

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN



INFORME CIENTÍFICO

TEMA:

“SISTEMA DE MONITOREO DEL NIVEL DE AGUA DE UNA
LOCOMOTORA A VAPOR MEDIANTE TECNOLOGÍA GPRS EN EL
RECORRIDO IBARRA – OTAVALO PARA LA ESTACIÓN DE
FERROCARRILES DE LA CIUDAD DE IBARRA”

AUTOR: EDISON SANTIAGO LUCERO LUCERO

DIRECTOR: ING. DANIEL JARAMILLO

IBARRA - ECUADOR

ABRIL 2016

SISTEMA DE MONITOREO DEL NIVEL DE AGUA DE UNA LOCOMOTORA A VAPOR MEDIANTE TECNOLOGÍA GPRS EN EL RECORRIDO IBARRA – OTAVALO PARA LA ESTACIÓN DE FERROCARRILES DE LA CIUDAD DE IBARRA

Edison S. Lucero L.
lcrstag@gmail.com

Ingeniería en Electrónica y redes de Comunicación, Universidad Técnica del Norte, Ibarra - Ecuador

Resumen- Este proyecto se basa en el diseño e implementación de un sistema que monitoree el nivel de agua en el TENDER o tanque de una locomotora a vapor, esto se deriva en conocer los conceptos básicos de los sistemas de monitoreo, de la electrónica y de las comunicaciones inalámbricas además de la indagación de recursos bibliográficos para profundizar los conocimientos con lo cual se genere una interfaz para extraer y visualizar los datos de nivel de agua en una aplicación web mediante un hosting de almacenamiento en internet.

Índice de Términos—Monitoreo, GPRS, base de datos, Hosting.

I. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios las locomotoras a vapor surgen con el afán de comunicar ciudades con el transporte tanto de personas como de carga pesada y con el pasar del tiempo estas han quedado casi obsoletas. En los últimos años y con la ayuda del Gobierno Nacional del Ecuador estas máquinas han sido sometidas a rehabilitación para que puedan volver a circular pero esta vez con fines turísticos.

Estas locomotoras funcionan a base de vapor de agua, el agua es almacenada en tanques los cuales mediante tuberías son calentadas para producir el mencionado vapor que hace que se mueva la locomotora, una falla en este elemento hace que la locomotora deje de funcionar provocando accidentes en la vía o simplemente el cese de recorrido. Para prevenir inconvenientes se necesita una solución tecnológica que satisfaga esta necesidad.

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A. SISTEMA DE MONITOREO

Un sistema de monitoreo se basa en un proceso de

recolección de información de una o varias fuentes sean estas temperatura, humedad, nivel de agua, etc., cada cierto intervalo de tiempo, con lo cual se obtienen resultados para ser evaluados y lograr una planificación mediante los datos obtenidos.

B. FUNCIONAMIENTO DE LA LOCOMOTORA A VAPOR

Básicamente el componente principal de una locomotora a vapor es el agua, esta debe ingresar a una caldera mediante ductos o tuberías desde el TENDER o tanque de almacenamiento.

Cuando el agua llega a la caldera se calienta llegando a su punto de ebullición en base a la combustión generada por algunos materiales como leña o carbón, y se genera el vapor.

Ahora, el vapor que se genera se dirige hacia los cilindros de la locomotora, al no poder liberarse genera una fuerte presión que hace que se pueda mover la locomotora.

Los niveles de agua que tiene el TENDER de la locomotora van desde 1 a 40,9 pulgadas o en su equivalente en galones de 66,08 a 2705,64 galones.

Para realiza las mediciones se tenía una tabla en la cual se reflejaban los valores de pulgadas transformadas a galones como se muestra en la figura 1.



Fig. 1: Placas de Medida de Agua y Combustible

C. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICOS

Los sistemas de comunicación inalámbrica trabajan por medio de ondas que viajan a través del espacio, la tecnología inalámbrica usa ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, estas bandas pueden ser privadas o públicas.

1) *Sistemas Inalámbricos No Licenciados*

Los sistemas que operan en bandas no licenciadas son una opción para el uso de una comunicación inalámbrica de bajo costo. Lamentablemente la limitante como se menciona es el alcance.

2) *Sistema por Satélite*

Los sistemas por satélite son una gran opción en el campo de las comunicaciones inalámbrica, su mayor ventaja es el alcance ya que cubren toda la tierra. Pero el inconveniente es el costo para enlaces dedicados.

D. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

Broadcasting: A more restricted than that of radio, radio frequency or radio waves concept as it relates solely to transmissions intended to be received by a group of listeners.

1) *WI-FI*

Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica, tales dispositivos pueden conectarse a internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica.

2) *EDGE (ENHANCED DATA RATES FOR GSM OF EVOLUTION)*

EDGE se considera una evolución del GPRS (General Packet Radio Service). Esta tecnología funciona con redes GSM. Aunque EDGE funciona con cualquier GSM que tenga implementado GPRS, el operador debe implementar las actualizaciones necesarias, además no todos los teléfonos móviles soportan esta tecnología.

3) *UMTS (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM) o 3G*

La tercera generación de sistemas para móviles (3G). Permite velocidades de conexión de hasta 2 Mbps, pero en condiciones óptimas. La velocidad varía dependiendo de la cobertura y la velocidad que el proveedor de telefonía te permita.

4) *HSDPA - HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS*

Es una tecnología basada en la red 3G que pueden soportar velocidades de hasta 7,2 Mbps. Posee una velocidad máxima de alrededor de 3 Mbps, pero esto es útil para la TV móvil y streaming de otras transmisiones de datos de gama alta.

5) *REDES 4G*

Las redes 4G se refieren a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil. Es la sucesora de las tecnologías 2G y 3G, y presenta velocidades máximas de transmisión de datos entre 100 Mbit/s para una movilidad alta y 1 Gbit/s para movilidad baja; al igual que las otras tecnologías, cuanto mejor es la cobertura y cercanía de la antena que nos da servicio, mejor será la velocidad.

6) *SISTEMAS GPRS*

Los sistemas GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICE) son una buena forma de adaptarse a las necesidades de transmisión de datos usando la red celular, estos sistemas se basan en los sistemas GSM (GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATION). Además estos sistemas unifican la red celular con la INTERNET con lo cual se tiene la posibilidad de transmitir paquetes de datos de un extremo a otro.

E. COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

En la tabla siguiente se muestran las tecnologías inalámbricas con su respectiva velocidad promedio, pero cada una de estas responde a las aplicaciones que se utilicen, se debe tener presente cuantos recursos se van a utilizar para acceder a cualquiera de estas tecnologías.

Tabla 1

Comparación de tecnologías en cuanto a velocidad de transmisión.

Tecnología	Velocidad promedio de bajada	Velocidad promedio de subida
WIFI	100 y 600 Mbit/s	
GSM (2G)	1.8 kB/s	1.8 kB/s
GPRS (2.5G)	7.2 kB/s	3.6 kB/s
EDGE (2.75G)	29.6 kB/s	29.6 kB/s
UMTS 3G	48 kB/s	48 kB/s
HSDPA (3.5G)	3.6 MB/s	384 kB/s
LTE	40.750 MB/s	10.750 MB/s

Nota: Cuadro de velocidades de cada tecnología.

Adicional a la tabla 1 se tiene la comparación en cuanto a cobertura y/o alcance.

Tabla 2.
Comparación de tecnologías en cuanto a alcance y a la frecuencia de operación

Tecnología	Alcance	Frecuencia de Operación
WIFI	0,01 – 0,1 Km	2,4 GHz y 5 GHz
GSM (2G)	30 Km	380, 410, 850, 900, 1800, 1900 MHz
GPRS (2.5G)	35 Km	850, 900, 1800, 1900 MHz
EDGE (2.75G)	30 Km	850, 1900 MHz
UMTS 3G	Mayor a 35 Km	1900, 2000, 2100 y 2200 MHz
HSDPA (3.5G)	Mayor a 35 Km	850, 1900 MHz
LTE	Mayor a 35 Km	1700, 2100, 2600 MHz

Nota: Se tiene la tabla de la comparación en cuanto a alcance

F. ELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS Y OPERADORA

En cuanto a distancia, basándose en la tabla anterior las tecnologías que sobrepasan la segunda generación teóricamente tienen un alcance suficiente (alrededor de 30 km) para mantener una conexión con la red celular. De esta forma, la mayoría de tecnologías a partir de 2G pueden ser aplicables al proyecto.

En cuanto a cobertura, en condiciones ideales, todas las tecnologías tienen su área geográfica cubierta mediante una estación base. Pero en la práctica, en algunos sectores de la geografía del Ecuador existen niveles bajos de intensidad de la señal.

En cuanto al aplicativo, la mayor parte de tecnologías han tratado de satisfacer la demanda de velocidad de transmisión por los aplicativos en los dispositivos móviles, tomando en cuenta este antecedente el sistema de monitoreo no tiene la necesidad de una velocidad de transmisión alta, más bien de un acceso al medio o a internet regular.

En cuanto a los costos que involucran al proyecto, los sistemas de tecnología GPRS para desarrollo son los más económicos que existen en el mercado, en comparación con las tecnologías que poseen altas velocidades de transmisión.

G. ELEMENTOS SOFTWARE Y HARDWARE

Los elementos de hardware y software son herramientas de gran utilidad que en combinación pueden generar grandes proyectos y solucionar muchos problemas en la vida cotidiana. Algunos componentes se definen a continuación con el fin de evaluar sus ventajas y desventajas para el uso en el sistema de monitoreo.

1) MICROCONTROLADORES PIC

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument.

El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como Peripheral Interface Controller (controlador de interfaz periférico).

- SOFTWARE PIC

Uno software que es de fácil uso y de alto nivel se denomina PIC C COMPILER y sus características según la página oficial de CCS COMPILER:

- Al compilar genera un código máquina muy compacto y eficiente.
- Se integra perfectamente con MPLAB y otros simuladores/emuladores como PROTEUS para el proceso de depuración.

2) MICROCONTROLADORES AVR

Los AVR son una familia de microcontroladores RISC del fabricante estadounidense ATMEL. Cuenta con suficientes aficionados debido a su diseño simple y la facilidad de programación.

Se tienen los siguientes tipos:

- ATxmega
- ATmega
- ATtiny
- AT90USB
- AT90CAN

- SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Uno de los programas de compilación para AVR se denomina CODEVISION AVR y es un programa que ha adquirido popularidad entre varios círculos de desarrollo con microcontroladores ATMEL.

3) DEFINICIÓN DE ARDUINO

ARDUINO es una plataforma de hardware de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es un dispositivo que conecta el mundo físico con el mundo virtual, o el mundo analógico con el digital.

a. HARDWARE ARDUINO

La utilización de pines en ARDUINO es muy simple ya que cuenta con una distribución lo suficientemente útil acorde a la utilidad que se le dé para cualquier aplicación que se requiera.

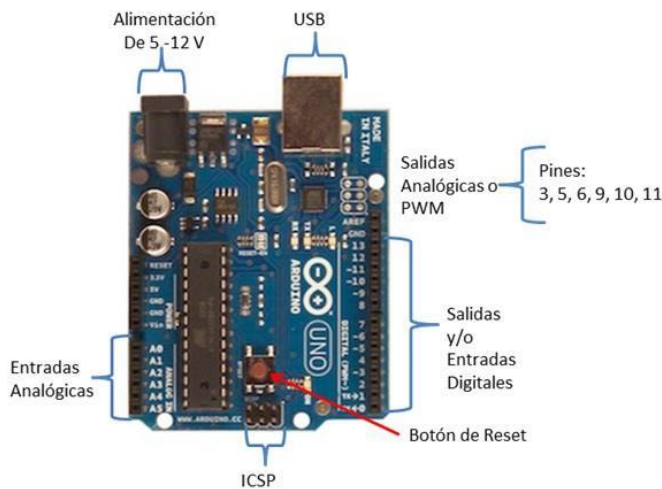


Fig. 2. Periféricos de ARDUINO

b. SOFTWARE ARDUINO

Para escribir un programa en una placa ARDUINO se debe instalar en un ordenador el entorno de programación que contiene un editor, un compilador para la traducción del programa a lenguaje interpretable por el microcontrolador y un software de comunicación para la carga del programa en la memoria a través de un puerto USB.

- Partes de un programa hecho en ARDUINO
 - a. Bloque para declarar variables y librerías
 - b. Bloque de configuración de VOID SETUP ()
 - Se describe el modo de funcionamiento de los PINES
 - Comunicación serial, etc.
 - c. Bloque de ejecución VOID LOOP ()
 - i. Se describe como la ejecución en bucle infinito

c. MODULO GSM/GPRS SIM900 SHIELD

Los sistemas electrónicos en su mayoría han evolucionado para tratar de tener muchas más herramientas de uso en sus sistemas embebidos, lo cual es una gran ventaja, ya que no es necesario recurrir a varios materiales sino adquirir un sistema que se ajuste a nuestras necesidades y acoplarlo a otro para realizar múltiples tareas.

Este módulo trabaja en base a un chip de una operadora de la red celular, las operadoras con las cuales trabaja el módulo se mencionan a continuación.

- CONECEL S.A., CLARO
- OTECEL S.A., TELEFÓNICA
- CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, CNT.



Fig. 3. SHIELD GSM/GPRS SIM900

d. APLICACIONES

- Aplicaciones M2M (Machine 2 Machine) - Para transferir datos de control mediante SMS o GPRS entre dos máquinas remotas.
- Control remoto de aparatos - Enviar SMS mientras se encuentra en su oficina para encender o apagar equipos en casa.
- Estación meteorológica remota o una Red de Sensores Inalámbricos – crean un nodo sensor capaz de transferir datos de los sensores (como de una estación meteorológica - temperatura, humedad etc.) a un servidor web.

e. COMANDOS AT SIM900

Para usar los comandos AT en este módulo se debe incorporar el módulo SHIELD GSM/GPRS a la placa de ARDUINO como se muestra en la siguiente figura y añadir un algoritmo de uso del mismo.



Fig. 4. Conexión ARDUINO con MODULO GSM/GPRS SIM900 – UART

El código mostrado a continuación realiza la comunicación entre el módulo GSM/GPRS y ARDUINO mediante interfaz serial.

```

Sin título: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
Se añaden las librerías necesarias para que exista la comunicación entre Modulo y placa ARDUINO
#include <SoftwareSerial.h>
Se procede a escoger los pines que servirán de vía para la comunicación serial
SoftwareSerial GPRS(7, 8);
Se declara un vector para recibir los datos sobre el puerto serial
unsigned char buffer[64];

Se declara un contador para el llenado del vector
int count=0;
Esta es la función que se encargará de la configuración de BAUD RATE para que exista la comunicac
void setup() {
  GPRS.begin(9600);
  Serial.begin(9600); }
Esta función realiza una lectura de los comandos que se ingresan por comunicación serial
void loop() {
  if (GPRS.available()) {
    while(GPRS.available()) {
      buffer[count++]=GPRS.read();
      if(count == 64)break;
    }
    Serial.write(buffer,count);
    clearBufferArray();
    count = 0;
  }
  if (Serial.available())
    GPRS.write(Serial.read()); }
void clearBufferArray() {
  for (int i=0; i<count;i++) {
    buffer[i]=NULL; } }

```

Fig. 5. Configuración de Comunicación Serial ARDUINO

Los comandos básicos entre la placa ARDUINO y el Modulo GSM/GPRS son los siguientes:

Tabla 3.
Comandos Básicos AT SIM900

Comandos	Respuesta	Descripción
AT	OK	Respuesta Confirmación SIM900
ATD	OK	Realizar Llamada
ATH	OK	Colgar Llamada
ATA	OK	Responder Llamada
AT+CMGR	OK	Envia Mensaje de Texto
AT+CMGL	OK	Lista Mensajes de Texto

Nota: Se presentan los comandos básicos usados en comunicación serial.

4) ELECCIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE

Para la elección de los componentes de hardware y software base se toma en cuenta la flexibilidad, el costo y sus características de uso.

Tabla 4.
Comparación Hardware y Software

hardware	PIC	AVR	ARDUINO
Tipo Micro	Microchip	ATmega	ATmega
Modelos	PIC16, PIC18, PIC12	ATmega8, ATmega16	ATmega328, ATmega168
Oscilador	Interno y Externo	Interno y Externo	Externo
Lenguaje	Básico C, ensamblador	C	C
Licencia Software	Pago	Pago	Libre

Nota: Análisis para la comparación de los componentes en software y hardware para el proyecto.

a. Licencias de Software

Como se observa en la tabla anterior, el tema de licencia es un limitante en los compiladores tanto de PIC como de ATMEL, tales compiladores necesitan de un pago por licencia para usar todas las características del programa.

b. Flexibilidad

Otra de las limitantes es que no podría ser escalable para añadir otras tareas al mismo sistema, es decir, si se diseña una placa electrónica en la que intervenga solo comunicación serial y un par de pines de entrada/salida, la placa en sí no podría ser adapta a realizar otras tareas.

Po sus características se escogió a ARDUINO como herramienta de uso del proyecto ya que no está limitado al uso de licencia, además al ser una placa tipo entrenador es una herramienta escalable, es decir, si se necesita incorporar otras funcionalidades al sistema, simplemente se designan más puestos de entrada/salida para diferentes usos.

5) ELECCIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE

Los sensores son dispositivos que pueden traducir las variables físicas como temperatura, humedad, nivel de agua, etc., a valores que pueden ser entendidos por las personas.

a. TIPOS DE SENSORES DE NIVEL DE AGUA

Existe una gran cantidad de sensores para medir nivel en el mercado, pero cada uno de estos tiene ciertas características según su aplicación y uso. Los tipos de sensores que existen de describen a continuación.

- *Sensores de Nivel de Tipo Capacitivo*

Este tipo de sensores es útil en la mayoría de los sólidos y líquidos, y su funcionamiento es en base a un electrodo de capacitancia que debe introducirse en el tanque. Si cambia la capacitancia cambia el nivel de agua.



Fig. 6. Sensor Capacitivo de Nivel

- *Sensores de Nivel de Tipo Conductivo*

Este tipo de sensores se basan en electrodos instalados en un tanque de agua para realizar la medición del nivel, su limitante es que solo puede alertar ante niveles altos o bajos de agua según los electrodos usados.



Fig. 7. Sensor de Nivel Conductivo

- Sensores de Nivel de Tipo Fotoeléctrico

Este sensor se basa en el cambio de refracción de un conductor lumínico de cuarzo cuando es sumergido en el agua. Su funcionamiento se basa en la recepción de luminosidad o dispersión de la misma por parte del fotoreceptor.



Fig. 8. Sensor Fotoeléctrico

- Sensor Ultrasónico Hc-Sr04

El sensor HC-SR04 mide distancias por ultrasonidos y tiene la capacidad de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 2 centímetros hasta 4 metros.

El funcionamiento no se ve afectado por la luz solar o el material negro como telémetros ópticos (aunque acústicamente materiales suaves como telas pueden ser difíciles de detectar)



Fig. 9. Sensor HC – SR04

6) ELECCIÓN DEL SENSOR

Para la elección del sensor se recurre a las características de cada uno de estos, al alcance, consumo de energía y también tener presente que la estructura del TENDER o tanque de la locomotora no sufra daños.

Tabla 5
Comparación de Sensores

Sensores	Energía	Alcance	Daño Estructura
Tipo Capacitivo	200 mA	5 cm - 25 cm	Si
Tipo Conductivo	20 mA	10 cm - 8 m	Si
Fotoeléctrico	35 mA	5 cm – 15 m	Si
Ultrasónico	15 mA	2 cm – 4 m	No

Nota: Se realizó la comparación de estos sensores a través de la energía que consumen, su alcance y su diseño estructural.

Como se observa en la tabla anterior, el consumo de energía es proporcional al alcance, es decir a mayor alcance mayor es la energía necesaria, además para la instalación de cada uno de estos sensores (excepto el sensor ultrasónico) es necesario hacer cambios en la estructura lo cual no era permitido por la empresa.

7) BATERIA

Una parte fundamental en la electrónica es el uso de baterías para que los sistemas tengan utilidad sin dependencia de estar siempre conectado a un tomacorriente, partiendo de este principio la necesidad de una batería que se mantenga en funcionamiento por al menos todo un día de trabajo son las baterías de LI-PO.

a. BATERIA DE LIPO

Estas baterías son una diferenciación de las baterías de iones de litio (Li-ion). Estas permiten una mayor densidad de energía, así como una superior tasa de descarga.

- Capacidad (mAh)

Es el amperaje por hora que se suministra a una carga. En teoría se dice que una batería de 1300 mAh tendrá una duración de una hora si es que funciona sin parar.

- Descarga (C)

La cantidad de energía que la batería puede generar se denomina Descarga seguido de una C, miden la corriente máxima de descarga durante un período de tiempo en que la batería puede recibir.

Suponiendo que el proyecto consume 1A el resultado sería ($1/1.6 = 0,625$), redondeando, 1C, como la batería soporta 20 – 30C no existe problemas.

- Voltaje (S)

Algunas de las baterías de LIPO tienen un voltaje nominal de 3,7V por célula, dando 4,2v cuando están cargadas al máximo y no debiendo bajar nunca de 3V cuando están descargadas.

Ahora, las baterías de dos celdas tienen un voltaje de 7,4V que es más que suficiente para alimentar a un circuito como ARDUINO y a sus componentes.

8) HERRAMIENTAS WEB

Las herramientas de uso en la nube han hecho que cualquier persona que esté conectado a internet tenga acceso a todos los recursos de la misma. Al mismo tiempo cada administrador es capaz de dar acceso a cada utilidad en la misma nube.

Existen varios ejemplos de aplicaciones como:

- WEBMAILS

Es una forma de acceder al correo electrónico a través de un navegador, sin necesidad de instalar ni de configurar ningún programa en el ordenador desde el que se accede al correo. (Niño, 2010)

Las aplicaciones de correo son variadas pero tienen algo en común ya que usan servidores los cuales proveen de estos servicios para que los usuarios simplemente accedan a ellos.

- WIKIS

Estas aplicaciones son páginas en las cuales un usuario es capaz de acceder y editar la información mediante navegadores web.

- WEBLOGS

Son webs creadas por una persona, son muy diversos y se los modifica frecuentemente, además es de fácil acceso a través de un navegador web.

- Tiendas en línea, etc.

Las tiendas en línea son una de las maneras más útiles de comprar cosas a través de internet. Su uso se basa en aplicaciones web o páginas web las cuales interactúan con los usuarios brindando servicios y demás.

- *HOSTING*

Un “Hosting” es prácticamente una PC en la cual se almacena toda la información de una página, correos, bases de datos, etc. y posee una conexión a la internet para descargar y mostrar la información, esta PC es llamada Servidor, ya que brinda la información interna o externa, y a una computadora que accede a estos servicios se le denomina Cliente, ya que recibe la información.

Tipos de Hosting

- Gratuito
- Privado o Pago

a. *Hosting Gratuito*

Un hosting gratuito es un SERVIDOR que almacena la información remotamente, el usuario para acceder a este servicio simplemente registra sus datos en alguno de estos servidores de alojamiento sin ninguna clase de pago.

b. *Hosting De Pago*

Un hosting de pago es un servidor que permite cierto nivel de almacenamiento según el margen de pago que se le dé al servicio con esto se tiene el control total del sitio.

- *LENGUAJE PHP Y HTML*

El lenguaje de programación es la forma de interacción entre una aplicación y los unos y ceros que este representa. Existen varios lenguajes de programación utilizados para el desarrollo de aplicaciones web, entre los que destacan:

- PHP
- Java, con sus tecnologías Java Servlets y JavaServer Pages (JSP)
- Javascript
- Perl
- Ruby
- Python
- C# y Visual Basic con sus tecnologías ASP/ASP.NET

- *MYSQL*

Es un sistema de administración de bases de datos para bases de datos relacionales. En si MySQL es una aplicación que permite la gestión de archivos denominados bases de datos.

- *BASES DE DATOS*

Una base de datos es un conjunto, colección o depósito de datos almacenados en un soporte informático de acceso directo.

III. DESARROLLO DEL SOFTWARE Y HARDWARE

En el desarrollo del proyecto se plantea una solución en cuanto a monitoreo y recolección de datos en base a una plataforma web, para ello se parte de las dimensiones de la locomotora a vapor para la realización el mismo, después se procede a una elección de sistemas electrónicos que se puedan adaptar en base a las necesidades, consecuentemente se tendrá un diseño del sistema y por últimos se procederá a construir la plataforma web en la cual se tendrá una interfaz lo suficientemente intuitiva y con la cual se mostrar el monitoreo en el transcurso.

A) DIMENSIONES DEL TENDER DE LA LOCOMOTORA A VAPOR

El tender tiene una altura de aproximadamente 1 metro, esta altura fue tomada desde la base hasta el tope máximo en donde se encuentra la tapa del tanque.

En ancho del tender tiene aproximadamente 2,6 metros y una longitud de 2,5 metros. Ahora, la medida o requisito que se toma en cuenta para el uso de algún sensor es la altura.

B) DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El bloque en el que se observa la locomotora muestra el lugar en el que se sitúa el sistema electrónico que es a 10 cm tras la compuerta de entrada de agua y realiza la tarea de sensado del nivel del agua en la misma.

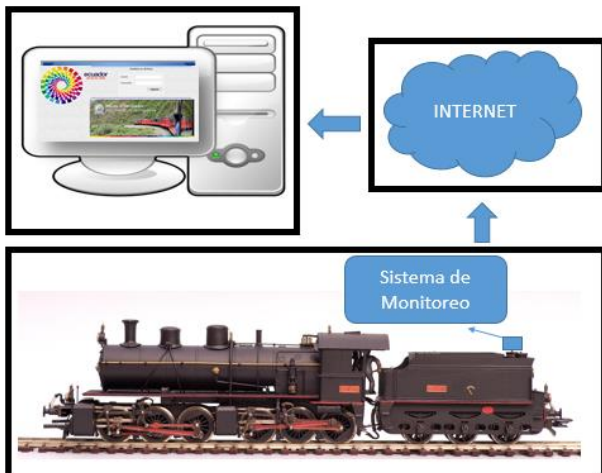


Fig. 10. Diagrama de Funcionamiento de todo el sistema

El funcionamiento de todo el sistema es sencillo, el sistema electrónico se encarga de medir el nivel de agua en el tender de la locomotora a vapor, después, estos datos son enviados a través de la red GPRS hasta un servidor o hosting en internet.

Los datos enviados a través de la red GPRS son almacenados en un servidor o hosting para su posterior análisis. Estos datos son visualizados mediante una aplicación web y puede ser accesible desde cualquier computador ya sea en la estación central o cualquier dispositivo con acceso a internet.

C) REQUISITOS PARA EL SISTEMA

Como se observó en el diagrama de bloques anterior los requisitos para que el sistema funcione son:

- 1) Empresa
 - Tener un computador o dispositivo móvil con un navegador web
 - Tener acceso a internet o datos
- 2) Sistema Electrónico
 - Sistema GSM/GPRS con acceso a datos o saldo disponible

El acceso a internet no debe ser de un ancho de banda tan alto ya que la descarga de información o datos del sistema de monitoreo no es muy alto.

D) DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

El estado de las flechas en la figura siguiente muestra como la comunicación es unidireccional, esto se debe a que el dispositivo que medirá el nivel de agua simplemente transmite los datos al bloque electrónico y el bloque electrónico envía estos datos a través de GPRS a un servidor o hosting en Internet.

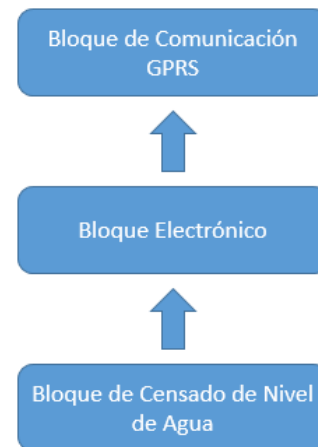


Fig. 11: Bloques del Sistema Electrónico

E) REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA DEL SISTEMA

El sistema cuenta con una batería la cual se incorporó al sistema electrónico en base a consideraciones de energía de cada dispositivo.

Tabla 6

Energía de los dispositivos del sistema

Dispositivo	Corriente	Voltaje
ARDUINO	120 mA	7 a 12 V
MODULO GSM/GPRS	250 mA	3.2 a 4.8 V
Sensor Ultrasónico	15 mA	4.5 a 5.5 V
TOTAL	375 mA	

Nota: Para el consumo de energía de ARDUINO se tomó en cuenta la corriente que circula por cada pin digital de E/S (entrada/salida) que es de 40 mA, al usarse dos pines de E/S se considera 80 mA, además del consumo de los pines de comunicación entre ARDUINO y el módulo GPRS y led de aviso se utiliza aproximadamente 120 mA y corresponde a un consumo de potencia de 0.6 watts.

1) DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

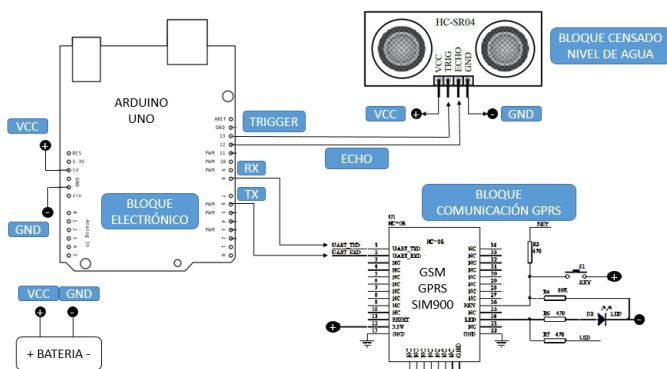


Fig. 12: Circuito Eléctrico del Sistema

Se presentará el circuito eléctrico el cual consta de los mismos componentes antes mencionados pero ahora en forma de diagramas eléctricos, además se mostrará cuáles son los pines utilizados en el desarrollo del proyecto.

Como se observa, de la placa ARDUINO se utilizará los pines de Transmisión y Recepción para la comunicación serial, además de la utilización de los pines 12 y 13 de ARDUINO para el sensor ultrasónico.

F) ALGORITMO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

El sistema deberá trabajar de la siguiente manera o en base al siguiente orden de instrucciones:

- Se enciende el sistema
- El sensor mide el nivel de agua en el tanque cada cierto tiempo.
- La placa ARDUINO realiza el cálculo de tiempos y distancia en base al agua existente en el tanque.

- Conversión de estos valores a pulgadas y galones.
- Si la medida está por debajo del nivel solicitado. Se envía un mensaje de alerta al operador.
- Si la medida del nivel es considerada aceptable continúa el sensado.
- Una vez sensado el nivel de agua, se inicia la conexión GPRS por parte del módulo GSM/GPRS.
- Se realiza el envío de la medida del nivel de agua a través de GPRS.
- Se cierra la conexión GPRS.
- Ciclo de monitoreo del nivel continuo.

G) DESARROLLO DEL SITIO WEB DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El lenguaje que se utilizó para la adquisición de datos es PHP y HTML, como se mencionó anteriormente al utilizar el lenguaje de programación puro se logra un mayor desenvolvimiento de las instrucciones en el hosting.

La orientación a PHP fue para adquirir los datos provenientes del GPRS, y mediante variables realizar consultas SQL para almacenarlos en la base de datos que necesitamos.

1) DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN WEB - PRINCIPAL

El algoritmo de uso de la página principal es muy simple y se detalla en unas cuantas instrucciones que se describen a continuación.

- Se abre la página principal de la aplicación web.
- Se ingresan los parámetros de usuario y clave.
- Si el usuario o clave son correctas y existen en la base de datos ingresa al sistema
- Si el usuario y la clave son incorrectas o no existe en la base de datos no ingresa al sistema.



Fig. 13: Diagrama de Trabajo Archivo INDEX PHP

Una vez que el usuario accede al sistema deberá visualizar ciertas opciones como:

- Monitoreo Actual
- Guardar Monitoreo
- Búsqueda de un Registro
- Salir del Sistema

Cada acción que se necesite para acceder a la base de datos requiere de una conexión a la misma.

- Para realizar el monitoreo se accede a los datos enviados por GPRS que están almacenados en la base de datos.
- Para guardar el monitoreo actual se realiza una consulta SQL para crear un punto en el cual los datos actuales se guarden por fecha.
- Para la búsqueda de un registro, se realiza una consulta SQL para buscar por fecha los registros almacenados.
- Para salir del sistema simplemente se cierra la sesión que se inició en el LOGIN o acceso al sistema.

2) DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN WEB –MONITOREO

Una vez que se obtuvo acceso al sistema de monitoreo, se presentarán varios botones los cuales tienen una acción independiente una de la otra. El proceso es sencillo, es cierto que cada botón realiza una sola tarea pero existe un orden en el proceso de monitoreo y por lo tanto también existe un orden en el uso del sistema de monitoreo de la aplicación web.

- Estando en la ventana de monitoreo

- Se presiona el botón de monitoreo para iniciarlo si es que es necesario.
- Si presiono el botón monitoreo se despliega una pantalla con el estado de monitoreo y un gráfico que muestre los datos monitoreado.
- Después se presiona el botón de guardar para almacenar los datos
- En la ventana guardar se despliega un calendario para guardarlo por fecha.
- Si se desea buscar los datos se presiona buscar.
- Si se presiona el botón Cerrar Sesión se sale del sistema de monitoreo.

Para el diagrama del archivo MONITOREO PHP se realiza una selección de las opciones que muestra la ventana y cada una de estas realiza un proceso.

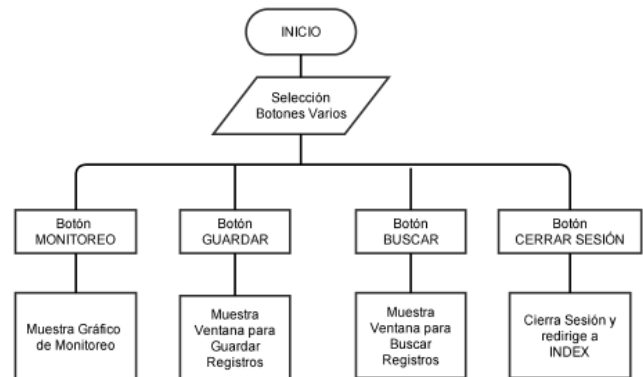


Fig. 14: Diagrama de trabajo Archivo MONITOREO PHP

3) DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN WEB – BUSCAR

Para buscar un registro se necesita haber presionado el botón BUSCAR el cual despliega una pantalla la cual permite buscar un registro en base a la fecha.

El proceso de búsqueda es la siguiente.

- Estando en la ventana Buscar
- Se elige la fecha en la cual fue almacenada
- Si existe, se mostraran los registros
- Si no existe, Se mostrará un link para regresar y realizar una nueva búsqueda.

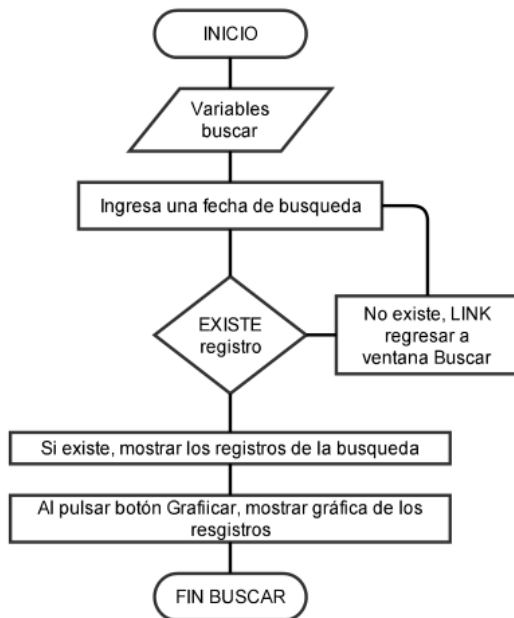


Fig. 15: Diagrama de Trabajo Ventana BUSCAR

4) DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN WEB – GUARDAR

En la ventana Guardar simplemente se almacenan los datos, en si los pasos simplemente serian:

- Estando en la Ventana Guardar
- Elegir fecha de almacenamiento del monitoreo
- Presionar Guardar registro
- Esperar a que la ventana se cierre automáticamente.

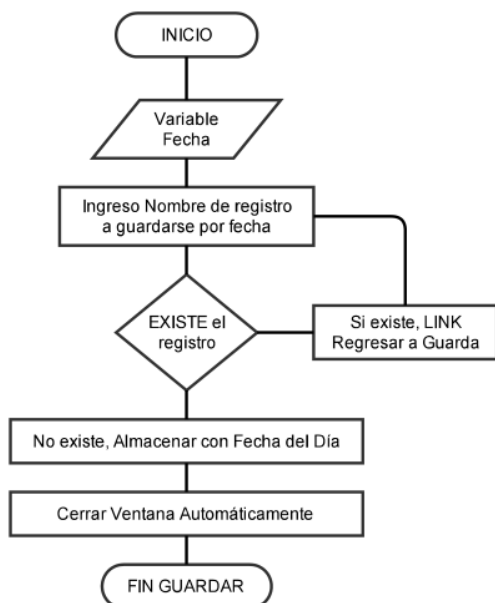


Fig. 16: Diagrama de Trabajo Ventana GUARDAR

5) DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN WEB – CERRAR SESIÓN

El proceso a seguir para cerrar sesión es el siguiente:

- Situado en la ventana de monitoreo
- Se presiona el botón cerrar sesión y sale del sistema de monitoreo.
- Se presenta la ventana principal.



Fig. 17: Diagrama de Trabajo Cerrar Sesión

H) VISUALIZACIÓN DE PÁGINA EN LA WEB

La página inicial o INDEX es “ferrocarriles.byethost4.com”, así que en el navegador se escribe la dirección <http://ferrocarriles.byethost4.com/> y mostrará la siguiente ventana de inicio.



Fig. 18: Sistema de Monitoreo

La aplicación web está dividida en dos partes, la parte de usuario y la parte de administrado.

La parte de usuario es en donde se podrá realizar el monitoreo, almacenar los datos de monitoreo y buscar tales registros



Fig. 19: Sistema de Monitoreo para Usuario

Al momento de registrarse como usuario se despliega una ventana en la cual se observan algunos botones, cada uno con una función consecutiva.



Fig. 20: Sistema de Monitoreo para usuario

Los pasos a seguir para realizar un monitoreo se detallan a continuación para una mejor comprensión del sistema práctico.

1. Primero se inicia el monitoreo presionando en el botón monitoreo



Fig. 21: Monitoreo en curso

En esta ventana se debe seleccionar el modo de monitoreo, ya se continuar con un monitoreo pasado o realizar un monitoreo actual, cabe recalcar que esta ventana es emergente y cuenta con un tiempo de 15 segundos para cerrarse automáticamente.

2. Al elegir cualquier opción de monitoreo se muestra la siguiente ventana en la cual se aprecia las variables de monitoreo que son el nivel del agua, la hora y fecha que se realiza el monitoreo.



Fig. 22: Interface de Monitoreo de Entrada

El hecho de escoger la opción de “continuar monitoreo” hace que se conserven los datos anteriormente monitoreados, y al seleccionar la opción “nuevo monitoreo” se despliega el monitoreo sin ningún valor almacenado, es decir, el monitoreo empieza desde cero.

Ahora, en la parte derecha se encuentra un LINK que dice “VER”, al presionar en el link se abre la interfaz gráfica de monitoreo, es decir, en este lugar se observa de forma gráfica los valores del nivel de agua que llegan.



Fig. 23: Interfaz gráfica del estado del nivel de agua

Después de haber monitoreado se puede salir de esta ventana y seguir con el procedimiento.

3. En la ventana principal está el botón Guardar, se lo presiona y se almacena escogiendo la fecha en la que se realizó el monitoreo.

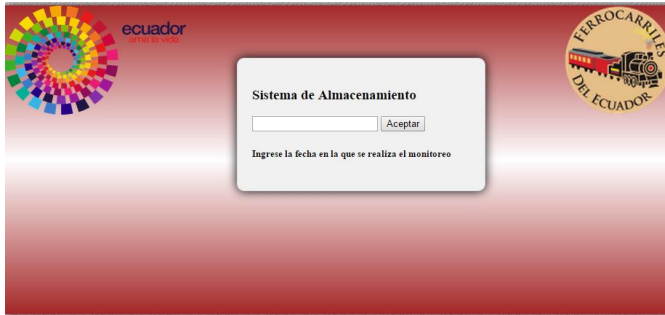


Fig. 24: Almacenamiento de un monitoreo realizado

4. En el caso de requerir algún registro de monitoreo, se presiona el botón buscar y se procede a recuperar o ver algún registro almacenado anteriormente escribiendo la fecha en que fue monitoreado.



Fig. 25: Búsqueda de registro de monitoreo anterior

5. Para salir del sistema, simplemente presionamos el botón cerrar sesión y estamos fuera del sistema.



Fig. 26: Cerrar Sesión

IV. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE VERIFICACIÓN

En este capítulo se describirá la implementación del sistema de monitoreo, el desarrollo de pruebas del mismo con el fin de tener resultados favorables con el sistema en ejecución respecto al sistema manual, además se tendrá una descripción de los costos de implementación y mantenimiento.

A) IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

La locomotora en si tiene un tanque (TENDER) el cual suministra tanto agua como diésel para su funcionamiento, como se conoce las dimensiones del TENDER (1 metro de

altura, 2,6 metros de ancho y 2,5 metros de largo) entonces la distancia que se tiene para la medición del nivel de agua es en base a la altura.

En la parte superior del tender están presentes dos compuertas para el llenado de agua y diésel, la que tiene mayor interés en este momento es la compuerta situada en la parte de atrás del TENDER que es en donde se suministra el agua

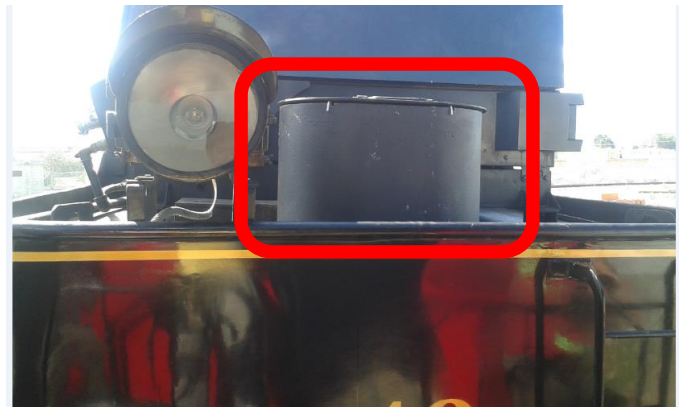


Fig. 27: Compuerta de Suministro de Agua TENDER locomotora a vapor

La siguiente figura muestra en donde se realizó la instalación del sistema de sondeo del nivel de agua que se encuentra en la parte interna de la compuerta de llenado de agua ya que el sistema de sondeo debe estar en contacto con el agua mediante ultrasonido.

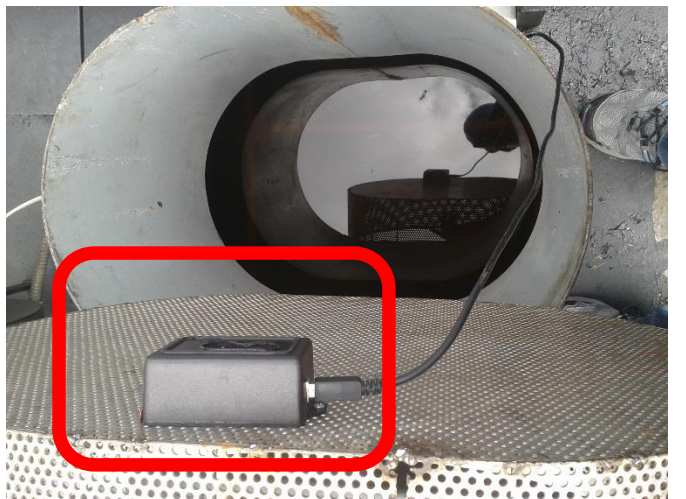


Fig. 28: Instalación del sistema de sondeo del nivel de agua

B) SISTEMA DE MONITOREO WEB

Para el monitoreo se debe tener acceso a internet ya que el MODULO GSM/GPRS envía los datos a la internet, para lo cual se realizó el sistema de acceso web al monitoreo.

Para una mejor apreciación del sistema de monitoreo web se muestra a continuación un diagrama de navegación el cual muestra las ventanas de acceso y algunas características de cada una de ellas.

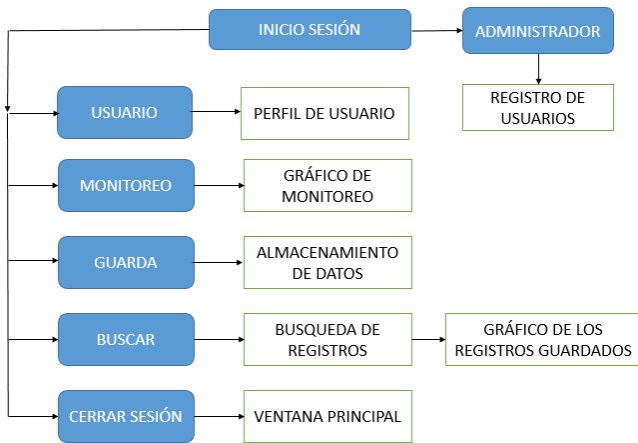


Fig. 29: Diagrama de Navegación WEB

En el diagrama mostrado anteriormente se puede apreciar que el primer cuadro es el de inicio de sesión, este tiene sentido primeramente al escoger entre los modos de acceso que son: modo usuario y modo administrador. En primera instancia una persona se encarga de acceder en modo administrador para crear usuarios los cuales estarán autorizados para realizar el monitoreo.

C) PRUEBAS Y RESULTADOS

Para mostrar las pruebas se dejó instalado el sistema de monitoreo en la locomotora y se realizó el procedimiento habitual el cual fue la anotación de datos de niveles de agua en una hoja de datos. En la figura se muestra la partida de la locomotora a vapor en la que va instalado el sistema de monitoreo. En la parte encerrada con rojo es en donde se instaló el sistema.



Fig. 30: Salida de la locomotora con el sistema de monitoreo

Ahora, en la estación central de ferrocarriles de Ibarra se muestra al personal de ingeniería encargado del monitoreo de la locomotora a vapor. Al personal de la estación se lo capacitó para hacer uso del sistema y también de las herramientas de monitoreo (hardware) mediante guías de uso.



Fig. 31: Monitoreo de niveles de agua en la locomotora a vapor.

En la figura anterior se muestra el nivel de agua monitoreado en ese instante, ahora estos datos no sobrepasan los 1800 galones de agua según el sistema de monitoreo instalado.

Si se compara estos valores con los valores registrado en la hoja de datos mediante la toma de valores manuales, los valores se encuentran entre 1750 y 1800 galones. Es decir, los valores obtenidos por el sistema de monitoreo varían un mínimo de galones debido a las fluctuaciones de la locomotora en el trayecto.

Esto se ve reflejado en la hoja de datos mostrada en la siguiente imagen, como se observa en la parte marcada de rojo, se tienen dos valores registrados que son los niveles de agua de salida de la estación y de llegada a la misma.

ECUADOR-EMPRESA PÚBLICA									
POS OPERACIONAL									
LOCOMOTORAS A VAPOR									
Para el arribo de cada viaje a la Estación o al Taller de Mecánica, con firmas de responsabilidad del Maquinista y Brequero más registro usando una "X".									
Avería que afecta la operación									
INICIAL	FINAL	4. CALDERA		5. CALDERA		Hora Inicial	Hora Final	Duración	
		Horas		ENCENDIDO		8:30		4:30	
6.- RECORRIDOS Y CONSUMOS									
				NIVEL SALIDA					
EM	Convey (ton)	Hora Salida	Hora Llegada	Duración	Agua (Gal)	Diesel (lit)	Agua (Gal)	Diesel (lit)	
28	38	4:30	1:30	4 h	2500	892	1327	336	
18	58	5:00	4:28		1200	888	1751	225	
NIVEL AL ENCENDER									
NIVEL AL APAGAR									
NIVEL AL ENCENDER		NIVEL AL APAGAR		SAC	ASG	TRABA	Anál. Inyector		
Agua (gal)		Agua (gal)		lit/gal	lit/gal	lit/gal	(%)	(%)	Avería
2500 892		1327 336		892	888	7	7	10	5
9.- MAQUINA									
Seguridad									
Inyectores					Silbato de vapor				
Funciona inyector izquierdo					Extintor				
Funciona inyector derecho					Niveles				

Fig. 32: Registro de valores en hoja de datos de la Empresa

D) ANÁLISIS COSTOS-BENEFICIO

Para evaluar la utilidad que tiene un proyecto se utiliza un análisis de costo-beneficio, se debe tener en cuenta los costos y beneficios sociales que posee el proyecto y no solo concentrarse en los costos económicos.

Además se analizó los costos de mantenimiento y operación que necesita el sistema de monitoreo, esto con el fin de asegurar el correcto funcionamiento del mismo.

1) *COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN*

Tabla 7

Costo Sistema de Monitoreo

Material	Cantidad	Costo
ARDUINO UNO kit	1	35 \$
MÓDULO GSM/GPRS	1	70 \$
SENSOR ULTRASONICO	1	10 \$
Batería de LIPO	1	25 \$
Cables, leds, baquelita, estructura, etc.	VARIOS	30 \$
TOTAL		170 \$

Nota: Los costos asociados a la implementación del sistema de monitoreo en cuanto a componentes electrónicos se detallan en la tabla 7

Estos costos asociados a la subida de datos al hosting se ven reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 8

Costo en datos transmitido para monitoreo

Datos	Unidad	C/U	TOTAL
Datos enviados	720	0,5 \$ x MB	0,50 \$
Mensajes alerta	2 por día	0,07 \$	0,14 \$
TOTAL			0,64 \$

Nota: Se toma en cuenta un estimado de bytes transmitidos en el peor de los casos para sacar el valor mencionado.

Los costos de mantenimiento se reducen a daños en los circuitos, operatividad, revisión y limpieza de las placas. Cada uno de estos costos se muestra a continuación.

Por daños en los circuitos y operatividad, estos daños se deben al mal uso de los sistemas electrónicos, también a fallas de voltaje por no proporcionar al sistema la energía suficiente. Tomando en cuenta que las placas ARDUINO y GSM/GPRS son creados por microelectrónica y complejamente reparables lo recomendable es adquirir una placa nueva siempre y cuando se compruebe su falla y ya no pueda seguir funcionando.

Tabla 9

Estimación de Mantenimiento Anual Hardware

Mantenimiento	Componentes	C/U	TOTAL
	ARDUINO	30 \$	30 \$
Daño Hardware y Operatividad	PLACAS	5 \$	5 \$
	VARIAS GSM/GPRS	70 \$	70 \$
TOTAL			105 \$

Nota: Este es un estimado de mantenimiento anual del circuito.

Por revisión y limpieza, esto tiene que ver más con el aspecto de mantenimiento preventivo en cuanto a limpieza de polvo y residuos que se pueden ingresar al sistema en el trayecto.

Tabla 10

Estimación de Mantenimiento Anual en Revisión

Mantenimiento	Componentes	C/U	TOTAL
	ARDUINO	5 \$	5 \$
Revisión y Limpieza	PLACAS	5 \$	5 \$
	VARIAS GSM/GPRS	5 \$	5 \$
TOTAL			15 \$

Nota: Estimado de mantenimiento en cuanto a revisión y limpieza anual del sistema.

Por mantenimiento de software, esto se aplica ante posibles monitorios futuros en cuanto a otras variables, es decir, en caso de escalabilidad para añadir otras variables de monitoreo como temperatura, precisión, etc.

Tabla 10

Estimación de Mantenimiento Anual Software

Mantenimiento	Componentes	C/U	TOTAL
	PROGRAMACIÓN	25 \$	25 \$
Mantenimiento Software	ARDUINO		
	PROGRAMACIÓN	25 \$	25 \$
	WEB		
TOTAL			50 \$

Nota: Mantenimiento anual en base a software en caso de haber errores en el sistema o adicionar código.

2) BENEFICIOS

Al ser una institución pública no tiene beneficios económicos ya que los recursos obtenidos son para el estado y para promover el turismo pero si tiene beneficios sociales los cuales permiten que los operarios tengan mayor productividad, ya que la implementación del sistema presenta las siguientes ventajas.

- Los datos del nivel de agua se muestran de forma gráfica sin la necesidad de recurrir al sistema anterior de recolección de datos manual.
- Todos los datos obtenidos son asequibles desde cualquier computador o dispositivo que tenga acceso a internet ya que son almacenados en una base de datos.
- Al finalizar cada recorrido de la locomotora se tiene un registro estadístico por viaje que sirve tanto para los operarios como para los encargados de la estación y de esta forma controlar el uso del líquido vital.
- Uno de los más grandes beneficios es evita el gasto innecesario de hojas de papel que los operarios utilizaban para cada salida de la locomotora, pese a que el registro se lo realizaba cada semana pero aun así es un gasto de este recurso.

V. CONCLUSIONES

Los sistemas electrónicos inalámbricos actualmente brindan grandes beneficios en cuanto a movilidad, pero cuando se añaden a estos sistemas otras herramientas, estos sistemas electrónicos pueden cumplir un sin fin de tareas. El caso de monitoreo es un ejemplo de las formas en las que los sistemas electrónicos e inalámbricos subsisten para formar nuevos sistemas más complejos y capaces de tareas de sondeo y transmisión de datos.

El sistema de monitoreo de nivel de agua llegó a ser una herramienta funcional, de fácil uso gracias a la electrónica y de fácil acceso gracias a las herramientas web e internet. Esta tendencia de almacenamiento en la nube hace que los datos sean accesibles desde cualquier parte del mundo al contar con un dominio en internet. Además, estos registros son de utilidad para la Central de Ferrocarriles en Quito ya que ellos determinan las salidas de los trenes en Ibarra y ponen a disposición los recursos, en este caso agua y diésel, con el fin de dar paso a los recorridos en la estación de ferrocarriles de Ibarra.

Los operarios de la estación no tendrán que estar revisando los niveles de agua de la locomotora en movimiento de forma manual a lo largo del trayecto ya que esto es un riesgo a su integridad, además, el sistema ha ayudado a que los operarios puedan ocupar su tiempo en otras actividades igual de importantes, esto conlleva a mejorar la productividad en la empresa.

Con el proyecto se logra promover las herramientas de software y hardware libre como alternativa para la generación de proyectos de bajo costo y consumo energético que además cubran las expectativas de la empresa.

Se han reducido los tiempos estimados de salida de la locomotora, es decir, anteriormente, se tenía que revisar los niveles de agua de forma manual con una barra que medía en pulgadas, transformarlos a galones y registrarlos en hojas, estos toma un par de minutos. Ahora, esta tarea ya no es necesaria, simplemente se enciende el sistema y se observa desde un ordenador con acceso a internet y de forma gráfica los mencionados niveles, y esto toma varios segundos con lo cual, la hora prevista de salida desde la estación será cumplida sin retardos.

El sistema de monitoreo ha demostrado ser funcional, recoger los datos cada cierto tiempo y enviarlos a la internet, además de ser visualizados mediante un navegador web con acceso a internet. Lo más importante es que estos datos son almacenados y estarán accesibles cuando lo requieran ya que esa era una de las observaciones del porque se realizó este proyecto.

REFERENCES

- [1] ACCUDICY. (31 de Marzo de 2015). http://www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf. Obtenido de ELECTRONILAB: http://www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf
- [2] Andersson, C. (s.f.). *GPRS y Aplicaciones Inalambricas 3G*. New York: Wiley Computer Publishing.
- [3] arduino.cc. (22 de Marzo de 2015). <http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>. Obtenido de <http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>: <http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
- [4] Atelin, P. (2006). *Redes Informáticas: Conceptos Fundamentales*. Barcelona: Recusos Informáticos.
- [5] Bolivar, U. S. (17 de Junio de 2015). *Redes de Computadoras II*. Obtenido de <http://ldc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupos/G2/>

- [6] ByetHost. (30 de Abril de 2015). *Hosting*. Obtenido de <https://byethost.com/index.php/free-hosting>
- [7] Caivano, R. (2009). *Utilización de la WEB 2.0 para aplicaciones educativas*. EDUVIN.
- [8] Castañeda, Y. (8 de Julio de 2015). *SLIDESHARE - EL SONIDO*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/profmat58/el-sonido-14>
- [9] Cobo, A., Gomez, P., & Perez, D. (2005). *PHP y MYSQL: Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web*. España: Díaz de Santos.
- [10] electronilab. (31 de Marzo de 2015). <http://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/>. Obtenido de electronilab: <http://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/>
- [11] España, M. (2003). *Servicios Avanzados de Telecomunicaciones*. España: Diaz de Santos.
- [12] FerrocarrilesEcuador. (8 de Abril de 2015). *Dimensiones Locomotora a Vapor*. (L.S, Entrevistador)
- [13] Flotante, P. (7 de Junio de 20015). *Mini Core SIM900*. Obtenido de <http://www.puntoflotante.net/MINI-CORE-SIM900-GSM-GPRS-QUAD-BAND.htm>
- [14] FREAKS, E. (5 de Junio de 2015). *Ultrasonic Ranging Module HC-SR04*. Obtenido de <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>
- [15] Garcia, P., Hidalgo, M., & Muñoz, J. (2013). *Practicas con ARDUINO*. EDUBASICA.
- [16] Harri Holma, A. T. (2006). *HSDPA/HSUPA fo UMTS*. Inglaterra: WILEY.
- [17] Heurtel, O. (2011). *PHP 5.3: Desarrollar un sitio web dinamico e interactivo*. Barcelona - España: ENI.
- [19] Heurtel, O. (2014). *PHP5.5: Desarrollo de un sitio web dinámico e interactivo*. Barcelona: Recursos Informáticos.
- [20] Mora, S. L. (2001). *Programación en Internet: Clientes WEB*. España: Universidad de Alicante.
- [21] Moya, J. M. (2006). *Redes y Servicios de Telecomunicaciones*. Paraninfo.
- [22] Sharma, V. (10 de Junio de 2015). *TCP Connection over GPRS using SIM900 and AT Commands*. Obtenido de TCP Connection over GPRS using SIM900 and AT Commands: <https://vsblogs.wordpress.com/2013/11/28/tcp-connection-over-gprs-using-sim900-and-at-commands/>



Edison S. Lucero L.

Nació en Cayambe, provincia de Pichincha el 8 de Enero de 1990. Realizó sus estudios en el Colegio “Nelson Torres” obteniendo el bachillerato en la especialidad de Físico Matemático en la ciudad de Cayambe.

Actualmente es egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra.