



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“CARRETERA INTELIGENTE CON SEÑALÉTICA  
REACTIVA Y ALGORITMO DE TOMA DE DECISIONES  
PARA PROVEER RUTAS ALTERNAS POR CIERRE DE  
VÍAS”

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN TELEMÁTICA**

TORRES MORAN DANNY ALFREDO

VACCARO CEDILLO CHRISTOPHER JAVIER

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primero a Dios quien me ha permitido ver su misericordia cada día en mí, quien me ha dado sabiduría e inteligencia para continuar y culminar mis estudios de pregrado, quien ha sido mi ayudador en todo momento, quien me ha levantado en cada caída y permitido continuar y ha visto por mí para que no me falte nada; Todo se lo debo a Él. De la misma forma, agradezco en gran manera a mis padres y hermanos quienes me han apoyado y comprendido en cada circunstancia académica que me ha tocado vivir; y pues finalmente agradezco infinitamente a todos mis profesores quienes han sido excelentes instructores para formarme como ingeniero.

### **DANNY ALFREDO TORRES MORÁN**

Agradezco a Dios que me dio fuerza y fe para creer lo que parecía imposible terminar, superando muchos obstáculos durante toda mi carrera estudiantil. A mis padres, quienes me brindan su apoyo incondicional y han sido los pilares en mi vida personal y estudiantil, sentando en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación. A mis hermanos que me motivaron en cada momento ser mejor cada día y ser un ejemplo para ellos. A los profesores, personas de gran sabiduría, quienes se han esforzado por ayudarme a llegar a cumplir mis metas profesionales y finalmente a mi familia y amigos por compartir conmigo buenos y malos momentos.

### **CHRISTOPHER JAVIER VACCARO CEDILLO**

## **DEDICATORIA**

Dedico a mis padres Carlos y Maribel porque son los pilares fundamentales en mi vida y han dedicado su esfuerzo, tiempo, paciencia y amor para que ser un excelente profesional, responsable, respetuoso y agradecido siempre con Dios y cumpla las metas propuestas en mi vida, así mismo me han instruido para que mis caminos dependan de DIOS.

A mis abuelos Tomás, Egda, César y Eugenia; quienes me aman mucho, siempre están atentos a mi vida y me tienen en sus oraciones.

A mis cuatro bellos sobrinos Valeria, Daniel, Gabriel y Mateo; quienes alegran mis momentos cada vez que los veo.

### **DANNY ALFREDO TORRES MORÁN**

Dedico a mi padre Oswaldo y mi madre Mercedes por brindarme su amor, paciencia, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por todo su tiempo y esfuerzo dedicado a guiarme por el buen camino y aconsejarme para poder ser una persona con excelentes valores y virtudes.

A mis hermanos Gean, Rosse y Marian quienes me ayudaron a superarme y esforzarme a lo largo de mi vida estudiantil, enseñarme el significado de la tolerancia, humildad y por compartir buenos momentos en los que convivimos.

A mis abuelitos, quienes a pesar de ya no estar con nosotros, están siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.

Y en general a toda mi familia que es lo mejor y más valioso con lo que Dios me ha bendecido.

### **CHRISTOPHER JAVIER VACCARO CEDILLO**

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

**Ing. Washington Velásquez, MSc.**

PROFESOR EVALUADOR

**Ing. Adriana Collaguazo, Msig.**

PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....  
Christopher Javier Vaccaro Cedillo

.....  
Danny Alfredo Torres Moran

## RESUMEN

Debido a la problemática tecnológica que existe hoy en día en nuestro país, en donde los usuarios que viajan a diferentes lugares no tienen conocimiento de la disponibilidad de las vías que transitarán para llegar a su destino, es decir, desconocen si algún tramo está bloqueado o habilitado para transitar.

Por tal razón, se desarrolló un portal web que tiene dos vistas, una vista para que cualquier usuario pueda consultar la disponibilidad de ciertas rutas a transitar; mientras que en la otra vista es para el administrador del sistema, el cual puede controlar y monitorear desde la web algún tipo de suceso notificado que haya ocurrido en ciertas carreteras que son propensas a desastres naturales como deslave y decidir si se mantiene habilitada o en su defecto, cerrar el tramo de la vía que tiene problema.

Para simular la carretera inteligente y la señalética reactiva, se diseñó y construyó una maqueta que tiene ciudades de origen y destino y a su vez, tramos que se adhieren a las mismas. En cada tramo se ubicó sensores ultrasónicos para detectar los obstáculos, así como también hay servomotores y cámaras para el control de giro y visualización de algún suceso presentado; de la misma forma pantallas LCD y led, ubicado al inicio de cada tramo, que reaccionan cuando el administrador decide habilitar o deshabilitar desde la web algún tramo. Todos estos cambios son visualizados en tiempo real por el usuario que desea conocer la disponibilidad de las rutas.

Para el análisis de resultado, se considera el estudio breve de una implementación general de manera básica, a nivel de tecnologías, elementos electrónicos y costos.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA .....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1 .....	1
1. GENERALIDADES .....	1
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	1
<b>1.2 Objetivo general</b> .....	4
<b>1.3 Objetivos Específicos</b> .....	4
<b>1.4 Justificación</b> .....	5
<b>1.5 Alcance y Limitaciones</b> .....	6
CAPÍTULO 2.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
<b>2.1 Tecnologías de comunicación</b> .....	8
<b>2.1.1 Tecnologías M2M: Comunicación Máquina a Máquina</b> .....	8
<b>2.1.2 Redes Ad HOC</b> .....	8
<b>2.1.3 Redes WI-FI</b> .....	9
<b>2.1.4 Wireless Sensor Network (WSN)</b> .....	9
<b>2.1.5 Redes de comunicación móvil</b> .....	10
<b>2.1.6 Niveles celulares</b> .....	11
<b>2.2 Componentes de Programación Web</b> .....	13
<b>2.2.1 HTML</b> .....	13
<b>2.2.2 PHP</b> .....	13
<b>2.2.3 Python</b> .....	13
<b>2.2.4 Json</b> .....	14

2.2.5	<b>Gestor de Base de Datos: MySQL</b>	14
2.2.6	<b>API de Google de tipo web</b>	14
2.3	<b>Software de Programación Electrónica</b>	15
2.3.1	<b>Servo Blaster</b>	15
2.3.2	<b>IDE: Arduino</b>	15
2.3.3	<b>Proteus 8.4</b>	15
2.3.4	<b>MikroC: Versión 6.6.1</b>	15
2.4	<b>Componentes Electrónicos</b>	16
2.4.1	<b>Módulo Wifi: ESP8266</b>	16
2.4.2	<b>Sensor de Ultrasonido: HC- SR04</b>	16
2.4.3	<b>Placa Electrónica: Raspberry Pi modelo B</b>	17
2.4.4	<b>Sistema Operativo: Raspbian</b>	17
2.4.5	<b>Servomotor</b>	17
2.4.6	<b>Microcontrolador: PIC 16F887</b>	18
CAPÍTULO 3		19
3.	<b>IMPLEMENTACION Y DESARROLLO</b>	19
3.1	<b>Modalidad de la investigación</b>	19
3.2	<b>Plan de recolección de información</b>	19
3.3	<b>Procesamiento y análisis de datos</b>	19
3.4	<b>Desarrollo de la carretera inteligente</b>	20
3.4.1	<b>Detección de Obstáculos</b>	21
3.4.2	<b>Control y monitoreo visual</b>	21
3.4.3	<b>Notificaciones en la web</b>	24
3.5	<b>Desarrollo de la señalética reactiva</b>	28
3.6	<b>Desarrollo del algoritmo de toma de decisiones</b>	30
3.6.2	<b>Cambio de estado de la carretera</b>	30
3.6.2	<b>Edición de la carretera</b>	34
3.6.3	<b>Ingreso de sensores</b>	35
CAPÍTULO 4		37

4. RESULTADOS .....	37
<b>4.1 Disponibilidad de un Portal web para el usuario final .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2 Disponibilidad de una señalética reactiva .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3 Disponibilidad de un carretero inteligente .....</b>	<b>40</b>
<b>4.4 Consideraciones para una implementación en la vida real .....</b>	<b>41</b>
<b>4.5 Generación de reportes sobre incidentes ocurridos .....</b>	<b>42</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS .....	50

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Antecedentes

Desde un principio, el ser humano se ha visto en la necesidad y obligación de encontrar soluciones a diversos problemas que se presentan en el medio, con el fin de mejorar el estilo de vida de los habitantes. A partir de esto, se han creado organizaciones, institutos, entidades públicas y privadas, empresas, industrias y universidades, los cuales convergen su enfoque en el desarrollo de nuevos conceptos tecnológicos; tanto en el campo de la medicina, la política y la sociedad [1].

De los planteamientos anteriores, se introduce un concepto conocido como Redes P2P, que se basa en la conexión virtual e intercambio de recursos, las cuales evolucionaron con la aparición de los dispositivos móviles en los últimos años. Sin embargo, este concepto tiene varias limitaciones, tales como: a) energía, b) diseño de redes fijas (no toma en cuenta el entorno móvil), c) restricciones con la movilidad de los nodos y d) la pérdida elevada de paquetes. Para superar estas limitaciones, se han realizado varios estudios que permite realizar la exploración de recursos en redes móviles no estructuradas, cuyo objetivo es ofrecer un valor mínimo de gastos generales y una excelente tasa de éxito de búsqueda entre dispositivos [2].

Incurсионando en el área de seguridad en las redes locales o empresariales, existe la gran necesidad de contar con un sistema robusto de detección oportuna de cualquier tipo de malware, ya sean estos de tipo gusano o botnets [3].

Estos elementos informáticos maliciosos se propagan de manera rápida con un alto potencial de daño en las redes locales. Para ello se ha desarrollado un algoritmo que puede realizar una estimación del tamaño de la población susceptibles después de solo unas pocas infecciones, siendo usada para determinar el límite de contención, es decir, si existe una gran cantidad de huéspedes infectados puede existir la posibilidad de causar interrupciones de servicios sin necesidad [4].

En el año 2015, un portal web de noticias de la ciudad de Manabí, El diario, publicó en su sección de Tecnología un artículo titulado: “Todo se maneja con internet de las cosas” [5], en donde uno de los entrevistados considera que esta nueva tecnología, propuesta por Kevin Ashton en 1999 [6], tiene como fin la integración de cosas con las que el ser humano convive diariamente, las cuales pueden ser operadas desde cualquier punto del mundo con tan sólo tener una conexión a internet [7]; un pensamiento similar a este lo comparte el ingeniero en Sistema Jorge Veloz, cuando indica: “En el mundo entero esta tecnología está abarcando cada vez más el mercado y en Ecuador existe, pero con mayor fuerza en Quito y Guayaquil” [5]; de la misma forma, el portal web de noticias de Ecuador, La Hora Nacional, en un artículo titulado “Tecnologías que acercan a los latinoamericanos al Internet de las Cosas”, señala que en los últimos años existe un aumento considerable de más personas conectadas día a día y que debido al crecimiento de internet, las empresas, ciudades, gobiernos, grupos en común optan por desarrollar más soluciones para mejorar la calidad de vida del ser humano, en las cuales cerca de 17,5 millones de dispositivos estarán conectados entre sí de manera autónoma [8], según estimaciones realizadas por la consultora IDC (International Data Corporation [9]). Es así que a menudo empresas como DLINK identifican qué técnicas unen a la población hacia el internet de las cosas [10].

En la actualidad, la investigación de accidente de tránsito en Ecuador ha permitido dar un salto tecnológico, esto gracias a la compra de 22 drones en conjunto con un software especial para obtener fotografías y grabar videos, el cual usa tecnología digital 3D, según un artículo publicado en el portal web de la Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica Andes. Este avance se vincula con el IoT (Internet Of Things), puesto que, estos dispositivos electrónicos permiten realizar la adquisición de datos en el momento que se suscite algún accidente de tránsito mediante el levantamiento de la escena en 3D visualizando el hecho en tiempo real [11].

De igual forma, en el año 2013, el Ministerio de Transporte de Obras Públicas del Ecuador presentó una normativa vial de procedimientos para proyectos viales, cuyo fin es la revisión, actualización y complementación de las normas y especificaciones técnicas del sector de transporte vial, para garantizar el desarrollo nacional [12].

Para ello se ha elaborado un plan estratégico para el diseño, construcción y mantenimiento de los proyectos viales, el cual se basa en la aplicabilidad del conocimiento científico que ha sido desarrollado en las mejores normativas internacionales y las experiencias tecnológicas ecuatorianas [12].

A lo largo de la historia, la infraestructura vial en el país ha recibido varias afectaciones tales como, paralizaciones, colapso de puentes y caminos en las diferentes rutas, los cuales están vinculados con cambios climáticos y naturales, poniendo en apuro por muchas décadas a los gobiernos seccionales para plantear soluciones inmediatas y por ende algo costosas sin el soporte tecnológico que garantice una seguridad adecuada para el desarrollo [12].

A menudo en carreteras de nuestro país ocurren eventos y problemas naturales que conllevan a bloquear vías a causa de deslaves de lodos, piedras y troncos, desborde de quebradas ocasionados por intensas lluvias [13], dejando como resultado daños y pérdidas materiales e incluso la pérdida de la vida [14], como por ejemplo un hecho suscitado en el cantón Petate, de la Provincia de Tungurahua, en la vía Baños Puyo [15]. También existe hundimiento en ciertas vías, según registró el ECU 911 Quito, a la altura de las localidades de Cuyuja-Papallacta [16].

Otro de los motivos frecuentes en la serranía de nuestro país en el cual se deciden cerrar vías, es el deshilo de volcanes, como es el caso del volcán Chimborazo provocando deslave en sectores como Guano dejando sin comunicación a comunidades aledañas [17]. También los trabajos de mejoras, creación de nuevos carriles, mantenimiento y prevención en la vías y carreteras representa un retraso en los recorridos de las cooperativas de transportes que circulan por ahí [18], e incluso ocasiona pérdida de usuarios puesto que no existe una señalización que les informe con antelación los desvíos a tomar [19].

Todas estas ideas expuestas dan lugar a pensar que en la actualidad surge la necesidad de ir desarrollando nuevas soluciones en las cuales millones de dispositivos electrónicos; como sensores, cámaras de vigilancias y otros objetos se interconectan entre sí para formar grandes redes de comunicación inalámbrica con el fin de analizar, planear, administrar y tomar decisiones de manera inteligente y automática dentro de cualquier área de la vida del ser humano.

## **1.2 Objetivo general**

Implementar un módulo de toma de decisión en las carreteras propensas a desastres, mediante la utilización de señalética reactiva que permita a los usuarios elegir un camino alternativo al momento de suscitarse alguna anomalía en la vía.

## **1.3 Objetivos Específicos**

- Planear una topología de red compuesta por dispositivos inalámbricos dependiendo de su rango máximo de comunicación, los cuales serán utilizados para enviar notificaciones y alertas al administrador del sistema de algún evento ocurrido en la vía.
- Diseñar un sistema de base de datos relacional mediante la creación de tablas con sus respectivas asociaciones, con el fin de almacenar información acerca de los sucesos ocurridos en la vía.
- Establecer una plataforma de visualización mediante la creación de un portal web con alta disponibilidad para que cualquier usuario acceda desde el internet y se informe sobre el estado actual de las diferentes carreteras del país.
- Proporcionar un medio de control y monitoreo mediante la creación de una plataforma web con permisos necesarios para que el administrador del sistema pueda observar el estado actual de la carretera, permitir y/o denegar el paso a través de una carretera, consultar el historial de incidentes suscitados hasta ese momento y visualizar las estadísticas de sucesos presentados.
- Implementar un módulo de toma de decisiones usando un algoritmo que establezca la ruta óptima disponible con el fin de informar a los usuarios acerca del bloqueo o paso de la vía a transitar.

- Aplicar métodos y mecanismo de monitoreo en tiempo real mediante la ubicación estratégica de sensores ultrasónicos, los cuales permitan captar información sobre obstrucciones en la vía.
- Implementar un sistema de vigilancia con cámaras en las carreteras propensas a desastres naturales y artificiales, mediante la ubicación estratégica en puntos críticos a lo largo de las rutas a transitar, con el propósito de corroborar y controlar sucesos que existan en cualquier momento.
- Realizar un estudio de campo en rutas e intersecciones, mediante la instalación y configuración de sensores ultrasónicos, microcontroladores motores bipolares, dispositivos inalámbricos de comunicación, letreros y tarjeta sim para comprobar la factibilidad y eficiencia de la solución.

#### **1.4 Justificación**

Actualmente, las situaciones climatológicas en nuestro país, tales como: a) lluvias, b) fuertes vientos y, c) temblores traen como consecuencia derrumbes, deslaves, inundaciones y desbordamiento de ríos aledaños siendo estos varios factores que afectan en gran cantidad algunos carreteros de primer orden y en otros casos a rutas secundarias que son frecuentados diariamente por cuestiones laborales, vacacionales, comerciales, entre otros; causando retrasos para llegar a los diferentes destinos, pérdidas materiales y humanas, quiebre de puentes, gente herida y daños mecánicos.

Todo esto se puede prevenir desde el momento de su partida, con la existencia de información actualizada acerca de la disponibilidad, rutas alternas en el caso de algún problema y buen estado de las carreteras a transitar. De la misma forma, al facilitar a los usuarios con señaléticas retroactivas e inteligentes como letreros informativos luminosos, arreglo de led's que alerten el cierre y paso de las vías, considerando su ubicación, ya sea esto en los redondeles e intersecciones con otros caminos que llegan a diferentes destinos a tomar, se estaría poniendo en buen recaudo la llegada de los usuarios a sus destinos.

La ubicación de sensores inteligentes y la implementación de un sistema de vigilancia (Cámaras en la red) en los diferentes puntos propensos a desastres naturales y artificiales a lo largo de las carreteras, alertarían al administrador del sistema con notificaciones la disponibilidad de carriles para que él pueda decidir la circulación momentánea o permanente del camino.

### **1.5 Alcance y Limitaciones**

El módulo a implementarse indica las vías disponibles hacia un destino determinado desde el momento en el que el administrador del sistema decide si el carretero permanece habilitado para su circulación o se encuentra bloqueada; esto se lo realiza en base a un monitoreo continuo del camino mediante el uso de sensores que emiten alertas y notificaciones de algún suceso detectado.

Es importante resaltar que los sensores y cámaras de video vigilancia utilizados para el monitoreo, estarán ubicados en puntos críticos y vulnerables a desastres artificiales y naturales, por tal razón no cubrirían en su totalidad todas las vías del país y es ahí en donde el módulo de toma de decisiones se limita a indicar con veracidad las vías disponibles.

Debido al rango máximo de comunicación de los dispositivos inalámbricos, existe una limitante de separación entre sensores, dado que será necesario no ubicarlos a distancias lejanas.

## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

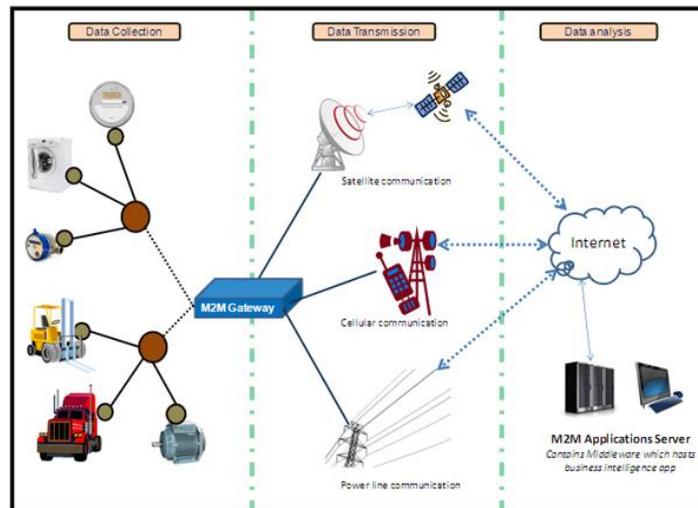
En la actualidad, la Internet de las cosas es considerada la segunda revolución digital y tecnológica después del desarrollo y creación del mismo Internet. El concepto consiste en la globalización de la información y comunicación en la red, en donde varios objetos que rodean nuestro entorno, independiente de su forma y tamaño, permanecen identificados y conectados de manera continua a Internet; pudiendo así, capturar, almacenar, informar, gestionar y monitorear toda la información que se encuentra a su alrededor, con el fin de ayudar al ser humano a automatizar los procesos y actividades a realizarse y tomar decisiones de casos que se presenten en el diario vivir [20].

Conociendo estas características generales, las diferentes vías de una ciudad o de un carretero, se ven en la necesidad de incluir algún tipo de tecnología “Inteligente, que incluyan diferentes formas de comunicar, sistemas de monitoreo continuos, alarmas, entes de notificaciones que reporten de manera constantes los estados de varias vías, novedades, incidentes, pudiendo así servir de gran utilidad para la comunidad.

En este capítulo se presentan: las tecnologías, software y herramientas para configuración y control, conceptos tecnológicos en el ámbito de desarrollo web como en el de electrónica.

## 2.1 Tecnologías de comunicación

### 2.1.1 Tecnologías M2M: Comunicación Máquina a Máquina



**Figura 2.1 Escenarios básicos que componen una tecnología M2M**

M2M, “Machine to Machine”, se referencia al intercambio de información y la comunicación tanto de sistemas inalámbricos como alámbricos con otros dispositivos que cumplen el mismo rol, permitiendo la automatización de procesos y captura de eventos que son retransmitidos a través de la red hacia un aplicativo, el mismo que interpreta el evento capturado en información importante para su utilidad [21].

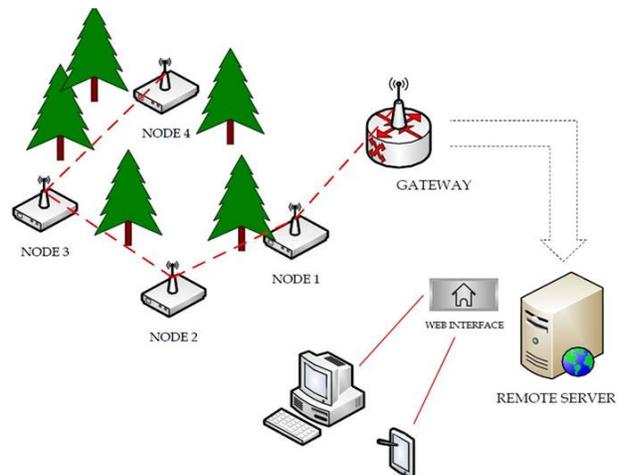
#### 2.1.2 Redes Ad HOC

También conocidas como MANET’s (Mobile Ad Hoc Networks), son consideradas como redes inalámbricas temporales de nodos móviles, puesto que la estructura de la red varía de manera dinámica [22], así mismo, presenta un sistema de comunicación flexible y servicios de encaminamientos que retransmiten paquetes entre aquellos nodos que no llevan una comunicación inalámbrica de manera directa [23].

### 2.1.3 Redes WI-FI

Dado que es un protocolo basado en el estándar IEEE 802.11 g, con una capacidad de proceso de 54 Mbps y con alcance que limita los 100 metros a una frecuencia de 2.4 GHz, hace que sea un medio de comunicación de gran utilidad para muchas aplicaciones de la vida diaria, puesto que permite la conectividad entre dispositivos inalámbricos dentro de una misma red sin necesidad de conectarlos mediante algún cable [24].

### 2.1.4 Wireless Sensor Network (WSN)



**Figura 2.2 Elementos básicos que componen una red de sensores inalámbricos**

Este concepto es de gran utilidad en el diseño de una red en donde no existe algún medio físico para el envío y recepción de información; se caracteriza por usar nodos auto configurables de baja consumo de energía [25].

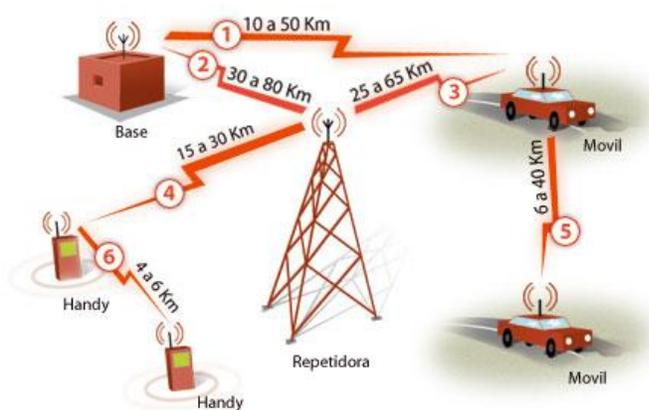
La red está compuesta de cuatro elementos esenciales tales como, sensores, nodos, Gateway y estaciones bases. Los sensores tienen dos características importantes: se encargan de transformar los datos en señales eléctricas, y a su vez son considerados físicamente como nodos, los cuales envían la información receptada a una estación base (encargada de recibir los datos enviados) [25].

Así mismo, los nodos cuentan con tres estados: Sleep, estado que mantiene al sensor en modo de ahorro de energía; Wake Up, es un estado de transición de modo sleep a active; y Active es el estado en donde el sensor opera transmitiendo información [25].

El Gateway interconecta una red de datos con una red de sensores y estos datos son receptados por una estación base cuya funcionalidad es recolectar datos [25].

### 2.1.5 Redes de comunicación móvil

Cuando un emisor o receptor están en movimiento se puede decir que se trata de una comunicación móvil que se comunica en algunos casos vía radio, en donde se excluye la utilización de cable y el medio de transmisión en el aire, que tiene como ventaja: la movilidad de los extremos de conexión, ancho de banda, despliegue rápido y la integración de varias tecnologías de red en una sola infraestructura [26]. A continuación se detalla los componentes básicos de un sistema de comunicación móvil:



**Figura 2.3 Componentes básicos dentro de un sistema de comunicación móvil**

- **Estación base (BS):**

Son estaciones fijas que son controladas por una unidad de control [27], estos son equipos de transmisión y recepción de potencia baja de varias frecuencias o canales, el cual cumple con la gestión de las comunicaciones de radio con algún grado de procesamiento de señales por medio de un enlace radioeléctrico [28].

- **Estación de control (CS):**

Son estaciones fijas de control programable que controlan automáticamente las emisiones de datos, el funcionamiento de otra estación fija, como estación base; se encarga de velar por la integridad del sistema y el cumplimiento de diagnósticos solicitados [28].

- **Estación repetidora (RS):**

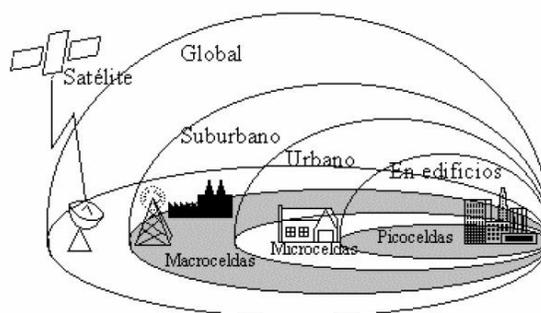
Son estaciones utilizadas para retransmitir señales recibidas, incrementar la cobertura en áreas de bajo tráfico y permitir la cobertura en una zona no accesible por la estación base [28].

- **Estación móvil (MS):**

Es una estación dotada para la movilidad la cual usa transmisión de Frecuencia Modulada [28].

### **2.1.6 Niveles celulares**

Los niveles celulares dependen mucho de la cobertura y capacidad requeridas en el área a implementar una red celular. A continuación se expone gráficamente y se explica cada uno de los niveles de celulares existentes:



**Figura 2.4 Componentes de los niveles celulares dentro de una red de comunicación móvil.**

- **Pico celdas**

Es un modelo de comunicación que se caracteriza por aumentar la capacidad de manejo de tráfico, siendo así utilizada en zonas donde existe un elevado tráfico de paquetes cuyo rango de cobertura es menor a los 100 m [28].

- **Micro celdas**

Es uno de los modelos de comunicación fundamental dentro de una red celular, dado que tiene la característica principal de aumentar la capacidad de la red, cuyo rango de cobertura está entre los 100 a 1 Km, pudiendo así tener una potencia de transmisión muy baja, mayor manejo de tráfico, costo relativamente bajo y una gran eficiencia operativa [28].

- **Macro celdas**

Es uno de los modelos de comunicación más operativa en una red celular, cuya cobertura va de 1 a 30 kilómetros; más común en usuarios que se encuentran en movimiento (gran velocidad) [28].

## **2.2 Componentes de Programación Web**

Hoy en día, gracias al avance que tenemos en las tecnologías, un sitio web se convierte en un ente importante de una empresa, organismo o institución, dado que es fundamental que la información a transmitir sea siempre clara, estructurada y atractiva para que el público pueda entenderla.

### **2.2.1 HTML**

Por sus siglas en inglés Hyper Text Markup Language, es un lenguaje de programación que consta de texto y etiquetas utilizadas para definir un documento web con extensión HTM o HTML, utilizado para crear páginas web con el fin de darle estructura y forma al contenido que se desea mostrar [29].

### **2.2.2 PHP**

Es un lenguaje de programación de código abierto muy reconocido; es utilizado para generar páginas web dinámicas que puede ser incrustado en HTML. Se lo utiliza más en servidores, dado que ellos son los encargados de recibir, reordenar y procesar los datos enviados desde una dirección web en un navegador, haciendo todo este procedimiento dinámico e interactivo y no de manera estática [30].

### **2.2.3 Python**

Es un lenguaje de programación orientado a objetos independientemente de la plataforma de desarrollo a utilizar, como Unix, Windows, OS/2, Mac, entre otros. Está disponible para cualquier tipo de programa, aplicaciones de Windows, aplicaciones en red y páginas web de manera gratuita; fue diseñado con el propósito de generar códigos en script que pueden tener menos líneas que sus semejantes como C o Java, el cual no requiere ser compilado para poder ser ejecutado [31].

#### **2.2.4 Json**

Por sus siglas en ingles *JavaScript Object Notation*, es un estándar basado en texto plano para el intercambio de dato. Básicamente JSON describe los datos con una sintaxis dedicada que se usa para identificar y gestionar los datos, por lo que se usa en muchos sistemas que requieren mostrar o enviar información para ser interpretada [32].

JSON puede ser leído por cualquier lenguaje de programación, es decir, puede ser usado para el intercambio de información entre distintas tecnologías, no necesitan hablar el mismo idioma, el emisor puede ser Java y el receptor PHP, cada lenguaje de programación lleva su propia librería para codificar y decodificar cadenas de JSON [32].

#### **2.2.5 Gestor de Base de Datos: MySQL**

Es un sistema base de datos relacional, que trabaja con varias plataformas tales como LINUX, UNIX y WINDOWS. De la misma manera, se asocia con entornos de desarrollo web, como LAMP, que utiliza LINUX como sistema operativo, Apache como servidor web y, PHP como lenguaje orientado a objeto y como gesto de base de datos, MYSQL [33]. Este sistema es completamente gratuito siendo de gran utilidad, dado que no se necesita instalar algún software, se puede encontrar en la mayor parte de los servidores compartidos de páginas web [34].

#### **2.2.6 API de Google de tipo web**

Es un aplicativo de programación de interfaz visual que proporciona el acceso a un conjunto de funciones completas de uso general para la personalización de la información de mapas, el cual cuenta con líneas de códigos en diferentes lenguajes como Java Scripts listas para su utilización [35].

## **2.3 Software de Programación Electrónica**

### **2.3.1 Servo Blaster**

Es un software que proporciona una interfaz que puede controlar múltiples servomotores a través de los pines GPIO del Raspberry PI. Los servos motores por lo general necesitan un alto pulso activo de entre 0,5 ms y 2,5 ms, donde el ancho de pulso controla la posición del servo, que debe repetirse aproximadamente cada 20 ms, teniendo una alta criticidad dado que conduce de manera directa el posicionamiento del servo [36].

### **2.3.2 IDE: Arduino**

Es un entorno de desarrollo integrado conocido como IDE (Integrated Development Environment), que está sofisticado para la compilación y ejecución de una serie de códigos previamente programado, la misma que utiliza una comunicación serial de tipo USB para ser cargado en el integrado a utilizar [37].

### **2.3.3 Proteus 8.4**

Es un software integrado, que fue diseñado para realizar diferentes proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas, tales como: diseño, simulación, depuración y construcción, actualmente es útil en casi todos los proyectos de índole eléctricos y electrónicos, no es open source [38].

### **2.3.4 MikroC: Versión 6.6.1**

Es un entorno de desarrollo integrado conocido como IDE (*Integrated Development Environment*) utilizado para compilar y ejecutar de una serie de códigos previamente programado, estos están escritos lenguaje ANSI entendible para cualquier PIC microcontrolador. Permite generar archivos con extensión .hex y código en lenguaje ensamblador siendo estos compatibles con otros compiladores [39].

## 2.4 Componentes Electrónicos

### 2.4.1 Módulo Wifi: ESP8266

Es un integrado especializado en comunicaciones inalámbricas, de bajo costo y adaptables para ser usado con microcontroladores de gama media y alta [40]. Ofrece conectividad a Internet mediante una interfaz / UART serie. Este dispositivo puede estar conectado a un punto de acceso inalámbrico o incluso funcionar como un punto de acceso que se puede conectar a cualquier dispositivo con Wi-Fi [41].

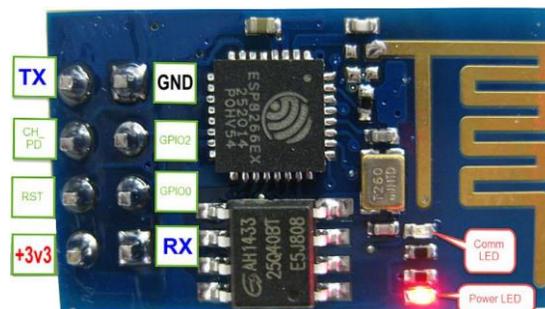


Figura 2.5 Módulo Wifi: ESP8266

### 2.4.2 Sensor de Ultrasonido: HC- SR04

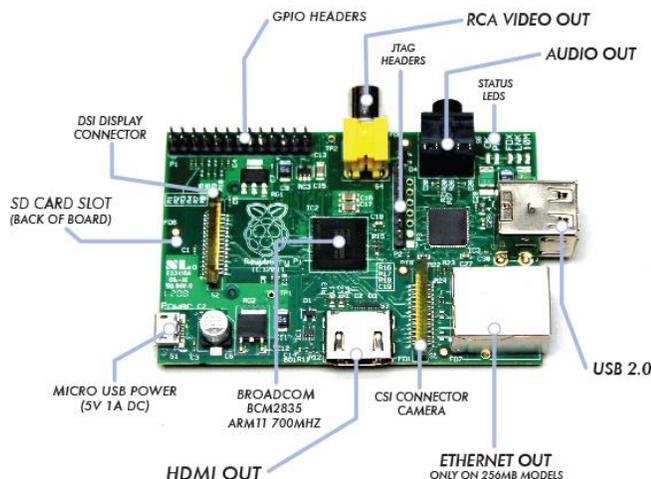
Es un sensor de distancia que opera por ondas de ultrasonido, que envía un pulso conocido como *trigger*, que no puede ser escuchado por el oído humano, haciendo que la señal rebote en algún objeto recibiendo un pulso conocido como *Eco*. Este dispositivo electrónico servirá de utilidad para detectar objetos ubicados frente al sabiendo que la velocidad del sonido es de 345m/s [42].



Figura 2.6 Sensor ultrasónico HC –SR 04

### 2.4.3 Placa Electrónica: Raspberry Pi modelo B

Es un dispositivo del tamaño de una tarjeta de crédito que atesora grandes posibilidades, tales como: mostrar video 1080p, conectarse a redes y a internet, administrar dispositivos de domótica, controlar servomotores, levantar servicios web; además trabaja con tres distribuciones de Linux promocionadas por la fundación Raspberry Pi: Raspbian "wheezy", Arch Linux ARM y QtonPi. Este dispositivo será utilizado para control de servomotores y cámaras web [43].



**Figura 2.7 Componentes de Raspberry Pi tipo 1 modelo B**

### 2.4.4 Sistema Operativo: Raspbian

Es una distribución de Linux de código abierto basado en Debian, el cual es usado para la gestión del hardware del raspberry pi. Este viene pre cargado con más de 35.000 paquetes, pre compilado para facilitar la instalación en la Raspberry Pi [44].

### 2.4.5 Servomotor

Son dispositivos que controlan con precisión: velocidad, torque y posición, presentándose como una mejor alternativa frente a servomotores que se accionan mediante convertidores de frecuencia, dado que estos últimos no proporcionan un control de posición siendo poco efectivos a bajas velocidades y limitados a aplicaciones de baja potencia [45].

### 2.4.6 Microcontrolador: PIC 16F887

El PIC 16F887 es considerado un circuito integrado programable que ejecuta alrededor de 35 instrucciones diferentes que se encuentran almacenadas en su memoria mediante el uso de bloques funcionales, los mismos que se encuentran subdivididos en: memoria, CPU (unidad de procesamiento central) y periféricos de entradas y salidas. [46]

Este integrado cuenta con 35 pines de entradas y salidas que permitirán controlar LED'SRGB (Red – Green – Blue) para la señalética reactiva y pantallas LCD para la notificación de mensajes en la carretera. Así mismo, cuenta con 3 temporizadores que a su vez funciona como contadores independientes, siendo el timer0 útil para el control de servomotores y el timer1 para obtener el tiempo de retorno del eco del sensor ultrasónico conectado a él. Mediante el módulo USART, el integrado podrá comunicarse de manera serial a los módulos WIFI, los mismos que envían los datos receptados por los sensores ultrasónicos. [46]

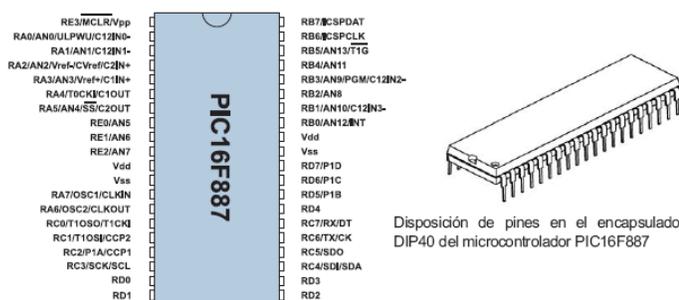


Figura 2.8 Descripción de pines del microcontrolador PIC 16F887

## **CAPÍTULO 3**

### **3. IMPLEMENTACION Y DESARROLLO**

#### **3.1 Modalidad de la investigación**

Para la implementación y ejecución, se utiliza la modalidad de investigación aplicada, práctica o empírica, la misma que busca aplicar conocimientos adquiridos, enmarcado y orientando en la fundamentación teórica y el estado del arte para la resolución de problemas cotidianos. Para ello, se emplea métodos de investigación bibliográfica en tesis, recursos virtuales de internet, publicaciones, proyectos, videos tutoriales, manuales de configuración, entre otros; haciendo así, que el desarrollo de este módulo se sustente con una suficiente base teórica. Finalmente, la investigación experimental ha sido de gran utilidad, dado que, permite ensayar, probar y simular los principios usados en el método científico.

#### **3.2 Plan de recolección de información**

Está basada en la recepción de información variada de múltiples casos y sucesos con diferentes escenarios de forma generalizada que han ocurrido anteriormente con el pasar de los años; pudiendo así, ser objetivo de análisis para dar soluciones a los diferentes problemas presentados.

#### **3.3 Procesamiento y análisis de datos**

Posterior a la obtención de información, se considera revisar las limitaciones y alcances presentados en la misma, para pasar a ser objetivo de estudio y de análisis considerando un plan estratégico que solucione los diferentes eventos que convergen al mismo problema y así poder darle una solución bastante acertada de forma óptima.

### 3.4 Desarrollo de la carretera inteligente

Se denomina carretera inteligente a la interacción y reacción de forma automatizada de componentes electrónicos como sensores inalámbricos, microcontroladores, cámaras, motores de giros, entre otros; utilizando una comunicación avanzada y efectiva ante algún suceso o evento ocurrido.

Para esta implementación, la carretera inteligente está conformada por puntos o nodos ubicados estratégicamente en ciertos tramos, con las debidas protecciones, los cuales sensan, procesan y transmiten información por segundo sobre sucesos ocurridos, considerados como prioridad baja, media y alta; esto según la disponibilidad que presente la vía a transitar.

Esta misma, cuenta con un sistema de monitoreo continuo en tiempo real mediante cámaras con vista de 180 grados controlados remotamente desde una página web.

Para la recolección, procesamiento y transmisión de información, cada nodo cuenta con un sensor ultrasónico HC – SR 04, un PIC Microcontrolador 16FF887 de 40 pines, un módulo wifi ESP2866 y, para el monitoreo se utiliza un Raspberry Pi 2 Modelo B+, cámara web de tipo USB y servomotores para el control de giro. Se utiliza una red inalámbrica local, por ende, se usa adaptadores WIFI de marcas EDIMAX o TPLINK quedando la topología de la siguiente manera:

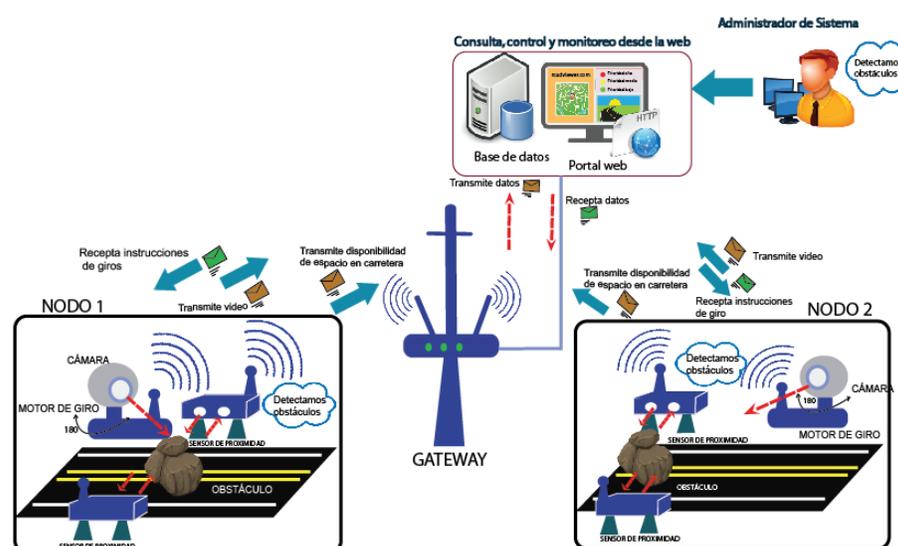
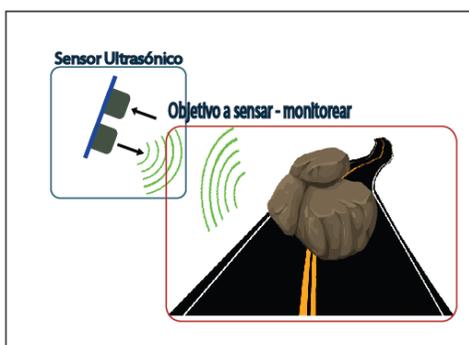


Figura 3.1 Ilustración de la carretera inteligente con sus nodos.

A continuación, se expone el funcionamiento técnico de la carretera inteligente:

### 3.4.1 Detección de Obstáculos

Para detectar algún obstáculo en la vía, el sensor HC – SR04 primero envía una señal de ultrasonido a una frecuencia de 40 kHz, luego recibe un pulso de tamaño proporcional a la distancia sensada dependiendo del tiempo que demora en retornar la señal generada.



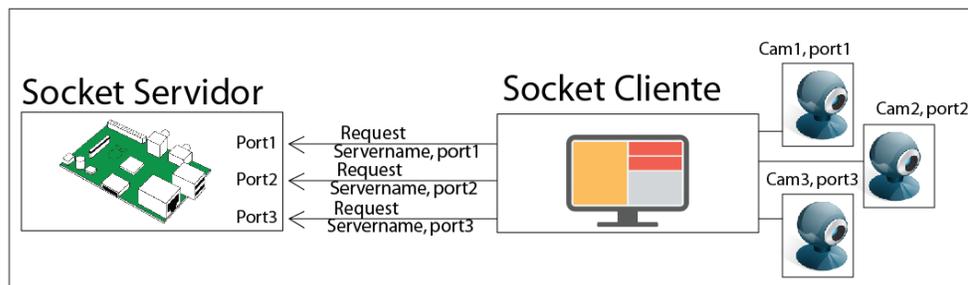
**Figura 3.2 Ilustración al momento en que se detecta obstáculos.**

Al ser un carretero inteligente, necesita del seguimiento de un agente informático, el cual pueda constatar el reporte notificado por varios sensores; para ello se vale de un sistema en el cual puede controlar y monitorear remotamente desde el centro de mando.

### 3.4.2 Control y monitoreo visual

Para el control, se utiliza una placa electrónica conocida como Raspberry Pi 2 Modelo B+, que arranca su sistema operativo Raspbian Jessie - Lite desde una tarjeta microSD de mínimo 4 GB de almacenamiento, que para este caso se utiliza una memoria de 8GB con el fin de disponer de más espacio y no trabajar con los recursos mínimos requeridos.

Para controlar desde la web el giro de varias cámaras conectadas simultáneamente, a 180 grados, se lo realiza mediante servomotores y usando un tipo de comunicación, socket servidor y cliente, en donde el servidor vendrá a ser donde se conecten las múltiples cámaras y el usuario que ingresa en el portal web.



**Figura 3.3 Ilustración de la comunicación vía socket entre el servidor y cliente para el uso de múltiples cámaras.**

Para obtener video en tiempo real de manera local y remota se usa una cámara USB compatible con Raspbian, la cual es cargada con el software gratuito *MOTION*, disponible para Linux, el cual permite obtener un streaming o flujo de imágenes por segundo, que son capturadas de forma secuencial en el tiempo. Para la instalación y configuración de este software se considera los siguientes pasos:

- Es necesario tener la cámara USB conectada y ejecutar el comando `dmesg | tail` y `lsusb` para comprobar que este dispositivo se encuentra conectado y es compatible con el sistema utilizado.
- Luego se actualiza las fuentes de instalación mediante los comandos `sudo apt - get update` y `sudo apt-get upgrade`.
- Posterior a esto, se instala este software mediante el comando `sudo apt - get install motion`

- Y finalmente se configura el archivo `motion.conf` con el comando `sudo nano /etc/motion/motion.conf`. Los parámetros a configurar son:
  - o `daemon ON`
  - o `v4l2_palette 6`
  - o `image width 320`
  - o `image height 240`
  - o `snapshot_interval 5` (tiempo entre cada captura, salvo si se detecta movimiento).
  - o `webcam_port 8001`
  - o `webcam_localhost off`
  - o `control_port 8888`
  - o `control_localhost off`

El administrador del sistema cuenta en la página web con una pestaña llamada “cámaras”, en donde puede controlar y monitorear el tramo afectado antes de decidir si cerrar esa vía o no. Desde esta vista, puede girar la cámara hasta 180 para tener una mejor vista de lo que está ocurriendo.



Figura 3.4 Control y monitoreo de las múltiples cámaras desde la web

### 3.4.3 Notificaciones en la web

Para el envío de notificaciones, el microcontrolador realizará mediciones de tiempo a través del sensor ultrasónico mediante la función `medir()`, los tiempos medidos son aquellos que le toma a la onda ultrasónica ir desde el sensor, rebotar en algún obstáculo y regresar. Para tener una mayor precisión del tiempo, la función realiza 255 mediciones consecutivas y saca un valor promedio, dichas mediciones las realiza enviando un pulso de 20  $\mu$ s a través del pin denominado `trig1`, luego espera a que el pin denominado `echo1` reciba un uno lógico, el cual indica el inicio de la respuesta generada por el sensor, una vez que ocurre esto, al registro `T1CON` se le establece el valor de uno para que el temporizador `TMR1` (`TMR1H:TMR1L`) comience a incrementarse automáticamente cada microsegundo hasta que el pin `echo1` reciba un cero lógico indicando el fin de la señal enviada por el sensor, este valor almacenado en el `TMR1` se suma a la variable `t` que contendrá la suma total de las 255 mediciones que posteriormente será dividida para 255 y representará el valor promedio que va retornar la función.

Una vez realizada la primera medición se compara ese resultado con la constante `RANGO_BAJO` que representa el valor mínimo para considerarse una advertencia baja, si el resultado fue un valor mayor no enviará ninguna advertencia, pero establecerá el valor de cero a la variable `suceso` que indica que no hay ningún obstáculo presente en la carretera, en caso de que el resultado sea menor se compara con la constante `RANGO_MEDIO` y verifica que aún no se ha mandado la notificación, esto se realiza para evitar una sobrecarga de notificaciones en la base de datos, dependiendo de esta nueva comparación se procede a llamar a una función o volver a comparar con los siguientes rangos. La función `sensar5seg()` recibe como parámetro el tipo de suceso a enviar, ya sea el carácter '1' para bajo, '2' para medio o '3' para alto, sin embargo, antes de enviar alguna notificación el microcontrolador realizará mediciones consecutivas cada 500 ms mientras detecte tiempos menores a `RANGO_BAJO` o hasta realizar 10 mediciones; si las 10 mediciones indicaron un tiempo menor, entonces se procede a enviar al módulo WIFI el

código correspondiente al suceso ocurrido. A continuación, se presenta las líneas de código antes descritas.

### Detección de obstáculos

```
t1 = medir ();

if      (t1>=RANGO_BAJO)           suceso = '0';
else if (t1>=RANGO_MEDIO && suceso!='1')  sensar5seg ('1');
else if (t1>=RANGO_ALTO && suceso!='2')   sensar5seg ('2');
else if (suceso!='3')               sensar5seg ('3');
```

**Código 3.1 Código de desarrollo para la detección de obstáculos**

### Cálculo del tiempo promedio sensado

```
int medir () {
    unsigned short i=0;
    unsigned long t=0;
    for (i = 0; i < 255; i++) {
        T1CON = 0;
        TMR1L = 0;
        TMR1H = 0;
        trig1 = 1;
        Delay_us (20);
        trig1=0;
        while (!echo1);
        T1CON=1;
        while(echo1);
        t= t+((TMR1H<<8) + TMR1L);
    }
    return (t/255);
}
```

**Código 3.2 Código de desarrollo para calcular el tiempo promedio de un sensor ultrasónico**

### Confirmación de sensado del obstáculo

```
void sensar5seg (char caso) {
    unsigned short cont = 0;
    while (medir () < RANGO_BAJO && cont < 10) {
        cont++;
        Delay_ms (500);
    }

    if(cont==10){
        suceso=caso;
        UART1_Write(suceso);
    }
}
```

**Código 3.3 Código de desarrollo para notificar obstáculos**

Para que las notificaciones lleguen a la base de datos, el módulo WIFI ESP8266 verifica que ha recibido algún carácter a través de la función `Serial.available()`, en caso afirmativo se procede a almacenar en la variable `c` dicho valor recibido, luego verifica que el dato esté en un rango de valores ASCII del 1 – 3 (49, 50 y 51), dependiendo de este valor se le asignará un String a la variable `prioridad` para ser concatenada con el query que se enviará a la base. Debido a que la función `execute()` recibe como parámetro un arreglo de caracteres, se debe realizar previo una conversión de String a array mediante la función `toCharArray()` que recibe el arreglo donde se van a almacenar los caracteres del String y valor máximo de caracteres.

#### Envío de notificaciones a la base de datos

```

if (Serial.available()) {
  c=Serial.read();
  if(c>=49 && c<=51){
    prioridad = (c==49)? "'Baja'" : (c==50)? "'Media'" : (c==51)?
    "'Alta'" : "'ERROR'";

    sql = "INSERT INTO carreteras.suceso (`id`, `fecha`,
    `prioridad`, `id_sensor`, `obstruccion`, `visto`)
    VALUES (NULL, CURRENT_TIMESTAMP, "+ prioridad +",
    "+id_sensor+", 'Deslave', '0')";

    sql.toCharArray(insert_sql,160);
    cur_mem->execute(insert_sql);
  }
}

```

**Código 3.4 Código de desarrollo para enviar notificaciones a la base de datos del servidor**

Los sucesos son visualizados mediante una tabla que indica el número de suceso registrado, qué sensor lo reporta, la fecha y hora, la categoría y cada categoría tiene asociado colores, en donde el color rojo representa sucesos de alta prioridad, el color amarillo está representado por sucesos de prioridad media, y el color verde esta categorizado con sucesos de baja prioridad.

## NOTIFICACIONES

NOTIFICACIONES DE SENSORES				
ID NOTIFICACION	NUMERO DE SENSOR	FECHA / HORA	SEÑAL	COLOR ALERTA
1	1	2016-06-08 03:44:16	Alta	
2	1	2016-06-01 03:22:36	Baja	
3	2	2016-06-21 15:16:04	Media	

**Figura 3.5 Indicadores de colores que notifican sucesos**

Para visualizar las notificaciones desde la web, se desarrolló un código en PHP, el cual lee la tabla sucesos de la base de datos, estos sucesos fueron notificados e insertados en la misma, para así poder mostrarlo mediante indicadores de colores.

### Muestra los sucesos notificados por los sensores

```
<?php
$link = mysqli_connect("localhost", "root", "", "carreteras");
$result = mysqli_query($link, "SELECT id, id_sensor, fecha,
prioridad FROM suceso");
while ($fila2=mysqli_fetch_array($result)){
    $imagen="";
    if($fila2['prioridad']=="Baja")        $imagen="verde.png";
    else if($fila2['prioridad']=="Media") $imagen="amarillo.png";
    else if($fila2['prioridad']=="Alta")  $imagen="rojo.png";
?>
<tr>
  <td><?php echo $fila2['id'];           ?></td>
  <td><?php echo $fila2['id_sensor'];    ?></td>
  <td><?php echo $fila2['fecha'];        ?></td>
  <td><?php echo $fila2['prioridad'];    ?></td>
  <td><?php echo "<img src=$imagen>;    ?></td>
<?php } ?>
</tr>
```

**Código 3.5 Código en PHP usado para leer los sucesos notificados desde la base de datos**

En el código mostrado anteriormente, se realiza una iteración por cada fila de la tabla "suceso" de la base de datos para mostrar sus campos en la página web, además se selecciona una imagen dependiendo de la prioridad del suceso.

### 3.5 Desarrollo de la señalética reactiva

Se considera señalética reactiva a los elementos electrónicos tales como pantallas luminosas, focos o indicadores led's y un sistema controlador, los cuales están ubicados al inicio de las intersecciones de múltiples caminos.

El sistema controlador acciona mediante la impresión de mensajes en las pantallas e indica mediante led's de colores rojos y verdes el paso o cierre de una vía, esto luego de que el administrador decide habilitar o deshabilitar un tramo de camino a transitar.

#### CARRETERAS



Id	Nombre	Longitud [km]	Fecha último suceso	Estado
1	Guayaquil - Puerto Inca	76	2016-06-08 03:44:16	Cerrada
2	Guayaquil - La Troncal	83		Abierta
3	Puerto Inca - La Troncal	28	2016-07-28 14:20:48	Abierta
4	Puerto Inca - Cuenca	123		Abierta
5	La Troncal - Azogues	121		Abierta
6	Azogues - Cuenca	33		Abierta

**Figura 3.6 Control desde la web sobre el estado de una carretera, ya sea abierta o cerrada.**

El módulo WIFI ESP8266 ejecuta un query a la base de datos para ver el estado actual de la carretera a la que pertenece, la función `get_columns()` obtiene las columnas del resultado generado, no se lo utiliza pero es un paso obligatorio para obtener posteriormente las filas mediante la función `get_next_row()`, compararlo con "Abierta" o "Cerrada" y luego enviar de manera serial al microcontrolador el valor ASCII del uno (49) o del dos (50) respectivamente mediante la función `Serial.write()`. A continuación se presenta porción del código:

### Envío del estado actual de la carretera

```

sql= "SELECT C.estado FROM carreteras.carretera C left join
      carreteras.sensor Se on C.id=Se.id_carretera WHERE
      Se.id_sensor="+id_sensor;
sql.toCharArray (select_sql,125);
cur_mem->execute (select_sql);
column_names *columns =cur_mem->get_columns();
do {
  row = cur_mem->get_next_row ();
  if (row!= NULL) {
    estado=row->values [0];
    if (estado.equals("Abierta"))      Serial.write(49);
    else if(estado.equals("Cerrada"))  Serial.write(50);
  }
} while (row!= NULL);

```

**Código 3.6 Query en la tabla carretera usado para enviar el estado actual de una carretera**

Las variables `rojo` y `verde` han sido asignadas anteriormente a pines del microcontrolador donde están conectados leds RGB con ánodo común, mediante la función `UART1_Data_Ready()` se puede conocer cuándo hay un dato pendiente en el buffer serial del PIC para ser leído, una vez obtenido el dato serial enviado por el módulo WIFI se hace una comparación con los números 49 y 50 que representan los valores ASCII del '1' y del '2' y así decidir si la carretera está abierta o cerrada; al trabajar con leds de ánodo común para poder prenderlo se debe enviar un cero lógico a través del pin `rojo` o `verde`, posterior se procede al limpiar la LCD con la función `Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR)` y luego a escribir un mensaje en la fila y columnas especificados en la función `Lcd_Out()`.

### Obtención del estado actual de la carretera

```

while(UART1_Data_Ready()){
  estado=UART1_Read();
  if (estado==49) {
    rojo=1; verde=0;
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    Lcd_Out(1,1,"Carretera");          Lcd_Out(2,1,"Abierta");
  }
  else if (estado==50) {
    rojo=0; verde=1;
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    Lcd_Out(1,1,"Carretera");          Lcd_Out(2,1,"Cerrada");
  }
}

```

**Código 3.7 Código en C usado para mostrar en una pantalla LCD el estado actual de una carretera**

### 3.6 Desarrollo del algoritmo de toma de decisiones

Para generar la ruta más óptima primero se realiza un query a la base de datos para obtener la lista de rutas que están habilitadas e introducirlas en una matriz de dos dimensiones denominada  $\$\_distArr$ , donde la fila y columna de la matriz serán los id de las ubicaciones origen – destino y el valor a almacenar será la distancia entre ellas medida en km, dado que las rutas son de doble vía se inserta la misma distancia dos veces creando un camino bidireccional entre las dos ubicaciones, a través de:

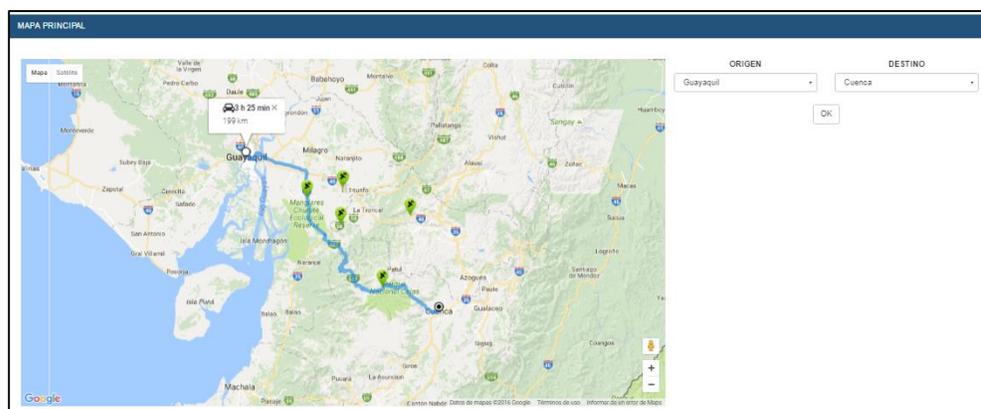
```
\$_distArr[\$fila['dest1']][\$fila['dest2']] = \$fila['longitud'];
\$_distArr[\$fila['dest2']][\$fila['dest1']] = \$fila['longitud'];
```

Una vez obtenido la matriz con todas las rutas disponibles, procedemos a utilizar el algoritmo de Dijkstra para el cálculo de la distancia mínima entre las dos ubicaciones escogidas por el usuario, almacenados en las variables  $\$a$  y  $\$b$ .

El código completo se lo puede observar en el Anexo A.

#### 3.6.2 Cambio de estado de la carretera

El algoritmo de toma de decisión permite visualizar en tiempo real en un mapa proporcionado por el API de Google el cual está incluido en una página web, cualquier cambio que realiza el administrador del sistema de control y monitoreo, ya sea este al cerrar o abrir una carretera. Como se muestra en la figura mostrada a continuación.



**Figura 3.7** Habilitación de todas vías desde la web

La siguiente función perteneciente al archivo "foo.php", permite cambiar el estado de una carretera según los parámetros recibidos y muestra un mensaje de error en caso de no poder hacer la actualización. Para realizar el cambio de estado, primero crea una conexión a la base de datos mediante la función `mysqli_connect`, que recibe como parámetros la dirección donde está alojada la base de datos, el usuario y contraseña para acceder y finalmente el nombre de la base de datos específica; una vez realizado la conexión realiza un query de actualización a la tabla `carretera` donde la fila afectada será aquella que tenga el `id` recibido como parámetro a través de la función `cEstadoCarretera ($idCarretera, $estado)`.

#### Actualización del estado de una carretera

```
function cEstadoCarretera ($idCarretera, $estado) {
    $conexion= mysqli_connect("localhost","root","","carreteras");
    $update= "UPDATE `carretera` SET `estado`='". $estado."'WHERE `id`
            =". $idCarretera;

    if (!mysqli_query($conexion, $update))
        echo "<script>alert(\"Error: " . $update. "\\n".
            mysqli_error($conexion3) . "\")</script>";
}
```

#### Código 3.8 Query de la base datos Carreteras para actualizar los datos recibidos

El siguiente código muestra el llamado de la función en PHP antes descrita mediante un código de JavaScript, debido a que el lenguaje de JavaScript no permite realizar conexiones a una base de datos.

El llamado de funciones entre distintos lenguajes de programación, en este caso entre PHP y JavaScript, se lo realiza mediante AJAX el cual debe conocer el nombre del archivo donde se encuentra la función ("`foo.php`") y los parámetros que pueda necesitar, para nuestro caso en particular son dos: `estado` y el `idCarretera`, si el llamado a la función fue exitoso se muestra algún mensaje que haya sido definido en el código PHP.

Dado que el código en PHP recibe un numero como `id`, pero en JavaScript el `id` es una cadena de caracteres, antes de realizar el AJAX hay que borrar

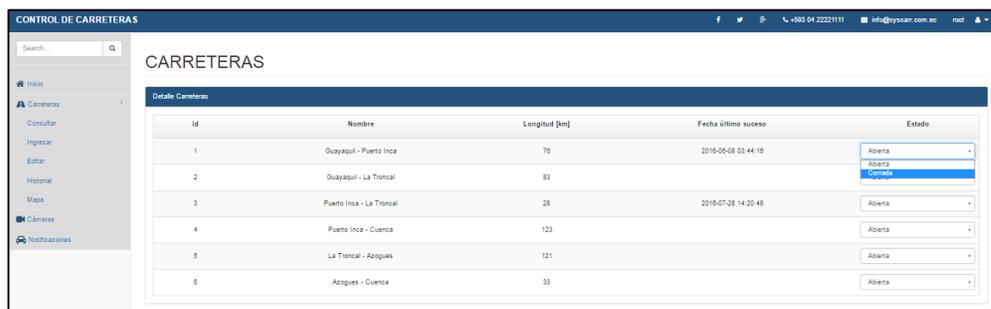
cualquier caracter no numérico que presente la cadena, esto se realiza mediante la función `replace("Col_", "")`, dejando la cadena de caracteres únicamente con valores numéricos.

### Llamado de una función en PHP

```
<script>
function getIPL(carretera,id_estado){
    carretera = carretera.replace("Col_", "");
    $.ajax({
        type: "GET",
        url: "foo.php",
        data: {estado: id_estado, idCarretera: carretera},
        success: function(result){
            $('#output').html(result);
        }
    });
};
</script>
```

**Código 3.9 Script usado para llamar una función en PHP con el fin de visualizar los datos que llegan a la base de datos**

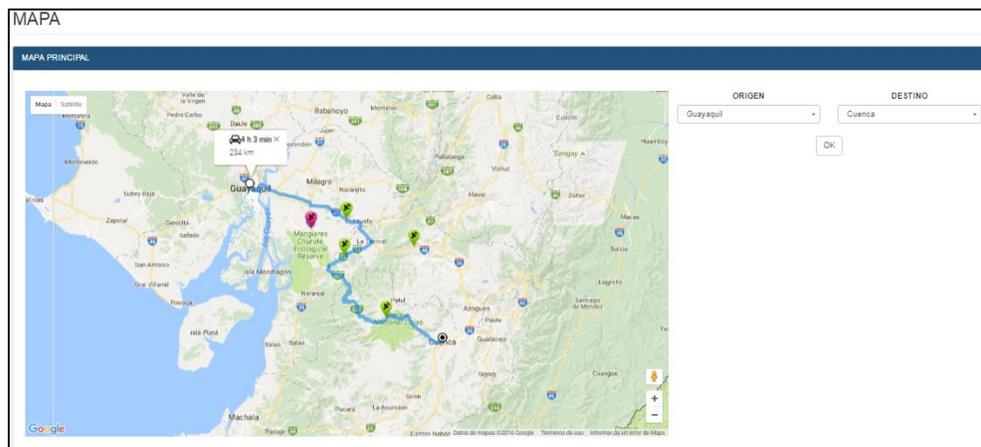
A continuación, se presenta una pantalla en donde el usuario administrador decide cerrar un tramo de la vía desde la página web



Id	Nombre	Longitud (km)	Fecha último suceso	Estado
1	Guayaquil - Puerto Inca	76	2016-06-08 03:44:10	Abierta
2	Guayaquil - La Troncal	83		Abierta
3	Puerto Inca - La Troncal	28	2016-07-28 14:20:48	Abierta
4	Puerto Inca - Cuenca	123		Abierta
5	La Troncal - Azuques	121		Abierta
6	Azuques - Cuenca	33		Abierta

**Figura 3.8 Cambio de estado de una vía o tramo, de 'abierto' a 'cerrado' desde la página web**

Cuando el administrador del sistema procede a cerrar un tramo, el algoritmo calcula la segunda ruta más óptima y muestra en el mapa la distancia y el tiempo de la ruta alterna ya conocidas.



**Figura 3.9 Tramo inhabilitado por el administrador del sistema desde la página web**

En la siguiente porción de código se colocan marcadores al mapa para indicar la ubicación de los sensores en la vida real y observar el estado actual de la carretera, primero se realiza un query a la base de datos para listar todos los sensores y el estado de la carretera a la que pertenecen, la variable `$color` tendrá el nombre del ícono a mostrar dependiendo de la columna "estado" obtenida del query. Por cada fila obtenida se crea un nuevo marcador que será colocado en el mapa `gMapa`, y las coordenadas de ubicación serán aquellas obtenidas de las columnas "latitud" y "longitud".

Cada marcador tiene asignado un `Listener` el cuál se activa cuando el usuario da un clic sobre él y actualiza la misma página, pero asignándole un parámetro denominado `video` el cuál definirá que cámara mostrarse y las especificaciones de dicho sensor.

### Creación de los marcadores

```
<?php
$consulta= "SELECT Se.id_sensor,C.estado, Se.latitud, Se.longitud,
           Se.camara_id FROM carretera C inner join sensor Se on
           C.id=Se.id_carretera";
$resultado=mysqli_query($conexion, $consulta);
while ($fila=mysqli_fetch_array($resultado)){
    $color=($fila["estado"]=="Abierta")?"route_on.png":"route_off.png";
    echo "
    var gMarker".$fila["id_sensor"]."=new google.maps.Marker({
        position: new google.maps.LatLng( '".$fila["latitud"]."',
                                           '".$fila["longitud"]."' ),
        map: gMapa,
        icon: '".$color."'
    });
    google.maps.event.addListener(gMarker".$fila["id_sensor"]."', 'click',function() {
        location.assign('mapa.php?video='".$fila["id_sensor"]."');
    });
    ";
}
?>
```

**Código 3.10** Código en PHP que permite crear marcadores de colores sobre mapas del API de google

### 3.6.2 Edición de la carretera

El administrador del sistema tiene la opción de editar tramos o vías ya creadas, estos cambios se lo realizan a la base de datos en la tabla *CARRETERA*. La opción de editar permite actualizar la información que tiene dicha carretera, dado que en algún momento se puede cambiar o agregar sensores, cámaras, cambiar los nombres de los destinos, entre otros.

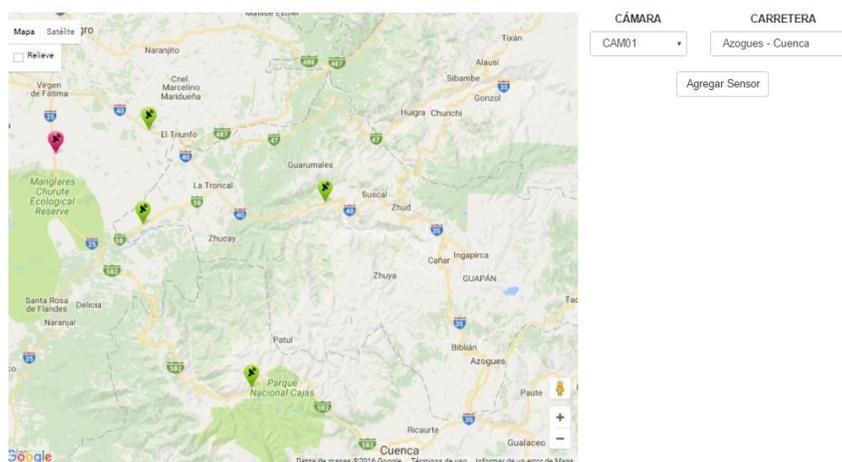
#### EDITAR CARRETERAS

Detalle Carreteras						
Id	Nombre	Provincia	Longitud	# Carriles	Estado	Editar
1	Guayaquil - Puerto Inca	ECUADOR	76	2	Cerrada	Editar X
2	Guayaquil - La Troncal	ECUADOR	83	2	Abierta	Editar X
3	Puerto Inca - La Troncal	ECUADOR	28	2	Abierta	Editar X
4	Puerto Inca - Cuenca	ECUADOR	123	2	Abierta	Editar X
5	La Troncal - Azogues	ECUADOR	121	2	Abierta	Editar X
6	Azogues - Cuenca	ECUADOR	33	2	Abierta	Editar X

**Figura 3.10** Vista desde la página web para la edición de una carretera ya creada

### 3.6.3 Ingreso de sensores

Cada tramo tiene asociado un sensor el cual es representado con una bombita de color verde que indica que un tramo de la carretera está habilitado y de color rojo que indica que la vía está inhabilitada, como indica la figura mostrada a continuación.



**Figura 3.11 Sensores que indican desde la web la disponibilidad de un tramo de la carretera a transitar**

Para eliminar o modificar un nuevo sensor a la base de datos se realiza un llamado a una función en PHP, tal como se mencionó en la sección 3.6.1.

#### Llamado de una función en PHP

```
<script>
function edit_Sensor (id_sensor, lat, lon) {
    id_sensor = id_sensor.replace("id=", "");
    $.ajax({
        type: "GET",
        url: "admin_Sensor.php",
        data: {id: id_sensor, latitud: lat, longitud: lon}
    });
};

function borrar_Sensor(id_sensor) {
    id_sensor = id_sensor.replace("id=", "");
    $.ajax({
        type: "GET",
        url: "admin_Sensor.php",
        data: {id: id_sensor}
    });
};
</script>
```

**Código 3.11 Script que permite agregar sensores sobre mapas del API de google**

El archivo `admin_Sensor.php` contiene todas las funciones para editar o eliminar los sensores, dependiendo de los parámetros que reciba ejecutará alguna acción en específico.

Para editar algún sensor la página debe recibir los parámetros: 'id', 'latitud' y 'longitud' los cuales serán concatenados con la variable `$consulta` para ejecutar un query a la base de datos que modificará los atributos de un sensor en específico.

#### Modificación de sensores

```
if(isset($_GET['id']) && isset($_GET['latitud']) &&
isset($_GET['longitud'])){
    $id=$_GET['id'];
    $lat=$_GET['latitud'];
    $lon=$_GET['longitud'];
    $conexion=mysqli_connect("localhost","root","","carreteras");
    $tildes = $conexion->query("SET NAMES 'utf8'");
    $consulta="UPDATE `sensor` SET `latitud` = '". $lat."', `longitud`
= '". $lon."' WHERE `sensor`.`id_sensor` = ".$id;
    mysqli_query($conexion, $consulta);}
```

**Código 3.12 Código que valida la ubicación de un sensor en el mapa del API de google**

A diferencia de la función que modifica un sensor para poder eliminar uno, sólo se debe recibir como parámetro el 'id' del sensor a borrar, el proceso a realizar es similar.

Debido a que los 'id' de los sensores se crean automáticamente en cada ingreso, cada vez que se borra un sensor quedaría un id sin usar, para evitar esto, cada vez que se elimina un sensor se realiza un nuevo query con el fin de obtener una lista de los sensores con un 'id' superior al que fue eliminado y así editar su 'id' decrementándolo una unidad y de esta manera se evita que queden identificadores sin uso y se aprovecha de mejor forma la base de datos.

#### Eliminación de sensores

```
else if(isset($_GET['id'])){
    $id=$_GET['id'];
    $conexion=mysqli_connect("localhost","root","","carreteras");
    $consulta="DELETE FROM `sensor` WHERE `sensor`.`id_sensor` =
". $id;
    mysqli_query($conexion, $consulta);
    $consulta="SELECT * FROM `sensor` WHERE `id_sensor` > ".$id;
    $resultado=mysqli_query($conexion, $consulta);
    while ($fila=mysqli_fetch_array($resultado)){
        $new_id=$fila['id_sensor']-1;
        mysqli_query($conexion, "UPDATE `sensor` SET `id_sensor` =
'".$new_id."' WHERE `sensor`.`id_sensor` = ".$fila['id_sensor']);}}
```

**Código 3.13 Código que valida la eliminación de sensores sobre el mapa del API de google**

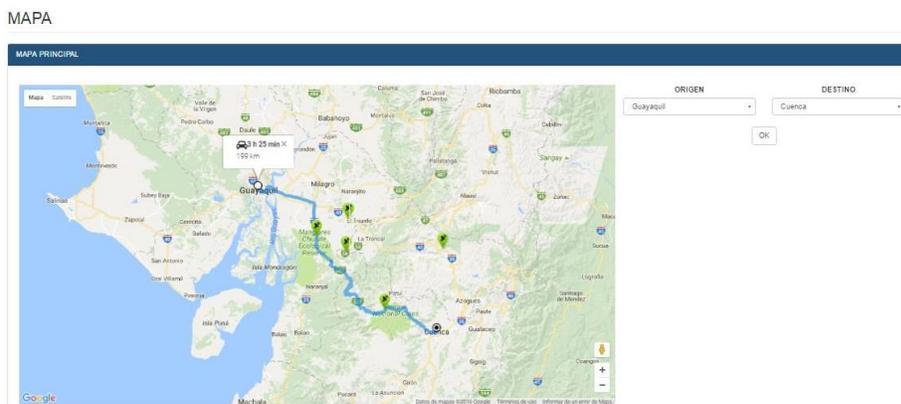
## CAPÍTULO 4

### 4. RESULTADOS

Al culminar la fase de implementación, se proporcionó un portal web con vista, tanto para el usuario final, el cual puede consultar la disponibilidad de las diferentes carreteras a transitar, como para la persona que administre todo el sistema propuesto, que se encarga monitorear, controlar remotamente y decidir el bloqueo o paso de los usuarios al momento de presentarse algún evento. De la misma forma, se considera la colocación estratégica de la señalética reactiva al inicio de cada tramo de una vía, que servirá de gran ayuda como guía para el usuario en caso de no haber consultado en la web con antelación la disponibilidad de las vías o en caso de que se haya actualizado el estado de la misma en el transcurso del tiempo. A continuación, se detalla lo antes mencionado.

#### 4.1 Disponibilidad de un Portal web para el usuario final

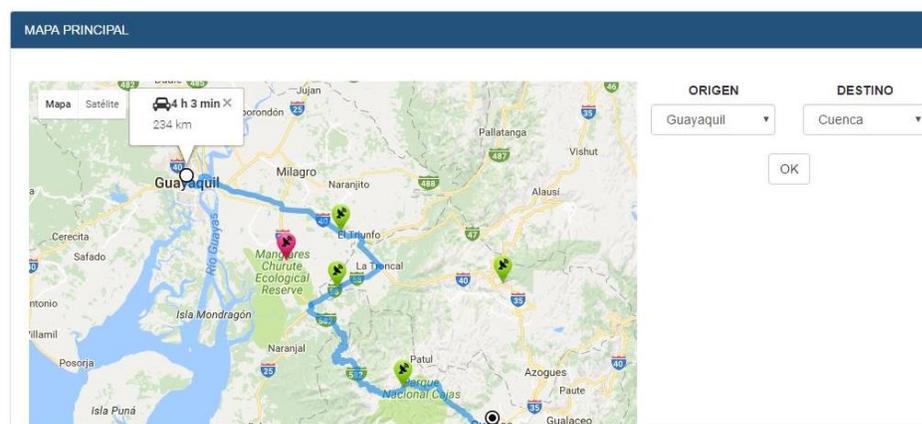
Se le ha proporcionado al usuario final un portal web, en donde puede consultar la disponibilidad de las rutas entre los diferentes destinos, el cual es actualizado automáticamente por el administrador del sistema cada vez que exista un suceso. Aquí el usuario puede elegir un origen y un destino, luego consultarlo y en el mapa se visualiza la ruta más óptima pintada de color celeste e indicadores de color verde, los cuales informan que ese tramo está disponible.



**Figura 4.1 Usuario visualiza disponibilidad de la ruta más óptima cuando no existe cierre de algún tramo**

El sistema también le permite al usuario visualizar con un indicador de color rojo el tramo que tiene inconveniente por el cual no podrá transitar y a su vez le traza la ruta disponible.

## MAPA



**Figura 4.2 Usuario visualiza el cierre de uno de los tramos y el sistema le calcula la segunda ruta más óptima**

### 4.2 Disponibilidad de una señalética reactiva

En caso de que el usuario desconozca del portal web para consultas, se proporciona una señalética inteligente al inicio de cada tramo de una vía transitar, para así poder informarle al usuario con anticipación si el camino a transitar está disponible o no y a su vez, le proporciona información de la ruta óptima en caso de que una de ellas presente inconvenientes.



**Figura 4.3 Pantalla luminosa ubicados al inicio de cada tramo de los carreteros, forman parte de la carretera reactiva.**

Mediante indicadores de color verde, se informa que ese tramo está habilitado y de color rojo cuando no está disponible, estas están ubicadas al inicio de cada tramo de manera estratégica y visible para el usuario. Esta señalética reacciona y se actualiza, con un retardo de aproximadamente 12 segundos, luego de que la persona que está monitoreando el sistema desea habilitar o deshabilitar la vía que presenta algún inconveniente.



**Figura 4.4 Indicadores led ubicados al inicio de cada tramo de los carreteros, forman parte de la carretera reactiva.**

### 4.3 Disponibilidad de un carretero inteligente

A largo de un tramo de una vía propensa a desastre y suceso, se instaló de manera estratégica nodos, lo cuales se componen de sensores de proximidad, cámara y servomotores, que se encargaran de notificar distancias, que dependen de que tan lejos o cerca se encuentre el obstáculo en frente del sensor luego de enviar 255 señales para detectar algún obstáculo en frente de él.



**Figura 4.5 Carretera inteligente que cuenta con sensores de proximidad ubicados estratégicamente para sensar obstáculos**

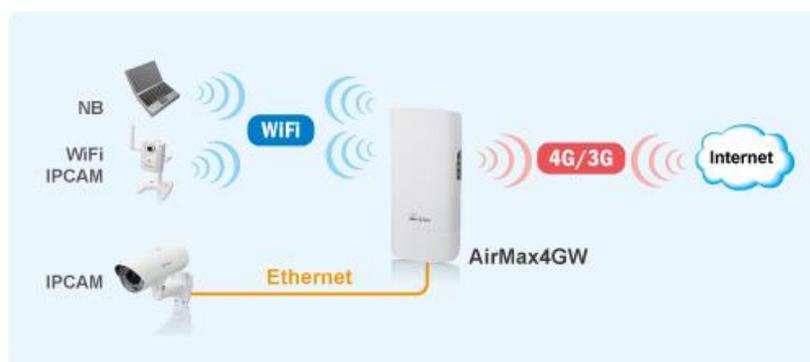
Para constatar que la vía tiene algún tipo de bloqueo, a parte de las notificaciones que envía cada sensor de proximidad, la carretera en ese nodo cuenta con cámaras que giran 180 grados controlados remotamente por el administrador del sistema.



**Figura 4.6 Carretera inteligente que cuenta con cámaras y servomotores ubicados estratégicamente para monitorear la vía**

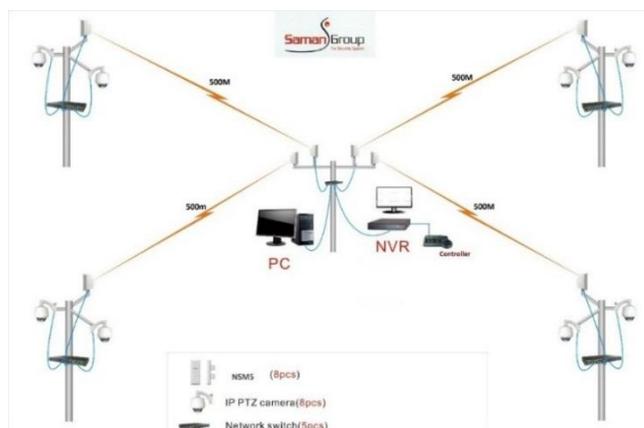
#### 4.4 Consideraciones para una implementación en la vida real

Para la implementación en el campo técnico, es necesario utilizar equipos y tecnologías más robustas. El dispositivo AIRMAX 4GW puede ser empleado como Gateway, es decir se lo puede configurar con varias redes dependiendo las interfaces embebidas, como por ejemplo: emplear una red interna WIFI y otra red que con salida de datos mediante una red móvil 4G.



**Figura 4.7 Equipamiento a considerarse para una implementación real de la carretera inteligente**

El tipo de topología es multipunto, dado que cada Gateway se puede comunicar con otro nodo y a su vez con varios nodos cercanos a él y concentrar todos los datos en un dispositivo Gateway final, que se encargará de mandar todos los datos a la central, tal como se muestra en el diagrama siguiente:



**Figura 4.8 Diagrama de comunicación entre cada nodo que monitorea la disponibilidad de una vía**

#### 4.5 Generación de reportes sobre incidentes ocurridos

El administrador del sistema puede monitorear y controlar todo lo que ocurra en la vía y de igual forma generar reportes para su análisis o respaldo. La misma herramienta le permite tener reportes acerca de los sucesos ocurridos en la misma para poder tomar medidas de prevención y de corrección en futuras ocasiones. A continuación se muestra un gráfico de tipo pastel que permite obtener el porcentaje de los incidentes ocurridos por mes en la carretera Puerto Inca - Cuenca.

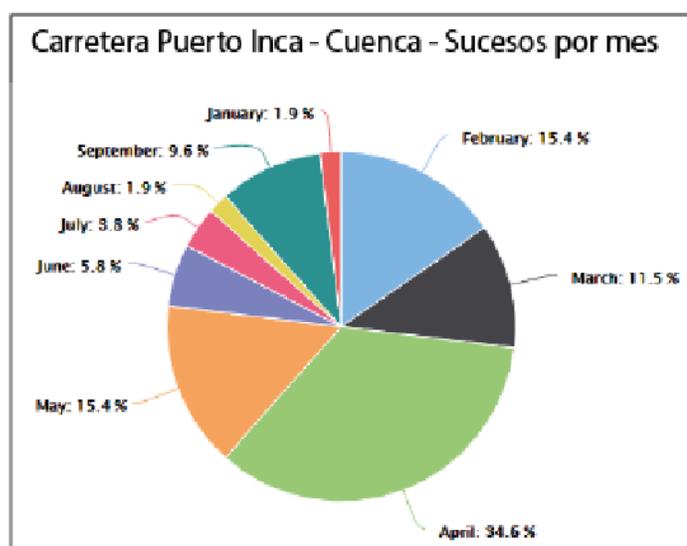


Figura 4.9 Diagrama Pastel de notificaciones por mes

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La idea de implementar un sistema netamente informativo sobre la disponibilidad de las diferentes rutas del país en tiempo real, genera satisfacción, confiabilidad y seguridad a los usuarios al momento de trasladarse de un lugar a otro.

Lo que se pretende al implementar un algoritmo de toma de decisión sobre un mapa, es facilitar información sobre la segunda mejor ruta a transitar luego de que la principal ha tenido un percance.

A pesar de que se desarrollan nuevas tecnologías y sistemas, estos no pueden decidir sobre algún inconveniente presentado, para ello se necesita interacción humana, en este caso, se logró validar el cierre o la apertura de una vía mediante un sistema de monitoreo visual controlado desde la web.

Considerar la distribución de los recursos eléctricos a nivel de voltaje y corriente al momento de alimentar al mismo instante componentes electrónicos tales como sensores ultrasónicos, módulos WIFI, microcontroladores, servomotores, arreglos de leds y pantallas LCD, dado que, al existir mucha carga, el suministro esperado de alimentación se reduzca.

Para evitar un aumento en la atenuación del sonido en el aire, se recomienda trabajar a bajas temperatura, menor humedad relativa y aumentar la presión atmosférica, dado que estas variables físicas afectan las zonas de detección.

Por facilidades al usuario, se recomienda implementar este sistema informativo no solo a nivel web, sino a nivel de aplicativo móvil, dado que al usuario se le hace más factible entrar a una aplicación que estar acordándose de la dirección de la página a consultar.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Istepanian, «The Potential of the Internet of Thing (IoT) for Assisted Living Applications,» London, 2011.
- [2] M. Seddiki y M. Benchaïba, «SWS: a Smart Walk mechanism for resources Search in unstructured mobile P2P networks,» Algiers, Algeria.
- [3] R. Scandariato y J. C. Knight, «An Automated Defense System to Counter Internet Worms,» Torino, Italy.
- [4] L. Li, P. Liu y G. Kesidis, «Threshold Smart Walk for the Containment of Local Worm Outbreak,» Pennsylvania State.
- [5] «El Diario,» 04 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/345738-todo-se-maneja-con-internet-de-las-cosas/>. [Último acceso: 21 Marzo 2016].
- [6] A. Zaslavsky, «Computing Now,» Septiembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.computer.org/web/computingnow/archive/september2013-spanish>. [Último acceso: 29 Mayo 2016].
- [7] «Tecnología de tú a tú,» 23 Diciembre 2014. [En línea]. Available: [http://www.tecnologiadetuuatue.corteingles.es/accesorios\\_y\\_perifericos/internet-de-las-cosas/](http://www.tecnologiadetuuatue.corteingles.es/accesorios_y_perifericos/internet-de-las-cosas/). [Último acceso: 21 Marzo 2016].
- [8] «La Hora,» 23 Noviembre 2014. [En línea]. Available: [http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101753408/-1/Tecnolog%C3%ADas\\_que\\_acercan\\_a\\_los\\_latinoamericanos\\_al\\_Internet\\_de\\_las\\_Cosas.html#.Vu9iXDE7dnw](http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101753408/-1/Tecnolog%C3%ADas_que_acercan_a_los_latinoamericanos_al_Internet_de_las_Cosas.html#.Vu9iXDE7dnw). [Último acceso: 21 Marzo 2016].

- [9] «IDC Spain,» [En línea]. Available: <http://www.idcspain.com/about/about.jsp>. [Último acceso: 29 Mayo 2016].
- [10] «Ecuador en vivo,» 19 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://www.ecuadorenvivo.com/tecnologia/80-tecnologia/23541-el-internet-de-las-cosas-alcanzara-4-900-millones-de-dispositivos-conectados-en-2015.html#.Vu9yYDE7dnx>. [Último acceso: 21 Marzo 2016].
- [11] «Agencia Pública de noticias del Ecuador y Suramérica,» 02 Marzo 2015. [En línea]. Available: <http://www.andes.info.ec/es/noticias/drones-tecnologia-3d-comision-transito-ecuador-investigara-accidentes-carreteras.html>. [Último acceso: 21 Marzo 2016].
- [12] M. Duarte Pesantez, B. Córdova Gonzáles y M. Torres Espinoza, «Procedimiento para proyectos viales,» Norma Ecuatoriana Vial, vol. 1, p. 5, 01 Diciembre 2013.
- [13] «El Universo,» 22 Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/06/22/nota/4974070/bloqueo-vias-cause-deslaves>. [Último acceso: 29 Marzo 2016].
- [14] J. Suárez, «Ecuavisa,» 22 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://www.ecuavisa.com/articulo/televistazo/noticias/114264-desborde-quebrada-cause-cierre-banos-puyo>. [Último acceso: 30 Marzo 2016].
- [15] J. Suárez, «Ecuavisa,» 22 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/nacional/114253-deslave-papallacta-dejo-tres-fallecidos-dos-heridos>. [Último acceso: 30 Marzo 2016].
- [16] «El Ciudadano,» 26 Abril 2015. [En línea]. Available: <http://www.elciudadano.gob.ec/deslaves-ocasionan-cierre-de-vias-en-la-sierra-centro/>. [Último acceso: 30 Marzo 2016].

- [17] «El Universo,» 02 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/12/02/nota/5275296/deshielo-volcan-chimborazo-causa-deslave-guano-cierre-tres-vias>. [Último acceso: 30 Marzo 2016].
- [18] A. Ante, «La hora nacional,» 25 Junio 2010. [En línea]. Available: [http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1100977794/-1/Cierre\\_de\\_v%C3%ADas\\_causa\\_malestar\\_a\\_Chaltura.html#.VvtZRDE7dnw](http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1100977794/-1/Cierre_de_v%C3%ADas_causa_malestar_a_Chaltura.html#.VvtZRDE7dnw). [Último acceso: 30 Marzo 2016].
- [19] «El Tiempo,» 08 Enero 2010. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/31327-cambio-en-cierre-de-va-as-causa-caos-vehicular/>. [Último acceso: 30 Marzo 2016].
- [20] A. Molano, «Internet de las cosas: concepto y ecosistema,» Colombia Digital, 01 Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://www.colombiadigital.net/actualidad/articulos-informativos/item/7821-internet-de-las-cosas-concepto-y-ecosistema.html>. [Último acceso: 24 Abril 2016].
- [21] D. E. Caro Peñaloza, «Intermediario Activo para la Comunicación M2M Multipropósito,» Valparaiso, 2011.
- [22] L. Coya-Rey, Q. Ledesma, T. Odete y W. Baluja-García, «Protocolos de enrutamiento aplicables a redes MANET,» 2014.
- [23] J.-C. Cano, C. Calafate, M. Malumbres y P. Manzoni, «Redes Inalámbricas Ad HOC como tecnología de soporte para la computación ubicua,» Valencia.
- [24] M.-C. ACOSTA-PONCE, «ESTUDIO DEL ESTÁNDAR IEEE 802.15.4 "ZIGBEE" para comunicaciones inalámbricas de área personal de bajo consumo de energía y su comparación con el estándar IEEE 802.15.1 "Bluetooth",» Quito, 2006.
- [25] A. Calvo-Montes y I. Nistal-González, «Wireless Sensor Network».

- [26] V. Elmice, Universidad Nacional del Nordeste, 2006. [En línea]. Available: <http://exa.unne.edu.ar/informatica/SO/ComunicacionesMovilesValeria.pdf>. [Último acceso: 19 Junio 2016].
- [27] F. Nicola, «REDES CELULARES (GPS, GPRS),» Unidad Nacional del Rosario, [En línea]. Available: <http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/distribuidos/material/monografias/RedesGSM.pdf>. [Último acceso: 19 Junio 2016].
- [28] J.-C. Lara-Tapia, «Conceptos Básico de Telefonía Celular,» UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, Marzo 2006. [En línea]. Available: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/536/Conceptos%20telefon%C3%ADa%20celular.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 19 Junio 2016].
- [29] «Diseño de materiales multimedia. Web 2.0,» [En línea]. Available: <http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/107/cd/html/pdf/html01.pdf>. [Último acceso: 19 Junio 2016].
- [30] E. González, «¿QUÉ ES PHP? ¿PARA QUÉ SIRVE PHP,» [En línea]. Available: [http://aprenderaprogramar.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=492:ique-es-php-y-ipara-que-sirve-un-potente-lenguaje-de-programacion-para-crear-paginas-web-cu00803b&catid=70:tutorial-basico-programador-web-php-desde-cero&Itemid=193](http://aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=492:ique-es-php-y-ipara-que-sirve-un-potente-lenguaje-de-programacion-para-crear-paginas-web-cu00803b&catid=70:tutorial-basico-programador-web-php-desde-cero&Itemid=193). [Último acceso: 19 Junio 2016].
- [31] M.-A. Alvarez, «Qué es Python,» 19 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/1325.php>. [Último acceso: 19 Abril 2016].
- [32] A. Esquiva-Rodríguez, «¿Qué es y para qué sirve JSON?,» 13 Octubre 2013. [En línea]. Available: <https://geekytheory.com/json-i-que-es-y-para-que-sirve-json/>. [Último acceso: 19 Junio 2016].

[33] M. Rouse, «Definición MySQL,» Enero 2015. [En línea]. Available: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/MySQL>. [Último acceso: 19 Junio 2016].

[34] M. Sierra, «DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE BASE DE DATOS,» [En línea]. Available: [http://aprenderaprogramar.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=554:que-es-y-para-que-sirve-una-base-de-datos-principales-tipos-oracle-mysql-sqlserver-postgre&catid=46:lenguajes-y-entornos&Itemid=163](http://aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=554:que-es-y-para-que-sirve-una-base-de-datos-principales-tipos-oracle-mysql-sqlserver-postgre&catid=46:lenguajes-y-entornos&Itemid=163). [Último acceso: 19 Junio 2016].

[35] «Google Maps API Tutorial,» [En línea]. Available: <http://www.w3schools.com/googleapi/>. [Último acceso: 30 06 2016].

[36] C.-J. Muñoz-Gómez, «Prototipo Robótico para la demarcación de áreas controlado de forma remotas,» Universidad Católica de Colombia, [En línea]. Available: <http://repository.ucatolica.edu.co/jspui/bitstream/10983/1299/3/Articulo%20Prototipo%20rob%C3%B3tico%20para%20demacaci%C3%B3n%20de%20%C3%A1reas%20controlado%20de%20forma%20remota.pdf>. [Último acceso: 19 Junio 2016].

[37] F. Martínez, «¿Qué es y para qué sirve?,» 03 Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://openwebinars.net/tutorial-arduino-ide-arduino/>. [Último acceso: 19 Junio 2016].

[38] «¿Qué es proteus?,» 14 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2-proteus.html>. [Último acceso: 19 Junio 2016].

[39] P. Cuasqui y A. Oswaldo, «Implementaciín de uns Sistema Electrico autonatzada de riesgo para cultivosde invernadero,» [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6407/1/CD-4939.pdf>. [Último acceso: 30 06 2016].

[40] V. Ventura, «Conexión WiFi con un módulo ESP8266,» 03 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://polaridad.es/modulo-wifi-esp8266/>. [Último acceso: 20 Junio 2016].

[41] «ESP8266,» 02 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://uzebox.org/wiki/index.php?title=ESP8266>. [Último acceso: 24 Junio 2016].

[42] L. Marin, «Sensor ultrasónico HC-SR04 y Arduino,» 28 Abril 2013. [En línea]. Available: <http://www.automatismos-mdq.com.ar/blog/2013/04/sensor-ultrasonico-hc-sr04-y-arduino.html>. [Último acceso: 20 Junio 2016].

[43] J. Andrade, «Raspberry Pi Model B analizado,» 11 Agosto 2012. [En línea]. Available: <http://es.engadget.com/2012/08/11/raspberry-pi-model-b-analizado/>. [Último acceso: 20 Junio 2016].

[44] «Welcome to Raspbian,» [En línea]. Available: <https://www.raspbian.org/>. [Último acceso: 19 Junio 2016].

[45] R. Cobo, «EL ABC DE LA AUTOMATIZACION,» [En línea]. Available: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/Servomotores.pdf>. [Último acceso: 20 Junio 2016].

[46] C. Valdivieso, D. Plaza y R. Solís, «Diseño embebido de simulaciones interactivas,» [En línea]. Available: [http://www.proyectolatin.org/components/com\\_booklibrary/ebooks/MicroControladores.pdf](http://www.proyectolatin.org/components/com_booklibrary/ebooks/MicroControladores.pdf). [Último acceso: 30 06 2016].

## ANEXOS

### ANEXO A. Algoritmo Dijkstra utilizado para toma de decisiones.

#### Algoritmo Dijkstra

```

$conexion=mysqli_connect("localhost","root","","carreteras");
$consulta="SELECT longitud, estado, dest1, dest2 FROM carretera";
$resultado=mysqli_query($conexion, $consulta);
$_distArr = array();
while ($fila=mysqli_fetch_array($resultado)){
    if($fila['estado']=="Abierta"){
        $_distArr[$fila['dest1']][$fila['dest2']] = $fila['longitud'];
        $_distArr[$fila['dest2']][$fila['dest1']] = $fila['longitud'];
    }
}
$a=$_SESSION['a']; $b = $_SESSION['b'];
$S = array();      $Q = array();
foreach(array_keys($_distArr) as $val) $Q[$val] = 99999;
$Q[$a] = 0;
while(!empty($Q)){
    $min = array_search(min($Q), $Q);
    if($min == $b) break;
    foreach($_distArr[$min] as $key=>$val) if(!empty($Q[$key]) && $Q[$min] +
    $val < $Q[$key]) {
        $Q[$key] = $Q[$min] + $val;
        $S[$key] = array($min, $Q[$key]);
    }
    unset($Q[$min]);
}
if (!array_key_exists($b, $S)) {
    echo "<script>alert('Ruta no encontrada');</script>";
}
else{
    $path = array(); $pos = $b;
    while($pos != $a){
        $path[] = $pos;
        $pos = $S[$pos][0];
    }
    $path[] = $a;
    $path = array_reverse($path);
    $distancia = $S[$b][1];
    $wayp = array();
    $j=0;
    foreach($path as $v){
        while ($fila=mysqli_fetch_array($resultado2)){
            if($fila[0]==$v){
                $wayp[$j][0]=$fila[2];
                $wayp[$j][1]=$fila[3];
                ++$j;
                $resultado2=mysqli_query($conexion, $consulta2);
                break;
            }
        }
    }
}
}

```