



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES  
Y REDES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE  
ALERTA TEMPRANA UTILIZANDO UN SISTEMA DE  
COMUNICACIONES INALÁMBRICA Y MÓVIL PARA PREVEER  
ACCIDENTES DE TRÁNSITO.”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

**AUTOR: EDWIN XAVIER GUARANGA BRONCANO**

**DIRECTOR: Ing. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima MSc.**

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Edwin Xavier Guaranga Broncano

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **EDWIN XAVIER GUARANGA BRONCANO** declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de agosto de 2020

**Edwin Xavier Guaranga Broncano**

**020214408-5**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico; **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE ALERTA TEMPRANA UTILIZANDO UN SISTEMA DE COMUNICACIONES INALÁMBRICA Y MÓVIL PARA PREVEER ACCIDENTES DE TRÁNSITO.”**, realizado por el señor **EDWIN XAVIER GUARANGA BRONCANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Jefferson Ribadeneira Ramírez.  
PhD.

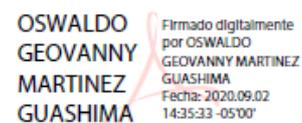
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



26/ agosto /2020

Ing. Oswaldo Geovanny Martínez  
Guashima. MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**



26/ agosto /2020

Ing. Franklin Geovanni Moreno  
Montenegro. MSc.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



26/ agosto /2020

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi Dios Todopoderoso, a mi padres, Edwin y Laura que han sido el pilar fundamental para seguir adelante, no rendirme ante las dificultades y cumplir cada uno de mis sueños, su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida ha sido muy importante, especialmente en la educación, gracias por su esfuerzo y sacrificio, le doy gracias a Jesús por poderlos tener a mi lado, los amo y a mis hermanas Belén y Alejandra que me han apoyado en todo momento. A mis abuelitos Luis Segundo, Luis Humberto y Piedad por todo su apoyo incondicional. A mis tíos Washington, Marcia y Nelson quienes siempre me protegieron, me brindaron apoyo y me bendijeron con sus oraciones. Gracias Totales.

Edwin

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a Dios por haberme permitido cumplir esta meta, por bendecirme y protegerme en esta etapa de mi vida con el sacrificio de todos estos años con humildad le ruego que me brinde salud para seguir adelante y cumplir mis sueños. A mi tutor, Ingeniero Oswaldo Martínez, que con su apoyo, experiencia, paciencia y consejo me ha sabido guiar en el desarrollo del presente trabajo. A todos los docentes de mi querida Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes, por brindarme sus conocimientos durante mi formación académica. Y a todas las personas que me han brindado su amistad y con los cuales hemos compartido momentos inolvidables durante este largo recorrido.

Edwin

## TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE GRAFICOS.....	xiv
INDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Estado del arte.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Accidentes de Tránsito.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1 Causas de Accidentes de Tránsito.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Alcholemia.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.1 Alcohol.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.2 Efectos del Alcohol.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.3 Conducción en Estado de Embriaguez.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.4 Dispositivos de Medición de Alcholemia.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 Carga Física.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4.1 Fatiga.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4.2 Carga Física en el Vehículo.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4.3 Signos Vitales.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4.4 Dispositivos de medición de pulso cardíaco.....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Estadísticas de siniestros a nivel nacional por causas probables.....</b>	<b>13</b>
<b>2.6 Dispositivos Sensores.....</b>	<b>14</b>
<b>2.7 Tarjetas de Desarrollo Electrónico.....</b>	<b>15</b>
<b>2.7.1 Arquitectura de un sistema empotrado.....</b>	<b>16</b>
<b>2.8 Redes inalámbricas.....</b>	<b>16</b>
<b>2.8.1 Redes WLAN.....</b>	<b>17</b>

2.8.1.1	<i>Arquitectura del estándar IEEE 802.11</i>	17
2.8.1.2	<i>Redes inalámbricas de sensores</i>	18
2.8.1.3	<i>Redes AD-HOC</i>	19
<b>2.8.2</b>	<b><i>Redes WWAN (Telefonía Móvil Celular)</i></b>	<b>20</b>
2.8.2.1	<i>Generalidades</i>	20
2.8.2.2	<i>Evolución de la telefonía móvil celular</i>	20
<b>2.9</b>	<b>Sistema de posicionamiento global GPS</b>	<b>24</b>
2.9.1	<i>Estructura de la señal GPS</i>	24
2.9.2	<i>Tipos de GPS</i>	25
2.9.3	<i>Aplicaciones del GPS</i>	27
<b>2.10</b>	<b>Internet de las cosas</b>	<b>28</b>
2.10.1	<i>Arquitectura de IoT</i>	29
2.10.2	<i>Aplicaciones de IoT</i>	31
<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Introducción</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Métodos y técnicas de investigación</b>	<b>31</b>
3.2.1	<i>Metodología de investigación</i>	32
3.2.2	<i>Metodología de implementación</i>	33
3.2.3	<i>Análisis de datos e información</i>	33
<b>3.3</b>	<b>Arquitectura del sistema</b>	<b>33</b>
3.3.1	<i>Módulo de control y medición</i>	34
3.3.2	<i>Módulo de procesamiento y comunicación</i>	35
3.3.3	<i>Bloque de alerta y monitoreo</i>	35
<b>3.4</b>	<b>Dispositivos de hardware a utilizar</b>	<b>34</b>
3.4.1	<i>Placas de Desarrollo</i>	35
3.4.1.1	<i>Arduino</i>	36
3.4.1.2	<i>Raspberry Pi</i>	37
3.4.1.3	<i>Libelium Waspnote</i>	37
3.4.2	<i>Comparativa entre Tarjetas de Desarrollo</i>	38

<b>3.4.3</b>	<b><i>Sistema operativo</i></b> .....	39
<b>3.5</b>	<b>Dispositivos sensores</b> .....	39
<b>3.5.1</b>	<b><i>Parámetros de medición</i></b> .....	40
3.5.1.1	<i>Sensor de Alcohol</i> .....	40
3.5.1.2	<i>Sensor de Pulso Cardíaco</i> .....	42
<b>3.5.2</b>	<b><i>Módulo GPS</i></b> .....	45
<b>3.6</b>	<b>Comunicación entre dispositivos</b> .....	44
<b>3.6.1</b>	<b><i>WLAN 802.11</i></b> .....	46
3.6.1.1	<i>Arquitectura WLAN 802.11</i> .....	47
3.6.1.2	<i>Protocolo MQTT</i> .....	48
3.6.1.3	<i>Tarjetas Inalámbricas ESP8266</i> .....	49
<b>3.6.2</b>	<b><i>Redes de Acceso 3G</i></b> .....	50
3.6.2.1	<i>Arquitectura de red UMTS</i> .....	50
3.6.2.2	<i>Conexión a Internet</i> .....	51
<b>3.6.3</b>	<b><i>Router inalámbrico 3G</i></b> .....	52
<b>3.7</b>	<b>Monitoreo del conductor</b> .....	52
<b>3.8</b>	<b>Alerta temprana</b> .....	53
<b>3.9</b>	<b>Diseño del sistema</b> .....	54
<b>3.9.1</b>	<b><i>Diseño del bloque de procesamiento</i></b> .....	55
3.9.1.1	<i>Instalación del sistema operativo</i> .....	55
3.9.1.2	<i>Instalación de Node-RED</i> .....	56
3.9.1.3	<i>Configuración de nodos</i> .....	58
<b>3.9.2</b>	<b><i>Diseño del bloque de control y medición</i></b> .....	61
3.9.2.1	<i>Nodo de Control y medición de Alcoholemia</i> .....	61
3.9.2.2	<i>Nodo de medición de pulso cardíaco</i> .....	63
<b>3.9.3</b>	<b><i>Diseño del bloque de alerta y monitoreo</i></b> .....	64
3.9.3.1	<i>Aplicación Pushover</i> .....	64
3.9.3.2	<i>Aplicación Blynk</i> .....	67
<b>3.10</b>	<b>Implementación</b> .....	68

<b>4.</b>	<b>GESTIÓN DEL PROYECTO</b> .....	69
<b>4.1</b>	<b>Análisis de resultados</b> .....	69
<b>4.1.1</b>	<i>Nivel de alcohol en la sangre</i> .....	71
<b>4.1.2</b>	<i>Frecuencia cardíaca</i> .....	72
<b>4.1.3</b>	<i>Monitoreo</i> .....	74
<b>4.2</b>	<b>Presupuesto</b> .....	75
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	77
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	79
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Contenido de alcohol en gramos por tipo de bebida en un trago estándar.....	8
<b>Tabla 2-2:</b>	Valores estándares normales de pulso cardíaco .....	11
<b>Tabla 3-2:</b>	Siniestros por las causas probables de estudio en el año 2019.....	13
<b>Tabla 4-2:</b>	Familia de Estándares IEEE 802.11 .....	17
<b>Tabla 1-3:</b>	Comparación entre Tarjetas de desarrollo de hardware libre.....	37
<b>Tabla 2-3:</b>	Sistemas operativos compatibles con Raspberry Pi .....	38
<b>Tabla 3-3:</b>	Sensores de Gas MQ .....	39
<b>Tabla 4-3:</b>	Especificaciones técnicas del sensor de alcohol MQ-3.....	40
<b>Tabla 5-3:</b>	Sensores de Pulso Cardíaco .....	43
<b>Tabla 6-3:</b>	Comparativa entre módulos GPS NEO U-BLOX.....	44
<b>Tabla 7-3:</b>	Familia de estándares IEEE 802.11.....	45
<b>Tabla 8-3:</b>	Comparativa de placas basadas en el chip integrado ESP8266.....	48
<b>Tabla 9-3:</b>	Routers inalámbricos 3G disponibles en el mercado nacional.....	51
<b>Tabla 10-3:</b>	Aplicaciones de monitoreo.....	52
<b>Tabla 11-3:</b>	Aplicaciones de notificación en tiempo real .....	53
<b>Tabla 12-3:</b>	Conexión módulo sensor MQ-3 – NodeMCU .....	60
<b>Tabla 13-3:</b>	Conexión Módulo GPS NEO-7M – NodeMCU .....	60
<b>Tabla 14-3:</b>	Conexión sensor MAX30100 – NodeMCU – Pantalla OLED.....	61
<b>Tabla 15-3:</b>	Configuración de herramientas de visualización.....	67
<b>Tabla 1-4:</b>	Datos obtenidos - Alcoholemia.....	70
<b>Tabla 2-4:</b>	Datos obtenidos – Frecuencia cardíaca .....	71
<b>Tabla 3-4:</b>	Presupuesto del Dispositivo .....	75

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b>	Alcoholímetro digital de bolsillo.....	10
<b>Figura 2-2.</b>	Pulsera inteligente Mi Band 4.....	12
<b>Figura 3-2.</b>	Arquitectura del Estándar IEEE 802.11.....	18
<b>Figura 4-2.</b>	Sistema MIMO.....	23
<b>Figura 5-2.</b>	(a) Señales portadoras sinusoidales, (b) Códigos binarios aleatorios de modulación.....	24
<b>Figura 6-2.</b>	Dispositivo GPS de navegación.....	25
<b>Figura 7-2.</b>	Dispositivo GPS Submétrico.....	26
<b>Figura 8-2.</b>	Dispositivo GPS mono-frecuencia.....	26
<b>Figura 9-2.</b>	Dispositivo GPS de doble frecuencia.....	27
<b>Figura 10-2.</b>	Aplicaciones de IoT en la vida diaria.....	31
<b>Figura 1-3.</b>	Arduino Mega 2560.....	35
<b>Figura 2-3.</b>	Raspberry Pi Modelo 3B.....	36
<b>Figura 3-3.</b>	Libelium Wasmote.....	37
<b>Figura 4-3.</b>	Estructura interna del sensor de gas MQ-3.....	40
<b>Figura 5-3.</b>	Sensor de pulso y oxímetro MAX30100.....	42
<b>Figura 6-3.</b>	Sensor analógico de pulso cardíaco.....	42
<b>Figura 7-3.</b>	Estándar IEEE 802.11 de acuerdo con el modelo.....	46
<b>Figura 8-3.</b>	Ubicación del protocolo MQTT de acuerdo con el.....	47
<b>Figura 9-3.</b>	Entorno de red que utiliza el protocolo MQTT.....	48
<b>Figura 10-3.</b>	Arquitectura de la red UMTS.....	50
<b>Figura 11-3.</b>	Archivos comprimidos del sistema operativo Raspbian.....	54
<b>Figura 12-3.</b>	Entorno gráfico de Node-RED.....	55
<b>Figura 13-3.</b>	Instalación de nodo Pushover en la plataforma Node-RED.....	56
<b>Figura 14-3.</b>	Configuración de Nodos Alcocheck & GPS y Pulso Cardíaco.....	57
<b>Figura 15-3.</b>	Configuración del nodo de notificación.....	58
<b>Figura 16-3.</b>	Flujo de funcionamiento del prototipo en Node-RED.....	59
<b>Figura 17-3.</b>	Nodo de control y medición de alcoholemia.....	61
<b>Figura 18-3.</b>	Nodo de medición de pulso cardíaco.....	62
<b>Figura 19-3.</b>	Registro de cuenta de usuario y nombre del dispositivo.....	63
<b>Figura 20-3.</b>	Panel de control de Pushover en el navegador web.....	64
<b>Figura 21-3.</b>	Configuración de API de alerta.....	65
<b>Figura 22-3.</b>	Creación de proyecto de monitoreo.....	66

<b>Figura 23-3.</b>	Entorno de trabajo y herramientas de visualización .....	67
<b>Figura 24-3.</b>	Escenario de monitoreo de pulso .....	68
<b>Figura 25-3.</b>	Implementación del Prototipo.....	69
<b>Figura 1-4.</b>	Datos recibidos en la plataforma Node-RED .....	73
<b>Figura 2-4.</b>	Notificación en aplicación móvil Pushover.....	73
<b>Figura 3-4.</b>	Ubicación del vehículo mostrada .....	74
<b>Figura 4-4.</b>	Frecuencia cardíaca obtenida.....	75

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1-2.</b> Arquitectura de un sistema empotrado .....	16
<b>Gráfico 2-2.</b> Modelo de arquitectura de IoT de nivel 3 y nivel 5 .....	29
<b>Gráfico 1-3.</b> Arquitectura del sistema .....	33

## **INDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A.** Hoja técnica - Sensor de alcohol MQ-3
- ANEXO B.** Hoja técnica - Sensor de Pulso Cardíaco y Oxímetro MAX30100
- ANEXO C.** Módulo GPS NEO U-Blox 7m
- ANEXO D.** Hoja de datos – NodeMCU
- ANEXO E.** Hoja de datos – Raspberry Pi
- ANEXO F.** Hoja De Datos – Relé
- ANEXO G.** Hoja De Datos – Router Inalámbrico Nexxt Trinity 3G/4G
- ANEXO H.** Programación – Alcoholemia y Control
- ANEXO I.** Programación – Frecuencia Cardíaca

## RESUMEN

Se ha desarrollado un dispositivo electrónico basado en un sistema de comunicaciones inalámbricas y móvil para prever accidentes de tránsito. Las señales medidas en el conductor fueron la concentración de alcohol en la sangre a través de una prueba de aliento y la frecuencia cardíaca. Se implementaron dos bloques físicos: bloque de procesamiento y bloque de control y medición; y un bloque de alerta y monitoreo que consta de dos aplicaciones móviles compatibles con smartphones. La comunicación entre los bloques se realizó mediante tecnología WLAN, utilizando el protocolo MQTT de la capa de aplicación del modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI). La información fue procesada con las plataformas de hardware libre NodeMCU y Raspberry Pi, dentro del bloque de control y medición, si el sensor de alcohol detecta un nivel de concentración superior a 0.3gr/l. el automóvil no puede encenderse y se envía una notificación a través de internet mediante la red 3G/UMTS, con la información de la ubicación del automóvil y porcentaje de alcohol; de igual manera, se mide la frecuencia cardíaca y la información obtenida se muestra en la aplicación móvil de monitoreo. Dentro del bloque de procesamiento, la información de los sensores es receptada mediante la plataforma Node-RED, donde se realiza la conexión hacia el servicio de alerta temprana. Se concluyó que el monitoreo de señales biométricas ayuda a obtener precaución al momento de operar una máquina que requiere de una alta concentración del usuario y, el uso de tecnologías inalámbricas facilita la obtención de esta información. Se recomienda en un futuro utilizar la infraestructura de red 5G, para mayor rendimiento del sistema.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INTERNET DE LAS COSAS>, <COMUNICACIÓN INALÁMBRICA>, <SISTEMAS EMBEBIDOS>, <PREVENCIÓN DE ACCIDENTES>, <ALCOHOLEMIA>, <FRECUENCIA CARDÍACA>, <REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICA (WLAN)>.



0133-DBRAI-UPT-2020

## SUMMARY

An electronic device based on a wireless and mobile communication system has been developed to prevent traffic accidents. The signals measured in the driver were the blood alcohol concentration through a breath test and the heart rate. Two physical blocks were implemented: processing block and control and measurement block and an alert and monitoring block consisting of two mobile applications compatible with smartphones. The communication between the blocks was carried out using WLAN technology, using the MQTT protocol of the application layer of the Open Systems Interconnection Model (OSI). The information was processed with the free hardware platforms Node MCU and Raspberry Pi, within the control and measurement block, on the other hand, the alcohol sensor detects a concentration level greater than 0.3 gr / l. This automobile cannot start then a notification is sent over the internet via the 3G / UMTS network in this way knowing the location of the automobile and percentage of alcohol, Within the processing block, the information from the sensors is received through the Node-RED platform, where the connection to the early warning service is made. It was concluded by monitoring the pilot's biometric signals helps to obtain control when operating machinery so requiring a user with high concentration and the use of wireless technologies makes it easier to obtain this information. It is recommended in the future to use the 5G network infrastructure; for better system performance.

**KEY WORDS:** <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <INTERNET OF THINGS>, <WIRELESS COMMUNICATION>, <EMBEDDED SYSTEMS>, <ACCIDENT PREVENTION>, <ALCOHOLEMIA>, <LOCAL FREQUENCY>, <WIRELESS LOCAL AREA NETWORK (WLAN)>.

# 1. INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES

Desde el momento en que las telecomunicaciones empezaron a formar parte importante del progreso de la comunicación humana, nuevas tecnologías de transmisión han ido surgiendo a lo largo del tiempo, estableciendo un fuerte vínculo de desarrollo y evolución. En la actualidad, el uso de computadores se ha hecho imprescindible, llegando al punto en que los podemos encontrar en nuestros dispositivos de uso cotidiano como lo son los teléfonos celulares, los cuales, debido al gran avance tecnológico obtenido, nos permiten acceder a herramientas de acceso a varias aplicaciones. Una de ellas es el internet, haciendo posible de una manera dinámica, la compartición de información entre computadores, que nos permita el control remoto de sistemas físicos. (Delgado Reyes and Valdez, 2012, pp. 42-43)

Actualmente, los accidentes de tránsito han ocurrido con mucha más frecuencia, dando a notar que dentro de los sistemas automovilísticos hace falta una forma de monitoreo en tiempo real, puesto que, existen varios factores por los cuales pueden ocurrir estos hechos devastadores con consecuencias irreparables. Debido a varias circunstancias a las que la persona responsable del vehículo se encuentre intervenido, puede llegar a cambiar la forma en cómo se desenvuelva en el volante y, en el caso de hacerlo de una manera indebida, provocar accidentes de tránsito con resultados devastadores. (Alonso et al., 2004, p. 38)

De acuerdo con la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), en el Ecuador la cuarta causa probable de muerte es el conducir en estado de alcoholemia, esto lleva a los agentes de tránsito a promover campañas de concientización para generar en el usuario del vehículo una preocupación y prevención ya que es un problema grave de salud pública que día a día se viene presentando con consecuencias irreparables. (Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador, 2019)

Dentro de los factores de riesgo, se encuentran también la fatiga que el conductor obtiene debido a largas horas de trabajo sin descanso, haciendo más probable que suceda un accidente de tránsito ya que implica la realización de maniobras riesgosas en el volante. (Alonso et al., 2004, p.237)

Cuando el conductor se ha sometido a largos períodos de conducción durante su jornada de trabajo, está logrando que la fatiga se intensifique de tal manera que puede llegar a afectar su estado psicofísico (estrés, ansiedad, prisa). (Varcárcel, 2008, pp. 8-11)

En Ecuador han sido registradas alrededor de 1195 muertes provocadas por accidentes de tránsito, desde el 1 de enero hasta el 31 de julio de 2019, lo que significa que existe un promedio de 5,6 personas fallecidas por día. Según los datos entregados por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), institución encargada de reportar las estadísticas relacionadas con los siniestros provocados en las vías de tránsito, han ocurrido un total de 14111 accidentes de tránsito dejando como consecuencia 11231 heridos, en varias provincias del país principalmente en Guayas, Pichincha y Manabí. Tomando en cuenta los datos registrados en 2018, el número de siniestros ha disminuido; durante los primeros 7 meses se presentó la cifra de 25530 siniestros con un total de 2151 fallecidos, sin embargo, la cantidad de personas fallecidas por causas probables sigue siendo alta considerando este primer semestre. (Diario El Comercio, 2019)

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo el Señor Luis Gonzalo Pastrano Badillo realizó el “Diseño e implementación de un sistema electrónico para conducción segura, basado en monitorización de señales biométricas, utilizando tecnologías GSM, GPRS.” Al igual que el “Diseño e implementación de un sistema electrónico de supervisión e identificación vehicular con una comunicación inalámbrica”, realizado por los señores García Carrasco Carlos Geovanny y León Flores Jonathan Alberto.

Basado en estos trabajos previos realizados se pretende realizar un solo dispositivo que junte todas las tecnologías necesarias para el monitoreo del conductor encargado del vehículo.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Es necesario un dispositivo que permita el monitoreo del chofer del vehículo para prevenir accidentes de tránsito?

### **Sistematización del problema**

¿Existe documentación especializada específica respecto a las redes de sensores para el monitoreo del chofer del vehículo?

¿Qué sistema y arquitectura de comunicación permitirá converger sensores, aplicaciones y el prototipo?

¿Es posible medir los índices fuera de estándares generales establecidos para los choferes?

## JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

### Justificación Teórica

La seguridad vial se ha convertido en una prioridad social en la que están involucrados los derechos humanos y de salud pública, convirtiéndose en un problema de gran magnitud con consecuencias económicas, sociales y de salud. De esta problemática surge la necesidad de desarrollar nuevas ideas con protocolos de seguridad basados en avances tecnológicos que permitan un análisis de situaciones de peligro y brindar estrategias de prevención. La innovación tecnológica se presenta con métodos de acuerdo con varias líneas de investigación: disponibilidad en tiempo real de información sobre movilidad, conectividad entre agentes involucrados en el tráfico, sistemas de señalización interactiva, conducción autónoma, entre otros. Estas nuevas tecnologías tienen como objetivo disminuir la posibilidad de que existan siniestros y mejorar la movilidad de los ciudadanos, a través de una planificación temprana adaptada a condiciones involucradas con el tráfico. (Ministerio del Interior - Dirección General de Tráfico (DGT), 2017, pp. 5-15)

De acuerdo con el reglamento ecuatoriano a la ley orgánica de transporte terrestre, se menciona en el Art. 244 que, para efecto del cumplimiento de la ley, el estado de embriaguez se define como la pérdida transitoria de la facultad física y mental debido al consumo de bebidas alcohólicas y sustancias estupefacientes que disminuyen la capacidad de operación de cualquier tipo de vehículo. Por lo tanto, se consideran como niveles máximos permitidos 0.8 gr/lt de alcohol por litro de sangre o 0.4 mg/lt de alcohol en aire expirado para quién conduzca un vehículo, caso contrario se considera al individuo en estado de embriaguez y se procede a la detección de posibles intoxicaciones por alcohol o sustancias estupefacientes. (Defensoría Pública del Ecuador, 2009, pp. 55-56)

Según la información proporcionada por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), el 40% de los accidentes se han producido por conducir desatento a las condiciones de tránsito, el 11% por exceso de velocidad, el 8% por no mantener la distancia prudencial, un 0.6% por conducción bajo efectos de fatiga y un 8.4% por conducción bajo los efectos del alcohol. Entre los principales afectados por siniestros de tránsito se encuentran al conductor del vehículo con un 74%, un 13% de peatones, un 12% de pasajeros y un 0.01% correspondiente a otros afectados. (Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador, 2019)

La imprudencia que lleva al chofer a conducir con exceso de velocidad puede ser provocada por fatiga. Los niveles altos de fatiga y cansancio pueden provocar un aumento temporal de la presión

arterial, lo que lleva a que el conductor no se encuentre en condiciones de operar un automotor. (Mayo Clinic Foundation, 2019)

El monitoreo del chofer del vehículo es de vital importancia ya que permite conocer su estado, en tiempo real. Contar con este sistema permitirá tomar 3 medidas de ayuda para seguridad del encargado del vehículo, como: estado psicofísico, sobriedad o embriaguez y posicionamiento en tiempo real del vehículo.

### **Justificación Aplicativa**

El proyecto por realizar es el diseño de un sistema de comunicaciones inalámbricas, el cual va a permitir el monitoreo al chofer del vehículo. Dicho monitoreo permitirá tener una idea del estado psicofísico de la persona, nivel de alcohol en la sangre, al igual que la posición actual del vehículo para, en base a los datos obtenidos, ser evaluados y conocer si puede o no el chofer ser apto para el manejo del automóvil.

Por ello este proyecto se apoya en el desarrollo de un prototipo para el monitoreo del chofer de un automóvil en tiempo real, mediante el uso de sensores conectados y controlados con la tarjeta de desarrollo, logrando con esto establecer una alternativa de precaución y seguridad para el usuario, ya que en la actualidad el índice de accidentes de tránsito ha aumentado considerablemente.

Los sensores de alcohol, pulso cardíaco y GPS se conectan inalámbricamente a la tarjeta de desarrollo la cual transmitirá los datos recibidos en forma de alerta, mediante comunicación 3G, hacia algún familiar o persona asociada al conductor del vehículo.

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un dispositivo de alerta temprana utilizando un sistema de comunicaciones inalámbrica y móvil para prever accidentes de tránsito.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar mediante bibliografía los sistemas de sensorización en automóviles para prever accidentes de tránsito.

- Diseñar un prototipo multimodal utilizando redes inalámbricas y tarjetas de desarrollo.
- Implementar un prototipo que permita conocer la ubicación, controlar el encendido del automóvil y monitorear al conductor.
- Evaluar el prototipo mediante pruebas de campo.

## **2. MARCO TEÓRICO**

Se toma en cuenta una revisión breve acerca del estado del arte de la teoría básica referente al proyecto que se desea implementar, describiendo principalmente las causas y legislación vigente de la problemática, los dispositivos, las tecnologías de comunicación que se utilizarán para llevar a cabo el trabajo de titulación.

### **2.1 Estado del arte**

El siguiente análisis del estado del arte que se muestra en este trabajo consta principalmente de los estudios realizados acerca de la problemática referente a los accidentes de tránsito y las soluciones presentadas a lo largo de las investigaciones realizadas regional y localmente a nivel nacional.

La Fundación MAPFRE, Madrid, España, expone un estudio en base a las causas de la mayoría de los accidentes de tránsito, presentando como causas más comunes el abuso de consumo de alcohol, la fatiga por parte del conductor y el exceso de velocidad. Estos factores llevan al chofer a disminuir la capacidad de controlar sus funciones motrices provocando así la incapacidad de conducir correctamente. De entre estos factores, el autor calcula que entre el 20 y 30 por ciento de los accidentes de tráfico son causados por la fatiga, por lo que recomienda en su estudio, llevar un tiempo de descanso tras largas horas de trabajo en el volante, en el caso de tener sueño es mejor detenerse y descansar, en el caso de viajar acompañado establecer conversaciones relajantes, de tal manera que, el conductor no pierda el control sobre el automóvil y se reduzca la probabilidad de sufrir una tragedia. (Fundación MAE, 2016, pp. 52-54)

En la Universidad Central del Ecuador, la señorita Natalia Constante, presenta una investigación de la gran problemática de accidentes de tránsito, refiriéndose principalmente al tráfico existente en la Av. Simón Bolívar de la ciudad de Quito, Ecuador, tomando en cuenta como factores productores la imprudencia y negligencia tanto de choferes como peatones. Fundamentalmente,

el autor ha tomado en cuenta el exceso de velocidad del vehículo y el estado de embriaguez del conductor para el análisis de su investigación, llegando a concluir que, el número de accidentes aumenta con el día a día. El autor pretende presentar a las autoridades jurídicas un instructivo que permita regir especialmente a los Agentes de Tránsito y que tomen las respectivas medidas para disminuir los siniestros. (Constante, 2016, p. 18)

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, el señor Luis Pastrano realizó la implementación de un prototipo para la conducción segura. Se basó en la medición de señales biométricas del conductor: su nivel de alcoholemia y frecuencia cardíaca. La comunicación entre dispositivos se realizó a través de dos nodos físicos con sus respectivas características de hardware, haciendo uso de la tecnología Bluetooth y GSM/GPRS. Los datos pueden ser visualizados a través de una página Web y sugiere que se puedan utilizar nuevos sensores ya que el sistema posee alta escalabilidad. (Pastrano, 2017, p.13)

En la Universidad Técnica de Ambato, el señor Edwin Lema debido a la problemática que sufre un conductor al volante al momento de ingerir bebidas alcohólicas, presenta la propuesta de un sistema de bloqueo vehicular mediante alcoholímetro electrónico, el cual permite controlar el encendido del automóvil luego de que el conductor realice la prueba de aliento. La comunicación entre dispositivos se realiza a través de la tecnología Wi-Fi y UMTS para que los datos se visualicen a manera de notificación móvil, haciendo uso de la plataforma de mensajería instantánea Telegram. Este dispositivo que propone el autor se ha diseñado con el objetivo de proteger la vida del conductor. (Lema, 2018, p.18)

## **2.2 Accidentes de Tránsito**

La palabra tráfico está definida por la Real Academia de la Lengua Española como: circulación de vehículos por calles, caminos, etc. Así pues, la dinámica general del tránsito se corresponde con la situación en la cual los vehículos desplazan personas y mercancías por el interior de los márgenes de una vía sin que se produzca una interferencia en sus trayectorias con otros usuarios, ya sea entre ellos mismos o con personas, animales, mobiliario u otros elementos externos. Por tanto, los accidentes de tráfico son aquellos sucesos eventuales relacionados con la circulación de vehículos por las diferentes vías y que, generalmente, son consecuencia de una colisión que causa una alteración del desplazamiento normal y que ocasiona daños en los elementos implicados: vehículos, personas, cargas e infraestructuras. (Cabrerizo and Pérez, 2016, pp. 51-53)

Los accidentes de tránsito se han convertido en uno de los resultados más perjudiciales provocados por el mal manejo de los sistemas automovilísticos. Debido a que existe gran demanda

de automóviles en la sociedad moderna, esta problemática se ha convertido en uno de los más considerables problemas de salud pública, superando incluso dificultades mayores como los encontrados en la locomoción del ser humano. (Alonso et al., 2004, pp. 21-23)

### **2.2.1 Causas de Accidentes de Tránsito**

Existen varios factores que intervienen para que se pueda producir un accidente de tránsito. Estos se relacionan directamente con el conductor, el estado del vehículo y el estado de la carretera transitada.

Refiriéndose al vehículo; la masa, la velocidad, el tipo de neumáticos, maniobrabilidad, etc., son algunos de los factores que toman parte en un accidente de tránsito, debido al funcionamiento fallido, tiempo de uso, materiales defectuosos o falta de mantenimiento de estos.

Al referirse al estado de la carretera, se toma en cuenta el estado de conservación, falta de iluminación, falta de señalización, obstaculización y factores climáticos que impidan el correcto tránsito del vehículo haciendo que el conductor pierda el control por el estado del camino.

Al hablar sobre los factores relacionados con el conductor del vehículo, existen los de orden natural y orden patológico.

- ✓ Orden natural: cansancio, sueño, mala alimentación, estado mental del conductor al momento de conducir.
- ✓ Orden patológico: haber ingerido alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos antes de conducir, sufrir de algunas enfermedades como epilepsia, infarto, etc.

En varios casos se ha llegado a concluir que, el consumo de alcohol y la distracción al momento de conducir, aumenta notablemente el riesgo de sufrir un accidente de tránsito. (Losseti et al., 2005, pp. 7-8)

## **2.3 Alcholemia**

### **2.3.1 Alcohol**

El alcohol etílico, o etanol, se produce por procesos de fermentación de azúcares de algunas frutas y cereales. Las bebidas de alto contenido de alcohol se obtienen realizando su destilación después de la fermentación. Aunque la cantidad de alcohol presente en las bebidas fermentadas (cerveza, vino y pulque) es menor que en las destiladas (tequila, brandy, ron, whiskey, entre otras), sus

efectos son los mismos si se consumen cantidades equivalentes. La ingesta de alcohol depende del porcentaje marcado en las botellas y la cantidad y velocidad con la que se bebe. (Campo et al., 2018, pp. 26-28)

### 2.3.2 Efectos del Alcohol

Las bebidas alcohólicas contienen cantidades variables de etanol y otras sustancias químicas. En la *Tabla 1-2*, se ven varios ejemplos del contenido de alcohol en gramos por tipo de bebida en un trago estándar:

**Tabla 1-2:** Contenido de alcohol en gramos por tipo de bebida en un trago estándar

<b>Trago Estándar</b>
0,79 gramos de alcohol puro por cada mililitro de alcohol.
13 gr de alcohol en 330 ml de cerveza (1 lata) al 5% de concentración
13.3 gr de alcohol en 140 ml de vino (1 vaso) al 12% de concentración
12.6 gr de alcohol en 40 ml de licor destilado al 40% de concentración.

**Fuente:** (Cantú, 2006, p. 79)

**Realizado por:** Guaranga, E. 2019

Cuando el alcohol se ingiere produce cambios bioquímicos en el organismo que pasan a la sangre y se convierte en compuestos inertes; cuando el alcohol entra en metabolismo, produce la intoxicación; actuando principalmente sobre los neurotransmisores cerebrales para producir tetraisoquinolinas que interfieren en el correcto funcionamiento neuronal. (Duque, 2005, p.140)

### 2.3.3 Conducción en Estado de Embriaguez

La persona que conduzca un vehículo en estado de embriaguez será sancionada de acuerdo con la siguiente escala:

1. Si el nivel de alcohol por litro de sangre es de 0,3 a 0,8 gramos, se aplicará multa de un salario básico unificado del trabajador en general, pérdida de cinco puntos en su licencia de conducir y cinco días de privación de libertad.

2. Si el nivel de alcohol por litro de sangre es mayor de 0,8 hasta 1,2 gramos, se aplicará multa de dos salarios básicos unificados del trabajador en general, pérdida de diez puntos en su licencia de conducir y quince días de privación de libertad.
3. Si el nivel de alcohol por litro de sangre supera 1,2 gramos, se aplicará multa de tres salarios básicos unificados del trabajador en general, la suspensión de la licencia por sesenta días y treinta días de privación de libertad.

Para las o los conductores de vehículos de transporte público liviano o pesado, comercial o de carga, la tolerancia al consumo de cualquier sustancia estupefaciente, psicotrópica o preparado que las contengan es cero, y un nivel máximo de alcohol de 0,1 gramos por cada litro de sangre.

En caso de exceder dicho límite, la sanción consiste en pérdida de treinta puntos en su licencia de conducir y pena privativa de libertad de noventa días. (Secretaría de Derechos Humanos del Ecuador, 2019, pp. 140-142)

#### ***2.3.4 Dispositivos de Medición de Alcoholemia.***

Desde principios de siglo XX con la llegada de los vehículos capaces de circular a altas velocidades, el ser humano ha desarrollado las pruebas de alcohol para medir a los funcionarios que se encontraban en estado de embriaguez y poder aplicar las respectivas sanciones.

Utilizando varios de los métodos que incluyen el análisis directo en la sangre, orina, saliva y aliento, se llegó a la conclusión de que las pruebas de alcoholemia a través del aliento del individuo determinan la concentración de alcohol en el aire exhalado ofreciendo fiabilidad en los resultados, de una manera más rápida y segura. (Martínez Pons and Prada Pérez de Azpeitia, 2003, pp. 53-55)

Los dispositivos llamados alcoholímetros, son utilizados por los agentes de tránsito para poder realizar las pruebas de alcoholemia en los conductores mediante el aliento. Se obtienen resultados rápidos y seguros para que al final se pueda aplicar la sanción determinada de acuerdo con las leyes establecidas.



**Figura 1-2.** Alcoholímetro digital de bolsillo  
**Fuente:** (Diinseal S.A., 2019)

## 2.4 Carga Física

### 2.4.1 *Fatiga*

Dentro de las manifestaciones correlacionadas con varias enfermedades y zonas importantes encontradas en el Sistema Nervioso Central, la “fatiga” es un considerable síntoma clínico.

Supone uno de los más importantes factores influyentes en la salud humana, ya que provoca un déficit del rendimiento normal de aquella persona que se encuentra bajo los efectos de este síntoma.

Al hablar de biomedicina, la fatiga se muestra con mayor o menor intensidad dependiendo de la persona y de las circunstancias en las que se encuentre, siendo el detonante principal el estrés generado debido a las actividades a las cuales el individuo frecuenta en su diario vivir. (Pedraz-Petrozzi, 2018, pp. 174-175)

### 2.4.2 *Carga Física en el Vehículo*

El correcto manejo del vehículo es una actividad compleja que requiere principalmente que el usuario al volante se encuentre en óptimas condiciones de concentración, control y percepción, comprometiendo también su actividad psicomotriz. El esfuerzo que se realiza al conducir un vehículo no es despreciable, inclusive con las evoluciones que los vehículos motorizados han venido desarrollando en sus mecanismos; el estrés que supone la carga física siempre será un factor que tomar en cuenta. (Cabrerizo and Pérez, 2016, p. 48)

### 2.4.3 Signos Vitales

Los signos vitales (SV) son valores que permiten estimar la efectividad de la circulación, de la respiración y de las funciones neurológicas basales y su réplica a diferentes estímulos fisiológicos y patológicos. Por lo que es imperativo, que los médicos revisen acuciosamente estas medidas. Apoyados en las nuevas tecnologías, se detectan fácilmente las alteraciones en los SV que demandan del médico intervenciones propias y oportunas.

Los SV son la cuantificación de acciones fisiológicas, como la frecuencia y ritmo cardíaco (FC), la frecuencia respiratoria (FR), la temperatura corporal (TC), la presión arterial (PA) y la oximetría (OXM), que indican que un individuo está vivo y la calidad del funcionamiento orgánico. Los SV normales cambian de un individuo a otro y en la misma persona en diferentes momentos del día. Cualquier alteración de los valores normales, orienta hacia un mal funcionamiento orgánico. (Villegas González et al., 2012, pp. 223-225)

Existen varias variables que afectan a los valores estándares de los signos vitales en una persona:

- Edad
- Género
- Ejercicio Físico
- Embarazo
- Estado emocional
- Hormonas
- Medicamentos

**Tabla 2-2:** Valores estándares normales de pulso cardíaco

<b>Edad</b>	<b>Pulso Cardíaco</b>
Recién Nacido	120/160 bpm
Primer Año	120/130 bpm
Segundo Año	100/120 bpm

Tercer Año	90/100 bpm
De 4 a 8 Años	86/90 bpm
De 8 a 15 Años	80/86 bpm
Edad Adulta	60/80 bpm
Tercera Edad	Menor a 60 bpm

Fuente: (Villegas González et al., 2012, p. 5)

Realizado por: Guaranga E, 2019

#### 2.4.4 Dispositivos de medición de pulso cardíaco

El principio de funcionamiento de estos dispositivos consiste en detectar el pulso cardíaco durante un minuto. Por un lado, un LED emite una luz y por otro lado está una fotorresistencia (LDR) que mide la intensidad de la luz emitida, la cual es absorbida cada vez que el corazón bombea sangre. Cuando aumentan las células sanguíneas, se obtiene una disminución de la intensidad de la luz recibida en el LDR, por lo que el valor de resistencia de LDR aumenta,

Esta variación es convertida en una variación de voltaje mediante un circuito de acondicionamiento de señal, la cual es amplificada para que pueda ser detectada por un microcontrolador encargado de realizar el conteo de pulsos. Este valor de conteo se convierte en los latidos por minuto (lpm). (Pujar, 2019)

Hoy en día existen en el mercado varios dispositivos que permiten la medición de la frecuencia cardíaca, usados por las personas para llevar un control doméstico de sus valores de pulso. A diferencia de los dispositivos utilizados por los médicos, estos son portátiles y muy cómodos para el usuario. Se pueden encontrar implementados en un teléfono móvil inteligente o inclusive en un reloj o una pulsera inteligente, entre otras variaciones que dependerán del fabricante.



**Figura 2-2.** Pulsera inteligente Mi Band 4  
Fuente: (Xiaomi, 2019)

## 2.5 Estadísticas de siniestros a nivel nacional por causas probables

La Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador, es la encargada de obtener las estadísticas de siniestros a nivel nacional, con los datos de todas las provincias, se resumen cada mes los resultados de siniestros por causas probables. En el caso de este proyecto, se ha tomado en cuenta la conducción en condición de cansancio físico y la conducción bajo la influencia del alcohol. En la *Tabla 3-2*, se muestra en detalle el total de siniestros ocurridos cada mes del año 2019 y el porcentaje con respecto a otras causas probables.

**Tabla 3-2:** Siniestros por las causas probables de estudio en el año 2019

MES	DATOS	DESCRIPCIÓN	
		CAUSA 1	CAUSA 2
		Conducir en estado de somnolencia o malas condiciones físicas (sueño, cansancio y fatiga).	Conducir bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos.
Enero	N° TOTAL DE SINIESTROS	20	156
	% TOTAL	1,1%	8,2%
Febrero	N° TOTAL DE SINIESTROS	25	138
	% TOTAL	1,3%	7,2%
Marzo	N° TOTAL DE SINIESTROS	30	147
	% TOTAL	1,4%	7,1%
Abril	N° TOTAL DE SINIESTROS	31	117
	% TOTAL	1,5%	5,8%
Mayo	N° TOTAL DE SINIESTROS	17	114
	% TOTAL	0,8%	5,7%
Junio	N° TOTAL DE SINIESTROS	28	142
	% TOTAL	1,3%	6,8%
Julio	N° TOTAL DE SINIESTROS	1	2
	% TOTAL	0,7%	1,3%
Agosto	N° TOTAL DE SINIESTROS	13	149
	% TOTAL	0,6%	6,9%
Septiembre	N° TOTAL DE SINIESTROS	3	5
	% TOTAL	1,5%	2,5%
Octubre	N° TOTAL DE SINIESTROS	8	121
	% TOTAL	0,4%	6,7%

Noviembre	N° TOTAL DE SINIESTROS	10	148
	% TOTAL	0,5%	7,1%
Diciembre	N° TOTAL DE SINIESTROS	15	198
	% TOTAL	0,6%	8,4%
<b>TOTAL, DE SINIESTROS EN 2019</b>		<b>201</b>	<b>1437</b>

**Fuente:** (Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador, 2019)

**Realizado por:** Guaranga, E. 2019

Con las estadísticas mostradas, se llega a la conclusión que existen una gran cantidad de siniestros provocados por accidentes de tránsito causados por la conducción bajo el consumo de alcohol y bajo el estado de cansancio físico.

## 2.6 Dispositivos Sensores

Para entender el concepto de sensor, es necesario empezar por la definición de transductor. Un transductor es capaz de traducir valores correspondientes a una variable física y convertirlos en otras medidas.

El sensor actúa como un transductor ya que al momento de ser calibrado se vuelve apto para tomar las medidas requeridas de variables físicas. A esta relación existente entre la variable medida y la señal de salida resultante, se la llama calibración. (Escalona, 2007, p. 7)

Estos dispositivos de medición poseen características exclusivas, lo que los hace distintos entre sí, incluso si comparten mismo objetivo de aplicación. Estos rasgos de carácter estático si sus valores no cambian con el tiempo, o dinámico si varían en función del tiempo, nos permitirán establecer una clasificación de sensores.

### CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS

Entre algunas de las características estáticas que comparten los sensores tenemos:

- ✓ Sensitividad: Valor mínimo de la entrada para que se pueda detectar una salida
- ✓ Rango: Al medir una variable física, existe un intervalo entre el valor mínimo y el valor máximo de la misma.
- ✓ Precisión: Definida como el grado de repetitividad al medir la variable física repetidas veces.

- ✓ Exactitud: Se toma en cuenta la diferencia encontrada entre el valor medido y el valor real de la variable física.
- ✓ Linealidad estática: El fabricante establece un valor para la curva de salida y, debido a factores ambientales, se puede encontrar una desviación en la curva de salida presente.
- ✓ Offset: Desviación en el eje y de la curva de salida, debido a determinadas circunstancias (ej. temperatura).
- ✓ Resolución: Dada al existir un cambio mínimo en la variable física medida.
- ✓ Error estático: Error en la medición al momento de que la variable física es medida con el sensor. Por lo general, debido a problemas en las lecturas de entrada, errores de interpolación, etc.

### **CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS:**

Se presenta a continuación, algunas de las características dinámicas que comparten los sensores:

- ✓ Tiempo de respuesta: Relacionado con el lapso transcurrido desde que la variable medida es registrada por el sensor, hasta que se presenta una variación en su estado.
- ✓ Histéresis: Se define como “la capacidad que tiene el sensor para seguir la curva de salida ideal debido a la tendencia de los cambios de la variable física”.
- ✓ Linealidad dinámica: Define la capacidad del dispositivo para seguir la curva establecida por el fabricante, al momento en que la variable física es sometida a alteraciones imprevistas.
- ✓ Error dinámico: Errores provocados debido a la naturaleza misma del sensor y dependiendo la caracterización del sistema.

Estas características principales son tomadas en cuenta para poder implementar un sistema de medición en función a una variable física en particular. (Ramírez et al., 2014, pp. 18-21)

## **2.7 Tarjetas de Desarrollo Electrónico**

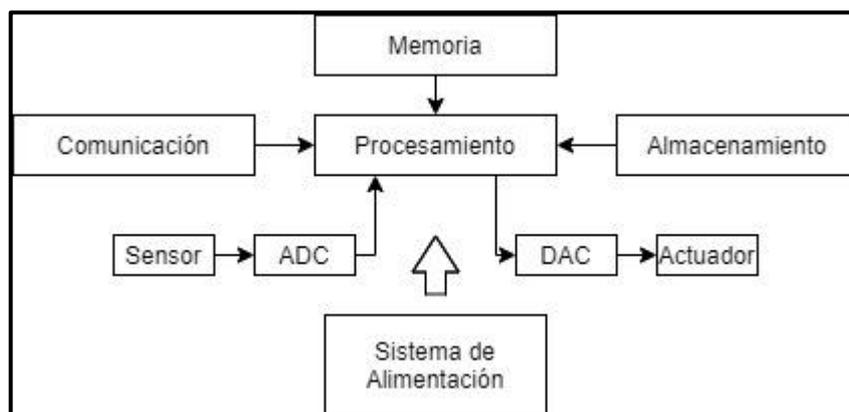
En los últimos años, las tarjetas de desarrollo se han ido imponiendo en el mercado debido a las altas prestaciones que ofrecen por su acoplamiento compacto entre hardware y software. Esta característica hace que a las placas de desarrollo se las conozca también como sistemas empotrados o embebidos.

Un sistema embebido se puede definir como un computador capaz de realizar funciones específicas dentro de un sistema de ingeniería generalizado. Se pueden enfocar a una sola tarea en particular, como también a un número limitado de operaciones dentro de un sistema con

relación a características como el costo, tamaño, consumo de energía, etc. (García and Barriga, 2012, pp. 231-232)

### 2.7.1 *Arquitectura de un sistema empotrado*

El procesamiento del sistema y la interfaz de comunicación y adquisición de información, forman parte del modelado básico de la arquitectura de un sistema empotrado, como se muestra en el *Gráfico 1-2*.



**Gráfico 1-2.** Arquitectura de un sistema empotrado

Fuente: (García and Barriga, 2012, p. 232)

Realizado por: Guaranga, E. 2019

## 2.8 **Redes inalámbricas**

La clasificación de las redes inalámbricas, según su alcance de cobertura está dada por:

- ✓ WPAN (Wireless personal area network), Redes enfocadas en el espacio personal, con un rango aproximado al que rodea un usuario. Bluetooth, infrarrojos.
- ✓ WLAN (Wireless local area network), Redes enfocadas en el espacio de una edificación o algún campus. Wi-Fi.
- ✓ WMAN (Wireless metropolitan area networks), Redes enfocadas en el espacio correspondiente a vecindarios, pueblos, ciudades. WiMax.
- ✓ WWAN (Wireless wide area network), Redes enfocadas en el amplio espacio de regiones y países. UMTS, GPRS, 3G, 4G... (Ribes and Fernández, 2013, pp. 251-252)

### 2.8.1 Redes WLAN

Los estándares tecnológicos utilizados en las redes WLAN que más destacan, debido a sus especificaciones técnicas, han sido desarrollados y publicados por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, y se muestran resumidos en la *Tabla 4-2*.

**Tabla 4-2:** Familia de Estándares IEEE 802.11

Protocolo IEEE	Año de Publicación	Banda de Frecuencias del ISM (GHz)	Velocidad máxima de transmisión (Mbps)	Alcance en metros		Compatibilidad con estándares anteriores
				Interiores	Exteriores	
802.11	1997	2.4	2	20	100	-
802.11a	1999	5.7	54	35	120	No
802.11b	1999	2.4	11	38	140	802.11
802.11g	2003	2.4	54	38	140	802.11, b
802.11n	2009	2.4 – 5.7	450 y en aumento	70	250	Todos (802.11, a, b, g)

**Fuente:** (Ribes and Fernández, 2013, p. 254)

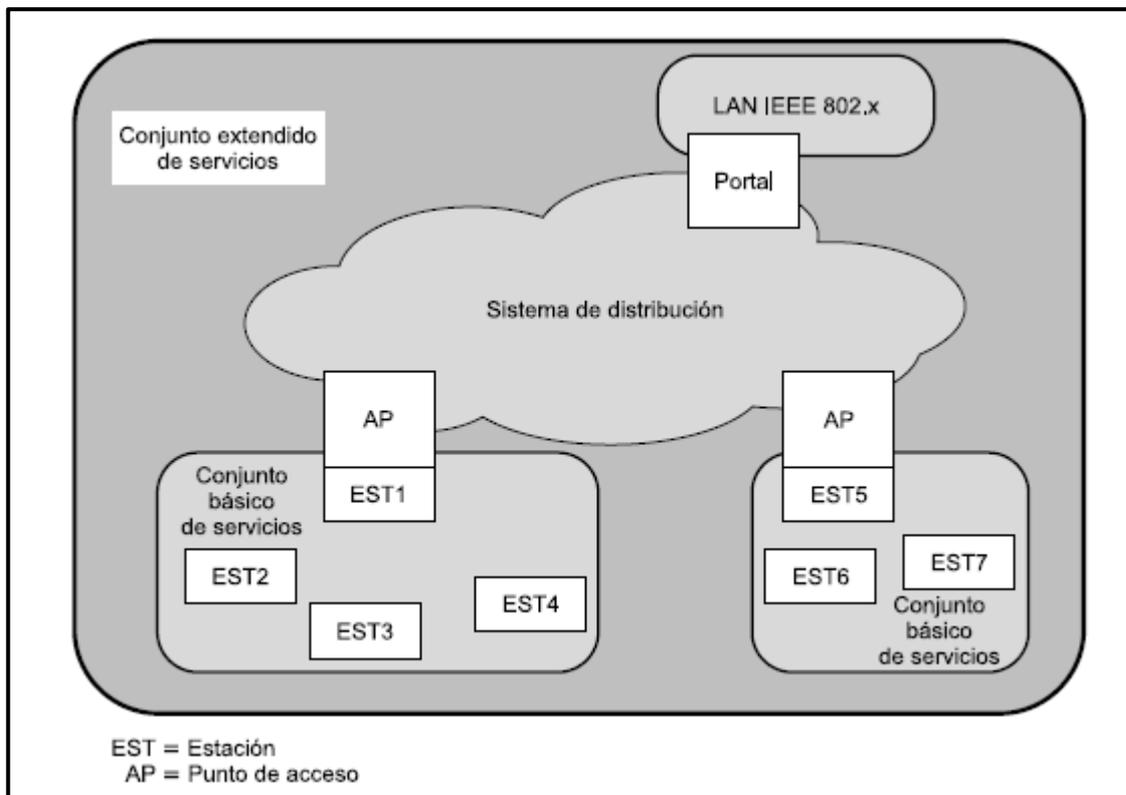
**Realizado por:** Guaranga Edwin, 2019

#### 2.8.1.1 Arquitectura del estándar IEEE 802.11

La comisión IEEE 802.11, se integró con el objetivo de presentar un modelo de red LAN inalámbrica, cuyos elementos principales operan bajo un mismo protocolo de control de acceso al medio (MAC) y a través de un medio físico específico, estos son:

- ✓ BSS (Conjunto básico de servicios o *Basic Service Set*), servicio que actúa como celda y puede operar de manera independiente, o a su vez formar parte de un sistema troncal de distribución (DS).
- ✓ DS (Servicio de Distribución o *Distribution System*), interviene como una red LAN cableada, un conmutador o una WLAN diferente.
- ✓ AP (Punto de Acceso o *Access Point*), hace de puente entre el BSS y el DS.
- ✓ ESS (Conjunto Extendido de Servicios o *Extended Service Set*), la unión de dos más conjuntos básicos de servicios (BSS) conectados entre sí a través de un sistema de distribución (DS), que además de ser una red LAN troncal cableada, puede ser cualquier red de comunicaciones. (Stallings, 2004, pp. 567-569)

Esta configuración básica se muestra en la *Figura 3-2*.



**Figura 3-2.** Arquitectura del Estándar IEEE 802.11  
Fuente: (Stallings, 2000, pp. 567-569)

### 2.8.1.2 Redes inalámbricas de sensores

La necesidad de capturar, registrar y almacenar información para poder transmitirla entre dispositivos nace del planteamiento inicial de implementar una red de sensores. Gracias a las facilidades que nos ofrece la tecnología, se puede establecer una infraestructura de red estable y robusta de bajo costo, que permita que cada elemento de sensorización obtenga los datos en determinadas zonas físicas que, por lo general, denotan difícil implementación con instrumentos habituales.

“Una red de sensores (del inglés *sensor network*) es una red de diminutos dispositivos, equipados con sensores, que colaboran en una tarea común”. El agrupamiento de sensores con determinadas capacidades de detección y de comunicación inalámbrica, tiene como producto el establecimiento de redes *ad-hoc*, que no requieren administración central ni infraestructura preliminar. (Fernández Martínez et al., 2009, p. 17)

### 2.8.1.3 *Redes AD-HOC*

Las redes ad-hoc inalámbricas, son aquellas formadas por grupos de anfitriones móviles las cuales hacen uso de un transceptor inalámbrico para lograr su comunicación sin necesariamente conectarse a una estación base. La comunicación de datos puede ser directa si los terminales se encuentran lo más cercanos posibles entre sí, e indirecta si al transmitir sus paquetes involucran diferentes puntos de acceso móviles. Así pues, los puntos de acceso pueden actuar tanto como una estación transmisora o receptora, extendiendo el rango de los terminales. (Sharma and Gupta, 2003, p. 2)

Enfocándose en las redes móviles ad-hoc (MANET), no existe una estructura fija donde pueda ubicarse un control centralizado, lo que significa que la red se puede implementar en cualquier lugar y momento con el número deseado de nodos, que se encuentren conectados directamente dentro del rango de conexión.

Debido a que sus servicios y protocolos de comunicación son capaces de funcionar en entornos móviles, las MANET son utilizadas en comunicaciones militares, vehiculares, situaciones de emergencia y alertas tempranas. Se han convertido en una parte importante de destacar en las redes de nueva generación por su alta flexibilidad, autoconfiguración y rentabilidad.

Tomando en cuenta el control de la topología, se hace referencia al control de acceso al medio (MAC) para regular el canal inalámbrico bajo el estándar 802.11, la determinación del rango de transmisión, y los algoritmos distributivos para la conectividad, con el fin de que se pueda obtener un esquema de enrutamiento que se encargue de los problemas producidos por la movilidad de los nodos, con un bajo consumo de energía, ancho de banda y demás recursos informáticos. (Roy, 2011, pp. 64-67)

## 2.8.2 *Redes WWAN (Telefonía Móvil Celular)*

### 2.8.2.1 *Generalidades*

La comunicación móvil mediante el uso de radiofrecuencia lleva ya en nuestro medio un largo período de tiempo, aunque parezca que es algo novedoso y reciente. Compañías como AT&T introdujeron el primer concepto celular que en ese entonces llevaba una comunicación distinta a lo que hoy en día utilizamos. Ya en la década de los 80's se empezó a utilizar el primer teléfono móvil público, con sistemas analógicos como el sistema telefónico móvil avanzado (AMPS), telefonía móvil nórdica (NMT), etc., para que así, a inicios de los 90's surgiera la tecnología digital con el sistema global para las comunicaciones móviles (GSM) de pionero, seguido por el

sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) y hoy en día estableciéndose a nivel mundial LTE y 5G.

El funcionamiento de estos sistemas se basa en la separación del terreno de cobertura en celdas, con el fin de cubrir toda la zona de cobertura asignando en la estación base, un determinado número de frecuencias. Para esto se sirve de dos técnicas: compartir frecuencias en espacios diferentes de cobertura y la separación celular, debido a que, tanto el espectro radioeléctrico como los canales y las comunicaciones que se pueden dar son limitados. (Ordóñez and Huidobro, 2014 pp. 329-330)

### *2.8.2.2 Evolución de la telefonía móvil celular*

Desde sus inicios en la década de los años 70 hasta hoy en día, la telefonía móvil celular ha tenido un importante y revolucionario avance con un crecimiento cada vez mayor, exigiendo a la industria más cambios en la tecnología, Por lo tanto, es necesario conocer una breve reseña histórica de cómo se ha dado dicho avance.

#### **Primera Generación (1G)**

Entre 1979 y 1980, de la mano de Nippon Telephone and Telegraph (NTT) en Japón, Nordic Mobile Telephone (NMT) y Total Access Communications System (TACS) en Europa, se introdujeron los primeros sistemas celulares analógicos cuyo funcionamiento consistía en realizar comunicaciones reproducidas en torres de radio, con enlaces de voz poco eficientes y transferencia y roaming de baja capacidad.

En 1982, Estados Unidos recibe la tecnología 1G de la mano del sistema Advanced Mobile Phone System (AMPS), con un ancho de banda de 40 MHz, en el rango de 800MHz-900MHz. Posteriormente se asignaron 10MHz adicionales tomando el nombre de espectro expandido (ES), con una velocidad de transmisión de 2.4Kbps, permitiendo a los usuarios realizar llamadas de voz dentro de un país.

#### **Segunda Generación (2G)**

En el año de 1991, se lanzó en Finlandia la tecnología de segunda generación, entregando al usuario servicios de voz, mensajes de texto (SMS), y servicios de mensajería multimedia (MMS)

que permitían el envío de imágenes, con una seguridad de encriptación digital tal que solo el receptor designado pueda recibir el mensaje.

Se introducen entonces las tecnologías de acceso móvil digital, Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), dividiendo a la señal en intervalos de tiempo y Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), que asigna a cada usuario final un código único del canal físico multiplexado por el cual se va a comunicar.

Se presenta entonces el primer sistema de segunda generación, llamado Group Special Mobile (GSM), con origen europeo y presentado posteriormente a más de 212 países del mundo, haciendo que el roaming internacional sea una realidad en la telefonía móvil. El funcionamiento de GSM está basado en TDMA; consiste en multiplexar hasta 8 llamadas por canal de comunicación, en las bandas de frecuencias de 900MHz y 1800MHz, con una velocidad de transmisión de hasta 14.4Kbps.

Por 20 años esta tecnología mejoro cada vez, dando lugar a 2.5G, con el sistema General Packet Radio Service (GPRS), y 2.75G, con el sistema Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE):

- ✓ GPRS: Proporciona servicios de Wireless Access Protocol (WAP), MMS, correo electrónico y acceso a la red a través de World Wide-Wireless Web (WWW) con velocidades de transmisión desde 54 Kbps hasta 384 Kbps.
- ✓ EDGE: La evolución de GPRS que introduce la codificación 8PSK (Phase Shift Keying), implementada en 2003 de la mano de AT&T, cuya mejora supuso un aumento considerable con respecto a GSM/GPRS con velocidades de transmisión de datos hasta 236.8Kbps y mayor flexibilidad para el transporte conmutado de paquetes.

### **Tercera Generación (3G)**

Nació del plan formulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) de implementar la banda de frecuencia de 2000MHz, con el fin de que se establezca un único estándar global, llamado International Mobile Telephone 2000 (IMT-2000). Por tanto, 3G vendría a ocupar CDMA de banda ancha (Wideband Code Division Multiple Access), que es también conocido como el Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS).

Con una eficiencia espectral mejorada, la tecnología 3G permite a las operadoras ofrecer una gama más amplia de servicios a sus usuarios, con una mayor capacidad de red, con velocidades

de transmisión desde hasta 2 Mbps. Estos servicios incluyen telefonía de voz inalámbrica en un área extensa, videollamadas y videoconferencias, datos móviles de banda ancha, IPTV y GPS.

Al igual que sucedió con GSM, la tecnología 3G presentó mejoras, dando lugar a 3.5G, con el sistema High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA), y 3.75G, con el sistema High-Speed Uplink Packet Access (HSUPA):

- ✓ HSDPA: Permite velocidades de transferencia de datos más altas, basado en un enlace descendente con tasas desde 8 Mbps hasta 10 Mbps, haciendo uso de un ancho de banda de 5 MHz en WCDMA.
- ✓ HSUPA: Complementaria a HSDPA, permite velocidades de transferencia de datos más altas, basadas en un enlace ascendente con tasas de 1.4 Mbps hasta 5.8 Mbps. Implementada principalmente para mejorar las aplicaciones avanzadas de datos de los usuarios tales como correo electrónico móvil, juegos en tiempo real, etc. (Mir and Kumar, 2015, pp. 2545-2551)

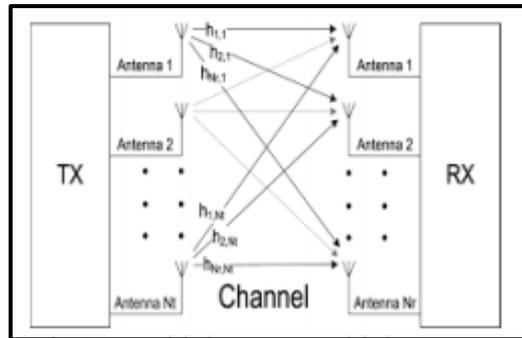
#### **Cuarta Generación (4G)**

Formulada por la ITU, se establece con el estándar IMT-Advanced, para operar en canales de radio frecuencia de hasta 40 MHz, con una eficiencia espectral muy alta. Utiliza la modulación de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA), la cual divide las tasas de transmisión altas en varias bandas estrechas moduladas. Según Inga Ortega (2010, p. 5), la velocidad de transmisión que puede alcanzar esta tecnología es de hasta 326 Mbps en bajada de datos y 86 Mbps en subida de datos. Esto permitirá entonces a los usuarios de las operadoras de red, acceder a la información en cualquier lugar sin interrupciones, con una gran variedad de servicios que utilizarán principalmente el protocolo de internet IP en todas sus aplicaciones.

Anchos de banda de mayor capacidad, equipos de red de bajos costos y mejoras en los ingresos, son algunos de los beneficios que nos presenta esta tecnología, abriendo las puertas a varias aplicaciones importantes para el desarrollo humano como son la medicina, la educación, telepresencia, etc.

Permite el manejo de Radio Definida por Software (SDR), haciendo posible la capacidad de alterar su funcionalidad a través de un software adaptativo; se puede elegir una frecuencia y modo de operación de acuerdo con las condiciones que se requieren. También, 4G utiliza el sistema MIMO (Multiple Input Multiple Output), con el objetivo de obtener altos niveles de calidad de

servicio (QoS), con una eficiencia espectral aumentada, tasas de transmisión altas y dar soporte a una gran cantidad de usuarios por celda, como se muestra en la *Figura 4-2*.



**Figura 4-2.** Sistema MIMO  
Fuente: (Suman, 2018, p. 6)

El principal concepto de la tecnología 4G, es el de ofrecer un estándar que permita la compartición de recursos entre una gran variedad de usuarios en una infraestructura WiMAX, e incluso redes por cable, sin dejar de tomar en cuenta los mecanismos de seguridad desarrollados para el flujo de los nodos de red. (Suman, 2018, pp. 2812-2818)

### **Quinta Generación (5G)**

La evolución de las redes de telefonía celular hacia la quinta generación ha tomado un importante impulso debido al crecimiento de las aplicaciones de IoT, pues estas tecnologías requieren de nuevos estándares de rendimiento para la conectividad a gran escala, seguridad, confiabilidad y mayor cobertura con latencia ultra baja para una gran cantidad de dispositivos. Las redes 5G pueden llegar con velocidades desde 4 Gbps hasta 10 Gbps, lo que permitirá que millones de dispositivos inteligentes tengan acceso a Internet mediante redes flexibles, e incluso, con la implementación de redes inalámbricas definidas por software (WSDN).

Del mismo modo, la seguridad y privacidad son un tema fundamental que cubre 5G-IoT. A diferencia de las redes 3G o 4G, las redes 5G servirán como infraestructura central, con una arquitectura de seguridad flexible y escalable desde la capa física hasta la capa final donde se centrarán los modelos de negocio y gestión orientados a los servicios ofrecidos con una seguridad y privacidad evolucionadas. (Li et al., 2018, pp. 1-2, 19)

## 2.9 Sistema de posicionamiento global GPS

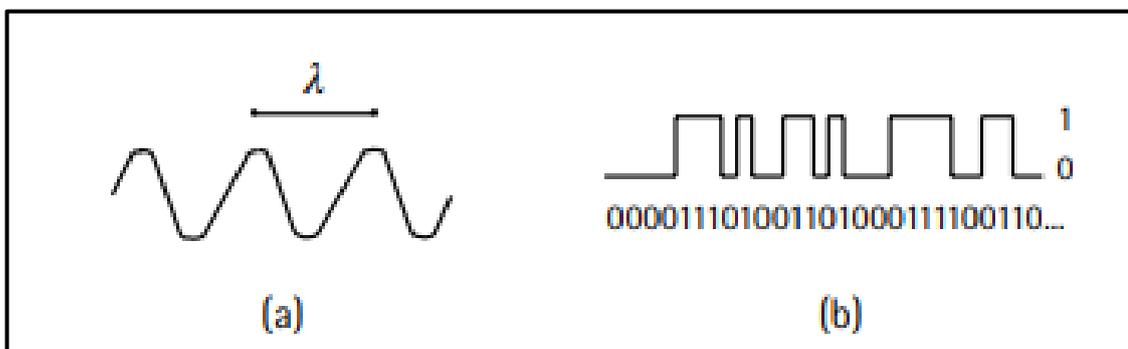
“GPS, es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial.”. Tomando en cuenta que estos puntos se pueden localizar en cualquier parte del globo terráqueo, sin importar si se encuentran en estado estático o cambiando de posición.

La distancia medida sincrónicamente desde puntos de coordenadas específicos ya conocidos, con respecto a por lo menos cuatro satélites, es la medida utilizada para obtener las coordenadas requeridas; la emisión de señales que proveen estos satélites, entrega las distancias requeridas que, posteriormente, serán receptadas por dispositivos idóneos para el uso del sistema. En resumen, el GPS se encarga de entregar al receptor las coordenadas obtenidas por los satélites. (Huerta et al., 2005, p.12)

### 2.9.1 Estructura de la señal GPS

Las señales transmitidas por los satélites GPS se basan en la transmisión de una señal de microondas modulada por dos códigos digitales y compuesta por dos frecuencias portadoras L1 y L2 que trabajan a los valores de 1575.42 MHz con longitud de onda de 19cm y 1227.60 MHz con longitud de onda de 24.4cm, respectivamente, junto con una señal que posee la información de navegación. La función de las portadoras consiste en corregir el error ionosférico, producido por la variación de la densidad de electrones en la ionosfera.

Las señales L1 y L2 son transmitidas por los satélites de manera igualitaria, mientras que los códigos digitales de modulación difieren para cada señal; el código de adquisición robusta (C/A code) y el código de posición (P-code), los cuales consisten en una secuencia de dígitos binarios y que actúan como señales aleatorias, como se muestra en la *Figura 5-2*.



**Figura 5-2.** (a) Señales portadoras sinusoidales, (b) Códigos binarios aleatorios de modulación.  
Fuente: (El-Rabbany, 2002, p. 15)

La información de la navegación está conformada por las coordenadas de los satélites GPS en función del tiempo, estado de funcionamiento del satélite, corrección de reloj, almanaque y datos atmosféricos. Esta información será diferente para cada satélite del sistema. (El-Rabbany, 2002, pp. 13-15)

### 2.9.2 Tipos de GPS

La distancia de precisión y su aplicación final son los principales criterios para conocer el tipo de GPS que se puede utilizar:

- ✓ GPS de Navegación: Debido a su funcionamiento autónomo, consiguen una precisión de 100 metros, con la recepción de C/A en la frecuencia portadora L1. Sus antenas pueden colocarse sobre navíos.



**Figura 6-2.** Dispositivo GPS de navegación marítima

Fuente: (Nantong Saiyang Electronics Co., 2019)

- ✓ GPS Submétrico: Utilizados frecuentemente en sistemas de cartografía y de información geográfica, constan de una parte referencial que adquiere los datos de navegación y una parte que adquiere los puntos a los que deseamos llegar. De este modo su funcionamiento es diferencial. Su precisión varía desde los 30 cm a los 10m dependiendo las condiciones de los equipos de procesamiento. Su recepción es C/A en L1 como los dispositivos mencionados anteriormente.



**Figura 7-2.** Dispositivo GPS Submétrico  
**Fuente:** (Geodesical Guatemala, 2019)

- ✓ GPS mono-frecuencia de código y fase: Además de recibir C/A en L1, realiza medidas en fase, obteniendo la ventaja de aumento de precisión en la elevación y recepción de datos en tiempo real, con una precisión de  $1\text{cm}+2\text{ppm}$  ( $1\text{ppm} = 1$  milímetro por cada 1000 metros de navegación). Utilizados principalmente en Topografía.



**Figura 8-2.** Dispositivo GPS mono-frecuencia  
de código y fase  
**Fuente:** (SOUTHGEOSYSTEMS, 2019)

- ✓ GPS de doble frecuencia: A diferencia de los dispositivos de mono-frecuencia, este tipo de GPS adquiere mayor precisión debido a que recibe las señales L1 y L2, realiza mediciones

en C/A y P en L1, P en L2 y mediciones de fase en L1 y L2. Su precisión es de hasta 5mm + 1ppm. Son herramientas usadas en Topografía y Geodesia. (Peñañiel and Zagas, 2001, pp. 61-63)



**Figura 9-2.** Dispositivo GPS de doble frecuencia  
Fuente: (Manuel Aureano s.r.l, 2019)

### 2.9.3 Aplicaciones del GPS

El sistema de posicionamiento global se ha convertido en uno de los avances tecnológicos de mayor impacto en la sociedad moderna. A pesar de que inicialmente fue diseñado con fines militares, el uso en prácticas civiles ha ido mejorando, dando como resultado una mejor experiencia en la localización y obtención de coordenadas. Este avance ha permitido que el uso del GPS se adentre en un campo variado de aplicaciones importantes para la sociedad, algunos ejemplos son:

- ✓ Análisis de fenómenos atmosféricos
- ✓ Posicionamiento y navegación de regiones inhospitalarias
- ✓ Ingeniería civil
- ✓ Modelos topográficos y geológicos
- ✓ Dispositivos de alarma automática
- ✓ Sistemas civiles de aeronáutica
- ✓ Guiado de civiles con discapacidad
- ✓ Regularización de señales
- ✓ Navegación autónoma de vehículos
- ✓ Navegación y control de trayectoria de vehículos

Siendo así, un recurso importante para varias actividades que requieren de la posición. (Pozo-Ruz et al., 2005, pp. 54-59)

## **2.10 Internet de las cosas**

El *Internet of Things* (IoT) es concebido como una parte importante del internet del futuro, cuyo patrón de comunicación con protocolos y alta capacidad de interoperabilidad, permite la conexión entre lo físico y lo virtual mediante el uso de interfaces auto configurables que forman parte de la red de datos. Al utilizar este enlace, será posible el cambio de estado de operación de los objetos físicos conectados a la red, de tal modo que se puede adquirir información importante para la operabilidad de estos.

De esta manera, la visión que nos da el IoT al basarse en los principios de interconexión y recolección de información, es abordar los problemas relacionados con la arquitectura, el diseño y desarrollo del sistema, la gestión integrada, los modelos comerciales y la participación humana, logrando así el objetivo de que las personas puedan conectarse en cualquier momento y lugar mediante cualquier cosa y con cualquier persona, conceptualmente al usar cualquier servicio de red. (CERP-IOT, 2008, pp. 10-13)

### **2.10.1 Arquitectura de IoT**

Tomando en cuenta las diferentes propuestas de arquitectura para IoT se ha resumido básicamente en dos tipos: arquitectura de 3 niveles y arquitectura de 5 niveles:

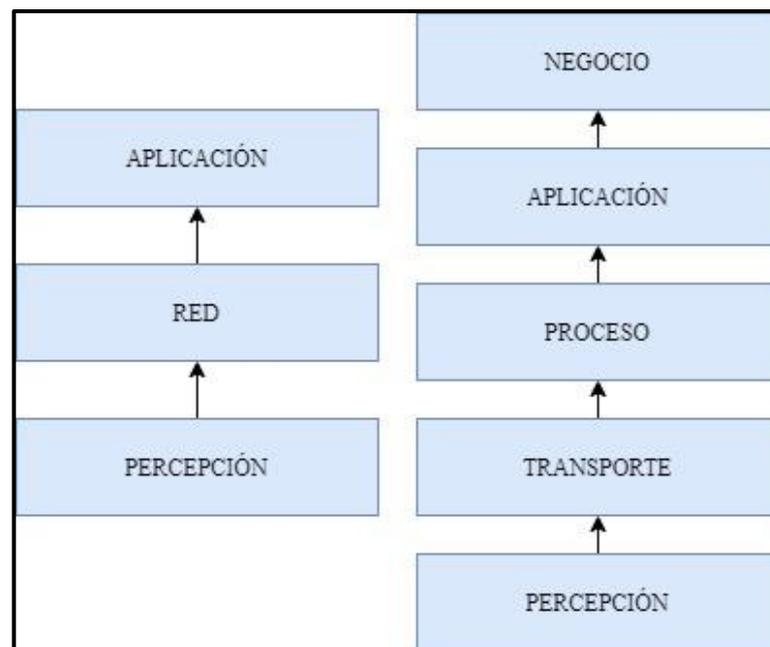
- ✓ Arquitectura de 3 niveles: Formada por los niveles de *percepción*, *red* y *aplicación*. El nivel de *percepción* es donde los dispositivos sensores reciben los datos del exterior. El nivel de *red*, donde se establecen las conexiones hacia el módulo de procesamiento. El nivel de *aplicación*, donde se envían los datos hacia las aplicaciones finales de IoT.
  
- ✓ Arquitectura de 5 niveles: De manera más detallada, está formada por los niveles de *percepción*, *transporte*, *proceso*, *aplicación* y *negocio*.

Los niveles de *percepción* y *aplicación* realizan las mismas funciones del modelo de arquitectura de nivel 3.

El nivel de *transporte* establece la comunicación entre los niveles de percepción y proceso, mediante las tecnologías inalámbricas conocidas.

El nivel de *proceso* permite el almacenamiento, análisis y gestión de la información mediante el uso de bases de datos locales o en la nube.

El nivel de *negocio* formula los modelos de aplicaciones finales a través de su gestión, como se muestra en el *Gráfico 2-2*.



**Gráfico 2-2.** Modelo de arquitectura de IoT de nivel 3 y nivel 5

**Fuente:** (González García, 2017, p.5)

**Realizado por:** Guaranga, E. 2019

La capa de aplicación permite proporcionar una aplicación inteligente a través de la conexión de tecnologías de IoT junto a otras esenciales tecnologías del sector, con la finalidad de encontrar soluciones para el desarrollo social, nacional y económico.

Entonces, la compartición de la información es de vital importancia para que estas tecnologías puedan descubrir y asumir el servicio requerido por el usuario, con cuyo objetivo final se puedan desarrollar aplicaciones de IoT y servicios de control, sin dejar de lado la seguridad de la información. (Yang et al., 2011, p. 2)

Al momento de implementar la red Máquina a Máquina (M2M), los dispositivos finales deben colocar sus datos a disposición de Internet, sin importar la tecnología inalámbrica que se esté

utilizando. Esto se puede conseguir almacenando la información en la nube o a un servidor web desde el cual el usuario pueda tener acceso.

Existe una gran cantidad de plataformas en línea que nos brindan servicios de bases de datos remotas, así como la posibilidad de desarrollar aplicaciones con funciones que nos permitan la recepción, procesamiento y almacenamiento de datos, mediante un dispositivo suscrito al servicio.

Por lo tanto, los protocolos encargados de la comunicación entre dispositivos, el acceso a internet y las aplicaciones finales, corresponden a la capa de aplicación, de manera que, al recibir las últimas actualizaciones de datos, se puedan realizar operaciones en los dispositivos finales. (Vasileios Karagiannis, et al, 2017, p. 2)

### ***2.10.2 Aplicaciones de IoT***

El IoT llega como una herramienta que ayudará a los usuarios a facilitar sus actividades del diario vivir, haciendo uso de nuevas tecnologías y dispositivos que con el tiempo establecerán un avance en el sistema socioeconómico, minimizando procesos, optimizando recursos y ofreciendo información en tiempo real. Las aplicaciones en las que el IoT está involucrado tenemos:

- ✓ Smart Home: Consiste en la automatización del hogar, haciendo uso de redes de sensores que permitan medir y controlar parámetros de la vivienda, comunicándose a través de redes inalámbricas.
- ✓ Smart City: Aplicando las tecnologías de la información y la comunicación (TIC's), garantizan a ciudadanos e infraestructuras el desarrollo y eficacia de recursos ambientales, económicos y sociales.
- ✓ Agricultura y ganadería: Con la tecnología de vanguardia, el sector agrícola se ha beneficiado facilitando las actividades de agricultores y mejorando la calidad del producto final, al igual que el sector ganadero, se puede obtener información en tiempo real acerca de fertilización, estado de nutrición, etc.
- ✓ Wearables: Dispositivos encargados de monitorizar señales que llegan de nuestro cuerpo y se interpretan informando el estado de salud, vestimenta u otros complementos.
- ✓ Industrial IoT: Se trata de en la manufactura de productos haciendo uso de IoT, tomando en cuenta la intromisión en la industria en general. Se basa en plataformas que recompilan información mediante sensores, análisis de equipamiento y smart apps. (González García, 2017, pp. 51-55)



- Análisis histórico. – donde se aprecia la evolución de conocimientos que han existido sobre el tópico.

### **3.2.2 Metodología de implementación**

La implementación está basada en el modelo orientado a prototipos, el cual propone una serie de pasos que guían a la construcción rápida total, o de algunas partes del sistema. Permite reconocer si el dispositivo implementado cumple con los objetivos de solución al problema, evitando así la incertidumbre en el proceso de desarrollo. La metodología presenta las siguientes etapas:

- Investigación preliminar. – donde se identifica el problema de accidentes vehiculares por causas probables y se propone una idea general de solución.
- Definición de los requerimientos del sistema. - permite determinar los requerimientos para el cumplimiento y entrega de una solución al problema.
- Diseño técnico. - donde se establece la arquitectura del sistema junto con sus respectivos escenarios de prueba.
- Programación y prueba. – nos permite realizar las pruebas con que permitan la comprobación del funcionamiento del sistema.
- Operación y mantenimiento. - permite colocar al dispositivo en un entorno real con el fin de ponerlo en operación e identificar posibles fallos para su corrección.

Para poder realizar las pruebas de campo se ha tomado como población objetivo, a la ciudad de Riobamba, particularmente en el sector de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a un grupo selecto de personas propietarias de un vehículo en el cual el dispositivo se pueda colocar para comprobación de su funcionamiento una vez completado su desarrollo.

### **3.2.3 Análisis de datos e información**

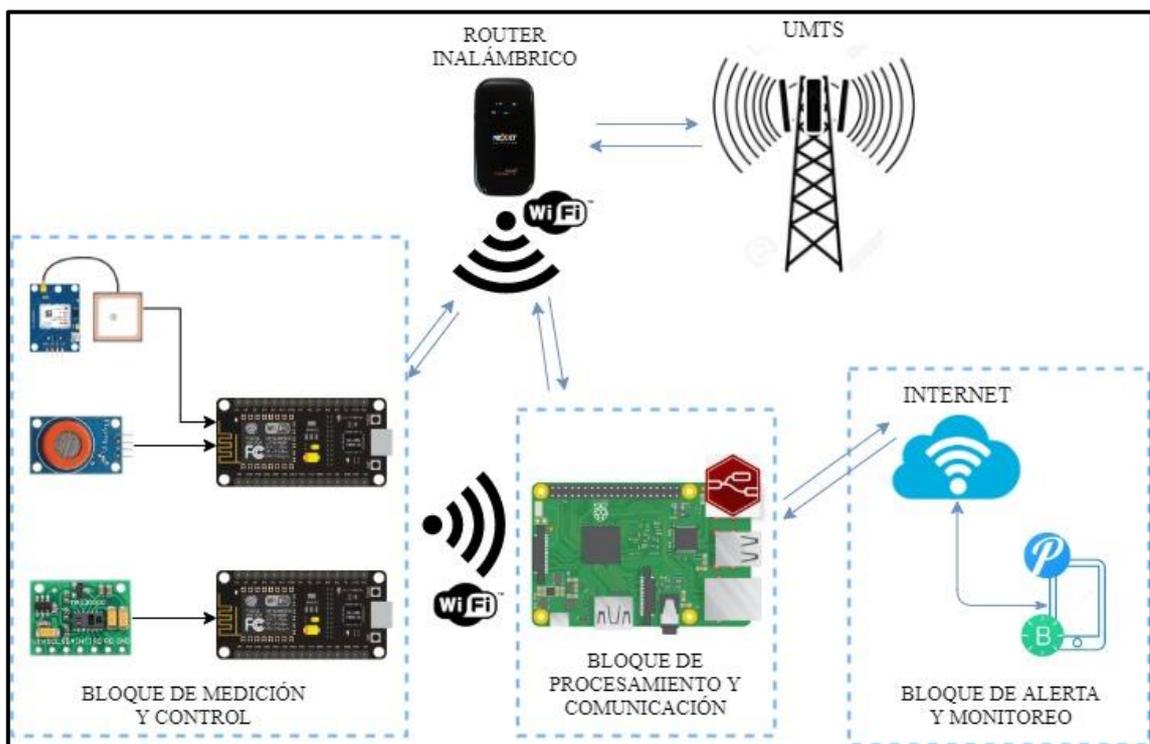
Se ha tomado como referencia la metodología de investigación del análisis cualitativo, debido a que los datos recibidos son heterogéneos pero importantes para poder llegar a la cifra concluyente que será reconocida como principal resultado de la operación.

En este proceso se tomará en cuenta el análisis de la información con artículos relacionados con los niveles de alcoholemia tolerables para el manejo de un vehículo y las sanciones respectivas.

De igual manera se realizará una comparativa rápida con los valores de signos vitales establecidos como normales en una persona adulta, mediante las mediciones de frecuencia cardíaca. Los valores entregados por el prototipo se pueden comparar con los valores que presentan los dispositivos que se encuentran en el mercado para tal cometido.

### 3.3 Arquitectura del sistema

La estructura se divide en tres bloques: bloque de medición y control, bloque de procesamiento y comunicación, bloque de alerta y monitoreo, detallados en el *Gráfico 1-3*.



**Gráfico 1-3.** Arquitectura del sistema  
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

#### 3.3.1 Módulo de control y medición

En este apartado se muestran los dispositivos encargados de obtener la información necesaria para que el dispositivo sea capaz de cumplir con el objetivo propuesto. Por lo tanto, en esta etapa se

encuentran los sensores cuyos datos a obtener, en función del conductor del automóvil, son el nivel de alcohol en la sangre y los latidos por minuto. También se mide la posición aproximada del vehículo que se encuentra en operación, además de los dispositivos alternativos que permitirán el control de encendido del automóvil.

### **3.3.2 *Módulo de procesamiento y comunicación***

El procesamiento de la información obtenida por los sensores utilizados se lo realizará mediante el uso de tarjetas de desarrollo, cuyas características de hardware nos permitirán su tratamiento a través de la programación, con la cual será posible su evaluación, corrección, y acondicionamiento, para posteriormente su ejecución y obtención en su etapa final. Además, la tecnología de comunicación que estas tarjetas de desarrollo nos brindan, permitirá la transferencia de datos desde el módulo inicial hasta el módulo final.

### **3.3.3 *Bloque de alerta y monitoreo***

En esta parte del sistema, se aprecia el monitoreo de la información procesada en una aplicación móvil y la alerta se envía hacia el dispositivo de algún familiar o persona cercana al conductor, la misma que llegará en forma de notificación *push* con la información en caso de que el mismo se encuentre en condiciones no aptas para el correcto manejo del vehículo.

## **3.4 *Dispositivos de hardware a utilizar***

En la actualidad, se puede encontrar en el mercado de la tecnología una gran cantidad de dispositivos hardware que permiten la implementación de proyectos electrónicos que faciliten la solución de problemas del diario vivir. Por lo tanto, es importante conocer las funcionalidades de cada instrumento a utilizar para su correcta elección.

### **3.4.1 *Placas de Desarrollo***

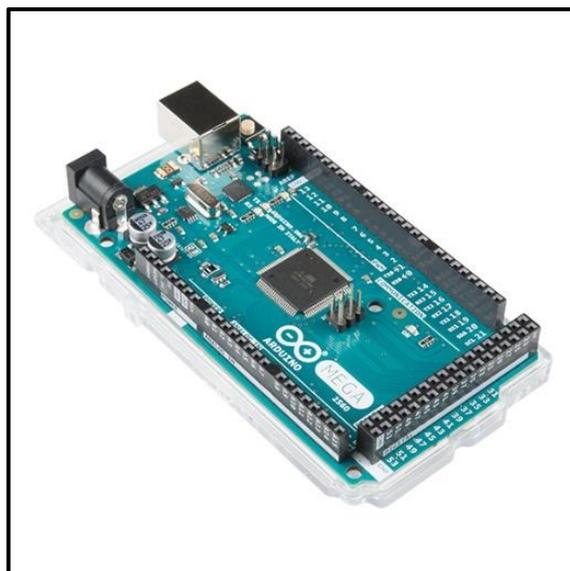
Existe una gran cantidad de herramientas de desarrollo de hardware libre de bajo costo, cuyo objetivo es implementar sistemas electrónicos. Se diferencian principalmente por sus especificaciones técnicas, ya que, en base a este parámetro, se toma en cuenta las aplicaciones que se pueden desarrollar y su costo. Entre las placas de desarrollo comúnmente usadas tenemos:

- ✓ Arduino
- ✓ Raspberry Pi
- ✓ Libelium Waspote

#### 3.4.1.1 *Arduino*

Arduino es una tarjeta de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable. Su programación se basa en el lenguaje C++, lo cual indica que el usuario está frente a una interfaz amigable para desarrollar sus proyectos y así establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores que existen en el mercado, de una manera muy sencilla. (Arduino, 2019)

Existen una gran variedad de modelos de placas Arduino, con características especiales para cada necesidad del usuario. Algunos de ellos son: Arduino UNO, Arduino Leonardo, Arduino Mega, entre otros.



**Figura 1-3.** Arduino Mega 2560  
Fuente: (Arduino, 2019)

### 3.4.1.2 *Raspberry Pi*

Es un ordenador de placa reducida de bajo costo, diseñada con el objetivo de estimular la enseñanza y conocimiento de las ciencias de la computación, además de orientar a los usuarios de todo el mundo a resolver problemas importantes que requieren de procesos informáticos. Su funcionamiento se basa principalmente en el uso de software libre, siendo así su sistema operativo oficial una versión adaptada de Debian, denominada Raspbian. (Raspberry Pi Foundation, 2019)

Desde su lanzamiento en el año 2012, con la primera versión Raspberry Pi 1, ha venido evolucionando hasta el día de hoy presentando su último modelo lanzado en 2019, la Raspberry Pi 4, cuyos esquemas se siguen basando en los modelos A y B.



**Figura 2-3.** Raspberry Pi Modelo 3B  
Fuente: (Raspberry Pi Foundation, 2019)

### 3.4.1.3 *Libelium Waspnote*

Libelium es una empresa que nació con el objetivo de desarrollar sensores inteligentes, actualmente es reconocida por trabajar con redes de sensores inalámbricas y ciudades inteligentes basadas en el principio fundamental de IoT. (Libelium, 2019)

La tarjeta de desarrollo Waspnote, comercializada por Libelium, destaca principalmente en su bajo consumo energético, permitiendo su desenvolvimiento en las aplicaciones anteriormente mencionadas, sin embargo, su desventaja principal es su costo elevado, al igual que la alta dificultad de adquisición para una persona convencional.



**Figura 3-3.** Libelium Waspmote  
**Fuente:** (Libelium, 2019)

### 3.4.2 Comparativa entre Tarjetas de Desarrollo

A continuación, se muestra una tabla comparativa entre las tarjetas de desarrollo tomadas en cuenta para la implementación del dispositivo, haciendo énfasis en sus principales especificaciones técnicas:

**Tabla 1-3:** Comparación entre Tarjetas de desarrollo de hardware libre

Tarjeta de Desarrollo	Raspberry Pi Modelo 3B	Libelium Waspmote	Arduino Mega 2560
			
<b>Dimensiones</b>	82 mm x 56 mm x 19,5 mm	73.5 mm x 51 mm	102 mm x 54 mm
<b>Procesador</b>	ARMv8	ATmega1281	ATmega2560
<b>Velocidad</b>	1200MHz	16MHz	16 MHz
<b>Memoria Flash</b>	microSD hasta 128GB	128 KB	256 KB
<b>Conectividad</b>	Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth	ZigBee, Zigbox, LoRa,4G	No
<b>Pines Analógicos</b>	0	7	16
<b>Pines Digitales</b>	26	8	54
<b>Voltaje de Operación</b>	5V	0.5V - 3.8V	5V
<b>Precio</b>	\$50	\$230	\$30

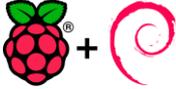
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Tomando en cuenta la aplicación final del dispositivo propuesto, el bajo costo y facilidad de adquisición, se ha elegido la plataforma de desarrollo a la tarjeta Raspberry Pi modelo 3B.

### 3.4.3 Sistema operativo

La plataforma libre Raspberry Pi modelo 3B cuenta con el poder de procesamiento necesario para correr un sistema operativo que permita administrar los dispositivos de hardware del prototipo. Windows y varias distribuciones de Linux son los protagonistas de entre los sistemas compatibles con Raspberry Pi más populares, por lo tanto, en la *Tabla 2-3* se muestran sus características más importantes.

**Tabla 2-3:** Sistemas operativos compatibles con Raspberry Pi

	<b>Raspbian OS</b>	<b>Ubuntu Mate</b>	<b>Windows 10 IoT Core</b>
<b>Sistema Operativo</b>	 <b>Raspbian</b>	 <b>ubuntuMATE®</b>	
<b>Procesador</b>	1000 MHz o mayor bajo arquitectura x86, x64	1000 MHz o mayor bajo arquitectura x86, x64	400 MHz o mayor bajo arquitectura x86, x64
<b>Almacenamiento</b>	8GB	9GB	2GB
<b>Memoria Ram</b>	512MB	2GB	512 MB
<b>Tipo de Soporte</b>	Oficial	Comunidad	Oficial
<b>Conectividad Wi-Fi</b>	SI	SI	SI
<b>Aplicaciones IoT</b>	SI	SI	SI
<b>Licencia</b>	Libre	Libre	0.30 USD mensuales por cada dispositivo

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

En base a lo indicado, se ha seleccionado el sistema operativo Raspbian OS, debido a que es una distribución libre que permite la optimización de aplicaciones basadas en IoT con soporte oficial por parte de sus desarrolladores, además de ser compatible en su totalidad con las especificaciones de la placa Raspberry Pi modelo 3B.

### 3.5 Dispositivos sensores

Los sensores son dispositivos electrónicos capaces de detectar una señal en un ambiente específico, para posteriormente convertirla en otra señal orientada a procesos de medición o monitoreo.

#### 3.5.1 Parámetros de medición

El desarrollo del dispositivo se enfoca principalmente en la medida de dos señales tomadas del conductor del vehículo. La primera y más importante, el nivel de alcohol en la sangre, interpretado a través del gas alcohol y tomado por el aliento. La segunda señal vendrá de los latidos por minuto (LPM), medidos a través de un sensor de pulso. Los sensores escogidos para cada operación se muestran en el siguiente apartado.

##### 3.5.1.1 Sensor de Alcohol

Existen en el mercado sensores capaces de medir la concentración de determinados gases en el ambiente. Hay que destacar que, en esta gama de sensores, encontramos los que son altamente sensibles a los gases como el alcohol, etanol, benceno, butano, metano, entre otros. A continuación, se muestra en la *Tabla 3-3*, la comparación entre sensores de gas disponibles en el mercado.

**Tabla 3-3:** Sensores de Gas MQ

	MQ-3	MQ-7	MQ-138
Sensor			
Características	Detección de gases como el alcohol, etanol. Altamente sensible al etanol.	Ideal para detectar concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) en el aire.	Detección de gases como el benceno, tolueno, alcohol, acetona, propano, formaldeído e hidrógeno.
Aplicaciones	Alcocheck	Calidad del aire	Control de ambiente
Costo	\$5	\$5	\$40

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

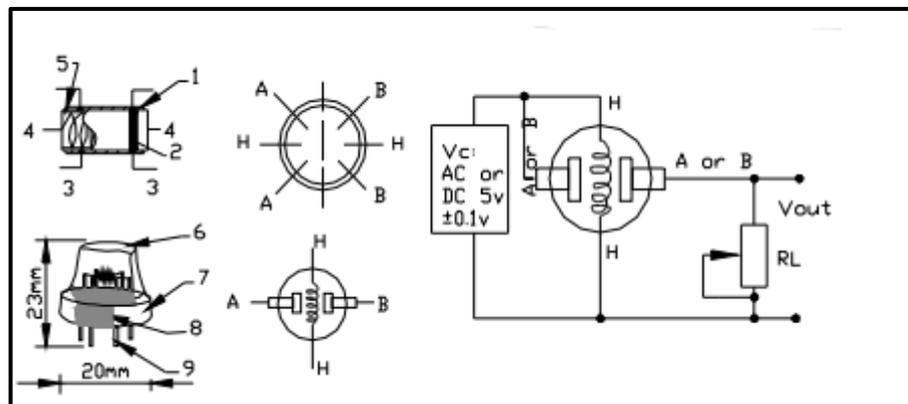
Tomando en cuenta la sensibilidad del sensor MQ-3 para los gases como el alcohol y etanol, además de su bajo costo, se lo ha escogido para la implementación del dispositivo propuesto.

### **SENSOR DE GAS MQ-3**

Este sensor detecta la concentración de alcohol en el aire. Al conectarse a una entrada analógica de un microcontrolador como el ESP8266, podremos medir la concentración de alcohol. Además, posee una salida digital capaz de ser calibrada con un potenciómetro, y un led indicador que se enciende al momento de detectar la presencia de alcohol.

Cuenta con la tapa, el cuerpo y 6 pines de los cuales se utilizan sólo 4 de ellos. Dos de ellos son para el sistema de calefacción, como se muestra en la *Figura 4-3*, marcados con la letra H y los otros 2 son para la conexión de alimentación y de tierra, marcados con las letras A y B.

En el interior del sensor, encontraremos un pequeño tubo, correspondiente al sistema de calefacción compuesto por óxido de aluminio y dióxido de estaño, y dentro de éste hay unas bobinas, encargadas de producir el calor.



**Figura 4-3.** Estructura interna del sensor de gas MQ-3

Fuente: (HANWEI ELETRONICS CO., 2015)

Para configurar la sensibilidad del sensor hacia los distintos gases que pueda detectar, es necesario que sea calibrado de acuerdo con la ficha técnica que se muestra en la *Tabla 4-3*.

**Tabla 4-3:** Especificaciones técnicas del sensor de alcohol MQ-3

Característica	Valor Técnico	Información
Voltaje de alimentación	5V	
Resistencia de carga	200 kΩ	

<b>Resistencia de calefacción</b>	33 $\Omega \pm 5\%$	
<b>Resistencia de sensor</b>	1 M $\Omega$ - 15 M $\Omega$ (0,4 mg/L Alcohol)	Concentración desde 0,05 mg/L – 10 mg/L Alcohol
<b>Potencia de consumo</b>	< 750 mW	
<b>Temperatura de operación</b>	-10°C a 70°C	
<b>Tasa de concentración</b>	$\leq 0,6$	En 0,4 - 1 mg/L
<b>Tiempo de operación continua</b>	24 horas	
<b>Señal de Salida</b>	Resistiva analógica	

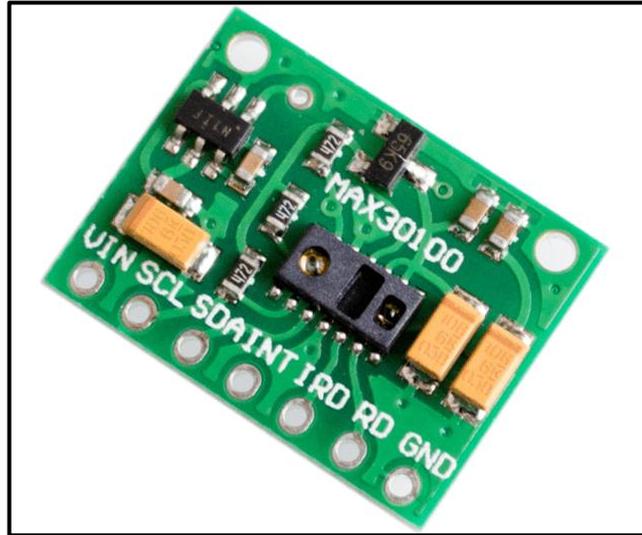
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

### 3.5.1.2 Sensor de Pulso Cardíaco

El funcionamiento de un sensor de pulso cardíaco consiste en interpretar la onda de pulso cardíaco generada por el corazón, ya que el propio bombeo de la sangre genera un pequeño voltaje. Este puede ser medido a nivel de extremidades superiores: en la piel de las muñecas o en las yemas de los dedos, para posteriormente realizar el respectivo cálculo de frecuencia cardíaca. Es necesario tomar en cuenta la disponibilidad y la compatibilidad de sensores de pulso existentes en el mercado con los microcontroladores y placas de desarrollo. A continuación, se presentan las opciones tomadas en cuenta.

#### **MAX30100 PULSE & OXIMETER**

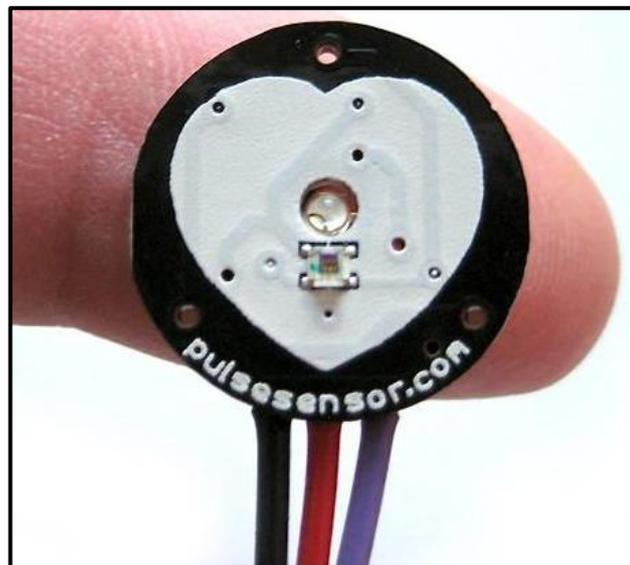
Como se muestra en la *Figura 5-3*, el dispositivo MAX30100, es un sensor de pulso y oxígeno en la sangre muy versátil y de bajo consumo, cuenta con un emisor LED y un fotodiodo, ambos montados en un único elemento sensor. El pulso se detecta midiendo las variaciones en la intensidad de luz medida, mientras que la oxigenación se calcula midiendo la variación de color de la sangre. Para estas operaciones, cuenta con circuitería de precisión y bajo ruido para el procesado de la señal.



**Figura 5-3.** Sensor de pulso y oxímetro MAX30100  
Fuente: (Electron Perdido, 2019)

### PULSE SENSOR AMPED

Es un sensor de pulso cardíaco en cuya estructura se realiza la medición de señal junto con la conversión analógica/ digital (A/D) y amplificación. Es un sensor análogo de frecuencia cardíaca que posee un detector óptico amplificado y circuitería que elimina el ruido. En la *Figura 6-3* se puede apreciar el dispositivo.



**Figura 6-3.** Sensor analógico de pulso cardíaco  
Fuente: (World Famous Electronics llc., 2019)

A continuación, en la *Tabla 5-3* se muestran las especificaciones de los sensores de pulso cardíaco mencionados anteriormente.

**Tabla 5-3:** Sensores de Pulso Cardíaco

Sensor	Pulse Sensor Amped	MAX30100
		
<b>Características</b>	Sensor analógico de pulso permite medir la frecuencia cardíaca.	Sensor de pulso que además permite medir el porcentaje de oxígeno en la sangre.
<b>Voltaje de Operación</b>	3V a 5V	1,8V a 3,3V
<b>Corriente</b>	4 mA	20 mA
<b>Dimensiones</b>	122mm x 52mm x 4mm	5.6mm x 2.8mm x 1.2mm
<b>Costo</b>	\$8	\$10

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Tomando en cuenta las características de estos dos sensores, su bajo costo y la fiabilidad al momento de realizar las mediciones de pulso cardíaco, se ha seleccionado el sensor oxímetro de pulso MAX30100.

### 3.5.2 Módulo GPS

Para conocer la ubicación del vehículo y del conductor en tiempo real, es necesario el uso de un módulo GPS, cuyos datos de coordenadas serán monitoreados por el usuario final a través de cualquier aplicación de posicionamiento en su dispositivo smartphone u ordenador.

#### Módulo GPS NEO U-BLOX

El uso de estos dispositivos radica principalmente en proyectos que requieren de posicionamiento GPS, en lugares abiertos donde se pueda receptar la señal de manera fiable. La ventaja del uso de este módulo es su compatibilidad con una alta gama de microcontroladores existentes en el mercado. En la *Tabla 6-3*, se muestra la comparativa entre las principales características de los modelos de módulo GPS Neo U-blox.

**Tabla 6-3:** Comparativa entre módulos GPS NEO U-BLOX

	NEO 6M	NEO 7M	NEO 8M
<b>Módulo</b>			
<b>Tipo</b>	GPS	GPS, GLONASS	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou.
<b>Voltaje IN</b>	2.7V a 3.6V	1.65V a 3.6V	1.65V a 3.6V
<b>Interfaces</b>	UART, USB, SPI, DDC	UART, USB, SPI, DDC	UART, USB, SPI, DDC
<b>Características</b>	RTC y Oscilador de cristal, cuenta con interrupción externa.	RTC y Oscilador de cristal, antena activa mediante suministro LNA.	RTC y Oscilador de cristal
<b>Canales</b>	50	56	72
<b>Sensibilidad</b>	-161 dBm	-161 dBm	-166 dBm
<b>Precisión</b>	2.5m de error en área horizontal	2.5m de error en área horizontal	2.5m de error en área horizontal
<b>Tiempo de Primera Conexión</b>	27 s	30 s	29 s
<b>Costo</b>	\$15,00	\$25,00	\$50,00

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

De acuerdo con la comparativa mostrada en la *Tabla 6-3*, se ha escogido el módulo NEO 7M, por las prestaciones que ofrece y su bajo costo.

### 3.6 Comunicación entre dispositivos

Para conseguir la convergencia entre dispositivos es necesario que exista la comunicación entre ellos, en este caso, se ha optado por seleccionar las tecnologías inalámbrica y móvil, tanto para la medición de la información, como para la transmisión de los datos hacia el usuario final. Se hará uso de internet para acceder al monitoreo y a la alerta temprana. A continuación, se indican las tecnologías de comunicación tomadas en cuenta.

### 3.6.1 WLAN 802.11

El estándar 802.11 hace referencia a la comunicación inalámbrica mediante conexión Wi-Fi, la cual permite la transferencia de datos en un rango de distancia fiable desde un dispositivo a otro que se encuentre suscrito a la misma red. Existen en el mercado una gran variedad de dispositivos que logran esta conexión debido a que comparten un mismo canal de comunicación síncrona y operan a la misma frecuencia de operación.

La tecnología WLAN se caracteriza por presentar mejoras y cambios con respecto a otras tecnologías inalámbricas, ejemplo: velocidad de transmisión, ancho de banda, alcance, movilidad, etc., brindando al usuario una experiencia de conectividad robusta.

En la *Tabla 7-3*, se muestran con detalle los protocolos principales del estándar 802.11 mencionando las características ofrecidas para establecer un enlace de conexión inalámbrica.

**Tabla 7-3:** Familia de estándares IEEE 802.11

Protocolo IEEE	Año de Publicación	Banda de Frecuencias del ISM (GHz)	Velocidad máxima de transmisión (Mbps)	Alcance en metros		Compatibilidad con estándares anteriores
				Interiores	Exteriores	
802.11 (Legacy)	1997	2.4	2	20	100	-
802.11a	1999	5.7	54	35	120	No
802.11b	1999	2.4	11	38	140	Legacy
802.11g	2003	2.4	54	38	140	Legacy, b
802.11n	2009	2.4 – 5.7	450 y en aumento	70	250	Todos (Legacy, a, b, g)

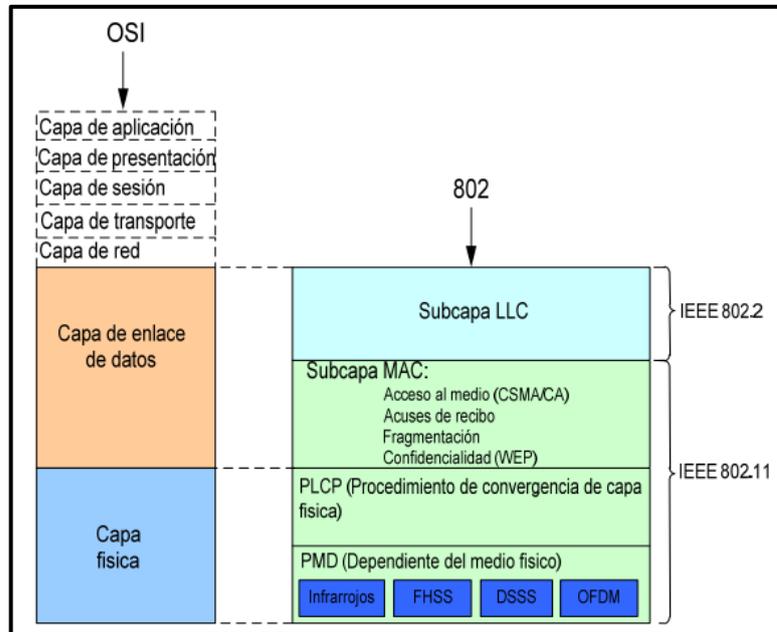
Fuente: (Ribes and Fernández, 2013)

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

#### 3.6.1.1 Arquitectura WLAN 802.11

El estándar IEEE 802.11 se sirve del modelo de referencia OSI (Sistema de interconexión abierto, *Open System Interconnection*), el cual divide la capa de enlace de datos de las redes LAN en dos subcapas: Control de Enlace Lógico (LLC) y MAC. Las capas LLC de los estándares 802.11 y 802 son las mismas con el objetivo de que el funcionamiento sea transparente respecto a las capas

superiores. La subcapa LLC es la encargada de las operaciones de la subcapa MAC y la capa física. La representación de acuerdo con el modelo OSI, se muestra en la *Figura 7-3*.



**Figura 7-3.** Estándar IEEE 802.11 de acuerdo con el modelo OSI

Fuente: (IEEE, 2007)

### 3.6.1.2 Protocolo MQTT

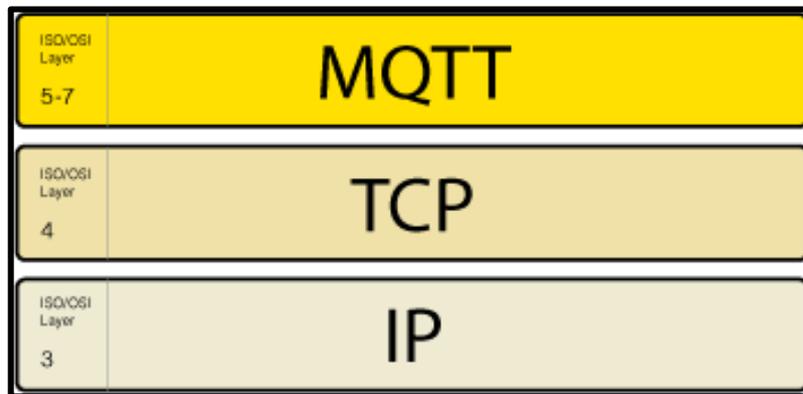
MQTT (Transporte de telemetría de cola de mensajes, *Message Queue Telemetry Transport*), es un protocolo máquina a máquina (M2M) de la capa de aplicación del modelo OSI. Inventado por el Dr. Andy Stanford de IBM y Arlen Nipper de Arcom (ahora Eurotech) en el año 1999, se basa en un protocolo de mensajería de tipo publicación/suscripción,

Una de las ventajas de este protocolo, es que es extremadamente simple y ligero. Por este motivo es orientado a sistemas que requieren poco ancho de banda, tienen una alta latencia y requieren de poco consumo de los dispositivos.

Los objetivos del protocolo MQTT son: minimizar el ancho de banda, la comunicación bidireccional entre dispositivos, minimizar los requerimientos de los dispositivos, tanto de recursos como consumo, y garantizar la fiabilidad sin dejar de lado la seguridad de la información, ya que soporta el cifrado mediante la capa de puertos seguros (SSL); sin embargo, en el instante que se utiliza el cifrado, se añade sobrecarga a la red y a los microcontroladores.

## ARQUITECTURA MQTT

El protocolo se ubica en las capas superiores del modelo OSI y se apoya en TCP/IP. Esto significa que los participantes de una aplicación MQTT deben tener una pila TCP/IP. (Microsoft, 2019)

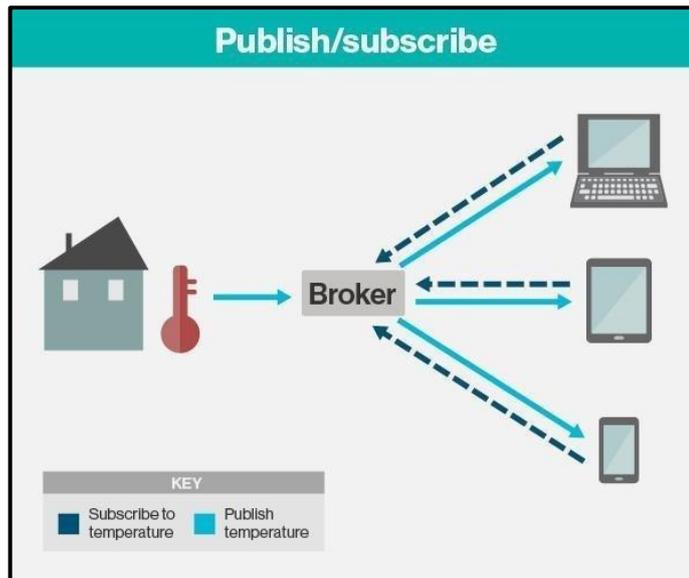


**Figura 8-3.** Ubicación del protocolo MQTT de acuerdo con el modelo OSI

**Fuente:** (Crespo, 2019)

El protocolo presenta tres componentes que operan en torno a un tema, (*topic*) determinado: suscriptor, publicador y bróker. El dispositivo que se registra como bróker se encarga de informar al dispositivo que se registra como suscriptor la información que, el dispositivo registrado como publicador, haya obtenido de acuerdo con un tema en particular. Es así como, el publicador transmite a todos los suscriptores mediante el bróker. El bróker entonces se encarga de comprobar que los suscriptores y publicadores estén autorizados para la transferencia de información.

De acuerdo con este principio, el protocolo MQTT se ha convertido en el ideal para aplicaciones de IoT, ciudades inteligentes y todo tipo de escenarios que requieran de comunicaciones máquina a máquina, ya que representa una solución fiable en casos prácticos que requieran de bajo consumo de recursos, entornos abiertos y alertas tempranas. En la *Figura 9-3*, se muestra el funcionamiento básico del entorno MQTT.

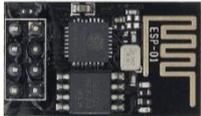


**Figura 9-3.** Entorno de red que utiliza el protocolo MQTT  
**Fuente:** (Crespo, 2019)

### 3.6.1.3 Tarjetas Inalámbricas ESP8266

ESP8266 es un chip integrado con una antena que permite la conexión Wi-Fi y que además es compatible con el protocolo TCP/IP de la capa de transporte del modelo OSI. Fue diseñado con el objetivo de brindar a un microcontrolador el acceso a una red. Las ventajas principales encontradas en este dispositivo son: su bajo consumo de recursos, además de su bajo costo, y su programación es totalmente compatible con el entorno de Arduino IDE, convirtiéndose en una herramienta ideal para aplicaciones IoT. En el mercado existen varias placas basadas en el chip ESP8266, por lo que a continuación se muestra una comparativa, en la *Tabla 8-3*.

**Tabla 8-3:** Comparativa de placas basadas en el chip integrado ESP8266

Placa	ESP-01	Wemos D1 mini	NodeMCU V2
			
<b>Estándar WLAN</b>	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
<b>Voltaje de Alimentación</b>	3V a 3.6V	3.3V	5V
<b>Memoria Flash</b>	1MB	4MB	4MB
<b>SRAM</b>	36KB	64KB	96KB
<b>Velocidad de reloj</b>	80MHz	80MHz a 160MHz	80MHz a 160MHz

<b>Pines analógicos</b>	1	1	1
<b>Pines Digitales</b>	2	11	17
<b>Seguridad</b>	WEP, WPA/WPA2, TKIP, AES	WEP, WPA/WPA2, TKIP, AES	WEP, WPA/WPA2, TKIP, AES y WAPI
<b>Frecuencia Wi-Fi</b>	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
<b>Temperatura de Operación</b>	-40°C ~ 125°C	-40°C ~ 125°C	-20°C ~ 100°C
<b>Costo</b>	\$5	\$10	\$10

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

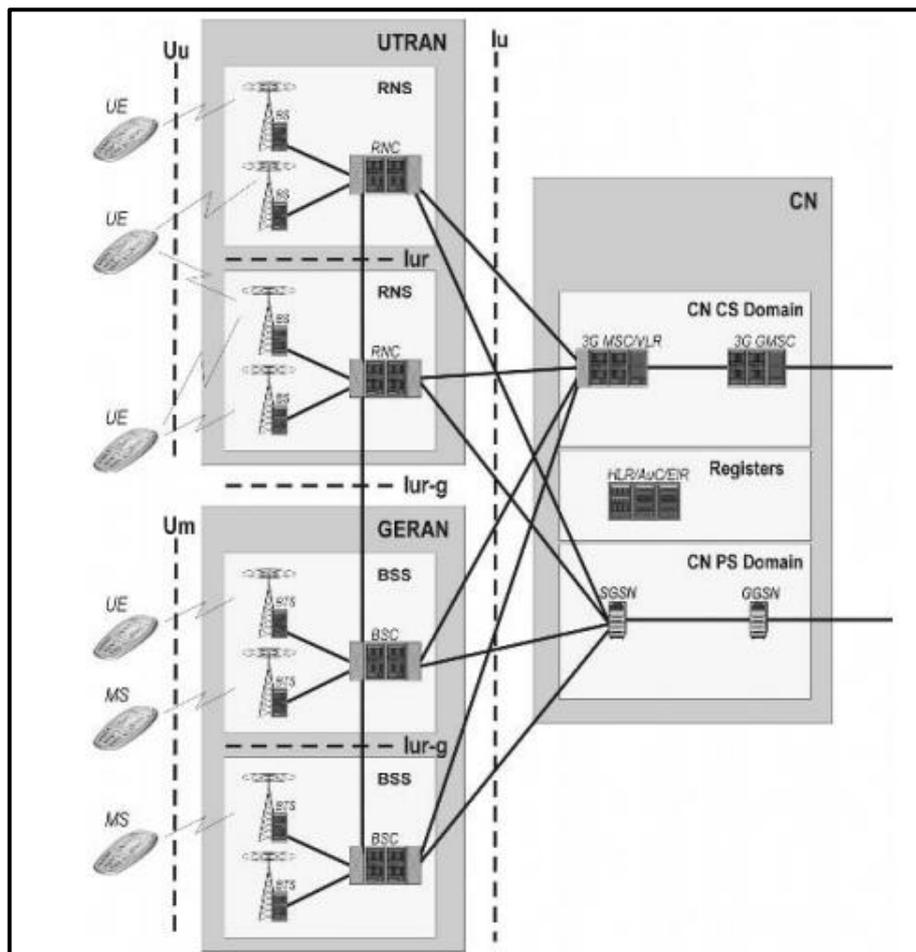
De acuerdo con las prestaciones que muestran las placas analizadas, se ha tomado en cuenta la placa NodeMCU en su versión 2.0, gracias a su bajo costo, bajo consumo de recursos y mejores especificaciones.

### 3.6.2 Redes de Acceso 3G

En el primer capítulo se menciona la evolución de la tecnología celular, demostrando que 3G/UMTS es una tecnología que supone un cambio importante sobre GSM/GPRS, orientada al intercambio de datos a mayores velocidades de transmisión, razón por la cual las operadoras de telefonía celular ofrecen sus servicios a través de esta red.

#### 3.6.2.1 Arquitectura de red UMTS

La tecnología 3G supone un cambio importante en la telefonía celular. Gracias a la técnica de acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA), tiene una mejor eficiencia espectral para ofrecer a los usuarios la posibilidad de tener acceso a internet a través del protocolo IP. La transferencia de datos basada en la conmutación de paquetes se establece en un área de cobertura extensa de acuerdo con la arquitectura de esta red, como se muestra en la *Figura 10-3*.



**Figura 10-3** Arquitectura de la red UMTS.

Fuente: (Kaarainen, Ahtiainen, 2005, p.10)

En comparación con la tecnología GSM/GPRS, se han añadido los siguientes elementos a la estructura de red:

- ✓ UTRAN: Es un nodo en el cual se encuentran los subsistemas de estación base (BS) y el controlador de red de radio (RNC).
- ✓ GERAN: Es un nodo en el cual se encuentra la red central, *Core Network (CN)*, la cual cubre todos los elementos de red necesarios para la conmutación y el control de suscriptores.

### 3.6.2.2 Conexión a Internet

La conexión a internet mediante la tecnología 3G requiere de la implementación de los siguientes elementos:

- ✓ Transporte IP en todo el sistema; desde la BS hasta la puerta de enlace de la frontera de la red.
- ✓ Introducir un subsistema multimedia IP (IMS) para comenzar a utilizar ampliamente varios servicios multimedia.
- ✓ Unificar la interfaz abierta entre y redes centrales.
- ✓ Obtener mayor capacidad en la interfaz aérea UTRAN con respecto al enlace descendente.

Estos cambios implementados con respecto a las tecnologías anteriores permiten que una estación móvil suscrita a la red 3G, pueda tener acceso a internet.

### 3.6.3 Router inalámbrico 3G

Es un dispositivo que cumple la función de brindar conectividad a una red a todos los dispositivos que se encuentren interconectados al mismo. La ventaja principal de un router que funciona a través de la tecnología 3G, es el aprovechamiento de la amplia cobertura que esta ofrece. Su funcionamiento consiste en insertar la tarjeta SIM dentro del router para que este pueda conectarse a la red de la operadora de telefonía celular, la cual brindará el acceso a internet de acuerdo con las características de conectividad ofrecidas en su plan de servicios.

La movilidad de los enrutadores inalámbricos es un punto importante, por lo tanto, existe una gran variedad de modelos en el mercado que cuentan con un suministro de energía basados en baterías de litio recargables, facilitando así su portabilidad.

En la *Tabla 9-3*, se muestra una comparación de modelos de router inalámbricos 3G con alta disponibilidad en el mercado nacional, ya que es importante que cumplan con el proceso de homologación.

**Tabla 9-3:** Routers inalámbricos 3G disponibles en el mercado nacional

	<b>Nexxt Trinity 3G</b>	<b>D-Link DWR-730</b>
<b>Modelo</b>		
<b>Estándares</b>	IEEE 802.11 b/g/n	IEEE 802.11 b/g/n
<b>Frecuencia WLAN</b>	2.4 GHz	2.4 GHz
<b>Seguridad</b>	WPA-PSK/WPA2-PSK	WPA-PSK/WPA2-PSK
<b>Protocolos</b>	UMTS, EDGE, GPRS, GSM, HSPA, HSPA+	UMTS, EDGE, GPRS, GSM, HSDPA, HSPA+, HSUPA

<b>Velocidad de subida de datos</b>	5.8Mbps	5.8Mbps
<b>Velocidad de descarga</b>	21.6 Mbps	21 Mbps
<b>Máximo número de usuarios</b>	8	10
<b>Batería</b>	2000 mAh	2000 mAh
<b>Precio</b>	\$80	\$100

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

El dispositivo Nexxt Trinity 3G cuenta con las características necesarias para brindar la convergencia entre todos los módulos del prototipo, además su costo es menor en comparación con el dispositivo D-Link DWR-730, razón por la cual ha sido seleccionado.

### 3.7 Monitoreo del conductor

Como se ha mostrado en la arquitectura del proyecto, se toma en cuenta la medición de señales basadas en los rangos físicos intrínsecos del conductor, como son: el nivel de alcohol en la sangre, en el caso de haber ingerido y los niveles de frecuencia cardíaca que varían con respecto a las horas de trabajo continuas en el automóvil. Por lo tanto, será necesario visualizar estos datos en tiempo real para que se puedan tomar las medidas de seguridad respectivas. Existe una gran variedad de aplicaciones diseñadas para smartphones, con características que nos permiten visualizar la información tomada por los sensores que se encuentran conectados a la red.

En la *Tabla 10-3*, se pueden apreciar algunas de las aplicaciones basadas en IoT que permiten la visualización de datos de sensores, además de encontrarse disponibles para su descarga gratuita en las tiendas de aplicaciones de Android y iOS.

**Tabla 10-3:** Aplicaciones de monitoreo

<b>Aplicación</b>	<b>Cayenne</b>	<b>Blynk</b>	<b>IoT MQTT Panel</b>
<b>Tamaño</b>	21MB	27MB	19MB
<b>Versión de Android requerida</b>	4.4 y versiones posteriores	4.2 y versiones posteriores	5.0 y versiones posteriores
<b>Versión de iOS requerida</b>	iOS 9.0 o versiones posteriores.	iOS 9.0 o versiones posteriores.	No disponible
<b>Compatibilidad con placas de desarrollo</b>	SI	SI	SI

<b>Compatibilidad con MQTT</b>	SI	SI	SI
<b>Licencia</b>	Libre	Libre	Libre

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Se ha elegido la aplicación Blynk debido a que se encuentra disponible tanto para sistemas iOS como Android, además tiene una mayor compatibilidad con los dispositivos de gama media y baja, que la mayoría de los usuarios poseen.

### 3.8 Alerta temprana

Los resultados de la medición de alcoholemia del conductor se deben mostrar en tiempo real en forma de alerta hacia el familiar o persona cercana al conductor. Por lo tanto, es necesario incluir en el diseño, una aplicación que obtenga la información medida, encapsulada en una notificación en el teléfono móvil del usuario final.

En la *Tabla 11-3*, se muestran algunas de las aplicaciones basadas en IoT, que ofrecen el servicio de notificaciones en tiempo real, disponibles también para su descarga gratuita en las tiendas de aplicaciones de Android y iOS.

**Tabla 11-3:** Aplicaciones de notificación en tiempo real

<b>Aplicación</b>	<b>Pushover</b>	<b>Twilioid</b>
<b>Tamaño</b>	3MB	5MB
<b>Versión de Android requerida</b>	4.2 y versiones posteriores	4.4 y versiones posteriores
<b>Versión de iOS requerida</b>	iOS 9.0 o versiones posteriores.	No disponible
<b>Compatibilidad con aplicaciones IoT</b>	SI	SI
<b>Compatibilidad con MQTT</b>	SI	SI
<b>Licencia</b>	\$5	Suscripción Mensual

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Se ha elegido la aplicación Pushover debido a su compatibilidad con sistemas iOS y Android, además de estar disponible para dispositivos de gama media y baja, y su bajo costo de licencia con un pago único que permita acceder a todos sus servicios.

Esta aplicación requiere la creación de una cuenta de usuario desde la cual podemos gestionar las aplicaciones (API's) que harán uso del sistema de alerta y que se pueden conectar con servicios externos mediante el uso de un código único de identificación.

### 3.9 Diseño del sistema

#### 3.9.1 Diseño del bloque de procesamiento

En el presente apartado se indican las configuraciones realizadas en módulo de procesamiento para el funcionamiento del prototipo.

##### 3.9.1.1 Instalación del sistema operativo

El sistema operativo Raspbian OS se encuentra disponible para su descarga gratuita en formato de imagen ISO, en la página web oficial: <https://www.raspberrypi.org/downloads/>.

Como se muestra en la *Figura 11-3*, Raspbian Buster es la última versión de Raspbian OS que se encuentra en la página web oficial, la cual, en su versión con escritorio, lleva preinstalado software orientado a la educación, programación y uso general de la tarjeta de desarrollo.



**Figura 11-3.** Archivos comprimidos del sistema operativo Raspbian

Fuente: (Raspberry Pi Foundation, 2019)

Los archivos del sistema operativo son colocados en una memoria microSD de 128GB con formato de archivos FAT32, posteriormente se procede a colocar la tarjeta microSD en la ranura correspondiente en la placa computacional, de modo que, al momento de encendido, el sistema sea ejecutado.

### 3.9.1.2 Instalación de Node-RED

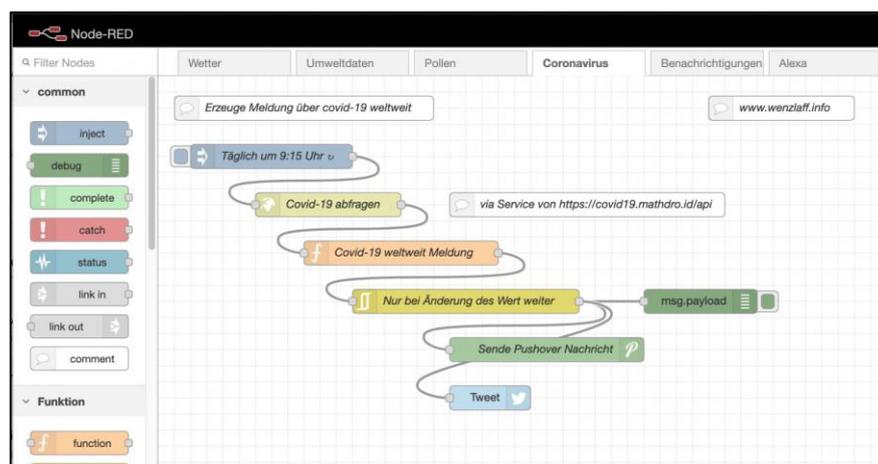
Node-RED, es una herramienta de desarrollo utilizada para la integración de dispositivos de hardware IoT, basada en flujo de código abierto, interfaces de programación de aplicaciones (API) y servicios en línea, desarrollados por IBM Emerging Technology. Es una herramienta gratuita basada en JavaScript, que proporciona un editor de flujo visual basado en navegador.

El sistema contiene *nodos* representados por los iconos apropiados. Funciona de dos modos: arrastrar, soltar y conectar nodos; o mediante la importación de un código JavaScript. (Lekić and Gardašević, 2018, p. 1)

Node-RED puede ser instalado en la placa de desarrollo Raspberry Pi y tiene soporte en Raspbian Buster, la última versión del sistema operativo que se ha instalado en el dispositivo.

En una ventana de terminal de consola, se ha utilizado el siguiente comando `bash <(curl -sL https://raw.githubusercontent.com/node-red/linux-installers/master/deb/update-nodejs-and-nodered)`, para obtener la herramienta en la placa computacional. Una vez instalado, es de suma importancia activar el servicio de autoinicio de la aplicación cada vez que arranque el sistema operativo, con el comando `sudo systemctl enable nodered.service`.

Se puede acceder al entorno gráfico de Node-RED a través de una página web en el navegador, escribiendo la dirección IP de la placa computacional y el puerto utilizado para la conexión, en el caso del dispositivo utilizado tenemos: <https://192.168.0.101:1880>, como se muestra en la *Figura 12-3*.



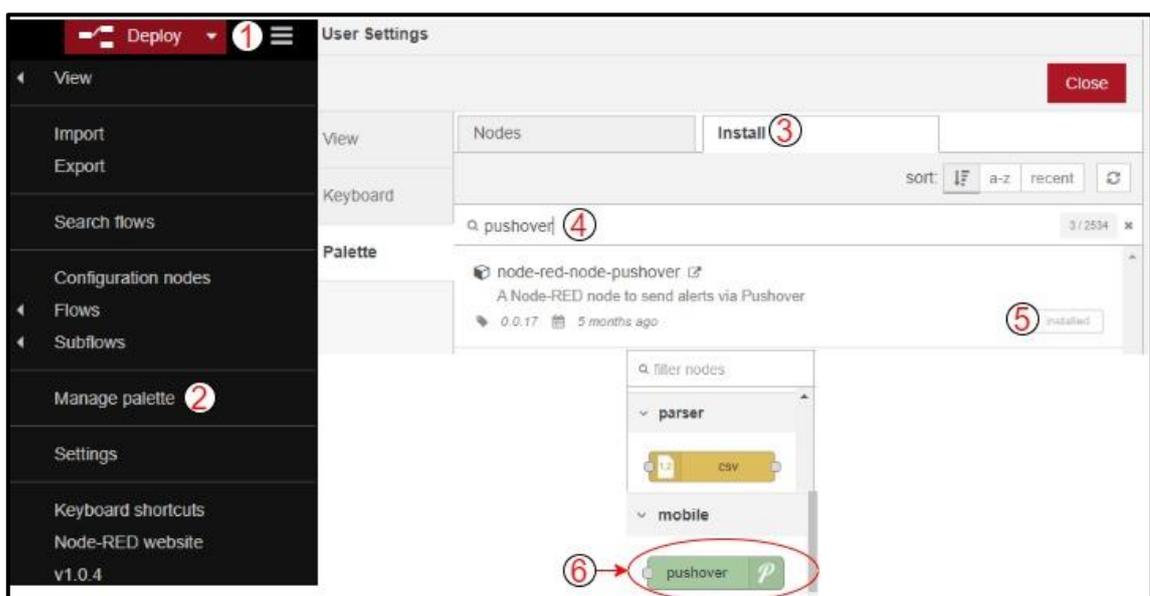
**Figura 12-3.** Entorno gráfico de Node-RED  
Fuente: (JS Foundation, 2020)

Los recuadros, llamados *nodos*, que se pueden observar en la *Figura 12-3*, son los que permitirán la configuración del módulo de control como *bróker*, de modo que reciba los mensajes MQTT enviados desde los módulos de control y medición de alcoholemia y el de medición de frecuencia cardíaca, que posteriormente se conectarán a un nodo de lectura de datos que permitirá el chequeo de los datos recibidos en tiempo real, y finalmente, el nodo de aplicación de notificación para el servicio Pushover.

Los nodos de recepción de mensajes mqtt vienen instalados por defecto en el entorno de Node-RED, sin embargo, el nodo que interconectará nuestro sistema con el bloque de notificación y alerta en Pushover habrá que instalarlo manualmente siguiendo los siguientes pasos:

1. Clic en el botón superior derecho para desplegar el menú de configuración del entorno de Node-RED.
2. Clic en la opción “*Manage palette*” para poder gestionar los nodos instalados por defecto y a su vez, instalar nuevos nodos de acuerdo con las necesidades del usuario.
3. Al hacer clic en la opción “*Install*” se muestra un recuadro de búsqueda en la cual se procede a escribir con el teclado la palabra ‘pushover’ y presionar la tecla Enter.
4. Se muestran entonces varios servicios relacionados con la aplicación Pushover; escoger e instalar la opción en su versión 0.0.17.

Una vez instalado, el nodo de Pushover se muestra en la paleta de nodos que se encuentra en la parte izquierda de la interfaz, como se muestra en la *Figura 13-3*.



**Figura 13-3.** Instalación de nodo Pushover en la plataforma Node-RED  
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

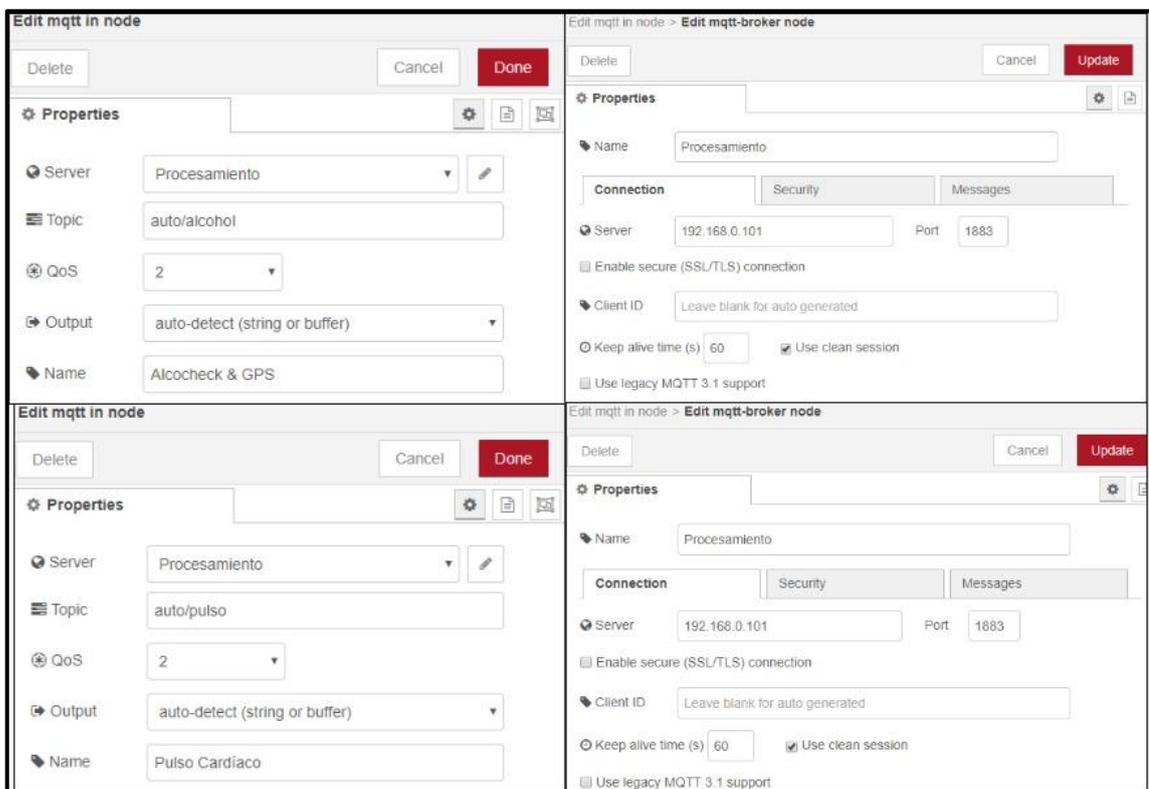
### 3.9.1.3 Configuración de nodos

Como se indica en el apartado anterior, para lograr establecer una conexión MQTT, es necesario iniciar un ‘Topic’, al cual se suscribirán cada uno de los bloques de acuerdo con la función especificada:

- ✓ auto/pulso; Bloque de medición y control (pulso cardíaco)
- ✓ auto/alcohol; Bloque de medición y control (alcoholímetro y GPS)

Cada Topic es configurado en un nodo llamado “*mqtt in*” que se encuentra en la paleta de nodos, el cual recibe los mensajes mqtt transmitidos desde las tarjetas NodeMCU, con la información de los sensores.

Al hacer doble clic en un nodo, se pueden editar sus propiedades, en este caso: el topic, el nombre del nodo y el nivel de QoS. De igual manera, es requerida la configuración del servidor MQTT (bróker), en la que se establecerá el nombre del servidor, el puerto y la dirección IP de la placa Raspberry Pi. En la *Figura 14-3*. se indica la configuración detallada para el dispositivo prototipo.



**Figura 14-3.** Configuración de Nodos Alcocheck & GPS y Pulso Cardíaco  
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

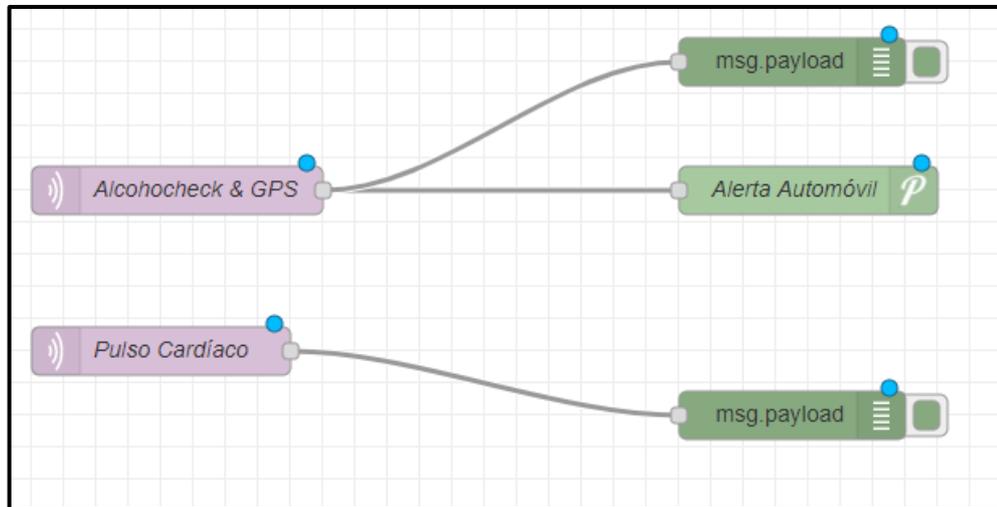
A continuación, se procede con la configuración del nodo Pushover, el cual enviará la información recibida del módulo de control y medición de alcoholemia hacia el teléfono móvil del usuario final en forma de notificación.

Una vez arrastrado el nodo de Pushover hacia el flujo, se procede a configurarlo de manera similar a los nodos MQTT; haciendo doble clic sobre éste, se abrirá un panel de configuración el cual nos permitirá establecer el título de la notificación, el nombre del dispositivo el cual estará suscrito al servicio y las claves de usuario y api.

Al descargar la aplicación en el dispositivo smartphone, es necesario crear una cuenta de usuario, se nos entrega una clave de usuario que permitirá conectarse hacia otros servicios que permitan enlazar este sistema de notificaciones. Al igual que, al crear una aplicación (API), se nos entrega una clave de API que permitirá realizar la misma función. Estas claves serán necesarias entonces para la configuración del nodo Pushover y que puedan recibirse los mensajes MQTT en forma de alerta en el teléfono móvil, a través de Internet. La configuración detallada se muestra en la *Figura 15-3*.

**Figura 15-3.** Configuración del nodo de notificación  
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Para finalizar con la estructura del flujo, desde la paleta de nodos se puede incorporar el nodo “*debug*”, el cual permitirá la visualización en tiempo real de los datos que se encuentran llegando al nodo con el que está conectado. El escenario final se muestra a continuación en la *Figura 16-3*.



**Figura 16-3.** Flujo de funcionamiento del prototipo en Node-RED  
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

### 3.9.2 Diseño del bloque de control y medición

#### 3.9.2.1 Nodo de Control y medición de Alcoholemia

Este nodo se encarga de medir los niveles de alcohol del conductor a través del aliento, además de poder obtener la posición del vehículo mediante el sensor GPS; por lo tanto, la mayor parte del trabajo se encuentra en esta parte del dispositivo, además de que los parámetros medidos en esta etapa están relacionados con los accidentes de tránsito provocados por el consumo excesivo de alcohol antes de conducir, una de las causas probables que más impacto tiene en esta problemática.

#### **SENSOR DE ALCOHOL**

En la *Tabla 12-3* se muestra la conexión respectiva desde los pines del módulo sensor de alcohol, hacia los pines de la tarjeta NodeMCU. El dispositivo sensor se energiza con 5V, entregados por el pin Vin de la tarjeta de desarrollo.

**Tabla 12-3:** Conexión módulo sensor MQ-3 – NodeMCU

<b>PINES SENSOR MQ-3</b>	<b>PINES NODEMCU</b>
VCC	Vin
GND	GND
A0	A0

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

## MÓDULO GPS

El módulo GPS NEO-7M cuenta con 4 pines, distribuidos en el siguiente orden: VCC, RX, TX, GND, dos pines de alimentación y dos de comunicación haciendo uso del puerto serial. En la *Tabla 13-3*, se puede apreciar la distribución y conexión de pines entre el módulo GPS y la tarjeta NodeMCU.

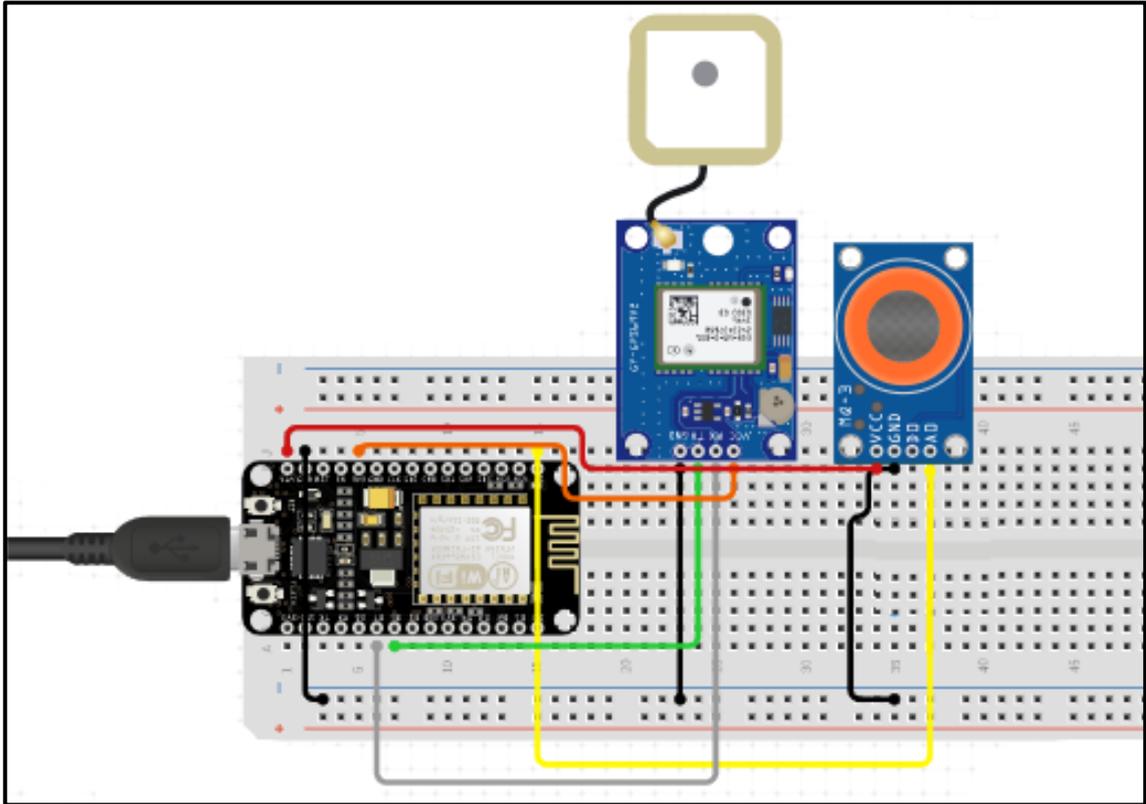
**Tabla 13-3:** Conexión Módulo GPS NEO-7M – NodeMCU

<b>PINES MÓDULO GPS NEO 7M</b>	<b>PINES NODEMCU</b>
Vcc	3V3
RX	D2
TX	D1
GND	GND

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

La programación para el funcionamiento del nodo se la realiza a través del entorno IDE de Arduino, en donde se integra la librería TinyGPS ++ para el correcto funcionamiento del módulo GPS, entregando las coordenadas en función de latitud y longitud, dato que será posteriormente enviado hacia el usuario final junto con el porcentaje de alcohol medido. La programación se detalla en la parte de Anexos.

En la *Figura 17-3*, se muestra con detalle el esquema de implementación del nodo de control y medición de alcoholemia.



**Figura 17-3.** Nodo de control y medición de alcoholemia  
**Realizado por:** Guaranga, E. 2019.

### 3.9.2.2 *Nodo de medición de pulso cardíaco*

Este nodo se encarga de medir los latidos por minuto (LPM) del conductor cuando se posiciona su dedo índice o pulgar sobre el emisor led del sensor. Este parámetro se mostrará mediante un sonido de alerta si el pulso del chofer sale de los valores normales, entre 60 a 100 LPM, lo que significa que la persona se encuentra en un estado de estrés o cansancio. Los valores de LPM pueden ser visualizados en una pantalla OLED y en la aplicación de monitoreo Blynk.

En la *Tabla 14-3* se muestra la conexión respectiva desde los pines del módulo sensor de pulso cardíaco MAX30100, hacia los pines de la tarjeta NodeMCU y la conexión hacia la pantalla OLED para la visualización de datos. El dispositivo sensor se energiza con 3.3V, entregados por el pin 3V3 de la tarjeta de desarrollo.

**Tabla 14-3:** Conexión Sensor MAX30100 – NodeMCU – Pantalla OLED

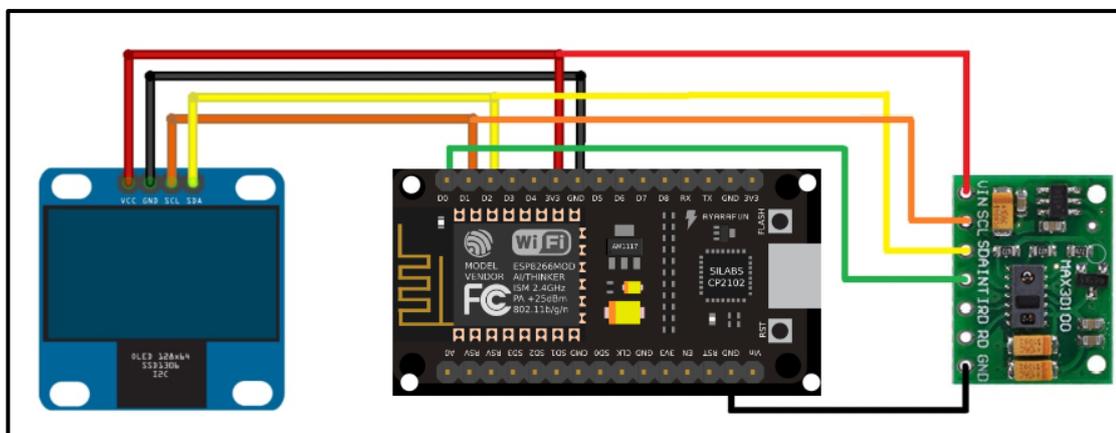
PINES SENSOR MAX30100	PINES NODEMCU	PINES PANTALLA OLED

Vin	3V3	3V3
SCL	D1	SCL
SDA	D2	SDA
INT	D0	
GND	GND	GND

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

La programación para el funcionamiento del nodo se realiza a través del entorno IDE de Arduino, en la cual se integra la librería MAX30100 y la librería BlynkSimple para el correcto funcionamiento del sensor. La visualización de los datos recibidos se puede apreciar en la pantalla OLED al igual que en la aplicación Blynk desde nuestro dispositivo móvil. La programación se detalla en la parte de Anexos.

En la *Figura 18-3*, se muestra con detalle el esquema de implementación del nodo de control y medición de pulso cardíaco.



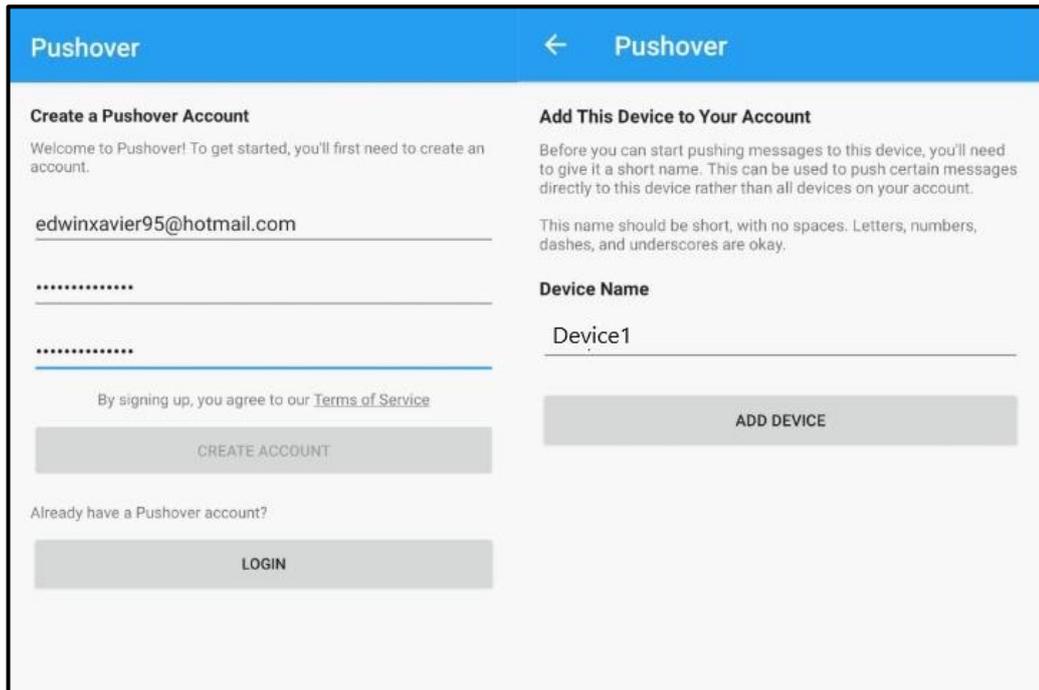
**Figura 18-3.** Nodo de medición de pulso cardíaco  
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

### 3.9.3 Diseño del bloque de alerta y monitoreo

La configuración de este bloque está destinada a las aplicaciones que se encargan de recibir la notificación de alerta y a la aplicación de monitoreo, en el teléfono móvil del usuario final.

### 3.9.3.1 Aplicación Pushover

Como se menciona en el apartado de diseño del bloque de procesamiento, es necesario crear una cuenta en el servicio, tras descargar la aplicación se realiza el registro del teléfono móvil al cual llegarán las notificaciones de alerta. Con una dirección de correo electrónico y una contraseña el usuario obtiene su suscripción en su smartphone. Además, podemos escoger el nombre del dispositivo registrado para su identificación, como se muestra en la *Figura 19-3*.

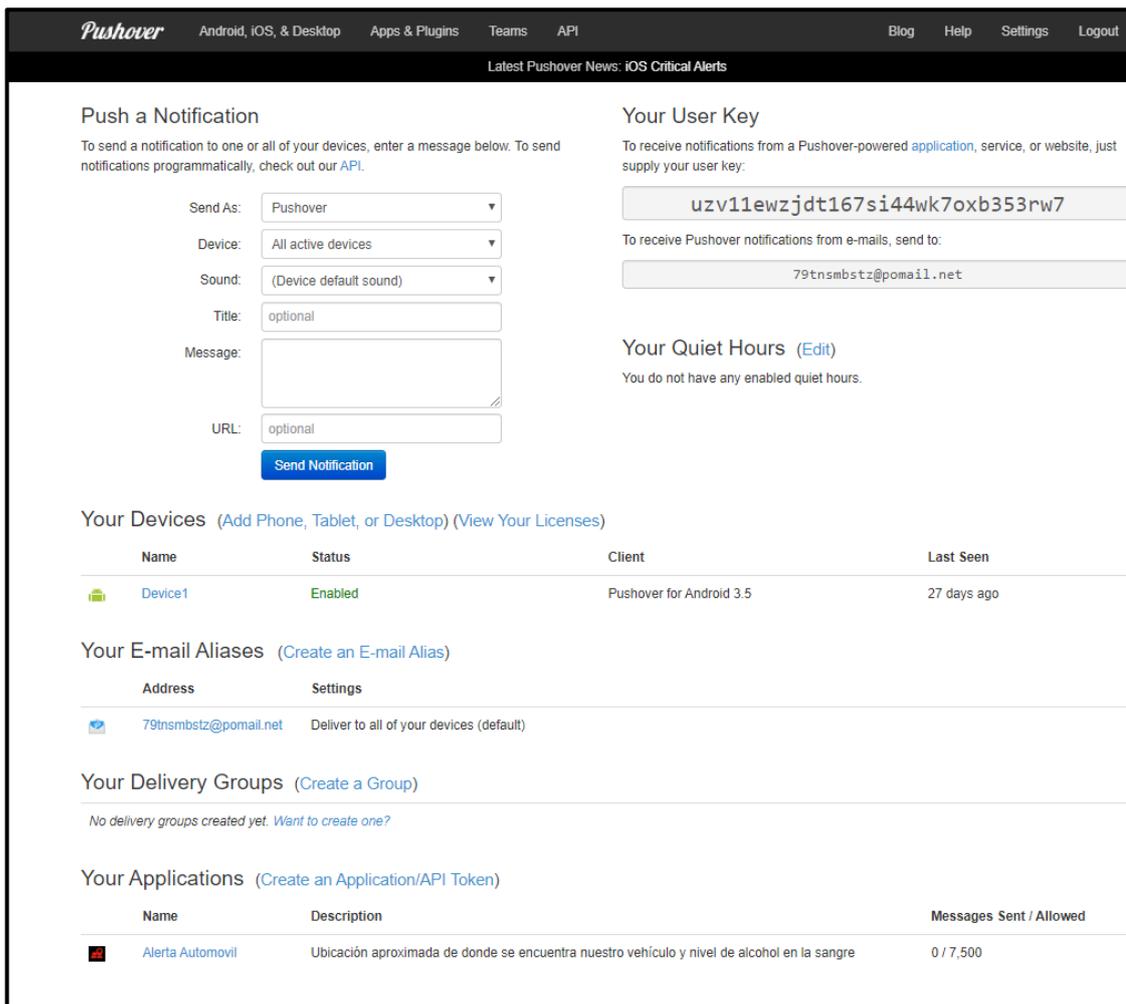


The screenshot shows the Pushover mobile application interface. At the top, there is a blue header with the 'Pushover' logo and a back arrow. The main content is divided into two sections. The left section, 'Create a Pushover Account', includes a welcome message, an email input field containing 'edwinxavier95@hotmail.com', a password input field with masked characters, a link to 'Terms of Service', a 'CREATE ACCOUNT' button, and a 'LOGIN' button. The right section, 'Add This Device to Your Account', provides instructions on naming the device and features a 'Device Name' input field containing 'Device1' and an 'ADD DEVICE' button.

**Figura 19-3.** Registro de cuenta de usuario y nombre del dispositivo  
**Realizado por:** Guaranga, E. 2019.

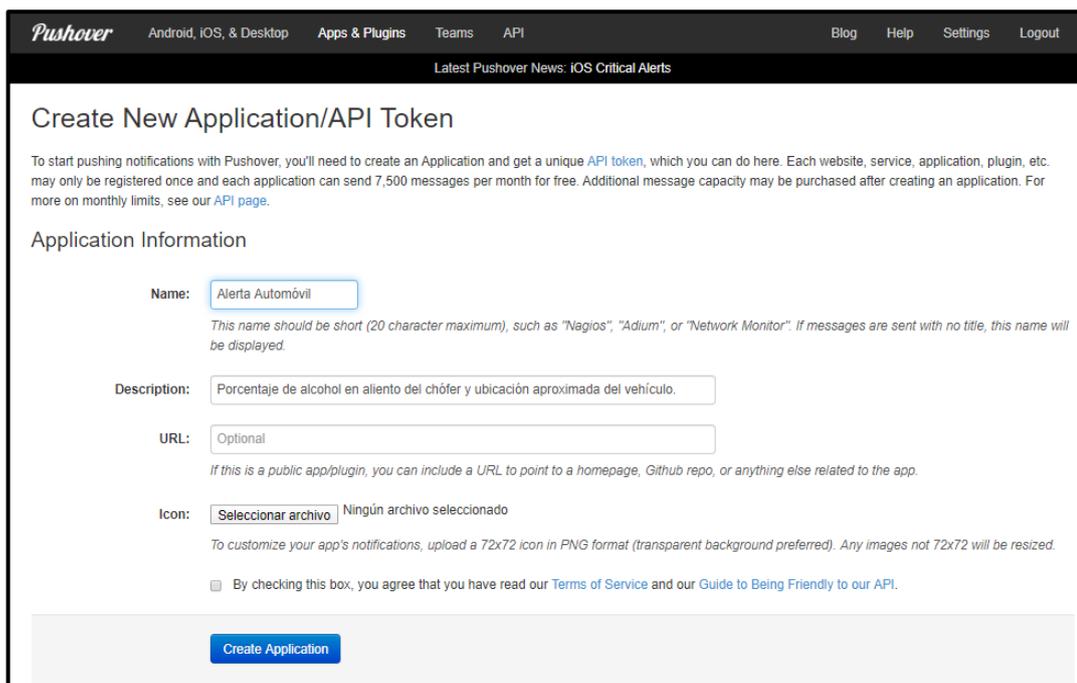
Una vez registrado el teléfono móvil, se accede al panel de control de Pushover mediante el navegador web de un ordenador para poder obtener las claves de usuario y aplicación (API key), necesarias para la conexión con el bloque de procesamiento con Node-RED. A través de la dirección web <https://www.pushover.net/>, se muestra la página principal con la información referente a la aplicación de notificación creada, los dispositivos registrados, grupos de envío, correos electrónicos de referencia y la clave de usuario.

Estos parámetros pueden ser editados de acuerdo con las necesidades del usuario y con el funcionamiento del dispositivo. En la *Figura 20-3*, se muestra la información detallada referente al dispositivo registrado utilizado en el prototipo.



**Figura 20-3.** Panel de control de Pushover en el navegador web  
**Realizado por:** Guaranga, E. 2019.

La aplicación de alerta encargada de identificar los mensajes ha sido llamada *Alerta Automóvil*. Es posible identificarla con una descripción, una URL para conexión con páginas web externas y un ícono distintivo, como se muestra en la *Figura 21-3*.



**Figura 21-3.** Configuración de API de alerta  
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Al crearse la API, se genera automáticamente dentro del menú, la clave de API; ésta será necesaria para la interconexión entre el nodo Pushover y el servicio Node-RED, junto con la clave de usuario antes mencionada.

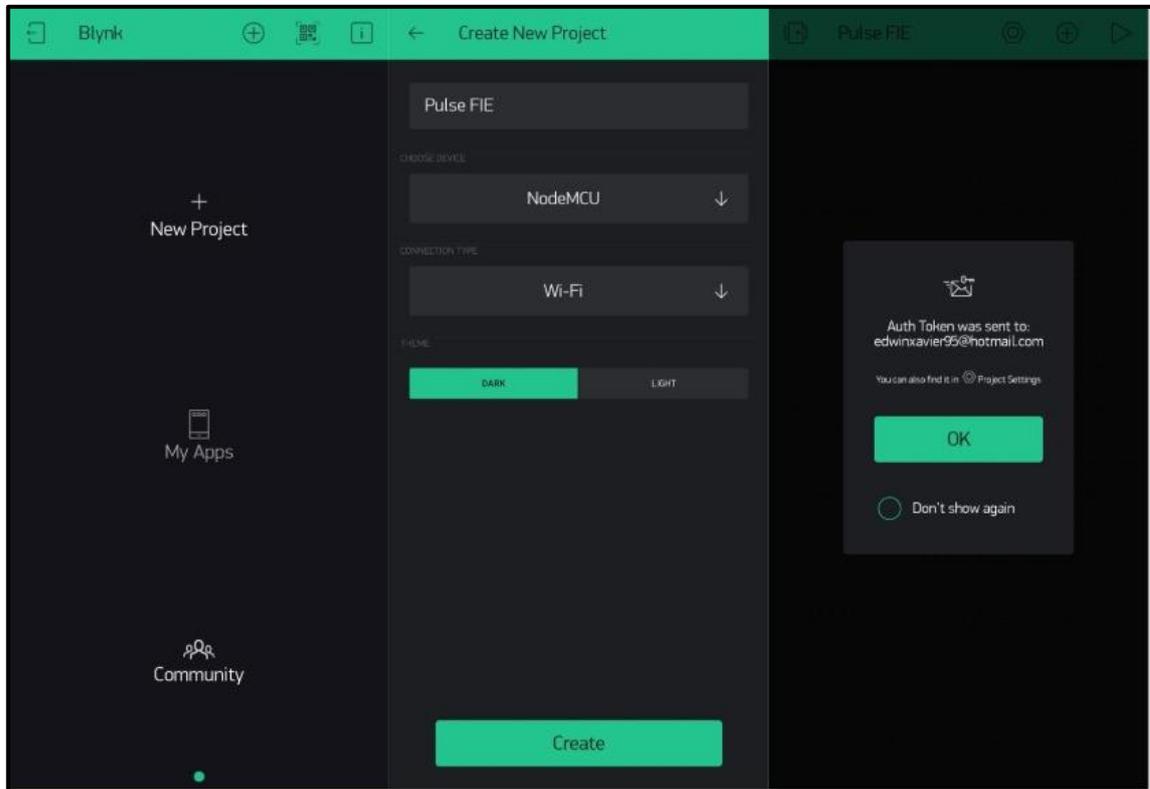
### 3.9.3.2 Aplicación Blynk

Blynk es una aplicación que nos permite monitorear dispositivos basados en IoT. Al igual que la aplicación Pushover, posteriormente a su descarga, es necesario crear una cuenta de usuario con un correo electrónico y una contraseña.

Al hacer clic en “*New Project*”, la aplicación permite al usuario establecer el nombre del proyecto, y escoger la placa de desarrollo sobre la cual se desarrollará el proyecto basado en IoT. Se ha escogido la placa NodeMCU, junto con el nombre “*Pulse FIE*”.

Al hacer clic sobre la opción “*Create*”, automáticamente es enviado un ‘token’, al correo electrónico con el cual se registró el usuario. Este token es un código de identificación con el que la placa de desarrollo NodeMCU se conectará con la aplicación Blynk, mediante la programación en el entorno IDE de Arduino, haciendo uso de la librería ‘BlynkSimpleESP8266’. La programación se detalla en la parte de Anexos.

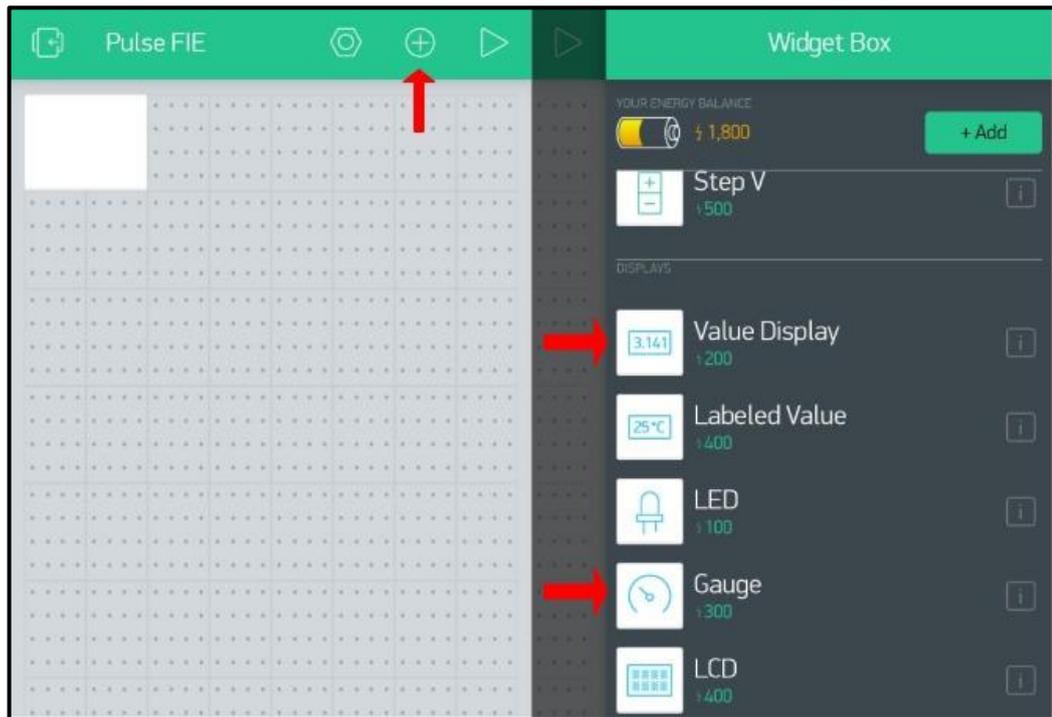
En la *Figura 22-3*, se muestran con detalle los pasos realizados para la configuración inicial de la aplicación Blynk para el monitoreo del pulso cardíaco del conductor.



**Figura 22-3.** Creación de proyecto de monitoreo  
**Realizado por:** Guaranga, E. 2019.

Una vez creado el proyecto, aparece en la aplicación el entorno de trabajo desde el cual se pueden agregar varias herramientas que permitan monitorear los dispositivos asociados con la placa de desarrollo NodeMCU. Al hacer clic en el botón +, se muestra una lista completa de las herramientas que nos ofrece la aplicación de acuerdo con la compatibilidad con la placa de desarrollo que se esté utilizando.

Para que el usuario final consiga una interpretación sencilla de los datos tomados del sensor de pulso cardíaco, se ha escogido las opciones “*Value Display*” (monitor de valores) y “*Gauge*” (medidor), como se muestra en la *Figura 23-3*.



**Figura 23-3.** Entorno de trabajo y herramientas de visualización  
 Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Las herramientas de visualización de datos en la aplicación Blynk funcionan a través de entradas de datos analógicas, digitales y virtuales. En el presente proyecto se ha hecho uso de entradas virtuales debido a que estamos leyendo datos externos tomados de la tarjeta inalámbrica NodeMCU; los valores para *Value Display* y *Gauge* se muestran en la *Tabla 15-2*.

**Tabla 15-3:** Configuración de herramientas de visualización

Parámetros	Pulso Cardíaco		Oxímetro de Pulso	
	<i>Value Display</i>	<i>Gauge</i>	<i>Value Display</i>	<i>Gauge</i>
<b>Nombre</b>	BPM	BPM	SPO2	SPO2
<b>Entrada Virtual</b>	V7	V7	V8	V8
<b>Tasa de Lectura</b>	Push	Push	Push	Push
<b>Rango</b>	120	120	100	100

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Como se puede observar, en la *Tabla 15-3* se ha añadido un valor de lectura para recibir los datos de saturación de oxígeno en la sangre, valor adicional que se puede obtener gracias a una de las funciones del módulo sensor de pulso cardíaco MAX30100. La tasa de lectura de datos se ha establecido en el valor *Push*, debido a que el monitoreo se lo hace en tiempo real al mismo instante que se realiza la lectura en el sensor. Se ha establecido el valor límite de LPM a 120 y en 100 al

nivel máximo de saturación de oxígeno en la sangre. El escenario final se muestra con detalle en la *Figura 24-3*, para que el escenario inicie el proceso de monitoreo es necesario hacer clic en el botón *Play*, ubicado en la esquina superior derecha de la aplicación.

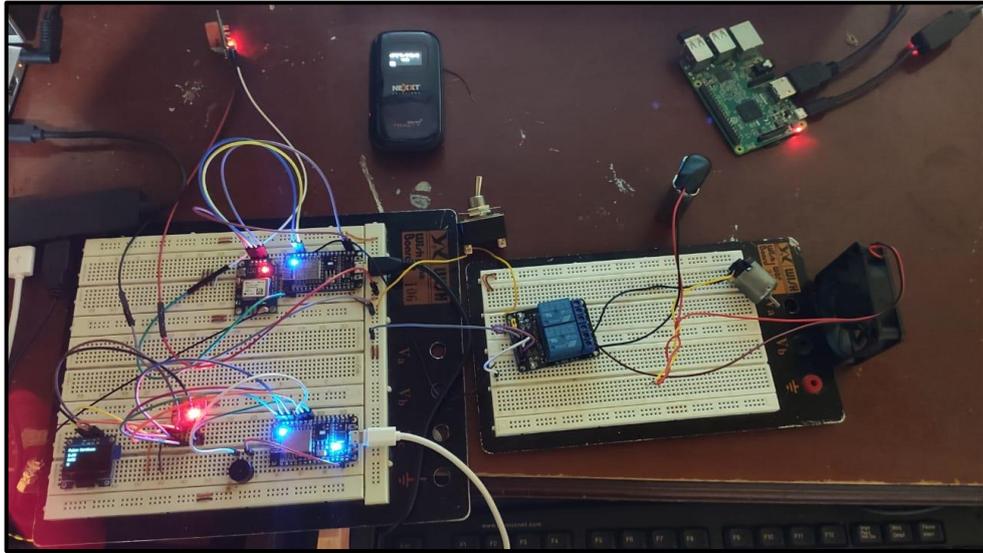


**Figura 24-3.** Escenario de monitoreo de pulso cardíaco

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

### 3.10 Implementación

Luego de haber realizado el diseño del sistema y configurar los dispositivos como los sensores, programación de tarjetas de desarrollo, se procede a la implementación del prototipo de acuerdo con lo expuesto en el apartado de diseño del sistema. El diseño implementado se muestra en la *Figura 25-3*.



**Figura 25-3.** Implementación del Prototipo  
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

## 4. GESTIÓN DEL PROYECTO

En este apartado se exponen los resultados obtenidos de las pruebas de medición, las actividades realizadas a lo largo de la implementación para su obtención; además de los recursos humanos, materiales y financiamiento necesarios utilizados durante el proceso.

### 4.1 Análisis de resultados

Se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de alcoholemia, medición de pulso cardíaco, alerta, monitoreo y ubicación del vehículo.

#### 4.1.1 *Nivel de alcohol en la sangre*

Se ha tomado en cuenta dos tipos de bebidas alcohólicas, cerveza y ron (licor), ejemplares de bebidas que suelen ser consumidas en general.

Para poder iniciar con las mediciones se ha esperado un lapso de 15 a 20 minutos a partir de que la persona empezó a ingerir alcohol, debido a que durante este tiempo el alcohol se va a concentrar

en el organismo del individuo y el aliento provendrá desde su interior, lo que permitirá medidas más precisas.

Las pruebas se han realizado en individuo de sexo masculino de 25 años, con un peso de 80kg, estos resultados se presentan en la *Tabla 1-4*.

**Tabla 1-4:** Datos obtenidos - Alcholeemia

<b>Tipo de Bebida</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Prototipo mg/L</b>	<b>Conducción</b>
<b>Cerveza</b>	< 15 min	0,10	OK
	= 15 min	0,35	STOP
	> 15 min	0,51	STOP
<b>Ron (licor fuerte)</b>	< 15 min	0,30	OK
	= 15 min	0,57	STOP
	> 15 min	0,75	STOP

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Como se puede apreciar, la concentración de alcohol aumenta en el organismo del sujeto de prueba a medida que continúa bebiendo alcohol.

#### **4.1.2 Frecuencia cardíaca**

Se ha comparado las medidas de frecuencia cardíaca obtenidas por nuestro dispositivo, con las medidas tomadas de una pulsera inteligente marca Xiaomi Mi Band 4, dispositivo encontrado muy comúnmente en el mercado, de tal manera que se pueda analizar la fiabilidad y precisión de nuestro sistema.

Las muestras se las ha realizado a una persona de 25 años cuya actividad diaria supone un esfuerzo físico en el que se pueden denotar variaciones en su frecuencia cardíaca. Una vez encendido el dispositivo se ha realizado la comparación entre dispositivos con un total de 45 muestras tomadas que se han distribuido a lo largo del día, en la mañana, tarde y noche, con un intervalo de medición de 4 minutos por cada muestra.

Los datos obtenidos se encuentran expuestos en la *Tabla 2-4*.

**Tabla 2-4:** Datos obtenidos – Frecuencia cardíaca

<b>Hora</b>	<b>N° de Muestra</b>	<b>Prototipo (LPM)</b>	<b>Mi Band 4 (LPM)</b>	<b>Error Absoluto</b>
8H00 - 9H00 AM	1	65	68	3
	2	67	69	2
	3	70	69	1
	4	68	70	2
	5	70	71	1
	6	69	71	2
	7	74	77	3
	8	72	72	0
	9	70	73	3
	10	70	70	0
	11	74	72	2
	12	69	70	1
	13	72	73	1
	14	75	77	2
	15	71	71	0
13H00 - 14H00 PM	16	84	83	1
	17	85	88	3
	18	83	80	3
	19	80	79	1
	20	80	77	3
	21	71	70	1
	22	70	70	0
	23	73	71	2
	24	74	73	1
	25	71	74	3
	26	71	70	1
	27	74	72	2
	28	71	71	0
	29	70	71	1
	30	76	74	2
19H00 - 20H00 PM	31	85	82	3
	32	84	86	2
	33	80	84	4
	34	79	82	3
	35	76	78	2
	36	78	78	0
	37	74	75	1
	38	75	75	0
	39	72	74	2
	40	71	71	0
	41	75	77	2
	42	74	72	2

	43	70	71	1
	44	74	74	0
	45	71	70	1
<b>Desviación estándar</b>		4,97	4,92	1,56
<b>Promedio</b>		73,93	74,33	
<b>Error Absoluto Promedio</b>				

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

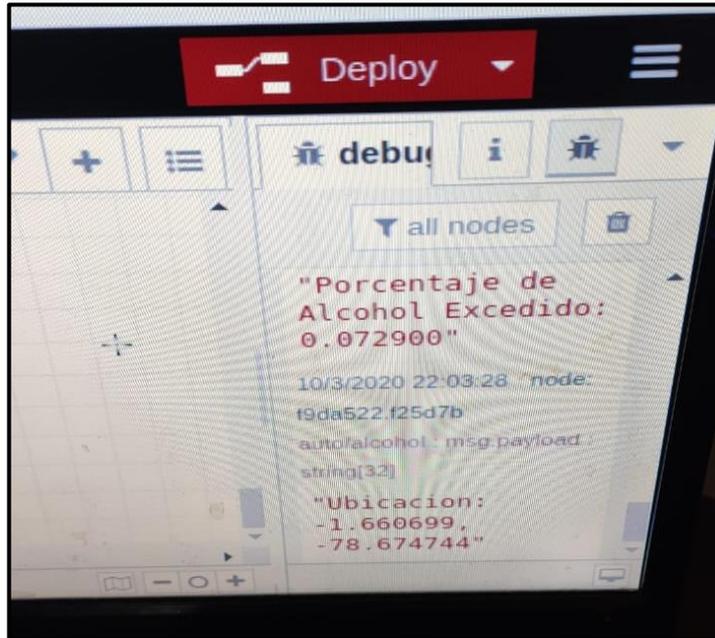
Como se puede apreciar, los datos obtenidos por nuestro sistema muestran una variación aproximada de 0 a 4 puntos de diferencia con respecto a la pulsera inteligente, obteniendo un error absoluto promedio de 1.56 y una desviación estándar que demuestra que los datos no se encuentran muy alejados a la medida. Este análisis nos demuestra que nuestro diseño es un equipo confiable al momento de presentar información certera.

#### 4.1.3 Monitoreo

En este apartado se muestran los resultados del monitoreo de acuerdo con los datos enviados por nuestro sistema. Estos datos son enviados a través de internet mediante el uso de la infraestructura de red UMTS/3G. Se registran los datos de medición de alcohol y ubicación del vehículo, debido a que son los parámetros de mayor importancia e influencia cuando se producen accidentes de tránsito.

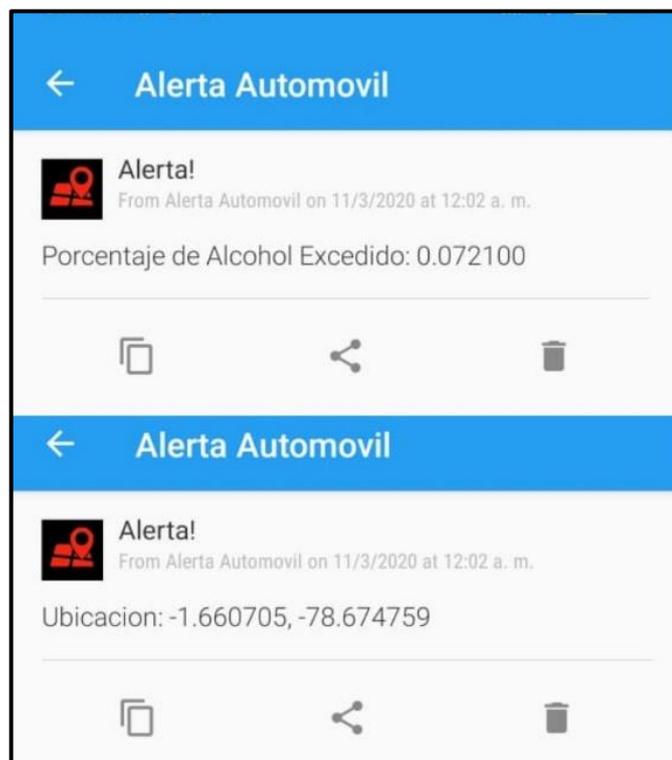
Cuando el automotor no puede encenderse debido a que se ha fallado la prueba de aliento, para conocer la concentración de alcohol en la sangre del conductor se envía su ubicación y el porcentaje de concentración de alcohol que ha sido tomado en el instante de prueba.

Los datos que llegan desde el bloque de control y medición son enviados a través de la plataforma Node-RED que se encuentra instalada en el módulo de procesamiento, como se muestra en la *Figura 1-4*.



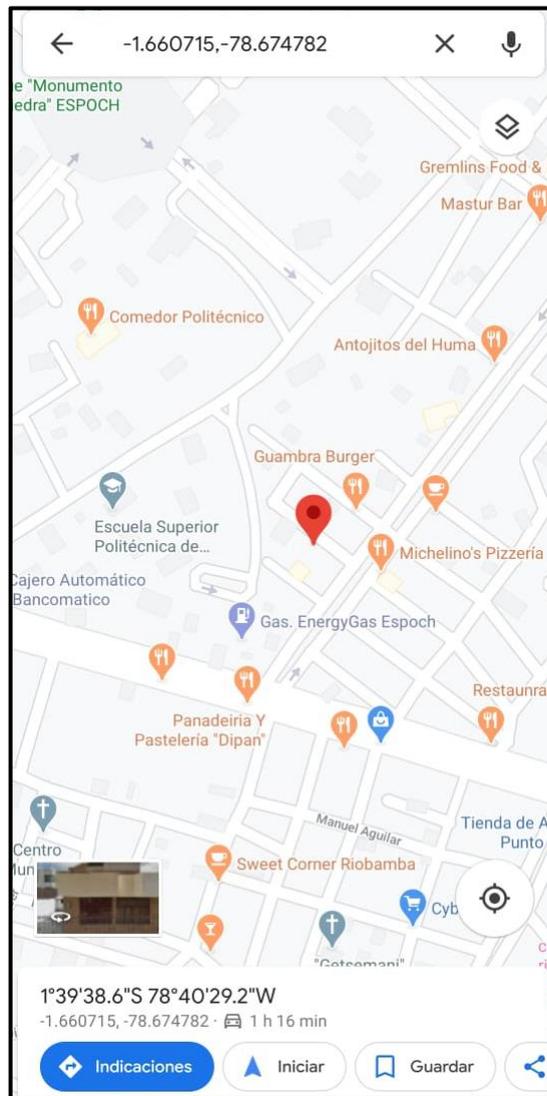
**Figura 1-4.** Datos recibidos en la plataforma Node-RED  
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Los datos son enviados hacia el dispositivo final donde son mostrados al usuario mediante la aplicación Pushover, a manera de alerta temprana, como se muestra en la *Figura 2-4*.



**Figura 2-4.** Notificación en aplicación móvil Pushover  
Realizado por: Guaranga, E. 2019.

La aplicación permite al usuario conocer la ubicación del automóvil mediante las coordenadas dadas en latitud y longitud. Estos valores se pueden colocar en cualquier aplicación de posicionamiento geográfico que tenga el dispositivo smartphone del usuario ya sea iOS, Android u otro sistema operativo móvil. En nuestro caso hemos utilizado la aplicación Google Maps para poder apreciar la ubicación del vehículo, como se muestra en la *Figura 3-4*.



**Figura 3-4.** Ubicación del vehículo mostrada por la aplicación Google Maps.

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

El monitoreo del conductor relacionado con la frecuencia cardíaca se lo ha realizado a través de la aplicación Blynk, cuyos datos receptados al momento de la medición se han podido apreciar de igual manera en esta aplicación ya que son enviados directamente a través de la red UMTS/3G, como se muestra en la *Figura 4-4*.



**Figura 4-4.** Frecuencia cardíaca obtenida en la aplicación Blynk

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

## 4.2 Presupuesto

En la *Tabla 3-4.* mostrada a continuación se detallan los costos de cada uno de los materiales utilizados para lograr la implementación del dispositivo prototipo.

**Tabla 3-4:** Presupuesto de implementación del dispositivo

Material	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Raspberry Pi 3B	1	\$ 50,00	\$ 50,00
NodeMCU	2	\$ 10,00	\$ 20,00
Router Inalámbrico 3G/ Wi-Fi	1	\$ 75,00	\$ 75,00
GPS NEO 7M U-BLOX	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Módulo Sensor MQ-3	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Sensor MAX30100	1	\$ 9,00	\$ 9,00

Relé 2 Canales	1	\$ 3,50	\$ 3,50
Resistencias	10	\$ 0,10	\$ 1,00
Switch	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Tarjeta Micro SD 32 GB	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Chip USIM	1	\$ 3,50	\$ 3,50
Cables USB	3	\$ 3,00	\$ 9,00
Pantalla Raspberry Pi 3B	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Case Pantalla	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Cargador 12V a 5V	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Espadines Macho 20 pines	2	\$ 0,50	\$ 1,00
Pantalla OLED L2C 128X64	1	\$ 10,00	\$ 10,00
LEDs	3	\$ 0,10	\$ 0,30
Batería 5V 20000mAh	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Pack cables jumper	3	\$ 1,50	\$ 4,50
Aplicación móvil Pushover	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Mano de Obra		\$ 30,00	\$ 30,00
Programación		\$ 50,00	\$ 50,00
Transporte		\$ 15,00	\$ 15,00
Varios		\$ 10,00	\$ 10,00
<b>TOTAL</b>			\$ 392,80

Realizado por: Guaranga, E. 2019.

Como se puede apreciar en la *Tabla 3-4.*, el costo total del prototipo es de \$392,80 dólares americanos. Tomando en cuenta las funciones del equipo, el costo final es bajo con relación a otros dispositivos que se encuentran en el mercado.

## CONCLUSIONES

- Se implementó un dispositivo prototipo de alerta temprana utilizando un sistema de comunicaciones inalámbrico y móvil, que permitió el monitoreo del conductor basándose en sus señales biométricas fomentando en el conductor una conducción responsable.
- Con el análisis de los elementos electrónicos utilizados en la comunicación inalámbrica se concluye que estos son los adecuados para la convergencia del sistema mediante una red inalámbrica de suficiente alcance para su operación dentro de un automóvil.
- Se determinó que la prueba de alcoholemia realizada en el dispositivo tiene una fiabilidad del 100%, para lo cual fue necesario la calibración del sensor MQ-3 de modo que sus valores de lectura coincidan con los valores expuestos por la legislación vigente aprobada por la ANT.
- El monitoreo de frecuencia cardíaca del conductor permitió conocer su rendimiento cardiovascular a lo largo del día de modo que, con las pruebas realizadas se obtuvo un margen de error promedio de 1.56, demostrando así su fiabilidad.
- El diseño del dispositivo se enfoca en el aprovechamiento de las tecnologías de comunicación inalámbricas orientadas a la conexión a internet, para tareas de obtención en tiempo real de datos de sensores, con lo cual se identificó los recursos e infraestructura necesaria para lograr su conectividad y operación.
- Mediante la implementación de un servidor MQTT en la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi, se estableció la comunicación con las tarjetas inalámbricas NodeMCU, con la programación de los topic publicador, cuya conexión se establece al enviarse un mensaje, y topic suscriptor que debe mantenerse siempre enlazado para la recepción de información.
- La plataforma Node-RED instalada en la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi, permite la conectividad con aplicaciones de mensajería instantánea, de modo que las notificaciones pueden ser receptadas en un dispositivo móvil compatible desde cualquier lugar que tenga conectividad a internet.
- La red 3G/UMTS es esencial para la convergencia entre dispositivos electrónicos orientados a conectarse a internet, gracias a su robustez y velocidad de transmisión de datos.

- El tiempo de conexión y llegada de alerta a partir de que el dispositivo obtiene la información de los sensores es de 1 segundo, cumpliéndose así con la condición de funcionamiento en tiempo real
- Las tarjetas inalámbricas NodeMCU utilizadas como plataforma de desarrollo tienen una alta fiabilidad en este tipo de proyectos, ya que utiliza el mismo entorno de desarrollo integrado que las plataformas Arduino, esto conlleva a tener una alta compatibilidad con dispositivos y aplicaciones disponibles en el mercado.
- El dispositivo tiene un costo de fabricación de 392.80 dólares americanos, lo que permitió determinar que su coste es relativamente bajo para las prestaciones que este ofrece, con relación a otros equipos encontrados en el mercado.

## RECOMENDACIONES

- Al momento de diseñar este tipo de proyectos, verificar que el sistema operativo que se encuentre instalado en la Raspberry Pi esté actualizado, ya que los comandos de instalación de complementos para las plataformas Node-RED y Pushover, e inclusive la compatibilidad con otros microcontroladores, pueden variar de acuerdo con la versión disponible.
- Para proyectos enfocados en aplicaciones de IoT, se recomienda en un futuro utilizar la infraestructura celular de quinta generación 5G, ya que ofrece nuevos estándares que permitirán un mejor rendimiento y conectividad a gran escala con una latencia mínima para este tipo de dispositivos.
- La ubicación del sistema debe ser de preferencia en un área central del tablero de la cabina del vehículo de modo que el conductor pueda utilizar el dispositivo con comodidad y sin problemas.

## GLOSARIO

**Biométrico:** Relativo a la biometría cuyo estudio estadístico está relacionado con los fenómenos o procesos biológicos. (Diccionario de la Lengua Española, 2019)

**Homologación:** Efecto de homologar, que se refiere a la autorización y registro de determinadas especificaciones y características de un objeto o acción. (Diccionario de la Lengua Española, 2019)

**Interpolación:** Cálculo del valor aproximado de una magnitud en un intervalo cuando se conocen algunos de los valores de entre los lados de dicho intervalo. (Diccionario de la Lengua Española, 2019)

**Javascript:** Es un lenguaje de programación ligero con soporte orientado a objetos con funciones de primera clase. (Mozilla Developers, 2019)

**Psicofísico:** Disciplina que estudia las relaciones entre la magnitud de los estímulos físicos y la intensidad de las sensaciones que producen. (Diccionario de la Lengua Española, 2019)

**Roaming:** Itinerancia en español, es un servicio que permite a los usuarios utilizar los beneficios de una operadora móvil cuando se encuentran fuera del área de servicio local de la propia compañía. (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)

**Telemetría:** Conjunto de técnicas para la medida a distancia de magnitudes físicas. (Diccionario de la Lengua Española, 2019)

**Tetraisoquinolinas:** Variante de un alcaloide cuya acción directa se encuentra relacionada en la relajación de la musculatura liso vascular. (Biblioteca Virtual en Salud, 2019)

**Transeptor:** Es un dispositivo que cuenta con un transmisor y receptor que comparten las características del circuito en su interior. (Bernal Leal, 2019)

## BIBLIOGRAFÍA

**AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES.** *Roaming Nacional Automático* [en línea]. [Consulta: 3 julio 2019]. Disponible en: [https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/Roaming-Nacional\\_BV\\_V2.pdf](https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/Roaming-Nacional_BV_V2.pdf).

**AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO DEL ECUADOR.** *Estadísticas de siniestros de tránsito.* [en línea]. [Consulta: 3 julio 2019]. Disponible en: <https://www.ant.gob.ec/index.php/estadisticas>.

**AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO DEL ECUADOR.** *Siniestros por causas probables en el año 2019.* [en línea]. [Consulta: 25 julio 2019]. Disponible en: <https://www.ant.gob.ec/index.php/estadisticas>.

**ALONSO, F.; ESTEBAN, C; & TOLEDO, F.** *Manual de seguridad vial: el factor humano* [en línea]. S.l, 2004. [Consulta: 3 julio 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Alonso3/publication/260789893\\_Manual\\_de\\_seguridad\\_vial\\_El\\_factor\\_humano/links/5aec153fa6fdcc8508b6ee82/Manual-de-seguridad-vial-El-factor-humano.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Alonso3/publication/260789893_Manual_de_seguridad_vial_El_factor_humano/links/5aec153fa6fdcc8508b6ee82/Manual-de-seguridad-vial-El-factor-humano.pdf).

**APRENDIENDO ARDUINO.** *¿Qué es IoT?* [blog]. [Consulta: 4 enero 2020]. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/11/que-es-iot-2/>.

**ARDUINO.** *Arduino.* [blog]. [Consulta: 4 enero 2020]. Disponible en: <https://arduino.cl/producto/arduino-mega-2560/>.

**BERNAL LEAL, I.** Diseño e implementación de un transceptor SDR (Trabajo de Titulación) [en línea]. (Pregrado) Universitat Politècnica de València, Valencia, España. 2019. p.23. [Consulta: 7 febrero 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/127142>.

**BIBLIOTECA VIRTUAL EN SALUD.** *Definición: Isoquinolinas.* [blog]. [Consulta: 7 febrero 2020]. Disponible en: [http://decs.bvsalud.org/cgi-bin/wxis1660.exe/decserver/?IsisScript=../cgibin/decserver/decserver.xis&previous\\_page=homepage&task=exact\\_term&interface\\_language=e&search\\_language=e&search\\_exp=Isoquinolinas](http://decs.bvsalud.org/cgi-bin/wxis1660.exe/decserver/?IsisScript=../cgibin/decserver/decserver.xis&previous_page=homepage&task=exact_term&interface_language=e&search_language=e&search_exp=Isoquinolinas).

**CABRERIZO, J; & PÉREZ, F.** *Manual para la investigación y reconstrucción de las causas de accidentes de tráfico*. S.l.: Madrid, España: Wolters Kluwer España, 2016. ISBN 9788490205709, pp. 51-53.

**CAMPO, S; et al.** *Lo que hay que saber sobre drogas*. S.l.: Ciudad de México, México: Centros de Integración Juvenil, 2018. ISBN 9786077917175, pp. 26-28.

**CANTÚ, H.G.** "Alcohol: cuánto es demasiado". *El Cotidiano* [en línea]. 2006. p. 79. [Consulta 22 febrero 2020]. ISSN: 0186-1840. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32513208>

**CERP-IOT.** "Internet of Things Strategic Research Roadmap - European Commission". *Aerospace Technologies and Applications for Dual Use*, January, 2008. pp. 9. [en línea] Disponible en: [http://ec.europa.eu/information\\_society/policy/rfid/documents/in\\_cerp.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/documents/in_cerp.pdf).

**CONSTANTE, N.** Accidentes de Tránsito producidos por Imprudencia y Negligencia de Conductores y Peatones. (Trabajo de Titulación) [en línea]. (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2016. p. 18. [Consulta:10 febrero 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13253/1/T-UCE-0013-Ab-167.pdf>

**CRESPO, J.E.** *Arduino Open-Source Community*. [en línea]. [Consulta:10 febrero 2020]. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/19/mqtt/>.

**DEFENSORÍA PÚBLICA DEL ECUADOR.** Reglamento a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre y Seguridad Vial [en línea]. vol. 2, no. 5, 2009. pp. 55-56. [Consulta:10 febrero 2020]. Disponible en: [https://www.defensoria.gob.ec/images/defensoria/pdfs/lotaip2014/info-legal/Reglamento\\_ley\\_organica\\_transporte\\_terrestre.pdf](https://www.defensoria.gob.ec/images/defensoria/pdfs/lotaip2014/info-legal/Reglamento_ley_organica_transporte_terrestre.pdf).

**DELGADO REYES, G; & VALDEZ, J.** *Sistemas de Telecontrol por Internet*. Editorial Académica Española, 2012. ISBN 3659021016 9783659021015. pp. 42-43.

**DIARIO EL COMERCIO.** *Actualidad Accidentes de tránsito*. [en línea]. [Consulta: 13 enero 2020]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/accidentes-transito-muertes-heridos-quito.html>.

**DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA.** *Biometría: Definición*. [en línea]. [Consulta: 27 enero 2020]. Disponible en: <https://dle.rae.es/biometría?m=form>.

**DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA.** *Homologar: Definición*. [en línea]. [Consulta: 18 enero 2020]. Disponible en: <https://dle.rae.es/homologar>.

**DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA.** *Interpolar: Definición*. [en línea]. [Consulta: 22 enero 2020]. Disponible en: <https://dle.rae.es/interpolar?m=form>.

**DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA.** *Psicofísico: Definición.* [en línea]. [Consulta: 25 enero 2020]. Disponible en: <https://dle.rae.es/psicofísico>.

**DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA.** *Telemetría: Definición.* [en línea]. [Consulta: 26 enero 2020]. Disponible en: <https://dle.rae.es/telemetría?m=form>.

**DIINSEL S.A.** *ALCOTEST 6810-DOT DE DRÄGER.* [en línea]. [Consulta: 24 enero 2020]. Disponible en: <http://www.diinsel.com/alcoholímetros-portátiles.html>.

**DUQUE, R.A.** "Reacciones fisiológicas y neuroquímicas del alcoholismo". *DIVERSITAS* [en línea], 2005. p.140 [Consulta: 3 julio 2019]. Disponible en: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/diver/v1n2/v1n2a03.pdf>.

**EL-RABBANY, A.** *Introduction to GPS: The Global Positioning System.* Boston, London: Rtech House Mobile Communications Series, 2002. ISBN 9783540773405, p. 15.

**ESCALONA, I.** *Transductores y sensores en la automatización industrial.* S.l.: El Cid Editor, 2007, p. 7.

**FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, R; et al.** *Redes inalámbricas de sensores: teórica y aplicación práctica.* Logroño, España: Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2009. ISBN 9788469230077, p. 17.

**FUNDACIÓN MAPFRE.** *Sueño y fatiga, y su influencia al volante.* [en línea], Madrid, España: Fundación MAPFRE, 2018. pp. 52-54. [Consulta: 3 febrero 2020]. Disponible en: [https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es\\_es/programas/seguridad-vial/movilidad-segura-salud/temas-conduccion-segura/enfermedades-neurologicas/sueno-fatiga.jsp](https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/programas/seguridad-vial/movilidad-segura-salud/temas-conduccion-segura/enfermedades-neurologicas/sueno-fatiga.jsp).

**GARCÍA, A; & BARRIGA, A.** "Curso Práctico de Sistemas Empotrados Basado en Placas de Desarrollo XUPV2P". *IEEE-RITA* [en línea], 2012, vol. 7, pp. 231-237. [Consulta: 4 febrero 2020]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7140314>

**GEODESICAL GUATEMALA,** GPS Submétrico CHC LT 700H GNSS. [en línea]. Disponible en: <https://geodesical.com/tiendas/guatemala/gps-topograficos-submetricos/244635-Gps-Submetrico-CHC-LT-700H-GNSS.html>.

**GONZÁLEZ GARCÍA, A.J.** *IoT: Dispositivos, tecnologías de transporte y aplicaciones (Trabajo de Titulación)*[en línea]. (Pregrado) Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona, España. 2017. pp. 73. [Consulta: 4 febrero 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10609/64286>.

**HANWEI ELETRONICS CO., L.,** Technical Mq-3 Gas Sensor. *Technical Data* [en línea], 2015. pp. 3-4. Disponible en: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/MQ-3.pdf>.

**HEIKKI KAARANEN, V; et al.** *UMTS NETWORKS - Architecture, Mobility and Services*. Second edition, 2005. ISBN 978-0-470-01105-8, p.10.

**HUERTA, E; et al.** *GPS. Posicionamiento Satelital*. Rosario, Argentina: UNR Editora, 2005. ISBN 950-673-488-7, p12.

**IEEE Std 802.11™.** *Revision of IEEE Std 802.11-1999*

**INGA ORTEGA, E.M.** "La telefonía móvil de cuarta generación 4G y Long Term Evolution". *Ingenius*, no. 4, 2010, ISSN 1390-650X. DOI 10.17163/ings.n4.2010.01. p. 5.

**JS FOUNDATION.** Ejemplo de Escenario en Node-RED. [en línea]. Disponible en: <https://nodered.org/>.

**LEKIĆ, M; & GARDAŠEVIĆ, G.** "IoT sensor integration to Node-RED platform". *2018 17th International Symposium on INFOTEH-JAHORINA, INFOTEH 2018 - Proceedings*, 2018, pp. 1-5.

**LEMA, E.** SISTEMA DE BLOQUEO VEHICULAR MEDIANTE ALCOHOLÍMETRO ELECTRÓNICO Y NOTIFICACIÓN POR COMUNICACIÓN MÓVIL (Trabajo de Titulación) [en línea]. (Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Ambato, Ecuador. 2018. p.18. [Consulta: 6 febrero 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28725>

**LI, S., XU, L. Da & ZHAO, S.** "5G Internet of Things: A survey". *Journal of Industrial Information Integration*, 2018, vol. 10, pp. 1-9. ISSN 2452414X. DOI 10.1016/j.jii.2018.01.005.

**LIBELIUM.** Waspnote. [en línea]. [Consulta: 15 enero 2020]. Disponible en: <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/waspnote>.

**LOSSETI, O; et al.** "Accidentes de tránsito: consideraciones médico-legales lesionológicas y tanatológicas". *Cuadernos de Medicina Forense Año 2, N°3*, 2005, pp. 7-8.

**MANUEL AUREANO S.R.L,** SISTEMA GPS DOBLE FRECUENCIA. [en línea]. Disponible en: <https://www.manuelaureano.com.ar/productos.php?typ=2&styp=23>.

**MARTÍNEZ PONS, J; & PRADA PÉREZ DE AZPEITIA, F.** "Alcohol y alcoholímetros: Historia, fundamentos científicos y aplicación didáctica". *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 2003, no. 1, pp. 53-62. ISSN 1575-3417.

**ELECTRON PERDIDO.** MAX30100 Sensor De Pulso Y Oxigenación (Ref: 0235) [en línea], 2019. Disponible en: <https://electronperdido.com/shop/sensores/biometricos/max30100-sensor-de-pulso-y-oxigenacion/>.

**MAYO CLINIC FOUNDATION.** *Conductores mayores: siete consejos sobre seguridad al conducir* [en línea]. [Consulta: 12 diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es-es/healthy-lifestyle/healthy-aging/in-depth/senior-health/art-20046397>.

**MICROSOFT.** *Definición de las siete capas del modelo OSI* [en línea]. [Consulta: 12 diciembre 2019]. Disponible en: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/network/windows-network-architecture-and-the-osi-model>.

**MINISTERIO DEL INTERIOR - DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO (DGT).** *Plan de Investigación e Innovación en Seguridad Vial y Movilidad 2017-2020* [en línea]. Madrid, España: Dirección General de Tráfico eNIPO, 2017. pp. 5-22. [Consulta: 22 febrero 2020]. Disponible en: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/investigacion/plan-investigacion/20170302-PLAN-INVESTIGACION-E-INNOVACION.pdf>.

**MIR, M.M. ud in; & KUMAR, S.** "Evolution of Mobile Wireless Technology from 0G to 5G". *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 2015, vol. 6, no. 3, pp. 2545-2551.

**MOZILLA DEVELOPERS.** *Javascript: Definición* [en línea]. [Consulta: 27 enero 2020]. Disponible en: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript>.

**NANTONG SAIYANG ELECTRONICS CO.** *Navegación Marítima AIS GPS* [en línea]. [Consulta: 12 enero 2019]. Disponible en: <http://www.saiyongmarine.com/ais-marine/ais-chartplotter/17-inch-marine-ais-gps-chartplotter.html>.

**ORDÓÑEZ, J.L; & HUIDOBRO, J.M.** *Comunicaciones por radio: tecnologías, redes y servicios*. El Cervellón Paracuellos de Jarama, España: RA-MA Editorial, 2014. ISBN 9788499644295, pp. 329-330.

**PASTRANO, L.** *Diseño E Implementación De Un Sistema Electrónico Para La Conducción Segura, Basado En Monitorización De Señales Biométricas, Utilizando Tecnologías Gsm, Gprs (Trabajo de Titulación)[en línea]. (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica. Riobamba, Ecuador. 2017. p. 13. [Consulta: 6 febrero 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6864>*

**PEDRAZ-PETROZZI, B.** "Fatiga: historia, neuroanatomía y características psicopatológicas. Una revisión de la Literatura. Fatigue: history, neuroanatomy and psychopathology characteristics. A review of the Literature". *Rev Neuropsiquiatr* [en línea], 2018, vol. 81, no. 3, pp. 174-175. [Consulta: 11 noviembre 2019]. DOI 10.20453/rnp.v81i3.3385. Disponible en: <https://doi.org/10.20453/rnp.v81i3.3385>.

**PEÑAFIEL, J; & ZAGAS, J.** "Fundamentos del sistema gps y aplicaciones en la topografía". *Colegio Oficial de Ingenieros Tecnicos en Topografía*, 2001, pp. 61-63.

**POZO-RUZ, A; et al.** "Sistema De Posicionamiento Global (GPS): Descripción, Análisis De Errores, Aplicaciones Y Futuro". *Mundo Electrónico*, 2005. pp. 54-59.

**PUJAR, R.** *Learn how a heart beat sensor works* [en línea]. [Consulta: 12 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.raviyp.com/learn-how-a-heart-beat-sensor-works/>.

**RAMÍREZ, L.G.C; et al.** *Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino*. Ascapotzalco, México: Grupo Editorial Patria, 2014. pp. 18-21.

**RASPBERRY PI FOUNDATION.** *Raspberry Pi* [en línea]. [Consulta: 14 enero 2020]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>.

**RIBES, R.J.C; et al.** *Redes locales*. Madrid, España: Macmillan Iberia, S.A, 2013. ISBN 9788415426479, pp. 251-252.

**ROY, R.R.** *Handbook of Mobile Ad Hoc Networks for Mobility Models*. Fort Monmouth, United States of America: Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 2011. ISBN 9781441960481, pp. 64-67.

**SECRETARÍA DE DERECHOS HUMANOS DEL ECUADOR.** Código Orgánico Integral Penal SERIE JUSTICIA Y DERECHOS HUMANOS NEOCONSTITUCIONALISMO Y SOCIEDAD. [en línea]. [Consulta: 10 julio 2019]. Disponible en: [https://www.justicia.gob.ec/wp-content/uploads/2014/05/código\\_orgánico\\_integral\\_penal\\_-\\_coip\\_ed.\\_sdn-mjdhc.pdf](https://www.justicia.gob.ec/wp-content/uploads/2014/05/código_orgánico_integral_penal_-_coip_ed._sdn-mjdhc.pdf).

**SHARMA, H.D; & GUPTA, A.** A survey on wireless ad hoc networks: 1993–2002. *IETE Technical Review (Institution of Electronics and Telecommunication Engineers, India)*, 2003, vol. 20, no. 4, pp. 339-347. ISSN 09745971. DOI 10.1080/02564602.2003.11417091.

**SOUTHGEOSYSTEMS.** *Receptor estático GPS KOLIDA K7+*. [en línea]. Disponible en: <https://www.southgeosystems.com/contents/es/p229.html>.

**STALLINGS, W.** *Comunicaciones y redes de computadoras*. Séptima Edición. Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN, 2004. pp. 567-569.

**SUMAN, S.** "4G Mobile Communication system". *INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL IN ADVANCED ENGINEERING AND TECHNOLOGY (IRJAET)* [en línea], 2018, vol. 4, no. 2, pp. 2812-2818. [Consulta: 11 febrero 2019]. ISSN: 2454-4752. Disponible en: <http://hdl.handle.net/123456789/1184>.

**VARCÁRCEL, J.** Otros factores de riesgo: la fatiga. [en línea]. Madrid, España: CPAGE, 2008. pp. 8-11. Disponible en: [http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo\\_recursos/didacticos/did\\_adultas/fatiga.pdf](http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/fatiga.pdf).

**VASILEIOS, K; et al.** "Security in the Internet of Things: A Survey on Application Layer Protocols". *Proceedings - 2017 21st International Conference on Control Systems and Computer, CSCS 2017*, 2017, pp. 659-666. DOI 10.1109/CSCS.2017.101.

**VILLEGAS GONZÁLEZ, J; et al.** "Semiología de los signos vitales: Una mirada novedosa a un problema vigente". *Archivos de Medicina (Col)* [en línea]. 2012, 12(2), 221-240, pp. 223-225. [Consulta: 11 noviembre 2019]. ISSN: 1657-320X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273825390009>

**WORLD FAMOUS ELECTRONICS LLC.** *Pulse Sensor Amped* [en línea]. [Consulta: 16 enero 2020]. Disponible en: <https://pulsesensor.com/products/pulse-sensor-amped>.

**XIAOMI.** *Xiaomi Mi Smart Band 4* [en línea]. [Consulta: 16 enero 2020] Disponible en: <https://www.mi.com/es/mi-smart-band-4/>.

**YANG, Z; et al.** "Study and application on the architecture and key technologies for IOT". *2011 International Conference on Multimedia Technology, ICMT 2011*, 2011. pp. 747-751. DOI 10.1109/ICMT.2011.6002149.

**TECHNICAL DATA**

**MQ-3 GAS SENSOR**

**FEATURES**

- \* High sensitivity to alcohol and small sensitivity to Benzine .
- \* Fast response and High sensitivity
- \* Stable and long life
- \* Simple drive circuit

**APPLICATION**

They are suitable for alcohol checker, Breathalyser.

**SPECIFICATIONS**

**A. Standard work condition**

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>HT</sub>	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R <sub>L</sub>	Load resistance	200K Ω	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P <sub>HT</sub>	Heating consumption	less than 750mw	

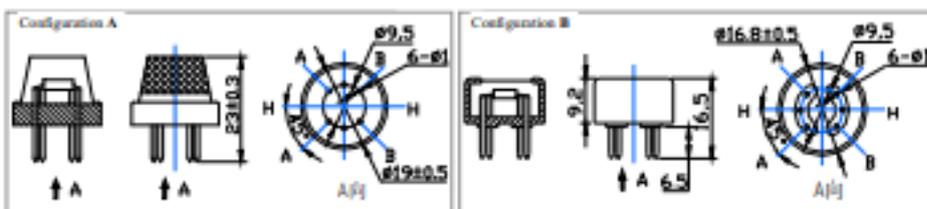
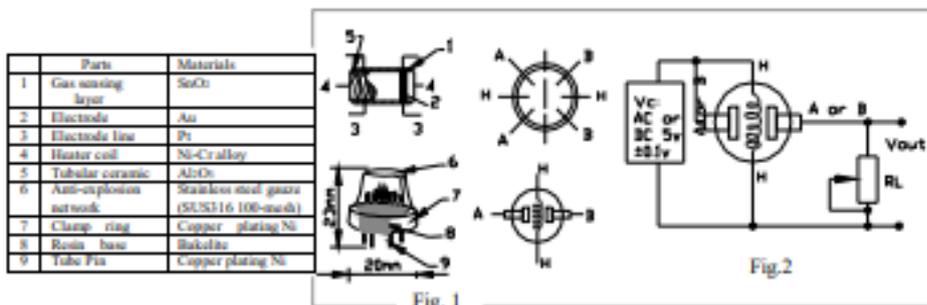
**B. Environment condition**

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Tao	Using Tem	-10°C-50°C	
Tas	Storage Tem	-20°C-70°C	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

**C. Sensitivity characteristic**

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
R <sub>s</sub>	Sensing Resistance	1M Ω - 8 M Ω (0.4mg/L alcohol )	Detecting concentration scope: 0.05mg/L—10mg/L Alcohol
α (0.4/1 mg/L)	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20°C ± 2°C Vc: 5V±0.1 Humidity: 65%±5% Vh: 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

**D. Structure and configuration, basic measuring circuit**



Structure and configuration of MQ-3 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro  $Al_2O_3$  ceramic tube, Tin Dioxide ( $SnO_2$ ) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-3 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

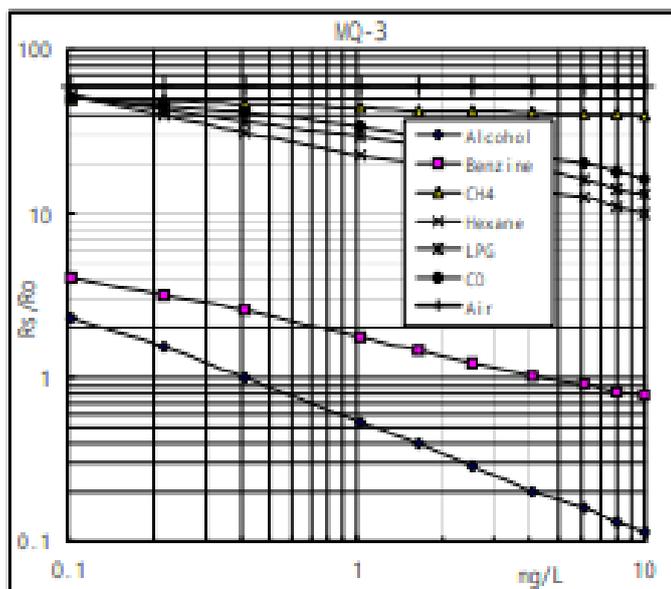


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-3

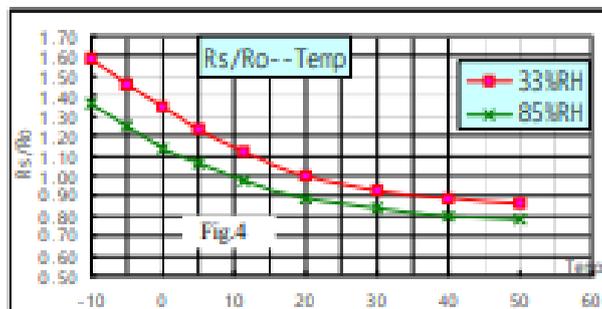


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-3 on temperature and humidity.

$R_0$ : sensor resistance at 0.4mg/L of Alcohol in air at 33%RH and 20 °C

$R_s$ : sensor resistance at 0.4mg/L of Alcohol at different temperatures and humidities.

### SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-3 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 0.4mg/L (approximately 200ppm) of Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that ( $R_L$ ) about 200 K $\Omega$  (100K $\Omega$  to 470 K $\Omega$ ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

MAX30100

Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health

General Description

The MAX30100 is an integrated pulse oximetry and heart-rate monitor sensor solution. It combines two LEDs, a photodetector, optimized optics, and low-noise analog signal processing to detect pulse oximetry and heart-rate signals.

The MAX30100 operates from 1.8V and 3.3V power supplies and can be powered down through software with negligible standby current, permitting the power supply to remain connected at all times.

Applications

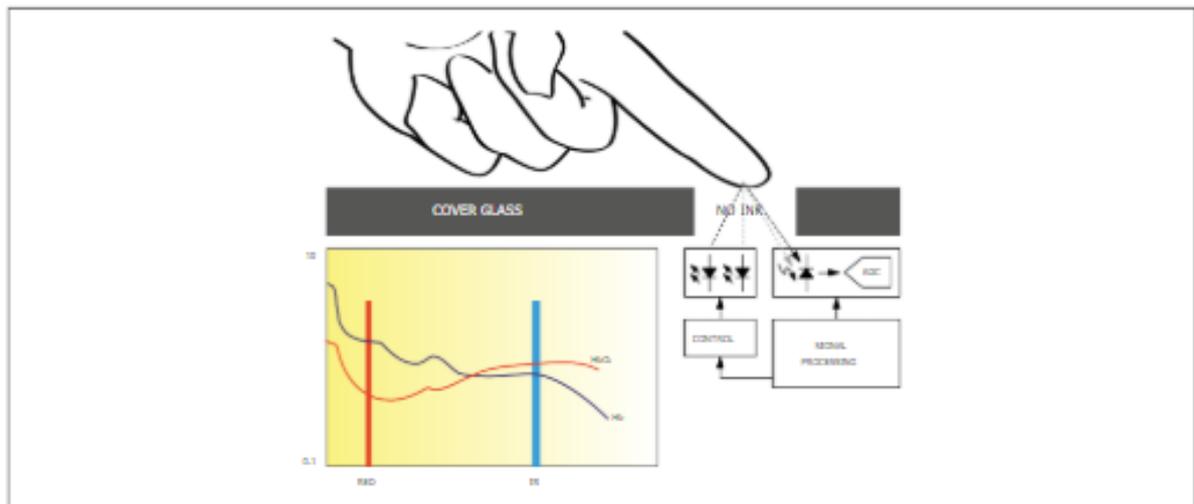
- Wearable Devices
- Fitness Assistant Devices
- Medical Monitoring Devices

Benefits and Features

- Complete Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor Solution Simplifies Design
  - Integrated LEDs, Photo Sensor, and High-Performance Analog Front -End
  - Tiny 5.6mm x 2.8mm x 1.2mm 14-Pin Optically Enhanced System-in-Package
- Ultra-Low-Power Operation Increases Battery Life for Wearable Devices
  - Programmable Sample Rate and LED Current for Power Savings
  - Ultra-Low Shutdown Current (0.7µA, typ)
- Advanced Functionality Improves Measurement Performance
  - High SNR Provides Robust Motion Artifact Resilience
  - Integrated Ambient Light Cancellation
  - High Sample Rate Capability
  - Fast Data Output Capability

Ordering Information appears at end of data sheet.

System Block Diagram



### Absolute Maximum Ratings

V <sub>DD</sub> to GND.....	-0.3V to +2.2V
GND to PGND.....	-0.3V to +0.3V
x_DRV, x_LED+ to PGND.....	-0.3V to +6.0V
All Other Pins to GND.....	-0.3V to +6.0V
Output Short-Circuit Current Duration.....	Continuous
Continuous Input Current into Any Terminal.....	±20mA

Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)	
OESIP (derate 5.8mW/°C above +70°C).....	464mW
Operating Temperature Range.....	-40°C to +85°C
Soldering Temperature (reflow).....	+260°C
Storage Temperature Range.....	-40°C to +105°C

### Package Thermal Characteristics (Note 1)

OESIP

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ <sub>JA</sub> ).....	150°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ <sub>JC</sub> ).....	170°C/W

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to [www.maximintegrated.com/thermal-tutorial](http://www.maximintegrated.com/thermal-tutorial).

### Electrical Characteristics

(V<sub>DD</sub> = 1.8V, V<sub>IR\_LED+</sub> = V<sub>R\_LED+</sub> = 3.3V, T<sub>A</sub> = +25°C, min/max are from T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>POWER SUPPLY</b>						
Power-Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	Guaranteed by RED and IR count tolerance	1.7	1.8	2.0	V
LED Supply Voltage (R_LED+ or IR_LED+ to PGND)	V <sub>LED+</sub>	Guaranteed by PSRR of LED Driver	3.1	3.3	5.0	V
Supply Current	I <sub>DD</sub>	SpO <sub>2</sub> and heart rate modes, PW = 200µs, 50sps		600	1200	µA
		Heart rate only mode, PW = 200µs, 50sps		600	1200	
Supply Current in Shutdown	I <sub>SHDN</sub>	T <sub>A</sub> = +25°C, MODE = 0x80	0.7	10		µA
<b>SENSOR CHARACTERISTICS</b>						
ADC Resolution				14		bits
Red ADC Count (Note 3)	RED <sub>C</sub>	Propriety ATE setup RED_PA = 0x05, LED_PW = 0x00, SPO2_SR = 0x07, T <sub>A</sub> = +25°C	23,000	26,000	29,000	Counts
IR ADC Count (Note 3)	IR <sub>C</sub>	Propriety ATE setup IR_PA = 0x09, LED_PW = 0x00, SPO2_SR = 0x07, T <sub>A</sub> = +25°C	23,000	26,000	29,000	Counts
Dark Current Count	DC <sub>C</sub>	RED_PA = IR_PA = 0x00, LED_PW = 0x03, SPO2_SR = 0x01	0	3		Counts
DC Ambient Light Rejection (Note 4)	ALR	Number of ADC counts with finger on sensor under direct sunlight (100K lux) LED_PW = 0x03, SPO2_SR = 0x01	RED LED	0		Counts
			IR LED	0		



## 1.3 GNSS performance

### 1.3.1 GPS performance

Parameter	Specification		
Receiver type	56 Channels GPS L1C/A SBAS L1C/A QZSS L1C/A Galileo E1B/C <sup>1</sup>		
Time-To-First-Fix <sup>2</sup>		<b>NEO-7N</b>	<b>NEO-7M</b>
	Cold Start	29 s	30 s
	Warm Start	28 s	28 s
	Hot Start	1 s	1 s
	Aided Starts <sup>3</sup>	5 s	5 s
Sensitivity <sup>4</sup>		<b>NEO-7N</b>	<b>NEO-7M</b>
	Tracking & Navigation	-162 dBm	-161 dBm
	Reacquisition	-160 dBm	-160 dBm
	Cold Start	-148 dBm	-147 dBm
	Warm Start	-148 dBm	-148 dBm
	Hot Start	-156 dBm	-155 dBm
Horizontal position accuracy <sup>5</sup>	Autonomous	2.5 m	
	SBAS	2.0 m	
Accuracy of time pulse signal	RMS	30 ns	
	99%	60 ns	
Frequency of time pulse signal		0.25 Hz ... 10 MHz (configurable)	
Max navigation update rate		10 Hz	
Velocity accuracy <sup>6</sup>		0.1 m/s	
Heading accuracy <sup>6</sup>		0.5 degrees	
Operational limits <sup>7</sup>	Dynamics	≤ 4 g	
	Altitude	50,000 m	
	Velocity	500 m/s	

**Table 1: GPS performance**

<sup>1</sup> Ready to support Galileo E1B/C when available (NEO-7N)

<sup>2</sup> All satellites at -130 dBm

<sup>3</sup> Dependent on aiding data connection speed and latency

<sup>4</sup> Demonstrated with a good external LNA

<sup>5</sup> CEP, 50%, 24 hours static, -130 dBm, > 6 SVs

<sup>6</sup> 50% @ 30 m/s

<sup>7</sup> Assuming Airborne < 4 g platform

## 4.2 Operating conditions

 All specifications are at an ambient temperature of 25°C. Extreme operating temperatures can significantly impact specification values. Applications operating near the temperature limits should be tested to ensure the specification.

Parameter	Symbol	Module	Min	Typical	Max	Units	Condition
Power supply voltage	VCC	NEO-7M	1.65		3.6	V	
		NEO-7N	2.7	3.0	3.6	V	
Supply voltage USB	VDDUSB	All	3.0	3.3	3.6	V	
Backup battery voltage	V_BCKP	All	1.4		3.6	V	
Backup battery current	I_BCKP	All		15		µA	V_BCKP = 1.8 V, VCC = 0 V
SW backup current	I_SWBCKP	NEO-7M		20		µA	VCC = 3 V
		NEO-7N		35		µA	VCC = 3 V
Input pin voltage range	V <sub>in</sub>	All	0		VCC	V	
Digital IO Pin Low level input voltage	V <sub>il</sub>	All	0		0.2*VCC	V	
Digital IO Pin High level input voltage	V <sub>ih</sub>	All	0.7*VCC		VCC	V	
Digital IO Pin Low level output voltage	V <sub>ol</sub>	All			0.4	V	I <sub>ol</sub> = 4 mA
Digital IO Pin High level output voltage	V <sub>oh</sub>	All	VCC - 0.4			V	I <sub>oh</sub> = 4 mA
USB_DM, USB_DP	V <sub>inU</sub>	All	Compatible with USB with 22 Ω series resistance				
VCC_RF voltage	VCC_RF	All		VCC-0.1		V	
VCC_RF output current	I <sub>CC_RF</sub>	All			50	mA	
Receiver Chain Noise Figure	NF <sub>tot</sub>	NEO-7M		3.5		dB	
		NEO-7N		2.0		dB	
Operating temperature	T <sub>opr</sub>	All	-40		85	°C	

**Table 8: Operating conditions**

 Operation beyond the specified operating conditions can affect device reliability.

# ANEXO D. Hoja de datos – NodeMCU

## PLACA NodeMCU 1.0 (V2)

### PINOUT

**Vin** ALIMENTACIÓN EXTERNA (de 5V a 10V).

**3.3V** ALIMENTACIÓN INTERNA (desde la placa a dispositivos).

**GND** TIERRA (GND Ground).

**GPIO** PIN DE ENTRADA/SALIDA +3.3V (GPIO General Purpose Input/Output).  
Entrada digital  $\square$  - Entrada analógica  $\nabla$ . (Todas las salidas son digitales).

**ADC** PIN DE SALIDA ANALÓGICA (el rango es entre +0V y +1V dividido en 1023 intervalos).

**SPI** BUS SPI (Serial Peripheral Interface)

**HSP** BUS HSP (Hardware-Serial Peripheral Interface).

**SDIO** PINES PARA INICIO DEL ESP8266 DESDE UNA TARJETA SD.  
Para activar el modo SDIO el pin GPIO 15 debe estar en tensión cuando se enciende la placa.

**TX/RX** COMUNICACIÓN SERIE TX/RX.  
Los pines GPIO01 y GPIO02 están conectados al puerto MicroUSB a través del convertidor UART.

## ESP8266 12E

**GPIO 16** USER

**GPIO 05** FLASH

**GPIO 04** TX D1

**GPIO 00** 3.3V

**GPIO 02** GND

**GPIO 14** HSP CLK

**GPIO 12** HSP MISO

**GPIO 13** HSP MOST

**GPIO 15** RX D2

**GPIO 03** TX D2

**GPIO 01** RX D0

**GND** TX D0

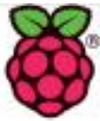
**3.3V** GND

### NOTAS:

- ▲ - El voltaje de alimentación (Vin) debe estar comprendido entre 5 V y 10 V.
- ▲ - La intensidad de máxima de salida a un pin es de 12 mA. No se debe demandar mas intensidad para no quemar el procesador. La intensidad de salida normal será de 6 mA.
- ▲ - Para activar el modo de reposo (*sleep mode*), unir los pines GPIO16 (D0) y RESET y poner el pin GPIO16 en tensión (*HIGH*). Para reactivar (*wakeup*), quitar la tensión en el pin GPIO16 (*LOW*). El sistema se reiniciará.
- ▲ - En *boot/reset/wakeup* (inicio/reset/reactivado), los pines GPIO00 (D3) & GPIO15 (D8) no deben estar con tensión (+3.3V). **Tampoco** el pin GPIO2 (D4) debe estar conectado a tierra (-0.0V).
- ▲ - Los pines GPIO01 (TX) y GPIO03 (RX) se utilizan en el puerto MicroUSB, por lo que no se deben utilizar simultáneamente con otro dispositivo ya que la conexión se interferirá.
- ▲ - Los pines GPIO00 y GPIO02 no debe utilizarse para lectura (*input*). El pin GPIO09 no debe utilizarse ni para lectura ni para escritura (*input/output*).
- ▲ - El pin GPIO02 (D4) controla el LED azul del ESP8266. Se enciende cuando no tiene tensión (+0.0V).
- ▲ - El pin GPIO16 (D0) controla el LED azul de la placa. Se enciende cuando no tiene tensión (+0.0V). *(En la placa LoLin este LED no está disponible).*
- ▲ - Para flashear, en el caso de que la placa quede bloqueada, se debe conectar el pin GPIO00 (D3) a tierra, el MicroUSB con el ordenador y ejecutar el flasher.

www.esploradores.com

CC BY SA  
08-23-2016  
V1.0



# Raspberry Pi

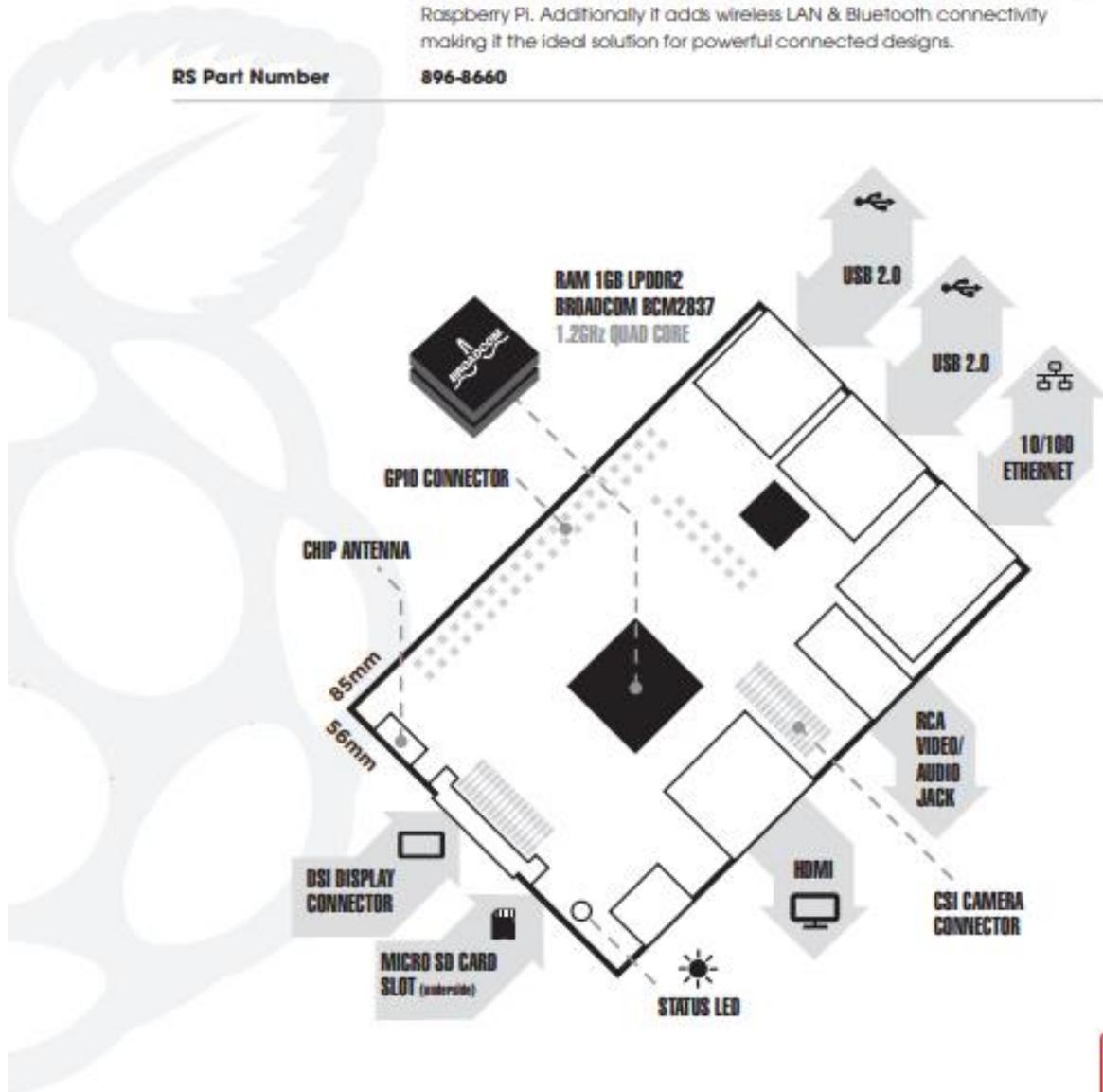


## Raspberry Pi 3 Model B

**Product Name** Raspberry Pi 3

**Product Description** The Raspberry Pi 3 Model B is the third generation Raspberry Pi. This powerful credit-card sized single board computer can be used for many applications and supersedes the original Raspberry Pi Model B+ and Raspberry Pi 2 Model B. Whilst maintaining the popular board format the Raspberry Pi 3 Model B brings you a more powerful processor, 10x faster than the first generation Raspberry Pi. Additionally it adds wireless LAN & Bluetooth connectivity making it the ideal solution for powerful connected designs.

**RS Part Number** 896-8660





# Raspberry Pi

## Raspberry Pi 3 Model B

### Specifications

<b>Processor</b>	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
<b>GPU</b>	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode.  Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
<b>Memory</b>	1GB LPDDR2
<b>Operating System</b>	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT
<b>Dimensions</b>	85 x 56 x 17mm
<b>Power</b>	Micro USB socket 5V1, 2.5A

### Connectors:

<b>Ethernet</b>	10/100 BaseT Ethernet socket
<b>Video Output</b>	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
<b>Audio Output</b>	Audio Output 3.5mm jack, HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector
<b>GPIO Connector</b>	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
<b>Camera Connector</b>	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
<b>Display Connector</b>	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
<b>Memory Card Slot</b>	Push/pull Micro SDIO

### Key Benefits

- Low cost
- Consistent board format
- 10x faster processing
- Added connectivity

### Key Applications

- Low cost PC/tablet/laptop
- IoT applications
- Media centre
- Robotics
- Industrial/Home automation
- Server/cloud server
- Print server
- Security monitoring
- Web camera
- Gaming
- Wireless access point
- Environmental sensing/monitoring (e.g. weather station)

SRD Series SUBMINATURE HIGH POWER RELAY 7A/10A/15A



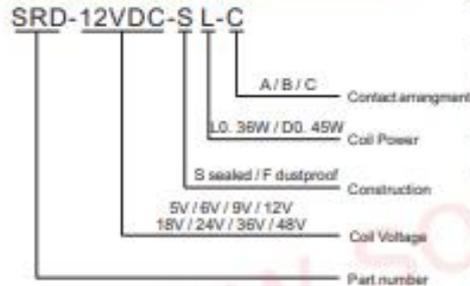


**Features**

- Miniature volume, PCB usage
- Contact rating: 7A/10A/15A
- Temperature range: +85°C/+105°C



Ordering Information



Contact Rating

Contact arrangement	1A(sps1no)/1B(Sps1nc)/1C(Spdt)
Contact resistance	100mΩ (1A 5VDC)
Contact material	Silver alloy: AgCdO, AgSnO <sub>2</sub> , AgNi
Contact rating	7A/250VAC 10A/250VAC 15A/250VAC
Max switching voltage	250VAC
Max switching current	15A
Max switching power	3750VA
Electrical endurance (frequency: 1000 ops/s)	1x10 <sup>5</sup> ops / 1x10 <sup>4</sup> ops
Mechanical endurance (frequency: 10000 ops/s)	1x10 <sup>7</sup> ops

Characteristics

Insulation system	Class B / Class F	
Insulation resistance	100MΩ (500VDC)	
Dielectric Strength Leakage Current 1mA	Between contacts and coil	1500VAC 1 minute
	Between open contacts	1000VAC 1 minute
Operate time (under nominal voltage)	< 10ms	
Release time (under nominal voltage)	< 10ms	
Humidity	85% RH (20°C)	
Ambient Temperature	-40°C~+85°C / -40°C~+105°C	
Shock resistance	Functional	98m/s <sup>2</sup>
	Destructive	980m/s <sup>2</sup>
Vibration resistance (Double amplitude)	10Hz~55Hz 1.5mm	
Weight	Approx 9g	
Construction	Sealed	

Remark: 1) All above data is initial value

Coil Data

(at 20°C)

Power dissipation W	Voltage VDC	Current mA	Resistance Ω ± 10%	Pick-up voltage	Drop-out voltage	Max allowable
0.36W (L)	05	71.4	70	75%Max	10%Min	130%
	06	60	100			
	09	40	225			
	12	30	400			
	18	20	900			
	24	15	1600			
	36	10	3600			
0.45W (D)	05	89.3	55	75%Max	10%Min	130%
	06	75	80			
	09	50	180			
	12	37.5	320			
	18	25	720			
	24	18.7	1280			
	36	12.5	2880			
48	10	4500				

This product specification only for your reference, we will not notify you if we do any improvement. We reserve all the right for the final explanation



Web: [www.songle.com](http://www.songle.com) [www.songlerelay.com](http://www.songlerelay.com)

Add: CW7, Zone A, Far East Industrial Park, Yuyao City, Zhejiang, China Zip Code: 315400

SRD Series SUBMINATURE HIGH POWER RELAY 7A/10A/15A

Safety Approval Ratings

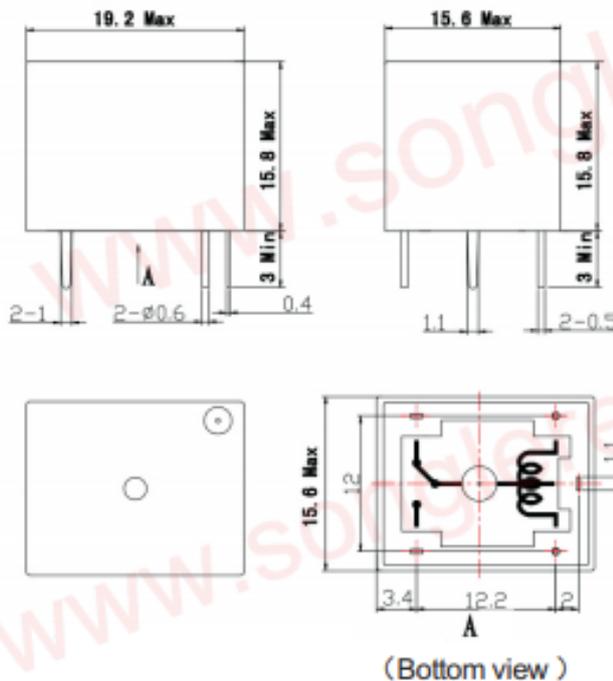
 CQC08002027667
7A 250VAC 10A 250VAC

 R50056114 R50137084
7A 250VAC 10A 250VAC 15A 250VAC NO

 E167996
3A 125VAC inductive 10A 125VAC 15A 125VAC NO

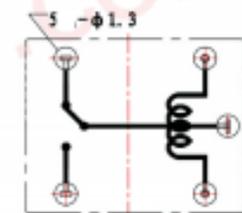
OUTLINE DIMENSIONS , WIRING DIAGRAM AND PC BOARD LAYOUT Unit:mm

Physical installation diagram

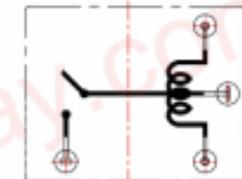


Tolerance:  $\pm 0.1$ mm

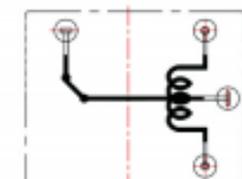
PCB board diagram (bottom view diagram)



Conversion C type



Normally open A type



Normally closed B type

This product specification only for your reference. we will not notify you if we do any improvement. We reserve all the right for the final explanation



Web: [www.songle.com](http://www.songle.com) [www.songlerelay.com](http://www.songlerelay.com)

Add: CW7, Zone A, Far East Industrial Park, Yuyao City, Zhejiang, China Zip Code: 315400

## ANEXO G. Hoja De Datos – Router Inalámbrico Nexxt Trinity 3G/4G



# TRINITY 3G/4G<sup>+</sup>

Punto de acceso inalámbrico móvil



ARNPR3G5U1



Dispositivos móviles



Descarga de música



Navegación por la web



Reproducción de video



Correo electrónico conversación en línea



### Descripción del producto

Nexxt Solutions presenta **Trinity3G** – la nueva generación de puntos de acceso inalámbricos portátiles con tarjeta SIM. Este dispositivo cuenta con un módem 3G integrado y con una batería de 2000mAh, lo cual lo convierten en una solución verdaderamente móvil. La batería recargable tiene una duración de hasta 6 horas en modo activo y de 72 horas en modo de pausa. El punto de acceso 3G funciona conforme al protocolo HSPA+, ofreciendo velocidades de descarga de 21,6Mbps, con una capacidad para 8 usuarios conectados simultáneamente a la red.

Este módem también sirve como dispositivo de almacenamiento portátil USB a través de la ranura para microtarjeta SD, que presenta una capacidad máxima de 32GB. Un monitor OLED gráfico identifica rápidamente el estado funcional del módem. Este dispositivo constituye una solución Mi-Fi muy fácil de usar, la cual se caracteriza por su amplia compatibilidad con diversas empresas de telecomunicaciones y por su óptimo rendimiento adondequiera que vaya.



### Características

- Punto de acceso móvil 3G de 21,6Mbps, basado en HSPA+
- Módem integrado – con acceso instantáneo a redes 3G/4G\* (basados en velocidades HSPA+)
- Ranura para tarjeta SIM, con información en tiempo real
- Ranura para microtarjeta SD diseñada para la fácil transferencia, distribución y registro de archivos
- Batería de 2000mAh, con una duración de hasta 6 horas en modo activo
- Accesibilidad para un máximo de 8 usuarios al mismo tiempo
- Pantalla de OLED (diodo orgánico de emisión de luz) exhibe el estado de funcionamiento en tiempo real
- Compatible con diversas fuentes de alimentación (PC, adaptador de corriente, cargador de batería)
- Diseño compacto y portátil
- Para teléfonos inteligentes, tabletas, computadores y mucho más
- Dos años de garantía

# TRINITY 3G/4G<sup>+</sup>

Punto de acceso inalámbrico móvil



ARNPR3GSU1

[www.nextsolutions.com](http://www.nextsolutions.com)

## Especificaciones técnicas

MPN	ARNPR3GSU1
<b>Características de los componentes físicos</b>	
Estándares	2.4GHz: IEEE802.11n, IEEE802.11g, IEEE802.11b IEEE 802.3, IEEE 802.3u y IEEE 802.3x
Protocolos	HSPA+HSPA/UMTS/EDGE/GRPS/GSM WCDMA: WCDMA: 850/1900/2100MHz GSM: 850/900/1800/1900MHz
Puertos e interfaz	Ranura para micro tarjeta SD (de hasta 32GB) Ranura para tarjeta SIM estándar Micro-USB de 5V/1A para cargador
Antenas	Dos internas de 3dB
Botón	Alimentación, WPS y reposición
Pantalla	OLED de 0,9 pulgadas de 128x64 píxeles Estado de la red 3G/2G Estado de la conexión Estado de la batería Actualización del modo SMS Estado de la red Wi-Fi
<b>Características inalámbricas</b>	
Banda de frecuencia	2,4GHz
Seguridad	Criptografía de mensajes WEP, WPA, WPA2, WPA-PSK, WPA2-PSK y WPS
Modalidades de funcionamiento	3G, modo de router inalámbrico
Función inalámbrica	Filtro de clientes, lista de clientes DHCP, reserva DHCP
<b>Características del software</b>	
Tipo de conexión a internet	3G, PPPoE, DHCP, IP estático IP y punto de acceso
DHCP	Servidor DHCP, cliente DHCP y reserva DHCP
Seguridad	Control de acceso basado en la dirección MAC Habilitar/inhabilitar el acceso a internet de computadores específicos de la red LAN Función interna de cortafuegos contra posibles ataques de visitantes no autorizados Genera un registro del uso del dispositivo
Otras funciones avanzadas	Admite códigos SMS, SSID y PIN/PUK, SSID/Canal, configuración
<b>Características ambientales</b>	
Temperatura de funcionamiento	0°C-40°C
Temperatura de almacenamiento	-20°C-60°C
Humedad relativa	Humedad de funcionamiento: 10%-90%, no condensada Humedad de Almacenamiento: 5%-90%, no condensada
<b>Características físicas</b>	
Cubierta	Plástico PC y ABS
Color	Negro
Batería	2000mAh
Dimensiones del producto	100x50x16mm
<b>Información adicional</b>	
Alimentación	5V/1A
Garantía	Dos años
Certificados	FCC (Comisión Federal de Comunicaciones)

## ANEXO H. Programación– Alcoholemia y Control

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

const char* ssid = "Safe_Car"; //ssid of your wifi
const char* password = "segfiecar2020"; //password of your wifi
const char* mqtt_server = "192.168.0.101";

TinyGPSPlus gps; // The TinyGPS++ object
SoftwareSerial ss(D1, D2); // The serial connection to the GPS device

const int rele = 2;
int valor_limite= 500; // Fija el valor limite en el que se activa el
Relé
float valor_alcohol;
const char* alco = "Porcentaje de Alcohol Excedido";
const char* coord= "Ubicacion";
float latitude , longitude, porcentaje;
String lat_str , lng_str;

IPAddress ip(192,168,0,103);
IPAddress gateway(192,168,0,1);
IPAddress subnet(255,255,255,0);

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
long lastMsg = 0;
char msg[50];
int value = 0;
//Funcion callback mqtt
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) { //Funcion donde se
tratan los mensajes mqtt recibidos por nodo
  Serial.print("Message arrived [");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("] ");
}
//Funcion Reconnect y mqtt pulso topic
void reconnect() {
  // Loop until we're reconnected
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    // ID del cliente
    String clientId = "ESP8266Client-";
    clientId += String(random(0xffff), HEX);
    // Attempt to connect
    if (client.connect(clientId.c_str())) {
      Serial.println("connected"); //Hasta aqui se reestablece la conexion con mqtt
      client.subscribe("auto/alcohol");
    } else {
      Serial.print("failed, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" try again in 5 seconds");
      // Wait 5 seconds before retrying
      delay(5000);
    }
  }
}
void setup()
{
```

```

Serial.begin(115200);
ss.begin(9600);
pinMode(rele , OUTPUT);
Serial.println();

WiFi.mode(WIFI_STA);
WiFi.config(ip, gateway, subnet);

Serial.print("Connecting to ");
Serial.println(ssid);
WiFi.begin(ssid, password); //connecting to wifi
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)// while wifi not connected
{
  delay(500);
  Serial.print("."); //print "...."
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println(WiFi.localIP()); // Print the IP address

client.setServer(mqtt_server, 1883); // Funcion Puerto MQTT
client.setCallback(callback);//Funcion callback
}

void loop(){
  if (!client.connected()) {
    reconnect();
  }
  client.loop();
  while (ss.available() > 0)
  if (gps.encode(ss.read())) //leer gps data
  {
    if (gps.location.isValid()) //posición válida de GPS
    {
      latitude = gps.location.lat();
      // lat_str = String(latitude , 6);
      longitude = gps.location.lng();
      //lng_str = String(longitude , 6);
    }
    valor_alcohol=analogRead(A0);
    float porcentaje=(valor_alcohol/10);
    if(valor_alcohol > valor_limite){ // Si la medida de gas es mayor de valor
limite
digitalWrite(rele , HIGH);

    char alcoholstring[50];
    sprintf(alcoholstring, "%s: %f", alco, porcentaje);
    client.publish("auto/alcohol", alcoholstring);
    client.loop(); //
    char position[50];
    sprintf(position, "%s: %f, %f", coord, latitude, longitude);
    client.publish("auto/alcohol", position);
    client.loop();

  }
  else{ // Si es menor del valor limite apaga el
rele
digitalWrite(rele , LOW);
//break;
}
delay(7000);
}
}

```

## ANEXO I. Programación – Frecuencia Cardíaca

```
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <Blynk.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <PubSubClient.h>

#include "Wire.h"
#include "Adafruit_GFX.h"
#include "OakOLED.h"

#define REPORTING_PERIOD_MS 1000
OakOLED oled;
char auth[] = "ntY1ds3BRTysDymuxwRmbut8uT9eLTV7"; // Codigo para
poder conectar con la app Blynk
const char* ssid = "Safe_Car";
const char* password = "segfiecar2020";
const char* mqtt_server = "192.168.0.101";
IPAddress ip(192,168,0,105);
IPAddress gateway(192,168,0,1);
IPAddress subnet(255,255,255,0);

// Conexiones : SCL PIN - D1 , SDA PIN - D2 , INT PIN - D0
PulseOximeter pox;
int valor_limite=100;
const char* pulses= "BPM";
float BPM, SpO2;
uint32_t tsLastReport = 0;

const unsigned char bitmap [] PROGMEM=
{
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0x80, 0x18, 0x00, 0x0f, 0xe0, 0x7f, 0x00, 0x3f,
0xf9, 0xff, 0xc0,
0x7f, 0xf9, 0xff, 0xc0, 0x7f, 0xff, 0xff, 0xe0, 0x7f, 0xff, 0xff, 0xe0, 0xff,
0xff, 0xff, 0xf0,
0xff, 0xf7, 0xff, 0xf0, 0xff, 0xe7, 0xff, 0xf0, 0xff, 0xe7, 0xff, 0xf0, 0x7f,
0xdb, 0xff, 0xe0,
0x7f, 0x9b, 0xff, 0xe0, 0x00, 0x3b, 0xc0, 0x00, 0x3f, 0xf9, 0x9f, 0xc0, 0x3f,
0xfd, 0xbf, 0xc0,
0x1f, 0xfd, 0xbf, 0x80, 0x0f, 0xfd, 0x7f, 0x00, 0x07, 0xfe, 0x7e, 0x00, 0x03,
0xfe, 0xfc, 0x00,
0x01, 0xff, 0xf8, 0x00, 0x00, 0xff, 0xf0, 0x00, 0x00, 0x7f, 0xe0, 0x00, 0x00,
0x3f, 0xc0, 0x00,
0x00, 0x0f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00
};
// Configuracion mqtt
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
long lastMsg = 0;
char msg[50];
int value = 0;
```

```

void setup_wifi() {          //configuracion wifi

    delay(10);
    Serial.println();

    WiFi.mode(WIFI_STA);
    WiFi.config(ip, gateway, subnet);
    //WiFi.begin(ssid, password);

    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);

    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.println("Conectando a red WiFi...");
    }
    randomSeed(micros());

    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
}

void onBeatDetected()
{
    Serial.println("Beat Detected!");
    oled.drawBitmap( 60, 20, bitmap, 28, 28, 1);
    oled.display();
}

void setup(){

    pinMode(2,OUTPUT);
    client.setServer(mqtt_server, 1883); // Funcion Puerto MQTT
    client.setCallback(callback);//Funcion callback

    Serial.begin(115200);
    oled.begin();
    oled.clearDisplay();
    oled.setTextSize(1);
    oled.setTextColor(1);
    oled.setCursor(0, 0);

    oled.println("Iniciando sensor de pulso..");
    oled.display();

    pinMode(16, OUTPUT);
    Blynk.begin(auth, ssid, password);

    Serial.print("Iniciando sensor de pulso..");

    if (!pox.begin())
    {
        Serial.println("FALLA");
        oled.clearDisplay();
        oled.setTextSize(1);
        oled.setTextColor(1);
    }
}

```

```

        oled.setCursor(0, 0);
        oled.println("FALLA");
        oled.display();
        for(;;);
    }
    else
    {
        oled.clearDisplay();
        oled.setTextSize(1);
        oled.setTextColor(1);
        oled.setCursor(0, 0);
        oled.println("CORRECTO");
        oled.display();
        Serial.println("CORRECTO");
        pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
    }
}

void loop(){

    if (!client.connected()) {
        reconnect();
    }
    client.loop();
    pox.update();
    Blynk.run();

    BPM = pox.getHeartRate();
    SpO2 = pox.getSpO2();

    if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS)
    {
        Serial.print("Heart rate:");
        Serial.print(BPM);
        Serial.print(" bpm / SpO2:");
        Serial.print(SpO2);
        Serial.println(" %");

        Blynk.virtualWrite(V7, BPM);
        Blynk.virtualWrite(V8, SpO2);

        oled.clearDisplay();
        oled.setTextSize(1);
        oled.setTextColor(1);
        oled.setCursor(0,16);
        oled.println(pox.getHeartRate());

        oled.setTextSize(1);
        oled.setTextColor(1);
        oled.setCursor(0, 0);
        oled.println("Pulso Cardiaco");

        oled.setTextSize(1);
        oled.setTextColor(1);
        oled.setCursor(0, 30);
        oled.println("SpO2");

        oled.setTextSize(1);
        oled.setTextColor(1);

```

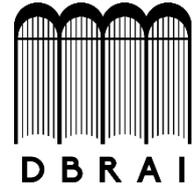
```
oled.setCursor(0,45);
oled.println(pox.getSpO2());
oled.display();

tsLastReport = millis();

}
if(BPM > valor_limite){ // Si la medida de BPM es mayor de valor
limite
digitalWrite(2 , HIGH);
}
else{ // Si es menor del valor limite
apaga el Zumbador
digitalWrite(2 , LOW);
}
}
```



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 26 / 08 / 2020

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>	
<b>Nombres – Apellidos:</b> EDWIN XAVIER GUARANGA BRONCANO	
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>	
<b>Facultad:</b> INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES	
<b>Título a optar:</b> INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES	
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>	



0133-DBRAI-UPT-2020