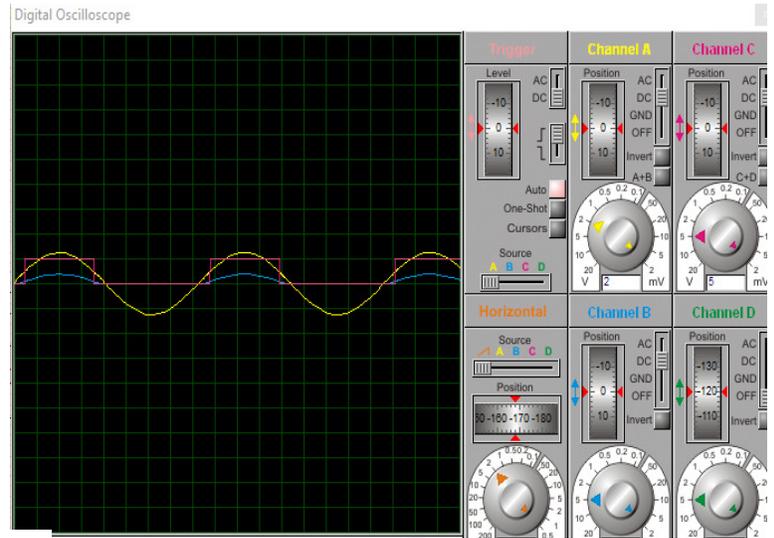


Ilustración 12. Filtrado y cruce por cero.

Debido que uno de los cálculos pertinentes del sistema es el factor de potencia, es necesario calcular el desfase que existe entre la curva de Corriente Vrs. Voltaje.

Las señales provenientes de los sensores, luego de ser digitalizadas, entrarán a una compuerta lógica XOR (Ilustración 13), lo que nos ayudará a calcular y visualizar el desfase que existe entre en ambas señales. De igual forma en la Ilustración 13 se muestra una imagen del osciloscopio en el simulador Proteus v8.5.

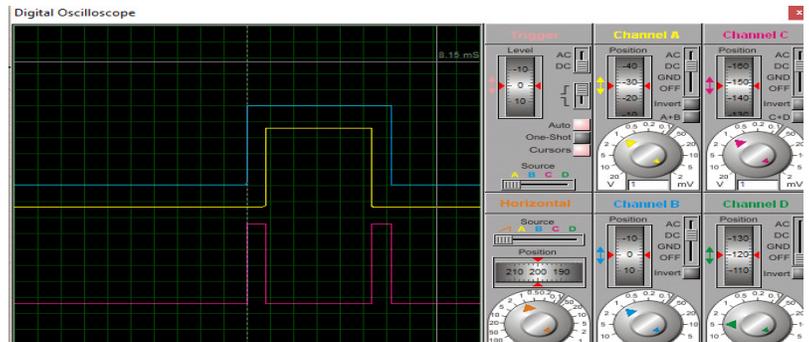
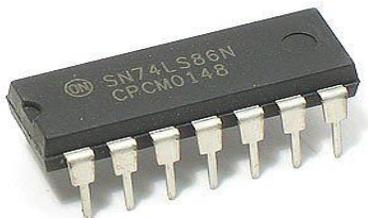


Ilustración 13. Compuerta XOR 7486 Y Visualización del $\text{Cos}(\varphi)$

La señal amarilla proviene del sensor de corriente, la azul del sensor de voltaje y la roja proviene de la compuerta XOR, mostrando el desfase $\cos(\varphi)$ entre voltaje y corriente. (Lindo, 2016)

A continuación, se muestra el diagrama (Ilustración 14) con las interconexiones entre sensores y la tarjeta de desarrollo Arduino.

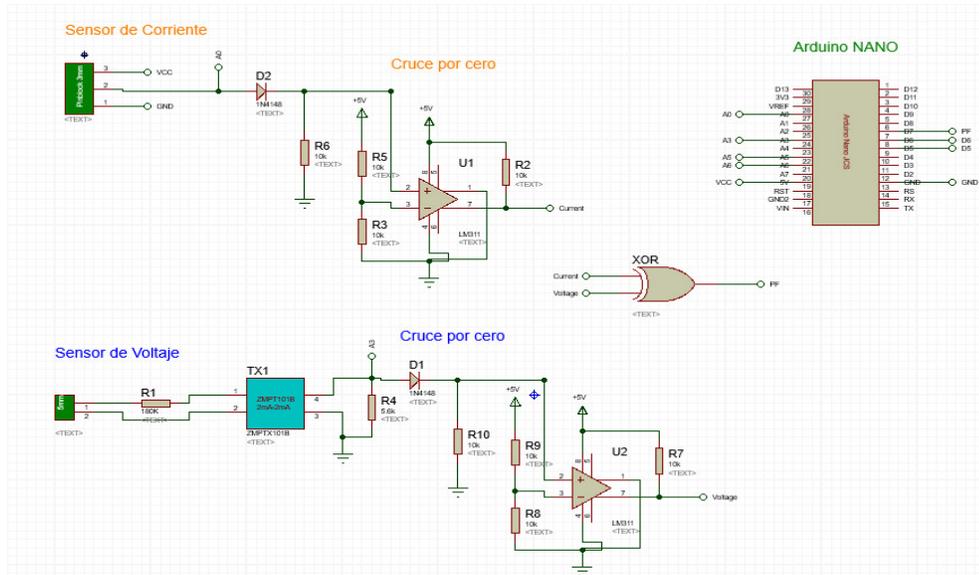


Ilustración 14. Conexiones entre sensores y placa de desarrollo (Arduino).

4. Microcontrolador

En la actualidad existen muchos tipos de microcontroladores que podrían ser utilizados para la finalidad de este proyecto. Podemos afirmar que un microcontrolador es “un circuito integrado que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de «controlador incrustado» (embedded controller). Se dice que es “la solución en un chip” porque su reducido tamaño minimiza el número de componentes y el costo.” (Lopez & Margni, 2003)

El microcontrolador, será el cerebro del proyecto, quien controlará todos y cada uno de los procesos, tales como la obtención y envío de datos, además de interactuar directamente con los sensores y componentes electrónicos con los que esté en contacto.

Para este proyecto se podría hacer uso de tarjetas de desarrollo, como el conocido Arduino Mega, el cual posee al ATmega2560 el cual es probablemente el microcontrolador más capaz de la familia Arduino.

Posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida; 16 entradas analógicas, un cristal oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un botón de “reset” y una entrada para la alimentación de la placa.

Esta tarjeta de desarrollo integrado provee las características técnicas que harían del sistema de monitoreo una herramienta practica y muy útil. Este ejemplar posee las características de ser liviano, teniendo un peso de tan solo 37 gramos y un consumo de 93mA de corriente. El Ing. Aranda también argumenta que: *“Una gran virtud que tiene el proyecto Arduino es la gran documentación que existe en la Web, tanto es español como en inglés, donde podemos encontrar innumerables ejemplos listos para funcionar. Este proyecto cuenta con una comunidad que ayuda tanto a desarrollar productos nuevos como solucionar problemas técnicos.”* (Aranda, 2014) Se muestra un ejemplar de la tarjeta de desarrollo Arduino Mega en la Ilustración 15.



Ilustración 15. Arduino Mega2560

5. La plataforma Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica de código abierto basada en hardware y software de uso sencillo. Las placas Arduino pueden hacer cantidades grandísimas de procesamiento y acciones, como leer entradas (sensor de luz, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida, activar un motor, encender un LED y publicar algo en línea. Puede decirle un tablero qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el tablero. Para hacerlo todas estas tareas es necesario utilizar el software Arduino (IDE), basado en el procesamiento. Una imagen de este programa se muestra en la Ilustración 16.



Ilustración 16. Arduino IDE

Con los años, Arduino ha sido el cerebro de miles de proyectos, desde objetos cotidianos hasta complejos instrumentos científicos. Una comunidad mundial de fabricantes (estudiantes, aficionados, artistas, programadores y profesionales) se ha reunido en torno a esta plataforma de código abierto, sus contribuciones se han añadido a una increíble cantidad de conocimiento accesible que puede ser de gran ayuda para principiantes y expertos por igual.

Arduino nació en el “Ivrea Interaction Design Institute” como una herramienta para el prototipado rápido, dirigido a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación. Tan pronto como llegó a una comunidad más amplia, la placa Arduino comenzó a cambiar para adaptarse a las nuevas necesidades y desafíos, diferenciando su oferta de simples placas de 8 bits para productos para aplicaciones de IoT, wearable, impresión 3D y entornos integrados.

Todos los tableros Arduino son completamente de código abierto, lo que permite a los usuarios construirlos de forma independiente y eventualmente adaptarlos a sus necesidades particulares. El software también es de código abierto y está creciendo a través de las contribuciones de los usuarios en todo el mundo. (Arduino, 2018)

6. Arduino

Gracias a su experiencia de usuario simple y accesible, Arduino se ha utilizado en miles de proyectos y aplicaciones diferentes. El software Arduino es fácil de usar para principiantes, pero lo suficientemente flexible para usuarios avanzados. Se ejecuta en Mac, Windows y Linux. Los maestros y estudiantes lo usan para construir instrumentos científicos de bajo costo, para probar principios de química y física, o para comenzar con la programación y la robótica. Diseñadores y arquitectos construyen prototipos interactivos, músicos y artistas lo utilizan para instalaciones y experimentar con nuevos instrumentos musicales. Los fabricantes, por supuesto, lo utilizan para construir muchos de los proyectos expuestos en Maker Faire, por ejemplo. Arduino es una herramienta clave para aprender cosas nuevas. Cualquier persona (niños, aficionados, artistas, programadores) puede comenzar a retocar simplemente siguiendo las instrucciones paso a paso de un kit, o compartiendo ideas en línea con otros miembros de la comunidad Arduino.

Hay muchos otros microcontroladores y plataformas de microcontroladores disponibles para la informática física. Parallax Basic Stamp, BX-24 de Netmedia, Phidgets, Handyboard de MIT y muchos otros ofrecen una funcionalidad similar. Todas estas herramientas toman los detalles desordenados de la programación del microcontrolador y lo envuelven en un paquete fácil de usar.

Arduino también simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para los profesores, estudiantes y aficionados interesados. (Arduino, 2018)

Las placas Arduino tienen además ciertas ventajas que serán presentadas a continuación:

- ✚ **Económico:** las placas Arduino son relativamente económicas en comparación con otras plataformas de microcontroladores. La versión menos costosa del módulo Arduino se puede ensamblar a mano, e incluso los módulos Arduino pre-montados cuestan alrededor de U\$ 50.
- ✚ **Multiplataforma:** el software Arduino (IDE) se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux. La mayoría de los sistemas de microcontroladores están limitados a Windows.
- ✚ **Entorno de programación sencillo y claro:** el software Arduino (IDE) es fácil de usar para principiantes, pero lo suficientemente flexible como para que los usuarios avanzados puedan aprovecharlo también.
- ✚ **Software de código abierto y extensible:** el software Arduino se publica como herramientas de código abierto, disponibles para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede expandirse a través de bibliotecas C ++, y las personas que quieran comprender los detalles técnicos pueden dar el salto de Arduino al lenguaje de programación AVR C en el que se basa. Con respecto al Hardware, incluso los usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión del módulo para comprender cómo funciona y ahorrar dinero.

Arduino además ofrece muchos cursos donde los usuarios pueden aprender desde cosas muy básicas hasta conocimientos extensivos y avanzados.

“*Arduino Education*” Ilustración 17, por ejemplo, se compromete a capacitar a los educadores con las herramientas de hardware y software necesarias para crear una experiencia de aprendizaje más práctica. Lleve a sus alumnos en un viaje divertido e inspirador a través del mundo de la programación y la electrónica.

Para aprender más acerca de Arduino se puede visitar la página Web oficial de Arduino, <https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage> o bien Arduino Project Hub (Ilustración 17) <https://create.arduino.cc/projecthub>.



Ilustración 17. Arduino Education(Logo) y Arduino Project Hub(Logo)

7. Visualización y almacenamiento de datos del sistema en la web.

Una de las características principales en un sistema de monitoreo, es observar y estudiar información específica; en este caso, información brindada por los distintos sensores que se están utilizando. Para observar esta información se debe hacer uso de otras herramientas que ayuden en el análisis de esta. Estas herramientas presentan datos de forma tal que el usuario pueda interpretar fácilmente su contenido. Por lo tanto, la manera más conveniente de presentar dicha información sería de forma gráfica.

En la actualidad existe un término en el ámbito tecnológico que cada vez se va haciendo más popular y este es “Internet de las cosas” (IOT por sus siglas en Ingles) esto relacionado con la conexión de los dispositivos electrónicos al internet. Las APIs a su vez comienzan a trabajar de la mano con esta tecnología y es que estas son las que permiten a los desarrolladores conectarse al mundo de los objetos y relacionar entre sí los dispositivos que nos rodean: “enchufar” nuestro cuerpo a medidores de constantes vitales, domotizar una casa, interactuar con algún vehículo, etc.

Muchas organizaciones a nivel mundial hacen uso de esta tendencia, una de ellas es la organización BBVA, quienes aseguran *“Las APIs se han convertido en la sangre del software y el llamado Internet de las Cosas no existiría sin ellas. Las APIs incorporan y trabajan con los datos que facilitan la conexión entre objetos.”* (BBVA, 2016)

Hoy en día la mayoría de las soluciones del Internet de las Cosas se mueve alrededor de cuatro pilares básicos que son: movilidad, economía social, análisis de grandes volúmenes de datos y la nube. Y para ello existen una serie de plataformas virtuales que hacen uso de la Web (Nube o Internet) para poder realizar lo expuesto anteriormente; estas plataformas son un medio de almacenamiento y presentación de información proporcionada las personas interesadas. Algunas de estas plataformas prestan este servicio (Almacenamiento y presentación de info) en forma de pago, sin embargo, existen otras que para motivos estudiantiles lo hacen de forma gratuita. Las más usadas por la comunidad estudiantil son las siguientes: Pachube API (Xively), Thinspeak, Hostinger, Fitbit API entre otras (Ilustración 18).

Las principales características de estas plataformas son:

1. Herramienta para desarrolladores novatos
2. Centro de desarrollo con tutoriales, guías para las APIs, videos y biblioteca para conectar los distintos equipos.
3. Centro de aprovisionamiento
4. Servicio comercial orientado a empresas que requieran un soporte dedicado para su propia Internet de las Cosas



Ilustración 18. Plataformas más usadas por la comunidad estudiantil.

8. Comunicación

La etapa de comunicación del sistema es la que llevará a cabo el envío de los datos adquiridos por el μ C hacia la nube (en este caso a una página web), haciendo uso de un módulo de comunicación dedicado a tal tarea. Para esto se estudiaron las distintas alternativas existentes, incluyendo los dispositivos disponibles en el mercado local y la programación de estos. A continuación, se abordan los conceptos significativos que se relacionan a esta etapa.

a) Estándar GSM

Su definición se originó en el oriente como “un estándar europeo abierto para que una red digital de teléfono móvil soporte voz, datos, mensajes de texto y Roaming en varios países alrededor del mundo”.

La Ing. Porras cataloga este sistema de la siguiente manera, “*El Sistema Global para las comunicaciones Móviles “Global System for Mobile communications”, es un sistema estándar digital inalámbrico abierto (sin propietario) de comunicaciones de segunda generación (2G) para telefonía celular más expandido en el mundo (es usada por más de 4 billones de usuarios en varios países alrededor del mundo, representando un 85% del mercado mundial de telefonía móvil), que presta servicios de voz de alta calidad y servicios de datos conmutados por circuitos en una amplia gama de bandas o rangos de frecuencia espectrales.*”. (Porras, 2012) Esto sin duda demuestra la gran relevancia que tiene esta tecnología en la actualidad.

b) Red Celular

Las redes de telefonía móvil se basan en el concepto de celdas, son redes formada por celdas de radio cada una con su propio transmisor-receptor central, denominado estación base (o Estación base transceptora, BTS).

Estas celdas son usadas con el fin de cubrir diferentes zonas geográficas para proveer cobertura de radio. Cuanto menor sea el radio de una celda, mayor será el ancho de banda disponible.

En zonas urbanas muy pobladas, hay celdas con un radio de unos cientos de metros y en zonas rurales hay celdas enormes de hasta 30 kilómetros que proporcionan cobertura.

Características

- Tecnología libre y abierta que presta servicios de voz de alta calidad y servicios de datos conmutados por circuitos.
- Trabaja en una amplia gama de bandas de espectro con frecuencias de 850, 900, 1800 y 1900 MHz,
- Permite que varios usuarios compartan un mismo canal al hacer llamadas simultáneamente sin interferir con las demás.
- Permite el servicio de mensajería texto (SMS).
- Utiliza una técnica llamada “frequency hopping o salto de frecuencias” que minimiza la interferencia de las fuentes externas y hace que las escuchas no autorizadas sean imposibles.
- Capacidad de servicio internacional Roaming o itinerancia.
- Movilidad, esta es la capacidad que tiene un usuario para realizar o recibir llamadas telefónicas, enviar y recibir información o acceder a otros servicios mientras viaja fuera de área geográfica cubierta por el operador local usando las redes de otros operadores.

Seguridad

La seguridad en GSM consta de los siguientes aspectos:

- Autenticación de la Identidad del Abonado.
- Confidencialidad de la Identidad del Abonado.
- Confidencialidad de los Datos de Señalización.
- Confidencialidad de los Datos del Usuario.

Los mecanismos de seguridad de GSM se implementan en tres elementos diferentes del sistema, los cuales siempre deben estar para que funcionen los mecanismos de autenticación y de confidencialidad requeridos:

- El Módulo de Identidad del Abonado (SIM)
- El Aparato portátil GSM o Estación Móvil (MS)
- La Red GSM.

c) Tarjeta SIM

Una tarjeta SIM contiene la siguiente información: el número telefónico del abonado (MSISDN); el número internacional de abonado (IMSI, Identificación internacional de abonados móviles), el estado de la tarjeta SIM; el código de servicio (operador); la clave de autenticación; el PIN (Código de identificación personal); el PUK (Código personal de desbloqueo).



Ilustración 19. Tarjeta SIM de una operadora Local (CLARO)

La estación móvil contiene el algoritmo de cifrado, medida de seguridad más para asegurar la privacidad de conversaciones telefónicas y la prevención de fraude en el telefónico celular.

d) Estándar GPRS

GPRS son las Siglas que corresponde a General Packet Radio Service (Servicio General de Paquetes Vía Radio), que es una evolución del estándar GSM, y es por ello que en algunos casos se denomina GSM++ (o GMS 2+). GPRS extiende la arquitectura del estándar GSM para permitir la transferencia de datos del paquete con una tasa de datos teóricos de alrededor de 171,2 Kbits/s (hasta 114 Kbits/s en la práctica). Gracias a su modo de transferencia en paquetes, las transmisiones de datos sólo usan la red cuando es necesario.

Por lo tanto, el estándar GPRS permite que el usuario reciba facturas por volumen de datos en lugar de la duración de la conexión, lo que significa especialmente que el usuario puede permanecer conectado sin costo adicional.

Ventajas

- Característica de "Always connected": un usuario GPRS puede estar conectado todo el tiempo que desee, puesto que no hace uso de recursos de red (y por tanto no paga) mientras no esté recibiendo ni transmitiendo datos.
- Tarificación por volumen de datos transferidos, en lugar de por tiempo.
- Coste nulo de establecimiento de conexión a la red GPRS, frente al quantum de conexión existentes actualmente en GSM.
- Mayor velocidad de transmisión, en GPRS, se pueden tener varios canales asignados, tanto en el sentido de transmisión del móvil a la estación base como de la estación base al móvil. La velocidad de transmisión aumentará con el número de canales asignados.
- GPRS permite el uso de esquemas de codificación de datos que permiten una velocidad de transferencia de datos mayor que en GSM.
- Posibilidad de realizar/recibir llamadas de voz mientras se está conectado o utilizando cualquiera de los servicios disponibles con esta tecnología.
- Modo de transmisión asimétrico, más adaptado al tipo de tráfico de navegación html o wml (un terminal GPRS 4+1 (4 slots downlink y 1 uplink) tendrá cuatro veces mayor capacidad de transmisión de bajada que de subida).

Servicios de GPRS

Los servicios que obtendrá un usuario de este sistema serían los equivalentes a tener un PC conectado a Internet, siendo este de tamaño bolsillo.

- Acceder en movilidad a Internet y correo electrónico. GPRS permite acceder en movilidad a todas las facilidades de Internet usando el terminal GPRS como módem. Pagando sólo por el volumen de datos transmitidos y recibidos y no por el tiempo de conexión.
- Acceder en movilidad a la Intranet corporativa.

- Acceso a cuentas de correo corporativas (intranet), Permitiendo utilizar desde un dispositivo móvil (Ordenador portátil, PDA o el propio móvil) los sistemas de correo electrónico de la empresa (Microsoft Mail, Outlook Express, Microsoft Exchange, Lotus Notes, etc).
- Acceso a bases de datos y aplicaciones corporativas desde un dispositivo móvil.

e) Protocolo GSM/ GPRS

Hoy en día tanto la tecnología GSM como la GPRS se pueden hacer uso en un mismo terminal (Dispositivo móvil que admita SIM), haciendo una unión de ambas se obtiene el protocolo GSM / GPRS, este implica las características de ambas tecnologías. Este protocolo implica la comunicación a Internet con velocidad de hasta 144 Kbps además de llamadas de voz, servicios de mensajes cortos (SMS por sus siglas en inglés) y Roaming siempre y cuando la cobertura esté disponible.

De esta manera, basándonos en las características de la tecnología GSM/GPRS podríamos tomar una decisión en cuanto a su aplicación para este proyecto. Entre las características más relevantes tenemos la movilidad y la posibilidad de ser utilizada en cualquier lugar geográfico donde exista cobertura por parte de los operadores, donde a nivel local (Nicaragua) se tiene un porcentaje muy alto del mismo. La plataforma de EcuRed amplía estas características. (Ecured).

Además, la facilidad de instalación es también de gran importancia, debido a que no se requiere de ningún tipo de cableado para comunicación y transmisión de datos permitiendo que el sistema sea más versátil, fácil de monitorear e incluso, dependiendo del desarrollo podemos controlarlo.

Proveedores de servicios GSM / GPRS.

En la actualidad existen tres compañías que ofrecen el servicio de telefonía celular, las cuales proveen servicios de transmisión de datos a través de la red celular utilizando el protocolo GSM / GPRS en la banda de 850 – 900 Mhz. Estas son:

- Movistar
- Claro
- Cootel

Cada una de estas compañías ofrecen los servicios de telefonía que incluyen la comunicación a internet celular (Paquetes de datos) a distintos precios, estos paquetes de datos van de acorde a las necesidades de comunicación.

9. Módulo de transmisión GSM/GPRS

En la actualidad existen varias formas de conectar la plataforma Arduino con el exterior, shields para “Ethernet” o “WiFi” funcionarían, sin embargo, cuando se encuentran en lugares remotos el shield de GSM/GPRS es una de las mejores alternativas, por ejemplo, si se planea construir una estación meteorológica remota.

Para este tipo de propósitos se puede utilizar el módulo GSM/GPRS + una tarjeta SIM, de forma que pueda comunicarnos con el μ C como si se tratase de un teléfono móvil. Dado que el sistema debe ser capaz de transmitir los datos obtenidos por los distintos sensores a una plataforma web, se necesita de este tipo de módulo o shield de transmisión que haciendo uso de las tecnologías antes mencionadas (GSM/GPRS).

En el mercado actual existe una serie de Shields GSM/GPRS que podrían cumplir con los requisitos necesarios. Estos shields hacen uso de los comandos AT para la comunicación con su terminal. En el capítulo 2 de este informe se presentará con más detalle cada una de las alternativas existentes.

f) Comandos AT

Los comandos AT, también conocidos como comandos Hayes (en honor a su desarrollador Dennis Hayes), son una serie de instrucciones que conforman un interfaz de comunicación entre usuario y modem. Su abreviatura AT por la que son mundialmente conocidos estos comandos proviene de la palabra 'attention'.

Aunque la finalidad principal de los comandos AT fue la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM/GPRS también adoptó este lenguaje como estándar de comunicación.

En la actualidad, todos los terminales móviles GSM poseen una serie específica de comandos AT que nos permiten configurarlos por medio de estas instrucciones e indicarles una serie de acciones que queremos que ejecuten, tales como marcar un número de teléfono, enviar o leer un SMS, consultar el estado de conexión a la red, leer o escribir en la agenda de contactos, etc.

Una serie de desarrolladores de distintas plataformas y que hacen uso de estos comandos aseguran *“Gracias a que la transmisión de comandos AT no depende del canal de comunicación a través del cual estos sean enviados (cable, infrarrojos, Bluetooth, etc.), podremos utilizar nuestra placa Arduino para transmitir dichos comandos a un módulo GPRS/GSM que sea capaz de interpretarlos y actuar en consecuencia.”* (BlueHack, 2003)

Como son muchos los comandos existentes, únicamente se mencionará, junto con una breve descripción, aquellos que resultan de principal interés en el desarrollo de este proyecto:

- AT – Con este comando se verifica que el módulo está recibiendo las instrucciones. Si todo es correcto, tras enviarlo debe responder con un “OK”. En caso contrario no se obtendrá respuesta alguna.
- AT+CPIN? –Se utiliza esta instrucción para comprobar si la tarjeta SIM está desbloqueada o si requiere introducir el código PIN para proceder con el desbloqueo de esta. Cuando la SIM esté operativa responderá con un “ready”.

- AT+CPIN=" XXX" – En caso de que se necesite introducir el PIN, éste es el comando que debemos enviar, escribiendo los 4 dígitos correspondientes al código de desbloqueo en el lugar de las "X", delimitado entre comillas.

- AT+CREG? – Con este comando se pregunta por el estado de conexión a la red. La respuesta recibida seguirá la siguiente notación: +CREG: <n>, <stat>, donde:

<stat> = 0 No registrado, no está buscando una conexión de red

<stat> = 1 Registrado a la red nacional

<stat> = 2 No registrado, pero buscando la red

<stat> = 3 Registro denegado

<stat> = 5 Registro tipo roaming

- AT+CSQ – Con este comando se mide la calidad de la señal, donde señales >15 serán muy buena y <14 están en el margen de regular.

- AT+CGATT? – Esta instrucción pregunta si está o no emparejado con un servicio de dominio de paquete (En este caso GPRS). Si lo está, se recibirá "+CGATT:0" como respuesta; para emparejar se debe enviar el comando "AT+CGATT=1".

- AT+CGCLASS? – Este comando pregunta a qué tipo de clase GPRS está conectado.

- AT+CSTT: "APN","USER","PWD" – Con este comando se puede unir a una APN de la operadora a la cual se está emparejado (La APN servirá para hacer uso de la conexión GPRS). Para saber el APN de cada operadora se debe llamar a la compañía y hacer petición de esta.

- AT+CIICR – Con esta instrucción se puede activar la conexión Inalámbrica a al servicio de GPRS.

- AT+CIFSR – Este comando hará la petición de la dirección IP local de la cual se esté haciendo uso.

- AT+CIPSTART="TCP","DIRECCION","PUERTO" – Mediante esta sentencia se puede realizar la conexión al servidor que se usará. Para se debe iniciar la conexión TCP, seguida de la dirección del servidor y terminando con el puerto el cual se hará uso (generalmente es el puerto 8080 u 80).
- AT+CIPSEND= – Mediante este comando se podrá enviar la información sobre la conexión TCP previamente iniciada.
- AT+CIPCLOSE – Para cerrar la conexión TCP, se hace uso de este comando.
- AT+CIPSHUT – Una vez que se haya enviado la info y se haya cerrado la conexión TCP, se procede a cerrar la conexión GPRS, para ello se hace uso de este comando.

10. Datalogger

Hoy en día el uso de un "Data-logger" (Registrador de datos) en sistemas que trabajan en tiempo real y en almacenamiento de datos, comienzan a ser de gran importancia. En el pasado los datos solo se guardaban por un corto periodo de tiempo en una memoria volátil y pasado este tiempo la información se perdía de forma permanente. Por otro lado, con el uso de "*Dataloggers*" los datos pueden almacenarse por el tiempo que el usuario desee.

Estos sistemas son básicamente dispositivos electrónicos que registran datos en un tiempo establecido o relacionado con la ubicación por medio de sensores u otros módulos. La mayor cantidad de estos sistemas de almacenamiento están basados en microcontroladores

Uno de los principales beneficios del uso de registradores de datos es la capacidad para recopilar información las 24/7. Los Data-Loggers se utilizan para registrar la información durante un período de seguimiento. Esto permite una visión global y precisa de las condiciones y parámetros que el sistema monitorea, Siendo una tecnología inalámbrica, facilita el montaje en la misma, permitiendo un ahorro de tiempo y dinero. (Tigse, 2010)

Capítulo 2: Análisis y presentación de resultados.

En este capítulo se detalla la metodología utilizada en el desarrollo de este proyecto la cual se despliega en 4 etapas de gran importancia. Primeramente, la fase de análisis ayudará a entender mejor el entorno con el que se trabajó, así como el funcionamiento, estado y mantenimiento de los generadores a utilizar; además, se podrán tomar en cuenta los requisitos que pide la organización de nuestro proyecto, para que este cumpla con sus expectativas. Seguidamente se encuentra la fase de diseño donde se evalúan las diferentes tecnologías existentes en el mercado local y aquellas que se encuentran en el exterior que son necesarias para el cumplimiento de los objetivos planteados y requeridos; de igual manera se estudian las ventajas y desventajas de cada una de estas.

La implementación del proyecto forma parte de la tercera etapa, donde se instala el prototipo desarrollado y se realizan las distintas pruebas necesarias para constatar que el sistema funciona correctamente. Una vez concluidas estas pruebas, se consigna la funcionabilidad del sistema y se procede a la evaluación del proyecto. Finalmente se realizan conclusiones del funcionamiento general del sistema y si es necesario algún cambio o modificación en el mismo. A continuación, se explica de forma concreta cada una de las fases mencionadas anteriormente.

11. Análisis

Para el inicio de esta fase vale la pena mencionar que Misión Bautista Medico Dental Internacional (MBMDI) es una ONG que lleva brigadas médicas a las distintas áreas rurales de Nicaragua. En estas brigadas se utilizan generadores eléctricos de gasolina para suministrar energía a diferentes cargas, entre ellos compresores dentales y clínicas móviles. En septiembre de 2017 participamos como interpretes en una de estas brigadas, donde pudimos observar el trabajo que realizan estos generadores y el ambiente donde estos operan. Al estar en el lugar de trabajo se encontró la problemática de la carencia de un sistema de monitoreo remoto que inquiriera acerca del funcionamiento de los generadores.

Procedimos a formular preguntas hacia el responsable de los generadores y se nos informó que no se contaba con un sistema de monitoreo remoto y únicamente se proveía mantenimiento preventivo a los generadores una vez que las brigadas concluían. Teniendo en cuenta esta información, surgió la congruencia de proponer un sistema de monitoreo para estos generadores; tal propuesta fue aceptada por el responsable y posteriormente aceptada mediante un acuerdo formal ante la gerencia de Misión Bautista MDI.

Para darle seguimiento a la propuesta se realizaron visitas a las instalaciones de MBMDI a finales del mes de septiembre de 2017, donde se presentó nuestra propuesta ante la alta gerencia. En tal propuesta se presentaba de forma general un sistema que a partir de múltiples sensores y componentes electrónicos sería capaz de monitorear variables de interés (Las que ellos considerasen importantes) en los generadores. Luego de plantear nuestras sugerencias acerca de las variables necesarias para el sistema y de las tecnologías que podrían utilizarse, la propuesta de proyecto fue aceptada y se firmó un acuerdo⁴ donde se presentan términos y especificaciones acerca de este proyecto piloto a realizar, ya que la

⁴ Véase acuerdo en la sección de anexos

organización está interesada en integrar este sistema de monitoreo en todos los generadores de energía que poseen.

Uno de los parámetros de mayor relevancia lo conforman las variables de interés. Para la organización estas variables de interés serían: corriente, voltaje, potencia y cantidad de litros de gasolina suministrados al generador.

Este último parámetro propuso una de las dificultades más grandes en el desarrollo del sistema, dado que trabajar con tal fluido muestra cierto grado de riesgo y peligro al ser volátil e inflamable, además de la limitante de no poder manipular el tanque de combustible, como se cita en el acuerdo firmado.

Una vez que los requerimientos deseados eran claros, se procedió a la búsqueda de las distintas alternativas disponibles para la solución de la problemática planteada, haciendo una larga revisión de literatura. Cabe destacar que esta sección fue bastante larga, pero muy satisfactorias pues permitió encontrar las diferentes alternativas que serían presentadas a la gerencia (en la sección de Diseño se encuentran detalladamente dichas alternativas), de manera que ellos escogiesen la más conveniente. Como se mencionó anteriormente, la organización decidió las tecnologías que utilizarían basados en las alternativas presentadas.

De esta manera se concluye la fase de análisis y se dejan las bases para el inicio de la etapa de diseño del sistema.

12. Diseño

Teniendo en cuenta los requerimientos realizados por parte de la organización, se propuso un sistema compuesto por varias etapas, las cuales serían: Fase de obtención de datos de interés, Procesamiento de información obtenida, Envío de información procesada a una base de datos, Almacenamiento y Visualización de Información Obtenida en la base de datos y finalmente un Sistema de respaldo de información en caso de que no exista conexión a red.

Para el desarrollo del sistema propuesto, se debe tener en cuenta los componentes a utilizar, y para ello se realizaron cotizaciones en el país y en el exterior, tomando en cuenta parámetros de importancia como son la calidad y vida útil.

A continuación, se presenta cada una de las propuestas realizadas a la gerencia además del costo por detalle y costo total.

1. Sistema de Monitoreo con Raspberry Pi 3.

Este sistema cuenta con una de las tarjetas de desarrollo más potentes del mercado. Raspberry Pi 3 es un computador de placa reducida y es una tarjeta muy completa y poderosa en el ámbito electrónico. Posee un CPU y GPU necesarios para la mayoría de proyectos de gran relevancia, incluye memoria RAM, periféricos de entrada-salida para audio y video además de contar con almacenamiento integrado y slots para tarjetas SD.

La gran desventaja de esta tarjeta de desarrollo es su coste en comparación con otras, además de la información técnica disponible en la web. La comunidad hispana⁵ que utiliza esta tecnología es muy limitada, por lo que inconvenientes/dudas acerca de algún tema en específico son muy difíciles de aclarar. Un aspecto de gran importancia es su capacidad

⁵ Foro de la comunidad hispana de Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi-spanish.es/foro>

de procesamiento de información de forma paralela, lo cual significa una gran ventaja, especialmente en el ámbito del envío de datos a la nube y monitoreo de variables.

La siguiente tabla muestra las cotizaciones realizadas para este sistema.

Componente	Costo	Cantidad	Total
Raspberry Pi 3	\$35.00	1	\$35.00
Compuerta XOR 7486	\$3.1	1	\$3.1
LM311	\$1.2	2	\$2.4
Resistores	\$0.6	10	\$7
Diodos	\$0.5	4	\$2
Terminales	\$3	4	\$12
Sensor de Voltaje ZMPT101B	\$10	1	\$10
Sensor de corriente ACS712	\$2.8	1	\$2.8
Sensor de Flujo YF-S201	\$3.2	1	\$3.2
PCB	\$6.65	1	\$6.65
Tarjeta Sim con plan de datos	\$18	1	\$18
Modulo SD	\$2	1	\$2
Tarjeta SD	\$7	1	\$7
Total			\$111.15

Tabla 2. Proforma de Sistema #1

2. Sistema de Monitoreo con Microcontrolador PIC

Este sistema consiste en el uso de un Microcontrolador como fuente de control; el uso de estos es muy común hoy en día, además de que en el mercado se pueden encontrar en variedades y cantidades significativas. La comunidad que usa μC PIC⁶ es algo amplia y se han tratado una serie de casos que ayudan a aclarar dudas y/o problemas que se puedan presentar en el desarrollo de algún proyecto, sin embargo, esta comunidad no es ni

⁶ μC es la abreviación de la palabra Microcontrolador.

la sombra de lo que otras tarjetas de desarrollo, tales como Arduino, ofrecen.

La principal ventaja de usar PIC es que, según el modelo, se puede seleccionar uno que utilice muy poco espacio y que sea de bajo coste, sin embargo, tiene bastantes desventajas entre las que predominan el que no están diseñados para laborar en ambientes hostiles, por ejemplo, expuestos al polvo, diferentes condiciones climáticas, además que no poder estar en constante movimiento ya que es un dispositivo frágil que con un pequeño golpe o con energía estática puede dañarse.

La forma de montar los programas no es la más ventajosa ya que para poder realizar tal acción se debe desmontar el PIC de la tarjeta PCB que se haya diseñado (esta además puede contar con algunas fallas y tienden a ser de poca durabilidad especialmente si se hacen por el método del planchado) y se debe de contar con un grabador de PIC⁷ que en la gran mayoría de los casos suelen tener un coste muy elevado, mayor al del mismo μ C PIC con el que se trabaje.

Una limitante de los μ C PIC, en comparación a otras tecnologías como FPGA o RaspberryPi, es su procesamiento de información, ya que este se realiza de forma secuencial.

Para este sistema propuesto se eligió el PIC16F877A por ser muy conocido y de bajo coste en comparación a otros. La siguiente tabla muestra las cotizaciones realizadas para este sistema.

⁷ El nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como Peripheral Interface Controller (controlador de interfaz periférico).

Componente	Costo	Cantidad	Total
PIC16F877A	\$6.2	1	\$6.2
Grabador de PIC	\$41.75	1	\$41.75
Capacitor cerámico	\$0.10	2	\$0.20
Cristal de Cuarzo	\$1.2	1	\$1.2
Compuerta XOR 7486	\$3.1	1	\$3.1
LM311	\$1.2	2	\$2.4
Resistores	\$0.6	10	\$7
Diodos	\$0.5	4	\$2
Terminales	\$3	4	\$12
Sensor de Voltaje ZMPT101B	\$10	1	\$10
Sensor de corriente ACS712	\$2.8	1	\$2.8
Sensor de Flujo YF-S201	\$3.2	1	\$3.2
PCB	\$6.65	1	\$6.65
Tarjeta Sim con plan de datos	\$18	1	\$18
Modulo SD	\$2	1	\$2
Tarjeta SD	\$7	1	\$7
Total			\$125.5

Tabla 3. Proforma de Sistema #2

3. Sistema de Monitoreo con Arduino

Este sistema consiste en el uso de la tarjeta de desarrollo Arduino Mega2560 que es una de las más conocidas no solo a nivel Latinoamericano sino mundial. Esta consta de un μC Atmega2560 y una serie de puertos analógicos y digitales disponibles para ser usados como entrada o salida. Para ser programado únicamente se necesita de un cable USB conectado una PC donde haciendo uso del software libre IDE se puede programar de forma muy sencilla y rápida.

El uso de Arduino es muy conveniente ya que la comunidad⁸ que lo utiliza, sobrepasa en número a todas las comunidades que usan alguna otra tarjeta de desarrollo diferente, incluso μ C PIC o Raspberry PI. Esto supone una de las grandes ventajas de utilizar Arduino dada la gran cantidad de información que se pueden encontrar en la internet relacionada a esta compañía.

Al igual que el μ C PIC, la arquitectura Arduino el procesamiento de información se realizan de forma secuencial, lo cual podría ser una desventaja en sistemas de monitoreo de tiempo real.

La siguiente tabla muestra las cotizaciones realizadas para este sistema.

Componente	Costo	Cantidad	Total
Arduino MEGA2560	\$5.9	1	\$5.9
Compuerta XOR 7486	\$3.1	1	\$3.1
LM311	\$1.2	2	\$2.4
Resistores	\$0.6	10	\$7
Diodos	\$0.5	4	\$2
Terminales	\$3	4	\$12
Sensor de Voltaje ZMPT101B	\$10	1	\$10
Sensor de corriente ACS712	\$2.8	1	\$2.8
Sensor de Flujo YF-S201	\$3.2	1	\$3.2
PCB	\$6.65	1	\$6.65
Tarjeta Sim con plan de datos	\$18	1	\$18
Modulo SD	\$2	1	\$2
Tarjeta SD	\$7	1	\$7
Total			\$82.05

Tabla 4. Proforma de Sistema #3

⁸ Comunidad Hispana de Arduino <https://forum.arduino.cc/index.php?board=32.0>

Una vez expuesta las unidades de procesamiento de datos, es necesario tomar en cuenta la tarjeta que haría posible el envío de la información recopilada hacia la nube. Por tal razón se presenta una serie de Shields⁹ de gran relevancia, y estos se detallan a continuación:

Nombre de Shield	Descripción	Costo
1.Módulo GPRS Quadband	Esta placa integra un módulo HILO SAGEM que permite servicios de módem GPRS. Con esta shield se puede enviar SMS o hacer llamadas a otros dispositivos móviles. Es necesaria la conexión de una antena externa para poder establecer conexión con la red.	\$22
2.Shield GPS+GPRS quadband SIM908.	Este shield cuenta con un módulo SIM908 integrado en la propia placa, ofreciendo la posibilidad de utilizar la tecnología GPS para posicionamiento en tiempo real. Al igual que el resto de placas de este estilo, la antena debe adquirirse por separado, sólo que en este caso se necesita adicionalmente una segunda antena para el uso de GPS.	\$80
3.Módulo 3G/GPRS+GPS para Arduino/Raspberry.	Este es el modelo más completo de todas las shields GPRS disponibles. Integra servicios 3G y GPS, además de conexión a una cámara para la captura de imágenes, entre muchas funcionalidades más.	\$180
4.Módulo GSM/GPRS SIM900.	Esta shield ofrece conectividad GPRS/GSM. Integra un módulo SIM900 que permite establecer llamadas con otros dispositivos móviles, enviar SMS, incluso itinerancia de datos.	\$10

⁹ Shields: Nombre que se le atribuye a las tarjetas extras que pueden ampliar el hardware/capacidades de otras tarjetas de desarrollo e inclusive μ C.

Tabla 5. Shields disponibles para el envío de datos usando tecnología GSM/GPRS

Se expuso a gerencia las ventajas y desventajas que ofrecen cada una de las soluciones brindadas, las cuales incluían la durabilidad del sistema, el precio de sus componentes y la forma de procesamiento de información. Se entregaron las proformas de los componentes del sistema obtenidas en los diversos sitios nacionales donde ofrecen los materiales a usarse en el proyecto, y en páginas web como eBay, Amazon, AliExpress, etc, resumidas en la siguiente tabla.

Propuesta	Valor Total estimado usando Modulo 1	Valor Total estimado usando Modulo 2	Valor Total estimado usando Modulo 3	Valor Total estimado usando Modulo 4
Sistema de Monitoreo con Raspberry Pi 3	\$133.15	\$191.15	\$291.15	\$121.15
Sistema de Monitoreo con Micro-Controlador	\$147.5	\$205.5	\$305.5	\$135.5
Sistema de Monitoreo con Arduino	\$104.05	\$162.05	\$262.05	\$92.05

Tabla 6. Distintos Precios de cada sistema con cada una de las shields disponibles.

Una vez explicadas las diferentes tecnologías y su costo, la gerencia eligió el diseño que según su criterio podía satisfacer sus necesidades al menor costo posible, siendo seleccionado el Sistema de Monitoreo con Arduino + shield SIM900 como módulo de envío de información. Podemos especular que la organización selecciono esta opción ya que planean integrar el sistema de monitoreo en el resto de los generadores que poseen.

Teniendo en cuenta el tipo de sistema que se utilizará, los componentes, así como las tecnologías, se procedió a diseñar el comportamiento del sistema, representado mediante su diagrama de flujo.

g) Diagrama de flujo del sistema

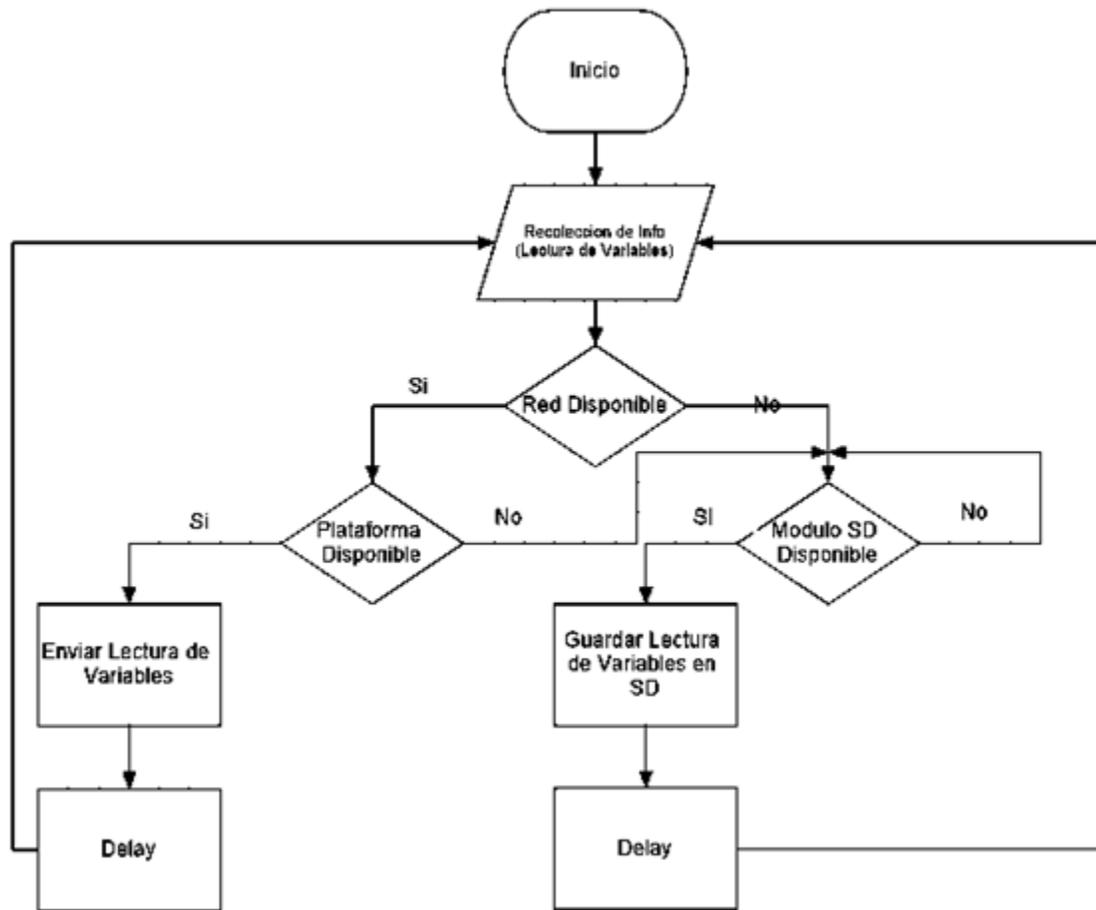


Ilustración 20. Diagrama de Flujo del Sistema desarrollado

Explicando brevemente el diagrama de flujo, es inherente mencionar que el sistema se basa primordialmente en el monitoreo de ciertas variables, y para esto es necesaria la disponibilidad de red GSM/GPRS en la zona donde estuviese el generador, teniendo en cuenta este detalle se procede a recolectar los datos con las variables de interés y verificar que haya red disponible, si esto es positivo se procede a preparar la información y enviarla a la plataforma (Thingspeak¹⁰) si por algún motivo a la hora de enviar la información no se puede establecer la conexión

¹⁰ Thingspeak es la plataforma seleccionada para realizar el almacenamiento y visualización de datos obtenidos.

con la plataforma, los datos en espera pasan al módulo SD de respaldo en donde si el módulo está disponible se procede a guardar la información y reiniciar el ciclo luego de un tiempo de espera.

En caso de que no exista conectividad con la red, se toman los datos de los distintos sensores y se proceden a guardarse en el módulo SD de respaldo, acá se vuelve a verificar que el módulo esté disponible y si es así se guarda la información recopilada y se reiniciar el ciclo pasado un tiempo de espera.

h) Módulo de transmisión SIM900 utilizado.

Conexiones y puesta en marcha del módulo SIM900

El módulo que vamos a usar (SIM900) no tiene pines para ser montado directamente sobre el Arduino, pero hay modelos que sí lo permiten. De todas formas, la conexión es muy sencilla.

Lo primero es colocar la tarjeta SIM que vayamos a usar. El adaptador para las tarjetas es del tamaño de las SIM normales, que en su mayoría han sido sustituidas por MicroSIM y NanoSim, así que tendremos que hacernos con una o enganchar una de estas últimas en un adaptador. Con un poco de paciencia y de pericia también podríamos colocar una nano o una micro directamente, pero en correremos peligro de que se mueva y deje de hacer contacto.

Antes de conectar nada al Arduino, vamos a colocar los jumpers que tiene la tarjeta de forma que utilizemos para comunicarnos por medio de los pines 7 y 8 del Shield.

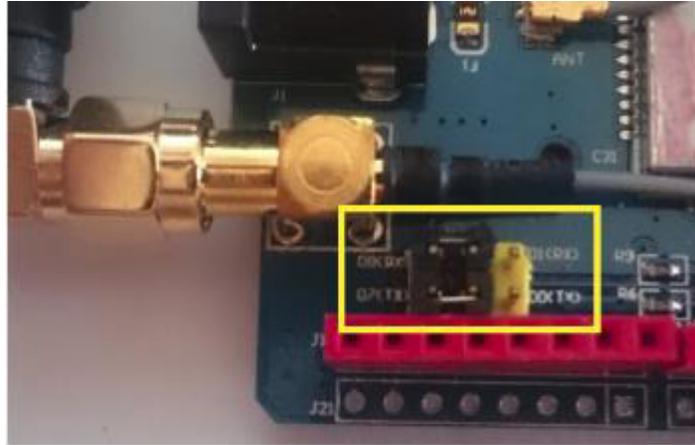


Ilustración 21. Forma de Colocar los Jumpers para la comunicación Módulo-Arduino

Para conectarla a nuestro Arduino tenemos dos opciones, y para las dos a como se mencionó anteriormente se necesita de una fuente de alimentación externa, ya que con conectar el Arduino por USB será suficiente para encender el módulo, pero no para alimentar también la tarjeta. Si conectamos la alimentación externa al shield GPRS y alimentamos el Arduino con el USB o una fuente aparte, sólo tendremos que unir los pines 7 y 8 para la comunicación serie y el GND entre ambas tarjetas.

Si conectamos la alimentación externa al Arduino a parte de las tres conexiones anteriores tendremos que unir los pines 5V del Arduino y del GPRS.

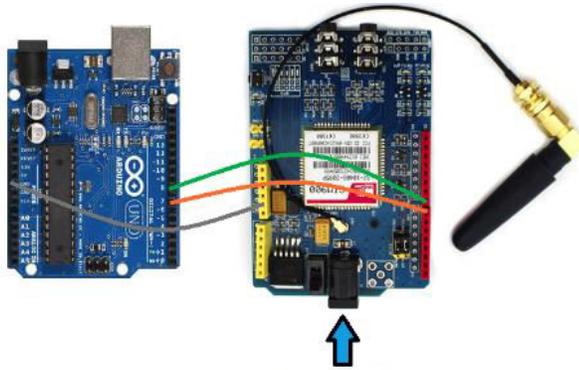


Ilustración 22. Forma de Colocar la Alimentación externa al Modulo y conectar a Arduino

Para encender el shield tenemos que colocar el interruptor en la posición correcta. Las dos posiciones corresponden a cada uno de los tipos de conexión que hemos explicado arriba. Una vez hagamos esto se encenderán dos Leds.

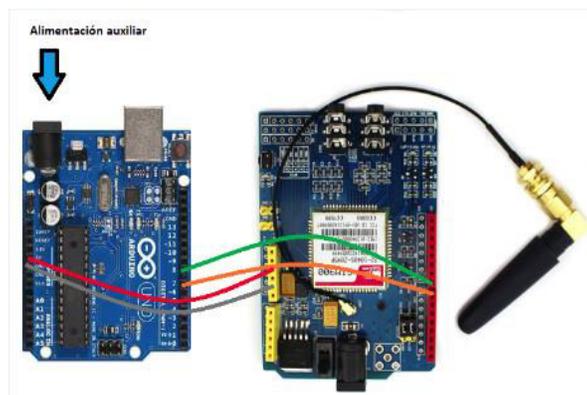


Ilustración 23. Forma de Colocar la Alimentación externa al Arduino y conectar al Modulo

Para activar la alimentación de la tarjeta SIM también nos encontramos con dos opciones. Podemos hacerlo manualmente presionando el pulsador que hay en uno de los laterales durante uno o dos segundos y veremos que se enciende otro Led, y que uno de los que se había encendido antes empieza a parpadear una vez por segundo. Este parpadeo nos indica que está buscando la red. Cuando la encuentre y se conecte cambiará la frecuencia de parpadeo y lo hará cada 3 o 4 segundos. Eso sí, no se conectará hasta que no insertemos el PIN de la SIM (Mediante el código de programación).

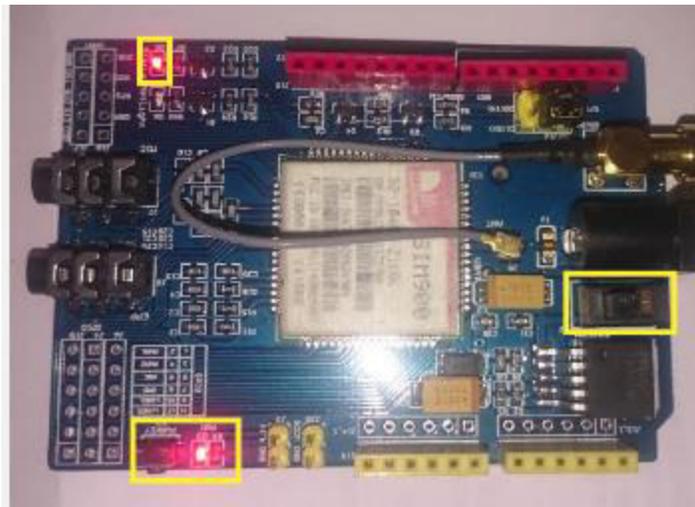


Ilustración 24. Forma de Colocar el interruptor de selección de alimentación y encendido de Leds.

También podemos activarla por programa, pero antes tendremos que realizar una soldadura en el pad “R13” que está justo al lado de la regleta de pines roja “J16”. Una vez hecho esto la activaremos mandando un pulso de 1 segundo al pin 9 de la tarjeta. Así que si se desea usar este tipo de activación se tendrá que añadir un cable entre un pin digital (en nuestro caso el 9) y el pin 9 de la tarjeta que hemos conectado. Eso sí, se recuerda que, si está activada la tarjeta y volvemos a mandar el pulso, lo que haremos será apagarla.



Ilustración 25. Pines a soldar si se desea la activación del SIM mediante un pulso enviado desde el Arduino.

Una vez teniendo todo lo anteriormente mencionado listo, ya podemos proceder a realizar la comunicación entre nuestro controlador (Arduino) y el módulo Shield GSM/GPRS.

Comunicación entre Controlador (Arduino) y Modulo SIM900

El módulo GSM/GPRS hace uso de la comunicación UART(Serial) mediante comandos AT para su configuración y control, por lo cual en el código de programación se deben incluir las librerías necesarias, una de estas es SoftwareSerial.h que nos permitirá disponer los puertos serie de Arduino para la comunicación con el módulo. Así únicamente se mencionan en el código los pines de los puertos a utilizar que para Arduino Uno son los pines 7 y 8, para el Arduino Mega son 10 y 11 y para el Arduino Nano son los pines 2 y 3.

El módulo SIM900 utiliza una velocidad de comunicación de 19200KHz, así que esto se debe de igual manera configurar en el código de programación. Una vez se tenga esto listo, se procede a la inicialización del módulo y del Arduino para su respectiva comunicación. Mediante los comandos AT podremos validar información de la red y enviar todas las variables que se vayan obteniendo de los distintos sensores a la plataforma de visualización.

i) Calibración de los Sensores

Sensor de Corriente

Una vez que se tienen las mediciones de prueba, se procede a determinar la gráfica del comportamiento del sensor ante estas mediciones. Con esta gráfica determinamos la recta, que mediante su pendiente podemos calibrar el sensor.

Potencia (Watts)	Corriente (Amperios)	ADC
100	0.833	534
75	0.625	530
60	0.5	528

Tabla 7. Tabla de valores de prueba

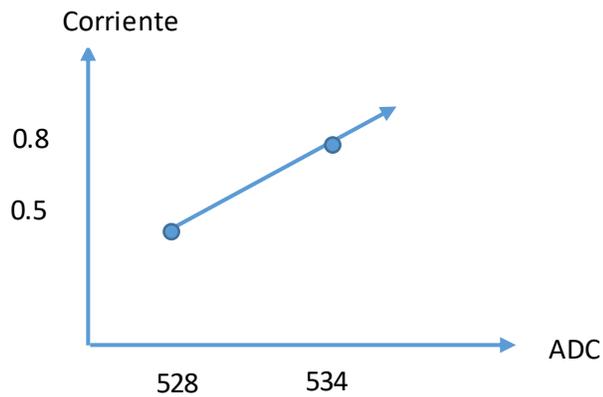


Ilustración 27. Grafica del comportamiento del sensor de Corriente

Calculando la pendiente de esa recta se obtiene

$$m = \frac{X - X1}{Y - Y1} = \frac{534 - 528}{0.833 - 0.5} = 18.18$$

Ecuación 5. Formula General de la pendiente de una recta

Colocando valores podremos obtener la Corriente, así:

$$\frac{ADC - 528}{I - 0.5} = 18.18$$

$$\frac{ADC - 518.91}{18.18} = I$$

Ecuación 6. Fórmula para determinar el Valor de la Corriente

Sensor de Voltaje

Siendo a=relación de transformación, Vi= Voltaje de entrada, 0.7 la caída del diodo Zener, 1023 el número para convertir a bytes y ADC=lectura del Arduino, se obtiene la ecuación:

$$ADC = \left(\frac{(a * Vi) - 0.7}{5} \right) * 1023$$

Ecuación 7. Fórmula para determinar la lectura del ADC del Arduino

Dada la formula presentada en el transformador ZMPT-101B, sabemos que

$$U_2 = \frac{U_1 * R}{R'}$$

Ecuación 8. Formula general del Sensor ZMPT101B

Siendo U_2 el valor deseado a la salida del transformador. Ya que $R' = 180k$;
 $R = 4.7k$ y el valor del voltaje de entrada típicamente es 120V, entonces

$$U_2 = \frac{120v * 4.7k}{180k} = 3.13v$$

Ecuación 9. Determinando el Voltaje a la salida del ZMPT101B

La relación de transformación

$$a = \frac{4.7k}{180k} = 26.11 * 10^{-3}$$

Ecuación 10. Formula de la relación de transformación para el ZMPT101B

Después de realizar los respectivos cálculos llegamos a la siguiente tabla:

	ADC
110	444.4
120	497.8
127	535.25

Tabla 8. Tabla de los valores de prueba para los voltajes.

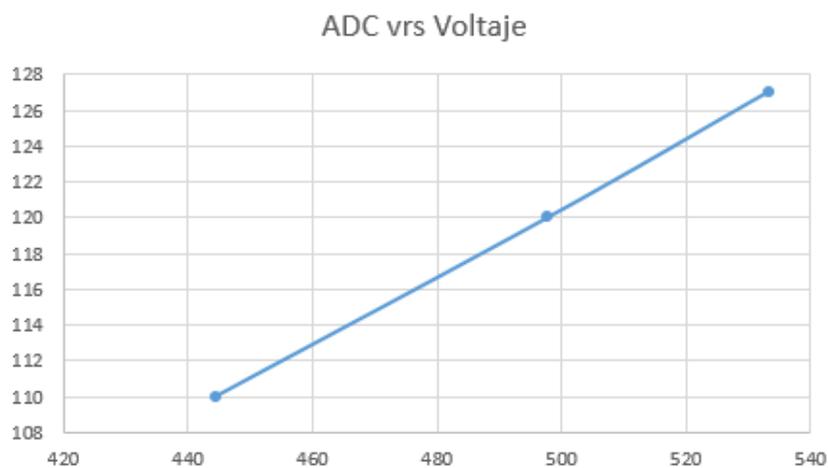


Ilustración 28. Grafica de los valores de voltaje

Calculamos la recta

$$m = \frac{x - x_1}{y - y_1} = \frac{533.25 - 444.4}{127 - 110} = 5.22$$

Ecuación 11. Pendiente de la recta para el sensor ZMPT101B

$$\frac{ADC - 444.4}{V - 110} = 5.22$$

$$V = \frac{ADC + 129.8}{5.22}$$

Ecuación 12. Fórmula para determinar la lectura final del ZMPT101B

Sensor de flujo

Después de un sinnúmero de pruebas se descartó la idea de tener mejores resultados al utilizar dos sensores de flujo en lugar de uno solo. Se realizaron un sinnúmero de pruebas para determinar el factor de calibración necesario, ya que el cálculo de la cantidad de litro se da a través de un conteo de pulsos y de interrupciones en el microcontrolador. En la Bitácora¹¹ de las mediciones se concluye que el factor de calibración más consistente tiene un valor de 7.150.

j) Visualización y almacenamiento de datos del sistema en la web.

Thingspeak

ThingSpeak a como se había comentado anteriormente es una plataforma denominada como API, generalmente trabaja con datos, esa es su gran especialidad. Es una API abierta para el Internet de las Cosas que permite recopilar, almacenar, analizar, visualizar y actuar sobre la información recogida en sensores y dispositivos como aplicaciones web y móviles, redes sociales como Twitter, soluciones de mensajería, VoIP y nube como Twilio, hardware de código

¹¹ Esta bitácora se encuentra en la sección de anexos página D.

abierto como Arduino, Raspberry Pi o BeagleBone (los reyes del Internet de las Cosas y la robótica) o con lenguajes de cálculo computacional como MATLAB. Es una API conocida entre los desarrolladores y dispone ya de una gran comunidad.

ThingSpeak funciona siempre con canales, los cuales contienen los campos de datos, ubicación y estado. Para empezar a trabajar con esta interfaz es necesario crear un canal, donde se recopilará la información de dispositivos y aplicaciones, datos que posteriormente se pueden analizar y visualizar en gráficos, el paso final es operar sobre esa documentación.

Por medio de un navegador web (Firefox Mozilla, Google Chrome, Internet explorer, etc) se puede acceder a la plataforma, digitando la dirección www.thingspeak.com, como se muestra en la Ilustración 33.



Ilustración 29. Plataforma Thingspeak

Registro y configuración en Thingspeak.

Para acceder a los servicios de Thingspeak es necesario tener una cuenta de usuario. De no existir, se debe registrar en la plataforma para crear una cuenta. 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.

Para hacer un registro de usuario (creación de la cuenta) en www.thingspeak.com se debe dar click en el hipervínculo “Sign up” que aparece en la parte superior

derecha de la plataforma como se observa en la Ilustración 34. Esta acción direcciona al formulario de registro.

The screenshot shows the 'Create MathWorks Account' form on the ThingSpeak website. The form includes fields for Email Address, User ID, Password, Country (set to Nicaragua), First Name, and Last Name. A red error message indicates 'Missing required information' for the email address. Below the form are 'Cancel' and 'Continue' buttons. To the right, a diagram illustrates the data flow: 'SMART CONNECTED DEVICES' send data to a cloud labeled 'DATA AGGREGATION AND ANALYTICS ThingSpeak'. This cloud then connects to a 'MATLAB' monitor displaying 'ALGORITHM DEVELOPMENT SENSOR ANALYTICS'.

Ilustración 30. Formulario de registro de usuariosgspeak.com

Una vez se tenga la cuenta (Usuario y contraseña) de la plataforma web, en la parte superior-derecha de la pantalla aparecerá el botón “Login”, al dar click sobre él se direcciona al formulario de inicio de sesión.

The screenshot shows the 'Log in to your MathWorks Account' form on the ThingSpeak website. It features a text input field for the username (blurred), a password field, and a 'Forgot Password?' link. A 'Log In' button is positioned below the form. At the bottom left, there is a link for 'New user? Sign up for the first time'. The top navigation bar includes 'ThingSpeak' and links for 'Channels', 'Apps', 'Community', 'Support', 'How to Buy', 'Sign In', and 'Sign Up'.

Ilustración 31. Formulario de ingreso a www.thingspeak.com

Aparecerá una pantalla como la de la siguiente imagen (Ilustración 35). Esta página ofrece un formulario para el inicio de sesión.

Al finalizar el inicio de sesión, ya podremos agregar la cantidad de canales que deseemos, estos canales estarán directamente relacionados a los dispositivos que deseamos conectar a la plataforma. Así se pueden tener la cantidad de canales que se deseen para los distintos proyectos que se propongan.

ThingSpeak™ Channels Apps Community Support How to Buy Account Sign Out

My Channels

New Channel

Name	Created	Updated At
Proyecto Tesis Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2017-11-30	2018-01-23 00:49
Prueba Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2018-01-18	2018-01-23 00:49

Help

Collect data in a ThingSpeak channel from a device, from another channel, or from the web.

Click **New Channel** to create a new ThingSpeak channel.

Click on the column headers of the table to sort by the entries in that column.

Learn to **create channels**, explore and transform data.

Learn more about **ThingSpeak Channels**.

Examples

- [Arduino](#)
- [Arduino MKR1000](#)
- [ESP8266](#)
- [Raspberry Pi](#)
- [Netduino Plus](#)

Upgrade

Need to send more data faster?

Need to use ThingSpeak for a commercial project?

Upgrade

Ilustración 32. Información de los proyectos creados.

Para poder visualizar los datos que están siendo obtenidos por el dispositivo, primero debemos acceder a un canal que hayamos creado, dentro debemos agregar ciertos datos de relevancia como la cantidad de graficas a utilizar (Se pueden tener hasta 8 como máximo), nombre del canal, alguna información relacionada a los datos que se mostraran entre otros. Una vez se rellenen estos campos se procede a guardar la info del canal.

Channel Settings

Percentage complete 30%

Channel ID 405602

Name

Description

Field 1

Field 2

Field 3

Field 4

Field 5

Field 6

Field 7

Field 8

Metadata

Tags

(Tags are comma separated)

Link to External Site

Elevation

Show Location

Latitude

Longitude

Show Video

YouTube

Vimeo

Video URL

Show Status

[Save Channel](#)

Help

Channels store all the data that a ThingSpeak application collects. Each channel includes eight fields that can hold any type of data, plus three fields for location data and one for status data. Once you collect data in a channel, you can use ThingSpeak apps to analyze and visualize it.

Channel Settings

- Channel Name: Enter a unique name for the ThingSpeak channel.
- Description: Enter a description of the ThingSpeak channel.
- Field(s): Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.
- Metadata: Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.
- Tags: Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
- Latitude: Specify the position of the sensor or thing that collects data in decimal degrees. For example, the latitude of the city of London is 51.5072.
- Longitude: Specify the position of the sensor or thing that collects data in decimal degrees. For example, the longitude of the city of London is -0.1276.
- Elevation: Specify the position of the sensor or thing that collects data in meters. For example, the elevation of the city of London is 55.039.
- Link to External Site: If you have a website that contains information about your ThingSpeak channel, specify the URL.
- Video URL: If you have a YouTube™ or Vimeo® video that displays your channel information, specify the full path of the video URL.

Using the Channel

You can get data into a channel from a device, website, or another ThingSpeak channel. You can then visualize data and transform it using [ThingSpeak Apps](#).

See [Tutorial: ThingSpeak and MATLAB](#) for an example of measuring dew point from a weather station that acquires data from an Arduino® device.

[Learn More](#)

Ilustración 33. Información relacionada al uso del canal.

Teniendo el canal a utilizar y todas las gráficas disponibles a la recepción de los datos de interés, se procede a compartir esta información del canal con nuestro dispositivo de comunicación. En nuestro caso el Arduino junto con el Sim900 serán quienes cumplan con esta labor, así, en el código a desarrollar se deben establecer la dirección URL de este canal (Como enviaremos información se debe usar “Write Api Key”).

Así toda la información que sea recolectada por los sensores será enviada a esa URL, en consecuencia a nuestro canal donde las gráficas estarán esperando los datos proporcionados.

Write API Key

Key: 8H3X9RWR7K50VYDI

Generate New Write API Key

Read API Keys

Key: N6IE3D67T1TZ7DMM

Note: [Empty text area]

Save Note Delete API Key

Generate New Read API Key

Help

API keys enable you to write data to a channel or read data from a private channel. API keys are auto-generated when you create a new channel.

API Keys Settings

- **Write API Key:** Use this key to write data to a channel. If you feel your key has been compromised, click **Generate New Write API Key**.
- **Read API Keys:** Use this key to allow other people to view your private channel feeds and charts. Click **Generate New Read API Key** to generate an additional read key for the channel.
- **Note:** Use this field to enter information about channel read keys. For example, add notes to keep track of users with access to your channel.

API Requests

Update a Channel Feed

```
GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=8H3X9RWR7K50VYDI&field=
```

Get a Channel Feed

```
GET https://api.thingspeak.com/channels/405602/feeds.json?api_key=N6IE3D67T1TZ7DMM
```

Get a Channel Field

```
GET https://api.thingspeak.com/channels/405602/fields/1.json?api_key=N6IE3D67T1TZ7DMM
```

Get Channel Status Updates

```
GET https://api.thingspeak.com/channels/405602/status.json?api_key=N6IE3D67T1TZ7DMM
```

Ilustración 34. Información relacionada al envío de info al canal.

Si todo está correctamente configurado, podremos visualizar la pestaña de desarrollo del canal (Private View o Public View), donde se podrán visualizar las gráficas de los datos obtenidos por los sensores (Ilustración 39) además de información de relevancia como la última vez que se recibieron datos y la cantidad de tales recibidos hasta ese momento, si se quiere una visualización más amplia de los datos entonces se da click en la opción “Feed # Chart” de cada gráfica, allí se puede visualizar la información más detalladas de los datos.

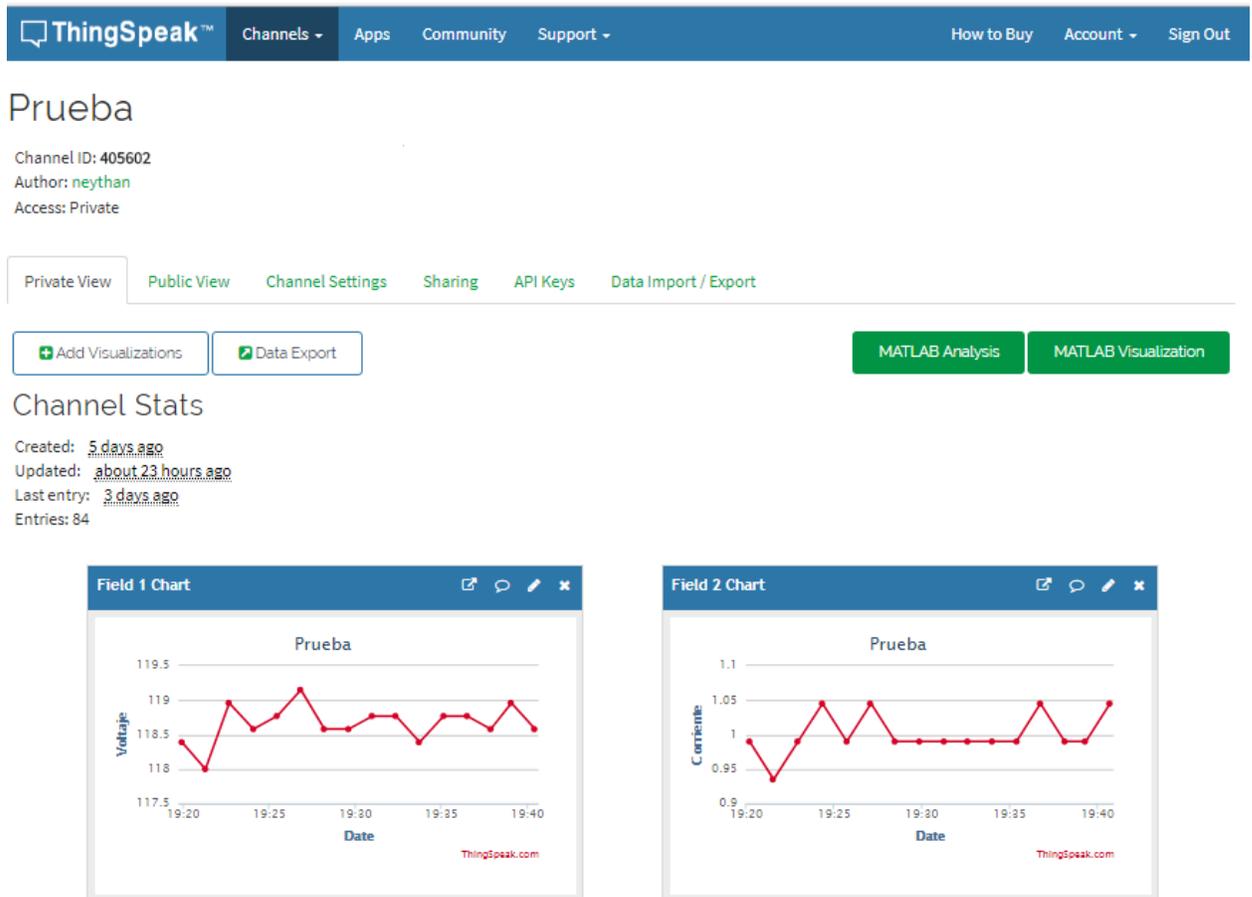


Ilustración 35. Visualización de los datos de los sensores.

k) Sistema de respaldo usando Módulo SD.

El uso del sistema de respaldo en el sistema estaría destinado al almacenamiento de la información, esto en el crítico caso que no exista red GSM/GPRS para el envío de datos a la plataforma, esta información será guardada y se enviara inmediatamente después de tener conexión a la red GPRS. Si la red nunca se encuentra disponible en el lapso que la brigada médica tenga su estancia en el lugar, todos los datos serán guardados en el sistema de respaldo y se presentarán al final a la gerencia mediante un reporte de medición.

En la siguiente ilustración se muestra un módulo para tarjetas de memoria SD, el cual sería parte vital para la creación de un sistema de almacenamiento de datos o respaldo de información relevante.

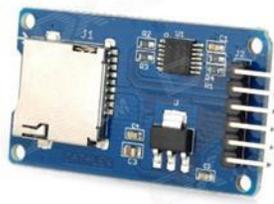


Ilustración 36. Módulo SD

El respaldar en la tarjeta SD es la mejor manera de evitar la pérdida de datos en el sistema, para esto se tendrá que disponer de la comunicación SPI en el Arduino, una vez se tenga esto preparado y se cuente con la tarjeta SD se proceden a crear los distintos archivos que se deseen, en tales archivos podremos guardar toda la información deseada de nuestros sensores.

Para estos módulos SD se pueden usar tanto tarjetas SD como microSD, de igual forma las versiones SD y SDHD. Otro punto que hay que considerar es el formato de tales tarjetas y es que probablemente se deba formatear la tarjeta SD antes de utilizarla (algo que se recomienda de cualquier forma si se va a utilizar la tarjeta en Arduino por primera vez, aunque ya esté en el formato adecuado). Siempre que sea posible, se debe intentar utilizar el formato FAT16.

El formato FAT¹² está limitado en cuanto al tipo de nombres que se pueda utilizar. Esto es que no admite ni símbolos ni caracteres, nada más letras y números. En principio, utilizando cualquier nombre tipo: “datosarduino.txt” o “datos.log” no se deberían tener problemas.

Si todo está correctamente configurado no existirá complicación alguna al hacer uso del sistema de respaldo y el sistema trabajará sin problemas.

1) Planes de paquetes de datos de los proveedores locales.

Como se había comentado anteriormente, en Nicaragua existen 3 operadoras las cuales son Movistar, Claro y Cootel. Sin embargo, únicamente 2 de estas proveen paquetes de datos usando SIM, Movistar y Claro. Cootel por su cuenta facilita dispositivos de línea fija, los cuales no hacen uso de tarjetas SIM. Al ser de línea fija, este no una opción para este proyecto el cual utiliza un módulo SIM900. A continuación, se detalla el tamaño del paquete en MB/GB, la vigencia y el costo en córdobas C\$ o dólares U\$

CLARO		
Prepago		
Paquete	Vigencia	Costo (Córdobas)
50 MB	1 día	10 C\$
80 MB	1 día	15 C\$
100 MB	1 día	20 C\$
150 MB	2 días	30 C\$
300 MB	3 días	50 C\$
500 MB	5 días	80 C\$
750 MB	7 días	110 C\$
1 GB	7 días	130 C\$
1.5 GB	15 días	230

¹² FAT es el acrónimo de "File Allocation Table" - tabla de localización de archivos. Es una especie de índice, que el sistema operativo utiliza para guardar la localización real de cada archivo individual.

Postpago		
Paquete	Vigencia	Costo (Dólares)
1.5GB	1 mes	18\$
2.5 GB	1 mes	23\$
4 GB	1 mes	26\$
6 GB	1 mes	35\$
10 GB	1 mes	51\$
12 GB	1 mes	76\$

Tabla 9. Planes de paquete de datos operadora CLARO

Movistar		
Prepago		
Paquete	Vigencia	Costo (Córdobas)
50 MB	1 día	30C\$
100 MB	1 día	20 C\$
150 MB	1 día	30 C\$
200 MB	3 días	50 C\$
500 MB	7 días	100 C\$
Postpago		
Paquete	Vigencia	Costo (Dólares)
1.5 GB	1 mes	17\$
3 GB	1 mes	22\$
5 GB	1 mes	28\$
6.5 GB	1 mes	36\$
10 GB	1 mes	53\$

Tabla 10. Planes de paquete de datos Operadora Movistar

La operadora que se utilizará es CLARO Nicaragua, ya que cuenta con mayor rango de disponibilidad en el país, además de que la estabilidad y velocidad del servicio es mucho mejor en relación con Movistar, todo esto basado en las distintas pruebas que se realizadas con tarjetas SIM de con ambas operadoras.

13. Implementación

Para el inicio de esta fase cabe mencionar que, para una mejor y más cómoda evaluación de los generadores, la organización nos facilitó uno de los generadores que se utilizan en las brigadas médicas, de manera que pudiésemos realizar pruebas de manera exhaustiva sin importar el horario. La organización nos proveyó una constancia¹³ donde se especifican las responsabilidades que se tienen al aceptar dicho préstamo. Una vez que se contó con el generador, se realizaron las distintas pruebas y practicas necesarias para el desarrollo del sistema finalizado.

Una vez concluido el código de programación en la plataforma IDE, se programó la tarjeta de desarrollo Arduino MEGA2560 y se hicieron las conexiones para probar que la codificación funcionase correctamente, una vez comprobado se procedió a colocar la PCB junto con todos los componentes dentro de una caja de herramientas previamente acondicionada. Se incluyó un tomacorriente para realizar las conexiones de las cargas, además de un banco de batería para la alimentación del Arduino, el shield SIM900 y el resto de las componentes.

Seguidamente se procedió con la implementación del sensor de flujo y el acondicionamiento de este para ser instalado en la boquilla del tanque de combustible, todo esto haciendo el mínimo daño posible en el chasis del generador.

Cuando se tuvo todo preparado, incluyendo sensores y cargas se procedió a realizar las pruebas finales con el generador trabajando. Se programó en el código un tiempo determinado de espera mientras se suministra la gasolina para que esta información fuese leída por el Arduino; una vez pasado este tiempo una bocina nos indicaría tal finalización. Habiendo leído la cantidad de gasolina se procede a la lectura de las demás variables y al envío de las tales.

¹³ Esta constancia se encuentra en la sección de anexos.

Se realizaron pruebas conectando y desconectando la tarjeta SIM del SIM900 para verificar que el sistema de respaldo funcionase correctamente, además de hacer uso de distintas cargas para verificar que los sensores realizaran las lecturas adecuadas. Al final todas las lecturas eran las correctas y así se corroboró que el sistema estaba listo para ser implementado y usado en el campo de trabajo.



Ilustración 37. Implementación del sistema en el generador proporcionado por la organización MBMDI

Habiendo realizado todas las pruebas y practicas finales, se implementó el sistema ya acabado, en un generador propiedad de MBMDI, al cual se le colocaron distintas cargas además de suministrar gasolina al tanque cada cierto tiempo. El sistema siempre respondió de la forma esperada y así se pudo constatar el correcto funcionamiento de todo el sistema.

14. Evaluación

Luego que el sistema fuese implementado y completamente funcional, se inició la evaluación de este mediante rúbricas de desempeño¹⁴, estas se realizaron de forma semanal en el lapso de un mes y en ellas se reflejaba primordialmente que el funcionamiento del sistema fuese el esperado.

Durante la primera semana de evaluación, la rúbrica reflejó que el funcionamiento del sistema era el deseado, con la excepción de que en algunas ocasiones el encargado de suministrar el combustible a los generadores sobrepasaba el tiempo de espera para realizar tal acción de manera que se reprogramó la tarjeta de desarrollo, dándole un rango de tiempo mayor para el suministro de combustible. Para determinar este tiempo se conversó con el operario del generador, quien concluyó que el tiempo que se tomaban para el suministro del combustible era entre 1 a 3 minutos en la mayoría de los casos. Teniendo en cuenta esta información se reprogramó la tarjeta de desarrollo conforme a esta solicitud.

En la segunda semana de evaluación, se nos dió a conocer que la gerencia deseaba tener mayor información acerca de la lectura de los sensores, esto con respecto a cuantas lecturas se realizaban por día, por lo que se procedió a incrementar el número de envío de reportes a la plataforma Thingspeak para que así se mostrase más lecturas de los sensores a lo largo de una jornada.

La tercera semana que se visitó la organización, no se dio a conocer inconveniente alguno por lo que solo se procedió a supervisar la caja con el sistema, para evitar alguna anomalía en la misma o en la PCB con los componentes.

Finalmente, en la cuarta semana de evaluación no se nos comunicó de algún inconveniente, por lo tanto, se concluye que el sistema está trabajando según lo esperado.

¹⁴ Véase las rúbricas de desempeño en la sección H de anexos.

15. Resultados

- I. Como resultado de este proyecto se diseñó un sistema de monitoreo para generadores eléctricos de combustible además de ser implementado en uno.
- II. El sistema ha demostrado trabajar con precisión y estabilidad al ser probado a lo largo del mes de enero y febrero.
- III. Se garantizó el funcionamiento del sistema además del conocimiento de la potencia del generador y la cantidad de combustible que fue suministrado a lo largo de una jornada.
- IV. La interfaz de visualización de la información deseada fue muy clara, motivo por el cual no existió problema alguno al ser interpretada. La plataforma “ThingSpeak” ofrece adicionalmente, una aplicación gratuita para dispositivos Android, la cual fue un gran complemento para la interfaz de visualización disponible para PC.
- V. Gracias al almacenamiento de los datos en la nube no existe temor alguno que estos se pierdan o sean borrados accidentalmente, de manera que se pueden realizar reportes cada vez que la organización lo desee.

IV. Capítulo III: Conclusiones y Recomendaciones.

Conclusiones.

Podemos concluir en que el sistema ha sido un éxito puesto que ha cumplido con todos los objetivos planteados, puesto que se logró desarrollar un sistema de monitoreo con capacidad de almacenamiento en la nube orientado a generadores de gasolina con capacidad de potencia inferior a los 10kW propiedad de la organización MBMDI.

Se logró concretar la etapa de diseño del sistema de adquisición datos, acondicionado todas las variables para que estas sean manipuladas por el microcontrolador, además de un sistema de almacenamiento de datos que permita guardar las variables especificadas por la organización, las cuales fueron: Potencia, Corriente, Voltaje, y galones de combustible. Estos valores nos permitieron inquirir acerca desempeño del generador.

El sistema de comunicación basado en las tecnologías GPRS fue sin lugar a duda un reto, puesto que no se contaba con suficiente documentación de trabajos hechos con dicha tecnología en nuestro país. Después de muchos intentos se logró exitosamente el envío y recepción de datos entre el microcontrolador y el servicio en la nube. Este servicio en la nube tiene la funcionalidad de crear una bitácora o base de datos de toda la información recolectada. No obstante, se diseñó un sistema de almacenamiento de emergencia, conformado mayoritariamente por un módulo para memorias SD, el cual respalda la información en caso de que la red falle. Cuando la conexión a la red regresa el sistema manda automáticamente la información que no pudo ser enviada.

Por último, se implementó satisfactoriamente el conjunto de sistemas antes mencionados para la formulación total del sistema de monitoreo de combustible y

energía con conexión a la nube en los generadores eléctricos de gasolina con capacidad de potencia inferior a 10Kw, propiedad de MBMDI. Mediante rubricas de desempeño se evaluó tanto el funcionamiento de sistema de monitoreo, así como el generador mismo. Adicionalmente, se presentó un manual de usuario acerca del uso del sistema de monitoreo.

La organización, por su parte está satisfecha con los resultados, puesto que estos cumplen con los requerimientos solicitados.

Se espera que el sistema continúe funcionando sin problema alguno y en caso de averías, la empresa nos notificará para hacer las revisiones correspondientes.

A lo largo de la creación de este proyecto, surgió una idea de mercado, que consistiría en la creación y venta de más de estos ejemplares. El sistema nos provee las informaciones pertinentes para la creación de informes detallados acerca de los parámetros que la empresa desea, permitiéndonos prestar un servicio completo de monitoreo, con un costo mensual hipotético, así como lo hacen los sistemas de alarmas instalados en algunos domicilios.

Recomendaciones.

- Se recomienda un mantenimiento regular para el sistema. De preferencia cada 6 meses o 100hrs de uso, de manera que se garantice la funcionalidad del sistema en todo momento.
- La creación del circuito impreso siempre es un reto debido a la manera “artesanal” que las PCB se realizan, esto a través del método del planchado. Para una mayor durabilidad de la circuitería se recomienda un prototipo más trabajado, los cuales son posibles a través de máquinas especializadas en esta área. Existen algunos sitios web expertos en este tipo de trabajo, tales como <https://jlcpcb.com> o <https://www.pcbcart.com> .
- Si se quiere trabajar con potencias mayores a 3.1kW, propias del generador Champion 75531i, que se utilizó para las pruebas, propiedad de MBMDI, el calibre de los alambres conductores debe cambiar. Estos se encuentran dentro de la caja donde está el prototipo. Por otro lado, si se trabaja con potencias mayores a 10kW es necesario revisar los valores máximos de operación del sensor de corriente, quien es básicamente el sensor afectado al hacer una variación en la potencia.
- El sensor de flujo, YF-S201, utilizado en este proyecto es un sensor de flujo diseñado para agua. Funciona muy bien con combustible, sin embargo, se sugiere que este sea sustituido por un sensor creado específicamente para combustible, lo cual nos suministrará valores más precisos.

- Una presunta solución para el inconveniente del “tiempo de espera” para el llenado de combustible de los generadores, sería el uso de una arquitectura que trabaje en paralelo. Las FPGA o los microprocesadores como las Raspberry-Pi podrían ser una opción, sin embargo, el uso de estas tecnologías es más costoso desde el punto de vista económico y de programación.

V. Bibliografía

- Andreula, L. (Julio de 2010). *Red de Monitoreo y supervisión de las variables eléctricas en sub-estaciones*. Obtenido de Trabajo de titulación:
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zqRPuFL-iCwJ:www.monografias.com/trabajos-pdf4/red-monitoreo-sub-estaciones/red-monitoreo-sub-estaciones.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ni>
- Ansorena, C. (2008). *Competencia y regulación en las telecomunicaciones: el caso de Nicaragua*. Obtenido de repositorio.cepal.org/bitstream/11362/4880/1/S0800472_es.pdf
- Aranda, D. (2014). *Electronica: Plataformas Arduino y Rspberry Pi*. Buenos Aires: Fox Andina.
- Arduino. (2018). *Arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>
- BBVA. (9 de Mayo de 2016). *bbva-api-market*. Obtenido de <https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/ebook-apis-e-internet-de-las-cosas>
- Bejarano, C. (2015). *MONITOREO Y CONTROL DE LOS PROCESOS DE SUMINISTRO*. Obtenido de <https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/578/Cristian%20Alejandro%20Bejarano%20Ordoñez%20-%20Maestria%20en%20Ingeniería%20de%20Telecomunicaciones%20ITBA.pdf?sequence=1>
- Biendicho, F. (2015). *Comunicación Bluetooth entre Arduino UNO y Android aplicado a un detector de mentiras*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/57549/Memoria.pdf?sequence=1>
- BlueHack. (26 de Noviembre de 2003). *BlueHack*. Obtenido de <http://bluehack.elhacker.net/proyectos/comandosat/comandosat.html>
- Castro, A. (2013). *Sistema de control de temperatura a través de arduino y la tecnología GPRS/GSM*. Obtenido de <http://oa.upm.es/22322/>
- Champion. (2014). *Champion User's Manual 75531i*.
- Ecured. (s.f.). *Ecured*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/GPRS#Fuentes>
- Fernandez, F., & Duarte, J. (2014). *Universidad Libre Cali, Colombia*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/2654/265433711020.pdf>
- Honda. (2011). *Owner's Manual*.
- Irwin, D. (2002). *Basic Engineering Circuit Analysis*. John Wiley & Sons, Inc.
- Jeff. (2008). *Estándar GSM (Sistema global de comunicaciones móviles)*. Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>
- Lara, E. (2015). *SIM900 GSM GPRS Shield con Arduino UNO*. Obtenido de <https://www.hetpro-store.com/TUTORIALES/sim900-gsm-shieldarduino/>

- Lindo, R. (2016). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE MONITOREO Y MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA CARGA CONECTADA A LA LÍNEA DE TENSIÓN SECUNDARIA MONOFÁSICA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA RESIDENCIAL*. Managua, Nicaragua.
- Lopez, G., & Margni, S. (2003). *Funcionamiento de Microcontroladores*. Obtenido de Universidad de Uruguay:
https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9Oy3e_ObDjkJ:https://www.fing.edu.uy/inco/grupos/mina/pGrado/construccion2003/Documentos/IntroduccionPics.doc+&cd=10&hl=en&ct=clnk&gl=ni
- Martinez, N. (2016). *Sistema de alarmas, transmisión y monitoreo de datos aplicado a la medición de variables con redes GSM/GPRS*. Obtenido de
<http://200.21.94.179:8080/jspui/handle/10839/1495>
- McNally, C. (2010). *ARDUINO BASED WIRELESS POWER METER*. Obtenido de
https://people.ece.cornell.edu/land/courses/eceprojectsland/STUDENTPROJ/2009to2010/csm44/DESIGN_REPORT.pdf
- Okumura, B. (2014). *Control de módulo 3G mediante aplicación Android*. Obtenido de
oa.upm.es/view/creators/Okumura_Bran=3ADavid=3A=3A.htm
- Pachón, A. (2004). *Evolución de los sistemas móviles celulares GSM*. Obtenido de
www.icesi.edu.co/contenido/pdfs/apachon_gsm.pdf
- Padilla, R. (2015). *Monitoreo y localización de personas extraviadas utilizando arduino y Gsm/Gprs*. Obtenido de
<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/12075/10790>
- Pallas, R. (2003). *Sensores y acondicionadores de señal*. Barcelona: Marcombo.
- Pallo, J. P. (2017). *Sistema Electrónico de Monitoreo y Control para la Distribución de Energía Eléctrica en los hogares*. Obtenido de
<http://redi.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31864>
- Porras, E. (16 de Abril de 2012). *Ingeniería de Sistemas*. Obtenido de <http://eve-ingsistemas-u.blogspot.com/2012/04/el-sistema-global-para.html>
- Rashid, M. (1993). *Power Electronics*. Prentice Hall.
- Sanchez, J. (2005). *Análisis y estudio de las redes GPRS*. Obtenido de
cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmficis211a/doc/bmficis211a.pdf
- Serna, A. (2010). *Guía práctica de sensores*. Creaciones Copyright SL.
- Silva, M. (2009). *Corrección de Factor de Potencia de cargas industriales de dinámica rápida*. Brazil: Master Dissertation in Electric Engineering.
- Tigse, W. (2010). *Diseño e implementación de un módulo Data Logger enlazados con una red Zigbee, para registro de datos de variables ambientales*. Obtenido de
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4182>

Trijulio, E. (2015). *Analizador de consumo de potencia eléctrica con Arduino*. . Obtenido de Universidad Carlos III de Madrid: <http://hdl.handle.net/10016/23628>

Yesca, E. (2003). *Control de una planta Generadora de Energía Eléctrica*. . Obtenido de Universidad Tecnológica de la Mixteca: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/8721.pdf

Zambrano, J. C. (2014). *Sistema de monitoreo de funcionamiento en tiempo real para equipos de refrigeración*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277666821_Sistema_de_monitoreo_de_funcionamiento_en_tiempo_real_para_equipos_de_refrigeracion_performance_monitoring_system_on_real_time_for_refrigeration_systems

VI. Anexos

i. Hojas de Datos de los sensores.

16. YF-S201 Water Flow Sensor



Measure liquid/water flow for your solar, water conservation systems, storage tanks, water recycling home applications, irrigation systems and much more. The sensors are solidly constructed and provide a digital pulse each time an amount of water passes through the pipe. The output can easily be connected to a microcontroller for monitoring water usage and calculating the amount of water remaining in a tank etc.

Features:

- Model: YF-S201
- Working Voltage: 5 to 18V DC (min tested working voltage 4.5V)
- Max current draw: 15mA @ 5V
- Output Type: 5V TTL
- Working
- Flow Rate:
 - 1 to 30
 -
 -
 -
- Liters/Minute Working Temperature range: -25 to +80?
- Working Humidity Range: 35%-80% RH
- Accuracy: ±10%
- Maximum water pressure: 2.0 MPa
- Output duty cycle: 50% +-10%
- Output rise time: 0.04us
- Output fall time: 0.18us
- Flow rate pulse characteristics:
 - Frequency (Hz) = 7.5 * Flow rate (L/min)
 - Pulses per Liter: 450
- Durability: minimum 300,000 cycles
- Cable length: 15cm
- 1/2" nominal pipe connections, 0.78" outer diameter, 1/2" of thread
- Size: 2.5" x 1.4" x 1.4"

ii. Características Técnicas de los Componentes del Shield SIM900

- Antena GPRS/GSM
 - Frecuencia: 900 MHz-2.1 GHz-1800 MHz
 - Impedancia: 50 Ohms
 - Polarización: vertical
 - Ganancia: 0 dBi - VSWR: <2:1
 - Potencia: 25W - Conector: UFL
 - Tamaño: 35mm x 6mm
 - Temperatura de funcionamiento: de -40°C a +85°C



Ilustración 38. Antena para Modulo SIM900 Y Fuente de Alimentacion Externa

- Fuente de alimentación externa 5V--1.5A (a más)
 - Tensión de entrada = 100-120 V
 - Tensión de salida = 5 VDC
 - Corriente máxima = 2,5 A
 - Diámetro del conector = 2,1 mm
 - Diámetro de la cubierta del conector = 5,5 mm

iii. Bitácora de las mediciones con el sensor de flujo.

Pruebas con sensor de flujo para cantidades en mL																																			
<p><u>Prueba con 2 sensores de Flujo</u> Factor de calibracion 4.5</p> <p>Para 1000 mL de Agua se obtuvo una lectura de mL:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sensor 1</th> <th>sensor 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>998</td><td>1092</td></tr> <tr><td>1609</td><td>1509</td></tr> <tr><td>1626</td><td>1502</td></tr> <tr><td>1697</td><td>1424</td></tr> <tr><td>1671</td><td>1563</td></tr> </tbody> </table>	Sensor 1	sensor 2	998	1092	1609	1509	1626	1502	1697	1424	1671	1563	<p><u>El factor de calibracion de mayor consistencia fue 7.150</u></p> <p>La lecturas obtenidas para 1000mL de agua fueron las siguientes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Prueba</th> <th>mL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1003</td></tr> <tr><td>2</td><td>999</td></tr> <tr><td>3</td><td>1000</td></tr> <tr><td>4</td><td>998</td></tr> <tr><td>5</td><td>1005</td></tr> <tr><td>6</td><td>1000</td></tr> <tr><td>7</td><td>1000</td></tr> <tr><td>8</td><td>1007</td></tr> <tr><td>9</td><td>1001</td></tr> <tr><td>10</td><td>1000</td></tr> </tbody> </table>	Prueba	mL	1	1003	2	999	3	1000	4	998	5	1005	6	1000	7	1000	8	1007	9	1001	10	1000
Sensor 1	sensor 2																																		
998	1092																																		
1609	1509																																		
1626	1502																																		
1697	1424																																		
1671	1563																																		
Prueba	mL																																		
1	1003																																		
2	999																																		
3	1000																																		
4	998																																		
5	1005																																		
6	1000																																		
7	1000																																		
8	1007																																		
9	1001																																		
10	1000																																		
<p><u>Pruebas con 1 sensor de flujo</u> Diferentes Factores de Calibracion</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>ml</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>fact 6.5</td><td>1097</td></tr> <tr><td>Fact 6.6</td><td>1193</td></tr> <tr><td>fact 6.4</td><td>1134</td></tr> <tr><td>fact 6.2</td><td>1112</td></tr> <tr><td>fact 5.8</td><td>1467</td></tr> <tr><td>fact 6.7</td><td>1192</td></tr> <tr><td>fact 7</td><td>1405</td></tr> <tr><td>fact 6.5</td><td>1244</td></tr> <tr><td>fact 8</td><td>828</td></tr> <tr><td>fact 7.5</td><td>889</td></tr> <tr><td>fact 7.3</td><td>914</td></tr> <tr><td>Fact 7.1</td><td>1123</td></tr> <tr><td>fact 7.2</td><td>961</td></tr> </tbody> </table>		ml	fact 6.5	1097	Fact 6.6	1193	fact 6.4	1134	fact 6.2	1112	fact 5.8	1467	fact 6.7	1192	fact 7	1405	fact 6.5	1244	fact 8	828	fact 7.5	889	fact 7.3	914	Fact 7.1	1123	fact 7.2	961	<p style="text-align: center;">Calculadora estadística: Dispersión</p> <p style="text-align: center;"><small>Utilice esta calculadora para calcular medidas estadísticas a partir de un conjunto de valores numéricos.</small></p> <div style="border: 1px solid #000; padding: 5px;"> <p>Tamaño de la muestra: 10</p> <p>Media aritmética (\bar{x}): 1001.3</p> <p>Mediana: 1000</p> <p>Moda: 1000</p> <p>Menor valor: 998</p> <p>Mayor valor: 1007</p> <p>Rango: 9</p> <p>Rango intercuartílico: 3.75</p> <p>Primer cuartil: 999.75</p> <p>Tercer cuartil: 1003.5</p> <p>Varianza (s^2): 8.01111111110697</p> <p>Desviación estándar (s): 2.8303906287065</p> <p>Desviación cuartil: 1.875</p> <p>Desviación media: 2.22</p> </div> <p style="text-align: center;">Fuente: http://www.alcula.com/es/calculadoras/estadistica/dispersion/</p>						
	ml																																		
fact 6.5	1097																																		
Fact 6.6	1193																																		
fact 6.4	1134																																		
fact 6.2	1112																																		
fact 5.8	1467																																		
fact 6.7	1192																																		
fact 7	1405																																		
fact 6.5	1244																																		
fact 8	828																																		
fact 7.5	889																																		
fact 7.3	914																																		
Fact 7.1	1123																																		
fact 7.2	961																																		

17. ZMPT101B

ZMPT101B VOLTAGE TRANSFORMER

Applications

- * Sensing Overload Current
- * Ground fault detection
- * Metering
- * Analog to Digital Circuits

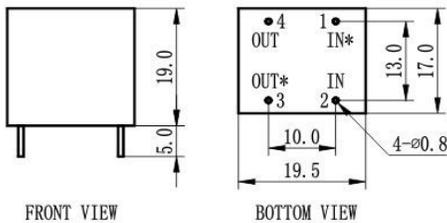
Electrical Specification	
Primary Current	2mA
Secondary Current	2mA
Turns Ratio	1000:1000
Phase Angle Error	$\leq 20'$ (50Ω)
Current Range	0 ~ 3mA
Linearity	0.1%
Accuracy Class	0.2
Rated Burden	$\leq 200 \Omega$
Frequency Range	50 ~ 60Hz
Dielectric Level	3000VAC/min
DC Resistance at 20°C	110 Ω

Mechanical Specification	
Cup	PBT
Encapsulant	Epoxy
Terminals	Pin $\phi 0.80\text{mm}$
Tolerance	$\pm 0.2 \text{ mm}$
Approx. Weight	13g
Case	Carton

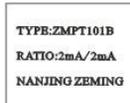
Environment Specification	
Storage Temperature	-40°C ~ +130°C
Insulation Resistance	>100 MΩ

Dimensions (mm)

Same Polarity *

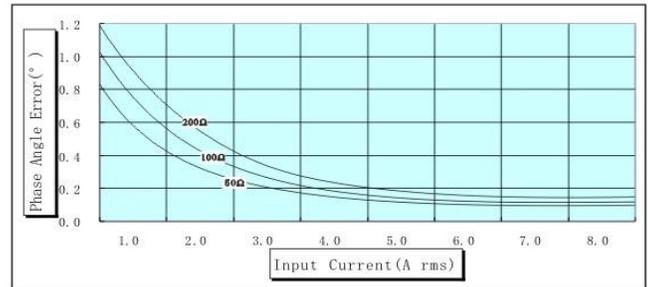
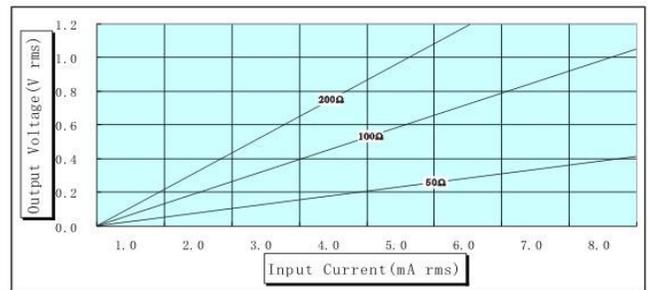


Label



Product Illustration

Output Characteristic



Description: Micro Precision Voltage Transformers, with low price, small size and easy PCB mounting, are mainly used in electrical energy meters, household electrical equipment, industrial apparatuses, electrical testing equipment and relay protection, widely acclaimed as well.

iv. Manual de Usuario

Especificaciones Técnicas del Sistema

- El sistema cuenta con un tomacorriente doble donde se podrán conectar las cargas 30A Max @120V rms.
- Para el suministro del combustible se debe presionar el botón “RESET” del Arduino lo que dará inicio al tiempo programado para tal acción.
- El sistema cuenta con una alarma para dar a conocer el inicio y fin del tiempo de suministro de combustible al tanque del generador.
- El sistema contiene una batería de 5V 4000mAH que suministra la alimentación al sistema. Además, cuenta con un cargador USB de 2.1A para cargar el banco de batería.
- Para el suministro del combustible, el sistema provee un sensor de flujo acondicionado el cual envía la información al microcontrolador.
- Es de suma importancia presionar el botón “RESET” a la hora de abastecer el combustible al generador, sino se presiona la lectura no se realizará. Recuerde siempre apagar el generador antes de reabastecer combustible.

Instalación/Desinstalación del sensor de flujo

- Para el monitoreo del combustible es necesaria la instalación del sensor de flujo acondicionado y su tubería, el orificio del tanque de combustible.



Apagado/Encendido del Sistema

- Para el encendido del sistema solo debe conectarse el cable de Alimentación principal al generador y el sistema encenderá automáticamente.
- Para el apagado del sistema solo se debe desconectar el cable de alimentación principal del generador.

Procedimiento para el uso del sistema.

- Encender el sistema (Conectar el cable de alimentación principal al generador).
- Si se desea suministrar combustible, solo se procede a presionar el “RESET” que habilitará el ciclo de suministro de combustible. Espere que suene la alarma de inicio y luego suministre el combustible. Una vez terminado el llenado, es necesario esperar la alarma de finalización de suministro para que el sistema proceda de forma automática con el monitoreo. No olvide encender el generador al finalizar.
- El sistema realiza el monitoreo de forma automática. Únicamente se requiere presionar el botón “RESET” al repostar combustible al generador.
- Para visualizar el comportamiento del sistema de monitoreo, visite <https://thingspeak.com> e inicie sesión con los datos previamente proporcionados. Desde ahí se podrá validar toda la información recibida desde el sistema de monitoreo instalado en el generador.

v. Acuerdo con la organización

Acuerdo

A los bachilleres Jarib José Castillo Salcedo y Jonathan Efraín Fuentes Espinoza la organización Misión Bautista Medico Dental Internacional (M.B.M.D.I) les presentó un problema que ha creado inconformidades a través del tiempo, dicho problema consiste en que no se ha podido determinar con certeza el desempeño y operación de los generadores eléctricos de potencias menores a los 10KW que la organización posee. Dada esta problemática los estudiantes propusieron un "Sistema de monitoreo de energía y combustible con conexión a la nube para generadores eléctricos de gasolina con capacidad de potencia inferior a 10kW, propiedad de la organización MBMDI." La organización concede la ejecución de este proyecto piloto bajo los siguientes términos:

1. Se pueden realizar visitas a la empresa con previo aviso a la gerencia, específicamente al área donde se encuentran los generadores eléctricos con el objetivo de realizar pruebas, mediciones, consultas, entrevistas, etc, respetando los horarios establecidos y las normas de seguridad.
2. La organización facilitará todo material necesario para la realización de pruebas. De no ser así, se entregarán proformas para la realización de las compras pertinentes.
3. Los estudiantes deberán mostrar las diferentes opciones y tecnologías que se usarán, demostrando ventajas y desventajas de cada una. De ser necesario se puede modificar el esquema del sistema argumentando su diseño, con parámetros costo-beneficio, eficiencia, eficacia. La organización se encargará de la elección de la propuesta que más convenga de acuerdo con el uso del sistema.
4. Se debe entregar un prototipo probado y montado en uno de los generadores, así como un manual de uso del sistema.
5. No existirá una remuneración económica a los estudiantes.

Regido bajo los siguientes parámetros:

- a) El sistema debe ser móvil, esto con la finalidad de que poder transportarse sin ninguna complicación.
- b) La circuitería interna, el tanque de combustible y el chasis del generador no debe ser alterado o modificado.
- c) Se monitorearán las siguientes variables: Corriente, Voltaje, Potencia y Litros de combustible.
- d) Se realizarán reportes de las variables monitoreadas por el sistema, cada vez que la organización lo desee.

El plazo para concluir este proyecto será determinado por los estudiantes. Firman conforme el acuerdo en la ciudad de Managua a los 22 días de septiembre de 2017.

Wilbert Aragón
Jefe de Mantenimiento

Jarib Castillo Salcedo
Br. Egresado de Ing. Electrónica

Jonathan Fuentes E
Br. Egresado de Ing. Electrónica

vi. Rúbricas de desempeño

Semana #1

Fecha: 15/01/18 - 19/01/18

Rúbrica de desempeño para el Sistema de monitoreo de energía y combustible con conexión a la nube para generadores eléctricos de gasolina con capacidad de potencia inferior a 10kW, propiedad de la organización MBMDI.

Criterios de desempeño	5	4	3	2	1	0	Observaciones
El sistema es sencillo de manipular para el operador.		✓					Los operadores enfrentaron dificultades mínimas para ejecutar el sistema. Con la práctica esto mejorará.
La caja del sistema es adecuada al ambiente laboral.	✓						
El funcionamiento general del sistema es el esperado	✓						
Los tiempos de operación están de acorde a los propuestos.	✓						El envío de los datos se da de la mejor manera.
No existe sobrecalentamiento en los cables de conexión.	✓						
El sistema espera el tiempo estipulado para el suministro del combustible.			✓				El tiempo de espera programado en el sistema es muy corto. El operador a veces no puede llenar el tanque en su totalidad debido al tiempo.
El funcionamiento del sistema es seguro y confiable.	✓						
Otros:							

Fecha: JCS

Semana #2

Fecha: 22/01/18 - 28/01/18

Rúbrica de desempeño para el Sistema de monitoreo de energía y combustible con conexión a la nube para generadores eléctricos de gasolina con capacidad de potencia inferior a 10kW, propiedad de la organización MBMDI.

Criterios de desempeño	5	4	3	2	1	0	Observaciones
El sistema es sencillo de manipular para el operador.	✓						
La caja del sistema es adecuada al ambiente laboral.	✓						
El funcionamiento general del sistema es el esperado	✓						
Los tiempos de operación están de acorde a los propuestos.	✓						
No existe sobrecalentamiento en los cables de conexión.	✓						
El sistema espera el tiempo estipulado para el suministro del combustible.		✓					El tiempo de espera ha mejorado, sin embargo hace falta una última mejora.
El funcionamiento del sistema es seguro y confiable.	✓						
Otros:	La organización ha solicitado incrementar el número de lecturas/envío de datos por día. De esta manera se contará con más información acerca del funcionamiento del sistema.						
	Firma: JCS						

Semana #3

Fecha: 29/01/18 - 04/02/18

Rúbrica de desempeño para el Sistema de monitoreo de energía y combustible con conexión a la nube para generadores eléctricos de gasolina con capacidad de potencia inferior a 10kW, propiedad de la organización MBMDI.

Criterios de desempeño	5	4	3	2	1	0	Observaciones
El sistema es sencillo de manipular para operador.	✓						
La caja del sistema es adecuada al ambiente laboral.	✓						
El funcionamiento general del sistema es el esperado	✓						
Los tiempos de operación están de acorde a los propuestos.	✓						
No existe sobrecalentamiento en los cables de conexión.	✓						
El sistema espera el tiempo estipulado para el suministro del combustible.	✓						
El funcionamiento del sistema es seguro y confiable.	✓						
Otros:							

✓ Firma: JCS

Semana # 4

Fecha: 05/02/18 - 11/02/18

Rúbrica de desempeño para el Sistema de monitoreo de energía y combustible con conexión a la nube para generadores eléctricos de gasolina con capacidad de potencia inferior a 10KW, propiedad de la organización MBMDI.

Criterios de desempeño	5	4	3	2	1	0	Observaciones
El sistema es sencillo de manipular para el operador.	✓						
La caja del sistema es adecuada al ambiente laboral.	✓						
El funcionamiento general del sistema es el esperado	✓						
Los tiempos de operación están de acorde a los propuestos.	✓						
No existe sobrecalentamiento en los cables de conexión.	✓						
El sistema espera el tiempo estipulado para el suministro del combustible.	✓						
El funcionamiento del sistema es seguro y confiable.	✓						
Otros:							

firma: 

vii. Constancia de uso de generador.



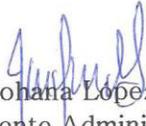
KM 9.5 CARRETERA SUR
MANAGUA, NICARAGUA
TELÉFONO: (505) 2265 - 0439
(505) 2265 - 1630
WWW.BMDMI.ORG

MISION BAUTISTA MÉDICO DENTAL EXISTE BAJO EL LIDERAZGO DE NUESTRO SEÑOR JESUCRISTO PARA EVANGELIZAR A LOS PERDIDOS, DISCIPULAR A LOS SALVOS Y MINISTRAR A LOS NECESITADOS.

CONSTANCIA

Por este medio hago constar que estamos entregando en calidad de préstamo un Generador Marca Champion , Modelo 75531i, a Sr. JARIB JOSE CASTILLO SALCEDO, con número de identificación 001-161295-0027T, para hacer pruebas del sistema de monitoreo, solicitado por esta organización para ' proyecto de culminación de carrera.

Dado en Managua a los 05 días del mes de enero del dos mil dieciocho.


Lic. Johana Lopez Gaitán
Asistente Administrativo
Gerencia General



DARREL@BMDMI.ORG
AURORA@BMDMI.ORG
JOHANA@BMDMI.ORG