



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

**CARRETERA INTELIGENTE CON APLICACIÓN DE SERVICIOS
DIGITALES EN EL TRAMO DE RIESGO DE LA VÍA AMBATO, SECTOR
IZAMBA-PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones

ÁREA: Comunicaciones Inalámbricas

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías de la información y comunicación

AUTOR: Gerardo Israel Bayas Jiménez

TUTOR: Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg

Ambato - Ecuador

Septiembre – 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: CARRETERA INTELIGENTE CON APLICACIÓN DE SERVICIOS DIGITALES EN EL TRAMO DE RIESGO DE LA VÍA AMBATO, SECTOR IZAMBA-PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Gerardo Israel Bayas Jiménez, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, septiembre 2021.

Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: CARRETERA INTELIGENTE CON APLICACIÓN DE SERVICIOS DIGITALES EN EL TRAMO DE RIESGO DE LA VÍA AMBATO, SECTOR IZAMBA-PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, septiembre 2021.

A handwritten signature in black ink, enclosed in a hand-drawn oval. The signature appears to be "Gerardo Israel Bayas Jiménez". Below the signature is a horizontal dashed line.

Gerardo Israel Bayas Jiménez

C.C 1805050943

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Gerardo Israel Bayas Jiménez, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Trabajo de Investigación, titulado CARRETERA INTELIGENTE CON APLICACIÓN DE SERVICIOS DIGITALES EN EL TRAMO DE RIESGO DE LA VÍA AMBATO, SECTOR IZAMBA-PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, septiembre 2021.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Santiago Altamirano
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Paulina Ayala
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, septiembre 2021.

A handwritten signature in black ink, enclosed in an oval shape. The signature appears to be "Gerardo Israel Bayas Jiménez". Below the signature is a horizontal dashed line.

Gerardo Israel Bayas Jiménez

C.C: 1805050943

AUTOR

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado especialmente a mis padres Raúl y Enma por el apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida estudiantil, por ser mi sustento, mi aliento y mis pilares fundamentales para cada día ser mejor. A mis hermanos Franklin, Nelly y Luis Alberto por ser un soporte, un apoyo más en los momentos que más necesitaba.

Gerardo Israel Bayas Jiménez

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la suficiente fuerza para superar cada obstáculo en mi vida, a mis padres Raúl y Enma, y a toda mi familia por ser mi apoyo en cada momento que más necesitaba. A mis maestros que han sido mis guías y mentores a lo largo de toda mi vida académica.

Gerardo Israel Bayas Jiménez

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	2
1.1 Tema de investigación.....	2
1.2 Antecedentes investigativos.....	2
1.2.1 Contextualización del problema	5
1.2.2 Fundamentación teórica.....	6
1.2.2.1 Carretera Inteligente.....	6
1.2.2.2 Redes inalámbricas de área local	7
1.2.2.3 Telefonía IP.....	8
1.2.2.4 Asterisk	9
1.2.2.5 Videovigilancia IP.....	9
1.2.2.6 Arduino	10
1.2.2.7 Sensores.....	12

1.2.2.8 Redes Wi-Fi	12
1.2.2.9 Wireless Sensor Network (WSN)	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	15
2.1 Materiales.....	15
2.1.1 Selección del software.....	15
2.1.2 Selección del hardware para el prototipo	17
2.2 Métodos.....	23
2.2.1 Modalidad de la investigación	23
2.2.2 Recolección de la información.....	23
2.2.3 Procesamiento y análisis de datos	23
2.2.4 Desarrollo de la carretera inteligente	24
CAPÍTULO III. – resultados y discusión.....	25
3.1 Análisis y discusión de resultados.....	25
3.1.1 Análisis del estado de la carretera vía Pillaro – Ambato y selección de servicios.....	25
3.1.2. Diseño de red.....	29
3.1.3 Ubicación de la estación base y los puntos de repetición	29
3.1.4. Perfiles topográficos de propagación.....	31
3.1.5 Diseño del prototipo.....	35
3.1.6 Instalación de los servidores	45
3.1.7 Página web desarrollada.....	49
3.1.9. Presupuesto del prototipo.....	57
3.2 Verificación del funcionamiento del prototipo	58
3.2.1 Prueba 1. Funcionamiento de la telefonía IP.	59

3.2.2 Prueba 2. Funcionamiento de los tramos de las luminarias	60
3.2.3 Prueba 3. Funcionamiento de la alerta de peligro de derrumbe.....	61
3.2.4 Prueba 4. Funcionamiento de la alerta de obstáculos en la vía	61
3.2.5 Prueba 5. Funcionamiento videovigilancia	62
3.2.6 Prueba 6. Funcionamiento reloj y sensor de temperatura.	63
3.2.7 Prueba 7. Pruebas de exactitud y precisión de sensores	63
3.2.8 Prueba 8. Pruebas de stress servidor	66
3.2.9 Prueba 9. Pruebas de comunicación, latencia y transferencia.....	67
3.3. Diseño real de la carretera inteligente	68
3.3.1. Selección de equipos de red para la red de carretera	68
3.3.2. Presupuesto de la implementación de la carretera inteligente.	85
3.3.3. Dimensionamiento del tráfico de Internet.....	86
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
Conclusiones	88
Recomendaciones.....	89
Materiales de referencia	91
Referencias Bibliográficas	91
Anexos.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación Geográfica de los puntos de inicio y fin de la carretera	26
Tabla 2. Coordenadas geográficas de los puntos establecidos para los servicios	27
Tabla 3. Geoposición de los puntos de repetición.....	30
Tabla 4. Características de los sensores de presión [28] [29]	36
Tabla 5. Características de los sensores de infrarrojos [31] [32]	37
Tabla 6. Características de los sensores de temperatura [33] [34]	38
Tabla 7. Características de los sensores ultrasónicos [35] [32].....	39
Tabla 8. Características de las luminarias [36]	41
Tabla 9. Características de las cámaras.....	42
Tabla 10. Usuario y contraseña para los servidores	46
Tabla 11. Características electrónicas LCD	51
Tabla 12. Características electrónicas módulo DS3231	52
Tabla 13. Características electrónicas sensor ultrasónico	52
Tabla 14. Características electrónicas del sensor infrarrojo.....	54
Tabla 15. Intensidad de corriente por el ancho de la pista	55
Tabla 16. Presupuesto prototipo de la carretera inteligente	58
Tabla 17. Credenciales de la red Wi-Fi.....	58
Tabla 18. Prueba funcionamiento para informar peligro de derrumbe	61
Tabla 19. Prueba de funcionamiento para detectar obstáculos en la vía.....	61
Tabla 20. Pruebas de funcionamiento cámara de seguridad	62
Tabla 21. Pruebas del sensor de temperatura.	64
Tabla 22. Pruebas del sensor infrarrojo.....	64
Tabla 23. Pruebas del sensor ultrasónico	65
Tabla 24. Pruebas del sensor flex.....	66
Tabla 25. Consolidado pruebas de estrés servidor	66
Tabla 26. Lista de equipos necesarios	68
Tabla 27. Características de cámaras de videovigilancia [37] [38].....	69
Tabla 28. Modelos de NVR [39] [40]	70
Tabla 29. Sensores propuestos para la carretera inteligente.....	71
Tabla 30. Características de la antena base en marcas Ubiquiti y Mikrotik [41] [42]	72
Tabla 31. Características de las antenas Wi-Fi [43] [44]	73

Tabla 32. Especificaciones para los switches de core [45]	74
Tabla 33. Switches de core propuestos [46] [47]	75
Tabla 34. Propuesta switches de distribución	76
Tabla 35. Características Técnicas de las torres de telecomunicaciones [48].....	79
Tabla 36. Características UPS [50]	80
Tabla 37. Características Gel de aterrizaje.....	82
Tabla 38. Características gabinete de protección [52]	82
Tabla 39. Características teléfonos IP para exterior [54].....	84
Tabla 40. Presupuesto carretera inteligente.....	85
Tabla 41. Dimensionamiento del tráfico de Internet.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carretera inteligente [7].....	7
Figura 2. Diagrama de una WLAN en contraste con una LAN [9]	8
Figura 3. Diagrama de telefonía IP [10]	9
Figura 4. Placa Arduino Uno [13].....	11
Figura 5. Elementos básicos que componen una red de sensores Inalámbricos.	13
Figura 6. Partes del Raspberry Pi.....	17
Figura 7. Partes del Arduino Mega [13]	19
Figura 8. Sensor de temperatura LM35 [13].....	20
Figura 9. Sensor Flex [21].....	20
Figura 10. Sensor ultrasónico HC-SR04 [22]	21
Figura 11. Sensor infrarrojo de largo alcance [21]	22
Figura 12. Esquema básico de una cámara IP.....	22
Figura 13. Carretera Ambato-Píllaro en Google Maps	25
Figura 14. Ubicación de los puntos de telefonía IP	28
Figura 15. Diagrama de red propuesto para la carretera inteligente.	29
Figura 16. Posición de los puntos en el mapa.....	31
Figura 17. Enlace entre la base y el AP 1	32
Figura 18. Enlace entre la base y el AP 2	33
Figura 19. Enlace entre la base y el AP 3	33
Figura 20. Enlace entre la base y el AP 4	34
Figura 21. Enlace entre la base y la UPC Píllaro	34
Figura 22. Diagrama de bloques del prototipo de carretera inteligente	35
Figura 23. Sensor Flex utilizado [30].....	37
Figura 24. Sensor infrarrojo [26]	38
Figura 25. Sensor temperatura [34].....	39
Figura 26. Funcionamiento Sensor ultrasónico [27].....	40
Figura 27. Luces Led [36].....	41
Figura 28. Fotorresistencia	42
Figura 29. Logitech c270	43
Figura 30. Diagrama de flujo del código en Arduino	44
Figura 31. Simulación en Proteus del circuito	45
Figura 32. Ingreso de usuario y contraseña del servidor Asterisk	46

Figura 33. Inicialización de Asterisk y Free PBX	46
Figura 34. Interfaz gráfica de configuración del servidor Asterisk.	47
Figura 35. Habilitación del Allow Transports Reload	47
Figura 36. Servidor Motion ejecutándose	48
Figura 37. Servidor Apache ejecutándose.....	48
Figura 38. JavaScript.....	49
Figura 39. Página web desarrollada parte 1	50
Figura 40. Página web desarrollada parte 2	50
Figura 41. Código de JavaScript para actualizar el código HTML5	51
Figura 42. Elaboración de la placa electrónica	57
Figura 43. Prototipo parte frontal.....	57
Figura 44. Diagrama de funcionamiento de la telefonía IP	59
Figura 45. Pruebade telefonía IP	60
Figura 46. Temperatura, fecha y hora en la pantalla LCD.....	63
Figura 47. Temperatura, hora y fecha en la página web	63
Figura 48. Características de la torre de telecomunicaciones [48]	79
Figura 49. UPS Br1500m2 de la marca APC.....	81
Figura 50. Varillas Copperweld [50]	81
Figura 51. Gabinete de telecomunicaciones	83
Figura 52. Telefono IP VOIP KNSP-16 [52].....	84

RESUMEN EJECUTIVO

El Internet ha revolucionado los avances tecnológicos porque permite acceder a información importante en tiempo real. Los estudios se enfocan a conectar todos los dispositivos y elementos al Internet para almacenar la información que proporcionan y tomar decisiones de manera autónoma mejorando nuestra calidad de vida.

El presente proyecto plantea un prototipo de carretera inteligente en la vía Ambato – Píllaro, para que sus usuarios tengan una conducción más segura que les permita prevenir posibles deslizamientos de tierra y que sean precavidos con los obstáculos en la vía.

Para esto se aplicaron diferentes tecnologías, en el hardware se utilizaron varios sensores así como los microcontroladores que manejan la tecnología Arduino y Raspberry. Se utilizó el sistema Operativo de Código Abierto Linux para instalar diversos servidores para almacenar y procesar la información que proporcionan los sensores electrónicos. También estos datos se proyectan en las pantallas LCD y en una página web informativa. Adicional, se plantea la implementación de telefonía IP y videovigilancia para la vía. Se obtuvo como resultados un sistema que integra todas la señales que envían los sensores son procesadas por los servidores y la alarma es enviada la página web y a las pantallas LED, esto permite tener un sistema integrado de alarmas en caso de derrumbes y obstáculos en la vía. Finalmente se realizaron pruebas de funcionamiento a los sensores y pruebas de estrés y latencia al servidor.

Palabras clave: Carretera inteligente, raspberry, servidores, sensores, telefonía IP.

ABSTRACT

The Internet has revolutionized technological advances because it allows access to important information in real time. The studies focus on connecting all devices and elements to the Internet to store the information they provide and make autonomous decisions, improving our quality of life.

This project proposes a prototype of an intelligent road on the Ambato - Píllaro road, so that its users have a safer driving that allows them to prevent possible landslides and be careful with obstacles on the road.

For this, different technologies were applied, in the hardware several sensors will be used as well as the microcontrollers that handle the Arduino and Raspberry technology. The Linux Code Operating System was used to install various servers to store and process the information provided by the electronic sensors. This data is also projected on LCD screens and on an informational web page. Additionally, the implementation of IP telephony and video surveillance for the road is proposed. The results were a system that integrates all the signals sent by the sensors are processed by the servers and the alarm is sent to the website and to the LED screens, this allows to have an integrated system of alarms in the event of landslides and obstacles on the road. . Finally, functional tests were carried out on the sensors and stress and latency tests on the server.

Keywords: Road, smart, raspberry, servers, sensors, IP telephony

INTRODUCCIÓN

El propósito del presente trabajo es proponer la implementación de servicios inteligentes en el tramo de la carretera Ambato - Píllaro. Para poder brindar una conducción más segura a los usuarios de esta vía, en especial a los problemas que ocasionan los desplazamientos de tierra por los obstáculos en la vía y el riesgo de accidentes que esto implica. Esta zona que no tiene buena cobertura de servicios de telefonía celular por lo que a menudo comunicarse con el sistema de emergencias es complicado para los conductores.

El trabajo desarrollado consta de cuatro capítulos. El primer capítulo se expone la contextualización del problema con sus respectivos antecedentes para el planteamiento de los objetivos, después se describen las tecnologías, equipos y lenguajes de programación consultados que permitieron desarrollar una propuesta que cumpla con los objetivos planteados.

El capítulo dos describe la metodología utilizada durante el proceso investigativo y de desarrollo del prototipo. 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 que se encontraron en el tramo de la carretera.

El capítulo tres enmarca el planteamiento de los servicios inteligentes que se propone para la carretera, se hace realiza un cálculo de la capacidad de Internet y se simula el radio enlace que se necesitaría para tener una red en la carretera Ambato – Píllaro. Posteriormente basándose en esta propuesta se propone e implementa un prototipo que permite censar datos en tiempo real y mostrarlos en pantallas LCD y una página web.

El capítulo cuatro abarca las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación y finalmente se tiene las referencias bibliográficas y los anexos respectivos.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

CARRETERA INTELIGENTE CON APLICACIÓN DE SERVICIOS DIGITALES EN EL TRAMO DE RIESGO DE LA VÍA AMBATO, SECTOR IZAMBA–PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

1.2 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El avance continuo de la sociedad requiere de investigación, recopilación de información sistemática, es por ello que el proceso de investigación se realizó en los repositorios de las diferentes Universidades Nacionales e Internacionales, así como en artículos científicos publicados en diferentes revistas. Se ha encontrado proyectos de investigación relacionados con carreteras inteligentes.

En el año 2014, la revista científica electrónica Scielo publica, “*Un Sistema de Información Vehicular y Monitoreo de Carreteras*” de Fabio Arnéz y Alex Villazón, en el artículo presentan VIRMS (Vehicle Information and Road Monitoring System), un sistema de transporte inteligente basado en una infraestructura cliente-servidor, diseñada para mejorar la seguridad vehicular y disminuir la tasa de accidentes de tránsito. El cliente remoto VIRMS es un dispositivo remoto embebido que recolecta, procesa y envía información obtenida de sensores hacia el servidor VIRMS, para mantener informado al conductor [1].

En el año 2015, Carlos Luis Vargas Guevara, de la Universidad Técnica de Ambato, presenta su trabajo de titulación denominado “*Control Inteligente de Iluminación Fotovoltaico para Autopistas del Ecuador*”, en su trabajo de investigación, enfatiza un elevado consumo de energía eléctrica, es por ello que realiza una propuesta de ahorro energético, desarrolla un control inteligente utilizando un sensor como principal dispositivo de detección vehicular para el control de las luminarias inteligentes haciendo de estas luminarias dispositivos autónomos mediante las baterías solares fotovoltaicas [2].

En el año 2016, Danny Alfredo Torres Moran, de la Escuela Politécnica del Litoral, presenta su trabajo de titulación denominado “*Carretera Inteligente con Señalética*”

Reactiva y Algoritmo de Toma de Decisiones para Proveer Rutas Alternas por Cierre de Vías” en su trabajo de investigación, diseñó y construyó una maqueta que tiene distintos tramos. 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 la recolección, procesamiento y transmisión de información, 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 [3].

En el año 2016, Kiara Carolina Reina Torres, de la Escuela Politécnica del Litoral, presenta su trabajo de titulación denominado “*Carretera Inteligente con Mensajes de Advertencias y Cierre de Vías debido a la Afectación de Condiciones Inesperadas*” en su trabajo de investigación presenta la plataforma electrónica Arduino Uno R3 la cual se encarga de tomar los datos leídos por los sensores y procesarlos, permitiendo clasificar los acontecimientos en la carretera para posteriormente enviar los mensajes de advertencia (envío automático de un correo electrónico y mensaje de texto). Para la detección de obstáculos utiliza sensores ultrasónicos los cuales toman lectura de las distancias del obstáculo, las almacenan, se validan y finalmente se clasifica el suceso de acuerdo a qué tanto esté obstruyendo la vía; estas lecturas se envían al servidor para que las almacene en la base de datos, y posteriormente hacer él envío de las alertas: por correo electrónico configuran la cuenta Gmail y para el envío del mensaje SMS usan el API Sinch SMS. Finalmente desarrollan un sistema de video vigilancia utilizando la Raspberry Pi 2. De esta manera acceden al video en vivo simplemente realizando una petición ingresando a la dirección en el navegador predeterminada [4].

En el año 2018, Grace Jacqueline Iza Coro, presenta su proyecto de titulación denominado “*Carretera Inteligente con Aplicación de Servicios Digitales en el*

Trayecto Pelileo-Baños en la provincia de Tungurahua.”, en su trabajo de investigación presenta un proyecto con cuatro servicios digitales como video vigilancia, VoIP entre otros, realizando el diseño de una red principal mediante radio enlaces, dicho proyecto trabajo con el estándar 802.11ac para una mayor facilidad de transmisión de voz video y datos [5].

En el 2019 en la quinta edición del Foro Mundial del Internet de las cosas (WF-IoT) se publicó un documento que representa una descripción general de las actividades realizadas en escenarios reales de ciudades inteligentes utilizando tecnologías de IoT para sistemas de transporte inteligentes (ITS). En la actualidad, existen varios casos de uso relacionados con IoT para ITS, como vehículos conectados y autónomos, redes de transporte cooperativas y carreteras inteligentes con el fin de mejorar la propagación de datos, crear conectividad heterogénea y aplicaciones de baja latencia en entornos de alta capacidad. Las técnicas ITS también se pueden aplicar a la logística, por lo que la precisión en la entrega y el tiempo se puede mejorar considerando todos los ecosistemas involucrados, arquitecturas de referencia y estandarizadas en Smart Cities interconectadas para el desarrollo e integración futuros. Las correlaciones seguras entre vehículos y carreteras inteligentes pueden optimizar la seguridad vial y el flujo de tráfico, reducir incidentes, evitar congestiones, etc. El escenario de Smart Roads se considera uno de los campos más atractivos en un entorno de Smart City. La elección correcta de tecnología, retardo y frecuencia representa un factor importante a considerar para las actividades de estandarización e ingeniería [6].

En el 2020 Toh Chai publicó un paper en el cual describe como varios países de todo el mundo han comenzado sus esfuerzos en el diseño e implementación de ciudades inteligentes. Solo China tiene más de 300 proyectos de ciudades inteligentes, con una fuerte participación de industrias y oficinas gubernamentales. India también ha asignado billones de presupuesto para construir más de 100 ciudades inteligentes. Una parte esencial de una ciudad inteligente es el transporte. En ese documento, se discute el estado actual, los desarrollos y algunos de los avances emergentes en las tecnologías de transporte y cómo estos avances en las carreteras inteligentes prepararán a la sociedad para la realización de futuras ciudades *smart* [7].

1.2.1 Contextualización del problema

El presente trabajo de investigación consta de tecnologías emergentes para el desarrollo de sistemas colaborativos vehiculares que permiten mejorar la seguridad y la experiencia de los conductores, además, una de las razones principales por las cuales se desarrolla el proyecto es porque Ecuador se encuentra en vías de desarrollo de las tecnologías digitales, pues es necesario que se realicen las investigaciones correspondientes en cuanto a una implementación de carreteras, vías o autopistas inteligentes que contengan servicios digitales de primera categoría, debido a que al mencionar conceptos de carreteras digitales o inteligentes se define un conjunto de aplicaciones electrónicas, de comunicación y de información, con el único objetivo de aumentar los servicios digitales en la carretera, de tal manera que ayuda a solventar las necesidades de los usuarios en cuanto a su movilidad [8].

Al considerarse un tramo peligroso en dicha vía según la Agencia Nacional de Tránsito en la vía Ambato- Píllaro, hay un promedio de un accidente semanal en la vía, lo que hace que se convierta en una de las vías más peligrosas de la provincia de Tungurahua.

Según Ricardo Carrillo Gerente de la Cooperativa Santa Teresita transitan 37 buses, dos veces al día en la carretera Ambato - Píllaro y viceversa y 25 buses de la Cooperativa Píllaro. El Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad (GADM) Santiago de Píllaro consideran que entre 2000 y 3000 autos particulares circulan en esta vía, es por ello que es necesario implementar este sistema en el tramo Izamba (Sector parque de los recuerdos) - Píllaro, en donde carece de señal telefónica e Internet [9].

Esta vía es la principal arteria de conexión entre Píllaro y la capital de la provincia de Tungurahua, es por ello que los usuarios que transitan esta vía necesitan información sobre los sucesos que ocurra en la vía de forma directa y eficiente, tomando en cuenta que es una de las vías de alto riesgo de accidentes de tránsito.

Al implementar una carretera digital en dicho tramo, los beneficiarios directos son los habitantes del Cantón Píllaro, porque el flujo vehicular es alto.

Como adicional se puede mencionar que el proyecto Europeo Inframix preparará la infraestructura vial para dar apoyo a las carreteras inteligentes pues se espera que para el 2030 se reducirá los incidentes en un 90%. Esto hace que una carretera inteligente con servicios digitales sea factible implementar debido a que se está entrando a la era digital. Existen diferentes tecnologías que ayudan a mejorar la vida del usuario, tomando en cuenta los planes estratégicos de movilidad segura, que está proponiendo el gobierno nacional [10].

El presente proyecto es un innovador sistema inteligente en tiempo real, aportando al desarrollo tecnológico en la construcción de carreteras inteligentes en nuestro país.

1.2.2 Fundamentación teórica

1.2.2.1 Carretera Inteligente

Las carreteras inteligentes lograrán almacenar grandes cantidades de información sobre diversos factores de interés de las vías, tanto para los propios conductores como para las autoridades. Cualquier persona podrá acceder a dichos datos en tiempo real, lo que elevará la seguridad a un nuevo nivel. En este sentido, se integrarán elementos en las carreteras que servirán para prever, informar y responder ante determinadas circunstancias. Cambios meteorológicos, volumen del tráfico en las vías y aparición de desperfectos en ellas que puedan afectar a los conductores. [6]

Todos los movimientos en la carretera serán monitorizados de manera automática. En la actualidad existen tramos en los que es posible controlar la iluminación, conocer la temperatura del asfalto con sensores y analizar la situación del tráfico con sistemas de cámaras. En la Figura 1 se indica un diagrama de una carretera inteligente.



Figura 1. Carretera inteligente [7]

1.2.2.2 Redes inalámbricas de área local

Las comunicaciones inalámbricas son redes que utilizan ondas de radio para conectar los dispositivos, sin la necesidad de utilizar cables de ningún tipo. Las redes inalámbricas permiten a los dispositivos remotos que se conecten sin dificultad, independientemente que estos dispositivos estén a unos metros o a varios kilómetros de distancia. Todo ello sin necesidad de romper paredes para pasar cables o instalar conectores. Esto ha hecho que el uso de esta tecnología sea muy popular, extendiéndose muy rápidamente [8].

Las redes inalámbricas de área local (WLAN) están diseñadas para proporcionar acceso inalámbrico en zonas con un rango típico de hasta 100 metros y se utilizan sobre todo en el hogar, la escuela, una sala de ordenadores, o entornos de oficina. Esto proporciona a los usuarios la capacidad de moverse dentro de un área de cobertura local y permanecer conectado a la red.

Las WLAN se basan en el estándar 802.11 del IEEE y son comercializadas bajo la marca Wi-Fi. Debido a la competencia, otros estándares como HIPERLAN nunca recibieron tanta aplicación comercial. El estándar IEEE 802.11 fue más sencillo de implementar y se hizo más rápido con el mercado. En la Figura 2 se muestra un diagrama de una WLAN y una LAN.

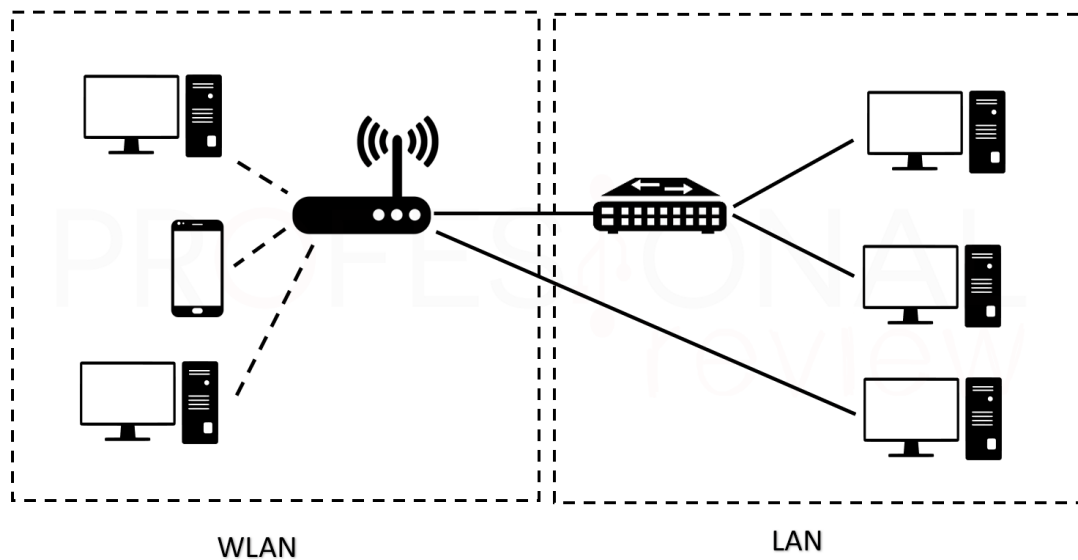


Figura 2. Diagrama de una WLAN en contraste con una LAN [9]

1.2.2.3 Telefonía IP

Telefonía IP es el término usado para definir la transmisión de llamadas telefónicas sobre Internet. Se habla de telefonía IP cuando se implementan equipos de telefonía tradicional y computadoras, siendo estas las terminales de la red. Incluso se considera telefonía IP cuando las llamadas telefónicas son total o parcialmente transmitidas sobre Internet [10].

Voz sobre Protocolo de Internet, es un grupo de recursos tecnológicos que permiten a la señal de voz viajar a través de Internet empleando el protocolo IP. Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital en paquetes a través de internet, en lugar de enviar la señal pura en tramas a través de circuitos conmutados de compañía telefónica convencional o PSTN.

El tráfico de Voz sobre IP puede circular por cualquier red IP, incluyendo aquellas conectadas a Internet, como por ejemplo redes de área local (ver Figura 3). Se utiliza la infraestructura de la red de datos existente agregando algunos

dispositivos intermediarios para mantener registro de planes, servicios y control de llamadas.

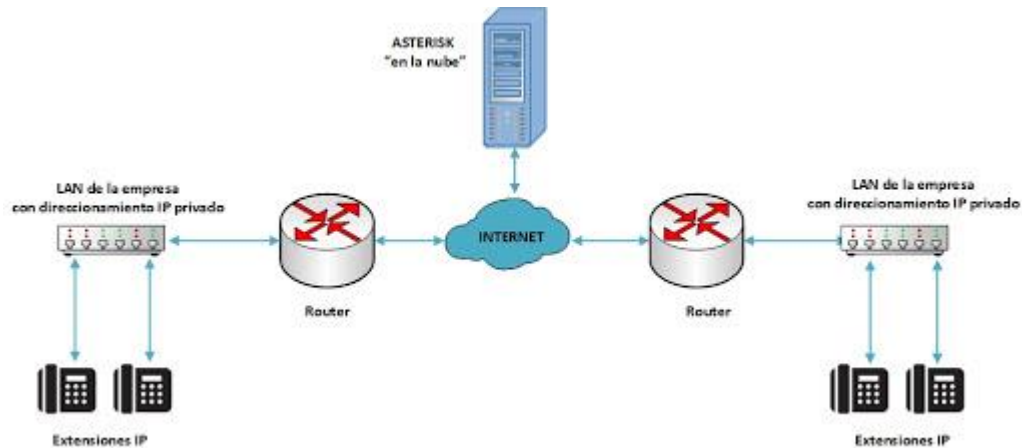


Figura 3. Diagrama de telefonía IP [10]

1.2.2.4 Asterisk

Asterisk es el líder mundial en plataformas de telefonía de código abierto. Asterisk es un software que puede convertir un ordenador de propósito general en un sofisticado servidor de comunicaciones VoIP [11].

Es un sistema de centralita IP utilizado por empresas de todos los tamaños para mejorar su comunicación, incluyendo a Google, Yahoo, IBM, e incluso el Ejército de EE.UU. Actualmente, las soluciones Open Source representan el 18% de las centralitas telefónicas instaladas en todo el mundo (según el Eastern Management Group) y Asterisk es el líder en el mercado de código abierto de centralitas VoIP (VoIP PBX).

1.2.2.5 Videovigilancia IP

La video vigilancia IP aprovecha la red informática empresarial sin necesidad de desplegar una infraestructura de cableado coaxial específica para nuestra red de video vigilancia. Así se utiliza el mismo cableado que se emplea para la comunicación de datos, acceso a Internet o correo electrónico. La mayoría de las instalaciones más modernas están abandonando la tecnología analógica en favor de la video vigilancia

IP, dada su versatilidad, funcionalidad, sencillez y optimización de las infraestructuras existentes en la compañía [12].

Las cámaras de red tienen direcciones IP como cualquier otro dispositivo de red y se pueden instalar con pocos gastos en cualquier parte de la red, siendo controlada centralmente por medio de software. Esto le permite aprovechar la infraestructura existente, como servidores, conmutadores y cableado estructurado, etc.

1.2.2.6 Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto que incluye *hardware* y *software*. El *hardware* consta de una placa de circuito impreso con entradas y salidas analógicas y digitales controladas un microcontrolador ATmega328 y el *software* es implementado en el entorno de desarrollo Arduino IDE.

El entorno de programación Arduino (IDE) es un software de código abierto para el lenguaje de programación AVR-C basado en el lenguaje C++ con posibilidad de ser ampliado por programadores con experiencia a través de librerías de C++. Los programas de Arduino pueden ser divididos en tres partes principales: estructura, valores y funciones [13].

Su funcionamiento se basa en la lectura de entradas como por ejemplo lecturas de sensores, el presionar un botón, leer un mensaje de texto, entre otras; siendo estas señales analógicas o digitales y convirtiendo estas lecturas en salidas como instrucciones de prender un led, activar o desactivar dispositivos, enviar o publicar un mensaje de texto dependiendo de la serie de instrucciones utilizadas en el microcontrolador.

Arduino UNO fue la primera placa lanzada al mercado por lo cual ha sido la base para desarrollar los distintos modelos. Consta de un microcontrolador ATmega328 que posee una memoria Flash de 32 KB de los cuales 5 KB son usados por el cargador de arranque, 2KB de SRAM (*Static Random Access Memory*) y 1 KB de EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*), 14 pines de entradas y salidas digitales de las cuales 6 proveen salidas PWM (*Pulse Width Modulation*), 6 pines de entrada analógicos. Entre las características tiene un voltaje de operación de

5V, La corriente por PIN de entrada o salida es de 40 mA y una velocidad de Reloj de 16 MHz

En la Figura 4 se encuentra la placa de Arduino Uno, señalando sus respectivos componentes.

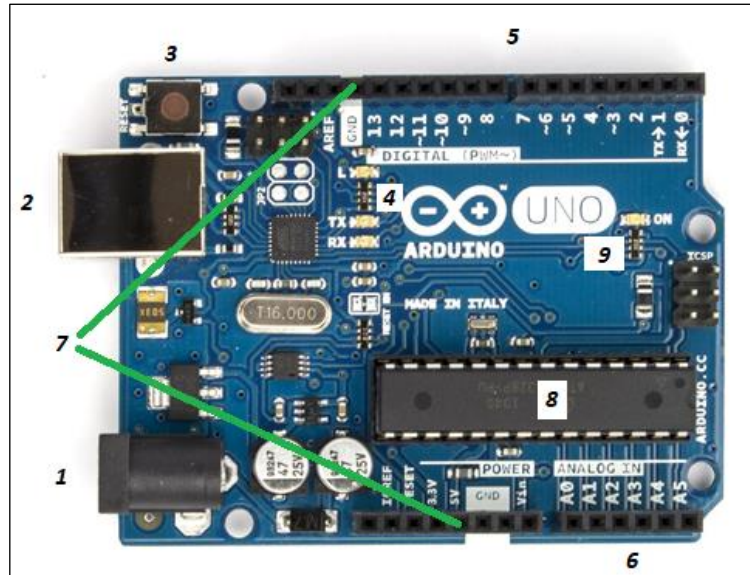


Figura 4. Placa Arduino Uno [13]

1. **Conector de Alimentación:** Utilizado para alimentar al Arduino con un voltaje entre 7 a 12V cuando no se encuentre conectado a un puerto USB.
2. **Puerto USB:** Entre sus funciones está el de alimentar al circuito, cargar los programas y comunicarse con el programa de Arduino.
3. **Botón Reset:** Al Presionar este botón se conecta a tierra el PIN de Reset lo que reiniciará el código cargado en el Arduino.
4. **LEDs de transmisión y recepción:** Estos LEDs indican cuando se esté realizando una comunicación serie entre el Arduino y el computador.
5. **Pines de entrada/salida digital:** Estos pines pueden funcionar como entrada digital (Presionar un botón, etc)
6. **Entradas Analógicas:** Permiten sensar una señal leída de un sensor y transformarla a un equivalente digital.
7. **Pin GND (tierra) y 5V:** Utilizadas para la alimentación de la placa Arduino.

8. Microcontrolador: Microcontrolador ATmega328 del fabricante AVR usado para cargar las instrucciones del programa.

9. Led de Encendido: Indicador de que la placa está correctamente polarizada y todos sus elementos funcionando.

1.2.2.7 Sensores

La sensorización es el conjunto de elementos eléctricos diseñados para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Sensores: Un sensor es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida. Se enlistan los sensores a utilizar para la elaboración del prototipo:

- Sensor de presión
- Sensor de temperatura
- Sensor de presencia

1.2.2.8 Redes Wi-Fi

La tecnología Wi-Fi se encuentra en innovación continua para satisfacer las crecientes demandas de los clientes, la cual está impulsada por la digitalización de todo, tanto en el hogar como en los espacios empresariales. Está basado en el estándar 802.11, la última versión es la 802.11ax, funciona en el espectro sin licencia de 2.4GHz y 5GHz, hasta 10Gbps de velocidad, utiliza tecnologías como: OFDMA (*Orthogonal Frequency-Division Multiple Access*) y TWT (*Target Wake Time*). Todas estas características hacen 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 [14].

1.2.2.9 Wireless Sensor Network (WSN)

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.

La red está compuesta de cuatro elementos esenciales tales como, sensores, nodos, Gateway y estaciones bases como se observa en la Figura 5. 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)

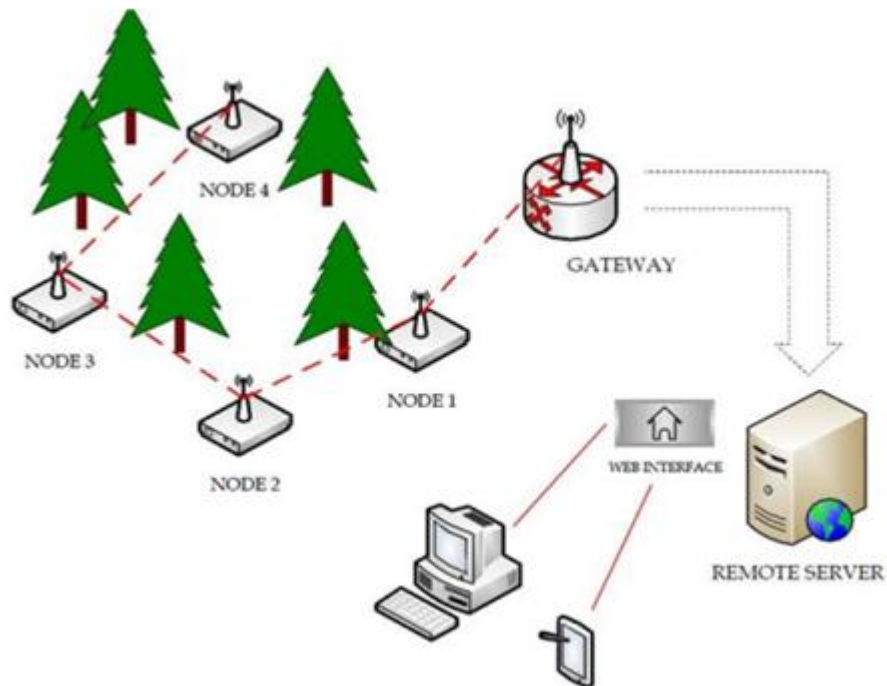


Figura 5. Elementos básicos que componen una red de sensores Inalámbricos.

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.

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)

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.

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

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Planificar la implementación de una carretera inteligente en el tramo de riesgo de la vía Ambato, sector Izamba - Píllaro de la Provincia de Tungurahua.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar los servicios digitales más factibles que se puedan incorporar en el diseño de la carretera inteligente en dicho tramo de vía.
- Determinar los requerimientos técnicos para el diseño óptimo del control inteligente de la carretera.
- Diseñar un sistema inteligente en tiempo real utilizando sensores, para establecer el estado de la vía e informar a sus usuarios.
- Implementar un prototipo aplicando los servicios inteligentes para la seguridad de los usuarios del tramo de la carretera Ambato - Píllaro.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Selección del software

Para la selección del software se realizó la investigación de las opciones disponibles, para los servidores de telefonía IP se utilizaron Linux y Asterisk. Para el desarrollo de la página web informativa se utilizó PHP y HTML5. Mientras que para el diseño del radio enlace se trabajó con RadioMobile.

2.1.1.1 Linux

El sistema operativo LINUX es un conjunto de programas y una serie de utilidades que permiten al usuario gestionar los recursos hardware del sistema y construir aplicaciones. Al conjunto de programas que se encargan de gestionar los recursos del sistema se le llama *kernel* (núcleo del sistema). El *kernel* define la personalidad del sistema. La versión del *kernel* de *linux* ha ido evolucionando con el tiempo ofreciendo cada vez mayores prestaciones y un control más optimizado sobre el hardware. [15]

2.1.1.2 Asterisk

Asterisk es un programa de software libre, bajo Licencia Pública General de GNU (*General Public License*) que permite a los usuarios utilizar, copiar, estudiar, compartir y modificar el software, e incluso publicar las mejoras. Este programa proporciona las funcionalidades de una central telefónica (PBX). Fue creado por Mark Spencer, hace ya 10 años, y actualmente es su principal desarrollador, aunque existen unos 300 desarrolladores más que contribuyen en el perfeccionamiento de los diferentes módulos y que corrigen errores y añaden funcionalidades. Esto lo convierte en el software libre líder en su campo. Este software puede realizar las funciones de una pequeña central telefónica, y es capaz de trabajar tanto con líneas analógicas como con digitales. Además, es una herramienta muy interesante en los sistemas de VoIP, ya que soporta casi todos los protocolos. [16]

2.1.1.3 Radio Mobile

RadioMobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados

con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse. RadioMobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet. Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED. [17]

2.1.1.4 PHP

PHP es un lenguaje interpretado del lado del servidor que surge dentro de la corriente denominada código abierto (open source). Se caracteriza por su potencia, versatilidad, robustez y modularidad. Al igual que ocurre con tecnologías similares, los programas son integrados directamente dentro del código HTML. En este libro se explicará en detalle la sintaxis y el funcionamiento de este lenguaje, de momento se realiza a continuación una breve comparativa con las otras tecnologías del lado del servidor descritas previamente [18]

2.1.1.5 HTML 5

HTML (Hypertext Markup Language) es un lenguaje de marcado (que no es lo mismo que un lenguaje de programación) que sirve para definir la estructura y la semántica de nuestra página web (luego veremos que significa esto). HTML fue creado y es mantenido por una organización sin ánimo de lucro llamada W3C. El W3C es un consorcio formado por más de 400 empresas (entre ellas las que desarrollan los principales navegadores como Google, Microsoft, Mozilla, Apple...), etc. [19]

HTML5 es la actualización de HTML, el lenguaje en el que es creada la web. HTML5 también es un término de marketing para agrupar las nuevas tecnologías de desarrollo de aplicaciones web: HTML5, CSS3 y nuevas capacidades de Javascript. La versión anterior y más usada de HTML, HTML4, carece de características necesarias para la creación de aplicaciones modernas basadas en un navegador. El uso fuerte de Javascript ha ayudado a mejorar esto, gracias a frameworks como jQuery, jQuery UI, Sproutcore , entre otros [20]

2.1.2 Selección del hardware para el prototipo

En la selección del hardware para el prototipo se decidió trabajar con un Raspberry Pi para instalar el servidor de telefonía IP y el servidor de videovigilancia. La parte de los sensores se administra con un Arduino Mega. En esta sección se detallan estos componentes y adicionalmente los sensores a utilizar.

2.1.2.1 Raspberry Pi

Es una placa que soporta varios componentes necesarios en un ordenador común (ver Figura 6). Es un pequeño ordenador capaz, que puede ser utilizado por muchas de las cosas que su PC de escritorio hace, como hojas de cálculo, procesadores de texto y juegos. También reproduce vídeo de alta definición. En la se muestra las partes de la placa electrónica.

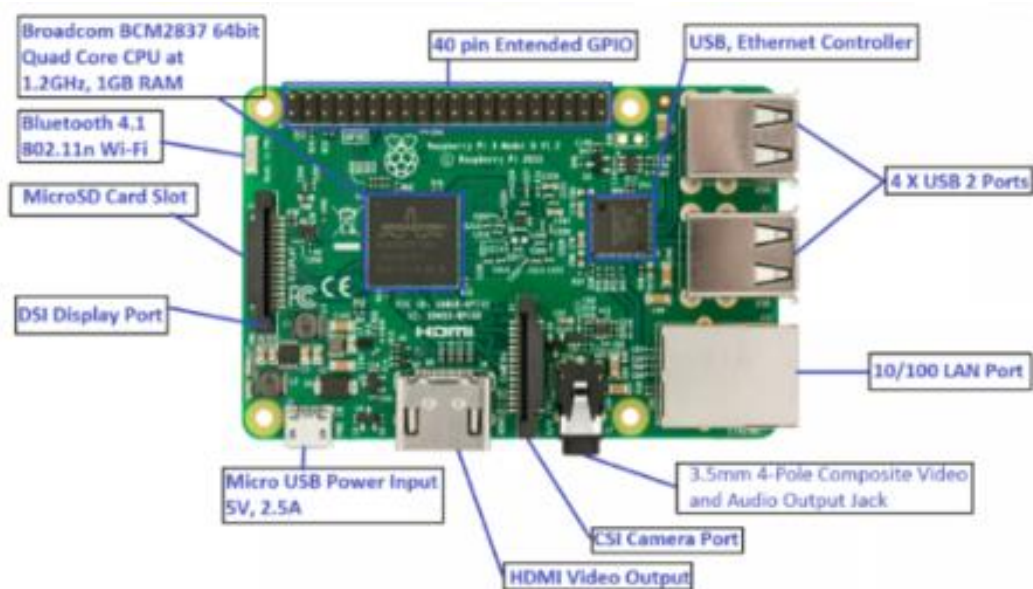


Figura 6. Partes del Raspberry Pi

2.1.2.2 Arduino Mega

El Arduino Mega es el microcontrolador con mayores características de la familia Arduino. Tiene disponible 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida; 16 entradas análogas, un cristal oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un botón de

reset y una entrada para la alimentación de la placa, los demás componentes se detallan en la Figura 7.

La comunicación entre la computadora y Arduino se produce a través del Puerto Serie. Posee un convertidor usb-serie, por lo que sólo se necesita conectar el dispositivo a la computadora utilizando un cable USB como el que utilizan las impresoras.

Arduino Mega posee las siguientes especificaciones:

- **Microcontrolador:** ATmega2560
- **Voltaje Operativo:** 5V
- **Voltaje de Entrada:** 7-12V
- **Voltaje de Entrada(límites):** 6-20V
- **Pines digitales de Entrada/Salida:** 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
- **Pines análogos de entrada:** 16
- **Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida:** 40 mA
- **Corriente DC entregada en el Pin 3.3V:** 50 mA
- **Memoria Flash:** 256 KB (8KB usados por el bootloader)
- **SRAM:** 8KB
- **EEPROM:** 4KB
- **Clock Speed:** 16 MHz

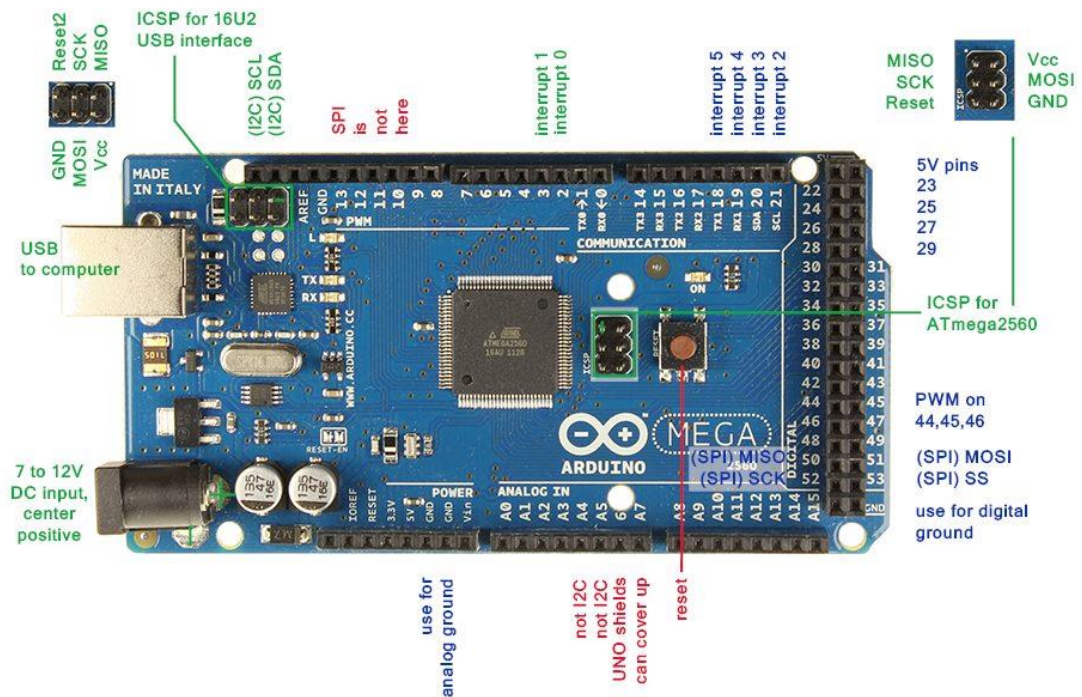


Figura 7. Partes del Arduino Mega [13]

2.1.2.3 Sensor de temperatura

Los sensores de temperatura se usan para medir la temperatura del aire o la temperatura superficial de líquidos y sólidos.

El LM35 es un circuito electrónico sensor que puede medir temperatura (ver Figura 8). Su salida es analógica, es decir, te proporciona un voltaje proporcional a la temperatura. El sensor tiene un rango desde -55°C a 150°C .

Para convertir el voltaje a la temperatura, el LM35 proporciona 10mV por cada grado centígrado. También cabe señalar que ese sensor se puede usar sin offset, es decir que si medimos 20mV a la salida, estaremos midiendo 2°C .



Figura 8. Sensor de temperatura LM35 [13]

2.1.2.4 Sensor de presión

El sensor flex, se indica en la Figura 9, este puede detectar la flexión de un material en una dirección, teniendo múltiples aplicaciones y pudiéndose usar con Arduino o Raspberry Pi. El sensor está compuesto por una resistencia que cambia su valor en función del nivel de flexión. Este será utilizado para determinar posibles deslizamientos de tierra.

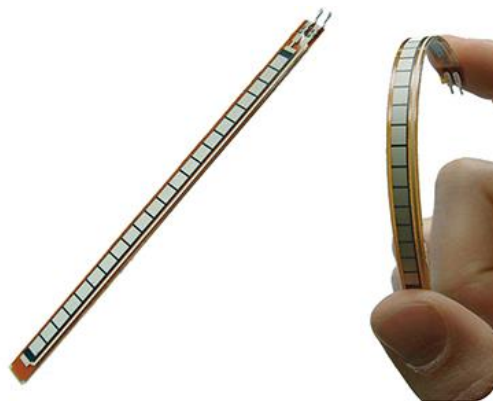


Figura 9. Sensor Flex [21]

2.1.2.5 Sensor de proximidad

Para detectar la distancia a los objetos que obstaculicen la carretera se utilizará sensores ultrasónicos los cuales son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros (ver Figura 10). El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan el sonido en un objeto, el sensor recoge el eco producido y lo convierte en señales eléctricas. Estos sensores trabajan solamente donde exista presencia de aire, es decir necesitan medio de propagación. Una ventaja es que pueden detectar objetos con diferentes formas, diferentes colores, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo, han de ser deflectores de sonido. Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco [22].

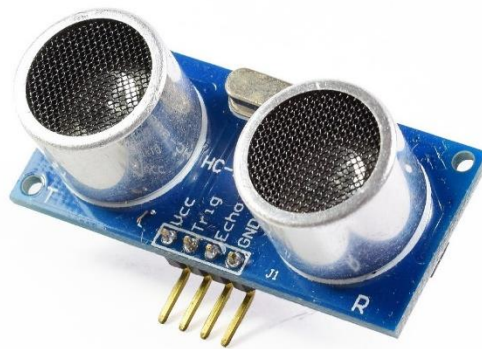


Figura 10. Sensor ultrasónico HC-SR04 [22]

Para la parte de las luminarias se utilizará sensores láser (ver Figura 11), en la parte del diseño se propondrá sensores de larga distancia; mientras que para la maqueta se implementará con sensores de acuerdo con la distancia. Los sensores infrarrojos son unos componentes electrónicos compuestos normalmente de un LED infrarrojo y un fototransistor colocados uno al lado del otro, de forma que el LED actúa como emisor y el fototransistor como receptor. Si esta luz choca con una superficie blanca se reflejará y llegará al fototransistor.



Figura 11. Sensor infrarrojo de largo alcance [21]

2.1.2.6 Cámara IP

Una cámara que funciona sobre el protocolo de internet, también conocida como cámara IP, le permite monitorear su casa o negocio usando un software que se conecta directamente a internet. A diferencia de una cámara web, no se necesita una computadora para transmitir las imágenes de video en línea. En la Figura 12 se detalla el esquema básico de una cámara IP.

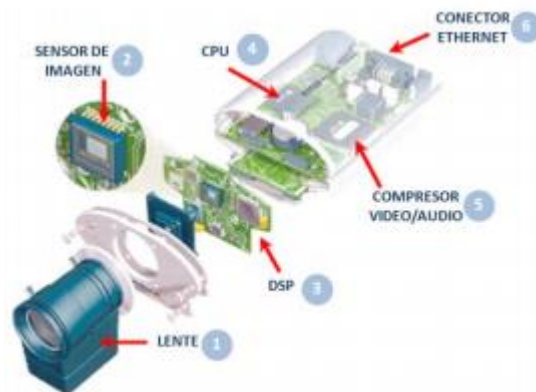


Figura 12. Esquema básico de una cámara IP

2.2 Métodos

2.2.1 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.

2.2.2 Recolección de la información

La recolección de la información está basada en la recepción de información que ha sucedido; pudiendo así, ser objetivo de análisis para dar soluciones a los diferentes problemas presentados. Por ejemplo, accidentes, derrumbes y deslaves.

Para plantear la solución a estos problemas se utilizó bibliotecas virtuales y bases de datos de acceso libre proporcionado por la universidad e Internet. Todas estas se enfocan en la temática del problema. Adicional con la ayuda brindada por el tutor durante la elaboración del proyecto.

2.2.3 Procesamiento y análisis de datos

Después de la obtención de información, se llevó a cabo el procesamiento y análisis de datos.

- Primero se definió correctamente la información a buscar, utilizando métodos de búsqueda de la información.
- Después se guardó y organizó toda la información obtenida, de esta manera se jerarquizó y respaldó la misma.
- A continuación, se estudió y comprendió la información adquirida haciendo uso de la lectura comprensiva.

- Se interpretó los resultados obtenidos para dar respuesta a los requerimientos del proyecto.

2.2.4 Desarrollo de la carretera inteligente

Se entiende como una carretera inteligente a la correlación y reacción de forma automatizada y controlada de componentes electrónicos como sensores inalámbricos, microcontroladores, cámaras, entre otros.

Para la implementación, es importante tener en cuenta que la carretera inteligente está constituida por puntos o nodos ubicados estratégicamente en ciertos tramos. Estos deben contar con las debidas protecciones para evitar robos y desgaste por el clima. Los nodos sensan, procesan y transmiten información contantemente sobre acontecimientos ocurridos, considerado diferentes prioridades. 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 el desarrollo del proyecto se consideran los siguientes pasos:

- Investigación de las tecnologías utilizadas en las carreteras inteligentes
- Estudio de los sensores que se utilizan para la obtención de los datos que permiten realizar la carretera inteligente
- Recolección de los datos necesarios de la carretera: longitud, puntos geolocalizados para ubicación de sensores.
- Selección de los dispositivos electrónicos que serán necesarios para la implementación del prototipo.
- Diseño real de la carretera inteligente, teniendo en cuenta todos los datos obtenidos en la parte de recolección de datos.
- Diseño de la página web para visualizar los datos obtenidos por los sensores
- Diseño del circuito para la implementación del prototipo.
- Elaboración del prototipo de la carretera inteligente.

CAPÍTULO III. – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

En este capítulo se explica el desarrollo de la tesis, en primer lugar se encuentra el análisis del estado de la carretera vía Ambato - Pillaro y se seleccionan los servicios a ofrecerse. Posteriormente se diseña la red y se seleccionaron los componentes a utilizar. Finalmente se describe el diseño y la implementación del prototipo realizado.

3.1.1 Análisis del estado de la carretera vía Pillaro – Ambato y selección de servicios

La carretera inteligente vía Píllaro – Ambato o viceversa, en la Figura 13 se puede observar su ubicación en Google Maps, tiene una distancia de 6.9Km. Las coordenadas de inicio y fin de la carretera se encuentran detalladas en la Tabla 1.

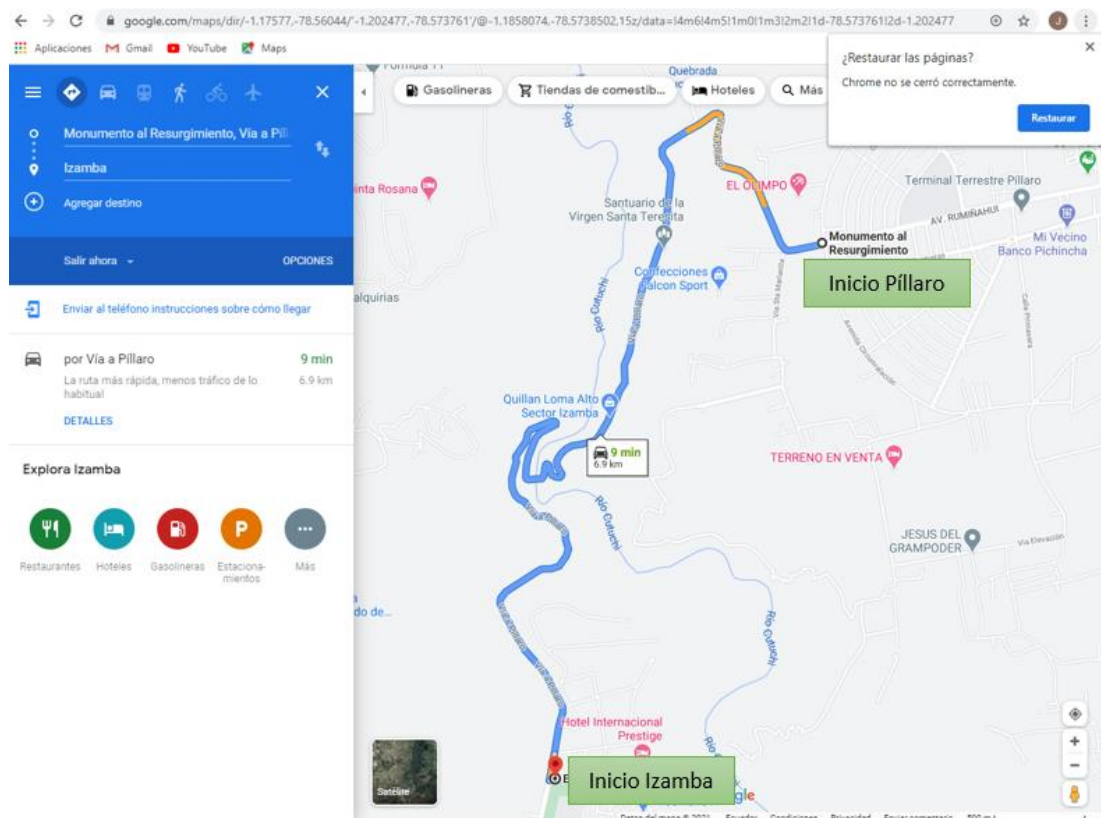


Figura 13. Carretera Ambato-Píllaro en Google Maps

Elaborado por: Investigador

Tabla 1. Ubicación Geográfica de los puntos de inicio y fin de la carretera

Punto	Ubicación
Inicio Píllaro	1°10'32"S, 78°33'37"W
Inicio Izamba – Ambato	1°12'8"S, 78°34'25"W

Elaborado por: Investigador

Se han seleccionado los siguientes servicios digitales y de seguridad:

- Videovigilancia
- Voz sobre IP
- Acceso a Internet
- Luminarias inteligentes
- Sistema de alarmas en casos de emergencia: deslizamiento de tierra y obstáculos en la vía.

A continuación, se explican los puntos en los cuales se van a colocar los diferentes servicios. Estos han sido seleccionados de acuerdo con las necesidades emergentes que presentan esta zona geográfica.

Inicio de Vía Píllaro: En este punto se coloca una pantalla vial led que notificará al usuario, si existe derrumbe o algún obstáculo en dicha vía, de igual manera indicará hora, fecha y temperatura en tiempo real.

Punto Derrumbe 1 : En base a una investigación de campo se ha determinado a este punto como uno de los lugares en dónde ocurren deslizamientos de tierra con mayor frecuencia, aquí se colocará un sensor específico para ayudar a la prevención al usuario.

Punto Derrumbe 2 : En el siguiente punto se determinó el segundo lugar donde con más frecuencia ocurren deslizamientos en la montaña, aquí se colocará un sensor específico para ayudar a la

Punto Telefonía IP 1: Se ha determinado este punto para la colocación de la Telefonía Ip, porque a través de una investigación de campo en dicho sector, se deduce que cumple con las condiciones óptimas para esto como por ejemplo: en base al estado

físico de la vía es un segmento más ancho, consta de cuatro carriles, permitiendo la circulación de los automotores con seguridad, considerando que la mayoría de esta vía cuenta solo con dos carriles. Adicional, es un lugar en donde no existe cobertura celular para realizar llamadas de emergencia.

Punto Telefonía IP 2: Se ha determinado este punto para la colocación de la Telefonía Ip, mediante la investigación de campo realizada en dicho sector, se ha determinado que es común que el usuario tenga algún percance con su unidad móvil, debido a la intermitencia del servicio de todas las operadoras disponibles.

Punto Telefonía IP 3: Se ha determinado este punto para la colocación de la Telefonía Ip, este lugar es el punto más bajo de la vía, a nivel del río, no existe señal de telefonía celular en este sitio.

Punto Telefonía IP 4: En este punto se ha determinado la colocación de telefonía Ip, es un punto donde comienza a perderse la señal de las operadoras de telefonía celular, además de ser un punto crítico por varios accidentes sucedidos.

Punto Obstáculos 1: Se ha determinado este punto para la ubicación de un sensor de detección de objetos, en este lugar predomina el rodamiento de material rocoso de diferentes tamaños y caída de ramas de árboles de gran tamaño.

Punto Obstáculos 2: Se ha determinado este punto para la ubicación de un sensor de detección de obstáculos, considerando que dicho lugar se encuentra en una curva peligrosa y segmento de vía angosto; adicional el rodamiento de piedras y otros objetos sea grandes o pequeños es muy frecuente.

Inicio de Vía Sector Izamba: Al igual que en el inicio de vía referente a Píllaro en éste punto se propone colocar una pantalla vial led que notificará al usuario, si existe derrumbe o algún obstáculo en dicha vía, de igual manera indicará la hora, fecha y temperatura.

En la Tabla 2 se encuentra numeradas los puntos mencionados anteriormente con sus respectivas coordenadas geográficas y en la Figura 14 la ubicación de los puntos de telefonía IP.

Tabla 2. Coordenadas geográficas de los puntos establecidos para los servicios

Punto	Coordenadas Geográficas
Inicio de Vía Píllaro	1°10'32"S, 78°33'37"W
Punto derrumbe 1	1°11'8"S, 78°34'19"W
Punto derrumbe 2	1°11'12"S, 78°34'32"W
Punto telefonía IP 1	1°10'14"S, 78°33'56"W
Punto telefonía IP 2	1°11'0"S, 78°34'14"W
Punto telefonía IP 3	1°11'14"S, 78°34'29"W
Punto telefonía IP 4	1°11'30"S, 78°34'27"W
Punto obstáculo 1	1°11'5"S, 78°34'28"W
Punto obstáculo 2	1°11'12"S, 78°34'32"W
Inicio de Vía Sector Izamba	1°12'8"S, 78°34'25"W

Elaborado por: Investigador

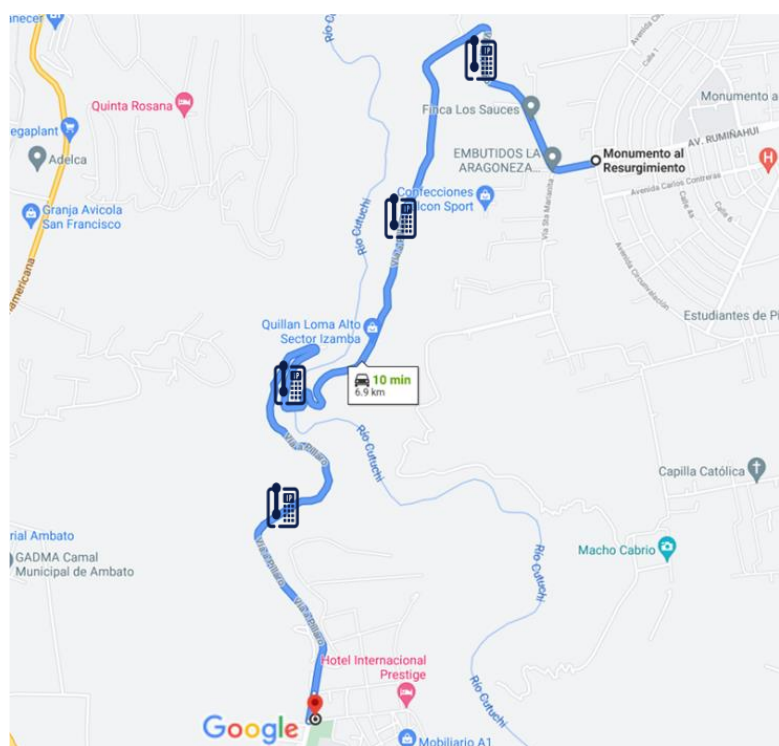


Figura 14. Ubicación de los puntos de telefonía IP

Elaborado por: Investigador

3.1.2. Diseño de red

Para poder diseñar una carretera inteligente es importante tener una sola red LAN (Red de Área Local) que proporcione servicio de Internet en todo el sector, para esto se propone el diagrama de red de la

Figura 15. El servicio de Internet será proporcionado por el ISP (Proveedor de Servicio de Internet) más cercano, la antena repetidora será el *router* de borde, el mismo que permite tener una sola red LAN a la cual estén conectados todos los dispositivos. A continuación, se tiene un *switch* de core, el cual administrará el tráfico de datos, al mismo se conectan los servidores de telefonía IP y los servidores Web. A este también se enlaza un *switch* al cual se conectan las cámaras IP, también el *switch* de core se conectan los Access Point, el *switch* de telefonía IP y el Gateway de sensores.

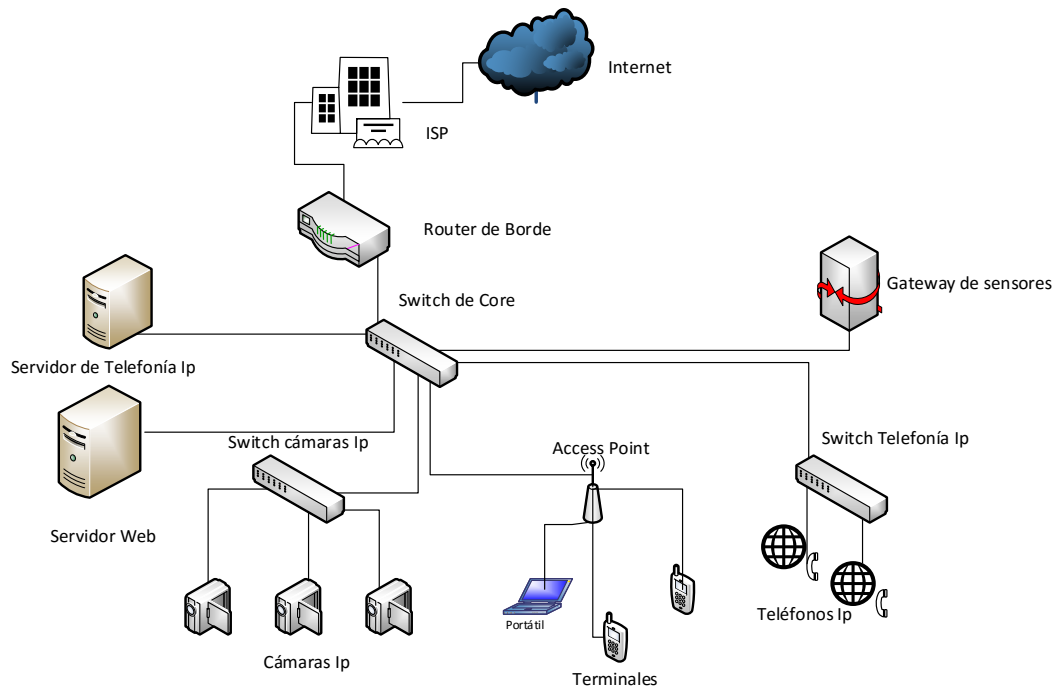


Figura 15. Diagrama de red propuesto para la carretera inteligente.

Elaborado por: Investigador

3.1.3 Ubicación de la estación base y los puntos de repetición

A lo largo de la carretera se dispondrá cuatro puntos de repetición, en la Tabla 3 se detallan los lugares escogidos para dar cobertura a lo largo de la carretera vía Píllaro – Ambato. La base se escogió un punto elevado que supere los 2500 metros de altura y que permita conectarse con los puntos de repetición ubicados a lo largo de la

carretera. El lugar escogido es un terreno vacío que pertenece al municipio, cerca de este existen casas y poblados con energía eléctrica. Adicional, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) brinda servicios en esa zona. El primer punto de repetición está ubicado al inicio de la vía Píllaro y la carretera de acceso es asfaltada y tiene una altura de 2481 metros. El segundo punto de repetición se consideró una zona en la cual no existe señal de telefonía celular y está ubicado a 2414 metros. El tercer punto de repetición es cerca de las curvas cerradas que existen en la vía y se encuentra a 2360 metros de altura. Finalmente, el último punto de repetición se encuentra cerca del final de vía Ambato- Píllaro. Toda la información de las cámaras de seguridad y de las llamadas de emergencia serán redirigidas a la UPC de Píllaro. La Figura 16 indica la ubicación de los puntos del enlace en el mapa

Tabla 3. Geoposición de los puntos de repetición

Lugar	Geoposición	Altura (metros)
Base	1°10'54.00"S, 8°34'5.00"O	2664
AP 1	1°10'14"S, 78°33'56"W	2481
AP 2	1°10'17"S, 78°34'5"W	2414
AP 3	1°11'14"S, 78°34'29"W	2360
AP 4	1°11'30"S, 78°34'27"W	2467
UPC Píllaro	1°10'35,8"S, 78°33'24.9"W	2756

Elaborado por: Investigador



¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.

Figura 16. Posición de los puntos en el mapa

Elaborado por: Investigador

3.1.4. Perfiles topográficos de propagación

Para simular el radio enlace entre la antena repetidora y los cuatro puntos de acceso se utilizó el software de Radio Mobile, porque es un software que permite conocer en qué dirección se debe apuntar la antena, en el diseño propuesto las antenas usadas son antenas directivas que necesitan línea de vista y deben estar bien alineadas, permitiendo enfocar toda la potencia irradiada hacia la otra antena. Además permite variar las alturas de las torres logrando obtener una altura idónea para cada sitio, para despejar la primera zona de Fresnel, la cual es muy importante para poder obtener un enlace estable.

Las posiciones geográficas se encuentran en la Tabla 3, para la Base se utilizó la posición $1^{\circ}10'54''S$, $78^{\circ}34'05''W$. A continuación, se procedió a la creación de la red, se configuró como frecuencia 5,8 GHz y los datos fueron proporcionados por el datasheet de la antena repetidora, el cual se encuentra en el Anexo 3, adicionalmente

se configuró las pérdidas como Forest, debido a que la mayor parte de la carretera no se encuentra en la ciudad.

La configuración de la red será maestro esclavo como se observa en en la cual la Base será el Master y los demás AP cumplirán el papel de slave. En la parte de topología de red se configuró para que esta sea una red de datos. Finalmente, en la pestaña *System* se configura las características de la antena repetidora.

Después de la configuración de red se procede a verificar los enlaces. En la Figura 17, Figura 18, Figura 19 y Figura 20 se encuentra el enlace entre la base y los AP como se puede observar la conexión es óptima y si existe línea de conexión en los cuatro casos.

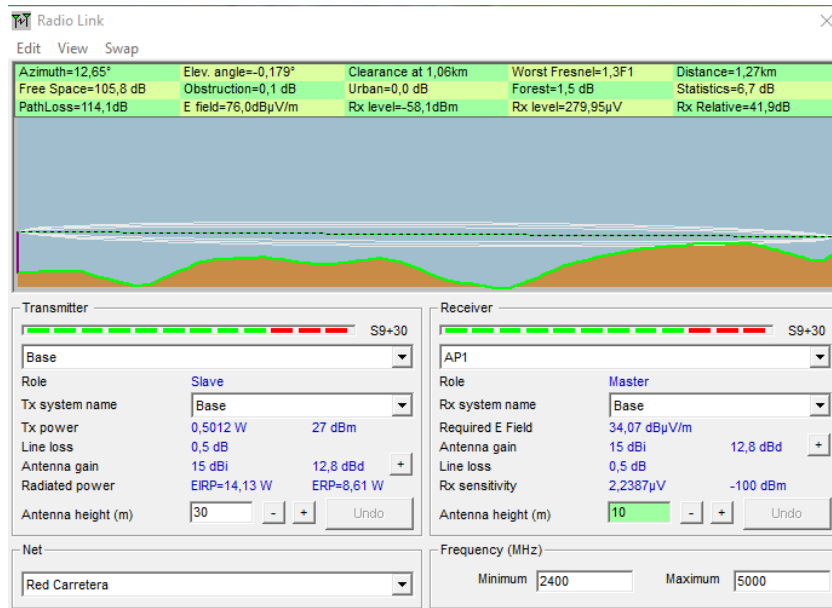


Figura 17. Enlace entre la base y el AP 1

Elaborado por: Investigador

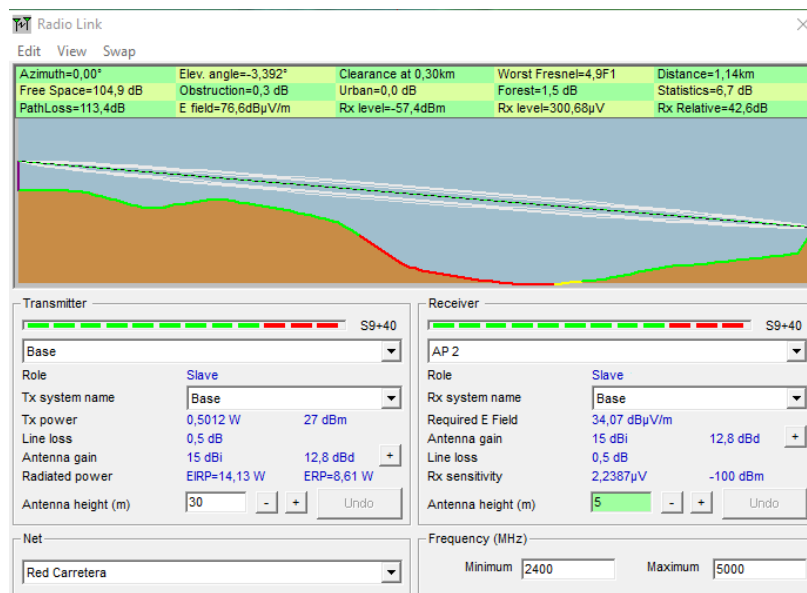


Figura 18. Enlace entre la base y el AP 2

Elaborado por: Investigador

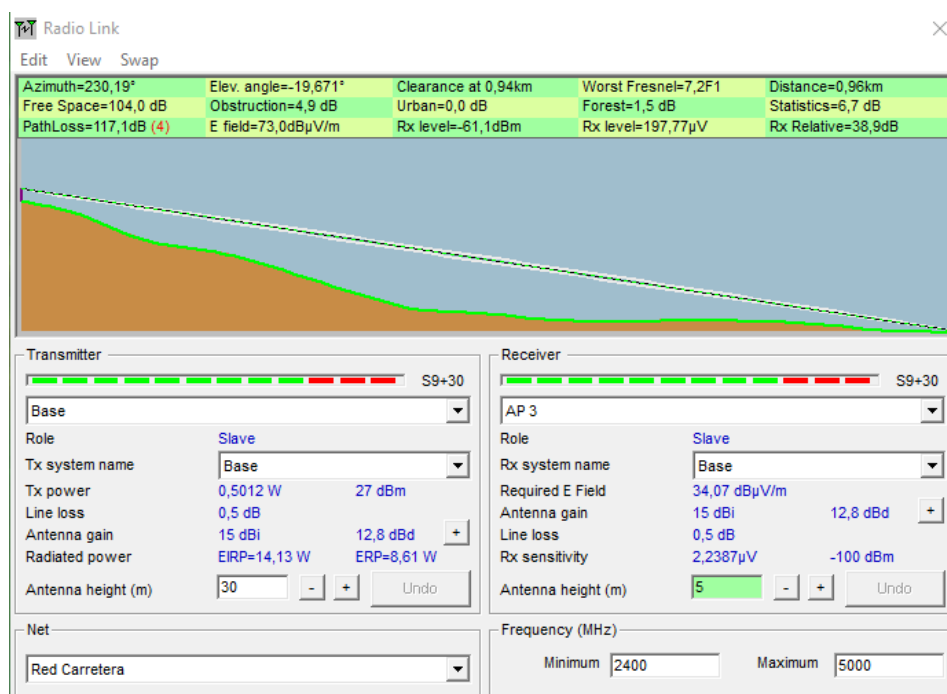


Figura 19. Enlace entre la base y el AP 3

Elaborado por: Investigador

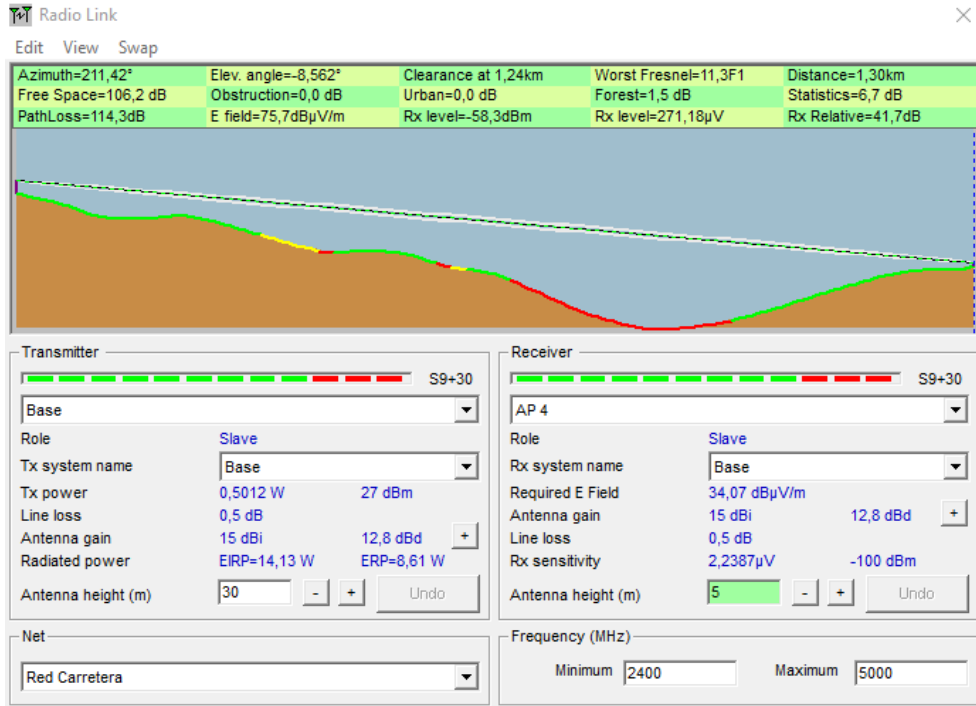


Figura 20. Enlace entre la base y el AP 4

Elaborado por: Investigador

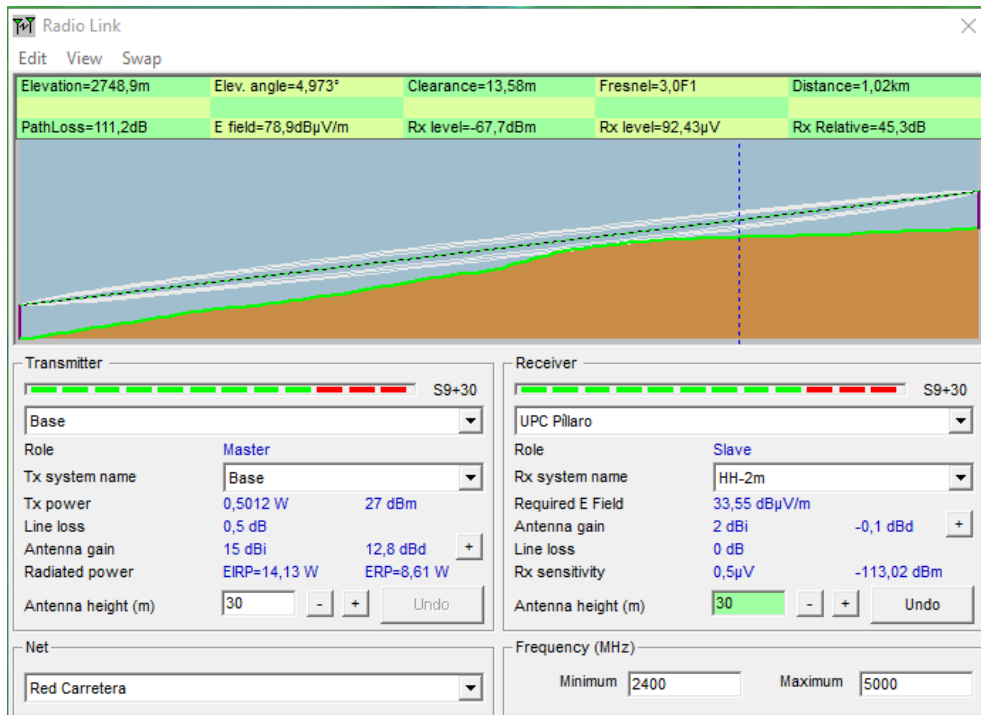


Figura 21. Enlace entre la base y la UPC Píllaro

3.1.5 Diseño del prototipo

En primer lugar para la elaboración del prototipo se elaboró el diseño, este se puede observar en la Figura 22. El diseño está conformado de tres subsistemas. El primero consta de todos los sensores los cuales envían información al Arduino Nano y este envía esta información a las luces, a las pantallas LCD y al subsistema 2. El sistema 2 está formado por el Raspberry Pi 3, este consta de un código en Python que permite obtener la información que envía el Arduino y enviarlo al servidor Apache, también aquí se encuentra el servidor Motion el cual es el encargado de enviar la información de las cámaras de video al servidor web. Finalmente, el servidor web (Apache) envía toda esta información a la página web. El último subsistema está compuesto por un servidor Asterisk y el software FreePBX el cual se conecta con los teléfonos IP.

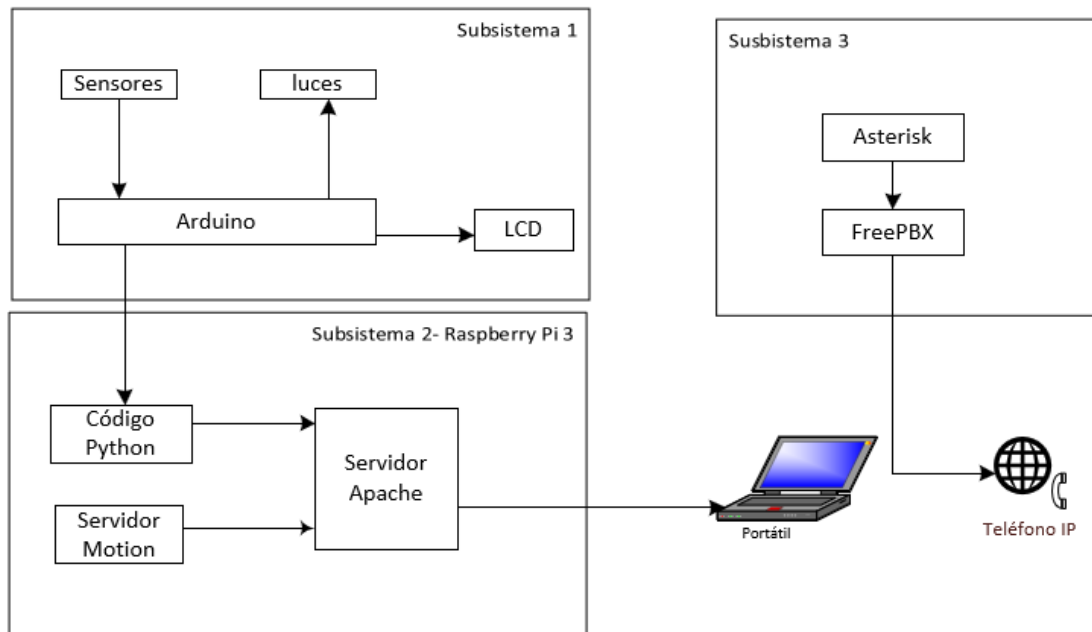


Figura 22. Diagrama de bloques del prototipo de carretera inteligente

Elaborado por: Investigador

Selección de materiales y sensores utilizados

Para la parte de la maqueta se seleccionó madera para la base de la maqueta y espuma expansible para simular el sistema montañoso que rodea la carretera. Para simular las luminarias se utilizó luces led. Los materiales electrónicos utilizados se enlistan a continuación

- **Sensor de presión**

El sensor de presión se utilizará para determinar si existe desplazamiento de tierra en el prototipo, los sensores estudiados se presentan en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Características de los sensores de presión [28] [29]

Sensor	Sensor flex	Sensor de fuerza
Modelo	Flex Sensor 2.2	MF01
Rango de Temperatura	-35°C to +80°C	-30°C a 70°C
Rango de resistencia	45K to 125K Ohms	100 KΩ (presión ligera) a 200Ω (máx. presión)
Ventajas	Con este dispositivo podemos medir una fuerza proporcional a la presión generada sobre el sensor.	La resistividad cambia al ser flexionado. Ideal para medir el ángulo de giro en articulaciones para aplicaciones robóticas, biométricas o de interfaz de usuario.
Desventajas	Estos sensores son raramente precisos. Así que, básicamente, cuando se utiliza este sensor sólo se debe esperar para obtener rangos de respuesta.	El sensor está diseñado para ser flexionado solo en una dirección

El sensor flex es una pequeña resistencia sensible a la fuerza, es decir variará su resistencia dependiendo de cuánta presión se aplique al área de detección. Se seleccionó este elemento porque al momento de existir deslizamiento de tierra en las zonas montañosas, estos sensores cambiarán su valor y podrán enviar una señal de alerta, porque a mayor flexión se producirá mayor resistencia y este valor es interpretado a través de una entrada análoga del Arduino. En la Figura 23 se indica el sensor utilizado.



Figura 23. Sensor Flex utilizado [30]

- **Sensor Infrarrojo**

El sensor infrarrojo será utilizado para detectar la presencia de los automóviles y enviar una señal para activar las luces en los tramos específicos. En la Tabla 5 se encuentra detallado las características de los sensores propuestos.

Tabla 5. Características de los sensores de infrarrojos [31] [32]

Sensor	Sensor infrarrojo	Sensor fotoeléctrico
Modelo	HW-201	E118-D80NK
Rango de detección	2cm a 30cm	3cm a 80cm
Ventajas	El módulo tiene el potenciómetro de la tarjeta que permite al usuario ajustar el rango de detección. El sensor tiene una respuesta muy buena y estable incluso con luz ambiente o en completa oscuridad.	Permite detectar objetos dentro de su rango de detección. Utilizado en proyectos de robótica móvil y automatización industrial.
Desventajas	El tamaño es superior al otro modelo propuesto	La longitud del cable es de 80 cm.

Para la detección de vehículos en la carretera se utilizó un detector de presencia con sensor infrarrojo, este permite la lectura como un valor digital. El elemento seleccionado es el HW-201 y actúa a distancias cortas desde los 2 centímetros. En la Figura 24 se encuentra el esquema eléctrico del mismo.



Figura 24. Sensor infrarrojo [26]

- **Sensor de Temperatura**

Para el sensor de temperatura se consideraron los siguientes modelos (ver Tabla 6).

Tabla 6. Características de los sensores de temperatura [33] [34]

Sensor	Sensor de temperatura	Módulo reloj temperatura
Modelo	LM-35	RTC DS3231
Rango de temperatura	-55°C a 150°C	3cm a 80cm
Ventajas	La facilidad con la que se puede medir la temperatura. Incluso no es necesario de un microprocesador o microcontrolador para medir la temperatura. Dado que el sensor LM35 es analógico, basta con medir con un multímetro, el voltaje a salida del sensor.	Incorpora un módulo de reloj que permite obtener la fecha y hora. Adicional posee una batería incorporada.

Desventajas	Presencia de ruido por lo que necesitaría un filtro pasa-bajo	Viene integrado un módulo de reloj
--------------------	---	------------------------------------

Para obtener datos de temperatura se utilizó el RTC DS3231 que es un módulo de reloj de tiempo real de bajo costo y extremadamente preciso, con un oscilador integrado con compensación de temperatura de cristal. El dispositivo incorpora una batería que cuando se desconecta la fuente de alimentación principal mantiene el cronometraje preciso (Ver Figura 25).

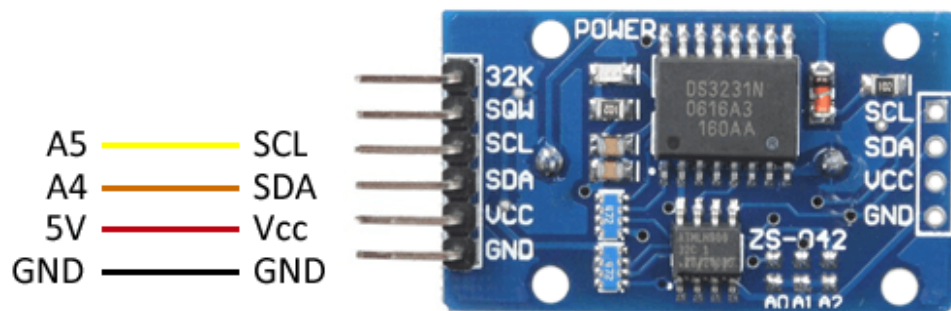


Figura 25. Sensor temperatura [34]

- **Sensor ultrasónico**

Para la detección de obstáculos en la vía se estudiaron los sensores que se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. Características de los sensores ultrasónicos [35] [32]

Sensor	Sensor ultrasónico	Sensor fotoeléctrico
Modelo	HC-SR04	E118-D80NK
Rango de temperatura	2cm a 400cm	3cm a 80cm
Ventajas	Se utilizan principalmente como sensores de proximidad. Se pueden encontrar en	Permite detectar objetos dentro de su rango de detección. Utilizado en

	estacionamientos automáticos, en los sistemas de seguridad anticolidión de los automóviles. Estos sensores también se utilizan en sistemas robóticos de detección de obstáculos, así como en tecnología para fabricación.	proyectos de robótica móvil y automatización industrial.
Desventajas	No resultan adecuados en entornos con gran número de objetos, dado que el sonido rebota en las superficies generando ecos y falsas mediciones	La longitud del cable es de 80 cm.

Para detección de obstáculos en la vía, se utilizó el sensor ultrasónico HC-SR04, este sensor nos permite medir distancias, su funcionamiento se base en emitir ondas de sonido y si existe un rebote se puede indicar la distancia. En la Figura 26 se observa el principio de su funcionamiento.

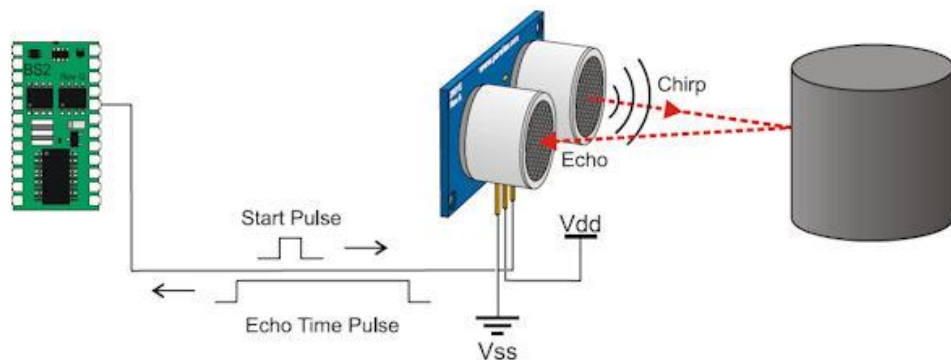


Figura 26. Funcionamiento Sensor ultrasónico [27]

- **Luces Led**

Para simular las luminarias se seleccionaron luces led individuales de color blanco como las que se observa en Figura 27. No se utilizaron luces fluorescentes porque presentan retardo en el tiempo de demora para encender, no emiten calor, no tienen sensibilidad a la humedad y a bajas temperaturas, adicional no contienen materiales tóxicos (ver Tabla 8)

Tabla 8. Características de las luminarias [36]

CARACTERÍSTICAS	LEDs	CFLs
Ciclos continuados de encendido/apagado	Indefinido	Acorta su vida útil
Tiempo de demora para encender	Instantáneo	Algún retardo
Emisión de calor	Muy baja	Baja
Consumo eléctrico	Bajo	Bajo
Eficiencia	Alta	Alta
Sensibilidad a la baja temperatura	Ninguna	Alta
Sensibilidad a la humedad	Ninguna	Alguna
Contenido de materiales tóxicos	Ninguno	Mercurio (Hg)
Vida útil aproximada en horas de funcionamiento	50 000	10 000



Figura 27. Luces Led [36]

- **Fotoresistencia**

El prototipo debe distinguir si existe o no luz solar, para lo cual se utilizó una fotoresistencia (ver Figura 28). Otra opción era el módulo RTC DS3231 que se utiliza como sensor de temperatura; pero para tener diferenciado las señales se utilizó aparte la fotoresistencia.

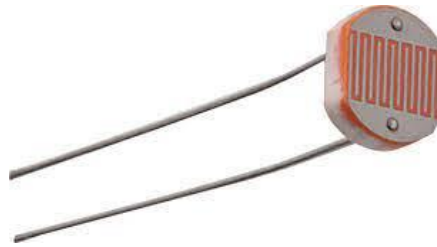


Figura 28. Fotoresistencia

Para la parte del almacenamiento, procesamiento y distribución de la información se utilizó un Arduino Nano y un Raspberry Pi 3.

- **Cámara web**

Para la cámara web se consideraron las opciones de la Tabla 9.

Tabla 9. Características de las cámaras

Elemento	Cámara Logitech	Cámara Genius
Modelo	C270	1000X
Resolución de imagen	3 megapíxeles	1.3 Mpx
Resolución de video	1280 x 720 píxeles	HD 720px
Interfaces	USB 2.0 de alta velocidad	USB 2.0
Sistema operativo que soporta	Windows® XP (SP2 o superior), Windows Vista o Windows 7.	Windows 7, Windows Vista, Windows XP, Mac, Windows 10, Windows 8.1, Windows 8

La cámara web utilizada fue la Logitech 270 (ver Figura 29) la cual cumple con las características necesarias para el propósito del prototipo, en especial porque presenta una mayor resolución de imagen.



Figura 29. Logitech c270

Desarrollo del código en Arduino

En primer lugar, se desarrolló el código en Arduino que permita la comunicación del Arduino con las luces led, los sensores y el subsistema 2. En el Anexo 11 se encuentra todo el código desarrollado. El diagrama de flujo que explica el funcionamiento del código se muestra en la Figura 30.

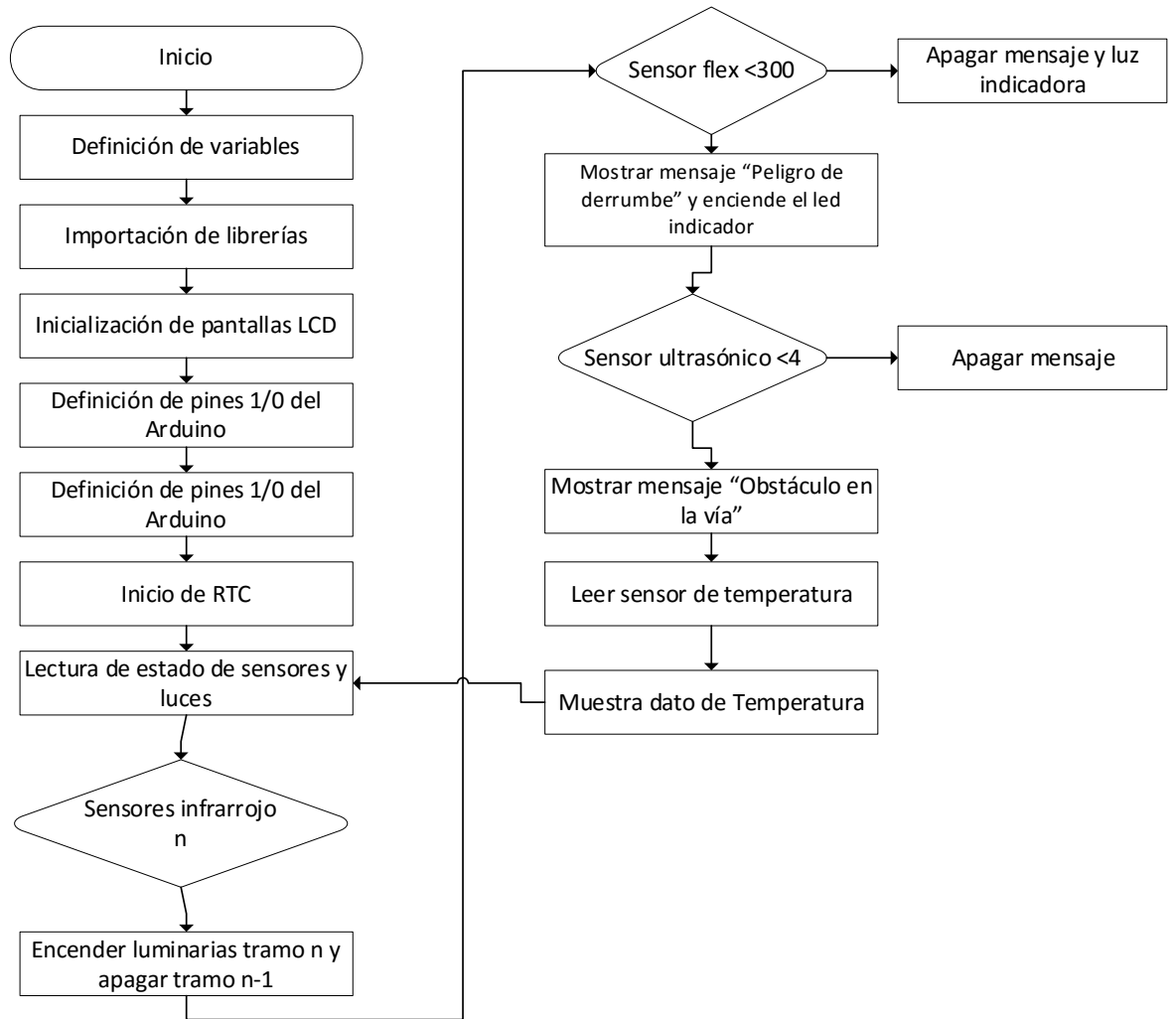


Figura 30. Diagrama de flujo del código en Arduino

Elaborado por: Investigador

Diseño y simulación del circuito.

Se utilizó el software Proteus para simular la interacción entre las luces y sensores con el Arduino Uno, en la Figura 31 se puede observar la distribución de los elementos en la simulación.

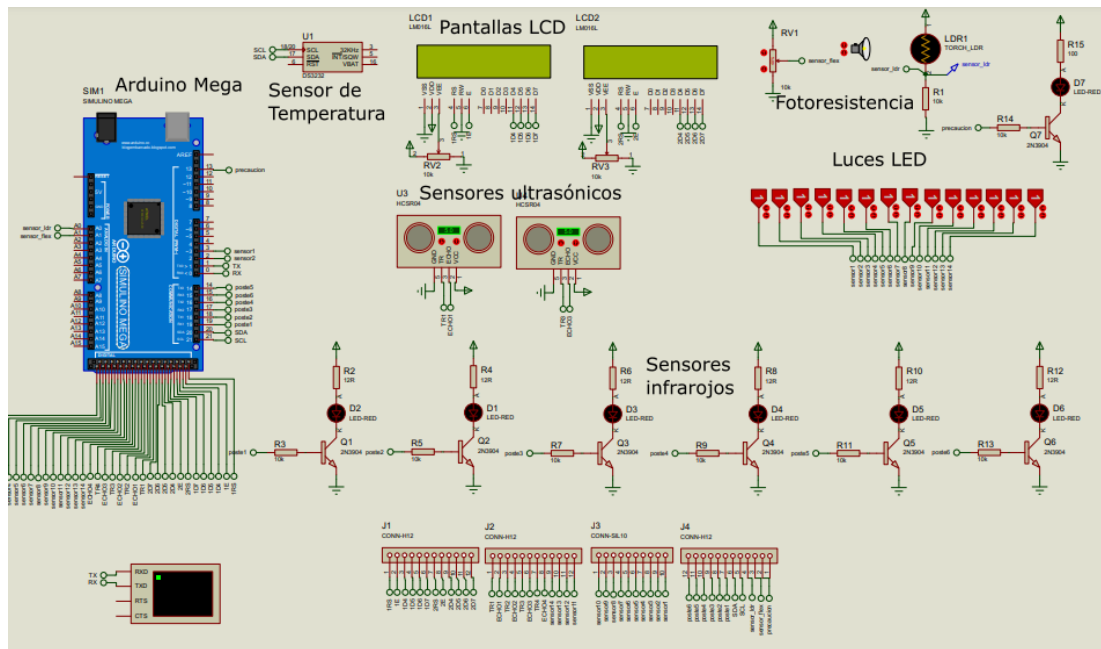


Figura 31. Simulación en Proteus del circuito

Elaborado por: Investigador

Se realizaron pruebas de la simulación del circuito. Después de realizar las pruebas para cada uno de los elementos se procedió a imprimir la placa electrónica.

3.1.6 Instalación de los servidores

En total el prototipo consta de tres servidores: uno para telefonía IP, un servidor Web y un servidor de video. Para la telefonía IP se utilizó el servidor Asterisk y para la interfaz gráfica de configuración de este servidor se utilizó Free PBX. En primer lugar, se creó una máquina virtual con una memoria base de 2048MB.

Para el servidor se tiene el siguiente usuario y contraseña, el cual se muestra en la Tabla 10. Usuario y contraseña para los servidores. Esta contraseña se utilizará para todos los procesos de los servidores. Finalmente se tiene la máquina virtual la inicialización del servidor. En primer lugar, Asterisk solicita el usuario y contraseña de ingreso como se observa en la Figura 32. Después del ingreso correcto indica la dirección IP y características del servidor que está corriendo como se indica en la Figura 33. Con la dirección IP indicada se procede a ingresar a través de cualquier navegador a la interfaz gráfica de configuración (Ver Figura 34). El usuario de la interfaz gráfica es *admin* y la contraseña es la mencionada anteriormente.

Tabla 10. Usuario y contraseña para los servidores

Usuario	Root
Contraseña	password.1

Elaborado por: Investigador

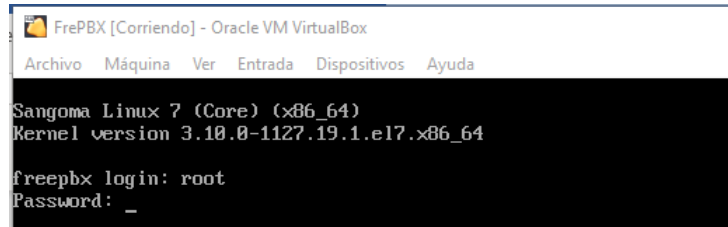


Figura 32. Ingreso de usuario y contraseña del servidor Asterisk

Elaborado por: Investigador

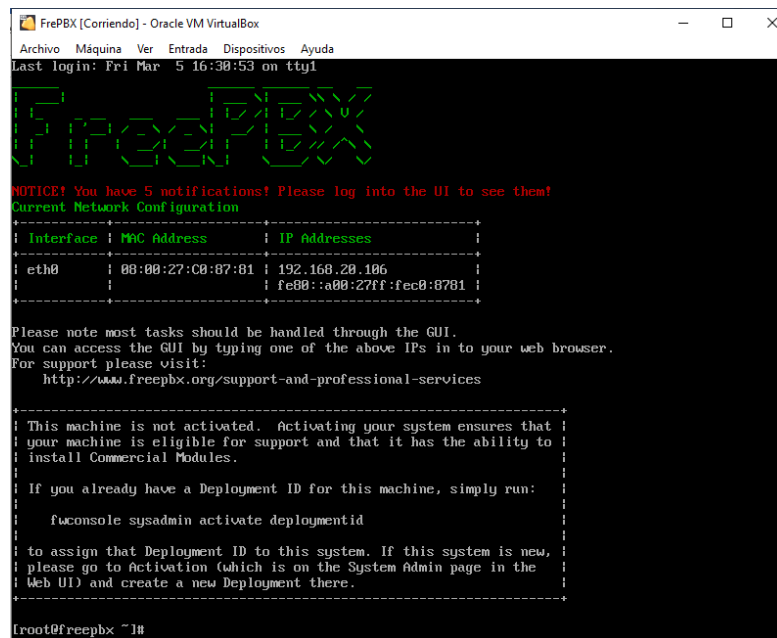


Figura 33. Inicialización de Asterisk y Free PBX

Elaborado por: Investigador

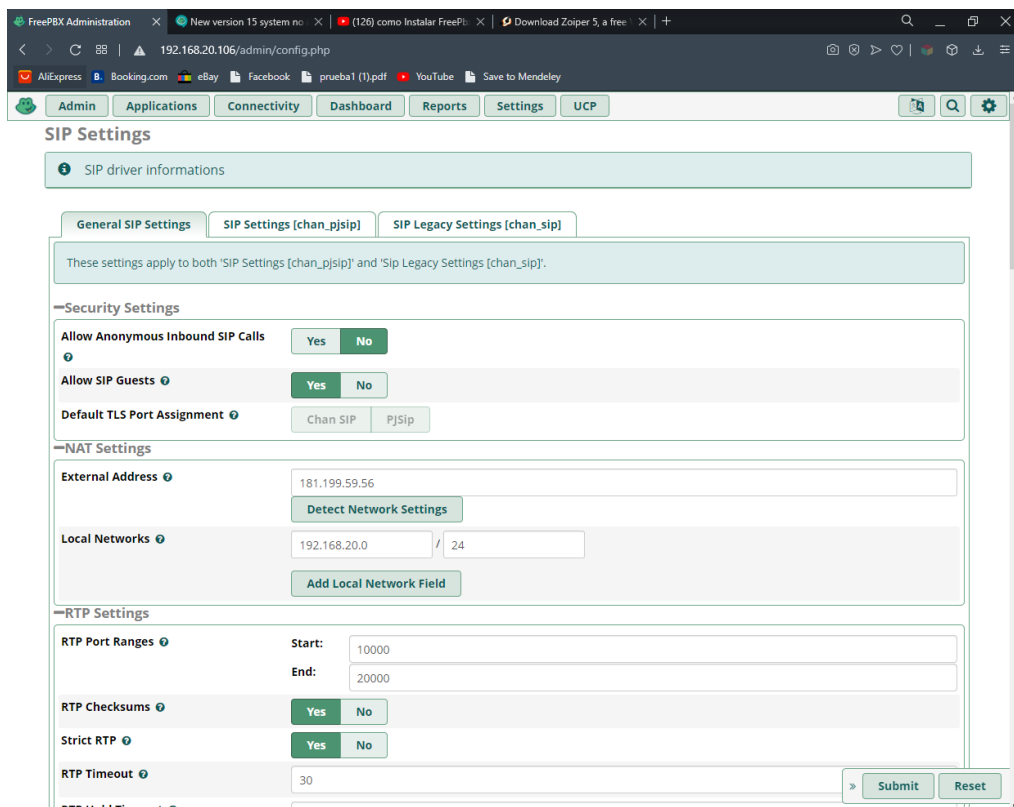


Figura 34. Interfaz gráfica de configuración del servidor Asterisk.

Elaborado por: Investigador

Una configuración adicional que se realizó para permitir el audio entre llamadas es habilitar el Allow Transports Reload como se indica en la Figura 35. Para finalizar se crean las extensiones de los usuarios de telefonía IP.

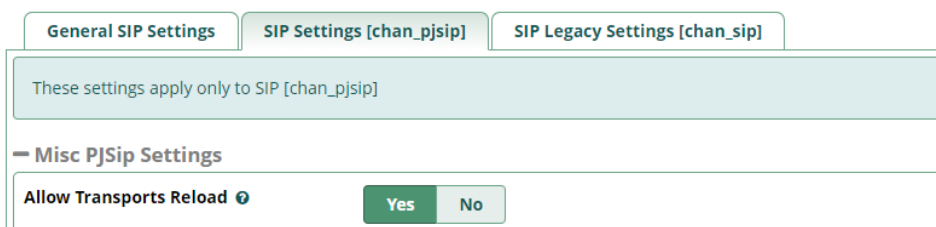


Figura 35. Habilidad del Allow Transports Reload

Elaborado por: Investigador

El servidor de video seleccionado es Motion, su instalación se realizó en el Raspberry PI3. Finalmente, en la Figura 36 se puede observar el servidor ya funcionando a través del puerto 8081.

```
pi@raspberrypi: ~$ systemctl status motion
● motion.service - LSB: Start Motion detection
   Loaded: loaded (/etc/init.d/motion; generated)
   Active: active (running) since Mon 2021-05-10 16:05:54 -05; 2h 7min ago
     Docs: man:systemd-sysv-generator(8)
  Process: 344 ExecStart=/etc/init.d/motion start (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Tasks: 9 (limit: 2062)
   CGroup: /system.slice/motion.service
           └─582 /usr/bin/motion

may 10 16:05:53 raspberrypi systemd[1]: Starting LSB: Start Motion detection...
may 10 16:05:54 raspberrypi motion[344]: Starting motion detection daemon: motion.
may 10 16:05:54 raspberrypi systemd[1]: Started LSB: Start Motion detection.
may 10 16:05:59 raspberrypi motion[427]: [8992392:motion] [NTC] [ALL] conf_load: Processing thread 0 - config file /etc/
may 10 16:05:59 raspberrypi motion[427]: [8992392:motion] [NTC] [ALL] motion_startup: Motion 4.1.1 Started
may 10 16:05:59 raspberrypi motion[427]: [8992392:motion] [NTC] [ALL] motion_startup: Logging to file (/var/log/motion/m
lines 1-15/15 (END)
```

Figura 36. Servidor Motion ejecutándose

Elaborado por: Investigador

El servidor web almacena los archivos de un sitio y permite emitirlos por Internet para poder ser visitado por los usuarios. En este caso se utilizó un servidor Apache que es un servidor web HTTP de código abierto. Este servidor almacena la información de los sensores y la de la cámara Web para poder enviarla a la página Web creada. Este servidor se instaló en el Rasberry Pi3. En la Figura 37 se puede observar el servidor ejecutándose.

```
pi@raspberrypi: ~$ systemctl status apache2
● apache2.service - The Apache HTTP Server
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/apache2.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Mon 2021-05-10 16:05:57 -05; 2h 6min ago
     Docs: https://httpd.apache.org/docs/2.4/
  Process: 455 ExecStart=/usr/sbin/apachectl start (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Main PID: 505 (apache2)
     Tasks: 55 (limit: 2062)
   CGroup: /system.slice/apache2.service
           └─505 /usr/sbin/apache2 -k start
             └─506 /usr/sbin/apache2 -k start
               └─507 /usr/sbin/apache2 -k start

may 10 16:05:54 raspberrypi systemd[1]: Starting The Apache HTTP Server...
may 10 16:05:56 raspberrypi apachectl[455]: AH00558: apache2: Could not reliably determine the server's fully qualified
may 10 16:05:57 raspberrypi systemd[1]: Started The Apache HTTP Server.
lines 1-15/15 (END)
```

Figura 37. Servidor Apache ejecutándose

Elaborado por: Investigador

Para el intercambio de información entre el Arduino y los servidores se desarrolló el siguiente código Python, el cual se muestra en la Figura 38. En primer lugar, se

importan librerías para comunicación serial, después se declara la variable ser, en la cual se almacena el puerto y velocidad de transmisión. A continuación, se establece un bucle infinito de lectura de datos del puerto serial y los escribe en el documento data.json cuyos datos se muestran en el código HTML5.

```
import serial
import os

ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0',9600)

while 1 :
    x = ser.readline()
    print(x)

    file = open("/var/www/html/data.json", "w")
    file.write "[" + x + "]"
    file.close()
```

Figura 38. JavaScript

Elaborado por: Investigador

3.1.7 Página web desarrollada

Para la visualización de los datos obtenidos se elaboró en HTML5 la página web. En la Figura 39 se encuentra la página diseñada. En la parte superior se encuentran los datos de temperatura, la hora y la fecha. A continuación, se muestra la transmisión de video de la cámara IP. Después el estado de las luces y sensores instalados y finalmente un mapa de la carretera (ver Figura 40) y la ubicación de los puntos de servicio de telefonía IP. El código completo desarrollado en HTML5 se encuentra en el Anexo 12. Para actualizar los datos en el HTML 5 cada segundo y medio se utilizó el código en JavaScript que indica la Figura 41, el cual está compuesto de una función contador (), la cual almacena la información de todos los sensores y los tramos de luces.

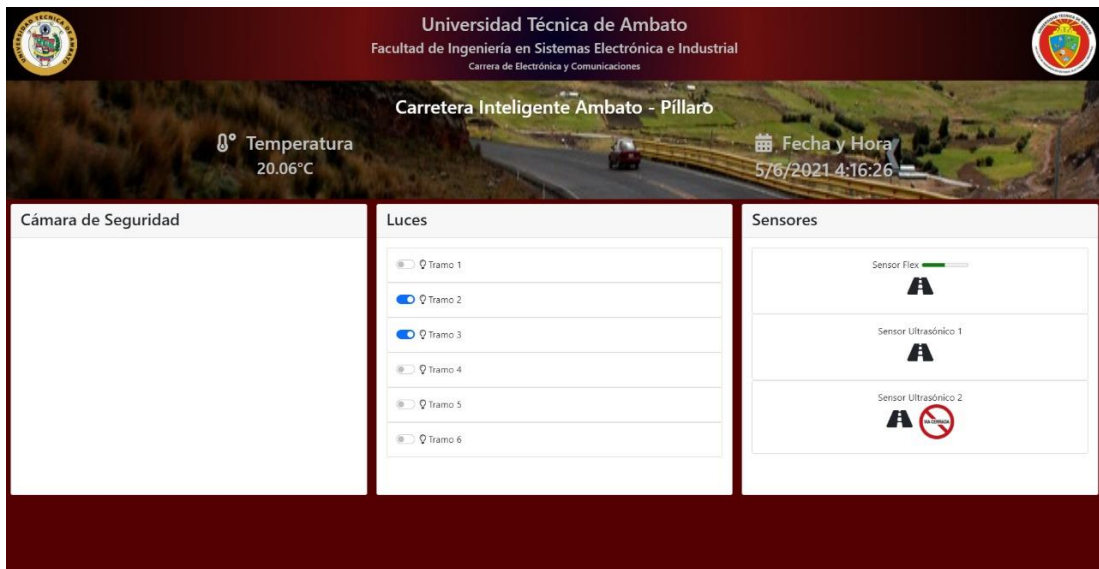


Figura 39. Página web desarrollada parte 1

Elaborado por: Investigador

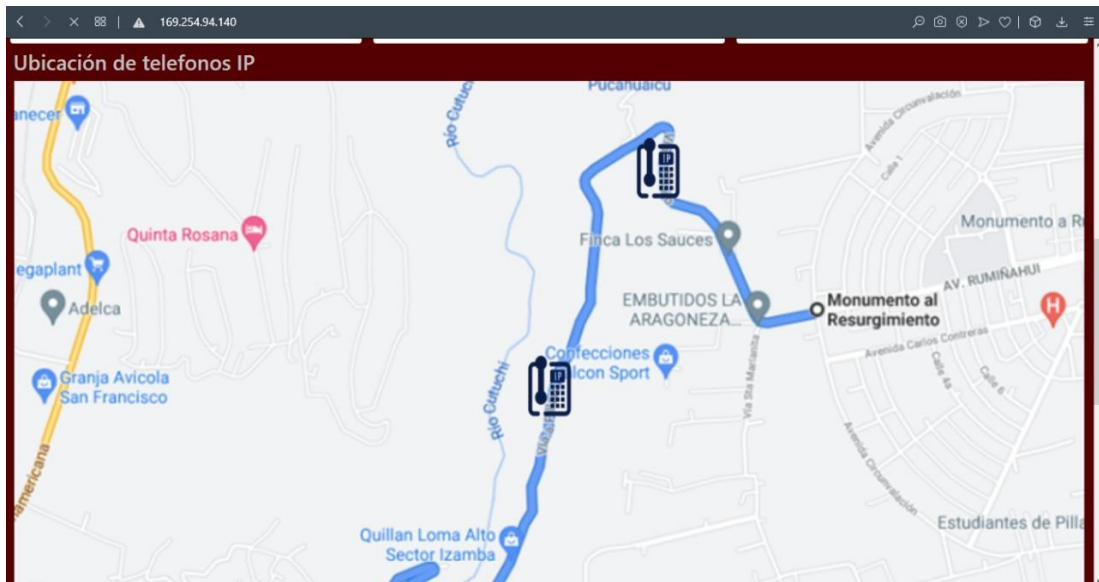


Figura 40. Página web desarrollada parte 2

Elaborado por: Investigador

```

JS main.js > contador
1 console.log("test");
2
3 setInterval(contador, 2000);
4
5 function contador() {
6   $.getJSON("./data.json", function (data) {
7     console.log(data);
8     $("#fechaHora").html(data[0] + "/" + data[1] + "/" + data[2] + " " + data[3] + ":" + data[4] + ":" + data[5]);
9     //$("#fechaHora").html(date + " " + time);
10    $("#temperatura").html(data[6] + "°C");
11    $("#luz1").prop("checked", data[7]);
12    $("#luz2").prop("checked", data[8]);
13    $("#luz3").prop("checked", data[9]);
14    $("#luz4").prop("checked", data[10]);
15    $("#luz5").prop("checked", data[11]);
16    $("#luz6").prop("checked", data[12]);
17    $("#flex").val(data[13]);
18    if (data[13] < 300) $("#derrumbe").show(); else $("#derrumbe").hide();
19    if (data[14] == 1) $("#ult1").show(); else $("#ult1").hide();
20    if (data[15] == 1) $("#ult2").show(); else $("#ult2").hide();
21  });
22

```

Figura 41. Código de JavaScript para actualizar el código HTML5

Elaborado por: Investigador

3.1.8 Elaboración de la maqueta del prototipo.

En primer lugar se elaboró la placa para conectar los componentes electrónicos, en la Figura 42 se muestra la impresión y la elaboración de la placa. Se realizaron los cálculos electrónicos para cada uno de los elementos:

- **LCD 16 X 2**

Tabla 11. Características electrónicas LCD

Voltaje de Funcionamiento	5 VDC
Consumo de Corriente con luz de fondo total	25 mA

La pantalla lcd 16x2 consume más voltaje y corriente por la luz que se lo integra, por ello es importante protegerlo con una resistencia que limite la corriente a 20 mA y la caída de voltaje a 3 V siendo los cálculos para encontrar el valor de la resistencia que se deberá colocar será:

$$V = I \times R$$

$$R = \frac{V_T - V_{LED}}{I_{total}}$$

$$R = \frac{5 V - 3 V}{20 mA}$$

$$R = 100 \Omega$$

- **Módulo DS3231**

Tabla 12. Características electrónicas módulo DS3231

Voltaje de Funcionamiento	5 VDC
Consumo de Corriente	50 mA

EL consumo de corriente de dicho módulo puede variar desde los 10uA mas o menos en sueño profundo y hasta los 50 mA, esto dependerá de los periféricos que se los activen adicionales pero ese será como el limite de consumo de corriente de dicho módulo.

- **Sensor Ultrasónico (HC-SR04)**

Tabla 13. Características electrónicas sensor ultrasónico

Voltaje de Funcionamiento	5 VDC
Consumo de Corriente	2 mA – 15mA

El consumo del sensor ultrasónico varia de 2mA cuando se encuentre en reposo, y cuando se encuentre en trabajo esta corriente será de unos 15 mA.

- **Sensor FLEX**

Este sensor varia su resistencia al momento de flexionarlo en uno de sus puntos, como los datos del fabricante nos menciona que es una resistencia de 10 kΩ cuando este se encuentra recto y así cuando se lo flexiona este varia su resistencia hasta unos 30 kΩ.

Por lo tanto, para saber si este flexiona o no, se utiliza una división de tensión y esta tensión lo pueda procesar el Arduino a través de la lectura del puerto analógico que tiene una resolución de 10 bits, es decir puede darnos valores de 0 a 1023 donde 0 V es el mínimo valor y 5 V es equivalente a 1023 y es así como podremos saber como se encuentra el sensor flex.

$$V_{in} = 5 V ; R_{1\text{SensorFlex}} = 10 k\Omega \dots 30 k\Omega ; R_2 = 10 k\Omega$$

* Si $R_{1\text{SensorFlex}} = 10 k\Omega$ entonces el valor de V_{out} sera:

$$V_{out} = \frac{10 k\Omega}{10 k\Omega + 10 k\Omega} \times 5V = 2.5 V \quad I_{max} = \frac{5V}{10 k\Omega + 10 k\Omega} = 0.25 mA$$

* Si $R_{1\text{SensorFlex}} = 30 k\Omega$ entonces el valor de V_{out} sera:

$$V_{out} = \frac{10 k\Omega}{30 k\Omega + 10 k\Omega} \times 5V = 1.25 V \quad I_{min} = \frac{5V}{30 k\Omega + 10 k\Omega} = 125 \mu A$$

- **Sensor LDR**

Este sensor varia su resistencia al momento de flexionarlo en uno de sus puntos, como los datos del fabricante nos menciona que es una resistencia de 8 kΩ cuando este detecta luz y así cuando detecta oscuridad este varia su resistencia 1 MΩ.

Por lo tanto, para saber si este detecta luz o no, se utiliza una división de tensión y esta tensión lo pueda procesar el Arduino a través de la lectura del puerto analógico que tiene una resolución de 10 bits, es decir puede darnos valores de 0 a 1023 donde 0 V es el mínimo valor y 5 V es equivalente a 1023 y es así es como podremos saber si existe luz o no a través del LDR.

$$V_{in} = 5 V ; R_{1\text{LDR}} = 8 k\Omega \dots 1 M\Omega ; R_2 = 10 k\Omega$$

* Si $R_{1\text{LDR}} = 8 k\Omega$ entonces el valor de V_{out} y I_{min} sera :

$$V_{out} = \frac{10 k\Omega}{8 k\Omega + 10 k\Omega} \times 5V = 0.55 V \quad I_{max} = \frac{5V}{8 k\Omega + 10 k\Omega} = 0.27 mA$$

* Si $R_{1LDR} = 1 M\Omega$ entonces el valor de V_{out} y I_{min} sera:

$$V_{out} = \frac{10 k\Omega}{1 M\Omega + 10 k\Omega} \times 5V = 9.9 mV \quad I_{min} = \frac{5V}{1 M\Omega + 10 k\Omega} = 4.95 \mu A$$

- **Sensor infrarrojo de Obstáculos**

Tabla 14. Características electrónicas del sensor infrarrojo

Voltaje de Funcionamiento	5 VDC
Consumo de Corriente	43 mA

Este sensor envía una señal digital cuando se encuentra un obstáculo y este sera leído por el microcontrolador Arduino Mega 2560 en uno de sus pines digitales.

- **Transistores 2n2222A**

En este caso se lo utilizará como interruptor, es capaz de soportar hasta 600 mA de corriente de Colector a Emisor, y la ganancia de dicho transistor es $\beta = 300$

Si cada led necesita su resistencia para limitar la corriente y sabiendo que un led necesita de 20 mA para encender correctamente, entonces calculamos las resistencias que necesitara cada led:

$$V = I \times R$$

$$R_{LED} = \frac{V_T - V_{LED}}{I_{total}}$$

$$R_{LED} = \frac{5V - 3V}{20 mA}$$

$$R_{LED} = 100 \Omega$$

Entonces la corriente de colector I_C en el cual estaría consumiendo el transistor es de:

$$I_C = 20mA \times 5 leds = 100 mA$$

Ya que los leds se encuentran conectados en paralelo, ahora se calcula la I_B para que este transistor se sature utilizando la siguiente formula:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{100mA}{300} = 0.33mA$$

Procedemos a calcular el voltaje que caerá en la resistencia sabiendo que el Arduino garantiza 5 V para dar la señal en la base y el voltaje que recaerá en la resistencia de la base V_{RB}

$$5V = V_{RB} + 0.7$$

$$V_{RB} = 5V - 0.7V$$

$$V_{RB} = 4.3V$$

Y calculamos la resistencia de base:

$$R_B = \frac{V_{RB}}{I_B}$$

$$R_B = \frac{4.3V}{0.33mA}$$

$$R_B = 13.03 k\Omega$$

En este caso utilizaremos una resistencia de 10 $k\Omega$ por que es la mas cercana que existen en las resistencias comerciales.

- **Corriente y voltaje en la placa.**

Para el diseño de pistas se requiere determinar la cantidad de corriente que va a pasar de un lado a otro dependiendo del ancho de la pista (ver Tabla 15).

Tabla 15. Intensidad de corriente por el ancho de la pista

Ancho de Pista		Intensidad
mm	Th	A

0.254	10	0.3 A
0.381	15	0.4 A
0.508	20	0.7 A
0.635	25	1 A
1.27	50	3 A
2.54	100	5 A

En la placa se utilizó pistas para la alimentación de Vcc y Gnd de 50th y para las pistas de señal se utilizó pistas de 25 th. Se utilizaron estas medidas porque al momento de hacer una PCB de forma artesanal con el método del planchado hay la probabilidad de que no exista continuidad en algunas pistas y para corregir esto se aumenta el tamaño de estas.

Para determinar el voltaje y corriente en toda la maqueta es importante tener en cuenta:

- Es importante darle una alimentación al Arduino Mega 2560 mínimo de 5 VDC y 1.5 A.
- Para la alimentación de los sensores, consumo de corriente de leds a 1A aproximadamente.

Toda la maqueta requiere de una fuente que pueda suministrar 5VDC y 3 Amperios como mínimo para que este funcione correctamente.



Figura 42. Elaboración de la placa electrónica

Elaborado por: Investigador

Posteriormente, para la elaboración del prototipo se utilizó una base de madera y sobre esta con espuma expandible y en esta se realizaron todas las conexiones electrónicas (ver Figura 43).



Figura 43. Prototipo parte frontal

Elaborado por: Investigador

3.1.9. Presupuesto del prototipo

El presupuesto utilizado en el prototipo se encuentra detallado en la Tabla 16.

Tabla 16. Presupuesto prototipo de la carretera inteligente

Elemento	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Base de madera y silicona	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Espuma expandible	3	\$ 7,50	\$ 22,50
Raspberry Pi 3	1	\$ 90,00	\$ 90,00
Arduino Mega	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Sensores ultrasónico	2	\$ 2,00	\$ 4,00
Sensores de presencia	14	\$ 3,00	\$ 42,00
Sensor de Temperatura	1	\$ 3,50	\$ 3,50
Sensor flex	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Leds	30	\$ 0,30	\$ 9,00
Cables y conectores	1	\$ 35,00	\$ 35,00
Pintura	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Baquelita y ácido	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Pantallas LCD y potenciómetros	2	\$ 7,00	\$ 14,00
Router	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Cámara	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Varios	1	\$ 30,00	\$ 30,00
			\$ 455,00

Elaborado por: Investigador

3.2 Verificación del funcionamiento del prototipo

Para demostrar el funcionamiento del prototipo se realizaron las siguientes pruebas de funcionamiento. Para poder realizar las pruebas de funcionamiento es importante que todos los componentes estén conectados a la misma red LAN. Las credenciales de la red creada se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Credenciales de la red Wi-Fi

SSID	Carretera
Contraseña	Password.1

Elaborado por: Investigador

3.2.1 Prueba 1. Funcionamiento de la telefonía IP.

El diagrama de la Figura 44 indica el funcionamiento de la telefonía IP en el prototipo el servidor Asterisk se conecta con los terminales de servicio IP, los cuales deben tener instalada cualquier aplicación de telefonía IP, en este caso se utilizó Zoiper para realizar las pruebas de funcionamiento. En el terminal se debe configurar la extensión acompañada de la dirección IP, en el caso de la Figura 45 se utilizó la extensión 101 y 102 para realizar las pruebas.

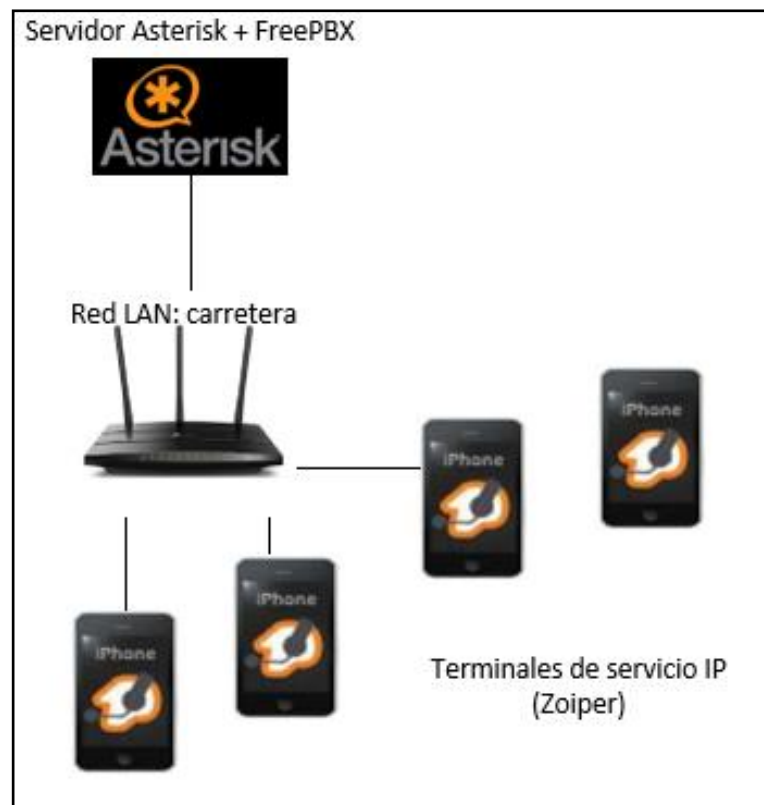


Figura 44. Diagrama de funcionamiento de la telefonía IP

Elaborado por: Investigador

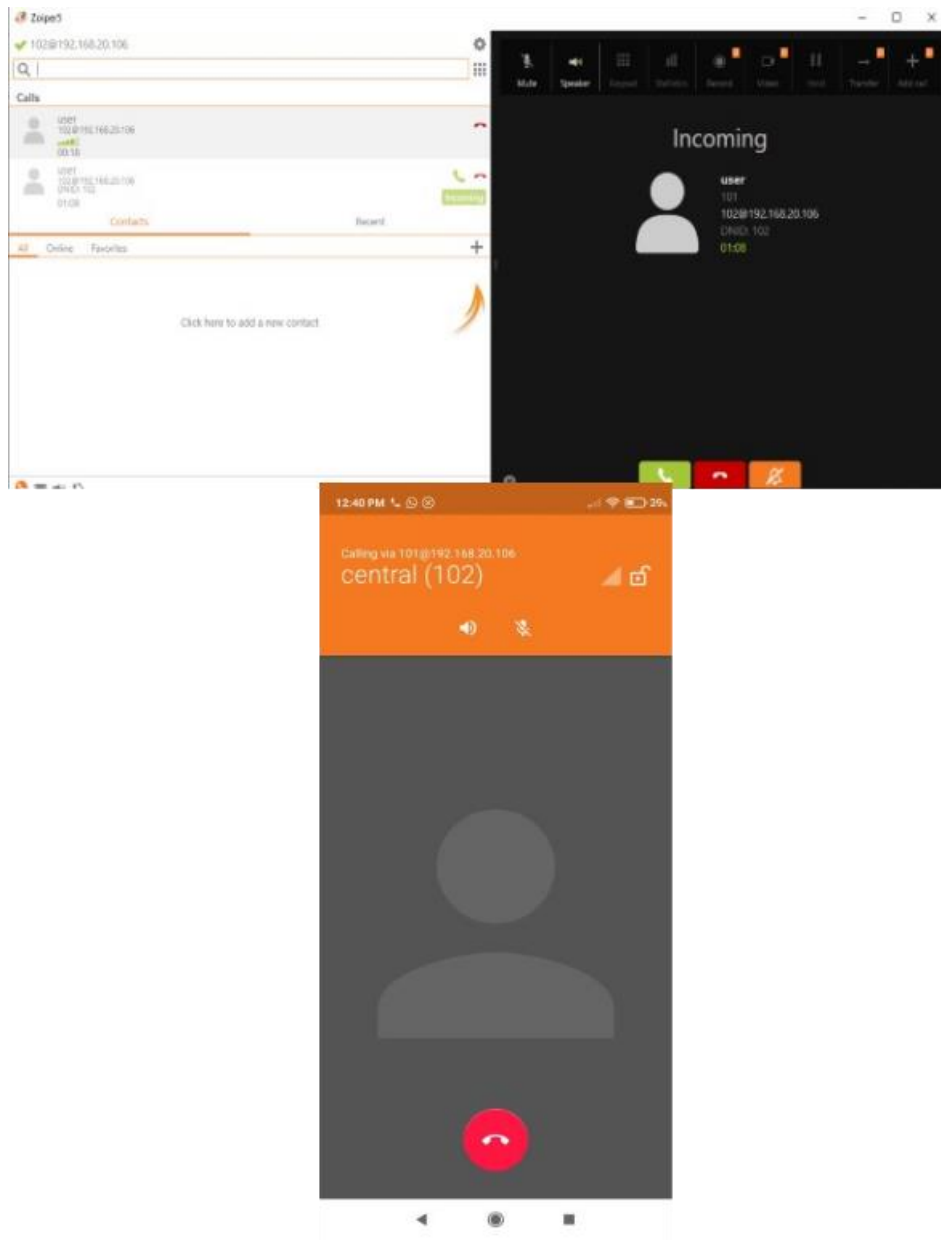


Figura 45. Pruebe de telefonía IP

Elaborado por: Investigador

3.2.2 Prueba 2. Funcionamiento de los tramos de las luminarias

En esta prueba se verificó el funcionamiento de las luminarias y de los sensores infrarrojos, las luminarias están distribuidas en seis tramos y se envía su estado a la página web.

3.2.3 Prueba 3. Funcionamiento de la alerta de peligro de derrumbe

Para el funcionamiento del sensor Flex se puede observar que al momento de que existe una presión en este aparece un mensaje de alerta en la página Web y en las pantallas LCD como se observa en la Tabla 18.

Tabla 18. Prueba funcionamiento para informar peligro de derrumbe




Pantalla LCD	Página Web
	

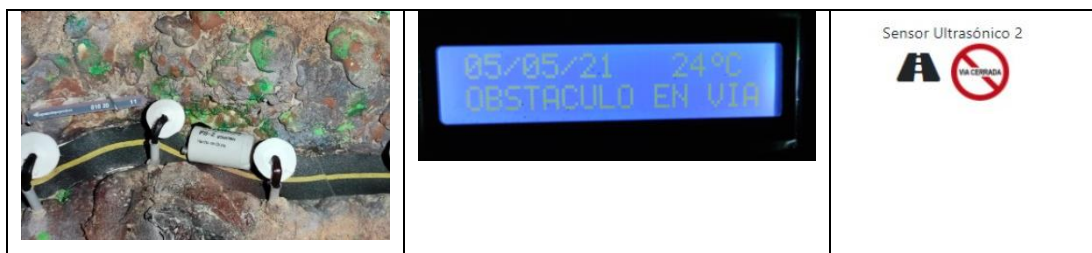
Elaborado por: Investigador

3.2.4 Prueba 4. Funcionamiento de la alerta de obstáculos en la vía

Los sensores ultrasónicos permiten verificar si existe un obstáculo en la vía, en la maqueta se colocaron dos sensores en las zonas en las cuales existiera mayor posibilidad de derrumbe. En la Tabla 19 se encuentran las pruebas realizadas, se muestra el mensaje de “Obstáculo en la vía” y adicional se muestra su estado en la página web.

Tabla 19. Prueba de funcionamiento para detectar obstáculos en la vía

Sensor ultrasónico	Pantalla LCD	Página Web
		



Elaborado por: Investigador

3.2.5 Prueba 5. Funcionamiento videovigilancia

Para realizar la prueba de la cámara, se colocó la misma en la maqueta, los datos de video se envían al servidor Motion instalado en el Raspberry PI, para posteriormente ser almacenados en el servidor web Apache que enviará la señal a la página Web por el puerto 8081, la velocidad de transmisión es 30 fps. Las pruebas de verificación se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Pruebas de funcionamiento cámara de seguridad

Página Web	Descripción
	<p>Se observar en la cámara de seguridad que se encuentra encendido el tramo 6 de las luminarias como se indica en la parte de control de luminarias.</p>
	<p>El sensor flex se encuentra activado y todas las luminarias se encuentran apagadas como se indica en la cámara de seguridad.</p>

Elaborado por: Investigador

3.2.6 Prueba 6. Funcionamiento reloj y sensor de temperatura.

La fecha, hora y temperatura se van a mostrar en las pantallas LCD (ver Figura 46) y en la página Web (ver Figura 47) a la vez. En la página web se muestra en la parte superior debajo del título, mientras que en las pantallas LCD se muestran mientras no exista mensajes de alerta.



Figura 46. Temperatura, fecha y hora en la pantalla LCD

Elaborado por: Investigador

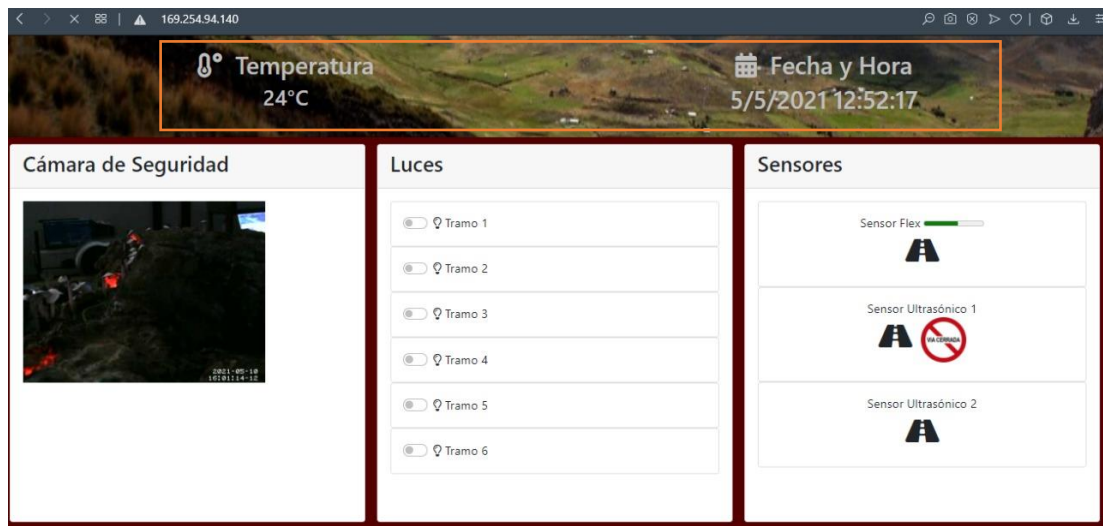


Figura 47. Temperatura, hora y fecha en la página web

Elaborado por: Investigador

3.2.7 Prueba 7. Pruebas de exactitud y precisión de sensores

En primer lugar se realizó pruebas al sensor de temperatura, para lo cual se utilizó una aplicación del celular y las mediciones del sensor infrarrojo (ver evidencias en Anexo

13). En la Tabla 21 se encuentran los valores obtenidos y el error relativo obtenido es del 0.74%, este valor es aceptable para el sensor utilizado.

Tabla 21. Pruebas del sensor de temperatura.

Muestra	Medición real	Medición sensor	Error relativo	Error absoluto
1	24,50	24,00	0,50	2,04
2	24,30	24,50	0,20	0,82
3	27,50	27,75	0,25	0,91
4	28,20	28,30	0,10	0,35
5	25,40	25,60	0,20	0,79
6	26,00	25,90	0,10	0,38
7	22,70	23,00	0,30	1,32
8	24,00	24,00	0,00	0,00
9	25,00	25,15	0,15	0,60
10	26,30	26,25	0,05	0,19
				0,74

Elaborado por: Investigador

Posteriormente se realizó pruebas al sensor infrarrojo, para lo cual se utilizó el sensor infrarrojo y un flexómetro. Se colocaba un obstáculo a diferentes medidas y se determinaba que distancia marcaba (ver evidencias en Anexo 13). En la Tabla 22 se encuentran los valores obtenidos y el error relativo obtenido es del 0.85%, este valor es aceptable para el sensor utilizado.

Tabla 22. Pruebas del sensor infrarrojo

Muestra	Medición real	Medición sensor	Error relativo	Error absoluto
1	1,00	1,00	0,00	0,00
2	1,50	1,50	0,00	0,00
3	2,00	2,01	0,01	0,50
4	2,50	2,49	0,01	0,40
5	3,00	3,01	0,01	0,33

6	3,50	3,43	0,07	2,00
7	4,00	4,05	0,05	1,25
8	4,50	4,51	0,01	0,22
9	5,00	5,10	0,10	2,00
10	5,50	5,60	0,10	1,82
				0,85

Elaborado por: Investigador

Subsiguientemente se ejecutó pruebas al sensor ultrasónico, para lo cual se realizó el procedimiento similar al sensor infrarrojo (ver evidencias en Anexo 13). En la Tabla 23 se encuentran los valores obtenidos y el error relativo obtenido es del 0.3%, este valor es aceptable para el sensor utilizado.

Tabla 23. Pruebas del sensor ultrasónico

Muestra	Medición real	Medición sensor	Error relativo	Error absoluto
1	2,00	2,00	0,00	0,00
2	2,30	2,33	0,03	1,30
3	2,50	2,49	0,01	0,40
4	3,00	3,01	0,01	0,33
5	3,30	3,30	0,00	0,00
6	3,50	3,51	0,01	0,29
7	4,00	4,00	0,00	0,00
8	4,30	4,31	0,01	0,23
9	4,50	4,49	0,01	0,22
10	5,00	5,01	0,01	0,20
				0,30

Elaborado por: Investigador

Finalmente se ejecutó pruebas al sensor flex, para lo cual se utilizó un graduador y el sensor conectado (ver evidencias en Anexo 13). En la Tabla 24 se encuentran los valores obtenidos y el error relativo obtenido es del 0.99%, este valor es aceptable para el sensor utilizado.

Tabla 24. Pruebas del sensor flex

Posición	Grado físico	Grado sensor	Error relativo	Error absoluto
1	180	180	0	0,00
2	170	168	2	1,18
3	160	159	1	0,63
4	150	152	2	1,33
5	130	129	1	0,77
6	120	121	1	0,83
7	100	99	1	1,00
8	90	91	1	1,11
9	70	71	1	1,43
10	60	61	1	1,67
				0,99

Elaborado por: Investigador

3.2.8 Prueba 8. Pruebas de estress servidor

Para las pruebas de estress en el servidor se utilizó el software Apache JMeter que es una herramienta de prueba de carga para analizar y medir el rendimiento de una variedad de servicios para aplicaciones web. Para las pruebas de estrés del servidor permite determinar la solidez de la aplicación en los momentos de carga extrema, la Tabla 25 muestra un consolidado de estas pruebas realizadas se puede evidenciar que cuando se encuentran hasta 10000 usuarios simultáneos no hubo error en el servidor; pero al momento de tener 20000 usuarios hubo un error del 6.35%, es decir sólo 18729 usuarios pudieron acceder al servicio de la página web.

Tabla 25. Consolidado pruebas de estrés servidor

Etiqueta	# Muestras	Media	Mediana	% Error	Kb/sec
prueba 100 usuarios	100	3	3	0	994,79
prueba 500 usuarios	500	3	3	0	4934,13
prueba 1000 usuarios	1000	69	74	0	9044,4
prueba 3000 usuarios	3000	866	639	0	6543,18

prueba 5000 usuarios	5000	1638	1397	0	6202,58
prueba 7000 usuarios	7000	1896	1387	0	4885,57
prueba 10000 usuarios	10000	1972	1511	0	5342,71
prueba 20000 usuarios	18729	1827	1700	6,35	5674,89
Total	35329	1693	1367	6.35	889,68

Elaborado por: Investigador

3.2.9 Prueba 9. Pruebas de comunicación, latencia y transferencia

El software Apache JMeter también permite realizar las pruebas de latencia. La prueba se realizó para 20000 usuarios que simultáneamente solicitaban el acceso a la dirección <http://169.254.94.140/> En el Anexo 14 se encuentran todos los datos que arrojaron estas pruebas. El tiempo mínimo de latencia fue de 4ms, mientras que el tiempo máximo fue 1527 ms. Más del 90% de solicitudes recibieron como *response code* 200 OK que indica que la solicitud fue recibida, comprendida, en trámite y procesada correctamente.

3.3. Diseño real de la carretera inteligente

3.3.1. Selección de equipos de red para la red de carretera

Para la selección de equipos se consideró todos los servicios que se va a brindar en los diferentes sectores, en la Tabla 26 se detallan los requerimientos.

Tabla 26. Lista de equipos necesarios

Servicio	Equipos
Videovigilancia	Cámaras
	Video grabador por red - NVR
Alarmas	Sensor de temperatura
	Sensor de presencia
	Sensor de Distancia
	Sensor de Presión
	Sensor Fotoeléctrico
	Gateway de sensores
Internet y radio enlace	Antenas
	Routers
Infraestructura y equipos de protección	Torres
	Pararrayos
	UPS
	Puesta a Tierra
	Gabinetes de protección
VoIP	Teléfonos IP
	Servidor de telefonía IP
Monitoreo y gestión	Software de monitoreo y gestión

Elaborado por: Investigador

a) Videovigilancia

Para el sistema de videovigilancia se utilizarán cámaras PTZ, ya que puede rotar alrededor de dos ejes y tiene la opción de *zoom*. La **Tabla 27** muestra las características de dos cámaras con similares características en marcas AXI y Hikvision.

Tabla 27. Características de cámaras de videovigilancia [37] [38]

Marca	Axis	Hikvision
Modelo	Q8665-E	DS-2DE7232IW-AE
Resolución	1920x1080 HDTV	1920 × 1080
Sensor de imagen	1/2.9" RGB MOS	1/2.8" progressive scan CMOS
Zoom Digital	12x	16x
Compresión de la imagen	H.264 Main and Baseline Profiles	H.265+/H.265/H.264+/H.264
Protocolos	IPv4/v6, HTTP, HTTPSa, SSL/TLSa, QoS Layer 3 DiffServ, FTP, SFTP, CIFS/SMB, SMTP, Bonjour, UPnP, SNMP v1/v2c/v3 (MIB-II), DNS, DynDNS, NTP, RTSP, RTP, TCP, UDP, IGMP, RTCP, ICMP, DHCP, ARP, SOCKS, SSH	IPv4/IPv6, HTTP, HTTPS, 802.1x, Qos, FTP, SMTP, UPnP, SNMP, DNS, DDNS, NTP, RTSP, RTCP, RTP, TCP/IP, UDP, IGMP, ICMP, DHCP, PPPoE, Bonjour
Almacenamiento	microSD/microSDHC/microSDXC card	Micro SD/SDHC/SDXC
Condiciones de operación	-40 °C to 55 °C (-40 °F to 131 °F)	-30° C to 65° C (-22° F to 149° F)

Los dos modelos de cámaras de seguridad guardan características similares en la mayoría de las características. Trabajan con una gran cantidad de protocolos y tienen un rango de operación óptimo para las condiciones que se manejan en la carretera vía Ambato- Pillaro; pero la cámara Hikvisión DS-2DE7232IW-AE posee un zoom digital superior a la cámara Axis. Las cámaras cubren una distancia de aproximadamente 300 metros, el equipo seleccionado cubre los 360° por lo que para cubrir los casi 7 kilómetros de la carretera se necesitarían aproximadamente 11 cámaras de seguridad. En el Anexo 1 se encuentra el datasheet de la cámara seleccionada.

Para el servicio de videovigilancia también es importante el uso de un NVR que permita grabar y administrar imágenes digitales que son enviadas desde las cámaras IP a través de la red. En el Anexo 2 se encuentra el datasheet del NVR seleccionado.

Tabla 28 se encuentran dos modelos de NVR, uno de marca Axis y otro de marca Hikvision. Los dos cumplen con las características necesarias para la administración de las once cámaras de seguridad seleccionadas, cumplen con los protocolos y los formatos correspondientes; pero el NVR de la marca Hikvision dispone de 4 canales adicionales y su almacenamiento por disco es superior al NVR de la marca Axis. Todo el sistema de videovigilancia será redirigido al ECU 911, para que ellos administren el uso de las cámaras de seguridad, por este motivo los NVR se colocarán en el UPC de Píllaro para que sea monitoreado las veinticuatro horas. En el Anexo 2 se encuentra el datasheet del NVR seleccionado.




Tabla 28. Modelos de NVR [39] [40]

Marca	Axis	Hikvision
Modelo	S2212	NVR 116MH-C
Entrada de video	12-ch	16-ch
Output	HDMI	HDMI-VGA
Formato de decodificación	H.264	H.265+,H.265,H.264+,H.264
Protocolos de red	TCP/IP, DHCP, Hik-Connect, DNS, DDNS, NTP, SADP, SMTP, NFS, iSCSI, UPnP™, HTTPS	TCP/IP, DHCP, Hik-Connect, DNS, DDNS, NTP, SADP, SMTP, NFS, iSCSI, UPnP™, HTTPS
Condiciones de operación	-0 to +40 ^o C (+32 to +104 ^o F)	-10 to +55 ^o C (+14 to +131 ^o F)
Almacenamiento	6TB por cada disco	8TB por cada disco

b) Alarmas

Para el servicio de alarmas en caso de deslizamiento de tierra u obstáculos en la vía se necesita un sistema de sensores. Los sensores que se proponen son los descritos en la Tabla 29.

Tabla 29. Sensores propuestos para la carretera inteligente

Medida	Sensor	Descripción
Temperatura	RTC DS3231	Además de brindar información de temperatura, también dispone de un reloj con batería propia
Presencia	GP2Y0A710K0F 	Es un sensor que permite medir la presencia de un objeto a través de la luz infraroja, su rango va de uno a cinco metros.
Distancia	UNAM 50I6121 	Sensor ultrasónico que permite medir distancias hasta de 6 Km, se utilizará para determinar si existen obstáculos en la vía
Presión	TP12 	El sensor de presión TP12 del fabricante AEP, es un sensor típico industrial, pero con muy buenas prestaciones y un precio muy competitivo. Su principal característica es contar con una muy buena linealidad del 0.2%. Otras características son propias de las series industriales, sensor de presión muy robusto en acero inoxidable con membrana también en acero inoxidable ph 17-4.

Fotoeléctrico	<p>Sensor Volteck: SELFO-LS 47228</p> 	<p>Sensor fotoeléctrico para luminario suburbano, fabricado en policarbonato, resistente a la interperie. Sensor con sistema de retardo para evitar falsos encendidos. Enciende automáticamente las luces al anochecer y las apaga al amanecer, compatible con cualquier tipo de luminaria.</p>
---------------	---	---

Elaborado por: Investigador

Como Gateway de sensores se propone utilizar en los puntos establecidos placas de Arduino Mega o Rasberry Pi 3 para el envío de la información de los sensores a través de la red. Las características de cada uno se describieron en la primera sección. Se utilizan por su bajo costo, su tamaño compacto y su plataforma de desarrollo es abierta.

c) Internet y radio enlaces

- Enlaces punto a punto

El router de borde está constituido por la antena del enlace punto a punto, la cual permite administrar una red inalámbrica al aire libre con una variedad de puntos de acceso. En el Ecuador las marcas más comercializadas son Ubiquiti y Mikrotik ya que estas trabajan a 2.4 y 5.8 GHz que son las bandas permitidas en el país por ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones). Las dos antenas poseen las características mínimas para la función de antena base y para los enlaces punto a punto (ver **Tabla 30**); pero la antena de Mikrotik tiene un mayor alcance y adicional posee la opción de descarga del hardware IPsec sin problemas, el cuál es uno de los protocolos de seguridad más importantes porque proporciona servicios de seguridad (autenticación, confidencialidad, integridad y no repudio) a la capa de datos y transporte, las características adicionales de este equipo se encuentran en el Anexo 3.

Tabla 30. Características de la antena base en marcas Ubiquiti y Mikrotik [41] [42]

Marca	Ubiquiti	Mikrotik
Modelo	R5AC-Lite	OmniTIK 5 PoE ac
Frecuencia de trabajo	5 GHz	5 GHz
Dimensiones	162x84x37 mm	416x129x58 mm
Ancho de banda	500+ Mbps	867 Mbps
Potencia de salida	27 dBm	22 dBm
Alcance	9 Km	12 Km
RAM	128 MB	128 MB
Estándar	802.11a/n/ac	802.11a/n/ac

- **Equipos de Wi-Fi**

Se instalarán cuatro puntos de acceso en los lugares donde más accidentes ocurren. Aquí también se colocarán las gabinetes para el acceso a telefonía IP, las cuáles se describirán posteriormente. Para las antenas de los enlaces punto multipunto se plantean dos opciones una de marca Ubiquiti y otra de marca Mikrotik (ver **Tabla 31**), las dos trabajan con el estándar 802.11n, la mANTBox 52 15s posee un alcance y ganancia superior, al tener un precio similar se elige la antena Mikrotik para no tener problemas de compatibilidad con la antenas seleccionadas en la sección anterior y de esta manera utilizar un solo software de configuración. El datasheet del equipo seleccionado se encuentra en el Anexo 4.

Tabla 31. Características de las antenas Wi-Fi [43] [44]

Marca	Ubiquiti	Mikrotik
Modelo	WiFi 6 Long-Range	mANTBox 52 15s
Frecuencia de trabajo	2.4 y 5.8 GHz	2.4 y 5.8 GHz
Dimensiones	220x48mm	140x348x82mm
Ganancia	4 - 5.5dBi	12-15 dBi
Ancho de banda	600 Mbps	867Mbps
Potencia de salida	26 dBm	23 dBm

RAM	512 MB	256 MB
Estándar	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n

- **Switches**

Para la elección del switch de core se tomó en cuenta las siguientes características

- Soporte capa 3
- Componentes redundantes
- Calidad de servicio
- Velocidades de reenvío muy alto
- Gigabit Ethernet/10 Gigabit Ethernet

Estos switches tienen acceso con los Routers que comunican con los ISP, así como a los distintos servidores, además, deben ser capaces de permitir la administración a nivel de capa 3.

Las especificaciones consideradas para los switches de core están especificadas en la Tabla 32 y los modelos propuestos se encuentran en la

Tabla 33, se consideran las dos marcas más utilizadas en el país: Cisco y Huawei.

Tabla 32. Especificaciones para los switches de core [45]

Estándar	Característica
802.3i	Soporte para Ethernet a 10 Mbps
802.3u	Soporte para Fast Ethernet
802.3z	Soporte para Gigabit Ethernet de fibra óptica para enlaces de uplink
802.3x	Comunicación Full Duplex
802.3ad	Necesidad de puertos trunking
802.1p	Priorización de tráfico para manejar los diferentes tipos de aplicaciones que corren sobre la red.
802.1q	Para poder manejar LANs virtuales

802.1d	Garantizar que la red esté libre de lazos
802.1x	Seguridad y autenticación. Control de acceso a la red
802.1w	Spanning Tree Protocol de rápida capacidad de reconfiguración

Tabla 33. Switches de core propuestos [46] [47]

CARACTERÍSTICA	Switch Cisco	Switch Huawei
Modelo	WS-C3850-24P-S	S5710-28C-PWR-EI-AC
Imagen		
Tipo de dispositivo	Conmutador - 24 puertos - L3 - Gestionado - apilable	
IPV6	SI	
Interfaces	Gigabit Ethernet	Gigabit Ethernet
Puertos	24 x 10/100/1000 (PoE +) 4 10GE	20 10/100/1000 Base-T ports, 4 GE combo ports and 4 10GE SFP+ ports
Power Over Ethernet (PoE)	PoE +	NO
Rendimiento	Capacidad de conmutación: 88 Gbps Ancho de banda de apilamiento: 480 Gbps	NO ESPECIFICADO
Capacidad	rutas IPv4: 24000 Switched interfaces virtuales (SVI): 1000	

Tabla de direcciones MAC	Tamaño 32,000	Tamaño 32,000 entradas
Protocolo de direccionamiento	OSPF, RIP-1, RIP-2, HSRP, VRRP, PIM-SM, PIM-DM, IS-IS, BGP, PIM-SSM, policy-based routing (PBR), RIPng	RIPv1, RIPv2 and RIPng OSPF, OSPF v3, IS-IS, IS-ISv6, BGP and BGP 4+
Protocolo de gestión remota	SNMP 1, RMON 1, RMON 2, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, SSH, CLI	SNMP v1/v2/v3, RMON, Web NMS, HGMP, GVRP, MUX VLAN
Alimentación	CA 120/230 V (50/60 Hz)	
Redundancia de alimentación	SI	SI
Dimensiones	(An x P) 44.5 cm x 45 cm x 4.45 cm	442 mm x 420 mm x 43.6 mm
Peso	7,4 kg	

Elaborado por: Investigador

Para los switches de distribución se tienen las siguientes opciones que se detallan en la Tabla 34, una característica importante es que manejen las mismas normas que los switch de core.

Tabla 34. Propuesta switches de distribución

CARACTERÍSTICA	Switch Cisco	Switch Huawei
Modelo	WS-C2960X-24TD-L	LS-S3328TP-SI-AC
Imagen		

Tipo de dispositivo	Conmutador - 24 puertos gestionable aplicable	Conmutador 24 puertos 100 Mbps, 2 puertos 1 Gbps
Puertos	24 x 10/100 + 2 x 1 Gigabit SFP	24 x 10/100 + 2 x 1 Gigabit SFP
Power Over Ethernet (PoE)	NO	NO
Rendimiento	Capacidad de conmutación: 72 Gbps	Backplane: 64 Gbit/s
Capacidad	Hasta 2000 (2048) rutas estáticas y hasta 256 interfaces IP (hasta 4096 VLANs)	
Tabla de direcciones MAC	Tamaño 16,000 entradas	Tamaño 16,000 entradas
CARACTERÍSTICAS	Conmutación Layer 3, soporte de DHCP, ARP, VLAN, (MDI/MDI-X, soporte IPv6, RSTP, MSTP, DTP, PAgP, TFTP, ACL, soporte RADIUS, compatibilidad con Jumbo Frames, MLD, Dynamic ARP Inspection (DAI), tecnología Cisco EnergyWise, UDLD, Rapid Per-VLAN, IPv4, SRR, LACP, RSPAN, HSRP, Energy Efficient Ethernet	RIPv1, RIPv2 and RIPv6, OSPF, OSPF v3, IS-IS, IS-ISv6, BGP
Protocolo de gestión remota	SSH,SSL,autenticacion web, BPDU STP,DHCP,IPSG,DAI,IPMB,SCT,RADIUS,DoS,SSD,CLI,ACL	SNMP v1/v2/v3,RMON, Web NMS,HGMP, GVRP, MUX VLAN,MMF,VCT,RSPAN,SSHv2,Sistema logged y con alarmas

Cumplimiento de normas	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3z, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.3ab, IEEE 802.1p, IEEE 802.3x, IEEE 802.3ad (LACP), IEEE 802.1w, IEEE 802.1x, IEEE 802.3ae, IEEE 802.1ae, IEEE 802.3az, IEEE 802.1AX	STP(IEEE 802.1d), RSTP(IEEE 802.1w), MSTP(IEEE 802.1s) IEEE 802.1d IEEE 802.1Q, IEEE 802.1p, IEEE 802.3x,
Alimentación	CA 120/230 V (50/60 Hz)	
INDICADORES ESTADOS	Actividad de enlace, velocidad de transmisión del puerto, modo puerto duplex, sistema, estado	SI

Elaborado por: Investigador

Para el switch de core y de distribución se utilizarán los de marca CISCO porque poseen mejores características. Son productos con una adecuada relación calidad precio. Adicional, cuentan con un amplia gama de manuales e información para su respectiva configuración. Los switches CISCO son conocidos por su acceso rápido y una excelente conectividad cumpliendo las respectivas normativas tecnológicas. En los Anexos 6 y 7 se encuentran los datasheets de los switches seleccionados. Estos switches se encontrarán en el gabinete de la estación base.

d) Infraestructura y equipos de protección

- **Torres**

Las torres propuestas para el diseño son torres galvanizadas, contraventadas y con capacidad de carga de equipos de enlace, se puede observar un ejemplo en la Figura 48. Las alturas por utilizarse son de 5, 10 y 30 metros. Las características comunes se encuentran detalladas en la Tabla 35. Existen múltiples tipos de estructuras, pero de acuerdo con los equipos que se va a ocupar son las torres venteadas por su gran resistencia y su variedad de tamaños.

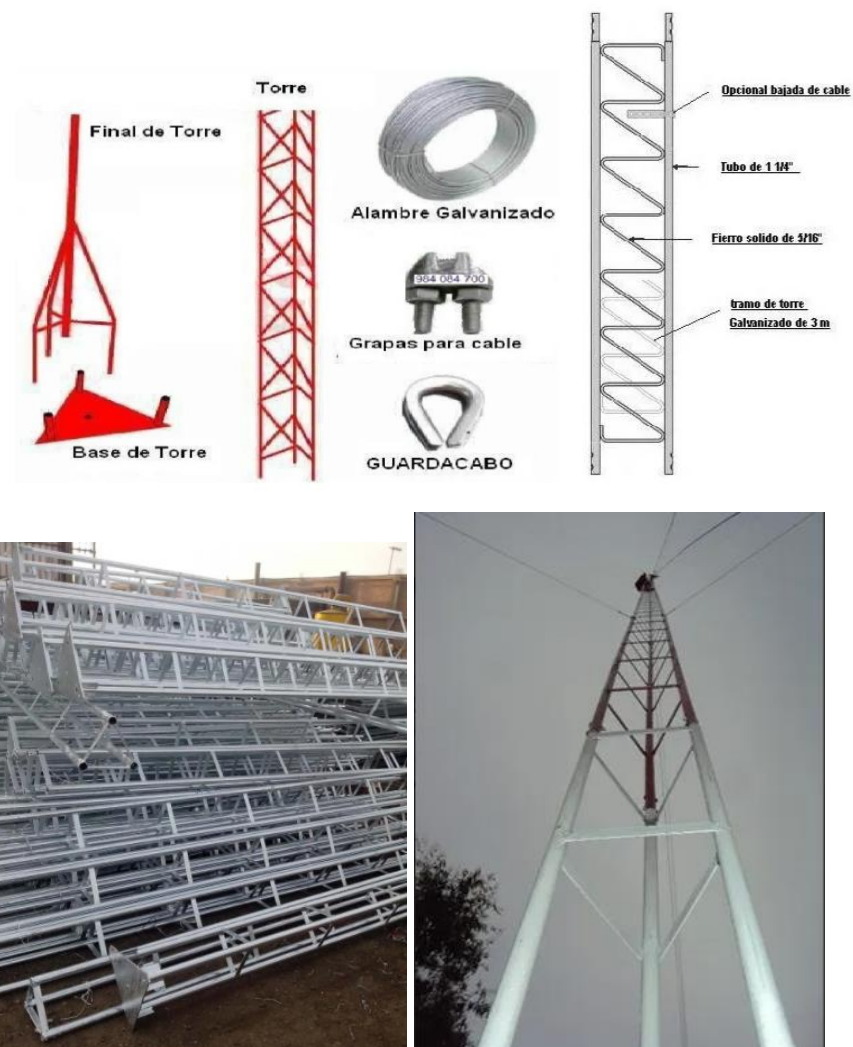


Figura 48. Características de la torre de telecomunicaciones [48]

Tabla 35. Características Técnicas de las torres de telecomunicaciones [48]

Característica	Descripción
Altura	5, 10 y 20 metros
Altura de peldaños	30 cm
Base	Triangular (30cm por lado)
Material	Poste galvanizado

- Pararrayos

Debido a que los equipos van a estar en una zona en la cual ocurren tormentas eléctricas con frecuencia, es importante colocar pararrayos. Estos deben estar contruidos de acero inoxidable AISI 316 que es resistente a la corrosión y cumplir con las siguientes características [49]:

- Corriente típica de descarga: 45 KA.
- Numero de trazadores: 5
- Numero de puntas auxiliares: 4
- Radio de protección: 18 m.
- Capacidad de descargas continuas: 5

- **UPS**

Para el UPS se analizó los modelos de la **Tabla 36**.

Tabla 36. Características UPS [50]

Modelo	UPS Br1500m2	APC SMART-UPS C
Capacidad	1500VA	1500 VA
Watts	900	900
Energía	110-120V	110-120V
Pantalla	LCD de estado	LCD
Tomas	10 tomas (4 son sin batería)	10 tomas

Para el diseño propuesto se plantea el uso de UPS Online, son los más avanzados porque toman la corriente alterna de la red eléctrica y la convierte a corriente directa, la cual carga las baterías de los equipos. Debido a que el inversor siempre está conectado la corriente siempre presenta niveles regulados. En caso de que exista fallo en la corriente eléctrica, el UPS no debe cambiar de modo de trabajo, por lo cual no hay tiempo de reacción. Para lo cual se seleccionó el UPS Br1500m2 de la marca APC (ver Figura 49). El datasheet del UPS seleccionado se encuentra en el Anexo 9.



Figura 49. UPS Br1500m2 de la marca APC

- **Puesta a Tierra**

Varillas Copper Weld

Las varillas Copperweld son barras que se utilizan para las conexiones de puesta a tierra, están diseñadas de tal manera que vienen provistas de diversos accesorios que facilitan su instalación y mantienen sus características exotérmicas. Las varillas de alta gama para puesta a tierra se encuentran en la Figura 50. Las características técnicas que deben cumplir son las siguientes:

- Longitud: 1,5 metros
- Diámetro: 15,88 mm
- Espesor del recubrimiento de cobre: 0.254mm



Figura 50. Varillas Copperweld [50]

Se utilizará estas barras para la puesta a tierra porque están diseñadas de tal manera que vienen provistas de accesorios que facilitan su instalación, tales como: uniones, sistemas de anclajes y equipos para conexiones exotérmicas.

Gel de aterrizaje

El gel de aterrizaje es un compuesto de naturaleza compleja que se forma cuando se mezclan las soluciones acuosas de sus dos componentes, que permite el libre tránsito de electrones por su enrejado tridimensional y que se adhiere muy bien a los electrodos de cobre en la puesta a tierra. Adicional, contiene compuestos que controlan el nivel de pH de los suelos y los neutralizan. Las propiedades físicas de éste se encuentran en la Tabla 37.

Tabla 37. Características Gel de aterrizaje

Estado físico	Sólido coloidal
Color	Marrón a verde dependiendo del medio
Apariencia	Gel
Olor	Sin olor
Solubilidad en agua	Insoluble
Peso molecular	338.8g/mol
Densidad aparente	1,00-1,40 g/cc
pH	9-10

- **Gabinete de protección**

Las características de los gabinetes de protección analizados se encuentran en la Tabla 38.

Tabla 38. Características gabinete de protección [52]

Modelo	Beaucoup I-0317	BETE 32U
Dimensiones	60 x 40 x 20 cm	1750 x 750 x 750 mm
Características	- Gabinete cerrado de puerta ciega compacto - Puerta reversible izq. o der. con cerradura universal - Compuesto de un solo	- Gabinete de telecomunicaciones para exteriores - Elaborado con acero galvanizado de alta calidad

	cuerpo monobloque - Fabricado con empaque cobre filos - Grado de protección IP67	- Recubierto con polvo anti-ultravioleta - Grado de protección IP55
--	--	--

En la **Figura 51** se muestra un gabinete de telecomunicaciones para exteriores de 32U diseñado y producido por la empresa BETE, que está hecho de acero galvanizado de alta calidad, recubierto con polvo anti-ultravioleta y con grado de protección IP55. El gabinete está equipado con un sistema de alimentación., protección contra rayos y sistema de puesta a tierra, sistema de control de temperatura, sistema de energía de reserva, Sistema de iluminación, y espacio de instalación de equipos de transmisión. Tiene varias funciones de comunicación interior y exterior y cumple con las diferentes necesidades de red de los operadores [51]. El tamaño del gabinete son 1750 x 750 x 750 mm, espacio suficiente para almacenar todos los equipos y el UPS cuyas medidas son 381 x 229 x 508mm. Las características adicionales del gabinete se encuentran en el Anexo 5.



Figura 51. Gabinete de telecomunicaciones

e) VoIP

En la **Tabla 39** se encuentran las características de los teléfonos IP analizados.

Tabla 39. Características teléfonos IP para exterior [54]

Modelo	VOIP KNSP-16	Securphone PoE	SIP
Protección contra polvo	Si	Si	
Resistencia anti-vandálica	Si	Si	
Altavoz amplificado	Si	Si	
Ventilación natural	Si	Si	
Actualización remota	Si	No	

El modelo seleccionado es de la marca KNTECH el modelo VOIP KNSP-16 el cual se visualiza en la Figura 52 y su datasheet se encuentra en el Anexo 10. Todas las llamadas de emergencia serán redigidas al ECU 911 porque es el servicio integrado de seguridad que provee servicio de atención de emergencias de forma efectiva y oportuna. Todas las llamadas se conectarán a los servidores del sistema integrado del ECU 911.

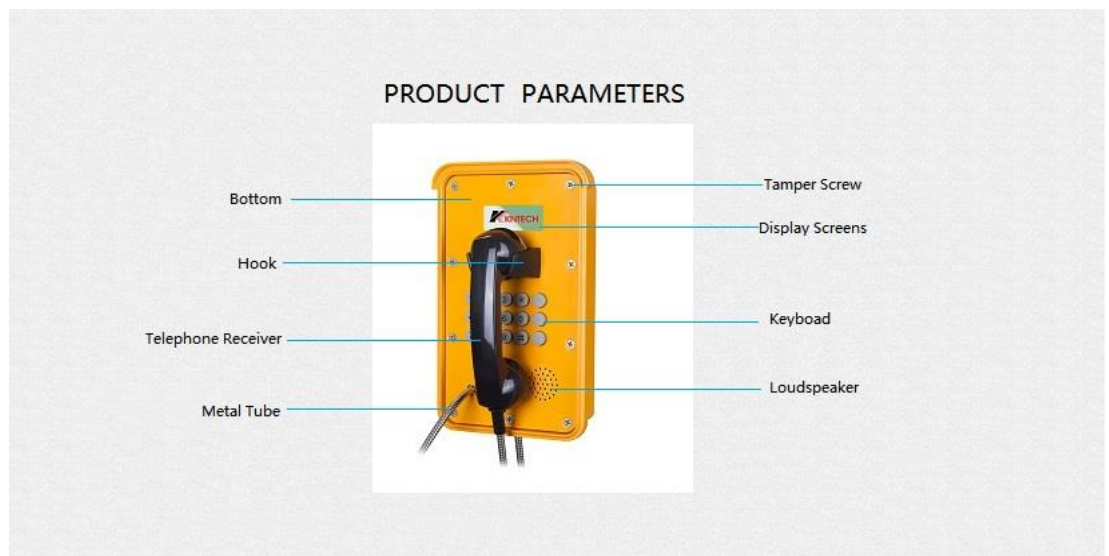


Figura 52. Telefono IP VOIP KNSP-16 [52]

3.3.2. Presupuesto de la implementación de la carretera inteligente.

El presupuesto total de la implementación de la carretera se detalla en la Tabla 40.

Tabla 40. Presupuesto carretera inteligente

Elemento	Descripción	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Equipo 802,11ac	OmniTIK 5 PoE ac / Mikrotik	5	\$ 220,00	\$ 1.100,00
Equipos Wi Fi	mANTBox52 15s	4	\$ 103,00	\$ 412,00
Switch de core	WS-C3850-24P-S / CISCO	1	\$ 7.300,00	\$ 7.300,00
Switches de distribución	WS-C2960X-24TD-L / CISCO	3	\$ 2.323,00	\$ 6.969,00
Cámaras IP	DS-2DE7232IW-AE	10	\$ 999,00	\$ 9.990,00
Teléfonos IP	VOIP KN5P-16	4	\$ 455	\$ 1.820,00
NVR	NVR 116MH-C	1	\$ 850	\$ 850,00
Sensor de Temperatura	RTC DS3231	2	\$ 5,00	\$ 10,00
Sensor de presencia	GP2Y0A710K0F	12	\$ 10,78	\$ 129,36
Sensor distancia	UNAM 50I6121	2	\$ 855,00	\$ 1.710,00
Sensor de presión	TP12 /AEP	2	\$ 1.885,00	\$ 3.770,00
Sensor fotoeléctrico	Sensor Volteck: SELFO-LS 47228	6	\$ 110,00	\$ 660,00
Torre tipo 1	30 metros	2	\$ 4.500,00	\$ 9.000,00
Torres tipo 2	10 metros	2	\$ 1.500,00	\$ 3.000,00
Torre tipo 3	5 metros	1	\$ 750,00	\$ 750,00
UPS	UPS Br1500m2	5	\$ 350,00	\$ 1.750,00
1 bobina Cable FTP	Categoría 6	1	\$ 350,00	\$ 350,00
Varillas Copper Weld	Acero de 1,50 m / DECOPPER S.A.C	10	\$ 16,00	\$ 160,00
Gel Thor	25 libras	3	\$ 20,00	\$ 60,00
Pararrayos	5 puntas	5	\$ 90,00	\$ 450,00
Raspberry Pi 3	Placa y case	4	\$ 99,00	\$ 396,00
Arduino Mega	Placa y case	3	\$ 30,00	\$ 90,00
Gabinetes	BT757517501EP	5	\$ 2.000,00	\$10.000,00
Pantallas LED	640x960mm	2	\$ 680,00	\$ 1.360,00
Accesorios de instalación	Kits de instalación	4	\$ 155,00	\$ 620,00
Material eléctrico	Material para la base y repetidoras	5	\$ 500,00	\$ 2.500,00

Mano de obra	Ingeniero del proyecto y tres técnicos	6	\$ 4.000,00	\$24.000,00
Total				\$89.206,36

Elaborado por: Investigador

3.3.3. Dimensionamiento del tráfico de Internet

El ancho de banda requerido va a depender de los servicios que se requieran. La Tabla 41 detalla la cantidad de ancho de banda requerido para el diseño de la carretera. En primer lugar el servicio de videovigilancia mínimo requiere 124 Kbps, en este caso se dispondrá de diez cámaras de videovigilancia a lo largo de toda la carretera.

Para transmitir VoIP el ancho de banda depende de los codecs a utilizar, pero mínimo se requiere 100 kbps de ancho de banda (subida y bajada) por cada usuario, se consideran cuatro puntos para la telefonía IP.

El ancho de banda requerido para el acceso a Internet utilizando el estándar 802.11 b/g/n de capacidad 11/54/600 Mbits/s. Pero los proveedores de servicios de Internet ofrecen conexiones desde 1000 Kbps o 1Mbps. Este ancho de banda se proporcionará en cada estación remota para que los usuarios de la carretera puedan tener acceso a Internet para reportar alguna emergencia.

Para la transmisión de datos de los sensores no se requiere un ancho de banda elevado, a pesar de que están transmitiendo constantemente información; para lo cual se considerará un ancho de banda de 10Kbps.

Después de resumir los servicios digitales y el tráfico que va a necesitar cada punto, se logra establecer la capacidad de la red. Por lo que el ancho de banda total requerido es de 5800Kbps.

Tabla 41. Dimensionamiento del tráfico de Internet

Servicio	Ancho de banda requerido (Kbps)	Puntos	Total (Kbps)
Videovigilancia	124	10	1240
VoIP	100	4	400
Sensor de presencia	10	2	20
Sensor de presión	10	2	20
Sensor luminarias	10	12	120

Internet en estaciones remotas	1000	4	4000
Ancho de banda total			5800

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se diseñó los servicios digitales más factibles que se puedan incorporar en la carretera inteligente entre Ambato y Píllaro, fué importante el proveer de servicios de Internet a todo el sector, para tener una sola red en la cual interactúen los componentes, se calculó el tráfico de Internet y la ubicación de la antena repetidora y cuatro Access Point alrededor de la vía. Una vez teniendo el servicio de Internet se diseñó la telefonía IP para que las personas puedan comunicarse a una central en casos de emergencia.
- Se diseñó e implementó el envío de alertas cuando exista peligro de derrumbe y obstáculos en la vía. Se incorporó en el prototipo un sistema de luminarias inteligentes que se vayan encendiendo mientras exista vehículos circulando. Finalmente, en la propuesta consta de un servicio web que permite tener videovigilancia IP y mostrar la información enviada por los sensores.
- Se diseñó un sistema inteligente en tiempo real utilizando diferentes sensores y controladores para establecer el estado de la vía e informar a sus usuarios, se realizó la implementación en el Arduino que permitió la interacción de los sensores con los servidores, brindando servicios digitales de calidad.
- La información que proporciona el diseño planteado es de alta importancia, porque permitirá ayudar a todas los usuarios que circulan en este tramo de la carretera, evitando accidentes y planificando de mejor manera sus recorridos. Es por esto que esta información debe ser administrada por el ECU 911 y los municipios pertinentes para que puedan hacer uso correcto y canalizar adecuadamente las emergencias.
- Se implementó el prototipo aplicando los servicios inteligentes para la seguridad de los usuarios del tramo de la carretera Ambato-Píllaro. Los sensores envían información al Arduino y este a su vez envía estos datos a los

servidores instalados en el Raspberry Pi3 (Motion y Apache). Se configuró un servidor Asterisk para la telefonía IP. El prototipo implementado permite ver el funcionamiento de las luminarias inteligentes, las notificaciones en las pantallas LED y en la página web en caso de peligro de derrumbe y obstáculos en la vía, así como se muestra la fecha, hora y temperatura. Se dispone de un sistema de videovigilancia en tiempo real muy factible para los usuarios de dicha vía.

- La visualización de la información que brindan los sensores electrónicos se visualizan en las pantallas LED al inicio y al final de la carretera; y en una página web que se actualiza constantemente en la que los usuarios de la vía pueden observar esta información en tiempo real.
- La implementación del prototipo permitió utilizar diferentes tecnologías como: Arduino, Raspberry, Asterisk, Apache, Motion, Linux y de varios lenguajes de programación: C, HTML5, Python y JavaScript.

Recomendaciones

- Para futuras investigaciones se recomienda realizar un estudio juntamente con algún ISP (*Internet Service Provider*) cercano que pueda proveer el servicio de Internet para poder determinar costos del lanzamiento de la red.
- Los lugares de este tramo que no fueron tomados en cuenta y que también podrían presentar deslizamientos de tierra, presencia de obstáculos en la vía u otro tipo de problemática deberían ser considerados para futuras investigaciones.
- Existen otros servicios digitales inteligentes que podrían ser tomado en cuenta por futuros investigadores, tales como: semaforización inteligente, sistema de alarmas en caso de sismos, utilización de paneles solares para incrementar energías renovables en el sistema, sensores de velocidad, entre otros.

- Los equipos utilizados para el diseño de la red cumplen con los requerimientos para cubrir el área seleccionada. En futuras investigaciones se puede ampliar los servicios y la cobertura para lo cual se recomienda realizar otro estudio para determinar los equipos óptimos para brindar con excelente calidad los servicios digitales.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- [1] F. Arnéz y A. Villazón, «VIRMS: UN SISTEMA DE INFORMACIÓN VEHICULAR Y MONITOREO DE CARRETERAS,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.archivoybibliotecanacionales.org.bo/images/contenido/Biblioteca/Bibliografia%20boliviana/BibliografiaBoliviana2011.pdf>. [Último acceso: 05 Septiembre 2020].
- [2] A. Rios, «Control inteligente de iluminación fotovoltaica para autopistas en Ecuador,» 2015. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/15082>. [Último acceso: 05 Septiembre 2020].
- [3] D. Torres, «Carretera inteligente con señalética reactiva y algoritmo de toma de decisiones para proveer rutas alternas por cierre de vías,» Febrero 2017. [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/37287>. [Último acceso: 06 Septiembre 2020].
- [4] K. Reina, «<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/37373>,» 16 Febrero 2017. [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/37373>. [Último acceso: 05 Septiembre 2020].
- [5] G. Brito, «Carretera inteligente con aplicación de servicios digitales en el trayecto Pelileo-Baños en la Provincia de Tungurahua,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27797>. [Último acceso: 8 Septiembre 2020].
- [6] A. Brincat, «"The Internet of Things for Intelligent Transportation Systems in Real Smart Cities Scenarios,"» 2019. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8767247>. [Último acceso: 15 Agosto 2021].
- [7] C. Toh, «Advances in smart roads for future smart cities,» 22 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspa.2019.0439>. [Último acceso: 12 Agosto 2021].

- [8] UPC, «7 Sistemas de Información - Tecnologías de la información,» 2004. [En línea]. Available: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7001/08Jmmc08de12.pdf?sequence=8&isAllowed=y>. [Último acceso: 15 Agosto 2021].
- [9] «GADM SANTIAGO DE PÍLLARO,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.pillaro.gob.ec>. [Último acceso: 3 Agosto 2021].
- [10] autopistas.com, «LA AP-7, campo de pruebas del proyecto europeo Inframix,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.autopistas.com/blog/la-ap-7-campo-de-pruebas-de-proyecto-europeo-inframix/#:~:text=Se%20trata%20de%20una%20iniciativa,la%20coexistencia%20de%20tráfico%20mixto..> [Último acceso: 15 Agosto 2021].
- [11] «Pyramid Consulting,» Abril 2014. [En línea]. Available: <https://www.pyramidconsulting.es/noticias/carreteras-que-brillan-con-luz-propia/>. [Último acceso: 03 Diciembre 2020].
- [12] «¿Qué son las carreteras inteligentes o smart roads?,» Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://movimentistas.com/tecnologia/carreteras-inteligentes/>. [Último acceso: 03 Enero 2021].
- [13] J. Salazar, «Redes Inalámbricas,» [En línea]. Available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf. [Último acceso: 18 Mayo 2020].
- [14] «Plantillas de diagramas de red,» 2020. [En línea]. Available: <https://creately.com/es/eg/ejemplo-diagrama-red/>. [Último acceso: 03 Enero 2021].
- [15] A. Sanchez, «Lo que toda empresa necesita saber sobre la Telefonía IP,» 3CX, 13 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.3cx.es/blog/informacion-sobre-telefonía-ip/>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [16] A. Imran, «Asterisk VoIP Private Branch Exchange,» [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Mohammed-Qadeer/publication/224562385_Asterisk_VoIP_Private_Branch_Exchange/links/585b76b308aebf17d385f5e3/Asterisk-VoIP-Private-Branch-Exchange.pdf. [Último acceso: 26 julio 2020].

- [17] «Video Vigilancia IP: Sistemas de Seguridad con Cámaras IP,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.solintelsa.net/sistemas-de-videovigilancia/>. [Último acceso: 03 Septiembre 2020].
- [18] J. Ruiz, «Manuel de Programación Arduino,» 2007. [En línea]. Available: <https://arduino-bot.pbworks.com/f/Manual+Programacion+Arduino.pdf>.
- [19] «802.11ax (WiFi 6), el wifi que llegará el año que viene,» 2019. [En línea]. Available: <https://naseros.com/2018/11/16/802-11ax-wifi-6-el-wifi-que-llegara-el-ano-que-viene/>. [Último acceso: 03 Junio 2021].
- [20] M. Rodriguez, «Glinex,» [En línea]. Available: <https://thales.cica.es/rd/glinex/practicass-glinex05/guadalinex/linux/Unidad%201.pdf>. [Último acceso: 6 Abril 2021].
- [21] «Masip,» [En línea]. Available: <https://www.masip.es/blog/asterisk-el-software-de-codigo-abierto/>. [Último acceso: 6 Abril 2021].
- [22] Radiomobile, 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1057/4/04%20RED%20O12%20-6%20MANUAL%20RADIOMOBILE.pdf>. [Último acceso: 6 Abril 2021].
- [23] A. Cobo, «Diaz de Santos,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479787066.pdf>. [Último acceso: 6 Abril 2021].
- [24] R. Jimenez, 2017. [En línea]. Available: <https://www.pdf-manual.es/programacion-web/html/133-curso-de-html5-desde-cero.html>. [Último acceso: 6 Abril 2021].
- [25] J. Vega, «La Molina,» 2011. [En línea]. Available: http://www.lamolina.edu.pe/osi/manual/Curso_HTML5_v1.pdf. [Último acceso: 6 Abril 2021].
- [26] L. Llamas, «DETECTOR DE OBSTÁCULOS CON SENSOR INFRARROJO Y ARDUINO,» 2 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/detectar-obstaculos-con-sensor-infrarrojo-y-arduino/>. [Último acceso: 3 Febrero 2021].

- [27] I. Rubio, «HC-SR04: todo sobre el sensor de ultrasonidos,» [En línea]. Available: <https://www.hwlibre.com/hc-sr04/>. [Último acceso: 13 Enero 2021].
- [28] S.a, «HETPRO,» <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-fuerza-o-presion-mf01/>, 2021. [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-fuerza-o-presion-mf01/>.
- [29] S.a, «AV Electronics,» ventas@avelectronics.cc, 2021. [En línea]. Available: <https://avelectronics.cc/producto/flex-sensor-2-2/>.
- [30] T. A. a. u. u. s. F. c. Arduino, 7 Julio 2016. [En línea]. Available: http://www.lunegate.net/2016/07/tutorial-aprender-usar-un-sensor-flex_31.html#.YKavV_xR3IU. [Último acceso: 04 Marzo 2021].
- [31] «HW101 / HW201 SUPERCAPACITOR,» Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://www.cap-xx.com/wp-content/uploads/datasheets/CAP-XX-HW101-HW201-Datasheet.pdf>. [Último acceso: 9 Agosto 2021].
- [32] NAYLAMP MECHATRONICS, «SENSOR DE PROXIMIDAD FOTOELÉCTRICO,» 2020. [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/236-sensor-de-proximidad-fotoelectronico-infrarrojo-e18-d80nk.html>. [Último acceso: 09 Agosto 2021].
- [33] HETPRO, «LM35 – El sensor de temperatura más popular,» 2021. [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lm35/>. [Último acceso: 12 Agosto 2021].
- [34] «DS3231 Real Time Clock Module [RTC],» [En línea]. Available: <https://www.microjpm.com/products/ds3231-at24c32-iic-modulo-de-reloj-en-tiempo-real/>. [Último acceso: 05 Marzo 2021].
- [35] MADE, «Sensor Ultrasónico HC-SR04,» 2020. [En línea]. Available: <https://electronicamade.com/sensor-ultrasonico/>. [Último acceso: 12 Agosto 2021].
- [36] ASI FUNCIONA, «TABLAS GUÍAS DE EQUIVALENCIAS APROXIMADAS WATTS-LÚMENES ENTRE LÁMPARAS LED Y OTRAS DE DIFERENTES TIPOS MÁS COMUNES, UTILIZADAS PARA ALUMBRADO GENERAL, ASÍ COMO ALGUNAS DE SUS CARACTERÍSTICAS,» 2019. [En

- línea]. Available: http://www.asifunciona.com/tablas/leds_equivalecias/leds_equivalecias.htm. [Último acceso: 3 Agosto 2021].
- [37] «Hikvision,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/products/IP-Products/PTZ-Cameras/Pro-Series/ds-2de7232iw-ac/>. [Último acceso: 15 junio 2021].
- [38] «Axis Commnications,» 2021. [En línea]. Available: file:///D:/TESIS/Carretera%20Inteligente/Datasheets/ds_q8665e_t10052657_en_1707.pdf. [Último acceso: 20 Junio 2021].
- [39] «Hikvisión - NVR,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/products/HiLook-IP-Products/Network-Video-Recorders/Value-NVR/NVR-116MH-C/?q=nvr%20116mh-c&position=8>. [Último acceso: 21 Junio 2021].
- [40] «Axis Camara Station S2212,» 2021. [En línea]. Available: https://www.axis.com/files/datasheet/ds_camera_station_s2212_t10136415_en_2105.pdf. [Último acceso: 24 Junio 2021].
- [41] «Mikrotik,» OmniTIK 5 PoE ac, [En línea]. Available: https://mikrotik.com/product/rbomnitikpg_5hacd#fndtn-specifications. [Último acceso: 5 Marzo 2021].
- [42] «Rocket ac Datasheet,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.eos.com.au/pub/media/doc/networkswitch/R5AC-Lite%20datasheet.pdf>. [Último acceso: 15 Junio 2021].
- [43] «Access Point WiFi 6 Long-Range,» 2021. [En línea]. Available: <https://store.ui.com/products/unifi-6-long-range-access-point>. [Último acceso: 20 Junio 2021].
- [44] «Mikrotik SXT HG5ac,» 2021. [En línea]. Available: https://mikrotik.com/product/mantbox_52_15s. [Último acceso: 15 Junio 2021].
- [45] ITROQUE, «El estándar IEEE 802.3,» [En línea]. Available: <http://itroque.edu.mx/cisco/cisco1/course/module3/3.2.3.3/3.2.3.3.html#:~:text=El%>

20estándar% 20IEEE% 20802.3% 20define, área% 20local% 20inalámbricas% 20(WLAN).. [Último acceso: 5 Agosto 2021].

[46] DS3 Comunicaciones, «Switch Administrable capa L3 Cisco Catalyst 3850 , 24 puertos 10/100/1000 (PoE+) MODELO: WS-C3850-24P-S,» [En línea]. Available: <http://www.ds3comunicaciones.com/cisco/WS-C3850-24P-S.html>. [Último acceso: 05 Agosto 2021].

[47] HUAWEI, «S5700 Series Switches Hardware Description,» [En línea]. Available: <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1000013597/7f08bd08/s5710-28c-pwr-ei-ac>. [Último acceso: 17 Agosto 2021].

[48] E. Zapata, «Guía de Infraestructura de Telecomunicaciones,» 2019. [En línea]. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/483497/Gu_a_Infraestructura_Telecomunicaciones.pdf. [Último acceso: 6 Enero 2021].

[49] R. Flores, «DISEÑO DE PROTECCIONES ATMOSFÉRICAS EXTERNAS SEGÚN LA NORMA NFPA 780,» Febrero 2019. [En línea]. Available: https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/11042/4025/IME_252.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 15 Agosto 2021].

[50] B&H, «APC Smart-UPS C Battery Backup & Surge Protector with SmartConnect,» [En línea]. Available: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1384843-REG/apc_smc1500c_smart_ups_c_1500va_lcd.html?gclid=CjwKCAjwgvviIBhBkEiwA10D2j8RHhkZmrg8OiLquAlp53QWCv8ZDRt_1L9TN8hiCwnA2jNT5q5XTFRoCGmoQAvD_BwE. [Último acceso: 12 Agosto 2021].

[51] «Varillas Copperweld,» Marzo 2019. [En línea]. Available: <http://decopper.com/wp-content/uploads/2019/03/VARILLAS-COPPERWELD-FICHA.pdf>. [Último acceso: Diciembre 2020].

[52] Beacoup, [En línea]. Available: <https://www.inselec.com.ec/wp-content/uploads/2019/01/Gabinete-rack-compacto-urano.pdf>. [Último acceso: 12 Agosto 2021].

- [53] «ACERO GALVANIZADO GABINETE AL AIRE LIBRE DE LAS TELECOMUNICACIONES DEL AIRE ACONDICIONADO IP55 32U,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.bttelecomcabinet.com/es/product/ip55-32u-air-conditioner-outdoor-cabinet/>. [Último acceso: 23 Junio 2021].
- [54] micgrup, «Teléfono IP SIP para exterior / interior antivandálico,» [En línea]. Available: <http://www.micgrup.com/es/telecomunicacion/microtelefono/telefonos-para-hospitales-hoteles-e-industria/securphone-sip-poe-con-teclado-sin-teclado/167385.html>. [Último acceso: 12 Agosto 2021].
- [55] «VOIP KN5P-16-IP-Y Railway Phone,» [En línea]. Available: <https://www.koontech.com/UploadImage/VoIP%20KN5P-16-IP.pdf>. [Último acceso: 03 Junio 2021].
- [56] «Mikrotik,» SXT2, 3 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/product/RBSXTG-2HnDr2-168>. [Último acceso: Febrero 2021 SXT2].
- [57] F. Matango, «Codecs utilizados en VoIP,» Junio 2016. [En línea]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwim-7Wt6djwAhUUSjABHU7tCk4QFjACegQIDBAD&url=http%3A%2F%2Fwww.serveroip.com%2Fblog%2Fcodecs-utilizados-en-voip%2F&usq=AOvVaw21c4rG76bxaPyerAjtgs_L. [Último acceso: 03 Diciembre 2020].
- [58] «Galaxy VX de 1500kVA, SAI redundante N+1, 480V, puesta en marcha 5x8,» APC.com, 2021. [En línea]. Available: <https://www.apc.com/shop/gt/es/products/Galaxy-VX-de-1500kVA-SAI-redundante-N-1-480V-puesta-en-marcha-5x8/P-GVX1750K1500GS>. [Último acceso: 03 Enero 2021].
- [59] «FTP CAT 6 CABLE,» 2021. [En línea]. Available: http://www.filkab.com/files/category_files/file_1894_bg.pdf. [Último acceso: 04 Enero 2021].

[60] «“CARRETERA INTELIGENTE CON SEÑALÉTICA REACTIVA Y ALGORITMO DE TOMA DE DECISIONES PAR RPVEER RUTAS ALTERNAS POR CIERRE DE VÍAS,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97508/D-103455.pdf>. [Último acceso: 8 Agosto 2021].

Anexos

Anexo 1. Datasheet: Cámara DS-2DE7232IW-AE Hikvision

HIKVISION

Specifications

Camera Module	
Image Sensor	1/2.8" progressive scan CMOS
Min. Illumination	Color: 0.005 Lux @(F1.6, AGC ON) B/W: 0.001 Lux @(F1.6, AGC ON) 0 Lux with IR
White Balance	Auto/Manual/ATW (Auto-tracking White Balance)/Indoor/Outdoor/Fluorescent Lamp/Sodium Lamp
Gain	Auto/Manual
Shutter Time	50Hz: 1 to 1/30,000 s 60Hz: 1 to 1/30,000 s
Day & Night	IR Cut Filter
Digital Zoom	16 ×
Privacy Mask	24 programmable privacy masks, mask color configurable
Focus Mode	Auto/Semi-automatic/Manual
WDR	120 dB WDR
Lens	
Focal Length	4.8 to 153 mm, 32× optical zoom
Zoom Speed	Approx. 5.6 s (optical lens, wide-tele)
Field of View	Horizontal field of view: 55.6° to 2.04° (wide-tele) Vertical field of view: 32.4° to 1.14° (wide-tele) Diagonal field of view: 63° to 2.34° (wide-tele)
Working Distance	10 to 1500 mm (wide-tele)
Aperture Range	F1.2 to F4.4
Infrared	
IR Distance	150 m
Smart IR	Yes
PTZ	
Movement Range (Pan)	360° endless
Pan Speed	Configurable, from 0.1°/s to 160°/s Preset speed: 240°/s
Movement Range (Tilt)	From -15° to 90° (auto-flip)
Tilt Speed	Configurable, from 0.1°/s to 120°/s Preset speed: 200°/s
Proportional Zoom	Yes
Presets	300
Patrol Scan	8 patrols, up to 32 presets for each patrol
Pattern Scan	4 pattern scans, record time over 10 minutes for each scan
Power-off Memory	Yes
Park Action	Preset/Pattern Scan/Patrol Scan/Auto Scan/Tilt Scan/Random Scan/Frame Scan/Panorama Scan

Anexo 2. Datasheet: NVR Hikvision

NVR-116MH-C Datasheet

Get a Quote



Overview

Up to 16 channel IP cameras can be connected
 Supports decoding H.265+/H.265/H.264+/H.264 video formats
 Up to 4-ch @ 1080p decoding capacity
 1 HDD for continuous video recording

Specification

NVR-116MH-C Specification	
Video And Audio	
IP video input	16-ch ,Up to 8 MP resolution
Incoming bandwidth	160 Mbps
Outgoing bandwidth	80 Mbps
HDMI/VGA output	HDMI[]1-ch, 4K (3840 × 2160)/30Hz, 1920 × 1080p/60Hz, 1600 × 1200/60Hz, 1280 × 1024/60Hz, 1280 × 720/60Hz, 1024 × 768/60Hz,VGA[]1-ch, 1920 × 1080p/60Hz, 1280 × 1024/60Hz, 1280 × 720/60Hz, 1024 × 768/60Hz
Audio output	1-ch, RCA (Linear, 1 kΩ)
Two-way audio input	1-ch, RCA (2.0 Vp-p, 1 k Ω)
Decoding	
Decoding format	H.265/H.265+/H.264/H.264+/MPEG4
Recording resolution	8 MP/6 MP/5 MP/4 MP/3 MP/1080p/UXGA /720p/VGA/4CIF/DCIF/ 2CIF/CIF/QCIF
Synchronous playback	16-ch
Live view/Playback resolution	8 MP/6 MP/5 MP/4 MP/3 MP/1080p/UXGA /720p/VGA/4CIF/DCIF/ 2CIF/CIF/QCIF
Capability	1-ch @ 8 MP / 4-ch @ 1080p
Network	
Network interface	1, RJ-45 10/100/1000 Mbps self-adaptive Ethernet interface
Network protocols	TCP/IP, DHCP, Hik-Connect, DNS, DDNS, NTP, SADP, SMTP, NFS, iSCSI, UPnP™ , HTTPS
Hard Disk	
SATA	1 SATA interface
Capacity	Up to 6TB capacity for each disk
External Interface	
USB interface	2 × USB 2.0
General	

Anexo 3. Datasheet: OmniTIK 5 PoE ac

Specifications

Details	
Product code	RBOmniTikPG-5HacD
Architecture	MIPSBE
CPU	QCA9557
CPU core count	1
CPU nominal frequency	720 MHz
Dimensions	416 x 129 x 58 mm
RouterOS license	4
Operating System	RouterOS
Size of RAM	128 MB
Storage size	16 MB
Storage type	FLASH
MTBF	Approximately 200'000 hours at 25C
Tested ambient temperature	-40°C to 70°C
Suggested price	\$129.00

PoE-out

Details	
PoE-out ports	Ether2-Ether5
PoE out	802.3af/at
Max out per port output (input 18-30 V)	1 A
Max out per port output (input 30-57 V)	450 mA
Max total out (A)	2 A

Certification & Approvals

Details	
Certification	CE, FCC, IC, EAC, ROHS
IP	IP54

Wireless specifications

Details

Wireless 5 GHz Max data rate	867 Mbit/s
Wireless 5 GHz number of chains	2
Wireless 5 GHz standards	802.11a/n/ac
Antenna gain dBi for 5 GHz	7.5
Wireless 5 GHz chip model	QCA9882
Wireless 5 GHz generation	Wi-Fi 5

Ethernet

Details

10/100/1000 Ethernet ports	5
----------------------------	---



Anexo 4. Datasheet: mANTBox52 15s

Specifications

Product code	RBD22UGS-5HPacD2HnD-15S
CPU	4 core IPQ-4019 716 MHz
Size of RAM	256 MB
Storage	16 MB flash
Number of 1GbE ports	1
Number of 1G SFP ports	1
Wireless	2.4 GHz 802.11b/g/n dual-chain, 5 GHz 802.11a/n/ac dual-chain
Wireless regulations	Specific frequency range can be limited by country regulations
PCB temperature monitor	Yes
Voltage monitor	Yes
USB port	USB type A
Operating system	RouterOS, License level 4
Antenna gain	12 dBi (2.4 GHz), 15 dBi (5 GHz)
Antenna beam width	90° (2.4 GHz), 60° (5 GHz)
Polarization	Vertical and horizontal
Tested ambient temperature	-40°C to +70°C
Max power consumption without attachments	15 W
Max power consumption	21 W
Dimensions	140 x 348 x 82 mm

Powering

PoE-in	802.3af/at
PoE-in input voltage	12-57 V
Number of DC inputs	2 (PoE-in, DC jack)
DC jack input voltage	12-57 V
Power adapter nominal voltage	48 V
Power adapter nominal current	0.95 A

Certification & Approvals

Certification	CE, FCC, IC, IP
---------------	-----------------

Included parts



48 V 0.95 A
power adapter



K-41 fastening set



PoE injector



Hose clamp

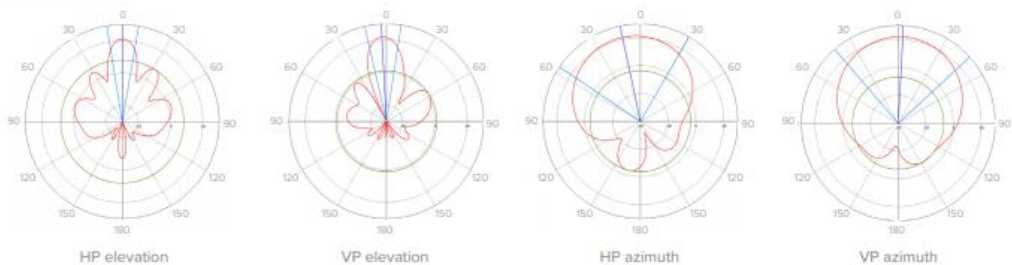


quickMOUNT pro

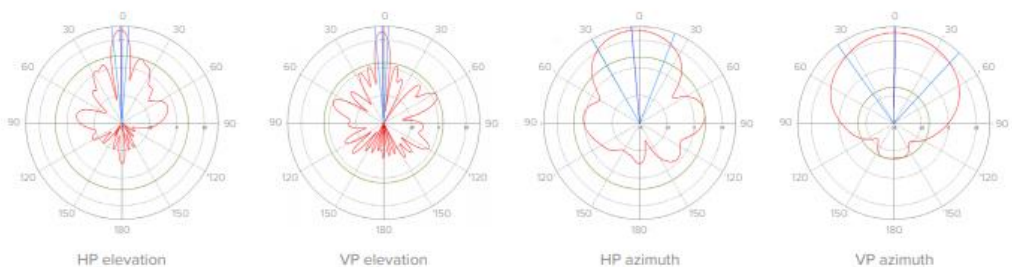
Wireless specifications

Rate (2.4 GHz)	Tx (dBm)	Rx (dBm)	Rate (5 GHz)	Tx (dBm)	Rx (dBm)
1MBit/s	30	-100	6MBit/s	30	-96
11MBit/s	30	-94	54MBit/s	27	-80
6MBit/s	30	-96	MCS0	30	-96
54MBit/s	27	-80	MCS7	26	-75
MCS0	30	-96	MCS9	23	-72
MCS7	26	-75			

Antenna patterns 2.4 GHz

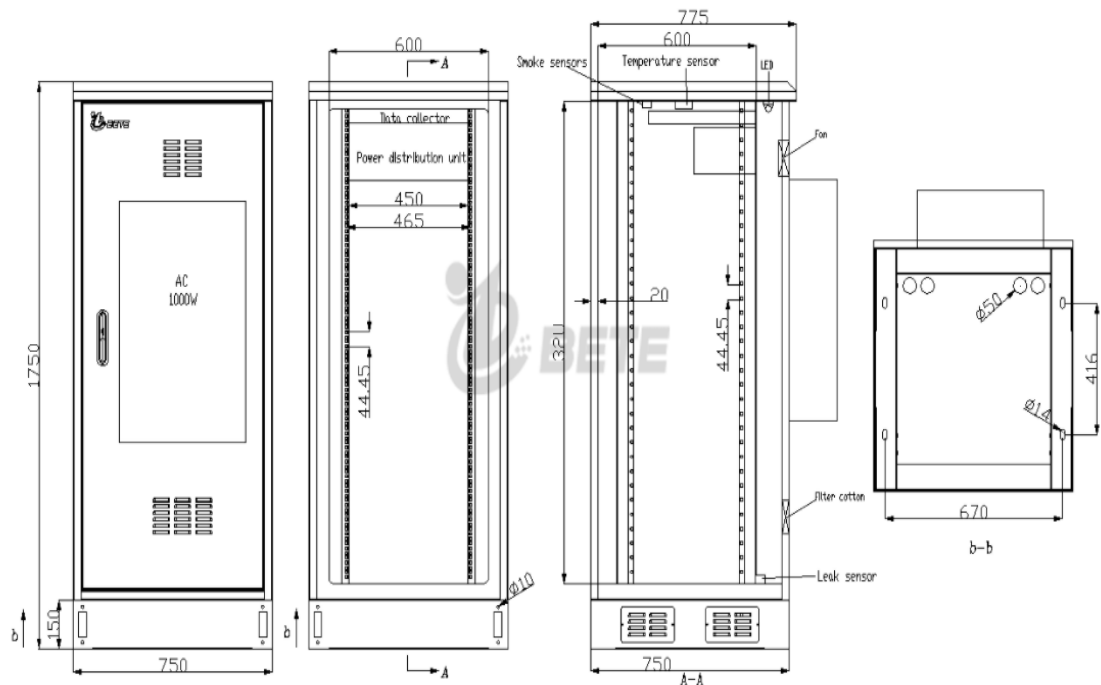


Antenna patterns 5 GHz



Anexo 5. Datasheet: BT757517501EP Gabinete de Telecomunicaciones

Artículos	Tipo	Parámetros técnicos
Parámetros generales	Dimensión	Dimension externa: H × W × D 1750 × 750 × 750m m
	Tipo de montaje	Montaje en el piso, montaje en techo, montaje en pared opcional
	Material	Acero galvanizado: El grosor del cuerpo del armario es de 1,5 mm., capacidad de carga es de 2.0 mm, y otro espesor es de 1,2 mm
	Estructura	El armario exterior tiene una estructura metálica de doble capa., con aislamiento térmico PEF de 20 mm. El gabinete para exteriores tiene una puerta frontal con cerradura de puerta de gabinete antirrobo de tres puntos(candado compatible)
	Espacio de usuario	El gabinete incluye un rack de 32U y 19 "; Puede acomodar la instalación de equipos de telecomunicaciones y baterías de litio..
	Nivel de protección	IP55
	Color	RAL7035
	Entradas de cable	En la parte inferior del gabinete
	Modo de mantenimiento	Operación frontal y mantenimiento
Control de temperatura	Aire acondicionado	Fuente de alimentación: 220VAC 50Hz; Capacidad de enfriamiento:1000W; Modo de comunicación: RS232 / RS485
	Ventilador	48VDC, 12038 × 1
Lámpara de iluminación LED	Lámpara de iluminación LED	48V lámparas LED (inamovible), con interruptor de protección



Anexo 6. Datasheet: WS-C3850-24P-S

WS-C3850-24P-S Datasheet

Get a Quote



Overview

Cisco Catalyst WS-C3850-24P-S is next generation stackable enterprise level switch and integrated with 24 Ethernet POE + ports with upgradeable IP base IOS image. It is designed for access layer with 255 VLANs and IEEE802.3at POE+ standard supporting.

Quick Specs

Table 1 shows the Quick Specs.

Product Code	WS-C3850-24P-S
Enclosure Type	1 RU
Feature Set	IP Base
Network SFP uplink module selection	C3850-NM-4-1G C3850-NM-2-10G
Ports	24 x 10/100/1000 Ethernet ports
Available POE Power	435W
Maximum stacking number	9
Stack bandwidth	480 Gpbs
Switching Capacity	92 Gpbs
Forwarding Performance	68.4Mpps
RAM	4 GB
Flash Memory	2 GB
Dimensions	4.45 cm x 44.5 cm x 44.5 cm
Package Weight	17.49 Kg

Product Details

Figure 1 shows the front panel of the Cisco WS-C3850-24P-S with blank network module slot.



The status LEDs include STAT (status), DUPLEX (duplex), SPEED, STACK, SYST (system), ACTV (active) PoE and S-PWR (Stack Power).

The switch supports one hot-swappable network module that provides uplink ports to connect to other devices. The switch should only be

Anexo 7. Datasheet: WS-C2960X-24TD-L

WS-C2960X-24TD-L Datasheet

[Get a Quote](#)



Overview

Cisco Catalyst 2960X Series 24 ports LAN Base stackable switch is comprised of 24 Ethernet 10/100/1000 ports and 2 * 10G SFP+ uplink interfaces.

Quick Specs

Figure 1 shows the appearance of WS-C2960X-24TD-L.



Table 1 shows the Quick Specs.

Product Code	WS-C2960X-24TD-L
Enclosure Type	Rack-mountable - 1U
Feature Set	LAN Base
Uplink Interfaces	2 x 10G SFP+
Ports	24 x 10/100/1000 Ethernet Gigabit ports
Available PoE Power	None
Maximum stacking number	8
Stack bandwidth	80G
Forwarding Performance	95.2Mpps
Switching Bandwidth	216Gbps
RAM	512 MB
Flash Memory	128 MB
Dimensions	44.5cm x 27.9cm x 4.45cm
Package Weight	9.19 Kg

Product Details

Figure 2 shows the front panel of WS-C2960X-24TD-L.

Anexo 8. Datasheet: UPS Br1500m2 de la marca APC

Especificaciones

	BR1100M2-LM	BR1350M2-LM	BR1500M2-LM
VA	1100 VA	1350 VA	1500 VA
Carga máxima	600W	810W	900W
Tensión de entrada nominal	120 V		
Intervalo de tensión de entrada en línea	88 - 147 V		
Regulación automática de la tensión	Aumento de +11,3% cuando la tensión de entrada desciende por debajo del límite		
	Recorte de -11,5% cuando la tensión de entrada excede el límite		
Intervalo de frecuencia	50/60 Hz \pm 3 Hz		
Forma de onda de funcionamiento con batería	Onda senoidal aproximada, escalonada		
Puertos USB de carga	Tipo C*1, tipo A*1 (15 W en total)		
Tiempo de recarga habitual	16 horas		
Tiempo de transferencia	8 ms típica, 10 ms como máximo		
Temperatura de Operacion	32 a 104°F (0 a 40°C)		
Temperatura de almacenamiento	23 a 113°F (-15 a 40°C)		
Dimensiones de la unidad	368 × 100 × 260 mm (11,9 × 4,4 × 15,0 in)		
Peso de la unidad	23,1 lb (10,5 kg)	23,8 lb (10,8 kg)	26,0 lb (11,8 kg)
Interfaz	Señal USB y simple		
Tiempo de autonomía con batería	Diríjase a http://www.apc.com/product		

Batería de reemplazo

La batería suele tener una vida útil entre 3 y 5 años, aunque esta duración puede ser menor si sufre interrupciones frecuentes o está expuesta a altas temperaturas. La referencia de la batería de reemplazo para el Back-UPS Pro **BR1100M2-LM** es **APCRBC160**, para el **BR1350M2-LM** es **APCRBC162** y para el **BR1500M2-LM** es **APCRBC161**. No reemplazar las partes a tiempo puede causar corrosión en las baterías del cartucho. Recicle los cartuchos de batería agotados.

Garantía

La garantía estándar es de tres (3) años a partir de la fecha de compra. El procedimiento estándar que sigue Schneider Electric IT (SEIT) consiste en sustituir la unidad original por una unidad reparada en fábrica. Los clientes que deban recuperar la unidad original por motivos de asignación de placas de identificación y programas de depreciación establecidos deben manifestar esta necesidad en su primer contacto con un representante del servicio de asistencia técnica de SEIT. SEIT enviará la unidad de sustitución una vez que el departamento de reparaciones haya recibido la unidad defectuosa, o bien se realizará su envío anticipado tras la recepción de un número de tarjeta de crédito válido. El cliente deberá abonar el costo del envío de la unidad a SEIT. SEIT abonará los costos de transporte por tierra del envío de la unidad de sustitución al cliente.

Anexo 9. Datasheet: Teléfono IP VOIP KNSP-16

SPECIFICATION

VoIP SIP2.0 telephone	DTMF dialing	Audio Codes:G.711, G.723, G.726,G.729
MTBF:100000hours	MTTR: 2 hours	Network:10/100 BaseTX Ethernet, RJ45 connectors, Cat5e or better
Hot-line (maximum length of each number is 16 digits)		IP Protocols:IPv4, TCP, UDP, RTP, , DHCP, SIP
Communication: Full duplex 2-way handset communication		1 x LAN Protocols:Power over Ethernet(PoE,802.3af),
Call Control Signaling:VOIP SIP Info(DTMF), RFC 2833(DTMF)		1 x WLAN(IEEE 802.3af), Network Access Control(IEEE 802.1x),STP(IEEE 802.1d), RSTP(IEEE 802.1d-2004)
Power:Power over Ethernet, IEEE802.3af, Class 0		Programming:Non-volatile flash memory programming and configuration through Web GUI
Local power, 12VDC,Idle 2W, Max 10W		Management and Operation:DHCP and static IP, remote automatic software upgrade, centralized monitoring.
Auxiliary Contacts: (option)		Echo cancellation code:G.167/G.168
1 Aux Output, dry contact		
Contact Ratings. Load: Resistive load		
Rated load:0.3 A at 125 VAC; 1 A at 30 VDC		
Rated carry current:1A		
Max.switching voltage:125 VAC,30VDC		
Max.switching current:1A		

Order information:

Model number	Power Supply	Item Number
KNSP-16-IP-Y_AD	DC12V 1A	SP0160042
KNSP-16-IP-Y_P	POE	SP0160012
KNSP-16-IP-Y_ADP	DC12V 1A +POE	SP0160082

*AD---Adapter UL (Input : AC110~240V , Output : DC12V 1A)

*P---POE

CERTIFICATION

Australian communications:AS/CA S004
 Australian Equipment-safety: AS/NZS 60950.1:2015
 RCM: AS/NZS CISPR 32
 EMC:EN55032, EN55024,EN61000-3-2.



HONGKONG KOON TECHNOLOGY LTD
 TEL:0086755 29790158/27448753 Fax:0086755 29790278
 Email:marketing@koontech.com www.koontech.com

Anexo 10. Código de Arduino

```
/***/Entradas***/

/--sensores analogos conectados--

#define vsensor_luz A0

#define vsensor_flex A1

/--sensores de obstaculos--

#define vluces_poste1 3

#define vluces_poste2 2

#define vluces_poste3 53

#define vluces_poste4 52

#define vluces_poste5 51

#define vluces_poste6 50

#define vluces_poste7 49

#define vluces_poste8 48

#define vluces_poste9 47

#define vluces_poste10 46

#define vluces_poste11 45

#define vluces_poste12 44

#define vluces_poste13 43

#define vluces_poste14 42

/***/Salidas***/

/--salida luces--

#define luces_poste1 19

#define luces_poste2 18
```

```

#define luces_poste3 17

#define luces_poste4 16

#define luces_poste5 14

#define luces_poste6 15

#define luces_precaucion 13

#include <Wire.h> // incluye libreria para interfaz I2C

#include <RTClib.h> // incluye libreria para el manejo del modulo RTC

#include <LiquidCrystal.h>

#include <HCSR04.h>

UltraSonicDistanceSensor          hc1(34,35);UltraSonicDistanceSensor
hc2(36,37);UltraSonicDistanceSensor          hc3(38,39);UltraSonicDistanceSensor
hc4(40,41);

int Temp,sensor_luces,sensor_flex;

byte grados[8] ={B00110,

                B01001,

                B01001,

                B00110,

                B00000,

                B00000,

                B00000,

                B00000,};

```

```

byte barrera[8] = {B01010,
                  B01010,
                  B01010,
                  B01010,
                  B01010,
                  B01010,
                  B01010,
                  B01010,};

unsigned long tiempo1,tiempo2,tiempo3,tiempo4;

int estadoLed; //guarda el estado del led (encendido o apagado)

int periodo = 1500; // tiempo que esta el LED en alto y bajo

unsigned long tiempoAnterior = 0; //guarda tiempo de referencia para comparar

char * LargeText = " !PELIGRO DE DERRUMBE! ";

int iLineNumber=0;

int iCursor=0;

String str;

bool tramo1,tramo2,tramo3,tramo4,tramo5,tramo6;

bool obstaculo1,obstaculo2;

char buf[200];

int dia,mes,ano,hora,minutos,segundos,flex,luz;

int temperatura;

RTC_DS3231 rtc; // crea objeto del tipo RTC_DS3231

LiquidCrystal lcd1(22, 23, 24, 25, 26, 27); LiquidCrystal lcd2(28, 29, 30, 31, 32, 33);

```



```

void enviarinfo(){

    DateTime fecha = rtc.now(); // funcion que devuelve fecha y horario en formato

    Serial.print(fecha.day()); // funcion que obtiene el dia de la fecha completa

    Serial.print(","); // caracter barra como separador

    Serial.print(fecha.month()); // funcion que obtiene el mes de la fecha completa

    Serial.print(","); // caracter barra como separador

    Serial.print(fecha.year()); // funcion que obtiene el año de la fecha completa

    Serial.print(","); // caracter espacio en blanco como separador

    Serial.print(fecha.hour()); // funcion que obtiene la hora de la fecha completa

    Serial.print(","); // caracter dos puntos como separador

    Serial.print(fecha.minute()); // funcion que obtiene los minutos de la fecha
completa

    Serial.print(","); // caracter dos puntos como separador

    Serial.print(fecha.second()); // funcion que obtiene los segundos de la fecha
completa

    Serial.print(",");

    Serial.print(rtc.getTemperature());

    Serial.print(",");

    Serial.print(tramo1);

    Serial.print(",");

    Serial.print(tramo2);

    Serial.print(",");

```

```

Serial.print(tramo3);

Serial.print(",");

Serial.print(tramo4);

Serial.print(",");

Serial.print(tramo5);

Serial.print(",");

Serial.print(tramo6);

Serial.print(",");

Serial.print(analogRead(vsensor_flex));

Serial.print(",");

Serial.print(obstaculo1);

Serial.print(",");

Serial.print(obstaculo2);

Serial.print(",");

Serial.println(analogRead(vsensor_luz));

}

void Precaucion(){

if(millis()>tiempoAnterior+periodo){ //si ha transcurrido el periodo programado

estadoLed=!estadoLed; //cambia el estado del led cada 100ms

digitalWrite(luces_precaucion,estadoLed); //actualiza el estado del led

tiempoAnterior=millis(); //guarda el tiempo actual como referencia

}

}

```

```

void UpdateLCDDisplay(){

    int iLenofLargeText = strlen(LargeText);

    if(iCursor==(iLenofLargeText-1))

        {

            iCursor = 0;

        }

    lcd1.setCursor(0, iLineNumber);

    if( iCursor < iLenofLargeText -16 ){

        for(int iChar = iCursor; iChar < iCursor + 16; iChar++)

            {

                lcd1.print( LargeText[iChar]);lcd2.print( LargeText[iChar]);

            }

    }

    else

        {

            for(int iChar = iCursor; iChar <( iLenofLargeText - 1); iChar++)

                {

                    lcd1.print (LargeText[iChar]);lcd2.print (LargeText[iChar]);

                }

            for (int iChar = 0; iChar <=16 - (iLenofLargeText - iCursor); iChar++)

                {

                    lcd1.print (LargeText[iChar]); lcd2.print (LargeText[iChar]);

                }

        }

}

```

```

    }

    iCursor++;

}

void setup () {

    Serial.begin(9600);

    lcd1.begin(16, 2);lcd2.begin(16, 2);pinMode(A0,INPUT);pinMode(A1,INPUT);

    pinMode(luces_poste1,OUTPUT);pinMode(luces_poste2,OUTPUT);pinMode(luces
    _poste3,OUTPUT);pinMode(luces_poste4,OUTPUT);pinMode(luces_poste5,OUTP
    UT);pinMode(luces_poste6,OUTPUT);pinMode(luces_precausion,OUTPUT);

    pinMode(vluces_poste1,INPUT);pinMode(vluces_poste2,INPUT);pinMode(vluces_
    poste3,INPUT);pinMode(vluces_poste4,INPUT);pinMode(vluces_poste5,INPUT);pi
    nMode(vluces_poste6,INPUT);pinMode(vluces_poste7,INPUT);pinMode(vluces_po
    ste8,INPUT);pinMode(vluces_poste9,INPUT);pinMode(vluces_poste10,INPUT);pin
    Mode(vluces_poste11,INPUT);pinMode(vluces_poste12,INPUT);pinMode(vluces_p
    oste13,INPUT);pinMode(vluces_poste14,INPUT);

    digitalWrite(luces_poste6,HIGH);digitalWrite(luces_poste5,HIGH);digitalWrite(luce
    s_poste4,HIGH);digitalWrite(luces_poste3,HIGH);digitalWrite(luces_poste2,HIGH);
    digitalWrite(luces_poste1,HIGH);lcd1.setCursor(2,0);lcd2.setCursor(2,0);lcd1.print(
    "BIENVENIDOS");lcd2.print("BIENVENIDOS");delay(1000);

    lcd1.setCursor(2,0);lcd2.setCursor(2,0);lcd1.print("Via   Ambato-");lcd2.print("Via
    Pillaro-
    ");lcd1.setCursor(5,1);lcd2.setCursor(5,1);lcd1.print("Pillaro");lcd2.print("Ambato");
    delay(3000);digitalWrite(luces_poste6,LOW);digitalWrite(luces_poste5,LOW);digit
    alWrite(luces_poste4,LOW);digitalWrite(luces_poste3,LOW);digitalWrite(luces_pos
    te2,LOW);digitalWrite(luces_poste1,LOW);

```

```

lcd1.createChar(0, grados);lcd2.createChar(0, grados);lcd1.createChar(1, barrera);

tiempo1 = millis();

if (! rtc.begin()) {    // si falla la inicializacion del modulo

Serial.println("Modulo RTC no encontrado !"); // muestra mensaje de error

while (1);    // bucle infinito que detiene ejecucion del programa

}

rtc.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); // funcion que permite establecer
fecha y horario

        // al momento de la compilacion. Comentar esta linea

}    // y volver a subir para normal operacion

void loop () {

    sensor_flex=analogRead(vsensor_flex);sensor_luces=analogRead(vsensor_luz);

if(digitalRead(vluces_poste1)==LOW){ digitalWrite(luces_poste6,HIGH);tramo6=HI
GH;}

if(digitalRead(vluces_poste2)==LOW){ digitalWrite(luces_poste5,HIGH);digitalWrit
e(luces_poste6,LOW);tramo6=LOW;tramo5=HIGH;}

if(digitalRead(vluces_poste3)==LOW){ digitalWrite(luces_poste4,HIGH);digitalWrit
e(luces_poste5,LOW);tramo5=LOW;tramo4=HIGH;}

if(digitalRead(vluces_poste4)==LOW){ digitalWrite(luces_poste3,HIGH);digitalWrit
e(luces_poste4,LOW);tramo4=LOW;tramo3=HIGH;}

```

```
if(digitalRead(vluces_poste5)==LOW){digitalWrite(luces_poste2,HIGH);digitalWrite(luces_poste3,LOW);tramo3=LOW;tramo2=HIGH;}
```

```
if(digitalRead(vluces_poste6)==LOW){digitalWrite(luces_poste1,HIGH);digitalWrite(luces_poste2,LOW);tramo2=LOW;tramo1=HIGH;}
```

```
if(digitalRead(vluces_poste7)==LOW){digitalWrite(luces_poste1,LOW);tramo1=LOW;}
```

```
if(digitalRead(vluces_poste14)==LOW){digitalWrite(luces_poste1,HIGH);tramo1=HIGH;}
```

```
if(digitalRead(vluces_poste13)==LOW){digitalWrite(luces_poste2,HIGH);digitalWrite(luces_poste1,LOW);tramo1=LOW;tramo2=HIGH;}
```

```
if(digitalRead(vluces_poste12)==LOW){digitalWrite(luces_poste3,HIGH);digitalWrite(luces_poste2,LOW);tramo2=LOW;tramo3=HIGH;}
```

```
if(digitalRead(vluces_poste11)==LOW){digitalWrite(luces_poste4,HIGH);digitalWrite(luces_poste3,LOW);tramo3=LOW;tramo4=HIGH;}
```

```
if(digitalRead(vluces_poste10)==LOW){digitalWrite(luces_poste5,HIGH);digitalWrite(luces_poste4,LOW);tramo4=LOW;tramo5=HIGH;}
```

```
if(digitalRead(vluces_poste9)==LOW){digitalWrite(luces_poste6,HIGH);digitalWrite(luces_poste5,LOW);tramo5=LOW;tramo6=HIGH;}
```

```
if(digitalRead(vluces_poste8)==LOW){digitalWrite(luces_poste6,LOW);tramo6=LOW;}
```

```
tiempo2 = millis();
```

```
if(tiempo2 > (tiempo1+1000)){ //Si ha pasado 1 segundo ejecuta el IF
```

```
    tiempo1 = millis(); //Actualiza el tiempo actual
```

```
    mostrarRTCLCD1();mostrarRTCLCD2();enviarinfo();
```

```
}
```

```
if(sensor_flex<300){Precausion();}else{digitalWrite(luces_precausion,LOW);}
```

```
}
```

```
void mostrarRTCLCD1(){ //Funcion que lee los datos de modulo RTC y despues los imprime en el display
```

```
    DateTime fecha = rtc.now(); //obtiene datos del modulo RTC
```

```
    lcd1.clear();
```

```
    lcd1.setCursor(0,0);
```

```
    if(sensor_flex>300){
```

```
        if(fecha.day() < 10)
```

```
        {
```

```
            lcd1.print("0");
```

```
        }
```

```
        lcd1.print(fecha.day(),DEC); //imprime dia
```

```
        lcd1.print('/');
```

```

if(fecha.month() < 10)
{
lcd1.print("0");
}

lcd1.print(fecha.month(), DEC); //imprime mes

lcd1.print('/');

lcd1.print(fecha.year()-2000, DEC); //imprime el año

Temp=rtc.getTemperature();

lcd1.print(" ");lcd1.print(Temp);lcd1.write(byte(0));lcd1.print("C");
}else{UpdateLCDDisplay();}

lcd1.setCursor(0,1);

if(hc1.measureDistanceCm()<4 |
hc3.measureDistanceCm()<4){lcd1.print("OBSTACULO EN VIA");
if(hc1.measureDistanceCm()<4){obstaculo1=HIGH;}if(hc3.measureDistanceCm()<
4){obstaculo2=HIGH;}}else{obstaculo1=LOW;obstaculo2=LOW;

if(fecha.hour() < 10)
{
lcd1.print("0");
}

lcd1.print(fecha.hour(), DEC); //imprime hora

lcd1.print(':');

if(fecha.minute() < 10)
{
lcd1.print("0");
}

```



```

        lcd1.print(fecha.minute(), DEC); //imprime minutos

        lcd1.print(':');

        if(fecha.second() < 10)

        {

        lcd1.print("0");

        }

        lcd1.print(fecha.second(), DEC); //imprime segundos

        lcd1.write("  ");

    }

}

```

void mostrarRTCLCD2() { //Funcion que lee los datos de modulo RTC y despues los imprime en el display

```

    DateTime fecha = rtc.now(); //obtiene datos del modulo RTC

    lcd2.clear();

    lcd2.setCursor(0,0);

    if(sensor_flex>300){

        if(fecha.day() < 10)

        {

            lcd2.print("0");

        }

    }

```

```

lcd2.print(fechar.day(),DEC); //imprime dia

lcd2.print('/');

if(fechar.month() < 10)

{

lcd2.print("0");

}

lcd2.print(fechar.month(), DEC); //imprime mes

lcd2.print('/');

lcd2.print(fechar.year()-2000, DEC); //imprime el año

Temp=rtc.getTemperature();

lcd2.print(" ");lcd2.print(Temp);lcd2.write(byte(0));lcd2.print("C");

}else{UpdateLCDDisplay();}

lcd2.setCursor(0,1);

if(hc1.measureDistanceCm()<4 | hc3.measureDistanceCm()<4
){lcd2.print("OBSTACULO EN VIA");}else{

if(fechar.hour() < 10)

{

lcd2.print("0");

}

lcd2.print(fechar.hour(), DEC); //imprime hora

lcd2.print(':');

if(fechar.minute() < 10)

{

lcd2.print("0");

```

```
    }  
    lcd2.print(fechar.minute(), DEC); //imprime minutos  
    lcd2.print(':');  
    if(fechar.second() < 10)  
    {  
        lcd2.print("0");  
    }  
    lcd2.print(fechar.second(), DEC); //imprime segundos  
    lcd2.write(" ");  
}  
  
}
```

Anexo 11. Código HTML 5

```
<!doctype html>

<html lang="en">

<head>

  <!-- Required meta tags -->

  <meta charset="utf-8">

  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">

  <!-- Bootstrap CSS -->

  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0/dist/css/bootstrap.min.css"
rel="stylesheet"

  integrity="sha384-
wEmeIV1mKuiNpC+IOBjI7aAzPcEZeedi5yW5f2yOq55WWLwNGmvvx4Um1vskeMj0"
crossorigin="anonymous" />

  <script src="https://kit.fontawesome.com/8b23e43f4c.js" crossorigin="anonymous"></script>

  <title>Carretera Inteligente</title>

</head>

<body style="background: rgb(85, 0, 0);">

  <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-dark bg-dark" style="background: rgb(2,0,36);
background: radial-gradient(circle, rgba(2,0,36,1) 0%, rgba(105,15,15,1) 35%, rgba(0,0,0,1)
100%);">

  <div class="container-fluid text-center">

  
```

```

<div class="row">

    <h2 style="color: silver;">Universidad Técnica de Ambato</h2>

    <h4 style="color: silver;">Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e
Industrial</h4>

    <h6 style="color: silver;">Carrera de Electrónica y Comunicaciones</h6>

</div>



</div>

</nav>

<div class="container-fluid">

    <div class="row">

        <div class="card" style="background-image: url('carretera.jpeg');
background-repeat: no-repeat;
background-attachment: fixed;
background-size: 100% 100%;">

            <div class="card-body">

                <div class="row text-right">

                    <div class="col-md-12 col-sm-12 p-2 text-center">

                        <h2 style="color: white;">Carretera Inteligente Ambato - Píllaro</h2>

                    </div>

                    <div class="col-md-6 col-sm-12 p-2 text-center">

                        <h2 style="color: silver;"><i class="fas fa-temperature-low"></i>
&nbsp;&nbsp;&nbsp;Temperatura </h2>

                        <h3 style="color: silver;" id="temperatura">00.0 °C</h3>

                    </div>

                    <div class="col-md-6 col-sm-12 p-2 text-center">

```

```
    <h2 style="color: silver;"><i class='fas fa-calendar-alt'></i>&nbsp;Fecha y  
Hora</h2>
```

```
    <h2 style="color: silver;" id="fechaHora">21:14:12</h2>
```

```
  </div>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
<div class="row">
```

```
  <div class="col-md-4 col-sm-1 p-2">
```

```
    <div class="card" style="height: 500px;">
```

```
      <div class="card-header">
```

```
        <h3>C&acute;mar de Seguridad</h3>
```

```
      </div>
```

```
      <div class="card-body">
```

```
        <embed src="http://169.254.94.140:8081" width="100%" height="260px">
```

```
      </div>
```

```
    </div>
```

```
</div>
```

```
<div class="col-md-4 col-sm-1 p-2">
```

```
  <div class="card" style="height: 500px;">
```

```
    <div class="card-header">
```

```
      <h3>Luces</h3>
```

```
    </div>
```

```
    <div class="card-body">
```

```
      <div class="card">
```

```
<div class="card-body">
  <div class="form-check form-switch">
    <i class="far fa-lightbulb"></i>
    <input class="form-check-input" type="checkbox" id="luz1">
    <label class="form-check-label" for="luz1">Tramo 1</label>
  </div>
</div>
</div>
```

```
<div class="card">
  <div class="card-body">
    <div class="form-check form-switch">
      <i class="far fa-lightbulb"></i>
      <input class="form-check-input" type="checkbox" id="luz2">
      <label class="form-check-label" for="luz2">Tramo 2</label>
    </div>
  </div>
</div>
```

```
<div class="card">
  <div class="card-body">
    <div class="form-check form-switch">
      <i class="far fa-lightbulb"></i>
      <input class="form-check-input" type="checkbox" id="luz3">
      <label class="form-check-label" for="luz3">Tramo 3</label>
    </div>
  </div>
</div>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
<div class="card">
```

```
  <div class="card-body">
```

```
    <div class="form-check form-switch">
```

```
      <i class="far fa-lightbulb"></i>
```

```
      <input class="form-check-input" type="checkbox" id="luz4">
```

```
      <label class="form-check-label" for="luz4">Tramo 4</label>
```

```
    </div>
```

```
  </div>
```

```
</div>
```

```
<div class="card">
```

```
  <div class="card-body">
```

```
    <div class="form-check form-switch">
```

```
      <i class="far fa-lightbulb"></i>
```

```
      <input class="form-check-input" type="checkbox" id="luz5">
```

```
      <label class="form-check-label" for="luz5">Tramo 5</label>
```

```
    </div>
```

```
  </div>
```

```
</div>
```

```
<div class="card">
```

```
  <div class="card-body">
```

```
    <div class="form-check form-switch">
```



```

        <i class="far fa-lightbulb"></i>

        <input class="form-check-input" type="checkbox" id="luz6">

        <label class="form-check-label" for="luz6">Tramo 6</label>

    </div>

</div>

</div>

</div>

</div>

</div>

</div>

<div class="col-md-4 col-sm-1 p-2">

    <div class="card" style="height: 500px;">

        <div class="card-header">

            <h3>Sensores</h3>

        </div>

        <div class="card-body">

            <div class="card">

                <div class="card-body text-center">

                    <label for="flex">Sensor Flex</label>

                    <meter id="flex" value="2" min="200" max="400">2 out of
10</meter><br>

                    <h1><i class="fas fa-road"></i> </h1>

                </div>

            </div>

        </div>

    </div>

</div>

<div class="card">

    <div class="card-body text-center">

```

```

        <label for="disk_c">Sensor Ultrasonic 1</label><br>
        <h1><i class="fas fa-road"></i> </h1>
    </div>
</div>
<div class="card">
    <div class="card-body text-center">
        <label for="disk_c">Sensor Ultrasonic 2</label><br>
        <h1><i class="fas fa-road"></i> </h1>
    </div>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>
<div class="row">
    <h3 style="color: silver;">Ubicaci3n de telefonos IP</h3>
    
</div>
<!-- Optional JavaScript; choose one of the two! -->

<!-- Option 1: Bootstrap Bundle with Popper -->
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0/dist/js/bootstrap.bundle.min.js"

```

```

        integrity="sha384-
p34f1UUtS3wqzfto5wAAmdvj+osOnFyQFpp4Ua3gs/ZVWx6oOypYoCJhGGScy+8"

        crossorigin="anonymous"></script>

<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.6.0.min.js"

        integrity="sha256-/xUj+3OJU5yExlq6GSYGGSHk7tPXikynS7ogEvDej/m4="
crossorigin="anonymous"></script>

<script src="main.js"></script>

<!-- Option 2: Separate Popper and Bootstrap JS -->

<!--

<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@popperjs/core@2.9.2/dist/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-
IQsoLX15PILFhosVNubq5LC7Qb9DXgDA9i+tQ8Zj3iwWAwPtgFTxbJ8NT4GN1R8p"
crossorigin="anonymous"></script>

<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0/dist/js/bootstrap.min.js"
integrity="sha384-
lpyLfhYuitXl2zRZ5Bn2fqnhNAKOAaM/0Kr9laMspuaMiZfGmfwRNFh8HIMy49eQ"
crossorigin="anonymous"></script>

-->

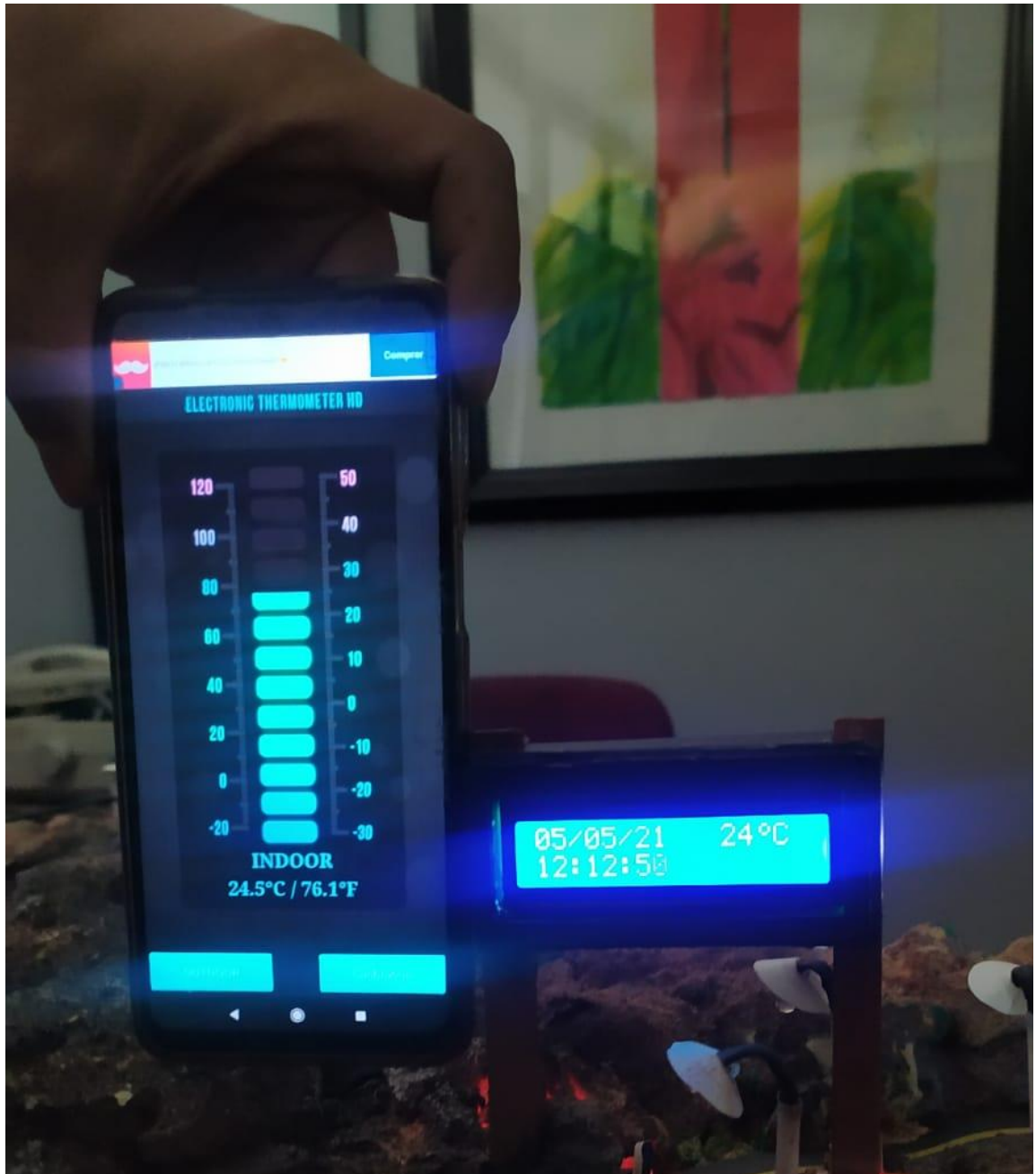
</body>

</html>

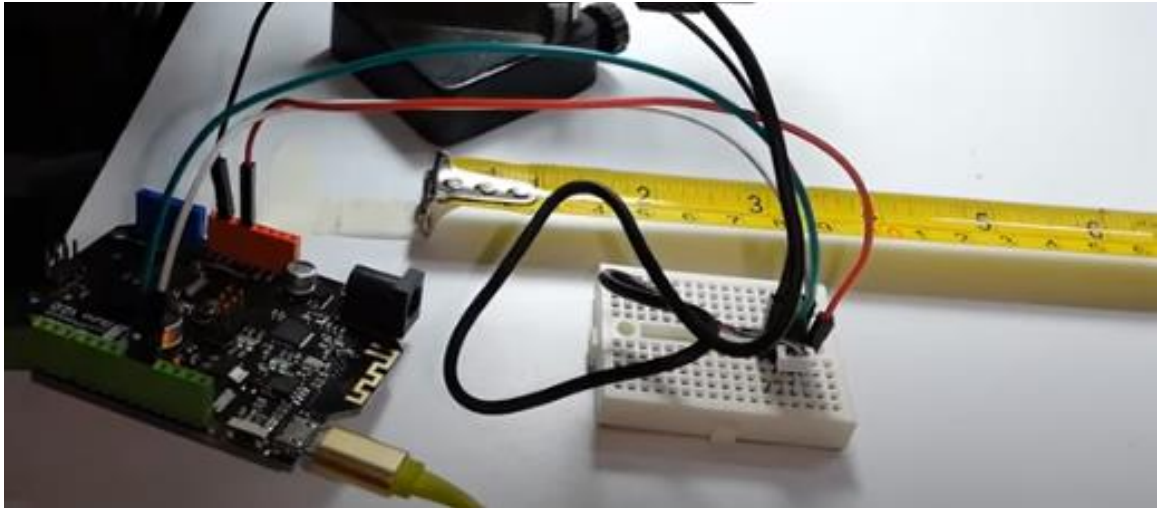
```

Anexo 12. Pruebas de exactitud de sensores

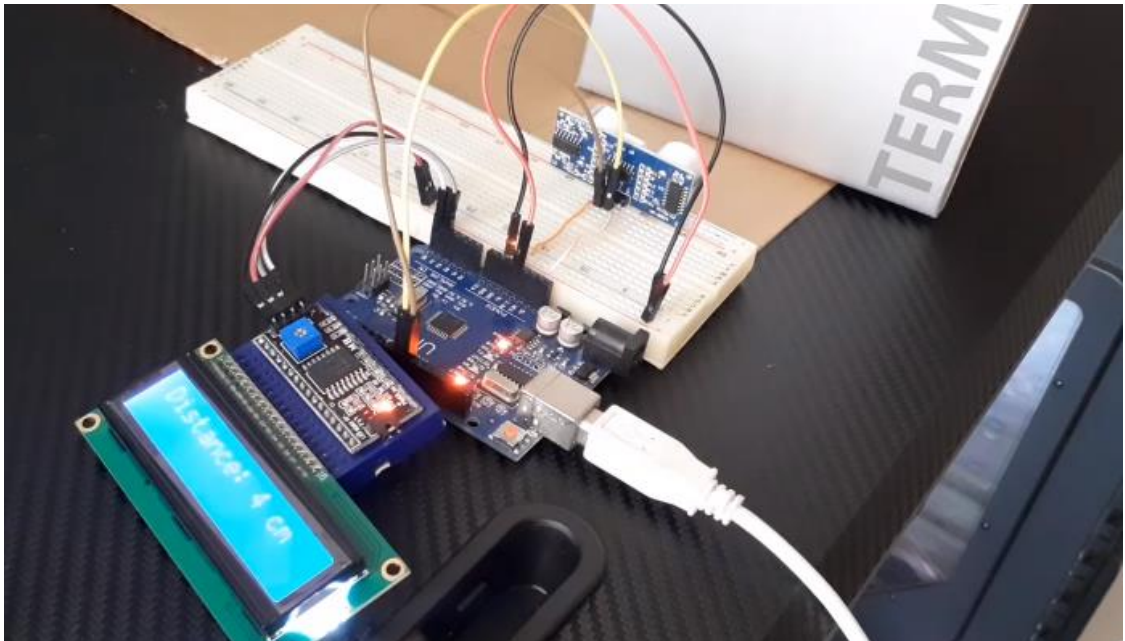
Prueba sensor de temperatura:



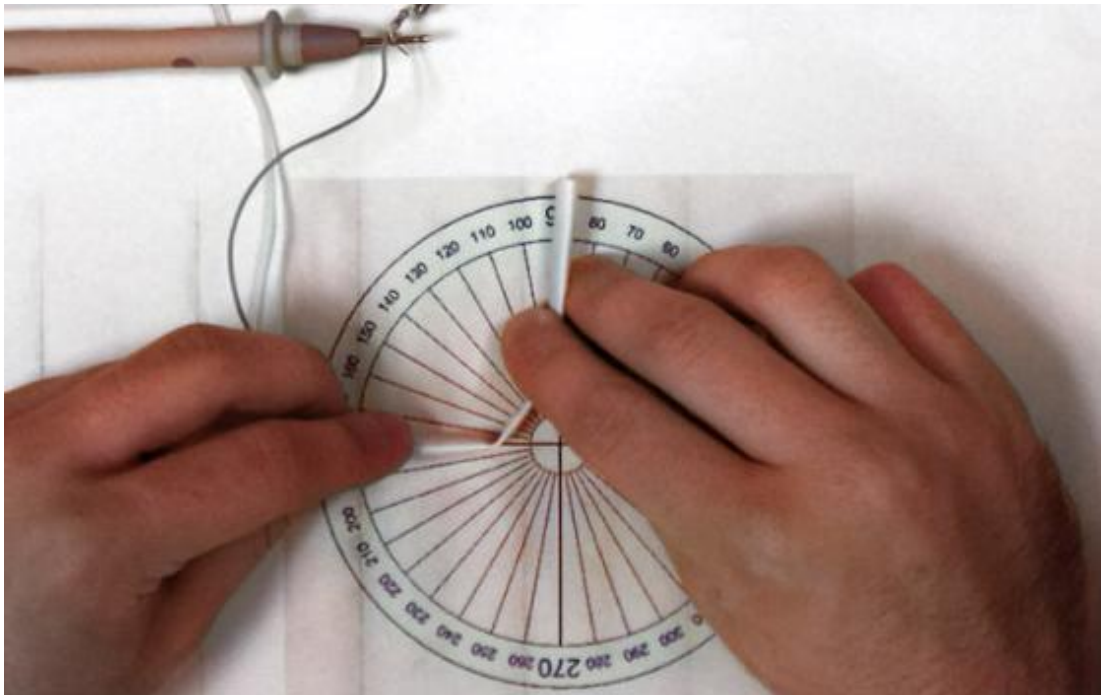
Prueba sensor infrarrojo



Prueba sensor ultrasónico



Prueba sensor flex



Anexo 13. Pruebas de latencia del servidor en JMetrix

timeStamp	elapsed	label	responseCode	responseMessage	threadName	dataType	success	failureMessage	bytes	sentBytes	grpThreads	allThreads	URL	Latency	IdleTime	Connect
1,62829E+12	6	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-1	text	TRUE		10095	164	25	25	http://169.254.94.140/	4	0	1
1,62829E+12	9	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-2	text	TRUE		10095	164	41	41	http://169.254.94.140/	8	0	2
1,62829E+12	8	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-3	text	TRUE		10095	164	26	26	http://169.254.94.140/	5	0	2
1,62829E+12	6	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-5	text	TRUE		10095	164	25	25	http://169.254.94.140/	4	0	1
1,62829E+12	11	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-7	text	TRUE		10095	164	48	48	http://169.254.94.140/	11	0	2

timeStamp	elapsed	label	responseCode	responseMessage	threadName	dataType	success	failureMessage	bytes	sentBytes	grpThreads	allThreads	URL	Latency	IdleTime	Connect
1,62829E+12	10	Prueba1	200	OK	prueba20000usuarios 1-4	text	TRUE		10095	164	48	48	http://169.254.94.140/	8	0	3
1,62829E+12	10	Prueba1	200	OK	prueba20000usuarios 1-9	text	TRUE		10095	164	48	48	http://169.254.94.140/	7	0	2
1,62829E+12	11	Prueba1	200	OK	prueba20000usuarios 1-14	text	TRUE		10095	164	44	44	http://169.254.94.140/	6	0	2
1,62829E+12	31	Prueba1	200	OK	prueba20000usuarios 1-21	text	TRUE		10095	164	122	122	http://169.254.94.140/	17	0	7
1,62829E+12	14	Prueba1	200	OK	prueba20000usuarios 1-25	text	TRUE		10095	164	55	55	http://169.254.94.140/	8	0	4
1,62829E+12	15	Prueba1	200	OK	prueba20000usuari	text	TRUE		10095	164	55	55	http://169.254.94.140/	9	0	5

timeStamp	elapsed	label	responseCode	responseMessage	threadName	dataType	success	failureMessage	bytes	sentBytes	grpThreads	allThreads	URL	Latency	IdleTime	Connect
					os 1-18											
1,62829E+12	15	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-17	text	TRUE		10095	164	62	62	http://169.254.94.140/	9	0	4
1,62829E+12	18	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-19	text	TRUE		10095	164	66	66	http://169.254.94.140/	11	0	5
1,62829E+12	18	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-12	text	TRUE		10095	164	66	66	http://169.254.94.140/	11	0	4
1,62829E+12	20	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-11	text	TRUE		10095	164	68	68	http://169.254.94.140/	13	0	5
1,62829E+12	19	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios	text	TRUE		10095	164	68	68	http://169.254.94.140/	13	0	4

timeStamp	elapsed	label	responseCode	responseMessage	threadName	dataType	success	failureMessage	bytes	sentBytes	grpThreads	allThreads	URL	Latency	IdleTime	Connect
					os 1-22											
1,62829E+12	22	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-15	text	TRUE		10095	164	85	85	http://169.254.94.140/	14	0	5
1,62829E+12	26	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-16	text	TRUE		10095	164	93	93	http://169.254.94.140/	15	0	5
1,62829E+12	30	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-8	text	TRUE		10095	164	104	104	http://169.254.94.140/	17	0	7
1,62829E+12	29	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-33	text	TRUE		10095	164	104	104	http://169.254.94.140/	16	0	5
1,62829E+12	32	Prueba 1	200	OK	prueba 20000 usuarios 1-6	text	TRUE		10095	164	110	110	http://169.254.94.140/	18	0	9

timeStamp	elapsed	label	responseCode	responseMessage	threadName	dataType	success	failureMessage	bytes	sentBytes	grpThreads	allThreads	URL	Latency	IdleTime	Connect
1,62829E+12	47	Prueba1	200	OK	prueba20000 usuarios 1-34	text	TRUE		10095	164	177	177	http://169.254.94.140/	22	0	11
1,62829E+12	50	Prueba1	200	OK	prueba20000 usuarios 1-20	text	TRUE		10095	164	193	193	http://169.254.94.140/	24	0	12
1,62829E+12	55	Prueba1	200	OK	prueba20000 usuarios 1-26	text	TRUE		10095	164	216	216	http://169.254.94.140/	27	0	12
1,62829E+12	67	Prueba1	200	OK	prueba20000 usuarios 1-50	text	TRUE		10095	164	296	296	http://169.254.94.140/	24	0	9
1,62829E+12	68	Prueba1	200	OK	prueba20000 usuarios 1-41	text	TRUE		10095	164	296	296	http://169.254.94.140/	24	0	9

timeStamp	elapsed	label	responseCode	responseMessage	threadName	dataType	success	failureMessage	bytes	sentBytes	grpThreads	allThreads	URL	Latency	IdleTime	Connect
1,62829E+12	70	Prueba1	200	OK	prueba20000 usuarios 1-49	text	TRUE		10095	164	306	306	http://169.254.94.140/	27	0	9