

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN.

#### 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



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

| <b>DATOS DEL CONTACTO</b>  |   |
|----------------------------|---|
| <b>Cédula de identidad</b> | 1003837224  |
| <b>Apellidos y Nombres</b> | Edison Santiago Lucero Lucero   |
| <b>Dirección</b>           | Cayambe, 10 de Agosto y Quiroga   |
| <b>E-mail</b>              | lcrstag@gmail.com   |
| <b>Teléfono móvil</b>      | 0992315157  |
| <b>DATOS DE LA OBRA</b>    |   |
| <b>Título</b>              | “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” |
| <b>Autor</b>               | Edison Santiago Lucero Lucero   |
| <b>Fecha</b>               | Abril del 2016  |
| <b>Programa</b>            | Pregrado  |
| <b>Título</b>              | Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación  |
| <b>Director</b>            | Ing. Daniel Jaramillo   |

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Edison Santiago Lucero Lucero, con cédula de identidad Nro. 1003837224, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Abril del 2016

**EL AUTOR:**

(Firma)  .....

Nombre: Edison Santiago Lucero Lucero

Cédula: 1003837224



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Edison Santiago Lucero Lucero, con cedula de identidad Nro. 100383722-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado con el 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”**. Que ha sido desarrollado con propósito de obtener el título de: INGENIERO EN ELECTRÓNICA REDES DE COMUNICACIÓN., en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Edison Lucero'.

Edison Santiago Lucero Lucero

100383722-4

Ibarra, Abril 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

## CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

INGENIERO DANIEL JARAMILLO, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de Titulación **“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”**, Ha sido desarrollado por el Sr. Edison Santiago Lucero Lucero bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Daniel Jaramillo". The signature is written over a horizontal dotted line.

Ing. Daniel Jaramillo

100154514-2

DIRECTOR



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### DECLARACIÓN

Yo, Edison Santiago Lucero Lucero, con cédula de identidad N°. 1003837224, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

.....

Firma

Nombre: Edison Santiago Lucero Lucero

Cédula: 1003837224

Ibarra, Abril del 2016



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a mi familia por su infinito apoyo, por su cariño, comprensión y tolerancia, esto ha sido de gran ayuda para culminar una meta más en mi vida profesional.*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

*El presente proyecto de titulación está dedicado a mi familia, quienes han compartido momentos tan agradables cada día de mi vida.*

## CONTENIDO

|  |             |
|--|-------------|
| <b>PORTADA</b> .....   | <b>I</b>    |
| <b>AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD<br/>TÉCNICA DEL NORTE</b> ..... | <b>II</b>   |
| <b>DECLARACIÓN</b> .....   | <b>III</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....   | <b>VII</b>  |
| <b>DEDICATORIA</b> .....   | <b>VIII</b> |
| <b>CONTENIDO</b> .....   | <b>IX</b>   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....   | <b>XIV</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....  | <b>XVI</b>  |
| <b>RESUMEN</b> .....   | <b>XVII</b> |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>XIX</b>  |
| <b>PRESENTACIÓN</b> .....  | <b>XXI</b>  |
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>1</b>    |
| <b>1. ANTECEDENTES DE FUNCIONAMIENTO DE LA LOCOMOTORA A VAPOR<br/>EN ECUADOR</b> .....         | <b>1</b>    |
| <b>1.1 INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>1</b>    |
| <b>1.2 PROBLEMÁTICA</b> .....  | <b>1</b>    |
| <b>1.3 OBJETIVOS</b> .....   | <b>3</b>    |
| <b>1.3.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....  | <b>3</b>    |
| <b>1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....   | <b>3</b>    |
| <b>1.4 ALCANCE</b> .....   | <b>4</b>    |
| <b>1.5 JUSTIFICACIÓN</b> .....   | <b>5</b>    |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>7</b>    |
| <b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....   | <b>7</b>    |
| <b>2.1 SISTEMA DE MONITOREO</b> .....  | <b>7</b>    |
| <b>2.2 FUNCIONAMIENTO DE LA LOCOMOTORA A VAPOR</b> .....                                       | <b>7</b>    |
| <b>2.2.1 NIVELES DE AGUA TENDER</b> .....  | <b>9</b>    |
| <b>2.2.2 SISTEMAS MANUAL DE MEDICIÓN</b> .....   | <b>10</b>   |
| <b>2.3 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICOS</b> .....   | <b>11</b>   |
| <b>2.3.1 SISTEMA INALÁMBRICOS NO LICENCIADOS</b> .....   | <b>12</b>   |
| <b>2.3.2 SISTEMA POR SATÉLITE</b> .....  | <b>12</b>   |
| <b>2.4 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS</b> .....  | <b>12</b>   |
| <b>2.4.1 WI-FI</b> .....   | <b>12</b>   |
| <b>2.4.1.1 VENTAJAS</b> .....  | <b>13</b>   |

|   |    |
|---|----|
| 2.4.1.1 DESVENTAJAS.....  | 13 |
| 2.4.2 EDGE (ENHANCED DATA RATES FOR GSM OF EVOLUTION).....            | 14 |
| 2.4.2.1 VENTAJAS .....  | 14 |
| 2.4.2.2 DESVENTAJAS.....  | 14 |
| 2.4.3 UMTS (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM) o 3G<br>..... | 15 |
| 2.4.3.1 VENTAJAS .....  | 15 |
| 2.4.3.2 DESVENTAJAS.....  | 15 |
| 2.4.4 HSDPA - HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS.....                  | 16 |
| 2.4.4.1 VENTAJAS .....  | 16 |
| 2.4.4.2 DESVENTAJAS.....  | 17 |
| 2.4.5 REDES 4G.....   | 17 |
| 2.4.6 SISTEMAS GPRS .....   | 18 |
| 2.4.6.1 VENTAJAS DE GPRS .....  | 18 |
| 2.4.6.2 ARQUITECTURA GPRS .....                                       | 19 |
| 2.4.6.1.1 Nodo de Soporte Servidor de GPRS (SGSN).....                | 19 |
| 2.4.6.1.2 Nodo de Soporte Pasarela de GPRS (GGSN) .....               | 19 |
| 2.4.6.3 FUNCIONAMIENTO .....  | 20 |
| 2.5 COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS .....                              | 21 |
| 2.6 ELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS Y OPERADORA.....                      | 22 |
| 2.7 ELEMENTOS SOFTWARE Y HARDWARE .....                               | 25 |
| 2.7.1 MICROCONTROLADORES PIC .....                                    | 25 |
| 2.7.1.1 CARACTERÍSTICAS.....  | 26 |
| 2.7.1.2 VENTAJAS .....  | 27 |
| 2.7.1.3 DESVENTAJAS.....  | 28 |
| 2.7.1.4 SOFTWARE PIC.....   | 28 |
| 2.7.2 MICROCONTROLADORES AVR .....                                    | 29 |
| 2.7.2.1 VENTAJAS .....  | 30 |
| 2.7.3 DEFINICIÓN DE ARDUINO .....                                     | 31 |
| 2.7.3.1 HARDWARE ARDUINO .....  | 31 |
| 2.7.3.1 Pines de la Placa .....                                       | 32 |
| 2.7.3.2 Características .....   | 32 |
| 2.7.3.2 Características .....   | 32 |
| 2.7.4 SOFTWARE ARDUINO .....  | 33 |
| 2.8 MODULO GSM/GPRS SIM900 SHIELD.....                                | 34 |
| 2.8.1 CARACTERÍSTICAS.....  | 35 |

|  |    |
|--|----|
| 2.8.2 APLICACIONES.....                                | 36 |
| 2.8.3 DIAGRAMA ESQUEMATICO.....                        | 37 |
| 2.8.4 COMANDOS AT SIM900 .....                         | 37 |
| 2.9 ELECCIÓN DEL HARWARE Y SOFTWARE .....              | 40 |
| 2.10 SENSORES.....                                     | 42 |
| 2.10.1 TIPOS DE SENSORES DE NIVEL DE AGUA .....        | 42 |
| 2.10.1.1 Sensores de Nivel de Tipo Capacitivo .....    | 42 |
| 2.10.1.2 Sensores de Nivel de Tipo Conductivo.....     | 43 |
| 2.10.1.3 Sensores de Nivel de Tipo Fotoeléctrico.....  | 44 |
| 2.10.1.4 Sensor Ultrasónico Hc-Sr04 .....              | 44 |
| 2.10.1.4.1 Características .....                       | 45 |
| 2.10.1.4.2 Pines de Conexión .....                     | 46 |
| 2.10.1.4.3 Funcionamiento .....                        | 47 |
| 2.11 ELECCIÓN DEL SENSOR .....                         | 47 |
| 2.12 BATERIA.....                                      | 48 |
| 2.12.1 BATERIA DE LIPO.....                            | 48 |
| 2.12.1.1 Capacidad (mAh).....                          | 48 |
| 2.12.1.2 Descarga (C) .....                            | 49 |
| 2.12.1.3 Voltaje (S) .....                             | 49 |
| 2.13 HERRAMIENTAS WEB .....                            | 49 |
| 2.13.1 APLICACIONES WEB .....                          | 50 |
| 2.13.2 INTERFAZ Y HERRAMIENTAS DE DISEÑO.....          | 51 |
| 2.13.3 HOSTING.....                                    | 51 |
| 2.13.3.1 Hosting Gratuito .....                        | 52 |
| 2.13.3.2 Hosting De Pago .....                         | 52 |
| 2.13.4 PROGRAMA DE TRANSFERENCIA FTP – FILEZILLA ..... | 53 |
| 2.13.4.1 Características.....                          | 53 |
| 2.13.5 LENGUAJE PHP Y HTML .....                       | 54 |
| 2.13.5.1 Lenguaje PHP.....                             | 54 |
| 2.13.5.2 Lenguaje HTML .....                           | 56 |
| 2.13.6 MYSQL.....                                      | 57 |
| 2.13.6.1 Especificaciones Técnicas .....               | 58 |
| 2.13.7 BASES DE DATOS .....                            | 58 |
| 2.13.7.1 Consultas SQL.....                            | 59 |
| CAPÍTULO 3 .....                                       | 61 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>3. DESARROLLO DEL SOFTWARE Y HARDWARE .....</b>                        | <b>61</b>  |
| <b>3.1 DIMENSIONES DEL TENDER DE LA LOCOMOTORA A VAPOR.....</b>           | <b>61</b>  |
| <b>3.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA .....</b>       | <b>62</b>  |
| <b>3.3 REQUISITOS PARA EL SISTEMA .....</b>                               | <b>64</b>  |
| <b>3.4 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO .....</b>                           | <b>65</b>  |
| <b>3.4.1 BLOQUE ELECTRÓNICO .....</b>                                     | <b>66</b>  |
| <b>3.4.2 BLOQUE DE COMUNICACIÓN EN BASE A GPRS.....</b>                   | <b>66</b>  |
| <b>3.4.3 BLOQUE DE SENSADO DE NIVEL DE AGUA.....</b>                      | <b>67</b>  |
| <b>3.4.3.1 Cálculos para Medir el Nivel de Agua .....</b>                 | <b>68</b>  |
| <b>3.4.4 REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA DEL SISTEMA .....</b>                  | <b>69</b>  |
| <b>3.4.5 DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO .....</b>                          | <b>71</b>  |
| <b>3.6 ALGORITMO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO .....</b>                        | <b>72</b>  |
| <b>3.7 DIAGRAMA DE FLUJO DE TRABAJO DEL PROGRAMA .....</b>                | <b>72</b>  |
| <b>3.8 ELECCIÓN DEL HOSTING DE ALOJAMIENTO WEB .....</b>                  | <b>73</b>  |
| <b>3.8.1 HOSTING BY ETHOST.....</b>                                       | <b>76</b>  |
| <b>3.9 DESARROLLO DEL SITIO WEB DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....</b>          | <b>81</b>  |
| <b>3.9.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN WEB - PRINCIPAL.....</b>      | <b>81</b>  |
| <b>3.9.2 ELECCIÓN DE LIBRERÍAS WEB.....</b>                               | <b>83</b>  |
| <b>3.9.3 JPGRAPH .....</b>  | <b>85</b>  |
| <b>3.9.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN WEB – MONITOREO.....</b>      | <b>86</b>  |
| <b>3.9.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN WEB – BUSCAR.....</b>         | <b>88</b>  |
| <b>3.9.6 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN WEB – GUARDAR.....</b>        | <b>89</b>  |
| <b>3.9.7 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN WEB – CERRAR SESIÓN .....</b> | <b>90</b>  |
| <b>3.10 CARGAR ARCHIVOS PHP A LA WEB POR FILEZILLA.....</b>               | <b>91</b>  |
| <b>3.11 VISUALIZACIÓN DE PÁGINA EN LA WEB .....</b>                       | <b>93</b>  |
| <b>CAPÍTULO 4 .....</b>   | <b>101</b> |
| <b>4. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE VERIFICACIÓN.....</b>                   | <b>101</b> |
| <b>4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....</b>                               | <b>101</b> |
| <b>4.2 SISTEMA DE MONITOREO WEB .....</b>                                 | <b>103</b> |
| <b>4.3 PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>                                     | <b>117</b> |
| <b>4.4 ANÁLISIS COSTOS-BENEFICIO .....</b>                                | <b>121</b> |
| <b>4.4.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN .....</b>                               | <b>122</b> |
| <b>4.4.1 BENEFICIOS.....</b>  | <b>128</b> |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>129</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>131</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>   | <b>132</b> |
| <b>GLOSARIO .....</b>   | <b>135</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>136</b> |
| <b>ANEXO 1 .....</b>  | <b>137</b> |
| <b>INICIO DE SESIÓN PHP .....</b>   | <b>137</b> |
| <b>ABRIR CONEXIÓN PHP .....</b>   | <b>144</b> |
| <b>ANEXO 2 .....</b>  | <b>145</b> |
| <b>PHP INDEX GRAFICO .....</b>  | <b>145</b> |
| <b>PHP GET INDEX .....</b>  | <b>149</b> |
| <b>PHP POST.....</b>  | <b>151</b> |
| <b>ANEXO 3 .....</b>  | <b>154</b> |
| <b>MONITOREO PHP .....</b>  | <b>154</b> |
| <b>ANEXO 4 .....</b>  | <b>158</b> |
| <b>GUARDAR_FECHA.....</b>   | <b>158</b> |
| <b>ANEXO 5 .....</b>  | <b>160</b> |
| <b>FORM_CONSULTA.....</b>   | <b>160</b> |
| <b>ANEXO 6 .....</b>  | <b>162</b> |
| <b>PHP GRAFICO_EMERGENTE.....</b>   | <b>162</b> |
| <b>ANEXO 7 .....</b>  | <b>164</b> |
| <b>LOGOUT PHP.....</b>  | <b>164</b> |
| <b>ANEXO 8 .....</b>  | <b>165</b> |
| <b>PROGRAMACIÓN SOBRE ARDUINO .....</b>   | <b>165</b> |
| <b>ANEXO 9 .....</b>  | <b>171</b> |
| <b>GUIA DE USO HARDWARE.....</b>  | <b>171</b> |
| <b>SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE AGUA (SMNA) .....</b>                           | <b>171</b> |
| <b>Introducción .....</b>   | <b>171</b> |
| <b>Instalación SMNA .....</b>   | <b>171</b> |
| <b>GUIA DE USO SOFTWARE .....</b>   | <b>175</b> |
| <b>INTERFAZ GRÁFICA WEB PARA EL SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE AGUA SMNA.....</b> | <b>175</b> |
| <b>Introducción .....</b>   | <b>175</b> |
| <b>Pasos para acceder al monitoreo web .....</b>                                    | <b>175</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Tender de almacenamiento de agua.....                            | 8  |
| Figura 2: Sistema de tuberías y caldera.....                               | 8  |
| Figura 3: Placas de Medida de Agua y Combustible .....                     | 11 |
| Figura 4: Arquitectura del Sistema GPRS .....                              | 19 |
| Figura 5: Encaminamiento de Paquetes en el Sistema GPRS .....              | 20 |
| Figura 6: Trayecto Ibarra – Otavalo .....                                  | 23 |
| Figura 7: Microcontrolador PIC.....  | 26 |
| Figura 8: Microcontrolador PIC.....  | 30 |
| Figura 9: Periféricos de ARDUINO .....                                     | 32 |
| Figura 10: Entorno de Programación ARDUINO .....                           | 34 |
| Figura 11: SHIELD GSM/GPRS SIM900.....                                     | 35 |
| Figura 12: Esquema del Módulo SIM900 .....                                 | 37 |
| Figura 13: Conexión ARDUINO con MODULO GSM/GPRS SIM900 – UART .....        | 38 |
| Figura 14: Configuración de Comunicación Serial ARDUINO .....              | 39 |
| Figura 15: Prueba de Comunicación serial ARDUINO con MODULO GSM/GPRS ..... | 39 |
| Figura 16: Sensor Capacitivo de Nivel .....                                | 43 |
| Figura 17: Sensor de Nivel Conductivo .....                                | 43 |
| Figura 18: Sensor Fotoeléctrico .....                                      | 44 |
| Figura 19: Sensor HC – SR04 .....  | 45 |
| Figura 20: Diagrama de Tiempos sensor HC – SR04 .....                      | 46 |
| Figura 21: Dimensiones del Tanque de Agua en la Locomotora a Vapor.....    | 62 |
| Figura 22: Diagrama de Funcionamiento de todo el sistema .....             | 63 |
| Figura 23: Bloques del Sistema Electrónico .....                           | 65 |
| Figura 24: Pines para agregar módulo GSM/GPRS.....                         | 66 |
| Figura 25: Módulo GSM/GPRS SIM900 .....                                    | 67 |
| Figura 26: Sensor Ultrasónico .....  | 68 |
| Figura 27: Pulsos enviados a cierto tiempo del sensor hc-sr04 .....        | 68 |
| Figura 28: Circuito Eléctrico del Sistema .....                            | 71 |
| Figura 29: Diagrama de Flujo Programa en ARDUINO .....                     | 73 |
| Figura 30: WEB de alojamiento online BYETHOST .....                        | 76 |
| Figura 31: Información de Cuenta BYETHOST .....                            | 77 |
| Figura 32: CPANEL BYETHOST .....   | 78 |
| Figura 33: Creamos la base de datos .....                                  | 78 |
| Figura 34: Creación de tablas .....  | 79 |
| Figura 35: Tablas creadas en MYSQL.....                                    | 79 |
| Figura 36: Campos en la tabla de monitoreo. ....                           | 80 |
| Figura 37: Campos de la tabla usuarios .....                               | 80 |
| Figura 38: Diagrama de Trabajo Archivo INDEX PHP .....                     | 82 |
| Figura 39: Librería de descarga JPGRAPH.....                               | 85 |
| Figura 40: Diagrama de trabajo Archivo MONITOREO PHP .....                 | 87 |
| Figura 41: Diagrama de Trabajo Ventana BUSCAR.....                         | 88 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 42: Diagrama de Trabajo Ventana GUARDAR.....                               | 90  |
| Figura 43: Diagrama de Trabajo Cerrar Sesión.....                                 | 90  |
| Figura 44: Interfaz de usuario FILEZILLA .....                                    | 91  |
| Figura 45: Gestión de Sitios FILEZILLA .....                                      | 92  |
| Figura 46: Conexión a hosting por FTP .....                                       | 92  |
| Figura 47: Sistema de Monitoreo .....   | 93  |
| Figura 48: Sistema de Monitoreo para Usuario.....                                 | 94  |
| Figura 49. Sistema de Monitoreo para usuario.....                                 | 94  |
| Figura 50: Monitoreo en curso .....   | 95  |
| Figura 51: Interface de Monitoreo de Entrada .....                                | 96  |
| Figura 52: Interfaz gráfica del estado del nivel de agua .....                    | 96  |
| Figura 53: Almacenamiento de un monitoreo realizado.....                          | 97  |
| Figura 54: Búsqueda de registro de monitoreo anterior .....                       | 97  |
| Figura 55: Cerrar Sesión .....  | 98  |
| Figura 56. Ingreso al Sistema Administrador .....                                 | 98  |
| Figura 57. Ingreso al sistema como administrador .....                            | 99  |
| Figura 58. Crear usuario para monitoreo.....                                      | 99  |
| Figura 59. Actualizar Datos .....   | 100 |
| Figura 60: TENDER de la locomotora a vapor .....                                  | 101 |
| Figura 61: Compuerta de Suministro de Agua TENDER locomotora a vapor .....        | 102 |
| Figura 62. Instalación del sistema de sondeo del nivel de agua.....               | 102 |
| Figura 63. Instalación del sistema electrónico de monitoreo .....                 | 103 |
| Figura 64. Sistema Electrónico de Monitoreo.....                                  | 103 |
| Figura 65: Diagrama de Navegación WEB .....                                       | 104 |
| Figura 66: Modo Administrador .....   | 105 |
| Figura 67. Modo Administrador .....   | 106 |
| Figura 68. Registro de Usuario de Monitoreo.....                                  | 106 |
| Figura 69. Ventana de Actualización de Datos de Usuario.....                      | 107 |
| Figura 70. Visualización de Datos para Modificarse .....                          | 107 |
| Figura 71: Sistema de Monitoreo - Modo Usuario .....                              | 108 |
| Figura 72: Modo Administrador .....   | 109 |
| Figura 73. Actualizar Datos de Usuario .....                                      | 109 |
| Figura 74. Cierre de ventana automática.....                                      | 110 |
| Figura 75: Estado de Monitoreo .....  | 110 |
| Figura 76: Proceso de Monitoreo con la Interfaz web – fase de monitoreo .....     | 111 |
| Figura 77: Estado de Monitoreo en ese instante.....                               | 111 |
| Figura 78: Proceso de Monitoreo con la Interfaz web – fase de almacenamiento..... | 112 |
| Figura 79: Fecha de Monitoreo a almacenar.....                                    | 113 |
| Figura 80: Datos Almacenados .....  | 113 |
| Figura 81: Proceso de Monitoreo con la Interfaz web – fase de búsqueda.....       | 114 |
| Figura 82: Búsqueda de Registros.....   | 114 |
| Figura 83: Registro estadísticos de tabla de monitoreo .....                      | 115 |
| Figura 84: Diagrama Completo de Proceso de la aplicación web.....                 | 116 |
| Figura 85: Cierre de sesión y regreso a la página de iniciar sesión.....          | 116 |
| Figura 86. Salida de la locomotora con el sistema de monitoreo. ....              | 117 |
| Figura 87. Personal de Monitoreo en la estación de Ferrocarriles de Ibarra.....   | 118 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 88. Monitoreo realizado en los ferrocarriles del Ecuador - Ibarra. .... | 119 |
| Figura 89. Monitoreo de niveles de agua en la locomotora a vapor. ....         | 120 |
| Figura 90. Registro de valores en hoja de datos de la Empresa.....             | 121 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                |     |
|----------------|-----|
| Tabla 1 .....  | 9   |
| Tabla 2 .....  | 21  |
| Tabla 3 .....  | 22  |
| Tabla 4 .....  | 25  |
| Tabla 5 .....  | 32  |
| Tabla 6 .....  | 33  |
| Tabla 7 .....  | 40  |
| Tabla 8 .....  | 40  |
| Tabla 9 .....  | 46  |
| Tabla 10 ..... | 47  |
| Tabla 11 ..... | 55  |
| Tabla 12 ..... | 59  |
| Tabla 13 ..... | 60  |
| Tabla 14 ..... | 70  |
| Tabla 15 ..... | 75  |
| Tabla 16 ..... | 84  |
| Tabla 17 ..... | 122 |
| Tabla 18 ..... | 124 |
| Tabla 19 ..... | 125 |
| Tabla 20 ..... | 126 |
| Tabla 21 ..... | 126 |
| Tabla 22 ..... | 127 |
| Tabla 23 ..... | 127 |
| Tabla 24 ..... | 127 |

## 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.

El capítulo 1 consiste en el conocimiento de la situación actual y antecedentes de funcionamiento de las locomotoras a vapor, además de la problemática del cual hace surgir este proyecto. Con el fin de dar una solución que satisfaga las necesidades de la empresa y la propia.

El capítulo 2 se basa en la investigación de equipos necesarios, mediante un análisis de características y parámetros de uso para el proyecto así como también de herramientas de software que puedan ayudar a que este proyecto se realice de la mejor manera haciendo énfasis en fuentes bibliográficas, revistas, ejemplos prácticos, etc.

En el capítulo 3 se encuentra el desarrollo del proyecto, desde la integración de cada equipo al sistema, como también del diseño de la interfaz del sistema de monitoreo además de los diagramas de flujo tanto de la programación del sistema electrónico como de la programación de la aplicación web. Además se muestra la utilidad de la creación de bases de datos para el almacenamiento de datos de interés para la empresa.

En el capítulo 4 se observa la implementación del sistema en la estación de ferrocarriles del Ecuador en Ibarra, además se muestra las pruebas de verificación

para demostrar que el sistema es funcional. Es decir, se muestra el acceso al monitoreo, el acceso a los datos y se los compara con los datos manuales obtenidos en la empresa. Además se promueve el uso de un hosting pago para tener un mejor desempeño del sistema. También los costos asociados en caso de daño.

En el capítulo 5 se muestra las conclusiones rescatadas al culminar este proyecto y de igual forma se brinda recomendaciones de uso del proyecto. Se rescata el modo de uso de personal calificado o capacitado y restricciones a personal no autorizado.

## **ABSTRACT**

This project is based on the design and implementation of a system to monitor the water level in the TENDER or tank of a steam locomotive, this is derived in learning the basics of monitoring systems, electronics and wireless communications plus the investigation of library resources to deepen the knowledge with which an interface is generated to extract and visualize data of water level in a Web application by hosting online storage.

Chapter 1 is the knowledge of the current situation and history of operation of steam locomotives, in addition to the problems which this project raises. In order to provide a solution that meets the needs of the company and their own.

Chapter 2 is based on research of equipment needed, by analysing characteristics and parameters of use for the project as well as software tools that can help this project is carried out in the best way with an emphasis on literature sources, magazines, practical examples, etc.

Chapter 3 is the development of the project from the integration of each computer system, as well as interface design of the monitoring system in addition to the flow charts of both the programming of the electronic system and programming Web application. Besides the usefulness of the creation of databases for storing data of interest for the company is displayed.

In chapter 4 the implementation of the system is observed in the railway station of Ecuador in Ibarra, plus verification tests shown to prove that the system is functional. That is, access to monitoring shows, access to data and compared with manual data obtained in the company. Besides using a hosting payment for better system performance it is promoted. Also associated costs in case of damage.

Chapter 5 concludes rescued to complete this project and similarly recommendations for use of the project is provided shown. How to use qualified or trained and restrictions on unauthorized personnel rescue personnel.

## **PRESENTACIÓN**

El presente proyecto tiene como objetivo la implementación de un sistema de monitoreo de nivel de agua de un tanque de una locomotora a vapor. Este proyecto se lo realizó en base a la electrónica y teniendo en cuenta los sistemas de transmisión inalámbricos en base a la red celular es decir usando GPRS.

El fin de este proyecto es tener registros casi en tiempo real de los niveles de agua que tiene el tanque de la locomotora además de tener la disponibilidad de almacenar estos datos y visualizarlos en cualquier momento ya que estarán en internet.

El proyecto se lo realizó a través de software y hardware libre con programación en C en la parte de electrónica, y en la parte de interfaz gráfica para la aplicación web se la realizo en base a programación HTML y PHP, en PHP se destaca el uso de consultas SQL, es decir, se utiliza bases de datos.



# **CAPÍTULO 1**

## **1. ANTECEDENTES DE FUNCIONAMIENTO DE LA LOCOMOTORA A VAPOR EN ECUADOR**

Las locomotoras a vapor tienen un largo trayecto en la vivencia de la ciudadanía ecuatoriana, ahora gracias a las tecnologías basadas en la electrónica y redes inalámbricas se puede brindar servicios que satisfagan ciertas necesidades en la resolución de problemas esto a su vez ayudar las personas tengan un mejor estilo de vida.

### **1.1 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.

### **1.2 PROBLEMÁTICA**

En los Ferrocarriles de la ciudad de Ibarra el procedimiento que se realiza antes de un embarque es recargar los tanques de agua de la locomotora, después se revisan

varios parámetros siendo el más importante la medida de los niveles de agua tanto a la salida como a la llegada a las estaciones, ahora durante el recorrido por lo general los operarios suelen revisar manualmente el nivel de agua en el tanque siendo este procedimiento riesgoso al estar la locomotora en movimiento lo que puede provocar que los operarios sufran accidentes en el caso que la locomotora frenará por algún problema en la vía, Además en caso de que existe algún problema durante un viaje los operarios deben analizar cada aspecto del tren como niveles de agua entre otros para dar una posible solución.

En base a la tecnología GPRS - GENERAL PACKET RADIO SERVICE se pretende realizar un monitoreo del nivel de agua durante el trayecto Ibarra - Otavalo (desde la estación en Ibarra hasta la estación en Otavalo) de la locomotora a vapor con lo cual ante cualquier alarma generada se tendrá un registro de eventos para que posteriormente puedan ser analizados. El funcionamiento se basa en varios niveles en los tanques de agua de la locomotora el cual ante un evento crítico como bajo nivel de agua emiten una alarma de prevención que será recibida por un Módulo de desarrollo GPRS este a su vez enviará una alarma tanto a un operario de la cabina de la locomotora como a la estación central detallando el nivel de agua disponible para que puedan tomar las acciones necesarias, además se podrá obtener los datos del nivel de agua en el momento que se desee sin problema con esto se desea brindar una solución tecnológica al problema.

En los últimos años la demanda de turismo en base a recorrido en los trenes ha aumentado y esto amerita que los sistemas de monitoreo en estos trenes sean cada día más eficaces, la tecnología nos ayuda a brindar mejores servicios para que como usuarios tengamos la tranquilidad de disfrutar de un viaje en un tren con la seguridad de que todo está bajo control. En épocas anteriores cada operario debía estar pendiente de un parámetro de la locomotora a vapor pero ahora con el avance tecnológico se han desarrollado sistemas capaces de monitorear cada uno de estos parámetros como temperatura, presión y nivel de agua en estas máquinas y generar alarmas además de enviar reportes a una estación central con el fin de mostrar registros de eventos suscitados en el trayecto del viaje.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema que monitoree el nivel de agua destinado a los tanques de una locomotora a vapor para prevenir inconvenientes de funcionamiento en el trayecto Ibarra – Otavalo para la estación de Ferrocarriles del Ecuador en Ibarra.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer la situación actual de funcionamiento de la locomotora a vapor de la estación de ferrocarriles en Ibarra para brindar una solución tecnológica que satisfaga sus necesidades.
- Fundamentar bibliográficamente las tecnologías a ser usadas para el monitoreo del nivel de agua de la locomotora a vapor en la estación de ferrocarriles de Ibarra.
- Diseñar un sistema electrónico para el monitoreo de los niveles de agua en la locomotora a vapor de la estación en Ibarra.
- Desarrollar una aplicación web para adquirir los niveles de agua en el tanque de la locomotora a vapor en el trayecto Ibarra – Otavalo.
- Implementar el sistema electrónico de monitoreo de nivel de agua para que funcione durante el recorrido Ibarra - Otavalo.
- Realizar pruebas de verificación del sistema de monitoreo en base al recorrido desde la estación de ferrocarriles en Ibarra hasta la estación en Otavalo y obtener resultados de las pruebas realizadas en los viajes con el sistema electrónico y así comparar su grado de eficiencia.

## 1.4 ALCANCE

Se realizarán visitas programadas a la estación de ferrocarriles en Ibarra para conocer las funcionalidades en cuanto niveles adecuados de agua en los tanques de la locomotora a vapor así también como la ruta Ibarra – Otavalo con el fin de obtener datos de funcionamiento y datos manuales que recogen los operarios.

Una vez conocida la problemática del asunto se procede a buscar información sobre tecnologías GPRS - GENERAL PACKET RADIO SERVICE para establecer la comunicación entre la locomotora en el trayecto Ibarra – Otavalo y la estación central en Ibarra, además de fundamentación práctica - teórica de elementos que podrían ser parte del sistema que se pretende realizar.

Se realizará el diseño del sistema electrónico de monitoreo considerando elementos que monitorearán el nivel de agua y el módulo GPRS que establecerá la comunicación entre la estación central y la locomotora en movimiento, se intentará realizar el diseño lo más comprensible posible.

El desarrollo de la aplicación será realizada para poder observarse sobre un servidor con acceso a internet en el cual se obtendrá el nivel de agua monitoreado, además se recibirá alertas en caso de problemas en los niveles de agua en el tanque de la locomotora.

En el sistema de monitoreo del nivel de agua durante el recorrido Ibarra – Otavalo de la locomotora a vapor, si existe niveles críticos en el tanque de agua se enviará alertas de prevención tanto a un operario como a la estación central para poder ser registrados. Además mediante el desarrollo de una aplicación web se puede observar el nivel de agua que está hasta el momento en los tanques de la locomotora.

Para las pruebas de verificación se realizarán viajes con el sistema electrónico de monitoreo en funcionamiento en el trayecto Ibarra – Otavalo para obtener datos de niveles de agua que serán adquiridos mediante una aplicación web, además con los resultados obtenidos se realizará una comparación del sistema propuesto con el sistema manual actual y de esta manera evidenciar la mejora en el proceso.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Este proyecto intentará satisfacer la visión de la empresa Ferrocarriles de Ecuador “...la Empresa de Ferrocarriles Ecuatorianos será una entidad moderna, eficiente, técnicamente operada...” (Ferrocarriles de Ecuador, 2015) ya que se aportarán, mediante equipos tecnológicos, soluciones de una manera eficiente y sobre todo moderna para la comodidad de los trabajadores de esta institución además este proyecto será de gran ayuda para los operarios ya que no se pondrán en peligro por la revisión de este parámetro, cabe mencionar que se tiene la autorización de la empresa, esto a su vez se verá reflejada en la Misión de la carrera de Electrónica y Redes de Comunicación “...ejecuta procesos tecnológicos, conocimiento científico y de innovación en el sector de la electrónica y las redes de comunicación de datos...” (Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, 2003) ya que este proyecto contiene funcionalidades en base a la electrónica mediante tecnología inalámbrica aportando al conocimiento científico.

En base a una investigación científica y sobre todo teniendo en cuenta el conocimiento adquirido a lo largo de la Carrera se llegó a observar que la Empresa Ferrocarriles del Ecuador en Ibarra, pese a su rehabilitación en el sector ferroviario, no contaba con las suficientes herramientas tecnológicas para verificar parámetros de la locomotora a vapor a lo largo de su recorrido y que por lo general la mayor parte de procesos es manual para lo cual se generó esta solución que mejora la productividad evitando realizar paradas no programadas en el trayecto Ibarra – Otavalo y solo actuarán cuando el sistema genere las alarmas de prevención.

La solución que se desea brindar a la empresa Ferrocarriles del Ecuador en la estación Ibarra en cuanto a seguimiento de la locomotora para monitoreo de nivel de agua se basa en tecnologías inalámbricas que usan la red de datos la cual posee cobertura casi en cualquier área del trayecto y permitirá obtener datos del estado del nivel de agua en la locomotora. Para el monitoreo se considerará un nivel de agua mínimo de 15 - 20 % para generar la alarma correspondiente para que los operarios estén prevenidos y que puedan actuar de inmediato en una solución.

Este proyecto se lo realiza para generar aprendizaje, ya que es una oportunidad de superación profesional-personal con lo cual se aporta en gran medida al desarrollo del entorno tecnológico ya sea en la misma empresa de ferrocarriles como a la sociedad sin restricción. Además un proyecto de esta naturaleza fortalece la seguridad ya que de este pueden derivarse varias aplicaciones más y al mismo tiempo es una ayuda para las personas a quienes vaya dirigido. El fin de un desarrollo tecnológico es la satisfacción de que se realizó un trabajo que aporte de tal forma que al mismo tiempo aliente a seguir realizando muchos más trabajos contribuyendo al desarrollo del país.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

En este capítulo se comentará mediante sustento bibliográfico acerca del funcionamiento de la locomotora a vapor, niveles de agua necesarios y componentes utilizados en el desarrollo del proyecto, definiciones, usos de las tecnologías, ventajas y desventajas de los sistemas que pueden usarse en el mismo.

#### **2.1 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. (Rodríguez, 2015)

Los sistemas de monitoreo automáticos han sido de gran utilidad cuando existe riesgo en la toma de estas medidas ya que previene fallas de funcionamiento, escases de nivel de agua, combustible, alta temperatura y demás situaciones que demandan de peligro.

#### **2.2 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. En la siguiente figura se muestra el tanque de almacenamiento de agua que se mencionó anteriormente. (Ferrocarriles del Ecuador, 2015).



*Figura 1:* Tender de almacenamiento de agua

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

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.



*Figura 2:* Sistema de tuberías y caldera

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

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.

### 2.2.1 NIVELES DE AGUA TENDER

La tabla mostrada a continuación contiene los valores en pulgadas de la capacidad de agua que tiene el TENDER de la locomotora a vapor, estos valores representan la cantidad de galones por pulgada que haya en la locomotora.

En la tercera columna se aumentó el valor en centímetros que representa cada valor de galones por pulgada.

Tabla 1

*Relación distancia – galones de agua*

| <b>NIVELES DE AGUA LOCOMOTORA A VAPOR</b> |         |                       |
|---|---------|-----------------------|
| Pulgadas                                  | Galones | Distancia centímetros |
| 1   | 66,08   | 2.5400                |
| 2   | 132,16  | 5.0800                |
| 3   | 198,24  | 7.6200                |
| 4   | 264,32  | 10.160                |
| 5   | 330,40  | 12.700                |
| 6   | 396,40  | 15.240                |
| 7   | 462,56  | 17.780                |
| 8   | 528,64  | 20.320                |
| 9   | 594,72  | 22.860                |
| 10  | 660,80  | 25.400                |
| 11  | 726,88  | 27.940                |
| 12  | 792,96  | 30.480                |
| 13  | 859,04  | 33.020                |
| 14  | 925,12  | 35.560                |
| 15  | 991,20  | 38.100                |
| 16  | 1057,28 | 40.640                |
| 17  | 1123,36 | 43.180                |
| 18  | 1189,44 | 45.720                |
| 19  | 1255,52 | 48.260                |

|      |         |         |
|------|---------|---------|
| 20   | 1321,60 | 50.800  |
| 21   | 1337,68 | 53.340  |
| 22   | 1453,76 | 55.880  |
| 23   | 1519,84 | 58.420  |
| 24   | 1585,92 | 60.960  |
| 25   | 1652,00 | 63.500  |
| 26   | 1718,08 | 66.040  |
| 27   | 1784,16 | 68.580  |
| 28   | 1850,24 | 71.120  |
| 29   | 1916,32 | 73.660  |
| 30   | 1982,40 | 76.200  |
| 31   | 2048,48 | 78.740  |
| 32   | 2114,56 | 81.280  |
| 33   | 2180,64 | 83.820  |
| 34   | 2246,72 | 86.360  |
| 35   | 2312,80 | 88.900  |
| 36   | 2378,88 | 91.440  |
| 37   | 2444,96 | 93.980  |
| 38   | 2511,04 | 96.520  |
| 39   | 2577,12 | 99.060  |
| 40   | 2643,20 | 101.60  |
| 40,9 | 2705,64 | 103.886 |

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

### 2.2.2 SISTEMAS MANUAL DE MEDICIÓN

El método para medir el nivel de agua actualmente se basa en una regla de más de un metro de longitud en la cual se presenta una escala en pulgadas, esta es introducida en la compuerta del TENDER para tomar la medida del nivel.(FerrocarrilesEcuador, Monitoreo Manual, 2015).

Esta medida es comparada con una placa que contiene los valores mostrados en la figura anterior y se calcula por aproximación la cantidad de galones existentes en el TENDER.

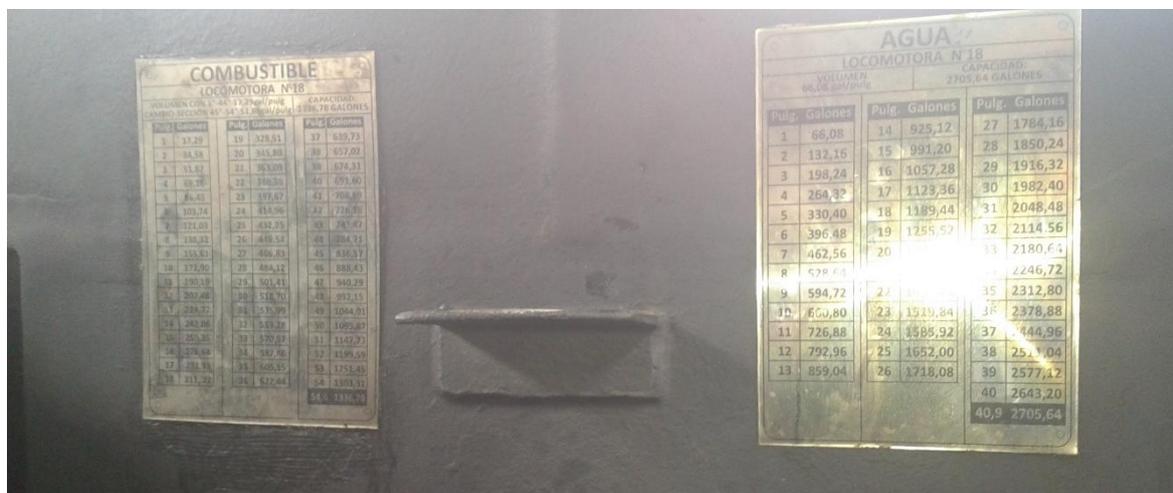


Figura 3: Placas de Medida de Agua y Combustible

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

La placa está ubicada en un extremo de la locomotora, así que los valores que se obtienen deben ser registrados en alguna bitácora para después emitirlos a la estación central.

## 2.3 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. (Muñoz D. , 2002)

Las bandas privadas son las que están sujetas a licencia o son propietarias, es decir en base a un pago pueden ser adquiridas, en cambio las bandas públicas son de uso libre.

### **2.3.1 SISTEMA 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.(Ruiz & Molina, 20110)

Los ejemplos más comunes de uso de estos sistemas son en aplicaciones para redes inalámbricas personales, locales, metropolitanas. Pero su movilidad fuera de sus zonas de cobertura es una limitante.

### **2.3.2 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.(Gralla, 2007)

Ejemplos de aplicaciones en sistemas por satélite son monitoreo de vehículos, monitoreo de domicilios, etc.

## **2.4 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS**

Existen alternativas en tecnologías inalámbricas para diferentes usos como telemetría, monitoreo de variables ambientales y demás.

### **2.4.1 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.(Muñoz H. N., 2006)

El punto de acceso tiene un alcance de unos veinte metros en interiores, distancia que es mayor al aire libre.

#### ***2.4.1.1 VENTAJAS***

- La principal ventaja al ser inalámbrica es que la evita la necesidad de los molestos cables que no son flexibles en trasladarse de un lado a otro.
- Las redes WI-FI permiten el acceso de múltiples ordenadores sin ningún problema ni gasto en infraestructura.
- Existe compatibilidad entre dispositivos con la marca WI-FI a nivel mundial.

#### ***2.4.1.1 DESVENTAJAS***

- Una de las desventajas que tiene WIFI es una menor velocidad en comparación a una conexión cableada, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
- La desventaja fundamental de estas redes reside en el campo de la seguridad. Existen algunos programas capaces de capturar paquetes, trabajando con su tarjeta WI-FI en modo promiscuo, de forma que puedan calcular la contraseña de la red y de esta forma acceder a ella.
- Esta tecnología no es compatible con otros tipos de conexiones sin cables como Bluetooth, GPRS, UMTS, etc.
- La potencia de la conexión del WI-FI se verá afectada por los agentes físicos que se encuentran a nuestro alrededor, tales como: árboles, paredes, arroyos, una montaña, etc.
- No utilizable para aplicaciones de telemetría de largo alcance

## **2.4.2 EDGE (ENHANCED DATA RATES FOR GSM OF EVOLUTION)**

Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G. Permite hasta un máximo de descarga de 236 Kbps, es decir 0,236 Mbps.(Stuckmann, 2003)

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.

### **2.4.2.1 VENTAJAS**

- EDGE soporta velocidades de datos promedio de 110-130 kbps. Las velocidades promedio son lo suficientemente veloces como para soportar una amplia gama de avanzados servicios de datos, incluso streaming de audio y video, acceso veloz a Internet y descarga de archivos de gran tamaño.
- Los dispositivos darán soporte a GSM/GPRS y funcionan en múltiples bandas de espectro, entre ellas variantes de 850/900/1800/1900 MHz.

### **2.4.2.2 DESVENTAJAS**

- Para utilizar EDGE, las torres de telefonía celular deben ser modificadas para aceptar las transmisiones de este tipo de cobertura.
- La máxima tasa de transferencia alcanzable teóricamente es de 473.6 Kbps (59.2 Kbps por intervalo de tiempo). Sin embargo, esto sólo ocurre si se emplean los 8 slots temporales y las condiciones de propagación de señal son propicias.

### **2.4.3 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.

#### **2.4.3.1 VENTAJAS**

- Se caracterizan por prestar servicios multimedia y nuevas aplicaciones de banda ancha como: video-telefonía y video-conferencia.
- La transmisión de voz es similar a la de las redes fijas
- Tiene una mayor velocidad de conexión, ante las caídas de señal
- Integra la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad.
- Conectividad virtual a la red en todo momento.

#### **2.4.3.2 DESVENTAJAS**

- El coste de teléfonos y equipos compatibles con tecnología 3g son caras, demás q se debe tener varios tipos de licencia
- La transferencia de datos depende de la cobertura a menor cobertura disminuye la intensidad de datos.
- Algunos usuarios con esta tecnología son incapaces de tomar un estándar o de medir su velocidad a la q es especificada por el proveedor esto ayuda a que varias velocidades sean vendidas como tres g aunque no lo sean.

#### **2.4.4 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. (Harri Holma, 2006)

Para utilizar el teléfono HSDPA debe ser capaz de soportar la tecnología y, por supuesto, se debe estar ubicado dentro de los límites de una celda que ha sido actualizada para ofrecer el servicio.

##### **2.4.4.1 VENTAJAS**

- Una de las principales ventajas es la movilidad ya que en una conexión 3G o HSDPA lo único que se necesita es tener cobertura del proveedor, que va a coincidir con la que tenga en el teléfono móvil.
- La disponibilidad es mucho más rápida que en una línea ADSL o cable, ya que prácticamente en el mismo momento en el que se contrata el servicio ya está disponible, mientras que con ADSL o cable hay que esperar a la activación de la línea.
- Facilidad de instalación: La mayoría de los servicios 3G son autoinstalables, es decir, que al recocerlos Windows se instalan solos, incluido el dispositivo (módem USB) en el que se inserta la tarjeta.
- Al menos teóricamente las velocidades son mayores (en pruebas realizadas con 4G se ha llegado a 150 Mb de bajada y 50 Mb de subida).

#### **2.4.4.2 DESVENTAJAS**

- El costo es más alto que el de las conexiones ADSL. El concepto de Tarifa plana que tienen los proveedores de conexiones 3G y HSDPA es muy diferente. Se paga una cuota por lo que ellos llaman Tarifa plana, pero en realidad lo que se está pagando es un bono por una cantidad determinada de tráfico (que incluye tanto el de subida como el de bajada). Después la velocidad se reduce drásticamente, y ya dependiendo de la compañía esta velocidad se puede quedar en 64 Kbps o 128 Kbps de bajada y 16 Kbps o 64 Kbps de subida, y hay que recordar que toda conexión (actualizaciones del sistema o antivirus, consultas a Internet, uso del Messenger, por no hablar de descargar) generan un tráfico de datos en ambos sentidos.
- La Inestabilidad en la conexión es una de las desventajas en la transmisión de estos datos ya que depende de la misma red que da servicio a los teléfonos móviles, y está sujeta exactamente a los mismos problemas de cobertura e interferencias. En algún momento en que la señal es mala para transmisiones 3G, se pasa automáticamente a GPRS, con la consiguiente pérdida de velocidad (la velocidad máxima alcanzable en transmisión de datos por GPRS es de 115 Kbps).

#### **2.4.5 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.

## **2.4.6 SISTEMAS GPRS**

La tecnología GPRS comparte el rango de frecuencias de la red GSM, la transmisión de datos se basa en la conmutación de paquetes. Los sistemas GPRS son conocidos como GSM-IP porque utiliza el protocolo IP para acceder al contenido de Internet. (Bolivar, 2015)

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.

### **Ejemplos**

- Telemetría
- Control de Tráfico Ferroviario
- Tele alarmas
- Acceso a Internet

#### **2.4.6.1 VENTAJAS DE GPRS**

Existen ciertas ventajas en el uso de los sistemas GPRS como son:

- Siempre habrá una conexión entre dispositivos con tecnología GPRS.
- Se puede tener una conexión permanente entre estaciones de control.
- El usuario por establecer la conexión no tiene un costo adicional, estos costos se ven reflejados en la información transmitida.

### 2.4.6.2 ARQUITECTURA GPRS

Como se mencionó anteriormente los sistemas GSM son la base de los sistemas GPRS en gran medida y por ende la arquitectura también coincide exceptuando dos nuevos elementos lógicos que aparecen en la estructura básica de GSM.

#### 2.4.6.1.1 Nodo de Soporte Servidor de GPRS (SGSN)

Nodo que realiza la entrega de paquetes a las estaciones móviles dentro de su área de servicio. (España, 2003)

El área de cobertura se centra en una entrega fiable de paquetes de datos.

#### 2.4.6.1.2 Nodo de Soporte Pasarela de GPRS (GGSN)

Nodo que opera como pasarela hacia las redes de conmutación de paquetes. (España, 2003)

Este es el Gateway entre los datos que se obtienen antes del envío y el acceso a la internet.

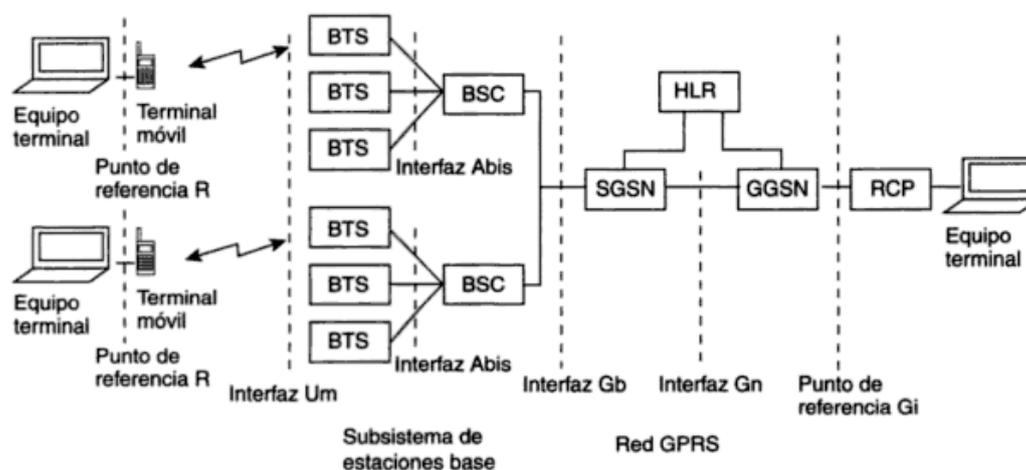


Figura 4: Arquitectura del Sistema GPRS

Fuente: (España, 2003)

### 2.4.6.3 FUNCIONAMIENTO

En el libro de María España (2003), muestra el modo de operación del servicio GPRS se tienen varias etapas que son las siguientes:

1. Primero se establece una relación con el NODO SGSN: el nodo SGSN es el que está dentro del área de servicio para entablar una relación denominada ATTACH.
2. Después se establece una relación denominada PDP (PACKET DATA PROTOCOL) con el NODO GGSN para dar acceso a la red externa a la cual se pretende conectar. Una vez realizadas estas relaciones se establece un túnel GTP entre los SGSN y GGSN
3. Todos los paquetes que se generan van desde el SGSN-O (origen), son encapsulados y corren por el túnel GTP pasando por la pasarela GGSN-O hasta el NODO Servidor SGSN dentro de su área de servicio.
4. Después estos paquetes son des encapsulados y van a la pasarela GGSN-D (destino) y atraviesan un segundo túnel GTP interna y por último el nodo servidor de destino hace llegar el paquete hacia la estación móvil destinataria.

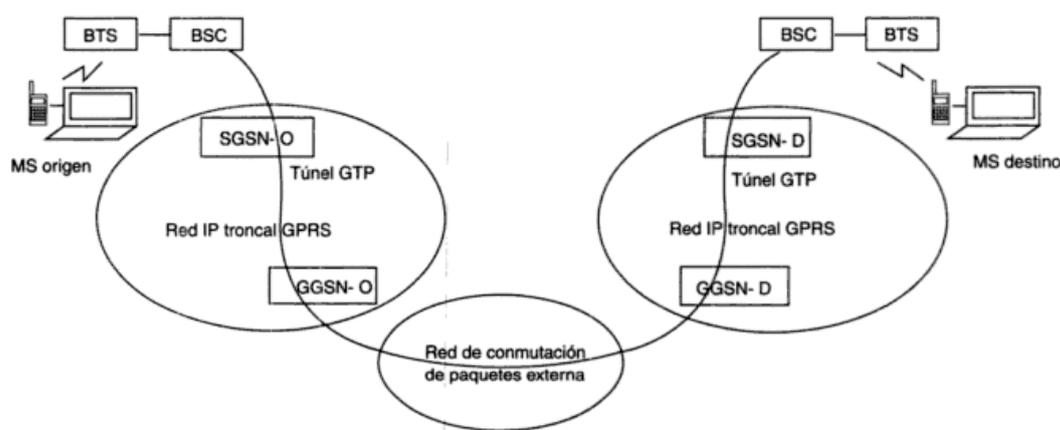


Figura 5: Encaminamiento de Paquetes en el Sistema GPRS

Fuente: (España, 2003)

## 2.5 COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

En la siguiente tabla se muestra la comparación de las tecnologías inalámbricas de acuerdo a su velocidad tanto en subida como en bajada.

Tabla 2

*Comparación de tecnologías en cuanto a velocidad de transmisión.*

| <b>Tecnología</b>   | <b>Velocidad promedio de bajada</b> | <b>Velocidad promedio de subida</b> |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>WIFI</b>         | 100 y 600 Mbit/s                    |                                     |
| <b>GSM (2G)</b>     | 1.8 kB/s                            | 1.8 kB/s                            |
| <b>GPRS (2.5G)</b>  | 7.2 kB/s                            | 3.6 kB/s                            |
| <b>EDGE (2.75G)</b> | 29.6 kB/s                           | 29.6 kB/s                           |
| <b>UMTS 3G</b>      | 48 kB/s                             | 48 kB/s                             |
| <b>HSDPA (3.5G)</b> | 3,6 MB/s                            | 384 kB/s                            |
| <b>LTE</b>          | 40.750 MB/s                         | 10.750 MB/s                         |

Fuente: AUTOR – Fuentes Varias

En la tabla anterior 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 3

*Comparación de tecnologías en cuanto a alcance y a la frecuencia de operación*

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

Fuente: AUTOR – Fuentes Varias

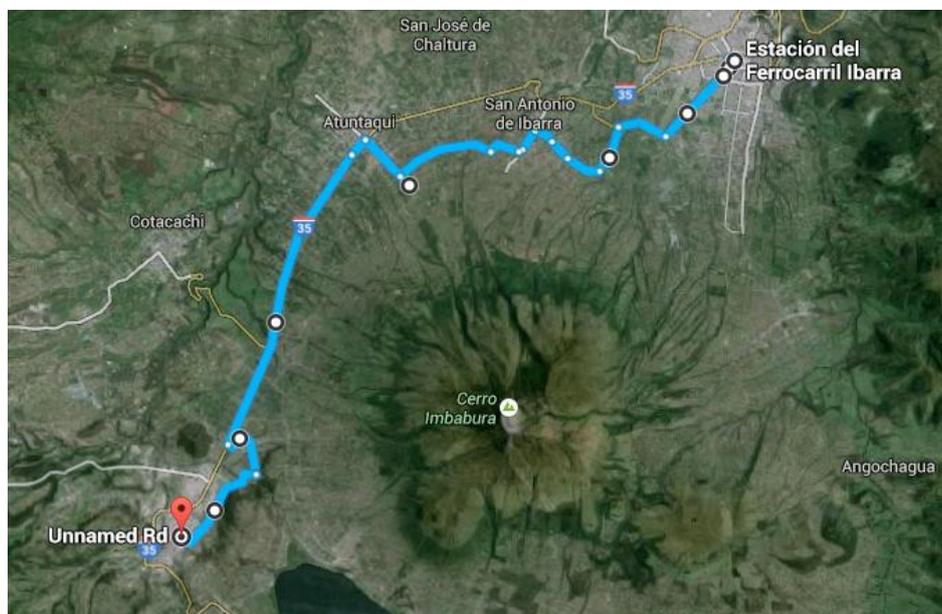
## **2.6 ELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS Y OPERADORA**

Para la elección de la tecnología a ser usada en el proyecto se analizó, alcance, cobertura, aplicativo y costo económico.

**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 la siguiente imagen se puede observar la ruta que tiene la locomotora desde la estación en Ibarra hasta la estación en Otavalo. Además se observa que la ruta está alejada de la panamericana y en los sectores que atraviesa la locomotora se pierde la intensidad de la señal de algunas operadoras.



*Figura 6:* Trayecto Ibarra – Otavalo

Fuente: Autor – Ferrocarriles del Ecuador

Las pruebas de cobertura se las realizó en el trayecto de Ibarra a Otavalo mediante las tres operadoras existentes en Ecuador: Claro, CNT y Movistar.

Las pruebas consistieron en tener tres celulares con acceso a datos y realizar pruebas de PING mediante una aplicación denominada “Terminal” que se asemeja a CMD de Windows.

En cada una de las pruebas se verifico el número de paquetes enviados y devueltos por cada aplicación de cada operadora y el tiempo que transcurre entre cada paquete mediante un PING extendido.

Para la Operadora CNT: Del 100% de los paquetes enviados, almenos el 92% fueron devueltos sin ningún problema. Uno de los factores que influyó en esta prueba fue el retardo, el tiempo en que regresan lo paquetes fue un tanto elevado, alrededor de 5 segundos.

Para la Operadora Movistar: Del 100% de los paquetes enviados, almenos el 96% fueron devueltos sin problemas. El retardo que tubo esta operadora fue alrededor de 6 segundos en comparación con CNT.

Para la Operadora Claro: Del 100% de los paquetes enviados, almenos el 95% fueron devueltos sin problemas. El retardo obtenido fue alrededor de 5 segundos.

**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.

Un ejemplo de esto sería GPRS vs HSDPA, los sistemas o módulos de desarrollo para GPRS tienen un costo menor que un sistema HSDPA (al menos la mitad del costo de HSDPA).

Tabla 4

*Elección de Tecnología*

| Tecnología   | Alcance |       | Cobertura |       | Costo |       | Aplicativo |       |
|--------------|---------|-------|-----------|-------|-------|-------|------------|-------|
|              | Mayor   | Menor | Mayor     | Menor | Mayor | Menor | Mayor      | Menor |
| <b>GPRS</b>  | X       |       | X         |       |       | X     |            | X     |
| <b>UMTS</b>  | X       |       | X         |       | X     |       | X          |       |
| <b>HSDPA</b> | X       |       | X         |       | X     |       | X          |       |
| <b>LTE</b>   | X       |       | X         |       | X     |       | X          |       |

Fuente: Autor – Fuentes Varias

La tecnología GPRS corresponde a las necesidades económicas y de aplicativo, ya que esta tecnología es de menor costo y los recursos de acceso a internet no requieren de una gran capacidad.

## **2.7ELEMENTOS 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.

### **2.7.1MICROCONTROLADORES 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).

El PIC original se diseñó para ser usado con la nueva CPU de 16 bits CP16000. Siendo en general una buena CPU, ésta tenía malas prestaciones de entrada y salida, y el PIC de 8 bits se desarrolló en 1975 para mejorar el rendimiento del sistema quitando peso de E/S a la CPU. El PIC utilizaba micro código simple almacenado en ROM para realizar estas tareas; y aunque el término no se usaba por aquel entonces, se trata de un diseño RISC que ejecuta una instrucción cada 4 ciclos del oscilador.



*Figura 7:* Microcontrolador PIC

Fuente: <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC18F2550>

### ***2.7.1.1 CARACTERÍSTICAS***

- Núcleos de CPU de 8/16 bits con Arquitectura Harvard modificada
- Memoria Flash y ROM disponible desde 256 bytes a 256 kilobytes
- Puertos de E/S (típicamente 0 a 5.5 voltios)
- Temporizadores de 8/16/32 bits
- Tecnología Nano watt para modos de control de energía
- Periféricos serie síncronos y asíncronos: USART, AUSART, EUSART

- Conversores analógico/digital de 8-10-12 bits
- Comparadores de tensión
- Módulos de captura y comparación PWM}
- Controladores LCD
- Periférico MSSP para comunicaciones I<sup>2</sup>C, SPI, y I<sup>2</sup>S
- Memoria EEPROM interna con duración de hasta un millón de ciclos de lectura/escritura
- Periféricos de control de motores
- Soporte de interfaz USB
- Soporte de controlador Ethernet
- Soporte de controlador CAN
- Soporte de controlador LIN
- Soporte de controlador LRDA

### **2.7.1.2 VENTAJAS**

- Un PIC se puede grabar mediante diferentes puertos, como por ejemplo el puerto serie o el USB.
- La gran ventaja de un PIC que no existía antes, es que nos permite controlar, programar y sincronizar tareas electrónicas a través del tiempo simplemente realizando una correcta programación.
- En el mercado existen varios softwares que nos ayudan a programar un microcontrolador de este tipo, como por ejemplo el PICC, o el MPLAB, es decir, que los PIC, están muy extendidos y difundidos en la electrónica actual.
- Existe una gran diversidad de microcontroladores PIC en el mercado de Microchip y ésta también es una gran ventaja, ya que podemos elegir entre diversas características que uno no tiene pero otro sí, como cantidad de puertos, cantidad de entradas y salidas, convertor Analógico/Digital, cantidad de memoria, espacio físico, y este tipo de cualidades que nos permiten tener una mejor elección de un PIC.

### **2.7.1.3 DESVENTAJAS**

- Una de las desventajas de un microcontrolador PIC es que se necesitan llamar a muchas instrucciones para realizar una tarea en particular. Esto siempre y cuando el proyecto sea complejo.
- Otra de las desventajas pero no tan significativas es que los PIC no son tan baratos como uno los puede esperar. Comprar un PIC puede no ser tan caro pero tampoco barato en comparación a otros microcontroladores.

### **2.7.1.4 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.
- Incluye una biblioteca muy completa de funciones pre-compiladas para el acceso al hardware de los dispositivos (entrada/salida, temporizaciones, conversor A/D, transmisión RS-232, bus I2C).
- Incorpora drivers para dispositivos externos, tales como pantallas LCD, teclados numéricos, memorias EEPROM, conversores A/D, relojes en tiempo real, etc.
- Permite insertar partes de código directamente en Ensamblador, manteniendo otras partes del programa en C.
- Consta de tan solo 27MB, lo que lo hace ligero\*consume muy pocos recursos recomendable como un mínimo 1GB de RAM.

Otro software que maneja lenguaje ensamblador es MPLAB, es un programa que realiza instrucciones en lenguaje máquina, es decir, su programación es en base a instrucciones que solo el computador puede interpretar.

## 2.7.2 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 pueden dividir en los siguientes grupos:

- **ATxmega:** procesadores muy potentes con 16 a 384 kB de memoria flash programable, encapsulados de 44, 64 y 100 pines (A4, A3, A1), capacidad de DMA, eventos, criptografía y amplio conjunto de periféricos con DACs.
- **ATmega:** microcontroladores AVR grandes con 4 a 256 kB de memoria flash programable, encapsulados de 28 a 100 pines, conjunto de instrucciones extendido (multiplicación y direccionamiento de programas mayores) y amplio conjunto de periféricos.
- **ATtiny:** pequeños microcontroladores AVR con 0,5 a 8 kB de memoria flash programable, encapsulados de 6 a 20 pines y un limitado set de periféricos.
- **AT90USB:** ATmega integrado con controlador USB
- **AT90CAN:** ATmega con controlador de bus CAN
- **Tipos especiales:** algunos modelos especiales, por ejemplo, para el control de los cargadores de baterías, pantallas LCD y los controles de los motores o la iluminación.
- **AT90S:** tipos obsoletos, los AVR clásicos



*Figura 8:Microcontrolador PIC*

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Atmel>

### **2.7.2.1 VENTAJAS**

- No necesita un cristal o resonador porque tienen un oscilador interno. Aunque puede usar uno externo para mayor precisión. (ATMEGA32 y ATMEGA8 trabajan sin cristal a 8MHZ)
- Tienen 32 registros.
- Poseen resistencias Pull-up internas que se activan cuando configuras un puerto como entrada.
- Se pueden programar en c con herramientas como Codevisión AVR.
- Pueden controlar un LCD de texto o en par de líneas.
- Su juego de instrucciones es muy amplio, así que pueden hacer más en menos ciclos del reloj. Además su frecuencia de trabajo es mayor en general que la de los microcontroladores PIC standard.

### **4.8.2.1 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.

Entre sus características está la de disponer de un ayudante para la generación de código automática. Esto acelera en gran medida el desarrollo con microcontroladores, al disponer rápidamente de librerías para el manejo de periféricos.

CODEVISION es comercializado por la empresa HP Info Tech. Es un software de pago, que tiene una licencia de uso gratuito pero con limitantes en cuanto a tamaño de código compilado (máximo 3KB).

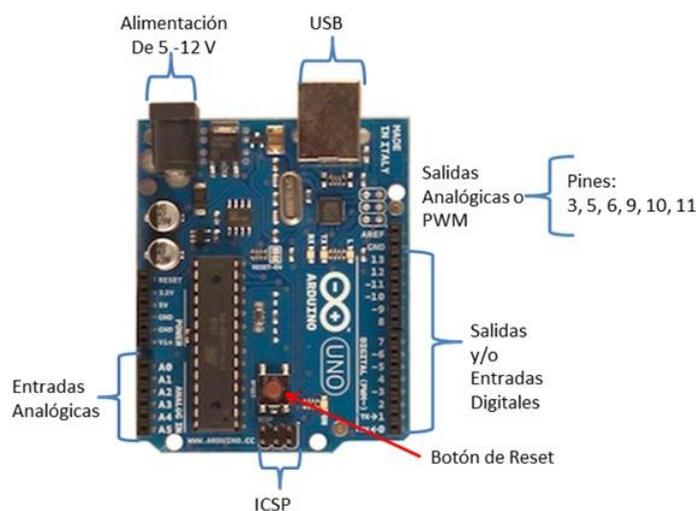
### 2.7.3 DEFINICIÓN DE ARDUINO

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. (<http://www.arduino.cc/>, 2015)

ARDUINO nos ofrece ciertas ventajas a la hora de generar proyectos. Mediante sensores se puede crear aplicaciones sencillas para estudiantes de electrónica, proyectos más elaborados para la industria.

#### 2.7.3.1 HARDWARE ARDUINO

ARDUINO UNO tiene variadas salidas o periféricos con múltiples usos los cuales se detallan en el siguiente gráfico.



*Figura 9: Periféricos de ARDUINO*

Fuente: (arduino.cc, <http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>, 2015)

### **2.7.3.1 Pines de la Placa**

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. (ARDUINO, 2015).

Por lo general, en aplicaciones de recolección o sensado de variables como temperatura, humedad, etc., se utilizan los pines de entrada analógica ya que son variables aleatorias con múltiples valores que se adquieren.

Tabla 5

#### *Pines de la Placa ARDUINO*

| <b>Distribución de PINES de placa ARDUINO</b>   |
|---|
| Señal de Tierra Digital                         |
| Pines Digitales 2 – 13                          |
| Puerto Serie: TX y RX                           |
| Botón de Reset                                  |
| Pines de entrada analógica 0 – 5                |
| Pines de Alimentación y Tierra                  |
| Entrada Fuente de alimentación externa 7 – 12 V |
| Puerto USB                                      |

Fuente: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

### **2.7.3.2 Características**

ARDUINO posee ciertas características técnicas que se deben tener en consideración para no irrumpir en un mal funcionamiento de la placa base del sistema embebido. Estas características se describen a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 6

*Características Técnicas de ARDUINO UNO*

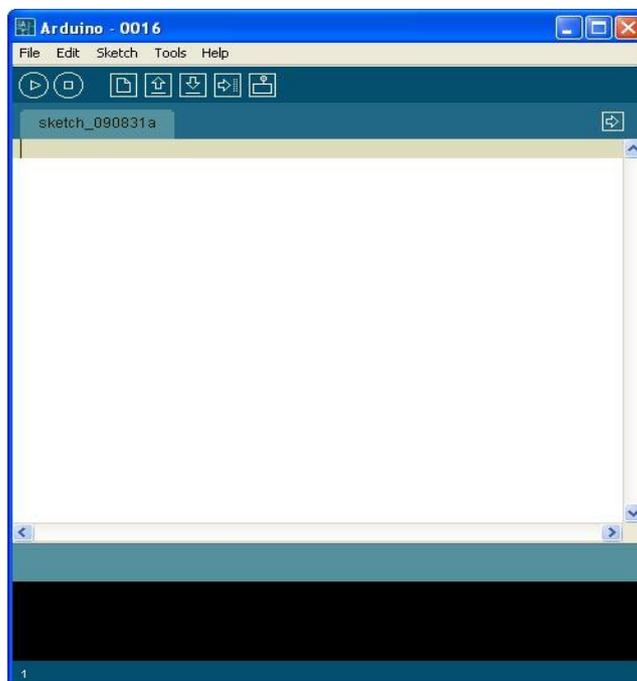
| <b>Microcontroladores</b>             | <b>ATmega328</b>   |
|---------------------------------------|--|
| Tensión de funcionamiento             | 5V   |
| Voltaje de entrada (recomendado)      | 7-12V  |
| Voltaje de entrada (límites)          | 6-20V  |
| Pines Digitales I / O                 | 14 (de los cuales 6 proporcionan PWM)  |
| Pines de entrada analógica            | 6  |
| Corriente continua para las E / S Pin | 40 mA  |
| Corriente de la CC para Pin 3.3V      | 50 mA  |
| Memoria Flash                         | 32 KB ( ATmega328 ) de los cuales 0,5 KB utilizado por el gestor de arranque |
| SRAM                                  | 2 KB ( ATmega328 )   |
| EEPROM                                | 1 KB ( ATmega328 )   |
| Velocidad del reloj                   | 16 MHz   |

Fuente: (arduino.cc, <http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>, 2015)

### 2.7.4 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. (Garcia, Hidalgo, & Muñoz, 2013)

Ya que ARDUINO es una plataforma basada en software y hardware libre, es una opción para usarlo. Además su interfaz es intuitiva y no necesariamente se necesita de gran conocimiento de programación.



*Figura 10:* Entorno de Programación ARDUINO

Fuente: ARDUINO

Partes de un programa hecho en ARDUINO

- Bloque para declarar variables y librerías
- Bloque de configuración de VOID SETUP ()
  - Se describe el modo de funcionamiento de los PINES
  - Comunicación serial, etc.
- Bloque de ejecución VOID LOOP ()
  - Se describe como la ejecución en bucle infinito

## **2.8 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.



*Figura 11: SHIELD GSM/GPRS SIM900*

Fuente: (ICOMSAT, 2015)

El módulo de desarrollo GSM/GPRS tiene compatibilidad con la placa ARDUINOUNO. El SHIELD GPRS se configura y controla por comunicación serial (UART) usando comandos AT. Basado en el módulo SIM900 de SIMCOM, el SHIELD GPRS es como un teléfono celular.

### **2.8.1 CARACTERÍSTICAS**

- Bandas de Frecuencia 850/ 900/1800 / 1900MHz
- Control a través de comandos AT (comunicación UART)
- Estación Móvil GPRS Clase B
- Servicio de mensajes cortos
- Selección Puerto serie libre
- Voltaje de operación 9V~20V
- Pila embebida TCP/UDP Carga de datos a un servidor web
- Bajo consumo de energía 1.5mA (modo dormir)
- Temperatura de operación -40°C~+85°C

### **2.8.2 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.
- Sistema de Respuesta de Voz Interactiva –Se acopla el SHIELD GPRS con un decodificador MP3 y DTMF Decodificador (además de un ARDUINO) para crear un Sistema de Respuesta de Voz Interactiva (IVRS).
- Sistema de Seguimiento de Vehículos –Se acopla el SHIELD GPRS con un ARDUINO y GPS e instalarlo en su coche y publicar su ubicación en vivo por internet. Puede ser utilizado como una alarma de robo de automóviles.

### 2.8.3 DIAGRAMA ESQUEMATICO

En el diagrama mostrado se considera el uso de los pines de Transmisión TX y Recepción RX, además de la fuente de alimentación que viene de ARDUINO.

Este también consta de un botón el cual enciende el sistema.

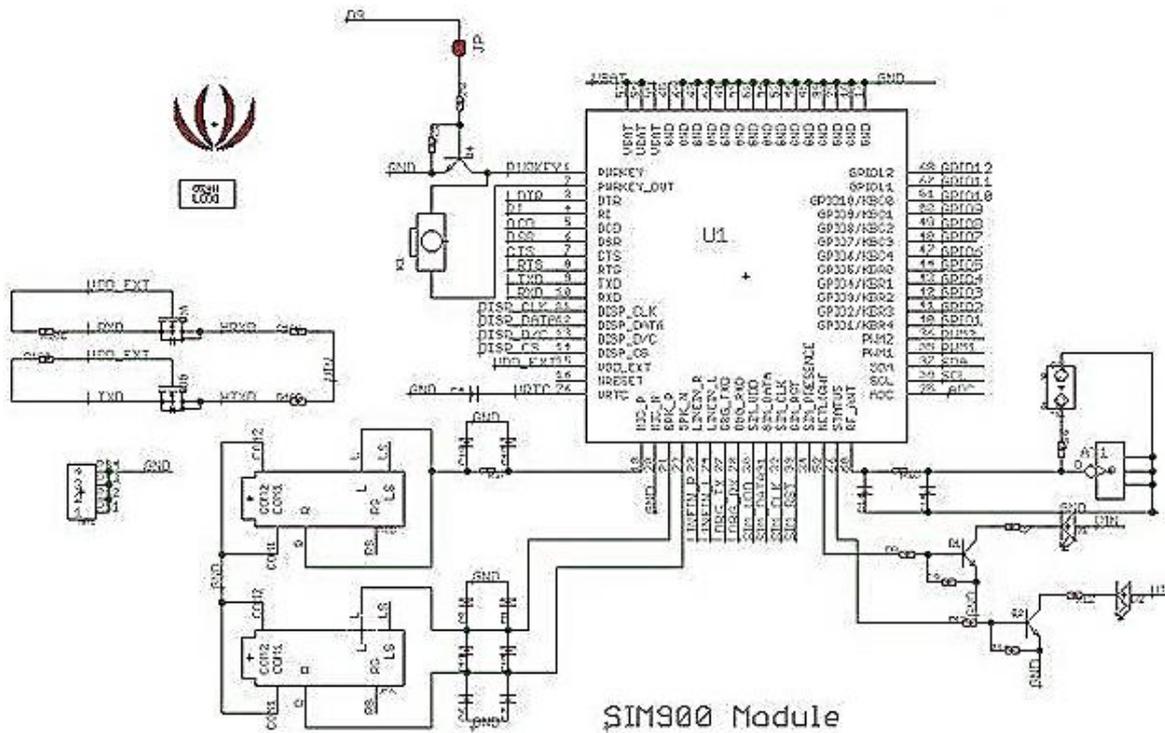


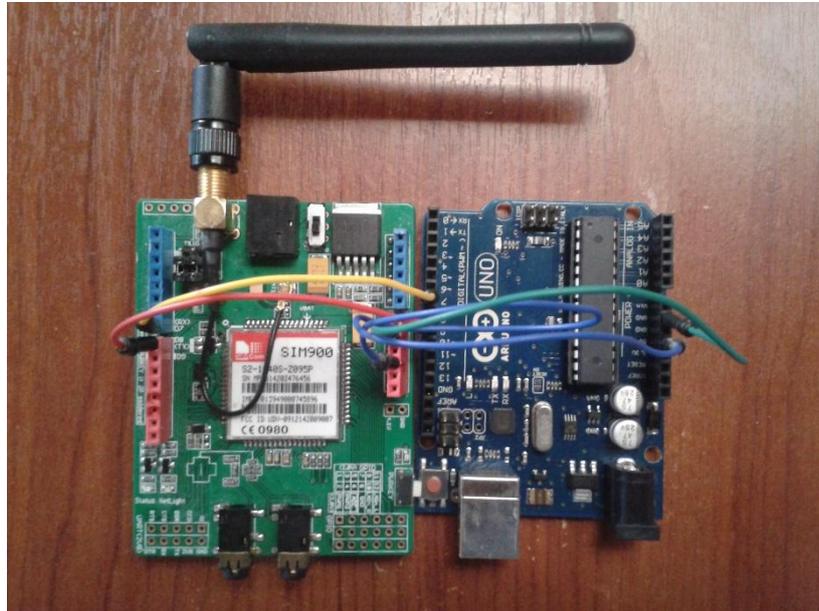
Figura 12: Esquema del Módulo SIM900

Fuente: (ROBOTSHOP, 2015)

Además, esta placa contiene puentes para la interacción del funcionamiento de los pines de ARDUINO con lo cual cada instrucción enviada hacia esta placa es ejecutada según lo programado.

### 2.8.4 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.



*Figura 13: Conexión ARDUINO con MODULO GSM/GPRS SIM900 – UART*

Fuente: Fotografía – ARDUINO UNO GSM/GPRS

Como se observa en la figura, para el módulo GSM/GPRS se toman los pines de VCC y GND para la alimentación de la placa ARDUINO además se necesitan dos pines para la comunicación serial, estos van a ser el PIN 7 y 8 de ARDUINO ya que estos al integrar el Modulo GSM/GPRS con ARDUINO, no van a cambiar su configuración física.

Ahora, se debe configurar mediante programación el código que servirá para la comunicación serial entre ARDUINO y el Modulo GSM/GPRS.

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 comunicaci
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; } }

```

Figura 14: Configuración de Comunicación Serial ARDUINO

Fuente: Autor – MANUAL GSM/GPRS

Mediante el monitoreo serie de ARDUINO se puede seguir paso a paso el desarrollo del ingreso de comandos AT.

```

COM18 (Arduino Uno)
Send
AT
OK
AT
OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CNMI=1,2,0,0,0
OK
Autoscroll No line ending 9600 baud

```

Figura 15: Prueba de Comunicación serial ARDUINO con MODULO GSM/GPRS

Fuente: Autor

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

Tabla 7

*Comandos Básicos AT SIM900*

| <b>Comandos</b> | <b>Respuesta</b> | <b>Descripción</b>            |
|-----------------|------------------|-------------------------------|
| AT              | OK               | Respuesta Confirmación SIM900 |
| ATD             | OK               | Realizar Llamada              |
| ATH             | OK               | Colgar Llamada                |
| ATA             | OK               | Responder Llamada             |
| AT+CMGR         | OK               | Envía Mensaje de Texto        |
| AT+CMGL         | OK               | Lista Mensajes de Texto       |

Fuente: DATASHEET SIM900

## 2.9 ELECCIÓN DEL HARWARE 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 8

## Comparación Hardware y Software

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

Fuente: Autor – Fuentes Varias

Después de analizar algunas de las ventajas, desventajas y características de cada una de las posibles herramientas de uso en hardware y software de electrónica, el aspecto costo que es el que más pesa en la decisión en cuanto 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.

- 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.

Un ejemplo:

En los ferrocarriles del Ecuador se piensa a futuro añadir sensores que midan la temperatura de los denominados “bronces” que son parte de los ejes de la locomotora que por la fricción del movimiento tiende a calentarse. En la parte de escalabilidad se podría a futuro añadir al sistema de monitoreo esta tarea de monitorear la temperatura de los bronces y enviarlos a la internet.

## **2.10 SENSORES**

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.(Pallás, 2003)

Para medir el nivel de agua que procede de un tanque de la locomotora a vapor se requiere de un sensor de nivel, para esto se ha realizado una descripción de los tipos de sensores de nivel que existen para escoger el que se acople a las necesidades de la empresa ferrocarriles del Ecuador.

### **2.10.1 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 se describen a continuación.

#### ***2.10.1.1 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.(Pallás, 2003)

Una desventaja de este sensor tipo de sensores es su alcance, está enfocado a mediciones de longitud menor, además es invasivo ya que se debe colocar en contacto con el agua.



*Figura 16: Sensor Capacitivo de Nivel*

Fuente: <http://sensovant.com/productos/caudal-nivel-fluidos/sensores-Nivel-de-liquidos/sensores-capacitivos/articulo/sensor-de-nivel-de-liquidos-de-acero-inoxidable-Serie-R.html>

### **2.10.1.2 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. (SOTERMIC, 2015)

Una de las desventajas es que al ser este tipo de sensores invasivos puede dañar la estructura del tanque ya que este se encuentra en constante movimiento, además el tener que instalar más electrodos para tener más lecturas de los niveles de agua no es una buena práctica.



*Figura 17: Sensor de Nivel Conductivo*

Fuente: <http://www.sotermic.cl/valvulas-vapor-trampas/equipamiento-para-vapor/sensor-de-conductividad/>

### ***2.10.1.3 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. (Martín & García, 2009)



*Figura 18: Sensor Fotoeléctrico*

Fuente: <http://www.sensoricsfabio.com/2015/05/sensores-inductivos.html>

### ***2.10.1.4 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.

Su uso es tan sencillo como enviar el pulso de arranque y medir la anchura del pulso de retorno. De muy pequeño tamaño, el HC-SR04 se destaca por su bajo consumo, gran precisión y bajo precio por lo que está reemplazando a los sensores polaroid en los robots más recientes. (electronilab, 2015).

Lo que se trata de explicar es que el sensor HC-SR04 envía un pulso a un determinado tiempo (10us), después, se mide al tiempo que tarda el pulso en retornar y a esto se lo considera el ancho de pulso. Una de las ventajas que posee

este sensor es su bajo consumo de energía que se sitúa alrededor de 15 mA, además tiene una resolución o puede medir en rangos desde 2 cm a 4 cm. Esto los hace diferente de los otros ya que los demás sensores definen su mínimo de medida en 5 cm.

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).

La velocidad del sonido en el aire (a una temperatura de 20 °C) es de 343 m/s. (por cada grado centígrado que sube la temperatura, la velocidad del sonido aumenta en 0,6 m/s). (Castañeda, 2015)



*Figura 19: Sensor HC – SR04*

Fuente: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>

#### **2.10.1.4.1 Características**

- Dimensiones del circuito: 43 x 20 x 17 mm
- Tensión de alimentación: 5 Vcc
- Frecuencia de trabajo: 40 KHz
- Rango máximo: 4.0 m
- Rango mínimo: 1.7 cm
- Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL): 10  $\mu$ S.
- Duración del pulso eco de salida (nivel TTL): 100-25000  $\mu$ S.
- Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra 20 mS.

### 2.10.1.4.2 Pines de Conexión

En la siguiente tabla se muestra la conformación de pines que tiene el sensor HC-S04 con su descripción.

Tabla 9

Pines del Sensor HC – SR04

| PINES | DESCRIPCIÓN               |
|-------|---------------------------|
| VCC   | Voltaje de Alimentación   |
| TRIG  | Disparo del Ultrasonido   |
| ECHO  | Recepción del Ultrasonido |
| GND   | Tierra                    |

Fuente: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>

Fórmula para la distancia entre el sensor y un objeto

$$Distancia = \frac{Ancho\ de\ Pulso * Velocidad\ de\ Sonido}{2}$$

Ancho de Pulso = Tiempo entre TRIG y ECHO

Velocidad del Sonido = 340 m/s

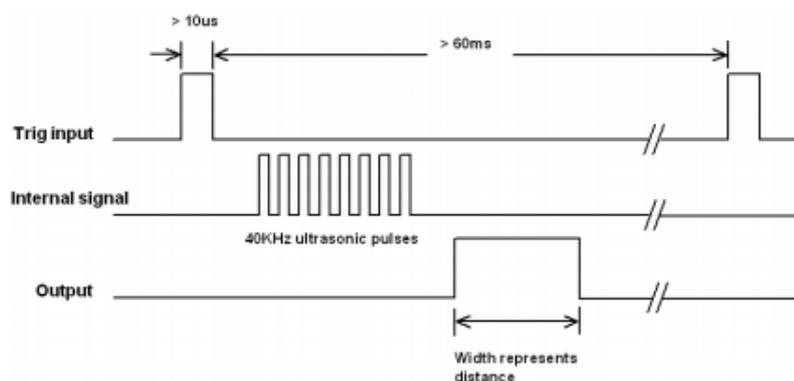


Figura 20: Diagrama de Tiempos sensor HC – SR04

Fuente: (ACCUDICY, 2015)

- La ancho de señal del TRIG debe ser mayor que 10us
- El intervalo de repetición de la señal de disparo debe ser mayor que 60 ms para evitar la interferencia entre las mediciones.

#### 2.10.1.4.3 Funcionamiento

Se envía un Pulso "1" de al menos de 10uS por el pin TRIGGER

El sensor envía 8 pulsos de 40KHz y coloca su salida ECHO a alto, se debe detectar este evento e iniciar un conteo de tiempo.

La salida ECHO se mantendrá en alto hasta recibir el eco reflejado por el obstáculo a lo cual el sensor pondrá su pin ECHO a bajo y terminará de contar el tiempo.

Es recomendable dar un tiempo de aproximadamente 50ms de espera después de terminar la cuenta.

#### 2.11 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 10

Comparación de Sensores

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

Fuente: Autor – Fuentes Varias

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.

La selección de sensor ultrasónico tubo también que ver con la distancia a ser medida en el tanque de la locomotora (esto es de 1 metro de altura), ya que el sensor capacitivo tiene la desventaja de medir distancias cortas hasta un máximo de 25 cm, mientras que los demás sensores tienen la capacidad de medir a mayores distancias pero su desventaja es que se debe alterar la estructura a las condiciones del sensor, y eso es un impedimento de la empresa.

## **2.12 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.

### **2.12.1 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.

#### **2.12.1.1 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.

### **2.12.1.2 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.

### **2.12.1.3 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.

## **2.13 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.

### 2.13.1 APLICACIONES WEB

Una aplicación web es una herramienta que los usuarios pueden utilizar para acceder a un servidor web desde Internet o desde una red privada mediante un navegador. (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2015)

Las aplicaciones web trabajan independientemente del sistema operativo que se utilice.

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.

Una aplicación web es una vía de comunicación activa entre la información adquirida y el usuario. El usuario que necesite acceder a los datos puede hacerlo de modo fácil.

### **2.13.2 INTERFAZ Y HERRAMIENTAS DE DISEÑO**

La interfaz es la parte externa de una aplicación, es el modo en que se presentan los gráficos, texto y demás en una pantalla la cual está en contacto con el usuario que este observando.(Caivano, 2009)

Existe una gran variedad de herramientas de diseño, pero la mayoría de estas consumen muchos recursos en cuanto a red, capacidad y velocidad.

La mayoría de aplicaciones y herramientas de diseño web se basan en el lenguaje de programación HTML con una mezcla de lenguaje PHP con lo cual se logra una interfaz interactiva y de un consumo de menor de recursos ya que se usa código puro y pocos recursos en capacidad para uso de hosting de almacenamiento.

### **2.13.3HOSTING**

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.(VERTICE, 2010)

Tipos de Hosting

- Gratuito
- Privado o Pago

#### ***2.13.3.1 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.(VERTICE, 2010)

La única ventaja del este servicio es que puedes almacenar sitios web sin costo pero tiene ciertas desventajas entre las principales se tiene:

- *Tienes espacio limitado para tu sitio web:*
- No permite instalar programas que demandende gran espacio.
- No tiene garantía de permanencia, soporte.
- La velocidad para cargar las páginas es un tanto lenta ya que hay muchos usuarios compartiendo el mismo servidor gratuito a la vez.

#### ***2.13.3.2Hosting 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.(VERTICE, 2010)

Las ventajas de un hosting pago.

- Contar con un sitio limpio de los banners publicitarios
- Mayor confiabilidad ante google lo que indica que tendrás mayor tráfico hacia tu sitio.
- Cuentas con soporte técnico a diario dando mayor tranquilidad
- El espacio es ilimitado y se puede instalar lo que se desee aunque consuma mayores recursos del servidor.
- No hay problemas que su sitio sea eliminado
- Confiabilidad, seriedad y confianza.

#### **2.13.4 PROGRAMA DE TRANSFERENCIA FTP – FILEZILLA**

FILEZILLA es un programa para cargar archivos dirigidos hacia un servidor web, trabaja bajo una licencia gratuita.

##### ***2.13.4.1 Características***

- Fácil de usar
- Soporta FTP, FTP sobre SSL / TLS (FTPS) y SSH Protocolo de Transferencia de Archivos (SFTP)
- Cruz-plataforma. Se ejecuta en Windows, Linux, \* BSD, Mac OS X y más
- soporte IPv6
- Disponible en varios idiomas
- Soporta reanudación y la transferencia de archivos de gran tamaño > 4 GB
- Interfaz de usuario con pestañas
- Potente administrador de sitios y cola de transferencia
- Arrastrar y soltar
- Los límites de velocidad de transferencia configurable
- Filtros de nombre de archivo

- Asistente de configuración de red
- Edición de archivos remoto
- HTTP / 1.1, soporte SOCKS5 y FTP-Proxy
- La exploración de directorios Sincronizado
- Búsqueda de archivos remoto

### **2.13.5 LENGUAJE PHP Y HTML**

El lenguaje de programación es la forma de interacción entre el 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

#### ***2.13.5.1 Lenguaje PHP***

PHP (HYPERTEXT PREPROCESSOR) es un lenguaje de script que se ejecuta del lado del servidor, el código PHP se incluye en la página HTML normal. (Heurtel O. , 2011)

PHP se utiliza para generar páginas web dinámicas. Se llaman páginas dinámicas a aquellas cuyo contenido no es el mismo siempre. Por ejemplo, los contenidos pueden cambiar en base a los cambios que haya en una base de datos, de búsquedas o aportaciones de los usuarios, etc.

La sintaxis de uso del lenguaje PHP es la siguiente:

```
<?php
    echo 'Hola mundo';
?>
```

Como se observa, para iniciar las instrucciones en PHP se tiene que empezar con “<?php”, y para dar fin a la instrucción se añade “?>”.

#### 4.13.5.1.1 Funcionamiento

El lenguaje PHP se procesa en potentes ordenadores con un software y hardware especial. Cuando se escribe una dirección tipo <http://www.ejemplo.com/index.php> en un navegador web, se envían los datos de la solicitud al servidor que los procesa, reúne los datos y el servidor lo que devuelve es una página HTML como si fuera estática. (González, 2015)

Diferencia entre web con lenguaje PHP dinámica y estática

Tabla 11

#### *Páginas Estáticas y Dinámicas con PHP*

|                          |   |  |
|--------------------------|---|--|
| <b>Páginas estáticas</b> | → | Petición --> Respuesta                             |
| <b>Páginas dinámicas</b> | → | Petición --> Procesado y preparación --> Respuesta |

Fuente: Autor

Características:

- Es orientado al desarrollo de aplicaciones web dinámicas con acceso a información almacenada en una base de datos.

- Es considerado un lenguaje fácil de aprender, ya que en su desarrollo se simplificaron distintas especificaciones, como es el caso de la definición de las variables primitivas, ejemplo que se hace evidente en el uso de PHP ARRAYS.
- El código fuente escrito en PHP es invisible al navegador web y al cliente, ya que es el servidor el que se encarga de ejecutar el código y enviar su resultado HTML al navegador. Esto hace que la programación en PHP sea segura y confiable.
- Capacidad de conexión con la mayoría de los motores de base de datos que se utilizan en la actualidad, destaca su conectividad con MySQL y PostgreSQL.
- Capacidad de expandir su potencial utilizando módulos (llamados ext's o extensiones).
- Posee una amplia documentación en su sitio web oficial, entre la cual se destaca que todas las funciones del sistema están explicadas y ejemplificadas en un único archivo de ayuda.
- Es libre, por lo que se presenta como una alternativa de fácil acceso para todos.
- Permite aplicar técnicas de programación orientada a objetos.
- No requiere definición de tipos de variables aunque sus variables se pueden evaluar también por el tipo que estén manejando en tiempo de ejecución.
- Tiene manejo de excepciones (desde PHP5).

### ***2.13.5.2 Lenguaje HTML***

HTML (HyperText Markup Language) es un lenguaje característico para la elaboración de páginas web.

Es un estándar para la realización de páginas web en diferentes versiones, define una estructura básica y un código (denominado código HTML) para la definición de contenido de una página web, como texto, imágenes, videos, entre otros. (Mora, 2001)

### Ventajas

- Fácil de usar
- Permite la comunicación rápida y directa con una o varias personas que se encuentren en cualquier parte del mundo.
- Desarrollo de diferentes proyectos y propuestas para darlos a conocer a través de la red.
- Se puede contactar con diferentes personas para realizar negocios, trabajos, proyectos, etc.

### Desventajas

- Es muy básico
- No ofrece diversidad de opciones
- No es muy completo

### 2.13.6MYSQL

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.(MYSQL, 2015)

MYSQL sirve para crear bases de datos con lo cual mediante la dependencia de una página web se puede tener acceso, en si su uso base es la de realizar consultas como búsquedas de registros, actualizaciones de datos, etc.

### ***2.13.6.1 Especificaciones Técnicas***

- Escrito en C y en C++
- Probado con un amplio rango de compiladores diferentes
- Funciona en diferentes plataformas
- Proporciona sistemas de almacenamiento transaccionales y no transaccionales
- Un sistema de reserva de memoria muy rápido basado en subprocesos.
- Un sistema de privilegios y contraseñas que es muy flexible y seguro, y que permite verificación basada en el host

### **2.13.7 BASES DE DATOS**

Una base de datos es un conjunto, colección o depósito de datos almacenados en un soporte informático de acceso directo. (Llanos, 2010)

Requisitos de una base de datos:

- En las bases de datos no debe existir redundancia lógica de datos, aunque es válido cierta redundancia física por motivo de eficiencia.
- Las bases de datos han de dar soporte a múltiples usuarios y a diferentes aplicaciones simultáneas.
- El las bases de datos debe existir una independencia tanto física como lógica entre datos y proceso.
- Las bases de datos deben asegurar la integridad, seguridad y confidencialidad de sus datos cuando estos se actualizan y recuperan.

### 2.13.7.1 Consultas SQL

Las consultas son métodos para acceder a los datos dentro de una base de datos, las consultas más utilizadas son modificar, borrar, leer y añadir datos en una base de datos. El lenguaje de consultas más utilizado es el SQL.

Sintaxis de una consulta SQL:

```
SELECT * FROM TABLA
```

La consulta realiza el enlistado de todos los campos de una tabla.

Por ejemplo, tomando como referencia la consulta anterior se tiene la siguiente tabla.

Tabla 12

*Ejemplo de Consultas mediante tabla de datos – Tabla CONSUMO*

| <b>ID</b> | <b>Productos</b> | <b>Costo</b> |
|-----------|------------------|--------------|
| <b>1</b>  | Mesa             | 10           |
| <b>2</b>  | Silla            | 5            |

Fuente: Autor

Si se desea realizar el listado de todos los productos de la tabla CONSUMO la consulta sería la siguiente:

```
SELECT PRODUCTOS FORM CONSUMO
```

En esta ecuación la consulta anterior mostrará todos los productos de la tabla CONSUMO como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13

*Consulta SELECT en tabla CONSUMO*

---

|                  |
|------------------|
| <b>Productos</b> |
| <b>Mesa</b>      |
| <b>Silla</b>     |

---

Fuente: Autor

## **CAPÍTULO 3**

### **3. DESARROLLO DEL SOFTWARE Y HARDWARE**

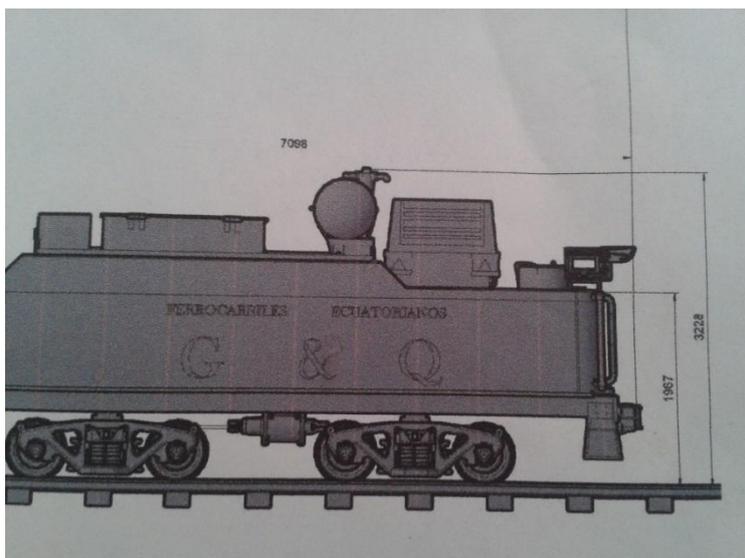
En el desarrollo del proyecto se plantea una solución que satisfaga las necesidades que se menciona en el capítulo 1 en cuanto a monitoreo y recolección de datos en base a una plataforma web, para ello se parte de las dimensiones de la locomotora a vapor para la realización el mismo, después se procede 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.

#### **3.1 DIMENSIONES DEL TENDER DE LA LOCOMOTORA A VAPOR**

Las dimensiones del tanque o tender de la locomotora a vapor son un factor que influye en la toma de decisiones sobre que sensor de nivel utilizar.

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.



*Figura 21:* Dimensiones del Tanque de Agua en la Locomotora a Vapor  
 Fuente: (FerrocarrilesEcuador, Dimensiones Locomotora a Vapor, 2015)

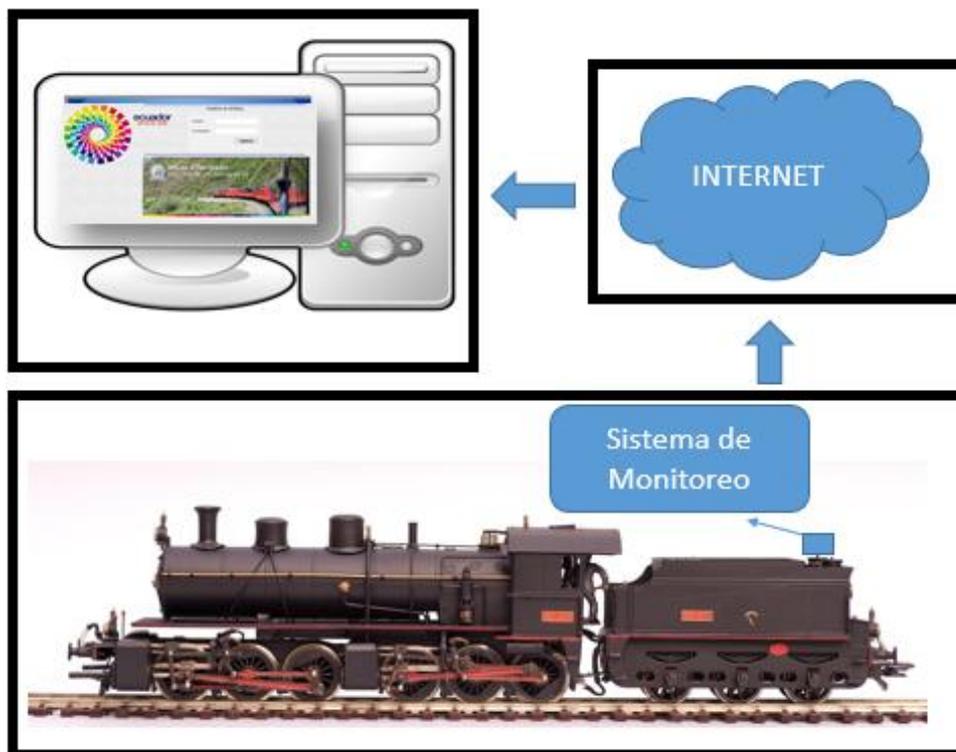
### **3.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

El diagrama en bloques muestra cómo funcionará todo el sistema de monitoreo desde el sensado de nivel de agua hasta la visualización del mismo en una aplicación web.

Cada uno de los bloques representa un aspecto del funcionamiento del sistema en cuestión, por ejemplo, el bloque el cual consta de un computador es el usuario que monitorea a través de la plataforma web.

Otro de los bloques representa la internet, en sí lo que se muestra implícitamente es el transporte de datos a través de GPRS desde el circuito situado en la locomotora hasta el computador que se encuentra en la estación central.

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.



*Figura 22:* Diagrama de Funcionamiento de todo el sistema

Fuente: Autor

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.

### 3.3 REQUISITOS PARA EL SISTEMA

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

a. Empresa

- Tener un computador o dispositivo móvil con un navegador web
- Tener acceso a internet o datos

b. 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.

Ahora, el sistema electrónico enfocándose en el sistema GPRS por cada salida de la locomotora deberá contar con al menos 1 dólar de saldo para que los datos de monitoreo puedan ser cargados al servidor o hosting en internet.

Para que el sistema electrónico sea capaz de medir el nivel del agua, iniciar la conexión hacia el servidor web y enviar los datos a internet demanda de cierto tiempo o retardo, todos los retardos que generan las instrucciones en la programación del sistema electrónico suman 20 segundos.

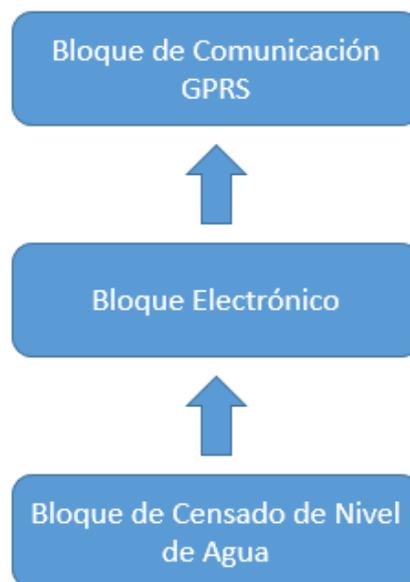
Por último, uno de los requerimientos de la empresa fue que si en algún momento dentro de la ruta de trabajo de la locomotora el nivel de agua llega a un punto crítico, es decir a un valor por debajo de los 950 galones de agua, lo que el sistema electrónico realiza es enviar un mensaje o alerta con el fin de prevenir a los operarios y esto demanda de un retardo extra de 5 segundos que es el tiempo

necesario para enviar un mensaje desde el sistema electrónico. Todos estos retardos se mostraran en la programación del sistema electrónico posteriormente.

### 3.4 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

En el desarrollo del sistema electrónico se consideran tres bloques fundamentales para que el mencionado sistema tenga una buena funcionalidad.

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.



*Figura 23:* Bloques del Sistema Electrónico

Fuente: Autor

- Bloque de comunicación en base a GPRS.
- Bloque de sensadode nivel de agua.
- Bloque electrónico, interfaz entre sensadode nivel de agua y GPRS.

### 3.4.1 BLOQUE ELECTRÓNICO

Se considera ARDUINO como herramienta para el bloque electrónico ya que es un sistema en base a software libre, además es un sistema embebido en el cual se añaden subsistemas que se ajustan a las necesidades, con esto se puede tener una infinidad de proyectos tan solo con cambiar un subsistema y su programación.

En su estructura tiene pines tipo hembra para el ensamblaje de más dispositivos o módulos electrónicos sobre este.



Figura 24: Pines para agregar módulo GSM/GPRS

Fuente: (arduino.cc, Arduino user projects, 2015)

Ahora, ARDUINO tiene un regulador de voltaje con lo que se puede añadir una fuente externa para que pueda funcionar con movilidad.

### 3.4.2 BLOQUE DE COMUNICACIÓN EN BASE A GPRS.

En este bloque se considera un módulo de desarrollo GSM/GPRS, la decisión recae en que este módulo es compatible con ARDUINO y posee la comunicación GPRS.

Ahora sobre los pines señalados anteriormente de ARDUINO se agregará el módulo de desarrollo GSM/GPRS y se utilizarán los pines 12 y 13 para que exista la comunicación serial o para el envío de comandos AT desde ARDUINO al Módulo GSM/GPRS.



*Figura 25: Módulo GSM/GPRS SIM900*

Fuente: (ICOMSAT, 2015)

Ahora como se observa en la figura anterior, el módulo de desarrollo GSM/GPRS también cuenta con pines tipo hembra con lo cual se puede añadir sobre este módulo algún otro, aquí es donde se agregará una placa de un sensor para medir el nivel de agua con lo cual existe una comunicación desde ARDUINO hacia el Modulo GSM/GPRS y este a su vez con el sensor de nivel.

### **3.4.3 BLOQUE DE SENSADO DE NIVEL DE AGUA.**

Se considera un sensor de nivel por ultrasonido ya que este no es invasivo, esto quiere decir que no requiere de cambios en la estructura de la locomotora a vapor para su implementación.

El módulo de desarrollo GSM/GPRS deberá estar conectado al sensor ultrasónico, además se utilizarán los pines 12 y 13 del módulo GSM/GPRS para que exista la

comunicación serial o para el envío de comandos AT desde ARDUINO al Módulo GSM/GPRS.



Figura 26: Sensor Ultrasónico

Fuente: (ACCUDICY, 2015)

El ensamblaje de los dos primeros bloques se basa en un rompecabezas ya que un módulo encaja en otro. De esta manera, el ensamblaje de todo el sistema se lo realizará de forma sencilla. El único dispositivo que no puede ser montado como un rompecabezas sobre estas dos placas (ARDUINO y GSM/GPRS) es el sensor ultrasónico para el cual se diseñó una placa que se ajuste al sistema.

### 3.4.3.1 Cálculos para Medir el Nivel de Agua

Para medir la distancia, el sensor ultrasónico trabaja en base a transmitir un pulso (pulso en alto) a cierta frecuencia y en un cierto tiempo (10 microsegundos) mediante el pin TRIGGER, y en recepción mediante el pin ECHO existen un tiempo que le toma al pulso enviado en ir y volver al sensor.

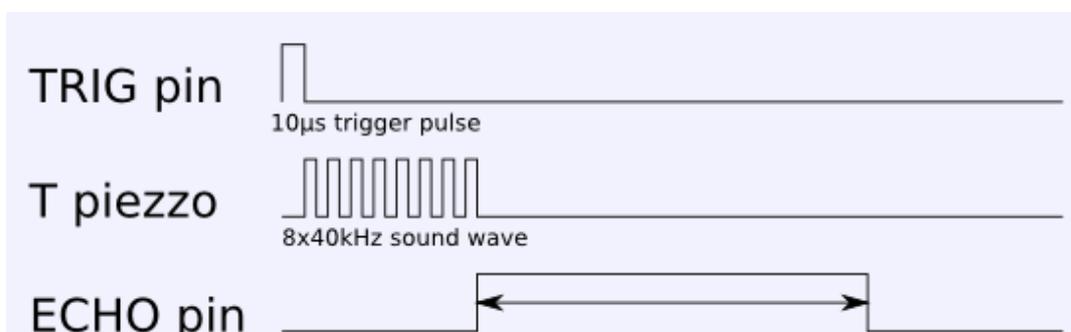


Figura 27: Pulsos enviados a cierto tiempo del sensor hc-sr04

Fuente: <http://www.engineersgarage.com/contribution/experts/distance-finder-based-at89s52-and-ultra-sonic-sensors-hc-sr04>

La fórmula de cálculo para medir la distancia se deduce de la siguiente manera:

Aprovechando la velocidad del sonido en el aire cuyo valor referencial es 340 m/s.

Para el cálculo de la distancia

$$V = \frac{d}{t}$$

Velocidad: V

Distancia: d

Tiempo: t

De la ecuación anterior se obtiene

$$d = V * t$$

Donde “V” es la constante de velocidad del sonido

Y “t” es el valor que devuelve el sensor a la placa ARDUINO.

Además este resultado se lo divide para 2 ya que porque el pulso enviado por el sensor es de ida y vuelta.

Quedando la fórmula de esta forma:

$$Distancia = \frac{Ancho\ de\ Pulso * Velocidad\ de\ Sonido}{2}$$

### **3.4.4 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 14

*Energía de los dispositivos del sistema*

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

Fuente: Autor – Varias Fuentes

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 ARDIUNO y el módulo GPRS y led de aviso se utiliza aproximadamente 120 mA y corresponde a un consumo de potencia de 0.6 watts.

El voltaje de alimentación del Módulo GSM/GPRS está en el rango de 3.2 a 4.8 V, con un consumo de 25 mA y una corriente de pico máxima de 2 amperes durante las ráfagas de transmisión (la duración de los picos es de 577 us, cada 4.6 ms). El consumo promedio del Módulo GSM/GPRS SIM900 (250mA) en modo de transmisión es de solo 1.25 watts según el datasheet de SIM900.

El sensor HC SR04 tiene un voltaje de funcionamiento de 5V con una corriente estática menor a 2 mA y cuando trabaja a su capacidad alcanza una corriente de 15mA a una frecuencia de 40KHz dando un consumo en potencia de 0,075 watts.

Anteriormente se observó una batería de LIPO, asumiendo que el sistema no consume más de 1A el resultado sería ( $1/1.6 = 0,625$ ), redondeando, 1C, como la batería soporta 20 – 30C no existe problemas ya que su capacidad de descarga es alta.

### 3.4.5 DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

Anteriormente en el diseño electrónico se menciona el cómo encajan los diferentes módulos para formar el sistema de monitoreo en sí.

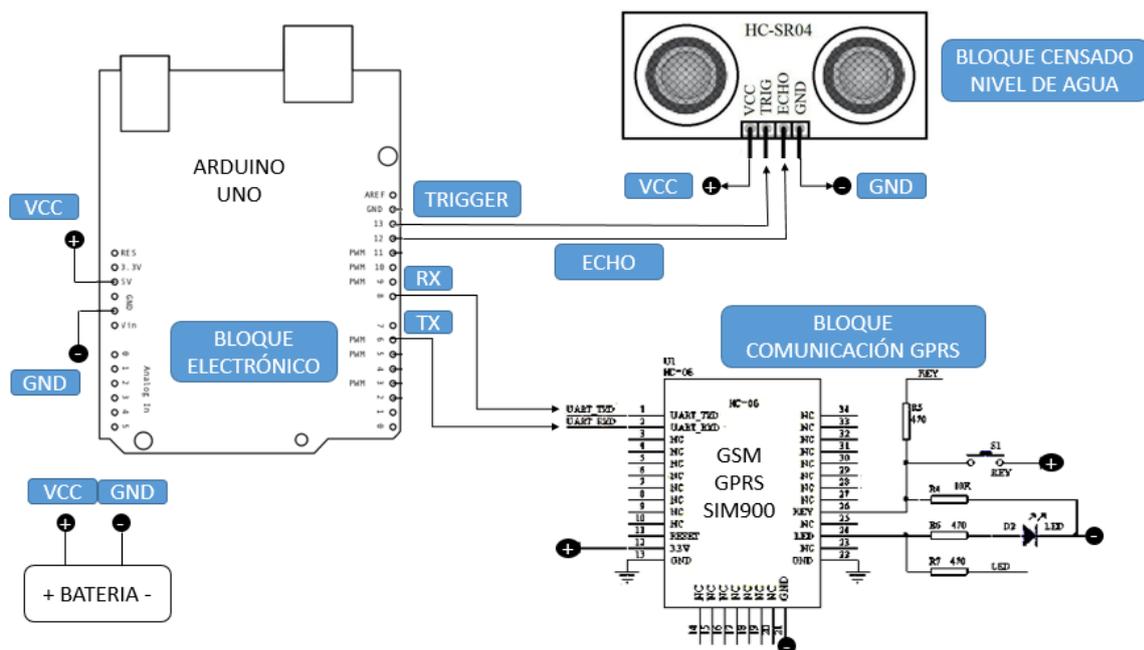


Figura 28: Circuito Eléctrico del Sistema

Fuente: DATASHEET ARDUINO – HC-S04 – GSM/GPRS - Autor

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.

### **3.6 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.

### **3.7 DIAGRAMA DE FLUJO DE TRABAJO DEL PROGRAMA**

En el diagrama se muestra como se ejecutan las instrucciones paso a paso, una de las debilidades en sí del funcionamiento es que las peticiones consumen un retardo considerable para realizar un envío de datos, configuración de conexión GPRS y demás.

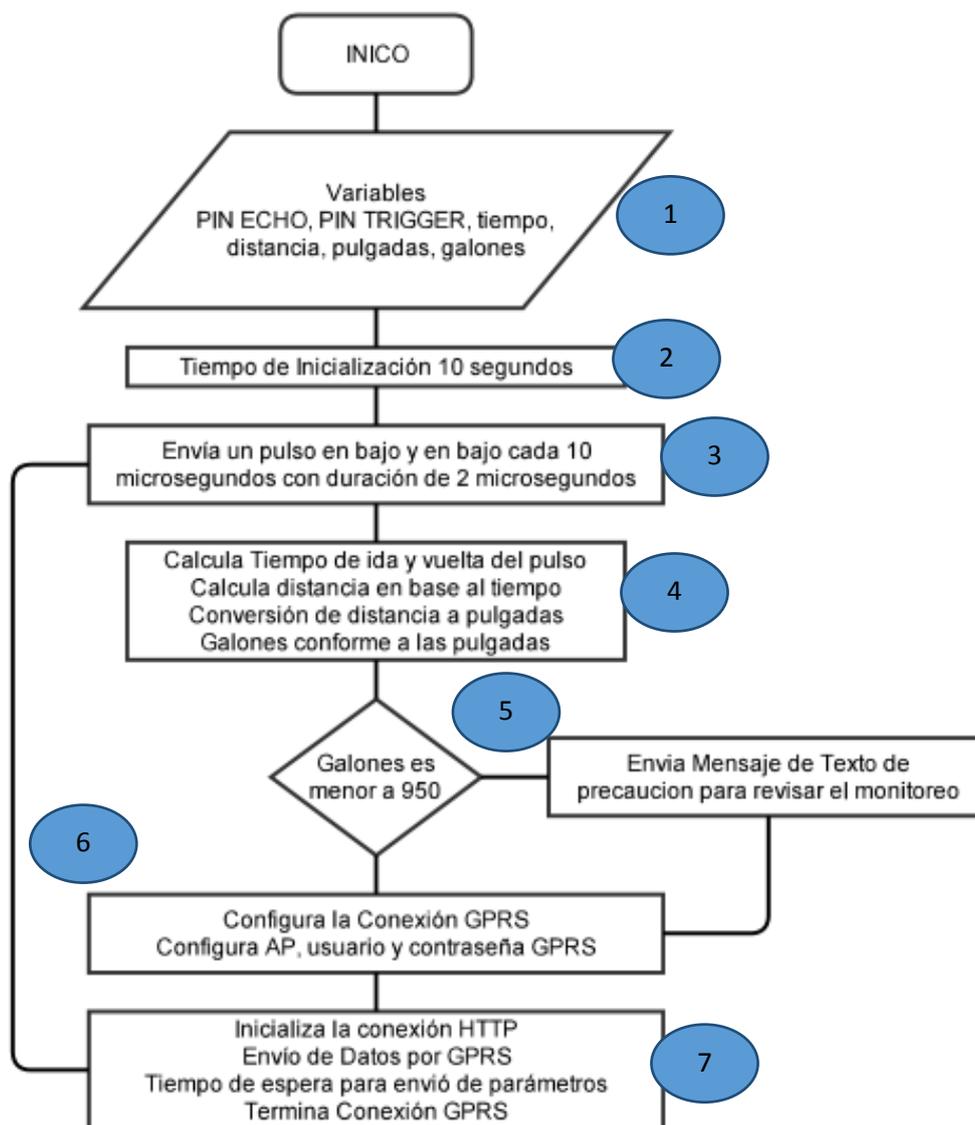


Figura 29: Diagrama de Flujo Programa en ARDUINO

Fuente: Autor

En el anexo 8 se explica cada una de las instrucciones de programación del sistema electrónico en base al diagrama mostrado anteriormente.

### 3.8 ELECCIÓN DEL HOSTING DE ALOJAMIENTO WEB

Como se mencionó en el capítulo 2, existen herramientas de diseño web que permiten desarrollar aplicaciones web. Pero todas estas herramientas se basan en el lenguaje HTML y PHP. Ahora, el hecho de no escoger una herramienta para el

diseño del sitio web se basa en la capacidad de descarga de los datos al momento de acceder a un sitio.

En consideración a la capacidad de descarga del sitio para ser visualizado por el usuario se procede a utilizar código puro y sin herramientas de diseño, esto no quiere decir que no se utilizarán otras herramientas web en el desarrollo del proyecto.

La estación de ferrocarriles de Ibarra tiene un área de operaciones y está limitada al mantenimiento y monitoreo manual de las actividades que se desarrollan dentro de la estación. Con esta limitante no es posible el acceso a un servidor el cual este a disposición de esta área ya que estos servidores están en quito y no es posible el acceso de esta área. Por lo cual se recurre a la búsqueda de un hosting gratuito.

La mayoría de los hostings gratuitos están sujetos a la propagación de publicidad, dentro de las mejores opciones para elección de un hosting están:

- MIARROBA

Este hosting es una buena opción para el almacenamiento de un sitio web o aplicación dinámica web, pero la limitante es la publicidad que proporciona el sitio. La descarga del sitio para la visualización de la interfaz web es otra limitante ya que el retardo es muy grande (ancho de banda limitado para descarga) con lo que una recarga al sitio es una pérdida de tiempo mayor.

En MIARROBA las limitantes son mayores como el uso de aplicaciones, se debe actualizar y comprar un dominio para acceder a la mayoría de sus aplicaciones.

- BYETHOST

Es un servidor ligero y rápido, este también es gratuito como el anterior, el espacio en disco es mayor que la mayoría de hostings y transferencia de datos es mucho más rápida, la mayoría de sus aplicaciones son funcionales claro que con limitantes pero estas son mínimas, tiene bases de datos, transferencia ftp, un sistema automático para instalar Scripts PHP. Otra de las funcionalidades y la más útil de estas es que se puede realizar copias de seguridad de la base de datos así como también de los archivos alojados en este hosting.

- 000WEBHOST

Una de las limitantes de este hosting es que no se puede realizar copias de seguridad o Backups, además la capacidad en disco que ofrece este hosting gratuito es muy bajo y por último este tiene un detalle el cual es tener periódicamente visitas al sitio ya que si no existen más de un número determinado de visitas el sitio puede ser borrado.

Tabla 15

*Tabla de selección de hosting*

| <b>HOSTING</b>    | <b>Cierre<br/>Inesperado</b> | <b>CPANLE</b> | <b>Publicidad</b> |
|-------------------|------------------------------|---------------|-------------------|
| <b>MIARROBA</b>   |                              | X             | X                 |
| <b>BYETHOST</b>   |                              | X             |                   |
| <b>000WEBHOST</b> | X                            | X             | X                 |

Fuente: Autor

Algunos de los aspectos a considerar para elegir un hosting gratuito es el cierre inesperado, el hosting 000WEBHOST suele cerrar inesperadamente el sitio sin avisos ya que está dentro de sus políticas de uso, además no se puede rescatar las bases de datos existentes lo cual hace que no sea una elección a tomar en cuenta.

Otra de las consideraciones a tomar en cuenta es la ventaja de contar con un panel de control, ya que se puede administrar toda la cuenta de usuario de la web desde ahí. La mayoría de los hostings gratuitos poseen este aplicativo tan útil.

La publicidad es uno de los más grandes problemas de los hostings gratuitos y es una de los puntos importantes a considerar, BYETHOST es uno de los pocos hostings gratuitos que no promueven la publicidad en utilización, mientras que los demás mostrados en la tabla anterior necesitan la publicidad para su uso.

### 3.8.1 HOSTING BYETHOST

Para que el hardware envíe los datos de la distancia del nivel de agua a la web mediante GPRS es necesario un servidor online que reciba estos datos y tenga la habilidad de mostrarlos en un cierto lapso de tiempo.

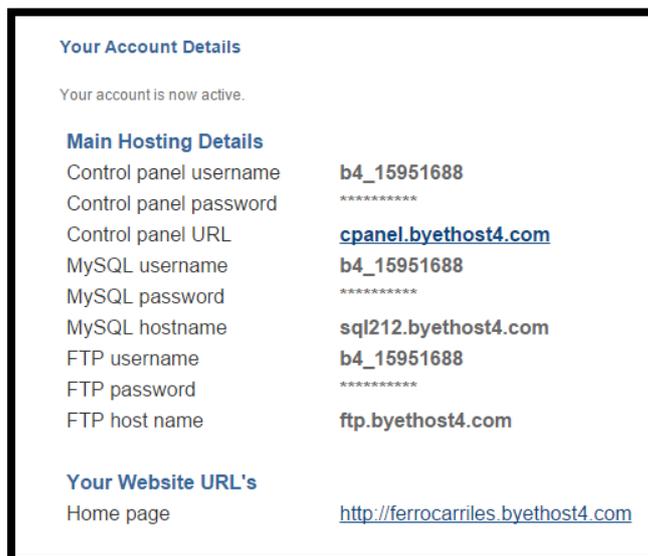
Para esto se utilizó el hosting gratuito BYETHOST con el fin de recibir estos datos enviados por GPRS, almacenarlos y por última instancia mostrarlos cada cierto tiempo.



Figura 30: WEB de alojamiento online BYETHOST

Fuente: (ByetHost, 2015)

Una vez registrado en el hosting BYETHOST, nos proporciona ciertos datos de la cuenta para ingreso y uso de herramientas en la web.



*Figura 31:* Información de Cuenta BYETHOST

Fuente: (ByetHost, 2015)

Ahora para el registro de datos en la web necesitamos crear una base de datos que es en donde se van a almacenar tales registros provenientes del Módulo GSM/GPRS.

Para lo cual, en la información que se brindó al registrarse existe una URL para dirigirse al centro de control o panel de control [cpanel.byethost4.com](http://cpanel.byethost4.com)



Figura 32: CPANEL BYETHOST

Fuente: (ByetHost, 2015)

Aquí se selecciona MYSQL para crear las bases de datos, una vez creada la base de datos se ingresa en ADMIN.

Delete a database

Remove base de datos  ▼

Sus bases de datos

| MySQL DB NAME       | MySQL USER NAME | MySQL PASSWORD         | MySQL HOST NAME      | BACKUP | PHPMYADMIN |
|---------------------|-----------------|------------------------|----------------------|--------|------------|
| b4_15951688_monitor | b4_15951688     | (Your cPanel Password) | sql212.byethost4.com | Backup | Admin      |

Si usted está experimentando problemas con la conexión a PhpMyAdmin, cierre sesión, borre las cookies del navegador [sesiones autenticadas en firefox] luego ingrese de nuevo..

Figura 33: Creamos la base de datos

Fuente: (ByetHost, 2015)

En la siguiente ventana debemos crear la tabla en donde se receptorá los datos que vienen por GPRS.

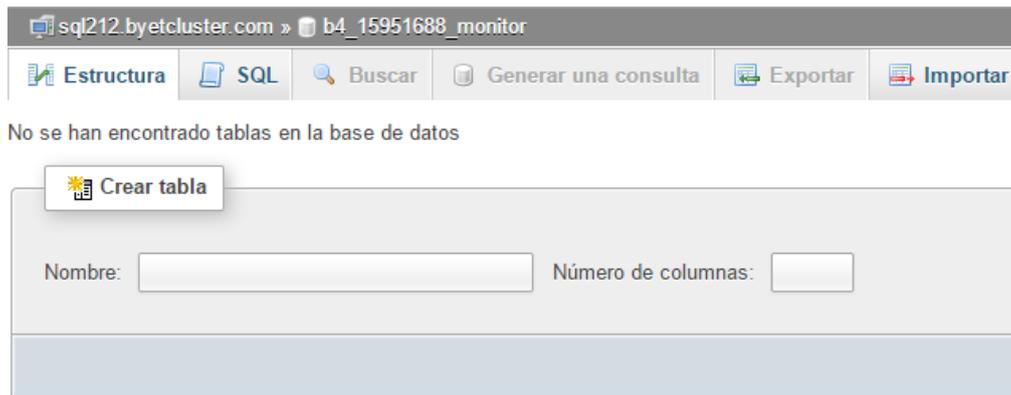


Figura 34: Creación de tablas

Fuente: (ByetHost, 2015)

Se crean tanto para el perfil de ingreso o LOGIN y para el monitoreo.

| Tabla           | Acción  | Filas      | Tipo          | Cotejamiento             | Tamaño         |
|-----------------|---|------------|---------------|--------------------------|----------------|
| hhhhh           | Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar | 7          | MyISAM        | latin1_swedish_ci        | 2.2 KB         |
| ledStatus       | Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar | 97         | MyISAM        | latin1_general_ci        | 4 KB           |
| monitoreo1      | Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar | 10         | MyISAM        | latin1_swedish_ci        | 2.4 KB         |
| monitoreo2      | Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar | 2          | MyISAM        | latin1_swedish_ci        | 2.1 KB         |
| monitoreo3      | Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar | 5          | MyISAM        | latin1_swedish_ci        | 2.1 KB         |
| usuarios        | Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar | 1          | MyISAM        | latin1_swedish_ci        | 2 KB           |
| <b>6 tablas</b> | <b>Número de filas</b>                              | <b>122</b> | <b>MyISAM</b> | <b>latin1_swedish_ci</b> | <b>14.9 KB</b> |

Figura 35: Tablas creadas en MYSQL

Fuente: (ByetHost, 2015)

En la tabla de monitoreo se crean campos los cuales servirán para almacenar datos de monitoreo como, nivel, fecha, etc.

sql212.byetcluster.com » b4\_15951688\_monitor » ledStatus

Examinar Estructura SQL Buscar Ir

Mostrar todo > >> | Mostrar : Fila de inicio:

Ordenar según la clave: Ninguna

+ Opciones

|   | ID  | Color | State | Fecha      |
|---|-----|-------|-------|------------|
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 294 | 32    | 1     | 2015-04-25 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 293 | 7     | 1     | 2015-04-25 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 292 | 32    | 1     | 2015-04-25 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 291 | 32    | 1     | 2015-04-25 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 290 | 32    | 1     | 2015-04-25 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 289 | 15    | 1     | 2015-04-25 |

Figura 36: Campos en la tabla de monitoreo.

Fuente: (ByetHost, 2015)

En la tabla de usuarios se crean campos como usuario y contraseña con la cual el usuario que administre el sistema de monitoreo tenga acceso al sistema.

sql212.byetcluster.com » b4\_15951688\_monitor » usuarios

Examinar Estructura SQL Buscar Insertar

Mostrando registros 0 - 0 ( 1 total, La consulta tardó 0.0071 seg)

```
SELECT *
FROM 'usuarios'
LIMIT 0 , 30
```

Mostrar : Fila de inicio: 0 Número de filas: 30 Cabec

+ Opciones

idusuario usuario password

Figura 37: Campos de la tabla usuarios

Fuente: (ByetHost, 2015)

### **3.9 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.

Se utilizó lenguaje PHP para iniciar una sesión de usuario al sistema. Para esto es necesario crear la conexión hacia la base de datos, además de crear una función para iniciar la sesión y realizar la consulta de búsqueda de un usuario en la base de datos para verificar si tal usuario existe y permitir o no el acceso. ANEXO 1

#### **3.9.1 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.

En el diagrama de flujo se muestra como trabaja la aplicación web pero enfocándose en la página principal.



Figura 38: Diagrama de Trabajo Archivo INDEX PHP

Fuente: Autor

Como se menciona anteriormente para acceder a la base de datos debe crearse una conexión y por ese motivo la tercera línea de lenguaje PHP en el ANEXO 1 tiene escrito "include\_once conexión.php". Esta línea hace que primero se abra la conexión a la base de datos.

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.

### **3.9.2 ELECCIÓN DE LIBRERÍAS WEB**

Para el monitoreo se realizó una elección de librerías para graficar el monitoreo, estas deben basarse en PHP ya que estas van a ser visualizadas de forma dinámica.

Entre ellas se destacan:

- PCHART

Esta es una librería basada en desarrollo PHP lamentablemente es una librea que suele estar desactualizada respecto a la versión PHP del hosting que se esté utilizando. Pero cuando se actualiza consume más recursos en cuanto a descarga y visualización de datos.

- JPGRAPH

Esta librería es ligera y genera automáticamente un gráfico de acuerdo a las necesidades, además está basado en software libre con lo cual no es un gasto al momento de implementarlo. Además soporta gráficos muy avanzados. Esta librería se ajusta a las versiones de PHP.

- EZ COMPONENTS

Es una librería muy útil pero sujeta a licencia (BSD LICENSE), así que no es posible optar por esta librería al necesitar de una licencia para explotar toda su funcionalidad. Existe poca información respecto al uso de esta herramienta sin mencionar la compatibilidad con versiones superiores de PHP.

Tabla 16

*Tabla de selección de librería*

| <b>Librerías</b>     | <b>Compatibilidad</b> | <b>Licencia</b> | <b>Recursos</b> |
|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| <b>PCHART</b>        | X                     |                 | X               |
| <b>JPGRAPH</b>       | X                     |                 |                 |
| <b>EZ COMPONENTS</b> |                       | X               |                 |

Fuente: Autor

Como se observa en la tabla anterior, debe existir compatibilidad con PHP ya que la mayor parte de consultas WEB se las realiza a través de este lenguaje.

Otro aspecto a tomar en cuenta para la selección del hosting es que sea libre ya que el costo económico es una limitante.

El último punto, pero no menos importante, a tomar en cuenta para la elección del hosting adecuado es que no exista un consumo excesivo de recursos en la red, ya que existen herramientas que se actualizan para cargar nuevos complementos y eso genera que la web no responda rápidamente.

Después de observar los PROS y CONTRAS de los hostings, la selección más adecuada es BYEHOST ya que es de acceso libre o sin licencia, además no consume gran cantidad de recursos al acceder a la web y la publicidad es mucho menor que en los demás hostings.

### 3.9.3 JPGRAPH

Se utilizó la librería denominada “JPGRAPH” por sus características mostradas anteriormente para realizar el monitoreo mostrando cada valor agregado por GPRS de forma gráfica.



Figura 39: Librería de descarga JPGRAPH

Fuente: <http://jpgraph.net/download/>

Al usar esta librería, muestra gráficos de forma estática. Para que muestre cada valor almacenado de forma casi dinámica se estableció un tiempo de REFRESH o actualización para que se note cada valor al agregarse por GPRS.

En el ANEXO 2 se muestra el archivo PHP denominado gráficos en el cual se hace referencia a la librería JPGRAPH antes mencionado, este realiza una búsqueda de los registros almacenados en la base de datos en base al monitoreo realizado y lo grafica usando dicha librería.

### **3.9.4 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.



*Figura 40:* Diagrama de trabajo Archivo MONITOREO PHP

Fuente: Autor

En sí, existe un orden cuando se inicia el sistema de monitoreo, pero si solo se necesita buscar un registro no necesariamente se sigue el proceso antes mencionado.

En el ANEXO 3 mediante programación HTML se realizó la incorporación de cuatro botones, cada botón realiza una determinada tarea. En la línea 17 del ANEXO 3 se muestra la creación de uno de los botones el cual sirve para el monitoreo, este botón al hacerlo clic hace que se abra una nueva ventana con un gráfico de seguimiento del monitoreo. El funcionamiento de los otros botones es similar ya que simplemente hace abrir una ventana en la cual se genera una tarea específica.

### 3.9.5 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.

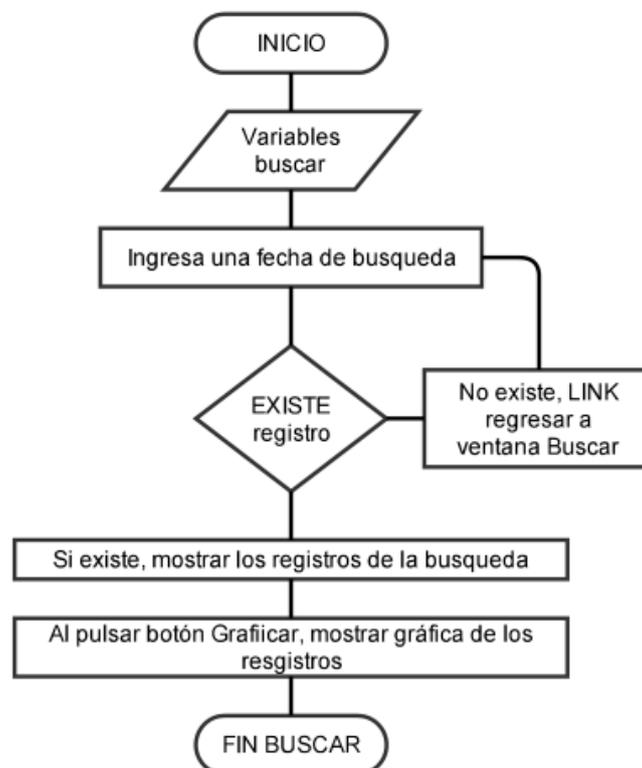


Figura 41: Diagrama de Trabajo Ventana BUSCAR

Fuente: Autor

El ANEXO 5 tiene un archivo PHP denominado Form\_consulta y ahora en vez de guarda un registro se debe buscar un registro almacenado, la similitud se da en que para la búsqueda de un registro se utilizó la herramienta DATAPICKER, además para la búsqueda se realiza una consulta a la base de datos con la fecha que se almaceno en alguna ocasión y se muestran tales registros de nivel de agua en pantalla además de un botón para observar el grafico mediante un archivo PHP denominado grafico\_emergete que usa la misma herramienta JPGRAPH este archivo esta adjuntado en el ANEXO 6.

### 3.9.6 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.

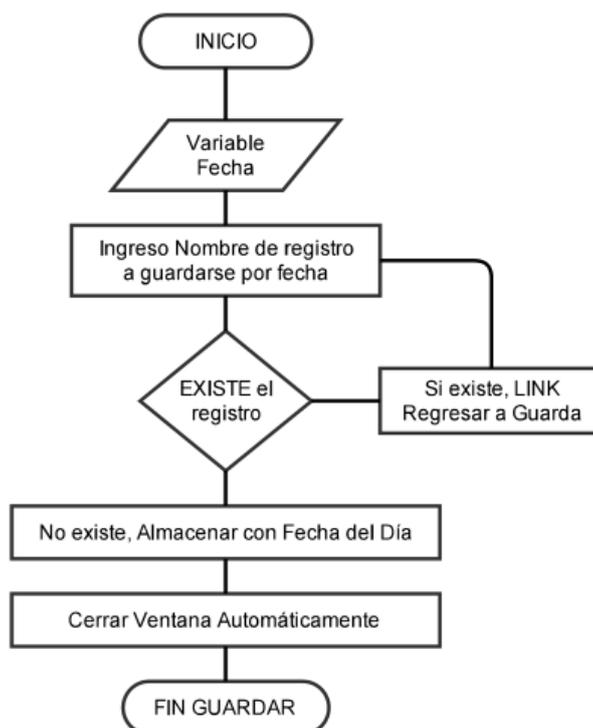


Figura 42: Diagrama de Trabajo Ventana GUARDAR

Fuente: Autor

Todo se almacenará en base a un nombre el cual va a ser la FECHA del día en la que se monitorea el nivel de agua.

En el ANEXO 4 se muestra el código PHP denominado guardar\_fecha en el cual mediante una herramienta llamada DATAPICKER se realiza la inserción de la fecha como nombre del registro para ser almacenado con los datos del monitoreo.

Para cerrar sesión simplemente se crea un archivo PHP denominado logout el cual finaliza la sesión y se redirige a la página de ingreso al sistema. ANEXO 7.

### 3.9.7 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.



Figura 43: Diagrama de Trabajo Cerrar Sesión

Fuente: Autor

### 3.10 CARGAR ARCHIVOS PHP A LA WEB POR FILEZILLA

Hay diferentes maneras de cargar los archivos al hosting, uno de estos es de forma manual es decir usando la propia interfaz del hosting.

Ahora para realizar un proceso automático y no manual, se requiere de una herramienta que mantenga la conexión y cargue los archivos que se necesiten.

Para cargar los archivos tanto en lenguaje HTML como PHP hacia el hosting se usa FILEZILLA que es un software que usa FTP como protocolo de transferencia de archivos.

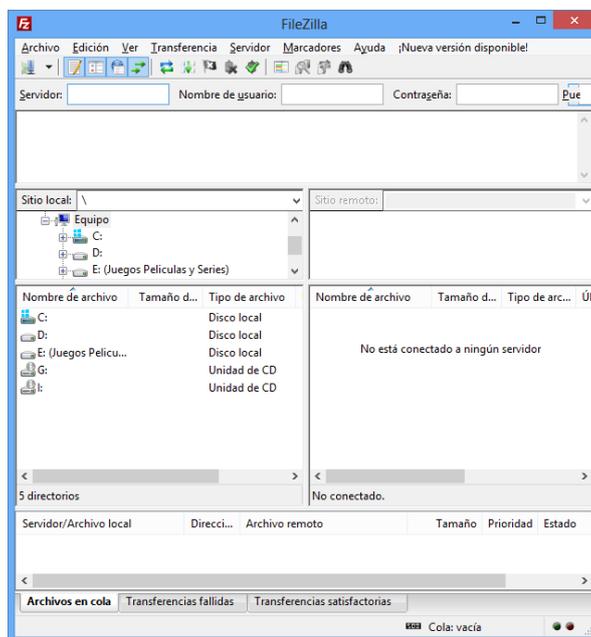


Figura 44: Interfaz de usuario FILEZILLA

Fuente: (FILEZILLA, 2015)

Para utilizarlo, se dirige a ARCHIVO y seguidamente GESTIÓN DE SITIOS con lo que se obtendrá la siguiente ventana.

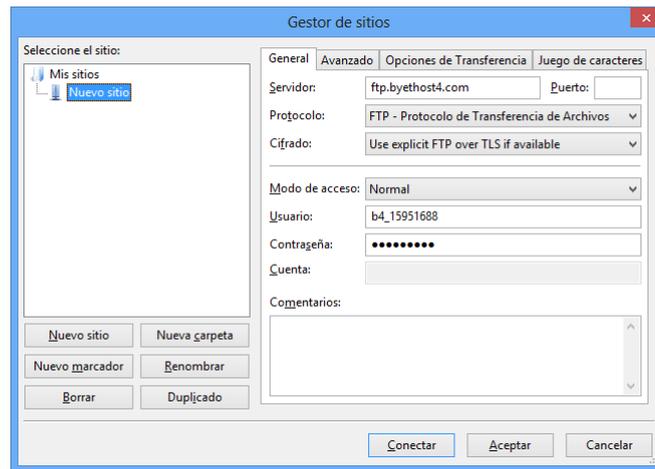


Figura 45: Gestión de Sitios FILEZILLA

Fuente: (FILEZILLA, 2015)

Ahora se ingresa los datos generados en el hosting para la utilización del protocolo FTP y se conecta para el inicio de la transferencia de archivos.

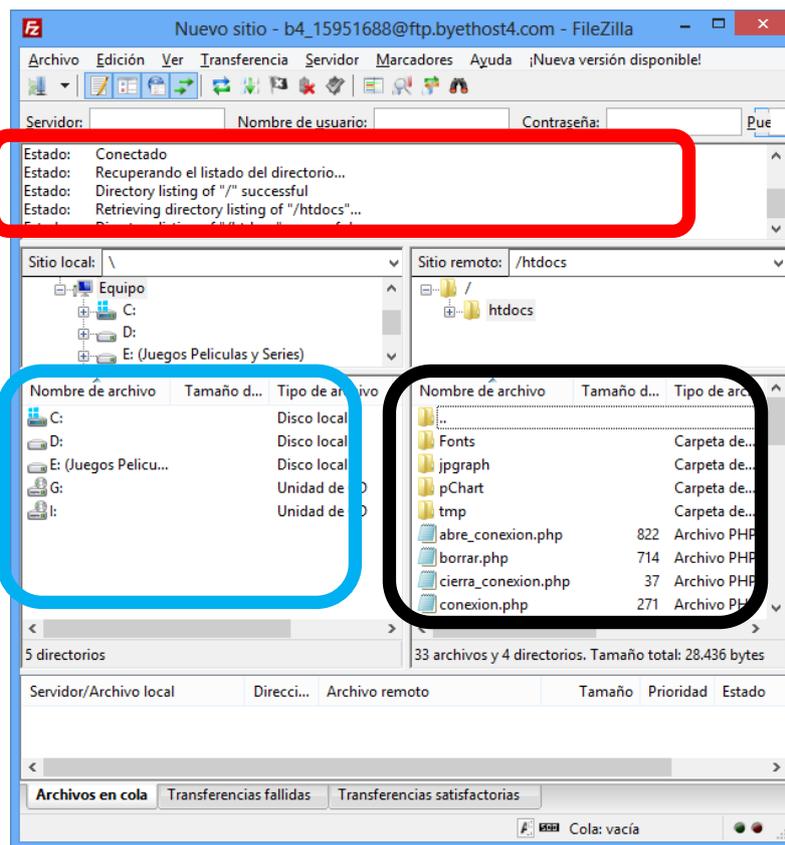


Figura 46: Conexión a hosting por FTP

Fuente: (FILEZILLA, 2015)

En la ventana marcada de color rojo se muestra el estado de la conexión, en la ventana marcada con celeste se muestran los discos del equipo desde donde se puede cargar o subir la información, y en la ventana con negro es en donde se encuentran los archivos que están ya cargados en el hosting (en este lugar se subieron los archivos PHP).

### 3.11 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.



Figura 47: Sistema de Monitoreo

Fuente: Autor

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.



Figura 48: Sistema de Monitoreo para Usuario

Fuente: Autor

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



Figura 49. Sistema de Monitoreo para usuario

Fuente: Autor

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



*Figura 50: Monitoreo en curso*

Fuente: Autor

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.

| Variables de Monitoreo - Google Chrome |  |                                   |                 |
|--|--|-----------------------------------|-----------------|
| nitor/index.php                        |  |                                   |                 |
| VARIABLES DE MONITOREO                 |  |                                   |                 |
| Variable de Monitoreo:<br>monitoreo    | Ultima Fecha Actualizada:<br>2015-11-25 11:30:38 | Ultimo Valor Monitoreado:<br>0    | GRAFICO:<br>VER |
| Variable de Monitoreo:<br>null         | Ultima Fecha Actualizada:<br>null                | Ultimo Valor Monitoreado:<br>null | GRAFICO:<br>VER |
| Actualizaciones 1                      |  |                                   |                 |

Figura 51: Interface de Monitoreo de Entrada

Fuente: Autor

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.



Figura 52: Interfaz gráfica del estado del nivel de agua

Fuente: Autor

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.

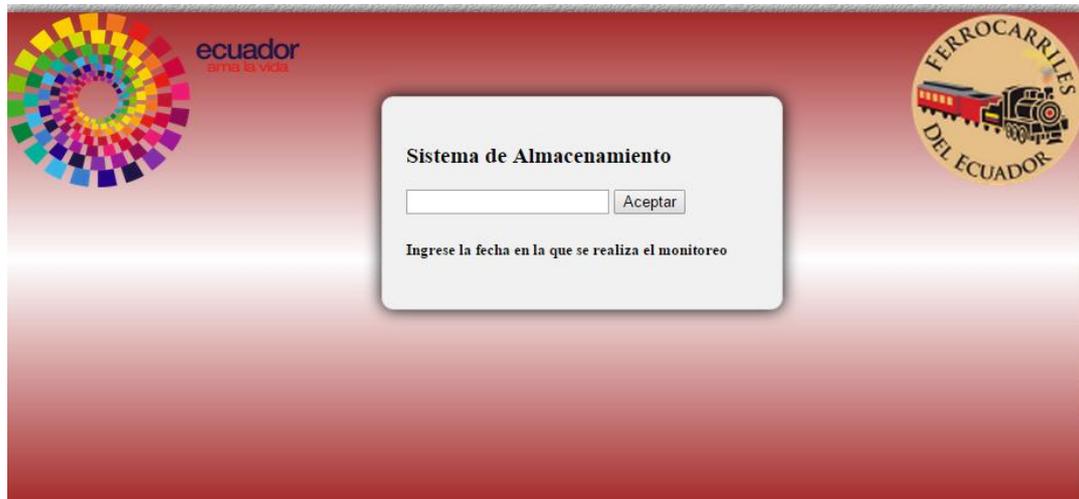


Figura 53: Almacenamiento de un monitoreo realizado

Fuente: Autor

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.



Figura 54: Búsqueda de registro de monitoreo anterior

Fuente: Autor

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



*Figura 55: Cerrar Sesión*

Fuente: Autor

En la parte de administrador es donde se crean y modifican los usuarios que se encargan de monitorear el nivel del agua en la locomotora.



*Figura 56. Ingreso al Sistema Administrador*

Fuente: Autor

Una vez que el administrador ingrese con sus credenciales, observará la siguiente ventana en la cual están dos botones los cuales cumplen tareas diferentes.



*Figura 57.* Ingreso al sistema como administrador  
Fuente: Fotografía Autor

El administrador es el encargado de crear un nuevo usuario y para ello hace clic en el botón CREAR USUARIO el cual le lleva a una nueva ventana.

*Figura 58.* Crear usuario para monitoreo  
Fuente: Fotografía Autor

Como se observa en la figura anterior existen varios campos de ingreso. El campo “cedula” es muy importante ya que este verifica la existencia o no de un usuario ya registrado.

Ahora volviendo a la ventana de administrador, el botón MODIFICAR USUARIO sirve para modificar parámetros de usuarios existentes. La siguiente figura muestra como es la interfaz en pantalla para la modificación de un usuario.



*Figura 59.* Actualizar Datos  
Fuente: Fotografía Autor

## CAPÍTULO 4

### 4. 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.

#### 4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

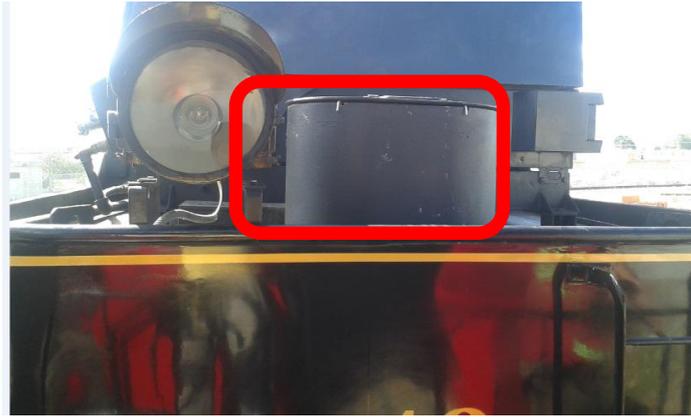
La locomotora en si tiene un tanque (TENDER) el cual suministra tanto agua como diésel para su funcionamiento, como se conoce las dimensiones del TENDER (1 metro de altura, 2,6 metros de ancho y 2,5 metros de largo) entonces la distancia que se tiene para la medición del nivel de agua es en base a la altura.



*Figura 60:* TENDER de la locomotora a vapor

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

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.



*Figura 61:* Compuerta de Suministro de Agua TENDER locomotora a vapor

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

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.



*Figura 62.* Instalación del sistema de sondeo del nivel de agua

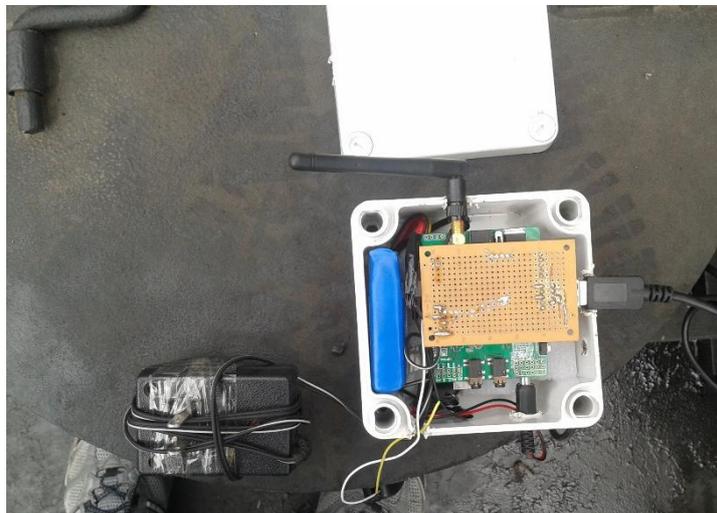
Fuente: Fotografía tomada en los Ferrocarriles del Ecuador - Ibarra

Como se muestra en la siguiente figura el sistema electrónico de monitoreo se instaló en la parte posterior de la compuerta de llenado de agua. Desde el sistema de sondeo por ultrasonido se conecta un cable de datos hasta el sistema electrónico.



*Figura 63.* Instalación del sistema electrónico de monitoreo  
Fuente: Fotografía tomada en Ferrocarriles del Ecuador - Ibarra

En la siguiente imagen se muestra el sistema electrónico internamente el cual se instaló tras la compuerta de llenado de agua del tender. Se tiene una mejor vista del sistema.

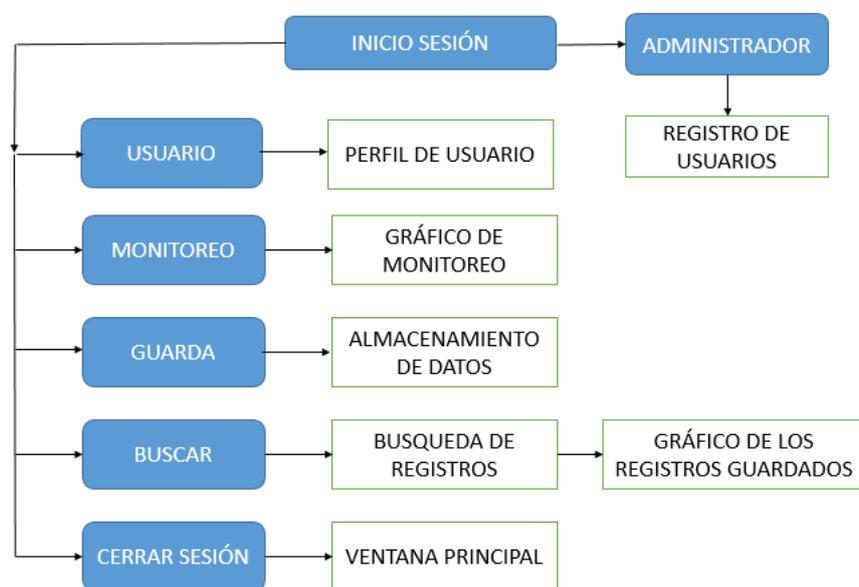


*Figura 64.* Sistema Electrónico de Monitoreo  
Fuente: Fotografía en Ferrocarriles del Ecuador – Ibarra

## 4.2 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.



*Figura 65:* Diagrama de Navegación WEB

Fuente: Autor

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.



Figura 66: Modo Administrador

Fuente: Fotografía Autor

Modos de Ingreso:

- Modo Ingreso usuario:

Dirección URL: <http://ferrocarriles.byethost4.com/usuario.php>

- Modo Ingreso administrador:

Dirección URL: <http://ferrocarriles.byethost4.com/administrador.php>

Estos modos de ingreso están en la ventana principal (INDEX) de la aplicación web.

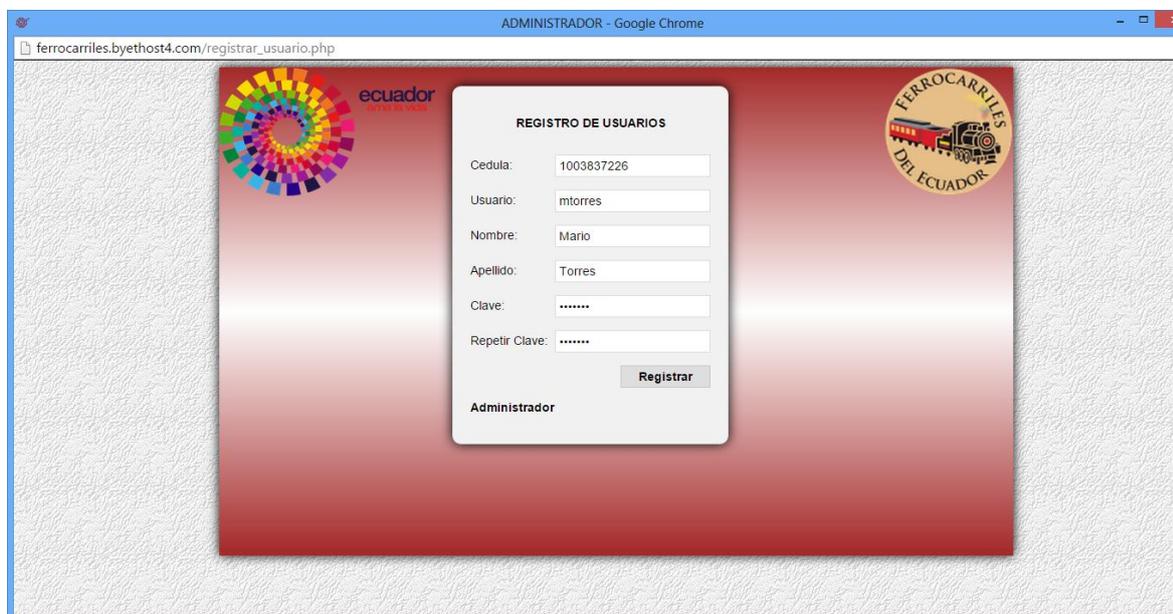
INDEX: <http://ferrocarriles.byethost4.com/>



*Figura 67. Modo Administrador*

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

Se presiona el botón crear usuario para registrar al personal encargado del monitoreo, en la figura 61 se observa los datos de registro de un usuario de monitoreo.



*Figura 68. Registro de Usuario de Monitoreo*

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

El usuario se registra correctamente, y ahora es capaz de ingresar al sistema de monitoreo en modo usuario. Ahora si se necesita modificar algún parámetro del usuario, con excepción de la cedula de identidad, se procede a presionar el botón Modificar Usuario que está en la pantalla principal del modo administrador.



*Figura 69.* Ventana de Actualización de Datos de Usuario

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

En la figura anterior se muestra el modo de búsqueda de un usuario en base a la cedula registrada por el administrador,



*Figura 70.* Visualización de Datos para Modificarse

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

Como se observa en la figura 65, al momento de realizar la búsqueda mediante el número de cedula se muestran los datos del usuario que se encuentra registrado. En el caso de ni estar registrado se tiene enlaces en la parte inferior tanto para reescribir el número de cedula como para registrar un usuario inexistente.

En el modo de ingreso administrador se tienen herramientas para crear nuevos usuarios, modificar los existentes, es decir el administrador es quien asigna un usuario y contraseña al usuario que tiene la tarea de monitorear el nivel de agua en la locomotora mediante la interfaz gráfica.

En el modo de ingreso usuario se tienen las herramientas de monitoreo, almacenamiento de datos monitoreados y búsqueda de registros. Cabe mencionar que es similar a un perfil de usuario ya que en esta ventana se tiene la opción de realizar un cambio del usuario y de la clave de acceso al sistema.



Figura 71: Sistema de Monitoreo - Modo Usuario

Fuente: Fotografía - Autor

El usuario puede cambiar su usuario y su clave de acceso presionando el botón Editar Perfil. En la siguiente figura se muestra el cambio de usuario y contraseña para el acceso al sistema de monitoreo.



The screenshot shows a web browser window titled 'Iniciar actualización. - Google Chrome' with the URL 'ferrocarriles.byethost4.com/form1.php'. The page features the Ecuadorian flag logo on the left and the 'FERROCARRILES DEL ECUADOR' logo on the right. The central form is titled 'ACTUALIZACIÓN DE DATOS' and contains a 'CÉDULA:' label, an empty text input field, and a 'BUSCAR Y ACTUALIZAR' button.

Figura 72: Modo Administrador

Fuente: Fotografía - Autor

Como se observa en la figura anterior, para realizar cambios se requiere de una credencial como lo es la cedula registrada. Una vez ingresada la cedula se tiene acceso a los datos de usuario.

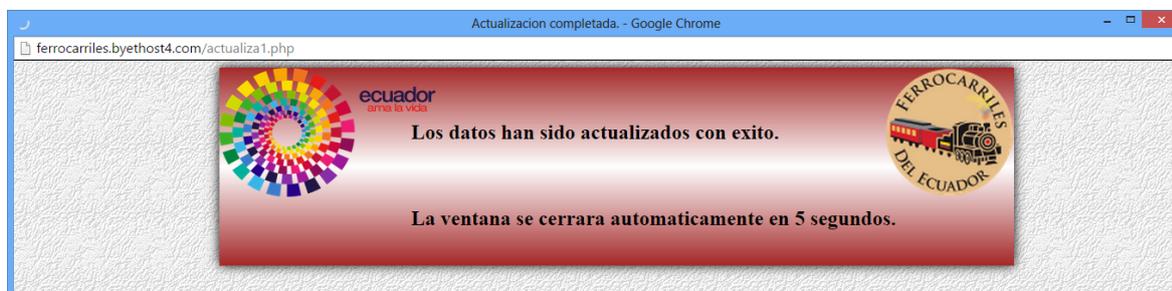


The screenshot shows a web browser window titled 'Datos a actualizar. - Google Chrome' with the URL 'ferrocarriles.byethost4.com/form2.php'. The page features the Ecuadorian flag logo on the left and the 'FERROCARRILES DEL ECUADOR' logo on the right. The central form is titled 'Actualice los datos que considere' and contains the following fields: 'Nombre:' with the value 'Mario', 'Apellido:' with the value 'Torres', 'Usuario:' with the value 'mtorres', and 'Clave:' with the value 'mtorres'. Below the fields is an 'Actualizar datos' button. A note at the bottom of the form reads: 'En los campos del formulario puede ver los valores actuales, si no se cambian los valores se mantienen iguales. Si no encuentra el registro, contactese con el administrador.'

Figura 73. Actualizar Datos de Usuario

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

Se han bloqueado los campos de nombre y apellido ya que estos son verificados e ingresados por el administrador y solo los puede cambiar el administrador del sistema. El usuario está limitado a cambiar su usuario y clave de acceso. Cuando se han realizado los cambios, la ventana se cerrará automáticamente.



*Figura 74.* Cierre de ventana automática

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

Ahora, en la página principal de usuario se puede ingresar a ciertas ventanas como por ejemplo a la de monitoreo que es en donde se observa de manera gráfica los datos de nivel de agua obtenidos.



*Figura 75:* Estado de Monitoreo

Fuente: Fotografía - Autor

En el siguiente diagrama se puede observar el proceso para realizar un monitoreo mediante la interfaz gráfica y sus herramientas.

Como se observó anteriormente, como primer paso es ingresar al sistema mediante el inicio de sesión, cabe mencionar que se va a ingresar en modo usuario.



*Figura 76:* Proceso de Monitoreo con la Interfaz web – fase de monitoreo

Fuente: Autor

Una vez ingresado al sistema en modo usuario, se presiona el botón MONITOREO y después se despliega una ventana con un gráfico en el cual se visualiza el estado del monitoreo actual.

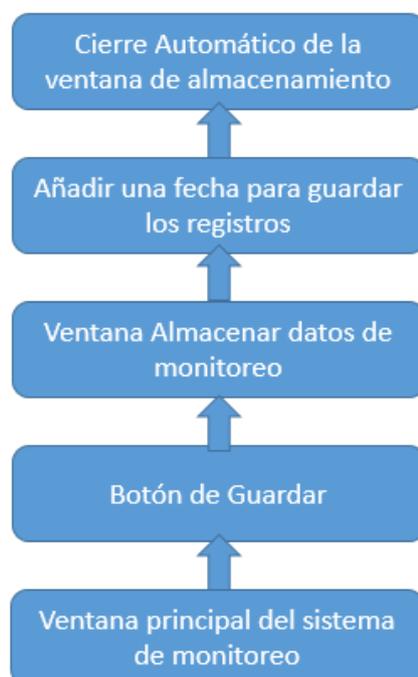


*Figura 77:* Estado de Monitoreo en ese instante

Fuente: Fotografía - Autor

Generalmente el monitoreo dura aproximadamente dos horas, una vez que el monitoreo culmine, se cierra la ventana del gráfico de monitoreo y se procede a guardar.

Entonces el diagrama de la figura 76 se complementa con el mostrado a continuación.



*Figura 78:* Proceso de Monitoreo con la Interfaz web – fase de almacenamiento

Fuente: Autor

Basándose en el diagrama de procesos mostrado en la figura 78 (fase de almacenamiento), en la ventana principal se localiza el botón GUARDAR, para este caso el monitoreo se almacenó con la fecha “30/07/2015”, y con esto se almacenan los registros.



Figura 79: Fecha de Monitoreo a almacenar

Fuente: Fotografía - Autor

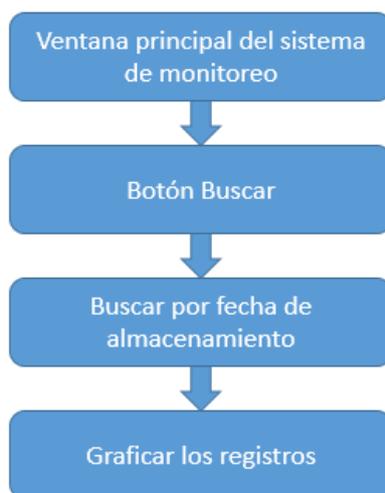
Una vez almacenado todo el monitoreo se limpia la tabla de monitoreo actual en la base de datos quedando lista para otro monitoreo cuando se requiera. Después de haberse almacenado los datos se desplegará una ventana que dirá datos almacenados y esta se cerrará en 10 segundos automáticamente.



Figura 80: Datos Almacenados

Fuente: Fotografía - Autor

Una vez que se han almacenado los datos es necesario que estos datos estén disponibles cuando se los necesite. El siguiente diagrama muestra el proceso de la búsqueda de registros almacenados en la base de datos.



*Figura 81:* Proceso de Monitoreo con la Interfaz web – fase de búsqueda

Fuente: Autor

Para observar los datos almacenados, en la página principal se localiza el botón BUSCAR, se presiona el botón BUSCAR y se desplegará una ventana de búsqueda en base a la fecha almacenada.



*Figura 82:* Búsqueda de Registros

Fuente: Fotografía - Autor

En esta ventana escribiremos la fecha del registro a buscar, es el fecha con que se almacenó anteriormente el monitoreo.

En este caso el último monitoreo se lo almacenó con el fecha “30/07/2015” y con esta fecha se lo buscará.

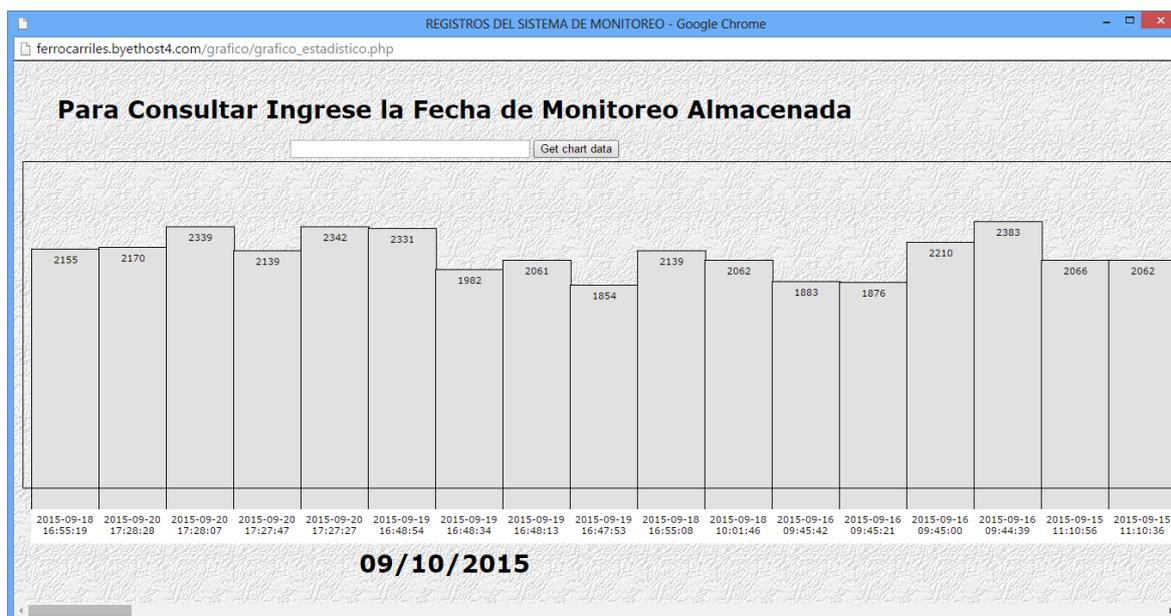


Figura 83: Registro estadísticos de tabla de monitoreo

Fuente: Autor

Como se observa en la figura anterior, aparece la tabla de monitoreo con su nivel de agua, fecha y hora en la que se realizó el monitoreo.

Los picos que se pueden o no mostrar en el monitoreo simplemente son subidas y bajadas de agua en alguna cuesta dentro de la ruta Otavalo – Ibarra que realizó la locomotora a vapor, se lo considera como errores por fluctuaciones en el camino.

Uniendo las fases de monitoreo, almacenamiento y búsqueda, el proceso completo queda en base al siguiente diagrama.

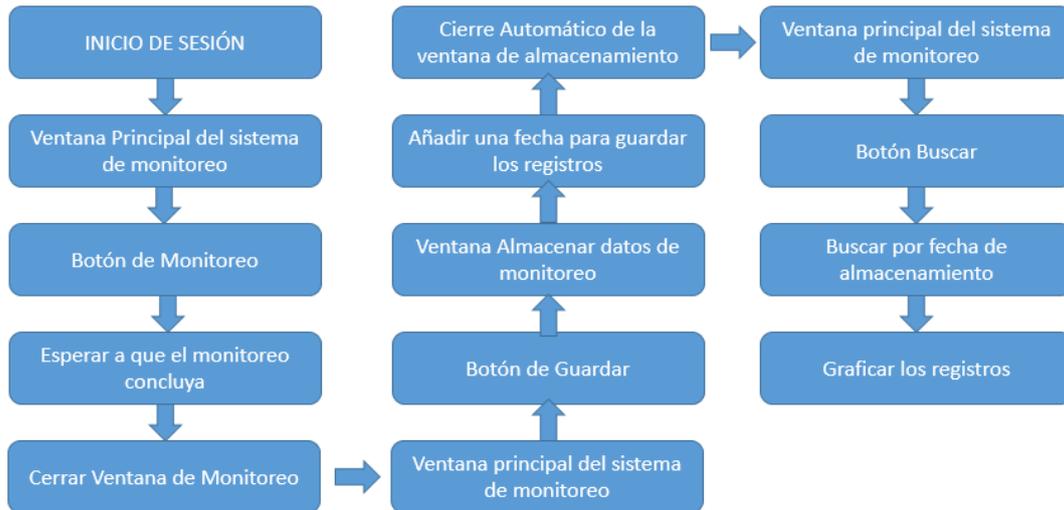


Figura 84: Diagrama Completo de Proceso de la aplicación web

Fuente: Autor

Una vez que se haya culminado con esto, se puede cerrar sesión con normalidad

En la página principal de usuario se localiza un botón para cerrar sesión, al presionarlo se saldrá del sistema de monitoreo.



Figura 85: Cierre de sesión y regreso a la página de iniciar sesión

Fuente: Autor

### 4.3 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.



*Figura 86.* Salida de la locomotora con el sistema de monitoreo.

Fuente: Fotografía en los Ferrocarriles del Ecuador - Ibarra

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 (Anexo 9).



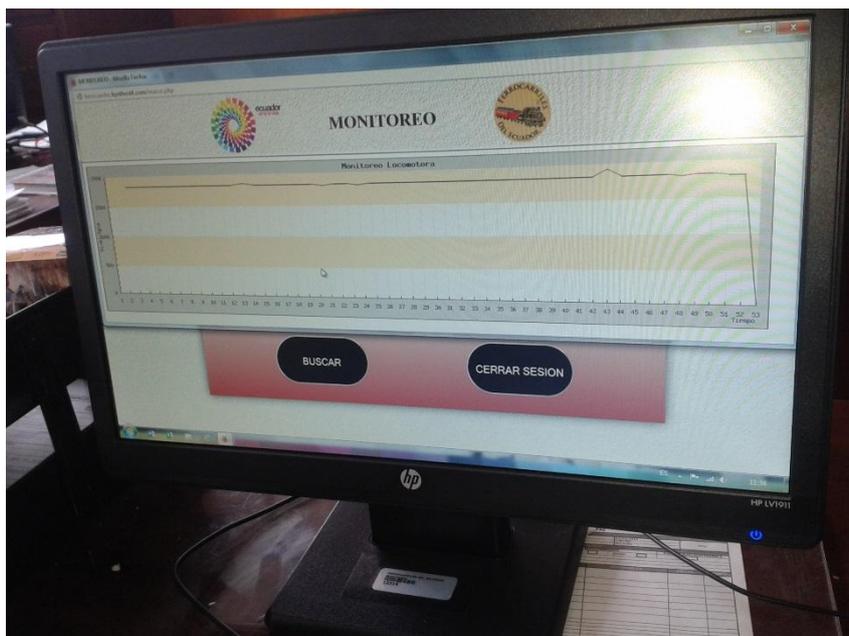
*Figura 87.* Personal de Monitoreo en la estación de Ferrocarriles de Ibarra.

Fuente: Fotografía en los Ferrocarriles del Ecuador - Ibarra

En la imagen anterior se muestra que el personal que se encuentra en la estación de ferrocarriles de Ibarra tiene la posibilidad de observar los niveles de agua obtenidos por el sistema de monitoreo.

Además al ser un sistema que alberga datos en la web, se crearon usuario para que la gerencia tanto de Ibarra como de Quito pueda observar estos datos cuando la locomotora este siendo utilizada.

En la siguiente imagen se muestran los resultados del monitoreo realizado en la ruta Ibarra – Otavalo.



*Figura 88.* Monitoreo realizado en los ferrocarriles del Ecuador - Ibarra.

Fuente: Fotografía en los Ferrocarriles del Ecuador.

Los resultados obtenidos tanto a la salida como a la llegada varían mínimamente debido a que el sistema manual suele estar sujeto a errores de cálculo y a errores en la medida de pulgadas con su instrumentación manual.

Además, después de comparar los valores obtenidos en pulgadas mediante una tabla de valores para transformarlos en galones, se tenía que registrarlos en una bitácora o una hoja de datos.

Con el sistema actual de monitoreo instalado, este proceso es automático ahorrando tiempo y dando datos con mayor precisión.

Una muestra comparando el sistema de monitoreo instalado actualmente con el sistema manual anterior se observa en la siguiente imagen.



*Figura 89.* Monitoreo de niveles de agua en la locomotora a vapor.

Fuente: Ferrocarriles del Ecuador – Ibarra.

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**

Se hará el arribo de cada viaje a la Estación o al Taller de Mecánica, con firmas de responsabilidad del maquinista y Brequer... más  
 registro usando una "X".  
 o: Avería que afecta la operación

|         |       |                   |         |       |                       |              |            |          |
|---------|-------|-------------------|---------|-------|-----------------------|--------------|------------|----------|
| INICIAL | FINAL | 4.- CALDERA Horas | INICIAL | FINAL | 5.- CALDERA ENCENDIDO | Hora Inicial | Hora Final | Duración |
|         |       |                   |         |       |                       | 6:30         | 7:00       | 0:30     |

| 6.- RECORRIDOS Y CONSUMOS |              |             |              | NIVEL SALIDA |            | NIVEL LLEGADA |            |              |
|---------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|------------|---------------|------------|--------------|
| KM                        | Convoy (ton) | Hora Salida | Hora Llegada | Duración     | Agua (Gal) | Diesel (Gal)  | Agua (Gal) | Diesel (Gal) |
| 28                        | 38           | 9:30        | 1:30         | 4 h          | 2300       | 942           | 1327       | 836          |
| 18                        | 38           | 5:00        | 11:28        |              | 2300       | 888           | 1751       | 792,5        |

| SUMO TOTAL | NIVEL AL ENCENDER |              | NIVEL AL APAGAR |              | SAE 680 | ISO 460 | Grasa Pin | Anti-incrustante | Atrapa Oxígeno | Arenas |
|------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|---------|---------|-----------|------------------|----------------|--------|
|            | Agua (gal)        | Diesel (gal) | Agua (gal)      | Diesel (gal) | (gal)   | (gal)   | (lb)      | (li)             | (li)           | (lb)   |
|            | 2300              | 942          | 1327            | 836          | 7       | 7       | 7         | 10               | 5              | 1      |

9.- MAQUINA

|                             |                                     |                          |                          |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Inyectores                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Funciona inyector izquierdo | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Funciona inyector derecho   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

|                  |                                     |                          |                          |
|------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Seguridad        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Silbato de vapor | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Extintor         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Niveles

Figura 90. Registro de valores en hoja de datos de la Empresa  
 Fuente: Ferrocarriles del Ecuador

#### 4.4ANÁLISIS 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.

#### 4.4.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

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

Tabla 17

*Costo Sistema de Monitoreo*

| <b>Material</b>                           | <b>Cantidad</b> | <b>Costo</b>  |
|---|-----------------|---------------|
| 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 \$         |
|   | <b>TOTAL</b>    | <b>170 \$</b> |

Fuente: Autor

Además los costos de consumo de megabytes se detallan en la tabla 8, Teniendo en cuenta que un carácter alfanumérico, ya sea número o letra, está constituido por 8 bits, al monitorear el nivel del agua en el Tender de la locomotora, el número de caracteres a enviarse por GPRS son 7.

Son 7 caracteres ya que los datos que carga el módulo GSM/GPRS SIM900 al servidor de internet son “3 números enteros” seguidos de “1 punto decimal” y “3 decimales” por ejemplo: 345.321 galones.

Ahora se debe multiplicar el número de caracteres por 8 bytes para obtener el tamaño en bytes que el servidor está recibiendo y almacenando cada intervalo de 20 segundos.

$$\text{Tamaño} = 8 \text{ bytes} * 4 \text{ caracteres} = 56 \text{ bytes}$$

Para determinar el número aproximado de veces que el servidor almacena los datos de monitoreo o más bien el número de veces que el módulo GSM/GPRS envía los datos al servidor hay que recordar que por los retardos generados para abrir la conexión HTTP, enviar datos y cerrar la conexión HTTP entre otros retardos en ARDUINO el envío de datos es de aproximadamente 20 segundos.

Entonces:

$$1 \text{ hora} = 3600 \text{ segundos}$$

$$2 \text{ horas} = 7200 \text{ segundos}$$

Como se mencionó anteriormente el monitoreo tarda alrededor de 2 horas con lo que se tiene 7200 segundos de trabajo. Si cada 10 segundos se almacenan datos en el servidor, esto quiere decir que:

$$\text{Número de datos} = \frac{7200}{10} = 720$$

El número de datos que almacena el servidor web es de 720 cada 2 horas. Entonces:

$$\text{Tamaño en bytes} = 720 * 56 \text{ bytes} = 40320 \text{ bytes}$$

Ahora se hace una regla de tres para ver cuantos megabytes consume la aplicación en cada viaja.

$$1 \text{ KB} = 1024 \text{ bytes}$$

$$x \text{ KB} = 40320 \text{ bytes}$$

$$x \text{ KB} = \frac{1 \text{ KB} * 40320 \text{ bytes}}{1024 \text{ bytes}} = 39,375 \text{ KB}$$

Si 1MB = 1024 KB

$$x \text{ MB} = \frac{1 \text{ MB} * 39,374 \text{ KB}}{1024 \text{ KB}} = 0,0384 \text{ MB}$$

Tomando en cuenta la ida y vuelta de la locomotora y que no exista ningún problema en el trayecto. Se considera 0,5 MB de consumo para el trayecto.

El consumo por MB según datos obtenidos de la página web oficial de movistar es 50 centavos. Considerando factores ajenos como retrasos en el viaje o fallas en el mismo se duplicaría el valor en megas obtenido llegando a 1 MB.

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

Tabla 18

*Costo en datos transmitido para monitoreo*

| <b>Datos</b>    | <b>Unidad</b> | <b>C/U</b>  | <b>TOTAL</b> |
|-----------------|---------------|-------------|--------------|
| Datos enviados  | 720           | 0,5 \$ x MB | 0,50 \$      |
| Mensajes alerta | 2 por día     | 0,07 \$     | 0,14 \$      |

|              |                |
|--------------|----------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>0,64 \$</b> |
|--------------|----------------|

Fuente: Autor

Los costos por recorrido serían de 0,64 centavos, para cualquier eventualidad se recomienda la recarga de 1 dólar para el trayecto.

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 19

*Estimación de Mantenimiento Anual Hardware*

| <b>Mantenimiento</b>            | <b>Componentes</b> | <b>C/U</b> | <b>TOTAL</b>  |
|---------------------------------|--------------------|------------|---------------|
|                                 | ARDUINO            | 30 \$      | 30 \$         |
| Daño Hardware<br>y Operatividad | PLACAS VARIAS      | 5 \$       | 5 \$          |
|                                 | GSM/GPRS           | 70 \$      | 70 \$         |
| <b>TOTAL</b>                    |                    |            | <b>105 \$</b> |

Fuente: Autor

**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 20

*Estimación de Mantenimiento Anual en Revisión*

| <b>Mantenimiento</b>   | <b>Componentes</b> | <b>C/U</b> | <b>TOTAL</b> |
|------------------------|--------------------|------------|--------------|
| Revisión y<br>Limpieza | ARDUINO            | 5 \$       | 5 \$         |
|                        | PLACAS VARIAS      | 5 \$       | 5 \$         |
|                        | GSM/GPRS           | 5 \$       | 5 \$         |
| <b>TOTAL</b>           |                    |            | <b>15 \$</b> |

Fuente: Autor

**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 21

*Estimación de Mantenimiento Anual Software*

| <b>Mantenimiento</b>      | <b>Componentes</b>   | <b>C/U</b> | <b>TOTAL</b> |
|---------------------------|----------------------|------------|--------------|
| Mantenimiento<br>Software | PROGRAMACIÓN ARDUINO | 25 \$      | 25 \$        |
|                           | PROGRAMACIÓN WEB     | 25 \$      | 25 \$        |
| <b>TOTAL</b>              |                      |            | <b>50\$</b>  |

Fuente: Autor

En el caso de la implementación de un hosting web para la empresa, los costos asociados a esto se muestran en las tablas 10, 11, 12.

Estos costos se basan en un proveedor con un servicio aceptable de almacenamiento de datos, aceptable transferencia de datos mensual, económico y asumiendo que la empresa a largo plazo podrá adquirir estos servicios.

Tabla 22

*Costo anual de hosting web*

| <b>Almacenamiento en MB</b> | <b>Transferencia mensual en MB</b> | <b>TOTAL</b> |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------|
| 200                         | 3000                               | 90 \$        |
|                             | <b>TOTAL</b>                       | <b>90 \$</b> |

Fuente: Autor

Los costos mostrados a continuación se basan en la adquisición de un dominio, en igual forma que la tabla anterior se lo realizó en base al costo más económico.

Tabla 23

*Costos de Dominios Web anuales.*

| <b>Empresas</b> | <b>TOTAL</b> |
|-----------------|--------------|
| Hosting-Ecuador | 11 \$        |
| Host Ecuador    | 15 \$        |

Fuente: Autor – Fuentes Varias

En la siguiente tabla se muestra los costos totales realizados con las diferentes empresas que proveen servicio de dominios y con el hosting.

Tabla 24

*Costos Finales Anuales*

| <b>Empresa Dominios</b>   | <b>COSTO</b>  | <b>TOTAL</b> |
|---------------------------|---------------|--------------|
| Hosting + Hosting-Ecuador | 90 \$ + 11 \$ | 101 \$       |

|                        |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|
|                        | <b>TOTAL</b>  | <b>101 \$</b> |
| Hosting + Host Ecuador | 90 \$ + 15 \$ | 105 \$        |
|                        | <b>TOTAL</b>  | <b>105 \$</b> |

Fuente: Autor

#### 4.4.1 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.

## 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 Quitoya 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, esto 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.

## RECOMENDACIONES

- Todo sistema electrónico está sujeto a fallas eléctricas, daño por caídas, deterioro, mal uso del mismo, así que se recomienda que solo el personal calificado o capacitado manipule el sistema.
- El sistema es removible, no necesariamente debe estar en la locomotora día y noche, viéndolo de este modo al ser un sistema móvil se lo puede instalar cuando se lo necesite.
- Ya que el sistema envía los datos a la internet mediante GPRS, se recomienda verificar que la aplicación web este recibiendo datos en la interfaz gráfica. Caso contrario verificar conexión a la fuente de energía o recargas de saldo realizadas.
- En cuanto a la aplicación web, se recomienda ante algún problema en la interfaz como retardos excesivos en la entrega de datos, visualización nula del monitoreo verificar la conexión a internet o llamar al personal calificado o capacitado para tratar de arreglar el daño si existiera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACCERTOS. (2013). *Diseño de páginas web, El lenguaje HTML*. España: SLU.
- ACCUDICY. (31 de Marzo de 2015). [http://www.accudiy.com/download/HC-SR04\\_Manual.pdf](http://www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf).  
Obtenido de ELECTRONILAB: [http://www.accudiy.com/download/HC-SR04\\_Manual.pdf](http://www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf)
- Andersson, C. (s.f.). *GPRS y Aplicaciones Inalambricas 3G*. New York: Wiley Computer Publishing.
- arduino.cc. (2015). *Arduino user projects*.
- 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>
- Atelin, P. (2006). *Redes Informáticas: Conceptos Fundamentales*. Barcelona: Recusros Informáticos.
- Bolivar, U. S. (17 de Junio de 2015). *Redes de Computadoras II*. Obtenido de <http://ldc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupos/G2/>
- ByetHost. (30 de Abril de 2015). *Hosting*. Obtenido de <https://byethost.com/index.php/free-hosting>
- Caivano, R. (2009). *Utilización de la WEB 2.0 para aplicaciones educativas*. EDUVIN.
- Castañeda, Y. (8 de Julio de 2015). *SLIDESHARE - EL SONIDO*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/profmat58/el-sonido-14>
- Cobo, A., Gomez, P., & Perez, D. (2005). *PHP y MYSQL: Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web*. España: Díaz de Santos.
- 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/>
- España, M. (2003). *Servicios Avanzados de Telecomunicaciones*. España: Diaz de Santos.
- FerrocarrilesEcuador. (8 de Abril de 2015). Dimensiones Locomotora a Vapor. (L.S, Entrevistador)
- FerrocarrilesEcuador. (22 de Mayo de 2015). Monitoreo Manual. (S.L, Entrevistador)
- FILEZILLA. (1 de Mayo de 2015). *The Free FTP solution*. Obtenido de <https://filezilla-project.org/>
- Flotante, P. (7 de Junio de 20015). *Mini Core SIM900*. Obtenido de <http://www.puntoflotante.net/MINI-CORE-SIM900-GSM-GPRS-QUAD-BAND.htm>
- FREAKS, E. (5 de Junio de 2015). *Ultrasonic Ranging Module HC-SR04*. Obtenido de <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>

- Garcia, P., Hidalgo, M., & Muñoz, J. (2013). *Practicas con ARDUINO*. EDUBASICA.
- Geoff, S., Lionel, T., & Manfred, R. (2003). *GPRS NETWORKS*. Inglaterra: WILEY.
- González, E. (15 de Junio de 2015). *Aprender a Programar*. Obtenido de [http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com\\_content&id=492:i-que-es-php-y-ipara-que-sirve-un-potente-lenguaje-de-programacion-para-crear-paginas-web-cu00803b&Itemid=193](http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&id=492:i-que-es-php-y-ipara-que-sirve-un-potente-lenguaje-de-programacion-para-crear-paginas-web-cu00803b&Itemid=193)
- Gralla, P. (2007). *Como Funcionan las redes inalámbricas*.
- Harri Holma, A. T. (2006). *HSDPA/HSUPA fo UMTS*. Inglaterra: WILEY.
- Heurtel, O. (2011). *PHP 5.3: Desarrollar un sitio web dinamico e interactivo*. Barcelona - España: ENI.
- Heurtel, O. (2014). *PHP5.5: Desarrollo de un sitio web dinámico e interactivo*. Barcelona: Recursos Informáticos.
- <http://www.arduino.cc/>. (12 de Marzo de 2015). <http://www.arduino.cc/>. Obtenido de ARDUINO: <http://www.arduino.cc/>
- ICOMSAT. (30 de Marzo de 2015). <http://blog.iteadstudio.com/sim900-gprs-shield-icomsat-preview/>. Obtenido de <http://blog.iteadstudio.com/sim900-gprs-shield-icomsat-preview/>: <http://blog.iteadstudio.com/sim900-gprs-shield-icomsat-preview/>
- InstitutoNacionaldePatrimonioCultura. (Junio de 2015). *Instituto Nacional de Patrimonio Cultura*. Obtenido de <http://noafectacionpatrimonial.inpc.gob.ec/manual/MANUAL-USUARIO-EXTERNO.pdf>
- Lempiainen, J., & Manninen, M. (2002). *Radio Interfaces System Planning for GSM/GPRS/UMTS*. Estados Unidos: Kluwer Academic.
- Llanos, D. (2010). *Fundamentos de Informática y Programación en C*. España: Paraninfo.
- Luan. (16 de Mayo de 2015). *forum.arduino*. Obtenido de <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=116867.0>
- Martín, C., & García, M. (2009). *Automatismo Industrial*. EDITEX.
- Minera, F. (2010). *PHP6: Sitios dinámicos con el lenguaje mas robusto*. Argentina: Fox Andina.
- Mora, S. L. (2001). *Programación en Internet: Clientes WEB*. España: Universidad de Alicante.
- Moya, J. M. (2006). *Redes y Servicios de Telecomunicaciones*. Paraninfo.
- Muñoz, D. (2002). *Sistemas Inalámbricos de Comunicación Personal*. Mexico: MARCOMBO.
- Muñoz, H. N. (2006). *Manual Practico: Derecho a las telecomunicaciones*. España: LegalLink.
- MYSQL. (Miercoles de Abril de 2015). *MySQL.com*. Obtenido de <http://www.mysql.com/products/enterprise/em.html>: <http://www.mysql.com/products/enterprise/em.html>
- Niño, J. (2010). *Aplicaciones WEB*. EDITEX.
- Pallás, R. (2003). *Sensores y acondicionadores de señal*. España: MARCOMBO.

- ROBOTSHOP. (1 de Abril de 2015). <http://www.robotshop.com/media/files/PDF/gprs-shield-sld33149p.pdf>. Obtenido de Robots to Build & Experiment:  
<http://www.robotshop.com/media/files/PDF/gprs-shield-sld33149p.pdf>
- Rodríguez, M. (8 de Junio de 2015). *USAID*. Obtenido de  
[http://www.pasca.org/userfiles/M1\\_T7\\_RODRIGUEZ\\_PA.pdf](http://www.pasca.org/userfiles/M1_T7_RODRIGUEZ_PA.pdf)
- Ruiz, A., & Molina, J. (2011). *Automatización y Telecontrol de sistemas de riego*. Barcelona: MARCOMBO.
- 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/>
- SOTERMIC. (8 de Junio de 2015). *SOTERMIC*. Obtenido de <http://www.sotermic.cl/valvulas-vapor-trampas/equipamiento-para-vapor/sensor-de-conductividad/>
- Stuckmann, P. (2003). *The GSM Evolution: Mobile Packet Data Services*. Inglaterra: WILEY.
- VERTICE, S. (2010). *Técnicas Avanzadas de Diseño WEB*. España: Vertica Publicaciones.

## GLOSARIO

**Capacidad:** Es la propiedad que tienen los cuerpos para mantener una carga eléctrica.

**Galones:** Es una unidad de volumen que se emplea para medir volúmenes de líquidos.

**GPRS:** Es un servicio general de paquetes vía radio usado para la transferencia de datos en redes celulares.

**GSM:** Es un sistema global para las comunicaciones Móviles, es el sistema de teléfono móvil digital más utilizado y el estándar de facto para teléfonos móviles en Europa.

**Hosting:** El alojamiento web es el servicio que provee a los usuarios de Internet un sistema para poder almacenar información, imágenes, vídeo, o cualquier contenido accesible vía web.

**INDEX:** Es la página principal del dominio al cual se accede, lo que se ve en primer lugar a la hora de acceder a ese nombre de dominio.

**Pulgadas:** La pulgada es una unidad de longitud que se utiliza principalmente en los sistemas de unidades de medida británico y de EE.UU., y representa 1/12 de un pie y 1/36 de una yarda.

**UART:** Transmisor-Receptor Asíncrono Universal, es el dispositivo que controla los puertos y dispositivos serie. Se encuentra integrado en la placa base o en la tarjeta adaptadora del dispositivo.

**Ultrasonido:** Es una onda acústica o sonora cuya frecuencia está por encima del umbral de audición del oído humano (aproximadamente 20.000 Hz).

**URL:** Es la ruta que se encuentra en la caja de texto ubicada en la barra de navegación del navegador, sirve para ubicar de manera precisa en un servidor

**Velocidad:** Relación que se establece entre el espacio o la distancia que recorre un objeto y el tiempo que invierte en ello.

**Voltaje:** Es una comparación de la energía que experimenta una carga entre dos ubicaciones.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### INICIO DE SESIÓN PHP

```
<html>
```

```
//Titulo de la Página
```

```
<title>SISTEMA DE MONITOREO</title>
```

```
//Se añade un icono en la vista de la página
```

```
<link rel="shortcut icon" href="http://ferrocarriles.byethost4.com/tren.ico" />
```

```
//Se añade un fondo a la página
```

```
<BODY BACKGROUND="sfondo.gif">
```

```
//Se añade una imagen con parámetros como altura, ancho, posición y estilo.
```

```

```

```
//Se añade una forma de estilo HTML, es un formato al que se ajustan los objetos en
la pantalla.
```

```
<STYLE type="text/css">
```

```
//Denota la posición y márgenes generales
```

```
.layer1 {
```

```
    position:absolute; margin-left:230px; margin-top:0px;
```

```
}
```

//Denota el fondo en pantalla con un degradado, además de altura, ancho, etc.

```
.layer2 {  
    background: linear-gradient(brown, white, brown);  
    position:absolute; margin-left:230px; margin-top:0px;  
    padding: 110px;  
    width: 700px;  
    height: 800px;  
    box-shadow:0px 0px 20px black;  
}  
  
.layer3 {  
    position:absolute; margin-left:1000px; margin-top:0px;  
}  
  
.top {  
    position: fixed;  
    width:100%;  
    top:0;  
    left:0;  
    opacity:.75;  
    -moz-opacity:.75;  
    filter:alpha(opacity=75);  
    background-image: url(tren_institucional.jpg);  
    background-repeat: repeat;  
}
```

```
</STYLE>
```

```
<div class="layer2">
```

```
<img height="350" width="0" style="border:5" alt="" />
```

```
</div>
```

```
<div class="layer1">
```

```

```

```
</div>
```

```
<div class="layer3">
```

```

```

```
</div>
```

```
//Lenguaje PHP para ejecutar sentencias SQL
```

```
<?php
```

```
//Inicia la sesión de usuario
```

```
session_start();
```

```
//Se conecta a la base de datos
```

```
include_once "conexion.php";
```

```
//Función generada para registrarse con su usuario y clave
```

```
function verificar_login($user,$password,&$result) {
```

```
$sql = "SELECT * FROM usuarios WHERE usuario = '$user' and password =  
'$password'";
```

```
$rec = mysql_query($sql);
```

```
$count = 0;
```

```
while($row = mysql_fetch_object($rec))
```

```
{
```

```
    $count++;
```

```
    $result = $row;
```

```
}
```

```
if($count == 1)
```

```
{
```

```
    return 1;
```

```
}
```

```
else
```

```
{
```

```
    return 0;
```

```
}
```

```
}
```

```
if(!isset($_SESSION['userid']))
```

```
{
```

```
    if(isset($_POST['login']))
```

```
{  
    if(verificar_login($_POST['user'],$_POST['password'],$result) == 1)  
    {  
        $_SESSION['userid'] = $result->idusuario;  
        header("location:usuario.php");  
    }  
    else  
    {  
        echo '<div class="error">Su usuario es incorrecto, intente  
nuevamente.</div>';  
    }  
}  
?>
```

```
<style type="text/css">
```

```
*{  
    font-size: 14px;  
}  
form.login {  
    background: none repeat scroll 0 0 #F1F1F1;  
    border: 1px solid #DDDDDD;  
    font-family: sans-serif;  
    margin: 0 auto;  
    padding: 20px;  
    width: 278px;
```

```
    box-shadow:0px 0px 20px black;

    border-radius:10px;

    position:absolute; margin-left:500px; margin-top:0px;

    top:30px;
}

form.login div {

    margin-bottom: 15px;

    overflow: hidden;
}

form.login div label {

    display: block;

    float: left;

    line-height: 25px;
}

form.login div input[type="text"], form.login div input[type="password"] {

    border: 1px solid #DCDCDC;

    float: right;

    padding: 4px;
}

form.login div input[type="submit"] {

    background: none repeat scroll 0 0 #DEDEDE;

    border: 1px solid #C6C6C6;

    float: right;

    font-weight: bold;
```

```

padding: 4px 20px;
}
.error{
color: red;
font-weight: bold;
margin: 10px;
text-align: center;
}
</style>

<form action="" method="post" class="login">
    <div align="center"><b><h3>INGRESO AL SISTEMA</h3></b></div>
    <div><label>Usuario</label><input name="user" type="text" ></div>
    <div><label>Contraseña</label><input name="password"
type="password"></div>
    <div><input name="login" type="submit" value="Ingresar"></div>
    <div><label><b>Usuario de Monitoreo</b></label>

</form>

<?php
} else {
    //echo 'Su usuario ingreso correctamente.';
    //echo '<a href="logout.php">Logout</a>';
    header('Location: monitoreo.php');
}
?>

```

</html>

## ABRIR CONEXIÓN PHP

<?php

// Parámetros a configurar para la conexión de la base de datos

\$hotsdb = "sql212.byethost4.com"; // Host de la base de datos

\$basededatos = "b4\_15951688\_monitor"; // valor de nuestra BD

\$usuariodb = "b4\_15951688"; // Nombre de usuario de la base de datos

\$clavedb = "monitoreo"; // Clave de la base de datos

\$tabla\_db1 = "ledStatus"; // Tabla que existe en la base de datos

//Conexión a la base de datos

\$conexion\_db = mysql\_connect("\$hotsdb","\$usuariodb","\$clavedb")

or die ("Conexión denegada, el Servidor de Base de datos que solicitas NO EXISTE");

    \$db = mysql\_select\_db("\$basededatos", \$conexion\_db)

    or die ("La Base de Datos <b>\$basededatos</b> NO EXISTE");

?>

## ANEXO 2

### PHP INDEX GRAFICO

```
<html>
<head>
<title>Variables de Monitoreo</title>
<link rel="shortcut icon" href="http://ferrocarriles.byethost4.com/tren.ico">
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="theme/style.css" />
<script language="javascript" type="text/javascript" src="flot/jquery.js"></script>
</head>
<body>
<div id="bound">
<div id="header"></div>
<div id="box">
<div id="topd">
<div id="title">VARIABLES DE MONITOREO</div>
<div id="menu"></div>
</div>
<div id="maintext">
<div class="data"></div>
<p style='font-size:11px;' class="inc"></p>
```



```

}

else

{

var mydata = JSON.parse(data);          //Convierte la cadena en matriz

for (var z in mydata)                    //recorrido de todas las variables

{

var vname = mydata[z][0];                //se obtiene el nombre

var vtime = mydata[z][1];                //se obtiene en tiempo

var vval = mydata[z][2];                 //se obtiene el nivel

htmlstr +=                               //se añade una cadena HTML

"<div id=variablebox >"

    "<table border='0'>"

    "<tr style='font-size:11px;font-weight: bold; '>"

    "<th align =left >Variable de Monitoreo:</th>"

    "<th align =left>Ultima Fecha Actualizada: </th>"

    "<th align =left>Ultimo Valor Monitoreado: </th>"

    "<th align =left>GRAFICO: </th>"

    "</tr><tr>"

    "<td width='200'>"+vname+"</td>"

    "<td width='300'>"+vtime+"</td>"

    "<td width='150'>"+vval+"</td>"

    "<td><a href='graph.php?table="+vname+"'>VER</a>"

    "</tr></table></div>";

}

```

```
    }  
    $('.data').html(htmlstr);           //Se actualiza la posición del dato  
    }  
});  
inc++;                                 //Contador de número de recargas  
$('.inc').html("Actualizaciones "+inc); //Imprime número de recargas  
setTimeout(fetchData, 2000);         //bucle  
}  
});  
</script>  
</div>  
</div>  
<div id="footer"></div>  
</div>  
</body>  
</html>
```

## PHP GET INDEX

```

<?php
// 1) Cargar a la base de datos

$lines = file('database.config');

$lines = str_replace(" ", "", $lines);

$sex_line = explode(':', $lines[0]); $host = $sex_line[1];
$sex_line = explode(':', $lines[1]); $user = $sex_line[1];
$sex_line = explode(':', $lines[2]); $pass = $sex_line[1];
$sex_line = explode(':', $lines[3]); $name = $sex_line[1];
include 'DB.php';

$con = mysql_connect($host, $user, $pass);
$db = mysql_select_db($name, $con);
// Función para obtener la variable nombre

function getValue($varName)
{
    $result = mysql_query("SELECT * FROM $varName ORDER BY time DESC
LIMIT 1");
    $array = mysql_fetch_array($result);
    $value = $array['data'];
    return $value;
}

// Función para obtener la variable time

function getTime($varName)
{
    $result = mysql_query("SELECT * FROM $varName ORDER BY time DESC
LIMIT 1");

```



## PHP POST

```
<?php

// Publicar datos

// Conexión a la base de datos

$lines = file('database.config');

$lines = str_replace(" ", "", $lines);

$sex_line = explode(':', $lines[0]); $host = $sex_line[1];

$sex_line = explode(':', $lines[1]); $user = $sex_line[1];

$sex_line = explode(':', $lines[2]); $pass = $sex_line[1];

$sex_line = explode(':', $lines[3]); $name = $sex_line[1];

include 'DB.php';

$con = mysql_connect($host, $user, $pass);

$db = mysql_select_db($name, $con);

// Recupera la cadena JSON

$json = $_GET["json"];

$json = str_replace(chr(92), "", $json);

//Pass en JSON

//$json =

'{"house1": "502.5", "house1": "0.31", "power": "121.1", "rpm": "333.1", "life": "32.1"}';
```

```
$result = mysql_query("INSERT INTO dump (dump) VALUES ('$json'); //Lugar en
los registros para solucionar problemas
```

```
    $json = str_replace('"', "", $json); //Elimina caracteres como comillas
```

```
    $json = str_replace('{', "", $json); //Remueve caracteres de inicio JSON
```

```
    $json = str_replace('}', "", $json); //Remueve caracteres de fin JSON
```

```
    $datapairs = explode(",", $json); // Separa cadenas JSON en pares
de datos individuales
```

```
    //Realiza para todos los pares
```

```
    foreach ($datapairs as $datapair)
```

```
{
```

```
$datapair = explode(":", $datapair);
```

```
    $key_plus_timeoffset = $datapair[0];
```

```
    $value = $datapair[1]; //Obtiene los valores
```

```
    $key_plus_timeoffset = explode("-", $key_plus_timeoffset);
```

```
    $key = $key_plus_timeoffset[0];
```

```
    $timeoffset = $key_plus_timeoffset[1]; //Obtener compensación de
tiempo
```

```
echo ".";
```

```
    //Compruebe si la variable ya ha sido registrado
```

```
$result = mysql_query("SELECT * FROM variables WHERE name='$key'");
```

```
    $array = mysql_fetch_array($result);
```

```
    //$time = time()-$timeoffset-3600; //Tiempo actual
```

```
    $time = time()-$timeoffset;
```

```
$time = date("Y-n-j H:i:s", $time); //Covierte a un formato de Fecha
```

```
// Si la variable se ha registrado -> actualizar nuevo valor
```

```

if ($array)
{
    echo "ok";

    //Proceso acumulativo

    if ($array['accum']==1) //Si la variable se ha acumulado
campo marcado
{
    $result = mysql_query("SELECT * FROM monitoreo ORDER BY time DESC
LIMIT 1"); // Obtiene el ultimo valor

    $array = mysql_fetch_array($result);
$value = $value + $array['data']; //Se añade un valor al último
}

    $result = mysql_query("INSERT INTO monitoreo (time,data) VALUES
('$time','$d')"); }

// Si la variable no se ha registrado -> valor del registro,

//          Crear la tabla de datos para la variable

//          Actualiza el Nuevo valor

else

{
echo "ok";

    $result = mysql_query("INSERT INTO variables (name) VALUES ('$key')");
    $result = mysql_query("CREATE TABLE $key (time DATETIME , data FLOAT)");
    $result = mysql_query("INSERT INTO $key (time,data) VALUES ('$time','$d')");
}

```

```
}
?>
```

## ANEXO 3

### MONITOREO PHP

```
<HTML>
```

```
<HEAD>
```

```
<TITLE>Usuario Registrado</TITLE>
```

```
<link rel="shortcut icon" href="http://ferrocarriles.byethost4.com/tren.ico" />
```

```
<BODY BACKGROUND="sfondo.gif">
```

```

```

```
//Se añade estilo a la página
```

```
<STYLE type="text/css">
```

```
.layer1 {
```

```
    position:absolute; margin-left:230px; margin-top:0px;
```

```
}
```

```
.layer2 {
```

```
background: linear-gradient(brown, white, brown);
position:absolute; margin-left:230px; margin-top:0px;
padding: 110px;
width: 700px;
height: 800px;
box-shadow:0px 0px 20px black;
}
.top {
    position: fixed;
    width:100%;
    top:0;
    left:0;
    opacity:.75;
    -moz-opacity:.75;
    filter:alpha(opacity=75);
    background-image: url(tren_institucional.jpg);
    background-repeat: repeat;
}
.layer3 {
    position:absolute; margin-left:1000px; margin-top:0px;
}
</STYLE>

<div class="layer2">
```

```
<img height="350" width="0" style="border:5" alt="" />
```

```
</div>
```

```
<div class="layer1">
```

```

```

```
</div>
```

```
<div class="layer3">
```

```

```

```
</div>
```

```
</HEAD>
```

```
<BODY>
```

```
<div style="position:absolute; top:80px;left:500px;">
```

```
<h1>SISTEMA DE MONITOREO</h1>
```

```
</div>
```

```
<P>
```

```
<input type="button" value="MONITOREO" title="Pulse este botón para observar el estado de monitoreo del nivel de agua en la locomotora gráficamente"
```

```
style="Position:Absolute; left:400px; top:250px;
```

```
display:block;width:200px;height:100px;border-radius:50px;font-
```

```
size:20px;color:#fff;line-height:100px;text-align:center;background:#000;"
```

```
target="_blank" onclick="window.open('marco.php', this.target,
```

```
'width=1350,height=450'); return false;"></a>
```

```
</P>
```

```
</P>
```

```
<input type="button" value="GUARDAR" title="Pulse este botón para almacenar el
monitoreo realizado" style="Position:Absolute; left:800px; top:250px;
display:block;width:200px;height:100px;border-radius:50px;font-
size:20px;color:#fff;line-height:100px;text-align:center;background:#000;"
target="_blank" onclick="window.open('guardar_fecha.php', this.target,
'width=1350,height=500'); return false;"></a>
```

```
<P>
```

```
<P>
```

```
<input type="button" value="BUSCAR" title="Pulse este botón para buscar y graficar
los registros almacenados del monitoreo" style="Position:Absolute; left:400px;
top:450px; display:block;width:200px;height:100px;border-radius:50px;font-
size:20px;color:#fff;line-height:100px;text-align:center;background:#000;"
target="_blank" onclick="window.open('form_consulta.php', this.target,
'width=1350,height=500'); return false;"></a>
```

```
</P>
```

```
<form action="logout.php" method="post">
```

```
<p><input type="submit" value="CERRAR SESION" title="Pulse el botón para salir
del sistema de monitoreo" style="Position:Absolute; left:800px; top:450px;
display:block;width:200px;height:100px;border-radius:50px;font-
size:20px;color:#fff;line-height:100px;text-align:center;background:#000;"
name="B1"></p>
```

```
</form>
```

```
<p>
```

```
<input type="button" value="Editar Perfil" title="Pulse el botón para cambiar su
usuario y clave de acceso" style="Position:Absolute; left:0px; top:20px;
display:block;width:200px;height:50px;border-radius:10px;font-
size:20px;color:#fff;line-height:10px;text-align:center;background:#c5a3a3;"
target="_blank" onclick="window.open('form1.php', this.target,
'width=1350,height=550'); return false;"></a>
```

```
</p>
```

```
</BODY>
```

```
</HTML>
```

## **ANEXO 4**

### **GUARDAR\_FECHA**

```
<!doctype html>
```

```
<html lang="en">
```

```
<head>
```

```
<meta charset="utf-8">
```

```
<title>Guardar Registros</title>
```

```
<BODY BACKGROUND="sfondo.gif">
```

```
<link rel="stylesheet" href="//code.jquery.com/ui/1.11.4/themes/smoothness/jquery-  
ui.css">
```

```
<script src="//code.jquery.com/jquery-1.10.2.js"></script>
```

```
<script src="//code.jquery.com/ui/1.11.4/jquery-ui.js"></script>
```

```
<link rel="stylesheet" href="/resources/demos/style.css">
```

```
<script>
```

```
$(function() {
```

```
    $( "#datepicker" ).datepicker();
```

```
});
```

```
</script>
```

```
</head>
```

```
<body>
```

```
<p><h1>Sistema de Almacenamiento</h1></p>
```

```
<form name="consulta1" action="crear_tabla.php" method="post">
```

```
  <input type="text" id="datepicker" name="nombre_tabla">
```

```
  <input type="submit" value="Aceptar">
```

```
</form>
```

```
</body>
```

```
</html>
```

## ANEXO 5

### FORM\_CONSULTA

```
<!doctype html>
<html lang="en">
<head>
<meta charset="utf-8">
<title>REGISTROS</title>
<BODY BACKGROUND="sfondo.gif">
<h1>Búsqueda de Registros</h1>
<link rel="stylesheet" href="//code.jquery.com/ui/1.11.4/themes/smoothness/jquery-
ui.css">
<script src="//code.jquery.com/jquery-1.10.2.js"></script>
<script src="//code.jquery.com/ui/1.11.4/jquery-ui.js"></script>
<link rel="stylesheet" href="/resources/demos/style.css">
<script>
$(function() {
    $( "#datepicker" ).datepicker();
```

```
});  
</script>  
</head>  
<body>  
  
<p>Tabla de Consulta: </p>  
  
<form name="consulta1" method="post" action="ejecuta.php">  
    <input type="text" id="datepicker" name="codigo">  
    <input type="submit" value="Aceptar">  
</form>  
</body>  
</html>
```

## ANEXO 6

### PHP GRAFICO\_EMERGENTE

```
<?php
$monitor = $_POST["input1"];

//Se añade las librerías JPGRAPH
include ("jpgraph/inc/jpgraph.php");
include ("jpgraph/inc/jpgraph_line.php");

//Enlace a la base de datos
$link = @mysql_connect("sql212.byethost4.com", "b4_15951688","monitoreo");
@mysql_select_db("b4_15951688_monitor", $link);

$com = mysql_query("SELECT Color FROM
`b4_15951688_monitor`.`$monitor`",$link);

$ydata = array(0);
for($x=-1;$x<mysql_num_rows($com);$x++){
array_push($ydata, mysql_result($com,$x,0));
}
```

```
// Se crea el gráfico

$graph = new Graph(1300,300,"auto");

$graph->SetScale("textlin");

$graph->img->SetAntiAliasing();

$graph->xgrid->Show();

// Crea la gráfica lineal

$lineplot=new LinePlot($ydata);

$lineplot->SetColor("blue");

$lineplot->SetWeight(2);

//$lineplot->SetLegend("Pedidos");

// Configuración de márgenes y títulos

$graph->img->SetMargin(40,20,20,40); //Márgenes Grafico

$graph->title->Set("Sistema de Monitoreo Almacenado");

$graph->xaxis->title->Set("Tiempo");

$graph->yaxis->title->Set("Nivel Agua");

$graph->ygrid->SetFill(true,'#EFEFEF@0.6','#F9BB64@0.6');

$graph->SetShadow();

// Añade la gráfica lineal a la figura

$graph->Add($lineplot);

// Muestra la gráfica
```

```
$graph->Stroke();
```

```
?>
```

## **ANEXO 7**

### **LOGOUT PHP**

```
<?php
```

```
    session_start();
```

```
unset($_SESSION["userid"]);
```

```
unset($_SESSION["login"]);
```

```
    session_destroy();
```

```
    header('location: index.php');
```

```
exit;
```

```
?>
```

## ANEXO 8

### PROGRAMACIÓN SOBRE ARDUINO

En base a la programación sobre ARDUINO y los parámetros antes mencionados se puede generar un código capaz de leer la distancia que corresponde al nivel de agua que existe en el tanque y enviarlo a través de la red celular mediante GPRS hacia el servidor de almacenamiento en la red.

A continuación se muestra el código de programación realizado en ARDUINO con referencia al diagrama de flujo mostrado anteriormente.

Como primera parte se añaden las librerías necesarias de comunicación serial para que trabaja el módulo GSM/GPRS con ARDUINO.

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

Ahora se definen los pines que realizaran el monitoreo por medio del sensor ultrasónico, además se declaran variables de cálculo operacional para realizar las mediciones del nivel de agua existente, la referencia de este código se muestra en el diagrama de flujo con el número 1.

```
#define ECHO 12    // Pin para recibir el pulso de eco
```

```
#define TRIGGER 13 // Pin para enviar el pulso de disparo

SoftwareSerial SIM900(7, 8); // Configuración de pines para comunicación serial

unsigned int tiempo, distancia; //Variables de medición.

double pulgadas, galones; //Variables de medición.
```

En esta sección del código es en donde se configuran los pines como entrada y salidas, además del uso de la velocidad de trabajo de ARDUINO con el módulo GSM/GPRS. También forma parte del diagrama de flujo numeral 2 al añadir un retardo para que todo el sistema tenga el tiempo suficiente para comenzar el proceso de monitoreo.

```
void setup() {

  SIM900.begin(9600); //Velocidad de Trabajo módulo GSM/GPRS

  Serial.begin(9600); // Velocidad de Trabajo Comunicación serial

  pinMode(ECHO, INPUT); //PIN ECHO como entrada

  pinMode(TRIGGER, OUTPUT); //PIN TRIGGER como salida

  delay(10000); //Tiempo de inicio de 10 segundos

}
```

En la sección de bucle del programa es en donde interviene la programación orientada al sensor, ya que mediante este se realiza el monitoreo en base al envío de pulsos mediante el TRIGGER y recepción de pulsos mediante el ECHO. Esto se referencia en el numeral 3 del diagrama de flujo.

```
void loop() {

  digitalWrite(TRIGGER, LOW); //Pulso en bajo
```

```

delayMicroseconds(2);          //2 Microsegundos de duración
digitalWrite(TRIGGER, HIGH); //Pulso en Alto
delayMicroseconds(10);        //10 Microsegundos de duración
digitalWrite(TRIGGER, LOW);   //Pulso en bajo

```

En referencia al numeral 4 del diagrama de flujo esta es la parte en la que se realizan los cálculos de tiempo, distancia para dar origen a los resultados que se necesitan como son las pulgadas y el nivel del agua representado por un aproximado de los galones existentes en el tanque de la locomotora a vapor.

```

// Calcula la distancia midiendo el tiempo del estado alto del pin ECHO
tiempo = pulseIn(ECHO, HIGH);

// La velocidad del sonido es de 340m/s o 29 microsegundos por centímetro
distancia= tiempo/58; //es 58 al considerar la ida y vuelta del pulso
delay(10); //Retardo
pulgadas=((100-distancia)*(0.39)); //Conversión de centímetros a pulgadas
delay(10); //Retardo
galones=(pulgadas*66.08); //Regla de tres para obtener galones

//manda la distancia al monitor serie
Serial.print(distancia);

Serial.println(" cm"); //Mensaje
delay(100); //Retardo

//manda las pulgadas al monitor serie
Serial.print(pulgadas);

```

```

Serial.println(" pul");    //Mensaje
delay(100);              //Retardo

//manda los galones al monitor serie

Serial.print(galones);

Serial.println(" gal");    //Mensaje

delay(100);              //Retardo

```

Ahora, en el numeral 5 del diagrama de flujo anterior, está la condición para nivel crítico de agua en el tanque. Así que en esta sección se realiza una sentencia la cual en base al nivel monitoreado alertará o no si existe un nivel de agua crítico y enviara un mensaje de alerta al operador de la locomotora.

```

//Condición para generar alerta con mensaje de texto ante nivel bajo de agua

if(galones<950)

{

//Envío de mensaje de texto

SIM900.print("AT + CMGS = \"0992315157\");

    delay(100);

SIM900.println("Verificar el nivel de agua. Puede tener un nivel de agua bajo");

    delay(100);

    SIM900.println((char)26);    //Termina el mensaje con Ctrl+Z, ASCII código 26

    delay(100);

    SIM900.println();

    delay(5000);                // Tiempo para que el módulo envíe el SMS

}

```

En referencia al numeral 6 del diagrama de flujo, en esta sección del código se realiza la configuración de la conexión GPRS

```
SIM900.println("AT+CREG?"); //
```

```
  delay(100);
```

```
  //ShowSerialData();
```

```
  Serial.println(" AT+CREG?");
```

```
SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\",\"GPRS\"); //Configuración los
parámetros para usar la red GPRS
```

```
  delay(1000); //Retardo
```

```
  //ShowSerialData();
```

```
//Se configure el nombre del punto de acceso a la red.
```

```
SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"internet.movistar.com.ec\");
```

```
delay(1000); //Retardo
```

```
  //ShowSerialData();
```

```
  //Configuración de usuario
```

```
SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"USER\",\"movistar\");
```

```
delay(1000); //Retardo
```

```
  //ShowSerialData();
```

```
SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"PWD\",\"movistar\"); //Configuración de
contraseña
```

```
  delay(1000); //Retardo
```

```
//ShowSerialData();
```

```
SIM900.println("AT+SAPBR=1,1");//Comprobación de parámetros
```

```
delay(1000); //Retardo
```

```
//ShowSerialData();
```

Una vez realizada la configuración de los parámetros para abrir la conexión GPRS se procede a iniciar la conexión HTTP para el envío de datos a través de GPRS. Esto se lo representa en el diagrama de flujo en el numeral 7. Una vez terminado el envío de datos de monitoreo, se cierra la sesión HTTP.

```
SIM900.println("AT+HTTPINIT");//Inicializa la solicitud HTTP
```

```
delay(1000); //Retardo
```

```
//ShowSerialData();
```

//Envío de la medición de galones de agua mediante la red GPRS

```
SIM900.print("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://ferrocarriles.byethost4.com/prueba.p  
hp?pir=1&tem=");//Envío de la medición de galones de agua mediante la red GPRS
```

```
SIM900.print(galones);
```

```
SIM900.println("");
```

```
delay(1000); //Retardo
```

```
SIM900.println("AT+HTTPACTION=0");//Aceptación de la solicitud
```

delay(2000); //Este retardo es muy importante, este retardo está basado en la devolución desde el sitio web, si el retorno de datos es muy largo, el tiempo requerido debe ser mayor.

```
SIM900.println("AT+HTTPTERM");// Termina la sesión http  
delay(300);      //Retardo  
}
```

## **ANEXO 9**



### **GUIA DE USO HARDWARE**

#### ***SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE AGUA (SMNA)***

##### **Introducción**

El sistema SMNA es un sistema diseñado para realizar el sensado del nivel de agua en una locomotora a vapor, mediante una interfaz web se puede visualizar el nivel de agua existente a lo largo de su ruta de trabajo.

##### **Instalación SMNA**

El sistema está compuesto de dos partes:

1. Módulo de sensado del Nivel de agua
2. Módulo de envío de datos

El Modulo de sensado básicamente contiene un sensor que funciona por ultrasonido el cual mide el nivel del agua y se muestra en la siguiente figura.



Figura a. Módulo de sensado del nivel de agua

Este a su vez consta de un puerto USB tipo B para la conexión del módulo de sensado con el módulo de envío de datos.



Figura b. Cable de datos

El módulo de envío de datos está dentro de una caja y consta de dos dispositivos electrónicos (ARDUINO y GPRS SIM900) y una placa extra (placa para conexión de cable USB) conectados entre sí.

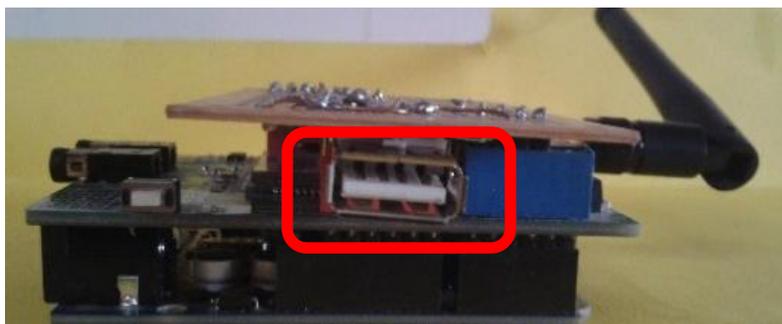


Figura c. Placas ARDUINO, GPRS SIM900 y Placa USB

Este módulo se alimenta con una batería de LIPO y se enciende mediante un interruptor situado en la parte externa de la caja como se muestra en la figura.



Figura d. Módulo de envío de datos

Para la verificación de que el sistema este encendido se debe observar un led indicador de color verde el cual demuestra que el sistema está en funcionamiento.



Figura e. Sistema SMNA encendido

Además este sistema tiene dos cable los cuales sirven para cargar la batería, basta con cargar la batería entre 2 y 3 horas.



Figura f. Cables para cargar la batería

El módulo de sensado de nivel de agua se instala en la compuerta del TENDER de la locomotora a vapor.



Figura g. Instalación Modulo de Sensado

Contiene tornillos para agarrarse de mejor manera a la malla de la compuerta.

El módulo de envío de datos se puede colocar en un lugar cercano que no exceda la medida del cable de datos.



## GUIA DE USO SOFTWARE

### INTERFAZ GRÁFICA WEB PARA EL SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE AGUA SMNA

#### Introducción

La interfaz web muestra los datos o niveles de agua enviados por el sistema SMNA mediante un gráfico que se actualiza cada que reciba un datos.

#### Pasos para acceder al monitoreo web

Se debe ingresar a la dirección web <http://ferrocarriles.byethost4.com/>



Figura a. Interfaz de inicio – monitoreo web

A continuación debe ingresar con el nombre de usuario y contraseña otorgados por el administrador del sitio web.

Una vez dentro del sistema se tiene varios botones de uso destinados al monitoreo.



Figura b. Sistema de monitoreo WEB

Para realizar un nuevo monitoreo o continuar con uno existente se debe presionar el botón MONITOREO y escoger una de las dos opciones, después buscar el link VER y presionarlo.

La siguiente ventana debe mostrar los datos que llegan desde el sistema SMNA a la WEB.



Figura c. Grafica de Monitoreo

Una vez que el monitoreo termine se exporta el grafico mediante el link EXPORTAR GRÁFICA y se lo guarda en formato PDF para tenerlo internamente.

Ahora, se cierra la ventana de monitoreo y se dirige a la ventana principal para buscar el botón GUARDAR y se lo presiona.



Figura d. Sistema de monitoreo WEB

Para guardarlo se debe especificar la fecha de monitoreo y se acepta. Con esto se puede almacenar en la Internet para que el personal autorizado lo solicite cuando lo necesite.



Figura e. Ventana de Almacenamiento

Para acceder a los valores de monitoreo almacenados se ingresa desde la página principal, se busca el botón BUSCAR y se lo presiona.

Este botón despliega una ventana para buscar los registros almacenados por fecha.



Figura f. Ventana de búsqueda de datos

En el cuadro de texto se ingresa la fecha en la que se realizó el monitoreo de los niveles de agua y se presiona el botón BUSCAR.

| 2389                   | 2390                   | 2387                   | 2382                   | 2396                   | 2395                   | 2395                   | 2397                   | 2383                   | 2399                   | 2391                   | 2392                   | 2371                   | 2376                   | 2370                   | 2388                   | 2394                   |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 2015-12-08<br>11:16:17 | 2015-12-08<br>11:15:57 | 2015-12-08<br>11:15:37 | 2015-12-08<br>11:15:16 | 2015-12-08<br>11:15:06 | 2015-12-08<br>11:14:45 | 2015-12-08<br>11:14:25 | 2015-12-08<br>11:14:05 | 2015-12-08<br>11:13:45 | 2015-12-08<br>11:13:24 | 2015-12-08<br>11:13:04 | 2015-12-08<br>11:12:44 | 2015-12-08<br>11:12:24 | 2015-12-08<br>11:12:03 | 2015-12-08<br>11:11:43 | 2015-12-08<br>11:11:23 | 2015-12-08<br>11:11:03 |

**12/08/2015**

Figura g. Ventana de registros estadísticos

Por último, una vez culminado todo el monitoreo se debe cerrar la sesión del sistema de monitoreo y lo redirigirá a la página principal del sistema.



Figura h. Página principal del sistema WEB