



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SEMÁFORO COMO  
MÓDULO ELECTRÓNICO AUTODIAGNOSTICABLE CON  
CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE ALERTAS  
ANTE FALLAS**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTOR:**

**DANIEL ENRIQUE GUZMÁN LÓPEZ**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SEMÁFORO COMO  
MÓDULO ELECTRÓNICO AUTODIAGNOSTICABLE CON  
CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE ALERTAS  
ANTE FALLAS.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTOR: DANIEL ENRIQUE GUZMÁN LÓPEZ**

**DIRECTOR: ING. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Daniel Enrique Guzmán López

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

Yo, Daniel Enrique Guzmán López, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este 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 Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de marzo de 2023

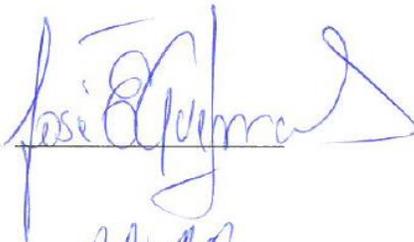
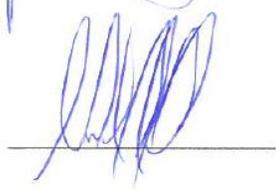


**Daniel Enrique Guzmán López**

**180490620-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Dispositivo Tecnológico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SEMÁFORO COMO MÓDULO ELECTRÓNICO AUTODIAGNOSTICABLE CON CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE ALERTAS ANTE FALLAS.**, realizado por el señor: **DANIEL ENRIQUE GUZMÁN LÓPEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Franklin Geovanni Moreno Montenegro <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-03-27
Ing. José Enrique Guerra Salazar <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-03-27
Ing. Diego Ramiro Ñacato Estrella <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-03-27

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación está dedicado primeramente a Dios por guiarme y darme las fuerzas en cada momento de mi carrera universitaria. A mis padres Carlos y Daicy que son el pilar fundamental en mi vida y por siempre apoyarme cada día y darme ánimo en los momentos difíciles que he atravesado en mi vida universitaria lo que me ayudado a llegar a mi meta. A mi abuelita Dalia que siempre está pendiente de mi bienestar, y de igual manera esto es para todas las personas que me han ayudado a llegar a esta meta de mi vida.

Daniel

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, de todo corazón quedaré siempre agradecido a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme acogido en su casa y poder tener la gran oportunidad de formarme como profesional. A toda mi familia por siempre apoyarme con su incondicional cariño y darme el aliento necesario de poder seguir adelante. De igual manera quedo totalmente agradecido con cada persona que durante todos estos años han puesto su granito de arena para que yo pueda culminar esta hermosa etapa de mi vida.

Daniel

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

1.	DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.	Planteamiento del problema .....	3
1.2.	Justificación.....	3
1.2.1.	<i>Justificación Teórica</i> .....	3
1.2.2.	<i>Justificación Aplicativa</i> .....	4
1.3.	Objetivos.....	5
1.3.1.	<i>Objetivo General</i> .....	5
1.3.2.	<i>Objetivos Específicos.</i> .....	5

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.</b>	<b>Situación actual de los accidentes de tránsito en Ecuador</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2.</b>	<b>Proyectos de sistemas inteligentes de transporte realizados</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3.</b>	<b>Semáforos inteligentes</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3.1.</b>	<i>Semáforos vehiculares</i> .....	<i>11</i>
<b>2.3.2.</b>	<i>Semáforos peatonales</i> .....	<i>11</i>
<b>2.3.3.</b>	<i>Luces semaforicas</i> .....	<i>12</i>
<b>2.4.</b>	<b>Normativa ecuatoriana para la semaforización</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4.1.</b>	<i>Viseras de los semáforos</i> .....	<i>16</i>
<b>2.5.</b>	<b>Arquitectura del semáforo inteligente</b> .....	<b>18</b>
<b>2.5.1.</b>	<b>CPU</b> .....	<b>18</b>
<b>2.5.1.1.</b>	<i>Tarjetas de Desarrollo de Hardware</i> .....	<i>19</i>
<b>2.5.2.</b>	<b>Tecnologías de comunicación</b> .....	<b>20</b>
<b>2.5.2.1.</b>	<i>Tecnologías de Comunicaciones Inalámbricas</i> .....	<i>20</i>
<b>2.5.2.2.</b>	<i>Bases de datos en la nube</i> .....	<i>21</i>
<b>2.5.3.</b>	<b>Alimentación</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5.3.1.</b>	<i>Baterias</i> .....	<i>24</i>
<b>2.5.3.2.</b>	<i>Corriente por impulsos</i> .....	<i>24</i>
<b>2.5.4.</b>	<b>Puertos serie</b> .....	<b>25</b>
<b>2.5.5.</b>	<b>Ubicación/Reloj externo</b> .....	<b>25</b>
<b>2.5.6.</b>	<b>Salidas</b> .....	<b>25</b>
<b>2.5.7.</b>	<b>Detección de anomalías</b> .....	<b>25</b>
<b>2.5.7.1.</b>	<i>Sensores</i> .....	<i>26</i>
<b>2.6.</b>	<b>Funcionamiento del semáforo inteligente</b> .....	<b>27</b>
<b>2.6.1.</b>	<b>Modos de funcionamiento</b> .....	<b>27</b>
<b>2.6.2.</b>	<b>Modos de control</b> .....	<b>28</b>
<b>2.6.3.</b>	<b>Modos de fase</b> .....	<b>28</b>

## CAPITULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.</b>	<b>Requerimientos del módulo electrónico.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.</b>	<b>Concepción de arquitectura del sistema .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.</b>	<b>Diagrama de bloques del sistema .....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.1.</b>	<i>Etapa de sensado y adquisición.....</i>	<i>34</i>
<b>3.3.2.</b>	<i>Etapa de control.....</i>	<i>35</i>
<b>3.3.3.</b>	<i>Etapa de almacenamiento, administración y visualización .....</i>	<i>35</i>
<b>3.4.</b>	<b>Descripción de los elementos <i>hardware</i> del sistema .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4.1.</b>	<i>Modulo Esp32.....</i>	<i>36</i>
<b>3.4.2.</b>	<i>Sensor de Corriente ACS712.....</i>	<i>38</i>
<b>3.4.3.</b>	<i>Sensor MPU 6050.....</i>	<i>39</i>
<b>3.4.4.</b>	<i>GPS NEO 6M.....</i>	<i>40</i>
<b>3.4.5.</b>	<i>LM358 .....</i>	<i>40</i>
<b>3.4.6.</b>	<i>MOSFETS IRFZ44N .....</i>	<i>41</i>
<b>3.4.7.</b>	<i>LCD .....</i>	<i>42</i>
<b>3.4.8.</b>	<i>Batería recargable. ....</i>	<i>43</i>
<b>3.4.9.</b>	<i>Led.....</i>	<i>44</i>
<b>3.4.10.</b>	<i>Fotocelda.....</i>	<i>45</i>
<b>3.5.</b>	<b>Esquema de conexión del módulo electrónico.....</b>	<b>46</b>
<b>3.5.2.</b>	<i>Esquema de conexión de las iluminarias del semáforo .....</i>	<i>50</i>
<b>3.6.</b>	<b>Software de desarrollo del dispositivo .....</b>	<b>53</b>
<b>3.6.1.</b>	<i>Arduino IDE 1.8.19 .....</i>	<i>53</i>
<b>3.6.2.</b>	<i>Proteus 8.12.....</i>	<i>53</i>
<b>3.6.3.</b>	<i>Blynk IoT .....</i>	<i>53</i>
<b>3.6.4.</b>	<i>SolidWorks .....</i>	<i>53</i>
<b>3.6.5.</b>	<i>Altium Designer .....</i>	<i>54</i>
<b>3.6.6.</b>	<i>Excel.....</i>	<i>54</i>
<b>3.7.</b>	<b>Programación del dispositivo electrónico .....</b>	<b>54</b>
<b>3.7.1.</b>	<i>Diagrama de flujo principal para la programación. ....</i>	<i>55</i>

3.7.1.1.	<i>Inicialización</i> .....	55
3.7.1.2.	<i>Bucle de repetición</i> .....	55
3.8.	<b>Comunicación y configuración con plataforma Blynk.io</b> .....	57

## CAPITULO IV

4.	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b> .....	60
4.1.	<b>Consideraciones generales</b> .....	61
4.2.	<b>Validación de sensores</b> .....	62
4.2.1.	<i>Validación del sensor voltaje</i> .....	62
4.2.2.	<i>Validación del sensor giroscopio MPU 6050</i> .....	65
4.2.3.	<i>Validación del sensor de corriente</i> .....	67
4.3.	<b>Estabilidad de sensores</b> .....	69
4.3.2.	<i>Estabilidad del sensor giroscopio MPU6050</i> .....	69
4.3.3.	<i>Estabilidad del sensor de corriente.</i> .....	70
4.4.	<b>Comunicación</b> .....	71
4.4.1.	<i>Captura de datos con WireShark</i> .....	71
4.4.2.	<i>Integridad de los paquetes de información que se envían</i> .....	72
4.4.3.	<i>Comunicación ESP32 con la nube</i> .....	75
4.5.	<b>Consumo de corriente</b> .....	76
4.6.	<b>Prueba de Funcionalidad</b> .....	77
4.7.	<b>Estudio económico del módulo electrónico</b> .....	80
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	81
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	83
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	84
	<b>ANEXOS</b> .....	89

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b>	Semáforos peatonales ancho de cruce < 8 m unido o separado. ....	12
<b>Ilustración 2-2:</b>	Semáforos peatonales ancho de cruce > 8 m .....	12
<b>Ilustración 3-2 :</b>	Cruce peatonal controlado con semáforo vehicular. ....	15
<b>Ilustración 4-2:</b>	Viseras a: Tipo A: visera abierta (mm); b. Tipo B: Visera cerrada (mm); c. Tipo C: Visera medio cortada (mm).....	17
<b>Ilustración 5-2:</b>	Arquitectura del semáforo inteligente.....	18
<b>Ilustración 6-2:</b>	Voltaje Constante.....	24
<b>Ilustración 7-2:</b>	Corriente por impulsos.....	25
<b>Ilustración 8-2:</b>	Diagrama de Fases. a. Diagrama de Secuencia de Fases Tiempos Fijos, b. Diagrama de Fases de Modo Actuado, c. Diagrama de Secuencia de Fases para Ciclo Constante y Fases Variables, d. Diagrama de Secuencia de Fases de un Ciclo Variable Limitado .....	30
<b>Ilustración 1-3:</b>	Concepción de la arquitectura general del sistema. ....	33
<b>Ilustración 2-3:</b>	Diagrama de bloque de la etapa de sensado.....	34
<b>Ilustración 3-3:</b>	Diagrama de bloques de la etapa de control y adquisición .....	35
<b>Ilustración 4-3:</b>	Diagrama de bloques de almacenamiento, administración y visualización. ..	36
<b>Ilustración 5-3:</b>	Modulo Esp32.....	37
<b>Ilustración 6-3:</b>	Sensor de corriente ACS72.....	38
<b>Ilustración 7-3:</b>	Sensor MPU 6050.....	39
<b>Ilustración 8-3:</b>	Módulo GPS NEO 6M.....	40
<b>Ilustración 10-3:</b>	Integrado LM358 .....	41
<b>Ilustración 11-3:</b>	Mosfets IRFZ44N .....	42
<b>Ilustración 12-3:</b>	Display LCD .....	43
<b>Ilustración 13-3:</b>	Batería recargable .....	44

<b>Ilustración 14-3:</b>	Led .....	<b>45</b>
<b>Ilustración 15-3:</b>	Fotocelda.....	<b>45</b>
<b>Ilustración 16-3:</b>	Esquema de conexión .....	<b>48</b>
<b>Ilustración 17-3:</b>	PCB de la placa principal del proyecto.....	<b>49</b>
<b>Ilustración 18-3:</b>	Modelado en 3D de la placa principal. ....	<b>49</b>
<b>Ilustración 19-3:</b>	Placa Implementada. ....	<b>50</b>
<b>Ilustración 20-3:</b>	PCB de luces del semáforo. ....	<b>50</b>
<b>Ilustración 21-3:</b>	PCB de luces del semáforo posterior. ....	<b>51</b>
<b>Ilustración 22-3:</b>	Estructura del proyecto frontal y posterior. ....	<b>51</b>
<b>Ilustración 23-3:</b>	Medidas y estructura del semáforo. ....	<b>52</b>
<b>Ilustración 23-3:</b>	Medidas y estructura del semáforo. ....	<b>56</b>
<b>Ilustración 24-3:</b>	Dispositivos en la plataforma.....	<b>57</b>
<b>Ilustración 25-3:</b>	Programación en ESP32. ....	<b>58</b>
<b>Ilustración 26-3:</b>	Interfaz Web de la plataforma Blynk IoT. ....	<b>58</b>
<b>Ilustración 27-3:</b>	Indicadores de Blynk IoT.....	<b>59</b>
<b>Ilustración 2-4:</b>	Medición de voltaje .....	<b>63</b>
<b>Ilustración 3-4:</b>	Comparación de mediciones del nivel de voltaje.....	<b>64</b>
<b>Ilustración 4-4:</b>	Comparación de mediciones del sensor giroscopio. ....	<b>65</b>
<b>Ilustración 5-4:</b>	Grafica de comparación del sensor MPU6050 y dispositivo patrón.....	<b>67</b>
<b>Ilustración 5-4:</b>	Equipo patrón de medición de corriente .....	<b>67</b>
<b>Ilustración 6-4:</b>	Comunicación del proyecto .....	<b>71</b>
<b>Ilustración 7-4:</b>	Captura de datos del proyecto con las direcciones IP.....	<b>72</b>
<b>Ilustración 8-4:</b>	Graficas de transmisión de datos del proyecto.....	<b>72</b>
<b>Ilustración 9-4:</b>	Graficas de transmisión de paquetes y errores del proyecto .....	<b>73</b>
<b>Ilustración 10-4:</b>	Comunicación entre ESP32 y Blynk.io .....	<b>75</b>
<b>Ilustración 11-4:</b>	Datos en la nube de Blynk.io .....	<b>76</b>

<b>Ilustración 12-4:</b>	Consumo de potencia.....	<b>76</b>
<b>Ilustración 13-4:</b>	Puesta en marcha del módulo electrónico.....	<b>77</b>
<b>Ilustración 14-4:</b>	Comprobación de la comunicación.....	<b>78</b>
<b>Ilustración 15-4:</b>	Visualización de la información recibida.....	<b>79</b>
<b>Ilustración 16-4:</b>	Validación de los sensores .....	<b>79</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Causas de accidentes de tránsito.....	<b>6</b>
<b>Tabla 2-1:</b>	Tipos de semáforos en función de sus diámetros. ....	<b>11</b>
<b>Tabla 3-2:</b>	Según la división y clasificación. ....	<b>13</b>
<b>Tabla 4-2:</b>	Cantidad y potencia de consumo de leds de acuerdo con el tamaño. ....	<b>13</b>
<b>Tabla 5-2:</b>	Cantidad y potencia de consumo de leds de acuerdo con el tamaño. ....	<b>14</b>
<b>Tabla 6-2:</b>	Dimensiones de las pantallas de fondo para cabezas de semáforos de tres colores. .	<b>15</b>
<b>Tabla 7-2:</b>	Corte de visión angular con viseras.....	<b>17</b>
<b>Tabla 8-2:</b>	Comparativa de placas de desarrollo hardware .....	<b>20</b>
<b>Tabla 9-2:</b>	Comparativa de las diferentes comunicaciones inalámbricas .....	<b>21</b>
<b>Tabla 10-2:</b>	Comparativa de las diferentes plataformas en la nube. ....	<b>22</b>
<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación de sensores de acuerdo al fenómeno físico que miden.....	<b>26</b>
<b>Tabla 2-2:</b>	Modos de funcionamiento del semáforo inteligente.....	<b>27</b>
<b>Tabla 13-3:</b>	Modos de control del semáforo inteligente .....	<b>28</b>
<b>Tabla 14-2:</b>	Modos de fase del semáforo inteligente .....	<b>28</b>
<b>Tabla 1-3:</b>	Principales características técnicas del módulo Esp32.....	<b>37</b>
<b>Tabla 2-3:</b>	Principales características técnicas del sensor de corriente ACS72. ....	<b>38</b>
<b>Tabla 3-3:</b>	Principales características técnicas del sensor MPU 6050. ....	<b>39</b>
<b>Tabla 4-3:</b>	Principales características técnicas del sensor MPU 6050. ....	<b>40</b>
<b>Tabla 5-3:</b>	Principales características técnicas del integrado LM358. ....	<b>41</b>
<b>Tabla 6-3:</b>	Principales características técnicas del Mosfets IRFZ44N.....	<b>42</b>
<b>Tabla 7-3:</b>	Principales características técnicas del LCD con bus de comunicación I2C.....	<b>43</b>
<b>Tabla 8-3:</b>	Principales características técnicas de la batería recargable.....	<b>44</b>
<b>Tabla 9-3:</b>	Principales características técnicas del Led. ....	<b>45</b>

<b>Tabla 10-3:</b>	Principales características técnicas del Led. ....	<b>46</b>
<b>Tabla 11-3:</b>	Principales librerías utilizadas. ....	<b>54</b>
<b>Tabla 1-4:</b>	Mediciones tomadas para validar el sensor de voltaje. ....	<b>63</b>
<b>Tabla 2-4:</b>	Mediciones tomadas para validar el sensor giroscopio MPU6050. ....	<b>65</b>
<b>Tabla 3-4:</b>	Mediciones tomadas para validar el sensor de corriente. ....	<b>67</b>
<b>Tabla 4-4:</b>	Prueba de estabilidad sensor de voltaje. ....	<b>69</b>
<b>Tabla 5-4:</b>	Prueba de estabilidad sensor giroscopio MPU6050. ....	<b>70</b>
<b>Tabla 6-4:</b>	Prueba de estabilidad sensor de corriente. ....	<b>70</b>
<b>Tabla 7-4:</b>	Integridad de datos. ....	<b>73</b>
<b>Tabla 8-4:</b>	Integridad de datos. ....	<b>74</b>
<b>Tabla 9-4:</b>	Evaluación económica. ....	<b>80</b>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**Anexos A:** HOJA DE DATOS DEL MICROCONTROLADOR ESP32 .

**Anexos B:** HOJA DE DATOS DEL SENSOR ACS712.

**Anexos C:** HOJA DE DATOS DEL SENSOR MPU6050.

**Anexos D:** HOJA DE DATOS DE GPS NEO 6M.

**Anexos E:** HOJA DE DATOS DEL INTEGRADO LM358

**Anexos F:** HOJA DE DATOS MOSFET IRFZ44N

**Anexos G:** HOJA DE DATOS LCD 20X4

**Anexos H:** HOJA DE DATOS DE LA BATERÍA RECARGABLE

**Anexos I:** PLANOS DE LA ESTRUCTURA DEL SEMÁFORO.

**Anexos J:** CÓDIGO EN ARDUINO DEL ESP8266

**Anexos K:** CARTA DE VALIDACIÓN DEL MÓDULO ELECTRÓNICO

## RESUMEN

Este trabajo de titulación tuvo por objetivo diseñar y construir un semáforo como módulo electrónico auto diagnosticable con capacidad de generación y transmisión ante alerta de fallas, trabaja con comunicación inalámbrica mediante tecnología WIFI, emite alertas cuando se presenta fallas en alimentación, funcionamiento de luminarias o posicionamiento. Para su diseño se realizó revisiones bibliográficas y el estudio de normativas, se planteó requerimientos, se diseñó y seleccionó elementos de hardware, software y estructurales, adecuados para su implementación y finalmente se validó. De las pruebas de precisión de sensores se determinó una exactitud del 98.96%, y una estabilidad de 1.4%, en base al coeficiente de variación. De las pruebas de integridad de información se comprobó que no existen pérdidas de datos y puede mantener una autonomía de funcionamiento de 6 horas si se presenta cortes de energía. Se concluye que el dispositivo tecnológico cumple con los requerimientos establecidos para generación de alertas ante fallas y puede ser competitivo con dispositivos comerciales. Se recomienda que en el dispositivo se incorpore inteligencia artificial con capacidad para el autodiagnóstico e identificación de la etapa y elemento específico que presente falla.

**Palabras clave:** <MODULO ELECTRÓNICO>, <SENSORES>, <COMUNICACIÓN INALÁMBRICA>, <DISPOSITIVO TECNOLÓGICO >, <TRANSMISIÓN DE DATOS>.



*[Handwritten signature]*  
29/03/2023  
0602-DBRA-UPT-2023

## SUMMARY

The objective of the curricular integration research project was to design and build a self-diagnosable traffic light as an electronic module with the capability of generating and transmitting alerts in case of malfunctions; it works with wireless communication using WIFI technology, it issues warnings when there are issues with power supply, luminaires operation, or positioning. For its design, a bibliographic review and the study of regulations were carried out; requirements were proposed; hardware, software, and structural elements were designed and selected, suitable for their implementation, and finally, It was validated. The sensor accuracy tests determined an accuracy of 98.96% and a stability of 1.4% based on the coefficient of variation. The data integrity tests verified that there are no data losses and that it can maintain a 6-hour operating autonomy in case of power outages. It is concluded that the technological device complies with the established requirements for generating alerts in case of malfunctions and can be competitive with commercial devices. It is recommended that artificial intelligence be incorporated into the device with the capacity for self-diagnosis and identification of the specific stage and element that presents a fault.

**Keywords:** <ELECTRONIC MODULE>, <SENSORS>, <WIRELESS COMMUNICATION>, <TECHNOLOGICAL DEVICE>, <DATA TRANSMISSION>.



Lenin Iván Lara Olivo  
0602546103

## INTRODUCCIÓN

Los estudios que se han realizado por la Organización Mundial de la Salud determinaron que una de las causas que más muertes ha provocado son los accidentes de tránsito, en los que cada año aproximadamente mueren alrededor de 1.35 millones de personas. Por otro lado, en la región de América la tasa de mortalidad ha sido menor solamente en el país de Canadá que obtuvo un rango de 6.0 por cada 100.00 habitantes, mientras que en el Ecuador ese rango se elevó a un 20,1 por cada 100.000 habitantes (OMS 2020).

Los accidentes tienden a subir o a bajar el porcentaje estadístico cada año, dependiendo del país y su economía, ya que al tener un nivel de ingresos alto se podría implementar tecnología avanzada para la seguridad vial (Tripathi et al. 2015) . A nivel mundial se desarrollaron varias investigaciones para disminuir los accidentes de tránsito, como, por ejemplo, en Japón implementaron un sistema inteligente de semáforos con vigilancia remota el cual como resultado se dio una disminución en el tiempo de espera con lo que se logró disminuir los accidentes de tránsito (McGuire 2016). En América Latina también existe un estudio de proyectos como en los países de México y Perú que ambos han implementado un sistema de semaforización inteligente para poder controlar el tráfico vehicular con cámaras de tráfico o redes neuronales (Fuentes García et al. 2021).

De acuerdo con la investigación realizada por (Cutipa Luque y Lozano Laffore 2020) una de las variantes para la administración del tráfico vehicular son los tréboles, es por ello que los tréboles son infraestructuras diseñadas para mejorar la circulación y seguridad vehicular en las intersecciones, las cuales solventadas con semáforos inteligentes puede disminuir el nivel de accidentes en Lima. Para este caso, el trébol analizado se define como una intersección vial a desnivel parcial de tres lazos y cuatro ramales directos.

Es importante también tomar en consideración otras investigaciones relacionadas, tal es el caso de la propuesta realizada por (María Rodríguez Romo y Alexander Bravo León 2021) el IoT para la semaforización inteligente, la cual ayuda a poder obtener un buen manejo y acceso en la restricción vehicular por lo que la causa de los accidentes se observa con un factor común que es la falta de responsabilidad de las personas. Los sistemas inteligentes provocan que tanto conductores como personas logren tomar decisiones ante las señales de alarma que estos emitan, y así poder disminuir la aglomeración de vehículos y con eso que puedan tener más control de su tiempo.

En los últimos años se ha evidenciado una alta inversión en la investigación que busca el mejoramiento de las ciudades, enfocado en volver sus entornos cada vez más “inteligentes”. Uno de

los puntos a resaltar de estas investigaciones, es la necesidad de sistemas de semaforización inteligente, “debido a que el tráfico vehicular es uno de los problemas que más ha sido estudiado a nivel mundial”. Siendo las intersecciones factor clave de estudio por ser puntos críticos y foco de concentraciones vehiculares o embotellamientos. A pesar de que esta revolución lleva pocos años marcando el avance de nuevas tecnologías, con el objetivo de mejorar la movilidad, se han obtenido grandes avances, tanto en países desarrollados, como en los países en vía de desarrollo (Álvarez Sánchez y Olaya Quiñones 2021).

Teniendo en cuenta los antecedentes en cuanto infraestructura, tecnología y sostenibilidad se puede establecer que las implementaciones actuales, requiere de la inversión económica en recursos tecnológicos e infraestructura para la implementación de un sistema de semaforización inteligente, al ser moderno y con una alta eficiencia en los procesos, la visión de la calidad de vida en los habitantes se puede aumentar, por lo que si realizamos una mezcla con una dinámica social fuerte para así poder generar los espacios que se hacen llamar hoy en día como ciudades inteligentes (Danilo y Rivera 2020).

Al identificar el problema en el tránsito vehicular se puede hablar de un fenómeno socioeconómico y ambiental con influencia en el campo tanto laboral como la higiene mental de la población que puede ser directa e indirectamente involucrada. Esto se presenta como un gran problema para la sociedad a lo largo del tiempo. Hoy en día se valoran factores vinculados a la movilidad, donde se investigan tiempos seguros y rápidos según su ruta. La semaforización en la ciudad de Bogotá está fundada por tiempos preestablecidos de acuerdo con las condiciones del tráfico cuya finalidad es encontrar la alta fluidez posible, pero en horas pico y en vías de intersecciones principales este esquema no es óptimo (López Sevillano y Gómez Lara 2019).

Para (Verónica et al. 2019), la principal razón para el congestionamiento vehicular es la desincronización de tiempos en los semáforos, consecuencia de esta también se consigue largos tiempos de espera para poder desplazarse de un lugar a otro. El punto más importante con más tráfico está ubicado en el centro del cantón, lo cual ocasiona gastos innecesarios en el combustible lo cual lleva a un aumento en la contaminación con la emanación de CO<sub>2</sub> que es altamente perjudiciales para la salud de la población. En Ecuador de igual manera se han desarrollados trabajos; como en la ciudad de Quito existen sistemas de semaforización inteligente en el Campus de la Universidad Tecnológica Israel (Caiza Infante, Robayo Jácome y Medina Chicaiza 2016) y en la Escuela Politécnica Nacional.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

En este capítulo se analiza el planteamiento del problema, la justificación teórica de la aplicación, los objetivos y la metodología utilizada en esta investigación.

### 1.1. Planteamiento del problema

¿Cómo diseñar y construir un semáforo como módulo electrónico auto diagnosticable con capacidad de generación y transmisión de alertas ante fallas?

### 1.2. Justificación

#### 1.2.1. Justificación Teórica

Los accidentes de tránsito se han constituido en una de las principales causas del fallecimiento anual de 1.35 millones de personas, ahora si nos referimos a la Región de América se presenta como una de las segundas causas de muerte por lo que solo en el año 2013 se ha dado 154.089 muertes por lo que habido un incremento del 8.30%. Así mismo en dicho año a nivel mundial específicamente en Suecia y Reino Unido se obtuvo una tasa de mortalidad baja y esto se logró gracias a que implementaron una serie de Políticas de Seguridad Vial.

En cuanto al referimos a la Región de América en el año 2013, el país que obtuvo la menor tasa de mortalidad fue Canadá con un rango de 6,0 por cada 100.000 habitantes, en cambio en Sudamérica en nuestro país Ecuador se obtuvo el séptimo lugar con un 20,1 por cada 100.000 habitantes (Tripathi et al. 2015).

Al relacionar con la distribución de accidentes de tránsito, se observa que hay diferencias significativas por el nivel de economía de cada país. Es decir que el 27% de las muertes por accidentes de tránsito son registrados en los países de gran economía, mientras que el 73% ocurre en países de baja economía, siendo esto la población más afectada (Tripathi et al. 2015). Estas cifras tienen una tendencia en ir aumentando y al no tomar medidas correctivas en los próximos años, la población del Ecuador activa económicamente será la más afectada (Gomez Garcia, Merino Salazar y Silva Pena-Herrera 2022). En tal sentido, estos accidentes de tránsito son considerados por la Organización Mundial de la Salud como un problema prioritario en la salud pública, al afectar a la economía y al entorno social, tanto en empresas públicas y privadas.

Los sistemas de monitoreo y control en este caso de los semáforos son de gran valor ya que producen beneficios para los usuarios ya sea de forma directa o indirecta, ya que se obtendría una rápida respuesta al momento del fallo (Rivera 2019)

Una de las principales fallas que existen actualmente en los semáforos es por causa de que no se instalan las luminarias adecuadas para su operación, y esto pasa porque se desconoce bien a fondo el manejo del mercado local, por lo que las luminarias que las autoridades han adquirido se queman o fallan a mediano plazo, por lo que sucede problemas en la circulación vehicular provocando accidentes, para ello se debería aplicar que para obtener un buen rendimiento en las luminarias debería ser de 65 watts de potencia que va a brindar 5000 horas de vida, pero esto se maneja conceptualmente ya que en la realidad las luminarias que existen hoy en da son apenas de 45 watts y solo funcionarían sus 2000 horas de vida (DPA 2015)

Ahora bien, se sabe que los conductores no prestan atención al 100% al manejar un automóvil, y si sumamos este factor a las fallas de los semáforos, entra en aumento los riesgos de accidentes vehiculares con lo que se eleva el número de accidentes ocasionados por los choferes al no respetar la señalización vial. Esto puede cambiar gracias al desarrollo de una tecnología que represente un control optimo vial, lo cual mejoraría la calidad de vida de la población (BIDEGAIN 2019).

### ***1.2.2. Justificación Aplicativa***

Este proyecto propone una ayuda técnica para reducir los accidentes de tránsito causados por fallas habituales en los semáforos, la construcción del semáforo como módulo electrónico dispone de un controlador, la cual transmitirá una señal de alerta de forma inalámbrica a un receptor, en el que un operario se encargará de verificar la información de los datos que han sido enviados por el semáforo y así almacenarlos en una base de datos, después de que se analizó dichos datos y al detectar que existe una falla en uno de los semáforos se procederá a enviar una notificación al personal técnico para que mediante la ubicación GPS pueda acercarse al lugar y arreglar la falla en el menor tiempo posible.

El sistema dispondrá también de una etapa de análisis de datos, la cual estará conformado por personal capacitado en el área, en donde el objetivo será estudiar los datos y al encontrar varias fallas con frecuencia en un mismo semáforo o en una zona estratégica, estos brindaran soluciones para dicho problema.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar y construir un semáforo como módulo electrónico auto diagnosticable con capacidad de generación y transmisión de alertas ante fallas.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- ✓ Estudiar normativas, características y arquitectura sobre sistemas electrónicos de autodiagnóstico y características de semáforos comerciales.
- ✓ Definir los requerimientos que debe cumplir un semáforo como módulo electrónico auto diagnosticable a la red.
- ✓ Definir el diseño que permite cumplir con los requerimientos establecidos para el módulo electrónico auto diagnosticable a la red.
- ✓ Seleccionar el hardware y software que permite construir el diseño propuesto.
- ✓ Evaluar si el semáforo desarrollado como módulo electrónico auto diagnosticable cumple con los requerimientos planteados al inicio de la investigación.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se realiza la descripción general de la situación actual sobre los accidentes de tránsito en Ecuador, seguido de la definición de semáforos inteligentes, funcionamiento, la arquitectura, una comparativa de diferentes tecnologías inalámbricas, así como de las diferentes placas de desarrollo para su control y la normativa para la construcción de un semáforo.

#### 2.1. Situación actual de los accidentes de tránsito en Ecuador

En Ecuador los accidentes de tránsito son considerados como un problema de salud pública, por lo que ocupan los primeros puestos en tasa de fallecimientos a nivel mundial (Gómez García, Orbe Montenegro y Campos Villalta 2019). Dentro de las Américas el Ecuador ocupa el octavo puesto en mortalidad por accidentes de tránsito (OPS 2019), mientras que en Sudamérica ocupa el quinto puesto (Montufar Mancheno y Balseca Franco 2015), debido al crecimiento demográfico y al aumento del parque automotor (Rojas Paredes 2020).

Según el Anuario de Estadísticas de Transporte (ANET) 2020, publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (Hidalgo y León 2021), Ecuador pasó de 1.925.368 (2015) vehículos motorizados y matriculados a 2.361.175 (2020) vehículos, es decir un acrecentamiento del 18%. Además, existen otros factores que contribuyen a los accidentes de tránsito, en la Tabla 1-2 se muestra las causas de los siniestros de tránsito, lesionados y fallecidos en sitio. En el Gráfico 1-1 el porcentaje de ocurrencia según la Agencia Nacional de Tránsito.

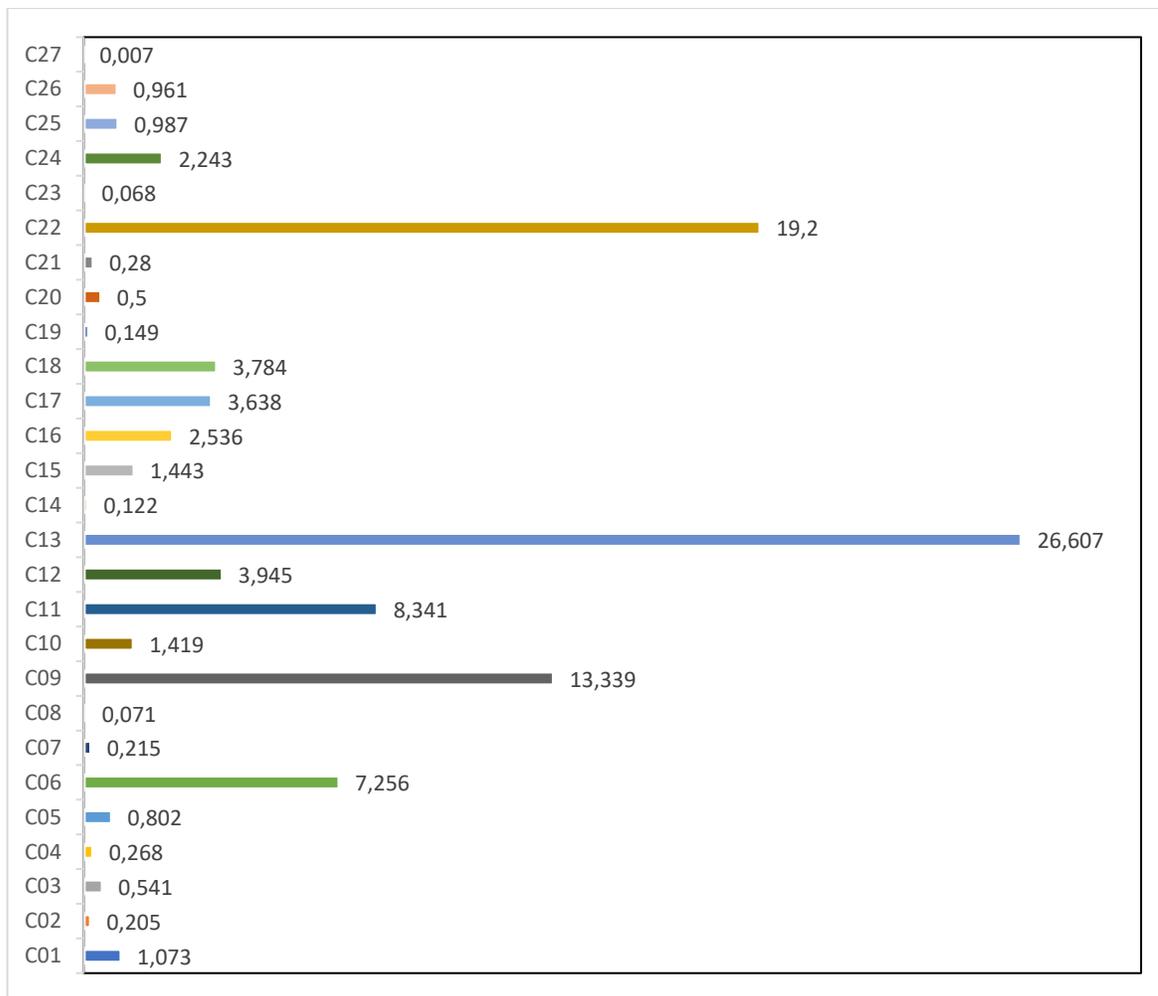
**Tabla 1-2: Causas de accidentes de tránsito.**

CÓDIGO	CAUSA
C01	Caso fortuito o fuerza mayor (explosión de neumático nuevo, derrumbe, inundación, caída de puente, árbol, presencia intempestiva e imprevista de semovientes en la vía, etc.).
C02	Presencia de agentes externos en la vía (agua, aceite, piedra, lastre, escombros, maderos, etc.).
C03	Conducir en estado de somnolencia o malas condiciones físicas (sueño, cansancio y fatiga).
C04	Daños mecánicos previsible.
C05	Falla mecánica en los sistemas y/o neumáticos (sistema de frenos, dirección, electrónico o mecánico).
C06	Conduce bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos.
C07	Peatón transita bajo influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos.
C08	Peso y volumen-no cumplir con las normas de seguridad necesarias al transportar cargas.
C09	Conducir vehículo superando los límites máximos de velocidad.
C10	Condiciones ambientales y/o atmosféricas (niebla, neblina, granizo, lluvia).

C11	No mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede.
C12	No guardar la distancia lateral mínima de seguridad entre vehículos.
C13	Conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor)
C14	Dejar o recoger pasajeros en lugares no permitidos.
C15	No transitar por las aceras o zonas de seguridad destinadas para el efecto.
C16	Bajarse o subirse de vehículos en movimiento sin tomar las precauciones debidas.
C17	Conducir en sentido contrario a la vía normal de circulación.
C18	Realizar cambio brusco o indebido de carril.
C19	Mal estacionado- el conductor que detenga o estacione vehículos en sitios o zonas que entrañen peligro, tales como zona de seguridad, curvas, puentes, túneles, pendientes.
C20	Malas condiciones de la vía y/o configuración. (Iluminación y diseño).
C21	Adelantar o rebasar a otro vehículo en movimiento en zonas o sitios peligrosos tales como: curvas, puentes, túneles, pendientes, etc.
C22	No respetar las señales reglamentarias de tránsito (pare, ceda el paso, luz roja del semáforo, etc.).
C23	No respetar las señales manuales del agente de tránsito.
C24	No ceder el derecho de vía o preferencia de paso a vehículos.
C25	No ceder el derecho de vía o preferencia de paso al peatón.
C26	Peatón que cruza la calzada sin respetar la señalización existente (semáforos o señales manuales).
C27	Dispositivo regulador de tránsito en mal estado de funcionamiento (semáforo).

**Fuente:** (Comunicación Social 2015)

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2022



**Gráfico 1-2. Estadística de las causas de accidentes de tránsito (%) 2021, Ecuador.**

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2022 en base a los datos de la (Comunicación Social 2015).

Del Gráfico 1-2 se puede observar que la mayor principal causa de los accidentes de tránsito es por conducir distraído (celular, pantallas de video, maquillaje o cualquier otro elemento distractor) con un 26.607%. Seguido de no respetar las señales reglamentarias de tránsito (pare, ceda el paso, luz roja del semáforo, etc.) con un 19.2%. En tercer lugar, con 13.339% por conducir superando los límites máximos de velocidad. En el cuarto lugar, con 8.341% por no mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede; y en quinto lugar con 7.256% por conducir bajo los efectos del alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y también medicamentos.

También se puede apreciar que la menor causa que genera accidentes de tránsito es por el dispositivo regulador de tránsito en mal estado de funcionamiento con 0,007%. Sin embargo, a pesar de que esta cifra sea menor constituye un alto riesgo de accidentes de tránsito en ciudades donde el tráfico vehicular es alto, como en la ciudad de Quito donde diariamente se emiten 20 reportes (7300 al año)

de semáforos dañados (García Guerrero 2019) y que cada mes son derribados 17 semáforos (204 al año) por accidentes (el Comercio 2022) .

Según el diario “EL COMERCIO” del 16 de noviembre de 2011 publicó que las causas de desperfectos en los semáforos son debido a que estos funcionan con luminaria incandescente y otros funcionan con sistema LED, también por sobrecargas y cortocircuitos que queman las luminarias; o a los daños en las tarjetas que controlan los ciclos de cada luz.

Esta situación podría cambiar gracias al desarrollo de una tecnología que represente un control óptimo vial. Estos dispositivos inteligentes tienen componentes que permiten intervenir y ayudar en las vías para lograr una circulación ordenada y sobre todo segura, además brindan información que aplica al lugar que se transita y son de carácter local (Martínez Delgado 2011). Uno de los elementos más comunes en los dispositivos de control es el regulador de tráfico, que al paso de los años su desarrollo se enfocó para ser inteligentes.

## **2.2. Proyectos de sistemas inteligentes de transporte realizados**

A continuación, se presenta una serie de proyectos desarrollados y en algunos casos implementados referente a sistemas de control de tráfico y sistemas inteligentes tanto a nivel mundial como nacional.

En Japón se han implementado semáforos equipados con nuevas funciones (International Press 2015). Por ejemplo, en el distrito de Tokiwa – Saitama se ha instalado semáforos con cámara que detectan el tráfico circundante y ajusta el semáforo de acuerdo con la información que registra. De igual manera en la ciudad de Okayama se instaló un sistema similar, donde si el semáforo no detecta coches por lo menos dos segundos, la luz verde dura un máximo de veintiocho segundos (trece segundos más de lo habitual). En Fukuoka se instaló un botón que reproduce mensajes de advertencias con la voz de un niño para advertir a los ancianos que no crucen imprudentemente la calle.

En Argentina (ciudades de Tandil, Benito Juárez y Laprida) se ha implementado un sistema de control de tránsito (SCT) que opera de manera centralizada, esto quiere decir que todos los semáforos se encuentran en comunicación directa con una central de control. Su funcionalidad depende de un controlador satelital para GPS y de una red amplia con servicios de internet (Manzo Cruz y Arzate Hernández 2019).

En Italia (Roma) se implementó un sistema de estacionamiento inteligente usando sensores de Sony con funcionalidad de procesamiento con Inteligencia Artificial. El sistema comunica a los conductores en sus móviles a través de una aplicación antes de ser dirigidos al sitio de estacionamiento gratuito más cercano. Sus coordenadas de ubicación exacta de los puestos de estacionamiento libres

se reflejarían en tiempo real en un mapa la cual estaría en la pantalla del dispositivo móvil utilizado por el conductor que se dirige hacia la zona (el Español 2021).

En Ecuador, la Universidad Tecnológica Israel de la ciudad de Quito han diseñado y construido un prototipo de un sistema de semaforización inteligente y se realizó una simulación de los beneficios que genera la programación del sistema en cuanto a movilidad vehicular en una de las calles de mayor demanda de tráfico de la ciudad. Para el prototipo se usó microcontroladores ATmega donde se encuentra la programación y durante las horas picos estos trabajan de manera autónoma y acorde a las señales enviada por los interruptores (simula los datos de la cámara TrafiCam) colocados sobre los semáforos envían la señal de “0” o “1” lógico a los microcontroladores ATmega, estos procesa la información y hará funcionar a los semáforos mostrando de forma simulada una mejor fluidez vehicular al activar la luz verde donde se detecte calles con tráfico; además cuenta con contadores con el fin de simular tiempo de respuesta de cambio de la luz roja a verde o viceversa; y una pantalla LCD indicativa, con el fin de mostrar mensajes de vías congestionadas, mensajes de seguridad vial, etc (Caiza Oña 2016).

Una vez analizados los proyectos realizados se concluye que de todos los sistemas desarrollados ninguno funciona como módulo auto diagnosticable, pues la mayoría está más enfocada para el control del flujo vehicular. Uno envía a la central de control y monitoreo el estado de funcionamiento del semáforo, pero la desventaja es que al depender de servicios externos y transmisión de señales vía GPS requiere una mayor inversión.

### **2.3. Semáforos inteligentes**

Es aquel que “detecta” la cantidad de flujo vehicular mediante sensores o cámaras de detección vehicular y con base a parámetros ya establecidos en un procesador, van “modificando” los tiempos de paso y/o detención (Angeles-David Alejandro, Paez-Liliana y Molina-Ricardo 2021). Entre las funciones más importantes de los semáforos inteligentes, se tiene (Osorio Unda 2018)

- Control de la longitud de la cola de vehículos en espera.
- Información a los conductores del estado del tráfico.
- Semáforo con mando a distancia, que se active cuando esté yendo a pasar una persona ciega, y a su vez de señal de audio para que informe cuando debe pasar.
- Forzar semáforos en verde en casos especiales (paso de ambulancias, policías, etc.)
- Optimización del tráfico mediante comunicación inalámbrica entre semáforos.
- Programación, monitoreo y control de manera “on – line” a los semáforos.
- Monitoreo mediante cámaras y evidenciar las infracciones de los conductores.

Los semáforos son señales luminosas, los cuales muestran a quién debe pasar o detenerse, tanto para los peatones como para los conductores y de la misma manera señalar quién debe esperar. De igual forma tiene como función dar seguridad al peatón como también a liberar flujo vehicular en zonas de alta demanda vehicular. Según la norma RTE. 004 de SemafORIZACIÓN parte 5, menciona que se encuentran clasificados en dos tipos:

### 2.3.1. *Semáforos vehiculares*

Son de tipo estándar conformado por los tres módulos. De requerirse virajes, se pueden acoplar tres módulos más hasta obtenerse un máximo de 6 módulos que conforman una nueva unidad tienen tres colores de luces circulares, instalados verticalmente en el siguiente orden descendente: rojo, amarillo o ámbar y verde (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012). Tal como se muestra en la Tabla 2-2, en la que se detallan los tipos de semáforos en función de sus diámetros.

**Tabla 2-1:** Tipos de semáforos en función de sus diámetros.

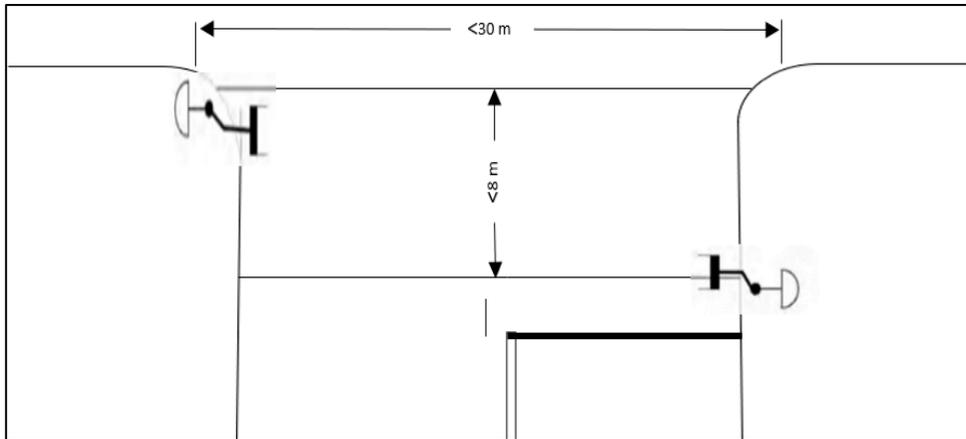
<b>Tamaño</b>	<b>Aplica</b>
Semáforo vehicular de 300 mm	Cuando la velocidad de aproximación es $\leq a$ 60 km/h.
Semáforo vehicular de 200 mm	Cuando la velocidad de aproximación es $\geq a$ 60 km/h.
Semáforo vehicular de 1-300: 2-200	Se podrá utilizar semáforos con la luz roja con lente de 300 mm y luz amarilla o ámbar, y verde con lente de 200 mm. Las señales de arranque y maniobra normalmente deben ser visibles a distancias pequeñas que raramente superan los 40 m, por lo que generalmente estos semáforos con lentes de 200 mm son los más utilizados.

**Fuente:** (Viteri 2021)

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2022

### 2.3.2. *Semáforos peatonales*

De uno o dos cuerpos de disponer de lentes de forma rectangular, cuadrados o circulares, utilizando con el propósito de controlar con seguridad los cruces de peatones a través de una calzada. Instalar en cada terminación de un cruce peatonal un semáforo peatonal como se indica en la Ilustración 1-2, que estará localizado dentro de 1m de la proyección del filo del cruce marcado y enfocado al lado opuesto del cruce (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012).

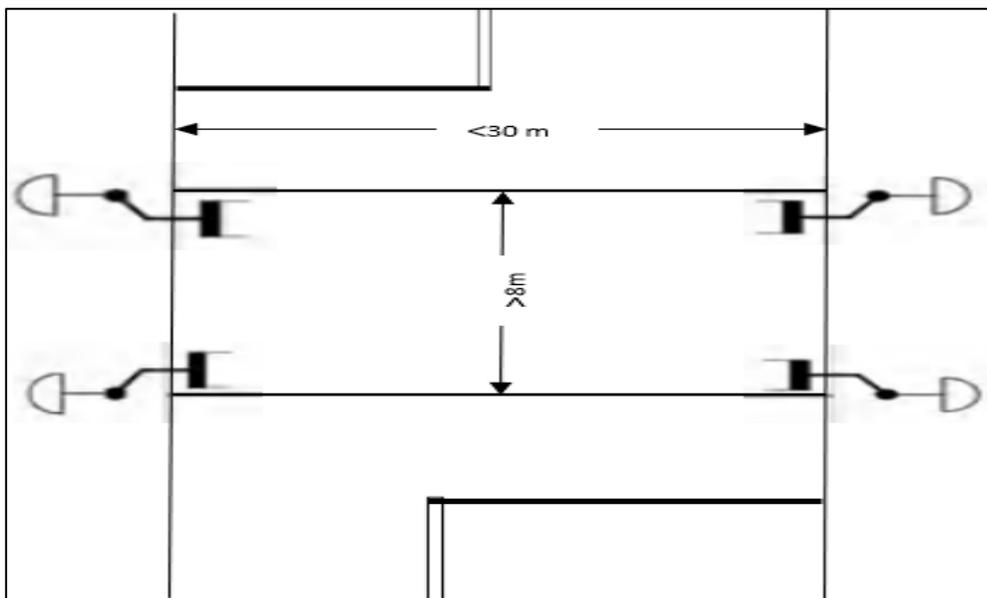


**Ilustración 1-2:** Semáforos peatonales ancho de cruce  $< 8\text{ m}$  unido o separado.

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012)

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2022

En el caso de que el ancho del cruce excede de  $8\text{ m}$ , instalar en cada terminación del cruce dos semáforos peatonales como se observa en la Ilustración 2-2 (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012).



**Ilustración 2-2:** Semáforos peatonales ancho de cruce  $> 8\text{ m}$

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012)

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2022

### 2.3.3. Luces semafóricas

Según la normativa investigada cada semáforo de tránsito dispone de tres colores de luces de forma circular, los cuales son colocados de forma vertical de forma descendente en el orden: rojo, amarillo o ámbar y verde; en algunas ocasiones de acuerdo a los estudios de tránsito es necesario instalar

símbolos con luces extras que indican direcciones con flechas de colores rojas, amarilla o ámbar y verdes; los cuales están compuestos por varios módulos unitarios acoplables como se muestra en la Tabla 3-2 (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012).

**Tabla 3-2:** Según la división y clasificación.

Según su forma se puede dividir en	Se las puede clasificar en:
Intersecciones en T	Sin control
Intersecciones en Y	Con control de prioridad
Intersecciones en +	Redondeles
Escalonadas	Controladas por semáforos
Multi vías	A desnivel

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012)

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

#### 2.4. Normativa ecuatoriana para la semaforización

Para la construcción del semáforo vehicular y puesta en funcionamiento se toma como referencia el Reglamento Técnico Ecuatoriano referente a la señalización vial parte 5 respecto a la semaforización, emitida por el (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012) determina que:

- **Encendido y ciclo de operación de luces:** El orden en la que inicia el encendido de las luces de los semáforos vehiculares es el siguiente: amarillo intermitente – todo rojo – secuencia programada, y su operación tiene la siguiente secuencia: verde – amarillo – rojo – verde. Según el Reglamento Técnico Ecuatoriano no se encuentra el tiempo de duración de cada color ya que esta es variable debido a que el funcionamiento de cada color depende del tiempo de ciclo y de los planes de horarios que se programe en el semáforo.
- **Consideraciones estructurales de los semáforos:** En cuanto al diseño todos los lentes de los semáforos vehiculares serán de aspecto circular y tipo LED. En la Tabla 4-2 se observa el tamaño que esta entre 200 y 300 mm.

**Tabla 4-2:** Cantidad y potencia de consumo de leds de acuerdo con el tamaño.

TAMAÑO	CANTIDAD DE LEDS	CONSUMO DE POTENCIA
300 mm	170 unidades	$\leq 15$ W
200 mm	110 unidades	$\leq 9$ W

Fuente: GAD Municipalidad de Ambato

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

Es importante considerar que de acuerdo con Ixtaina et al., (2018) en su estudio sobre los semáforos vehiculares a led en la ciudad de Buenos Aires, fueron medidos los valores de los semáforos

inteligentes, teniendo en cuenta que los cabezales rojo y verde superan los valores de ITE 2005 (incluso en el caso del verde, puede agregarse ampliamente o en exceso). No ocurre lo mismo con el amarillo, como se evidencia en la Tabla 5-2, cuyos valores están por debajo de lo exigido para este caso particular, los cuales se muestra a continuación:

**Tabla 5-2:** Cantidad y potencia de consumo de leds de acuerdo con el tamaño.

Tipos de Ángulos		Intensidades luminosas		
Ángulo vertical	Ángulo horizontal	300 mm rojo	300 mm amarillo	300 mm verde
2.5	2.5	528	450	950
	7.5	420	370	630
	12.5	178	205	301
	17.5	132	150	172
	22.5	37	35	98
7.5	27.5	13	15	33
	2.5	358	360	550
	7.5	275	300	402
	12.5	173	180	280
	17.5	125	123	203
12.5	22.5	75	75	109
	27.5	35	32	60
	2.5	116	153	171
	7.5	104	144	150
	12.5	103	124	146
17.5	17.5	90	109	137
	22.5	85	72	110
	27.5	32	61	72
	2.5	50	58	81
	7.5	44	54	73
17.5	12.5	40	50	79
	17.5	31	46	62
	22.5	25	30	53
	27.5	19	29	35

Fuente: (Ixtaina et al. 2018)

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

Sin embargo, se debe considerar también que las cabezas de semáforo se utilizan para transmitir mensajes de seguridad al usuario de la vía pública a fin de administrar los derechos de paso y regular el tránsito. La mejor visualización de una señal luminosa siempre va a depender de su color, intensidad, distribución, luminancia, uniformidad de la luminancia, la luminancia del entorno y el efecto fantasma, además del ángulo vertical de los semáforos, entre otros (BIDEGAIN 2019).

Esta norma IRAM 62968 sólo se aplica a señales luminosas que utilizan LED como fuentes de colores rojo, amarillo y verde, con diámetros de 200 mm y 300 mm. Donde los requisitos para un correcto funcionamiento visual, estructural, ambiental y de los ensayos de los semáforos para tránsito vehicular(BIDEGAIN 2019).

Las señales luminosas deben tener una pantalla de contraste opaca o un borde de 25 mm de manera que proporcione un contraste adecuado. La pantalla de contraste se puede incorporar en la carcasa de

la cabeza de semáforo o puede ser una pantalla desmontable. Las dimensiones de la pantalla de contraste para cabezas de semáforos de tres colores deben cumplir con una de las cuatro clases especificadas en la Tabla 6-2. Cada clase están expresadas en varias dimensiones (altura y anchura) de la pantalla de fondo opaca y para discos de 200 mm y 300 mm, las dimensiones son mostradas a continuación:

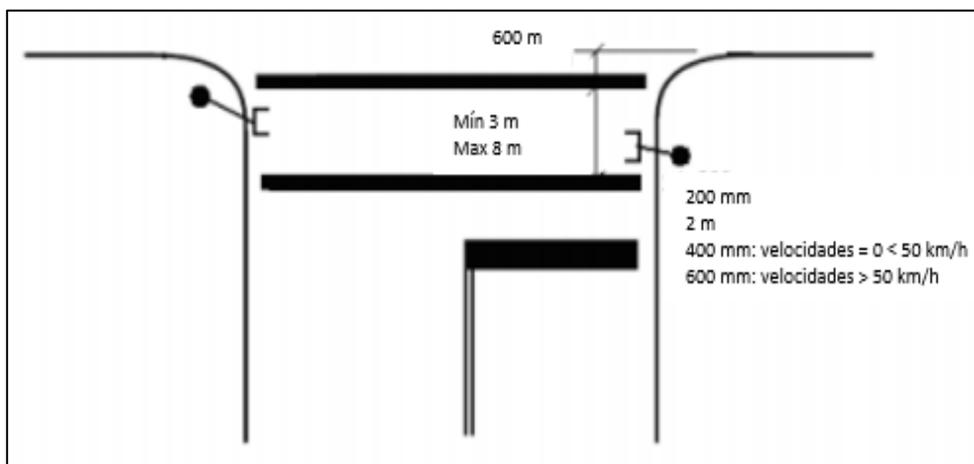
**Tabla 6-2:** Dimensiones de las pantallas de fondo para cabezas de semáforos de tres colores.

Clase	Alto		Ancho	
	d= 200 mm	d= 300 mm	d= 200 mm	d= 300 mm
C1	≥647 mm	≥980 mm	≥222 mm	≥336 mm
C2	≥995 mm	≥1367 mm	≥350 mm	≥650 mm
C3	≥982 mm	≥1517 mm	≥450 mm	≥800 mm
C4	≥1000 mm	≥1500 mm	≥600 mm	≥900 mm

Fuente: (BIDEGAIN 2019)

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

Sin embargo, es necesario considerar que la implicación y utilización de la dimensión de 200 mm es la más adecuada debido a que la demarcación se forma con dos líneas blancas paralelas continuas de un ancho de 200 mm, separadas entre sí por una distancia mínima de 3m para flujos peatonales superiores a 500 peatones por hora, el ancho de dicho paso peatonal debe aumentar en 500 mm por cada 250 peatones por hora, hasta alcanzar un máximo de 8m (Segovia Neira y Tumaili Panchi 2018).



**Ilustración 3-2 :** Cruce peatonal controlado con semáforo vehicular.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012)

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

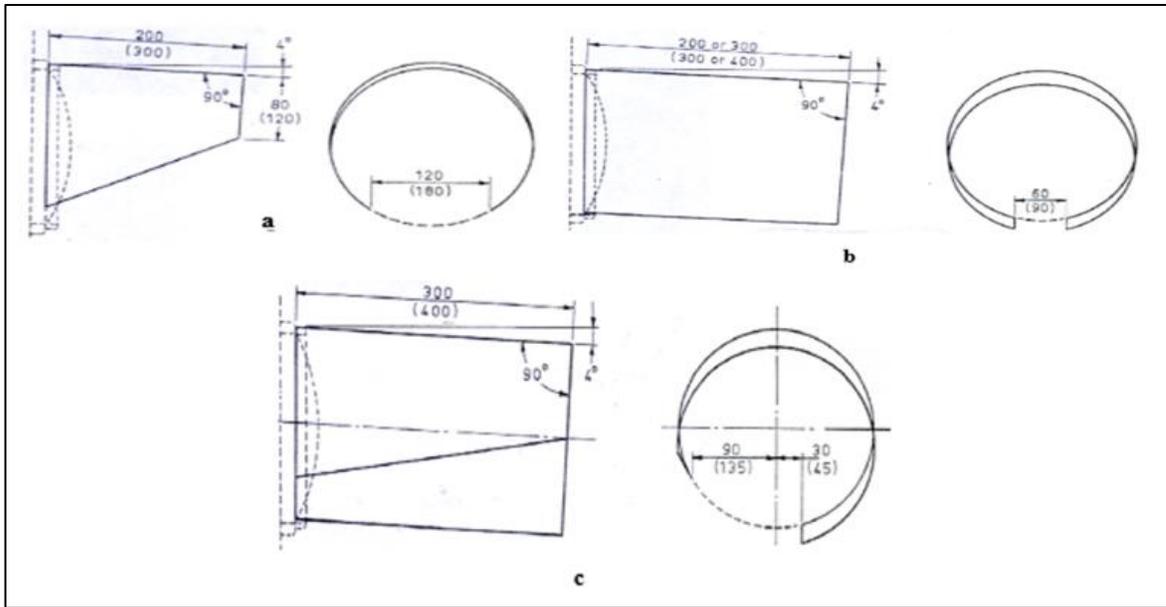
#### 2.4.1. *Viseras de los semáforos*

Son utilizadas para modificar la cubierta visual angular del semáforo y/o proteger el sistema óptico del semáforo, de la incidencia de la luz solar la cual puede producir una iluminación fantasmal como. Existen tres tipos de viseras:

- **Abiertas o Tipo A:** Como se indica en la Ilustración 4-2 son utilizadas cuando no se requiere restringir la visión angular, pero se la requiere para proteger al semáforo de la incidencia de la luz.
- **Cerradas o Tipo B:** Son normalmente utilizadas en semáforos secundarios<sup>1</sup>, y dentro de este tipo existen dos clases como se indica en la Ilustración 4-2:
  - *Visera Cerrada Corta:* Es la que debe ser utilizada a menos que se requiera cortar un ángulo más amplio de la visión angular de las luces.
  - *Visera Cerrada Larga:* Son más susceptibles a ser dañadas.
- **Cortadas al medio o Tipo C:** Como se indica en la Ilustración 4-2 son utilizadas para facilitar la visibilidad adicional en el lado cortado en la mitad y cortadas de verlas en el otro lado. De forma específica se presenta en la Tabla 7-2 sobre el corte de visión angular con viseras.

---

<sup>1</sup> Es el que se ubica a lado izquierdo cruzando la intersección, sea en la acera o parterre (Ordóñez, 2016).



**Ilustración 4-2:** Viseras a: Tipo A: visera abierta (mm); b. Tipo B: Visera cerrada (mm); c. Tipo C: Visera medio cortada (mm)

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012)

*Nota: Cuando se indican dimensiones alternativas (dimensiones en paréntesis) se aplican a semáforos de 300 mm, las otras dimensiones se aplican a semáforos de 200 mm.*

En la Tabla 7-2 se indica los ángulos en los cuales las luces de los semáforos son totalmente cortadas de verlas de acuerdo con la clase de visera y lente utilizada.

**Tabla 7-2:** Corte de visión angular con viseras

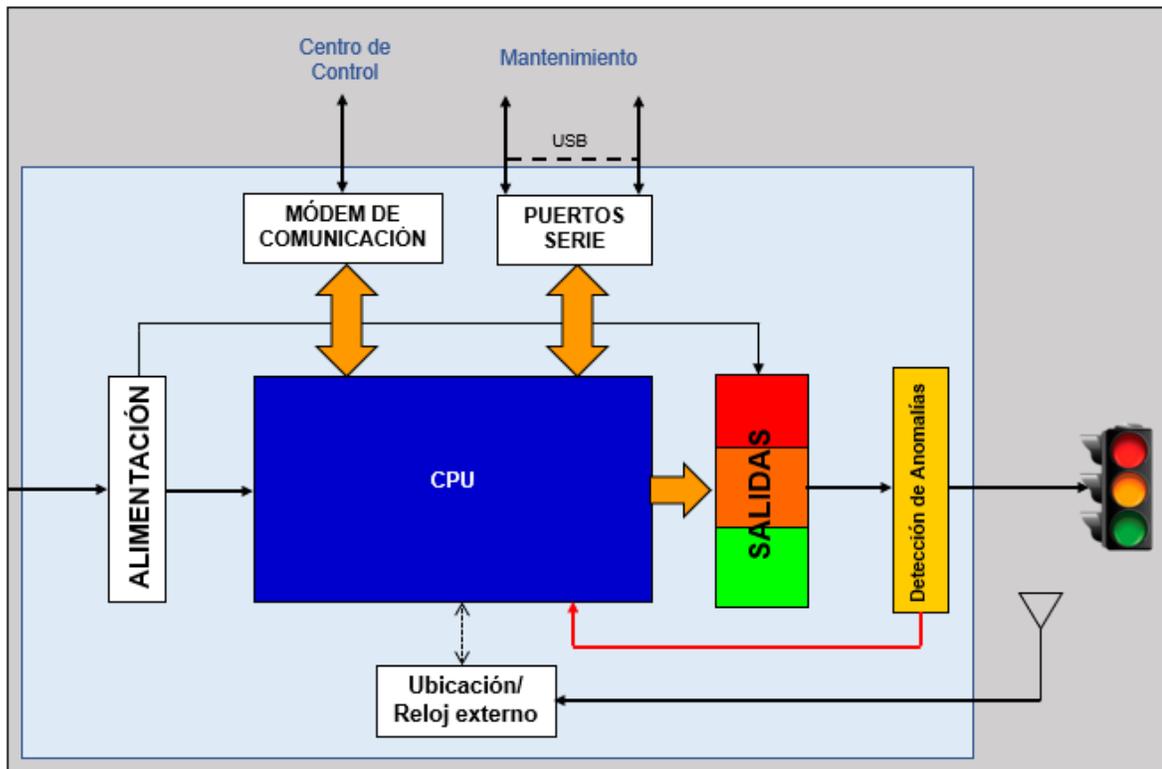
DIMENSIÓN DEL LENTE DEL SEMÁFORO (mm)	TIPO DE VISERA NORMA AS 2144	LONGITUD (mm)	ÁNGULO PARA CORTE TOTAL DE LA INDICACIÓN DEL SEMÁFORO
200	Abierto Tipo A	200	Sin restricciones
200	Cerrada Tipo B	200	90°
200	Cerrada Tipo B	300	67°
200	Medio Cortada Tipo C	300	32° en el lado cerrado
300	Abierto Tipo A	300	Sin restricciones
300	Cerrada Tipo B	300	90°
300	Cerrada Tipo B	400	74°
300	Medio Cortada Tipo C	400	37° en el lado cerrado

**Fuente:**(Instituto Ecuatoriano de Normalización 2012)

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2022

## 2.5. Arquitectura del semáforo inteligente

En la actualidad el regulador de tráfico (semáforo) posee características adicionales a las que se necesitan para el control del tráfico con las cuales se busca brindar mayores prestaciones a la función principal del semáforo. En la Figura 2-6 se muestra los bloques que conforman un semáforo inteligente cuya principal característica es su modularidad.



**Ilustración 5-2:** Arquitectura del semáforo inteligente.

**Fuente:** (Martínez Delgado 2011)

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2022

A continuación, se realiza una descripción de cada uno de los bloques.

### 2.5.1. CPU

Es el que realiza la función de habilitar/deshabilitar el flujo vehicular en un cierto sentido de movimiento. Se compone de un sistema microprocesado preprogramado en el que se configuran los planes de regulación de acuerdo con el sistema que se tenga implementado. De igual manera, se realiza la temporización para los planes configurados y las respectivas alarmas (Martínez Delgado 2011).

### 2.5.1.1. *Tarjetas de Desarrollo de Hardware*

Las tarjetas o placas de desarrollo de hardware son útiles al momento de realizar cualquier tipo de sistemas embebidos y cada una cuenta con un lenguaje de programación o un sistema operativo (Rodríguez 2019). Las placas de desarrollo se clasifican en tres tipos:

- Placas basadas en microcontroladores (Single Boards Microcontroller – SBM) proporcionan toda la circuitería necesaria para el control de tareas (microprocesador, microcontrolador, circuitos de entrada y salida, reloj, memoria RAM y ROM) y tienen un precio reducido lo cual las hace muy populares para desarrollos con un bajo capital o para la enseñanza, pero no tienen la potencia de procesamiento o la memoria RAM necesaria para soportar grandes cargas computacionales (Arranz, 2017).
- Placas funcionando como computadores (Single Boards Computers – SBC) al igual que las SBM proporcionan toda la circuitería necesaria para el control de tareas con la diferencia de que incluyen chips de alta capacidad de memoria (Gigas) tanto RAM como no volátiles (tecnología Flash) y microprocesadores de alta capacidad (32 y 64 bits), por lo que funcionan prácticamente como un computador de propósito general (Bellido Días 2022) pero a un precio más elevado.
- Placas de desarrollo basadas en NodeMCU son dispositivos de desarrollo de software y hardware completamente de código abierto para facilitarnos la forma eficiente la creación de dispositivos y sacar su máximo partido, donde las principales características es la eficiencia, la aceleración durante su fabricación, su diseño y la aceleración de carga/descarga de información (Llamas 2022).

En la Tabla 8-2 se presenta una comparativa de las principales placas de desarrollo hardware de cada tipo mencionadas anteriormente. Siendo la familia de Arduino como representante de las SBM, la familia de Orange Pi como representante de las SBC y la familia de ESP32 como representante de las NodeMCU.

**Tabla 8-2:** Comparativa de placas de desarrollo hardware

Familia	Placas basadas en microcontroladores (SBM)	Placas funcionando como computadores (SBC)	Placas de desarrollo basadas en NodeMCU
	Arduino	ORANGE PI	ESP32
<b>Características</b>			
<b>Microcontrolador/ Procesador</b>	Tensilica Xtensa LX6	Cortex A7, A53, A72, ARM1176JZF S	Tensilica Xtensa LX6 32-bit
<b>Frecuencia de reloj</b>	240 MHz	700 MHz, 1.2-1.5 GHz	80 MHz - 240 MHz
<b>Memoria RAM</b>	1 - 4KB	512 MB, 1, 2, 4, 8 GB	448 KByte ROM, 520 KByte SRAM, 6 KByte SRAM en RTC y QSPI admite multiples chips flash / SRAM
<b>Sistemas operativos</b>	No requiere	Si requiere	No requiere
<b>Terminales digitales</b>	GPIO	GPIO	24
<b>Dimensiones</b>	48x18 mm – 102x54 mm	46x48 mm – 85.6 x56.5 mm	26x35 mm – 84.3x85.5 mm
<b>Voltajes de operación</b>	4.5 - 5V	3.3, 5 V	2.5, 3.3 V, 5V (DC)
<b>Corriente directa</b>	19 mA – 85 mA	90 mA – 610 mA	10 – 100 mA, 2-16 mA,
<b>Conectividad inalámbrica</b>	Si	Si	Si
<b>Costo</b>	Alto	Alto	Bajo

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

Sobre la tabla 8-2 fue seleccionado la placa de desarrollo Esp32 por lo que presenta varias ventajas como bajo costo para su adquisición y a su vez para el mantenimiento y/o reemplazo del mismo, esta placa tiene una gran capacidad de procesamiento y presenta conectividad inalámbrica, siendo la adecuada para esta investigación donde se requiere transferencia de datos de manera inalámbrica con el fin de mostrar en él la información resultante en su interfaz.

### 2.5.2. *Tecnologías de comunicación*

Permite que el semáforo se comunique con la central de zona y por medio de ella a la sala de control donde se realiza el monitoreo, control y la configuración remotamente (Martínez Delgado 2011). Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (2012) las comunicaciones pueden alámbricas e inalámbricas. Estas últimas se ajustan a la investigación por lo cual se realiza su estudio.

#### 2.5.2.1. *Tecnologías de Comunicaciones Inalámbricas*

De manera general, se entiende por comunicaciones inalámbricas aquellas comunicaciones donde el emisor y el receptor intercambian información utilizando el espectro electromagnético (Prieto Blázquez 2015). Entre las tecnologías más importantes se encuentra: Zigbee que utiliza una topología de red tipo malla evitando el uso de dispositivos centrales y creando una arquitectura de recuperación automática (Rosencrance 2017); WIFI es un sistema que permite la interconexión inalámbrica, dentro de un área determinada, de dispositivos electrónicos, cuyo uso más común y extendido es el acceso a Internet (Incibe 2019); Bluetooth permite la conexión inalámbrica de forma limitada a dispositivos

electrónicos, teléfonos móviles, ordenadores y otros dispositivos (Cardozo Cardenas y Mastrascusa Grisolle 2003). En la Tabla 9-2 se presentan las características principales de las tecnologías de comunicaciones inalámbricas mencionadas.

**Tabla 9-2:** Comparativa de las diferentes comunicaciones inalámbricas

	<b>ZIGBEE</b>	<b>WIFI</b>	<b>BLUETOOTH</b>
<b>Rango de Radio Frecuencia</b>	868 MHz (Europa) 915 MHz (Estados Unidos) 2.4 GHz (resto del mundo)	2.4 GHz 5 GHz	2.4 GHz 5 GHz
<b>Ancho de banda</b>	20 Kbps (Europa) 40 Kbps (Estados Unidos) 250 Kbps (resto del mundo)	11 – 54 Mbps	1 – 3 Mbps
<b>Rango de transmisión</b>	10 – 100 m	30 – 100 m	10 m – 100m
<b>Latencia</b>	30 ms	Sobre los 3 s	Sobre los 10 s
<b>Riesgo de colisión de datos</b>	Baja	Baja en base a la cantidad de usuarios	Muy baja
<b>Consumo de energía</b>	30 mA (transmisión) 3 $\mu$ A (reposo)	400 mA (transmisión) 20 mA (reposo)	40 mA (transmisión) 0.2 mA (reposo)
<b>N° máx. dispositivos</b>	256	250	8
<b>Costo</b>	\$50.00	\$10.00	\$8.00

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

De la Tabla 9-2 se puede observar que la tecnología de comunicación WIFI posee características que se adaptan al sistema debido a su cobertura, ancho de banda y menor costo requeridos para el prototipo y constituye una de las tecnologías más utilizadas en la actualidad, presente en parques, instituciones y hogares.

Cabe mencionar que por medio de la tecnología WIFI el semáforo enviará toda la información acerca de la falla que se produjo a una base de datos que se encontrará almacenada en la nube.

#### 2.5.2.2. Bases de datos en la nube

Son una nueva modalidad de almacenamiento en la que los datos no se almacenan en un equipo o sistema local, sino que se ejecuta desde la infraestructura de un proveedor de servicios (Ayudaley 2016). En la actualidad nos encontramos en un mundo más conectado y con eso los objetos se han vuelto más inteligentes denominándose Internet of Things (IoT) dotándolas de nuevas funcionalidades, pudiéndose controlar y administrar desde ordenadores, tabletas o teléfonos móviles. Con los avances de la IoT han surgido plataformas para IoT a gran escala, entre las más principales se encuentra:

- Thingspeak permite agregar, analizar y visualizar datos de forma directa a partir de flujos en la nube, pueden ser ejecutados con código Matlab para el análisis y procesamiento de datos online a medida que se reciben; y es utilizado frecuentemente para diseñar prototipos y pruebas de concepto de los sistemas IoT que requieren un análisis de grandes volúmenes de datos(BBVA 2016).
- Electric Imp tiene una arquitectura única de punto a punto, con hardware, dispositivos y software en la nube completamente integrada, comunicaciones, API's, servicios en la nube administrados y seguridad continua para una oferta completa y lista para dar solución (Electricimp 2023).
- Blaulabs basada en Software as a Service (SaaS), permite la recopilación y análisis de datos en tiempo real del consumo de agua, energía y gas que son recogidas por equipos e instrumentación asociada (sensores de presión, temperatura, nivel, válvulas, bombas, hornos, etc), tiene como propósito acelerar el desarrollo de proyectos relacionados con Smart Manufacturing, Smart Infrastructure, Smart Energy, Smart Grid y Smart Cities (Martínez Moreno 2019).
- Blynk permite que cualquiera pueda controlar fácilmente su prototipo con un dispositivo con sistema iOS o Android. Los usuarios tienen la posibilidad de crear una interfaz gráfica de usuario de fácil interacción y creación para su proyecto en cuestión de minutos y sin ningún gasto extra, gracias a sus componentes básicos de soluciones completas de IoT. Combina una plataforma en la nube con aplicaciones que ponen las cosas, las personas y los datos en el centro de las operaciones comerciales. Su amplia compatibilidad con el Hardware Open Source, convirtiéndose en una solución indispensable para cualquier prototipo (MARAZA VIGABRIEL 2021).

En la Tabla 10-2 se presenta una comparativa de las principales plataformas para IoT mencionadas anteriormente.

**Tabla 10-2:** Comparativa de las diferentes plataformas en la nube.

	THINGSPEAK	ELECTRIC IMP	BLAULABS	BLYNK IOT
<b>Placa de desarrollo soportado</b>	Arduino, Spark, Raspberry Pi, Electronic Imp	Electronic imp, otros	Satel, Grid	ESP32, Arduino, Raspberry Pi, Texas Instruments, Particle y más de 400 modelos de hardware compatibles.
<b>SDK/Lenguajes soportados</b>	MATLAB	Squirrel	Python, Java	C++

Protocolos soportados	MQTT, HTTP	HTTP	MQTT, HTTPs, OPCUA	HTTP, MQTT, REST, GET, JSON
<b>Ventajas</b>	Código abierto.	Incorporación de HW, dispositivos y la nube.	Especialistas en Smart City con aplicaciones orientadas.	Facilidad para la construcción de prototipos
	Integración de redes sociales.	Muchos ámbitos de aplicación.		
	Creación de prototipos de sistemas IoT sin crear servidores o desarrollar softwares.	Ecosistema propio.		Firmware flexible y API REST para intercambiar datos entre hardware y aplicaciones
		Escalable.		
<b>Desventajas</b>	Requiere servicio de terceros para alertas que no sean de Twitter.	No es recomendable para iniciarse si no se tiene conocimientos.	HW limitado.	Es necesario ampliar opciones de gráficos y varios idiomas
	Difícil configuración y sistema poco intuitivo.			La documentación no es tan exhaustiva.
	Documentación limitada a hardware.			

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

Es por ello que se concluye que es conveniente la utilización de la tecnología BLYNK IOT, debido principalmente a que el software es muy fácil de usar. Es compatible con Arduino, Esp32 y muchos otros microcontroladores que hacen que la automatización sea muy sencilla. Se requiere muy poca codificación y puede poner en marcha un sistema en muy poco tiempo. Además, los Scripts preprogramados muy fáciles para casi todos los proyectos disponibles o se requieren pocas modificaciones, seguro y confiable en conexión. Interfaces suaves y fáciles como botones, indicadores y gráficos. Todos los ajustes técnicos para configurar el botón de la interfaz de usuario, etc. se pueden configurar en dispositivos móviles.

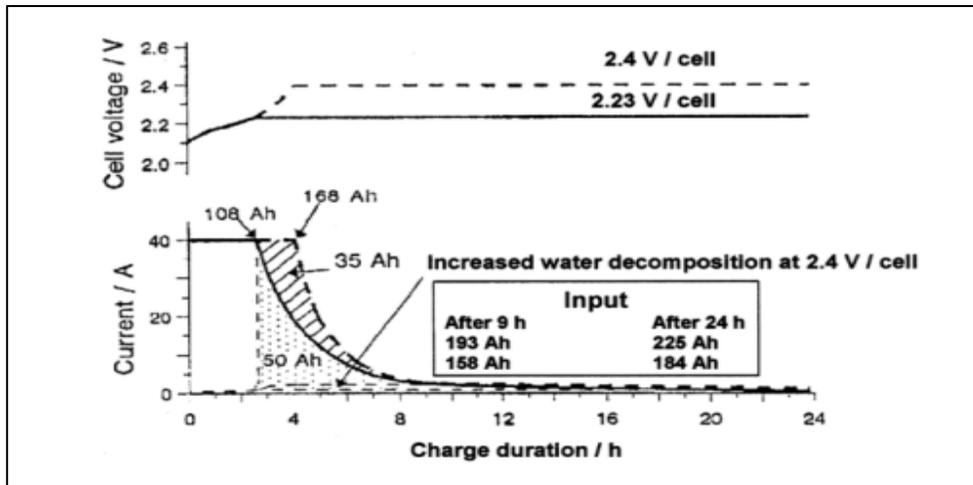
### 2.5.3. Alimentación

Brinda la energía eléctrica que necesita el semáforo y todos los módulos que se pueden adicionar al semáforo para añadirle funciones (Martínez Delgado 2011).

El módulo de alimentación se compone de una fuente de alimentación conmutada que brinda 5V – 5A y  $\pm 12V - 0.5A$  para su salida con una tensión de entrada de 105 – 115 V de corriente alterna a una frecuencia de 60 Hz.

### 2.5.3.1. Baterías

Las baterías secas son una técnica de carga en la cual el ajuste de tensión está en la región de sobrecarga y un límite de corriente que no dañe la batería. Al inicializarse la carga el voltaje será relativamente baja e ira en aumento hasta el límite de corriente, el proceso de carga se mantendrá en el límite de corriente hasta que la tensión de carga de la batería alcance la tensión establecida como se muestra en la ilustración 6-2 (TUBERQUIA QUINTERO y PÉREZ CANO 2015).



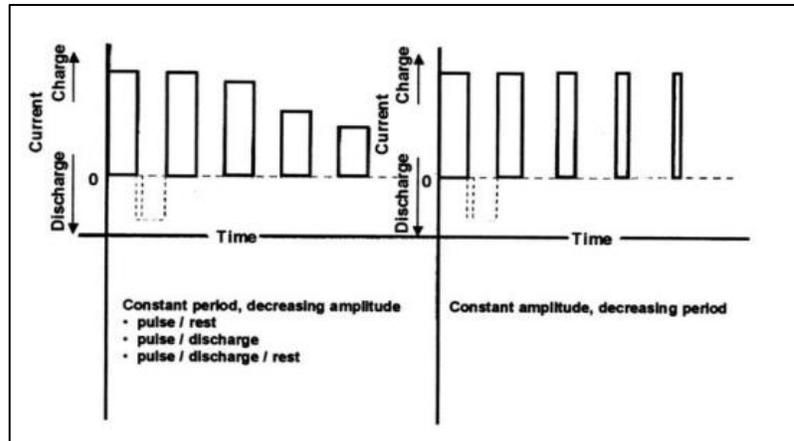
**Ilustración 6-2:** Voltaje Constante

Fuente: (TUBERQUIA QUINTERO y PÉREZ CANO 2015)

En este método una corriente constante de carga se aplica a la batería; debido a que los voltajes generalmente no están controlados puede ocurrir que se produzcan gases o exista corrosión en las rejillas debido a que las células pasen gran cantidad de tiempo a tensiones más altas de las de diseño.

### 2.5.3.2. Corriente por impulsos

Como puede verse en la ilustración 7-2(TUBERQUIA QUINTERO y PÉREZ CANO 2015), hay dos enfoques generales, uno que utiliza un periodo constante con la disminución de la amplitud, tal como se observa en el lado izquierdo de la ilustración 7-2 y otro con una amplitud constante y período decreciente, como el que se observa en la parte derecha de la ilustración 7-2; en ambos casos la corriente disminuye al acercarse al final del proceso, de este modo se disminuye la sobrecarga y la liberación de gases.



**Ilustración 7-2:** Corriente por impulsos

Fuente: (TUBERQUIA QUINTERO y PÉREZ CANO 2015)

#### 2.5.4. *Puertos serie*

Permiten al semáforo el mantenimiento local del mismo para actualizar los planes y los modos de funcionamiento a fijar en él, de igual manera para configurar las alarmas (Martínez Delgado 2011).

#### 2.5.5. *Ubicación/Reloj externo*

Permite la sincronización con el reloj interno del semáforo y su ubicación. Normalmente se utiliza un módulo GPS.

#### 2.5.6. *Salidas*

En este módulo existen tarjetas de salida a cada fase semafórica de forma independiente. En general estos módulos son de potencia cuya finalidad de ellos es poder alimentar las luces semafóricas.

#### 2.5.7. *Detección de anomalías*

Son los sensores que vigilan el adecuado funcionamiento de las luces, y en caso de un fallo o avería levanta la respectiva alerta a la CPU y este a la sala de control (Martínez Delgado 2011). Entre las alarmas que emite el semáforo son: por fallo de luces cuando están prendidas dos luces (rojo-amarrillo, amarillo-verde o rojo-verde) o cuando está quemada una, dos o las tres lámparas, por caída del semáforo (por accidentes de tránsito o por tormentas eléctricas) y por daño estructural cuando un módulo se sale del semáforo o por ruptura a través de la disminución de energía en el módulo de carga.

### 2.5.7.1. Sensores

Es un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida (Corona, Abarca y Mares 2014). En otras palabras, es un dispositivo capaz de detectar materiales de diferentes tipos, con el objetivo de enviar una señal y permitir que continúe un proceso (ALVAREZ VILLACIS 2006). Miden cantidades físicas, llamadas variables de instrumentación, y las transforma en variables eléctricas. En la Tabla 11-2 se muestra la clasificación de los sensores de acuerdo con el fenómeno físico que se desea medir.

**Tabla 01-2:** Clasificación de sensores de acuerdo al fenómeno físico que miden

MAGNITUD DETECTADA	TRANSDUCTOR	SEÑAL SALIDA
Posición lineal o angular	Finales de carrera	Todo-Nada
	Potenciómetros	Analógica
	Encoders	Digital
Inclinación	Inclinómetros capacitivos	Analógico/Digital
	Inclinómetros MEMS	Analógico
	Inclinómetro por conductividad	Analógico/Digital
	Servos inclinómetros	Analógico/Digital
	Inclinómetros biaxiales	Analógico/Digital
Pequeños desplazamientos o deformaciones	Transformadores diferenciales	Analógica
	Galgas extensiométricas	Analógica
Velocidad lineal o angular	Dínamos tacométricas	Analógica
	Detectores inductivos	Digital
	Encoders	Digital
Aceleración	Acelerómetro	Analógica
	Sensores de velocidad + calculador	Digital
Fuerza y par	Medición indirecta	Analógica
Nivel	Flotador + detector de desplazamiento	Analógica
	Capacitivos	Analógica
	Ultrasonidos	Digital
Caudal	Diafragmas	Analógica
	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
Temperatura	Termostato	Todo-Nada
	Termopar	Analógica
	Termo resistencia (PT100)	Analógica
	Resistencia NTC	Analógica
	Resistencia PTC	Analógica
	Pirómetros	Analógica
Sensores de presencia o proximidad	Inductivo	Todo-Nada
	Capacitivo	Todo-Nada
	Óptico (Células fotoeléctricas)	Todo-Nada
	Ultrasónico	Analógica

Fuente: (ALVAREZ VILLACIS 2006)

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

De acuerdo con el fenómeno a medirse en un semáforo cuando se produce la falla de caída de este o del daño estructural los sensores de inclinación son adecuados puesto que permiten medir el grado de inclinación de cualquier superficie.

## 2.6. Funcionamiento del semáforo inteligente

Está relacionado a los modos de operación y alarmas preconfigurados en la programación de fábrica de ellos, de modo que, para el control de fases de la habilitación de intersecciones se determinará de acuerdo con las características de los módulos (hardware) colocados en el regulador y el uso de ellos mediante la configuración de los modos de operación y alarmas (software)(Martínez Delgado 2011).

Los modos de funcionamiento que estén preconfigurados en el semáforo para su funcionamiento funcionarán siempre que estén presentes los módulos incluidos en el semáforo y su función sea contribuir a la gestión del tráfico de vehículos de una forma más ágil y eficiente cumpliendo con los requisitos del plan especificado.

De igual forma, como parte de la operación del semáforo se encuentra configuradas las alarmas, estas sirven para informar al centro de control<sup>2</sup> de las fallas que se producen en algún elemento del semáforo o de configuración para su respectivo mantenimiento y poner al semáforo en funcionamiento lo más pronto posible.

A continuación, se presenta los diferentes modos configurados en el semáforo.

### 2.6.1. Modos de funcionamiento

Son las programaciones de fábrica que permiten al semáforo gestionar la circulación de vehículos de mejor manera, tratando de evitar la congestión. En la Tabla 12-2 se analiza los modos de funcionamiento.

**Tabla 02-2:** Modos de funcionamiento del semáforo inteligente

FUNCIONAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Reloj Interno o Aislado	El semáforo funciona de forma autónoma con su propia señal de reloj. Puede trabajar como servidor (maestro) para indicar a otros semáforos, que trabajan como esclavos, los cambios de fases y los ciclos.
Modo de Señales Externas o Coordinado	El semáforo trabaja como subordinado (esclavo) de otro semáforo o una central de zona, el cual le indicará a qué tiempo se cambiarán las fases, la secuencia de fases y los ciclos.

Fuente: (Martínez Delgado 2011)

<sup>2</sup> Área donde se administra y monitorea planes de tránsito, fallas de los equipos y dispositivos de los sistemas semaforicos(Hidalgo y León 2021).

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

### 2.6.2. Modos de control

Existen tres modos de control: el manual, con ordenador y centralizado; en la Tabla 13-3 se detalla cada una.

**Tabla 13-3:** Modos de control del semáforo inteligente

CONTROL	DESCRIPCIÓN
Control Manual	Las fases avanzan manualmente.
Con Ordenador	Es mediante el plan de regulación establecido en el semáforo al ser configurado por técnicos.
Centralizado	Consiste en que el semáforo reciba un plan de regulación desde la central de zona para ejecutarlo.

Fuente: (Martínez Delgado 2011)

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

### 2.6.3. Modos de fase

Existen tres modos de fase: tiempos fijos, actuado y semiactuado detallados en la Tabla 14-2.

**Tabla 14-2:** Modos de fase del semáforo inteligente

FASE	DESCRIPCIÓN	
Tiempos fijos	Es el modo normal, el funcionamiento del semáforo es el original, con lo cual se le asigna un modo de tiempo fijo a las fases. En este modo el tránsito no influencia la secuencia del semáforo.	
Actuado	Entran en funcionamiento los módulos detectores (medidores de tráfico o pulsadores peatonales), y consiste en que un semáforo cambia la fase que está ejecutándose al momento de la activación mediante un pulsador, a una fase específica relacionada al detector que forme o no parte del ciclo y la secuencia de fases.	
Semiactuado	En este modo también entran en funcionamiento los módulos detectores, pero no se produce necesariamente el cambio de fase inmediato debido a la habilitación del detector, sino que es el semáforo que varía la duración de la fase según la gestión de los tiempos que corresponde a los detectores. Dentro de este existen dos submodos.	
	Ciclo constante y fases variables	En donde existen algunas fases las cuales tendrán un aumento o retardos en sus tiempos, pero el ciclo si se mantendrá completos, esto permitirá que los sentidos de movimiento con más tráfico tengan un mayor tiempo de circulación disminuyendo el tiempo del resto de fases.
	Ciclo y fases variables pero limitado	Las fases se mantienen, aumentan o disminuyen su tiempo de acuerdo a las habilitaciones y la gestión que dé el módulo de detección de tráfico, este tipo de submodos es el ideal para intersecciones complicadas por el tráfico.

Fuente: (Martínez Delgado 2011)

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

En la ilustración 8-2 se observa los diagramas de fase para cada modo de fase que se le puede configurar al semáforo para una intersección de cuatro sentidos siendo sur-norte el primer sentido,

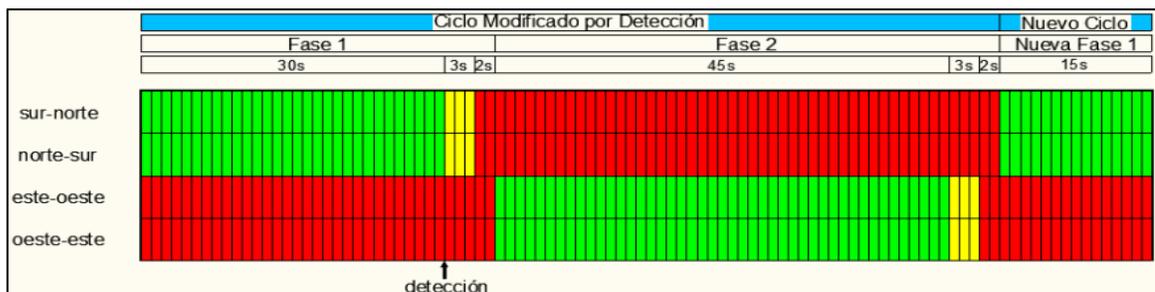
norte-sur el segundo sentido, este-oeste el tercer sentido y oeste-este el cuarto sentido. Estos a su vez van a estar habilitados/deshabilitados durante ciertos tiempos correspondiendo a una respectiva fase.

La ilustración 8-2a corresponde al modo de *fase de tiempos fijos* donde los tiempos de encendido del verde, amarillo o ámbar y rojo son los mismos en la fase 1 que en la fase 2. Se puede observar que durante la fase 1 los sentidos sur-norte y norte-sur está habilitado para que exista flujo vehicular durante 45 s en color verde, 3 s en amarillo o ámbar y 2 s que es el denominado tiempo de seguridad o segundo de guarda, mientras que los sentidos este-oeste y oeste-este permanecerá deshabilitados. Durante la fase 2 ocurre lo contrario los sentidos sur-norte y norte-sur permanecerá deshabilitado y los sentidos este-oeste y oeste-este estará habilitado.

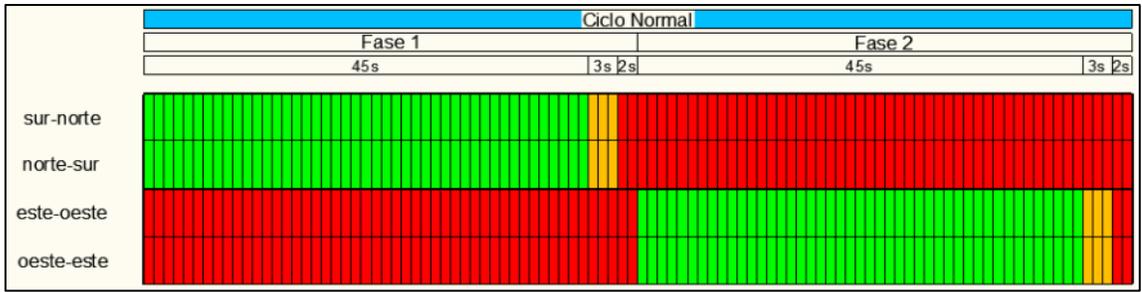
En la ilustración 8-2b corresponde al modo de *fase actuada* donde se observa que se activa el módulo detector, mientras transcurre el verde de la fase 1 inmediatamente el semáforo activa el amarillo y el tiempo de seguridad para comenzar con la fase 2, que en este caso está relacionada a la activación del módulo detector. En este modo aparece una nueva fase 1 que es el tiempo que le faltó a la fase 1 original en permanecer en verde, permaneciendo constante el ciclo.

En la ilustración 8-2c corresponde al modo de fase *semiactuado con ciclo constante y fases variables*, donde en la fase 1 se le otorga 15 s más al verde (en tiempos fijos dura 45 s) por existir mayor presencia de tráfico vehicular, mientras que en la fase 2 el tiempo que permanece en verde disminuye a 30 s (resta de 45 s que dura el verde en tiempos fijos con los 15 s que se le asignó al verde de la fase 1), de esta manera se garantiza que el ciclo permanezca constante.

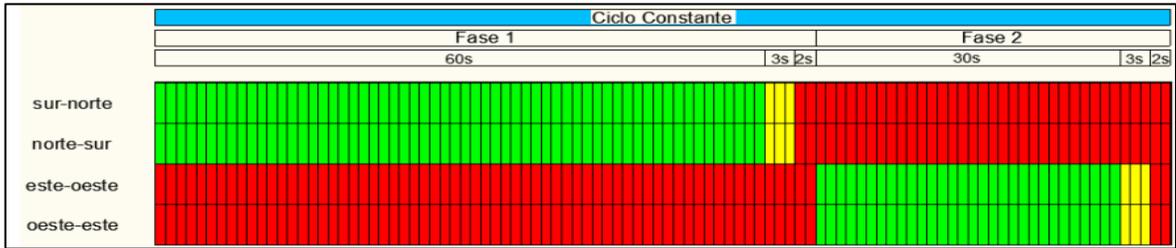
Por último, en la ilustración 8-2c corresponde al modo de fase *semiactuado con ciclo y fases variables pero limitado*, se puede observar que en el sentido de movimiento que comprende la fase 1 tiene una mayor cantidad de tráfico vehicular, por tanto, se le asigna 15 s más al verde para agilizar el paso de vehículos, mientras que en la fase 2 como existe una menor demanda que en la fase 1 solo se le añade 5 s al verde.



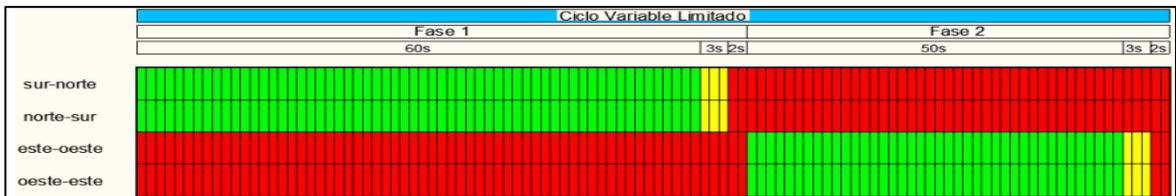
a



**b**



**c**



**d**

**Ilustración 8-2:** Diagrama de Fases. a. Diagrama de Secuencia de Fases Tiempos Fijos, b. Diagrama de Fases de Modo Actuado, c. Diagrama de Secuencia de Fases para Ciclo Constante y Fases Variables, d. Diagrama de Secuencia de Fases de un Ciclo Variable Limitado  
Fuente: (Martínez Delgado 2011)

Al analizar los distintos modos de fase, para esta investigación se ha optado por el modo de fase de tiempos fijos, debido a que no se utilizará detectores vehiculares ni peatonales.

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se presenta los requerimientos que debe cumplir el módulo electrónico, la concepción general del sistema.

#### **3.1. Requerimientos del módulo electrónico**

Con base al estudio realizado en el capítulo previo se limita los requerimientos necesarios para el diseño y construcción de un semáforo como módulo electrónico auto diagnosticable con capacidad de generación y transmisión de alertas ante fallas, donde estos se definen en:

- La estructura del semáforo debe estar bajo la normativa ecuatoriana del 2012, donde dispondrá de tres estados y funcionaria en modo de tiempos fijos: verde con 20 segundos, amarillo con 10 segundos y el rojo con 20 segundos.
- La estructura de la cubierta visual angular del semáforo será de tipo cerrada para cubrir su ángulo de visión.
- Se dispondrá de una placa PCB para las luminarias rojo, amarillo y verde con un diámetro de 200mm que contendrá 110 leds según la normativa.
- El módulo electrónico tendrá la capacidad de detectar y notificar cuatro tipos de errores: error de voltaje, error de corriente, error de luminosidad y error de inclinación.
- El módulo electrónico tendrá cuatro etapas de proceso las cuales son: etapa de sensado y adquisición, etapa de control, etapa de almacenamiento, etapa de administración y visualización.
- En la etapa de sensado y adquisición dispondrá de sensores como: voltaje, corriente, luminosidad e inclinación.
- En la etapa de control será la encargada de receptar la información de la etapa de sensado y procesarla.
- En la etapa de administración y visualización permitirá el manejo de la ubicación y recibirá las alertas de las fallas del semáforo.
- Se supervisará el encendido y funcionamiento de las luminarias rojo, amarillo y verde por medio de mosfets IRF520.
- Dispondrá de un control formado por sensores que supervisará que los valores de voltaje y corriente de las luminarias estén dentro del rango establecido para su correcto funcionamiento.
- Dispondrá de un sensor giroscópico MPU-6050 que supervisará el ángulo de inclinación del semáforo.

- Dispondrá de un módulo GPS NEO GM para la ubicación del semáforo con un error relativo de 5mts.
- Para levantar la comunicación de WIFI se realizará por medio de un módulo ESP32 de la etapa de sensado y adquisición a la etapa de control.
- El módulo electrónico dispondrá de un sistema de respaldo que por medio de un UPS con baterías AGM que permitirá suministrar 6 horas de energía en casos de desconexión.
- Se dispondrá de una base de datos en la plataforma Blynk IoT donde se almacenará información transmitida como: ubicación y los errores de voltaje, corriente, luminosidad e inclinación.
- El manejo de la información transmitida en la plataforma Blynk IoT se realizará por medio de equipos de cómputos o aplicaciones móviles.
- La información del fallo del semáforo se receptorá a la etapa de administración y visualización que permitirá emitir un mensaje al técnico encargado para su arreglo.
- El módulo electrónico deberá ser de fácil construcción e instalación, y de bajo costo.

### 3.2. Concepción de arquitectura del sistema

En la Ilustración 1-3 se puede visualizar la arquitectura general del sistema que se compone de las siguientes etapas:

**Etapa de sensado y adquisición.** - está formado por sensores AC-172 con capacidad de medir el voltaje, corriente. Dispone de una fotocelda para medir su luminosidad, también dispone de un sensor giroscópico MPU-6050 que cumple con la función de medir el ángulo de inclinación del semáforo.

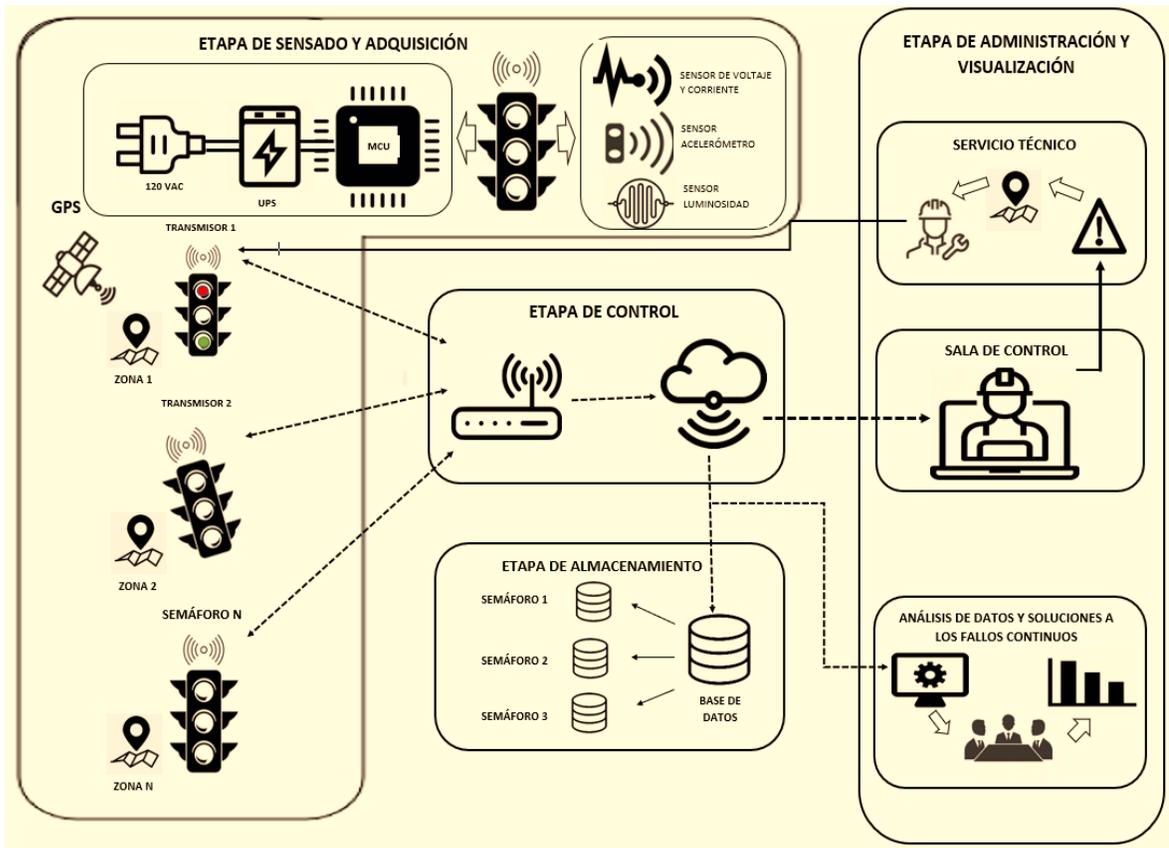
Toda la información que es emitida a la etapa de control va a ser procesada por el microcontrolador Esp32.

**Etapa de control.** - cumple la función de receptor, resolver e interpretar toda la información que se obtenga de los sensores.

Al detectar cambios de las variables registradas se emitirá la alerta de fallo del semáforo. La comunicación hacia el router es mediante una conexión WIFI, esto va a permitir que vía internet se almacene la información en la siguiente etapa.

**Etapa de almacenamiento.** - es la encargada de registrar y almacenar en la plataforma Blynk IoT toda la información del semáforo como: fecha, hora, ubicación y los errores de voltaje, corriente,

luminosidad e inclinación. Adicional esta información servirá para que los expertos analicen los resultados y puedan implementar soluciones.



**Ilustración 1-3:** Concepción de la arquitectura general del sistema.

Realizado por: (Guzman Daniel 2022)

**Etapa de administración y visualización.** - es la encargada de administrar la información del semáforo mediante una interfaz gráfica en donde se puede observar el estado del semáforo. La recepción de los datos se realiza a la sala de control de forma inalámbrica por medio de conexión WIFI donde si los valores que se registraron se encuentran fuera de los rangos establecidos se realiza el envío de alerta al técnico para el arreglo de este.

### 3.3. Diagrama de bloques del sistema

Al finalizar el estudio de la concepción de la arquitectura, se detalla el diseño que conforma el módulo electrónico mediante el diagrama de bloques.

#### 3.3.1. Etapa de sensado y adquisición

Como se puede observar en la Ilustración 2-3 la etapa de sensado está estructurado por un diagrama de bloques los cuales son cinco y se detallan a continuación:

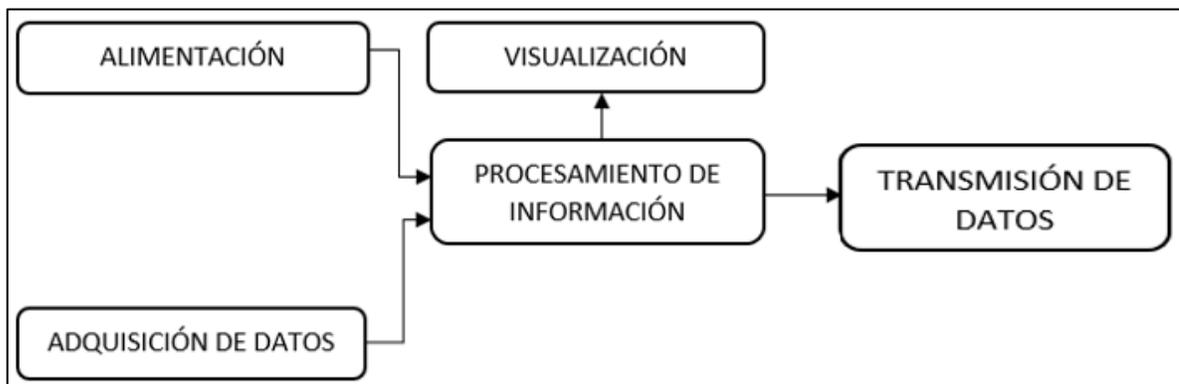
Bloque de alimentación: esta alimentado por la energía eléctrica y a su vez por un sistema UPS con una batería AGM que va a tener la función de energizar la unidad de procesamiento cuando exista una interrupción del suministro eléctrico de la red.

Bloque de adquisición de datos: está formado por sensores que van a medir voltaje, corriente, luminosidad y un acelerómetro que medirá la inclinación del semáforo.

Bloque de procesamiento de información: está formado por un microcontrolador ESP32 la cual va a receptor los datos emitidos por los sensores y procesará la información para su transmisión.

Bloque de visualización: está formado por una pantalla oled la cual indicará los valores numéricos que reciba los sensores.

Bloque de transmisión de datos: al procesar los datos estos serán enviados por una conexión WIFI al microcontrolador ESP32, esto se va a realizar mediante un router para que los datos sean almacenados en la nube y a su vez se pueda visualizar.



**Ilustración 2-3:** Diagrama de bloque de la etapa de sensado

**Realizado por:** (Guzman Daniel, 2022)

### 3.3.2. Etapa de control

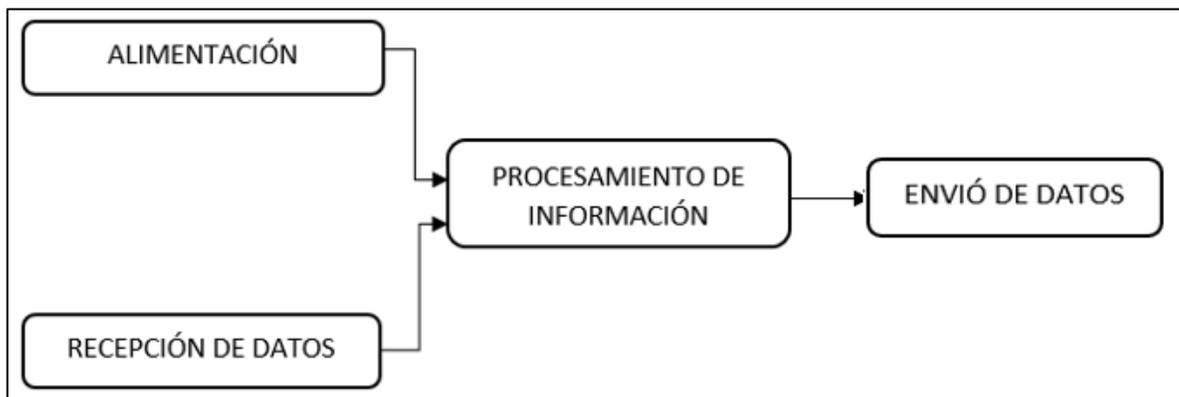
Como se puede observar en la Ilustración 3-3 la etapa de control y adquisición está estructurado por un diagrama de bloques los cuales son cinco y se detallan a continuación:

Bloque de alimentación: suministrada por energía eléctrica y a su vez está formado por una batería AGM que va a tener la función de energizar la unidad de procesamiento cuando exista un corte de energía intempestivo.

Bloque de recepción de datos: formado por una conexión WIFI el cual receptorá toda la información recolectada por los sensores para ser enviadas al módulo ESP32 para su procesamiento.

Bloque de procesamiento de información: está formado por un módulo ESP32 la cual va a receptor los datos emitidos por los sensores y procesara la información para su transmisión.

Bloque de transmisión de datos: formado por una conexión WIFI que al conectarse con el router este va a servir como punto de comunicación para él envío de información hacia la etapa de almacenamiento, administración y visualización.



**Ilustración 3-3:** Diagrama de bloques de la etapa de control y adquisición

**Realizado por:** (Guzman Daniel, 2022)

### 3.3.3. Etapa de almacenamiento, administración y visualización

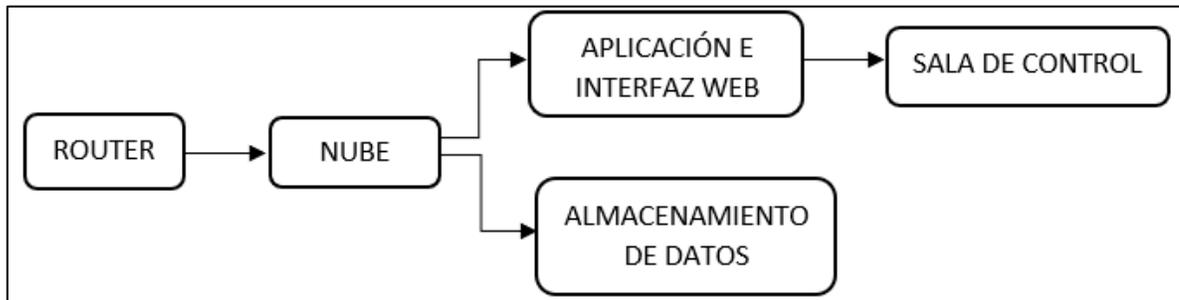
Como se puede observar en la Ilustración 4-3 la etapa de almacenamiento, administración y visualización está estructurado por un diagrama de bloques los cuales son cinco y se detallan a continuación:

Bloque router: es el encargo de poder comunicar la información que es receptada hacia la nube para su almacenamiento y visualización en la aplicación móvil e interfaz web.

Bloque de la nube: es la encargada de recolectar todos los datos obtenidos.

Bloque de aplicación e interfaz web: es donde se podrá visualizar los datos que se esté emitiendo en ese momento y así si se produce una falla directamente poder comunicar al servicio técnico.

Bloque almacenamiento de datos: es el encargado de guardar todos los datos históricos del semáforo para que puedan ser analizados por un grupo capacitado que pueda ofrecer soluciones para evitar fallos comunes del dispositivo.



**Ilustración 4-3:** Diagrama de bloques de almacenamiento, administración y visualización.

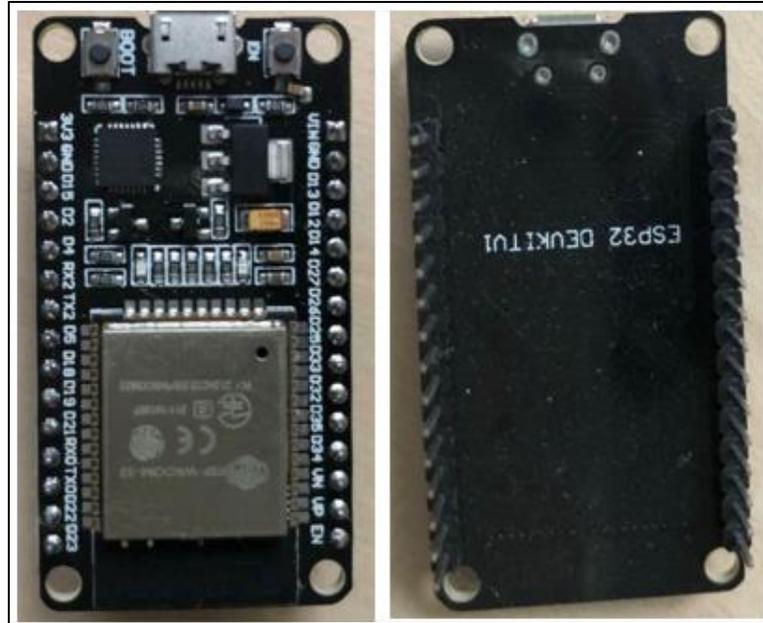
Realizado por: (Guzmán Daniel, 2022)

### 3.4. Descripción de los elementos *hardware* del sistema

En esta sección se describirá todos los componentes que se van a utilizar para el desarrollo del módulo electrónico con sus descripciones y especificaciones técnicas.

#### 3.4.1. *Modulo Esp32*

Es un microcontrolador enriquecido por su doble conectividad WIFI y Bluetooth que sirve para aplicaciones de gama alta gracias a sus interfaces SPI/SDIO o I2C / UART. Este MCU tiene la facilidad de funcionar en temperaturas que varían de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$  con un bajo consumo de energía haciéndole ideal para aplicaciones en IoT (Espressif 2022).



**Ilustración 5-3:** Módulo Esp32  
 Realizado por: (Guzman Daniel, 2022)

En la Tabla 1-3 se puede observar con más detalle las principales características técnicas que ayudaran a validar el proyecto. Ver el **Anexo A** para una amplia información.

**Tabla 1-3:** Principales características técnicas del módulo Esp32

Especificaciones	Características
Voltaje de operación	2.2v a 3.3v
Consumo de corriente	80 mA a 225 mA máximo
E/S analógicas	11 (3.3v)
E/S digitales	1 (0.1v)
Conectividad	WIFI y Bluetooth
Memoria RAM	520 KB
Memoria ROM	448 KB
Memoria SRAM	520 KB
Oscilador	8 MHz -240MHz

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

### 3.4.2. Sensor de Corriente ACS712

Trabaja con efecto hall que detecta el campo magnético que se produce por inducción de la corriente que circula por la línea que se está midiendo. El sensor entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente, dependiendo la aplicación podemos usar el ACS712-05A, ACS712-20A o el ACS712-30A, para rangos de 5, 20 o 30 amperios respectivamente(Naylampmechatronics 2022). En la ilustración 6-3 se evidencia el sensor de corriente.



**Ilustración 6-3:** Sensor de corriente ACS72

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2022)

**Tabla 2-3:** Principales características técnicas del sensor de corriente ACS72.

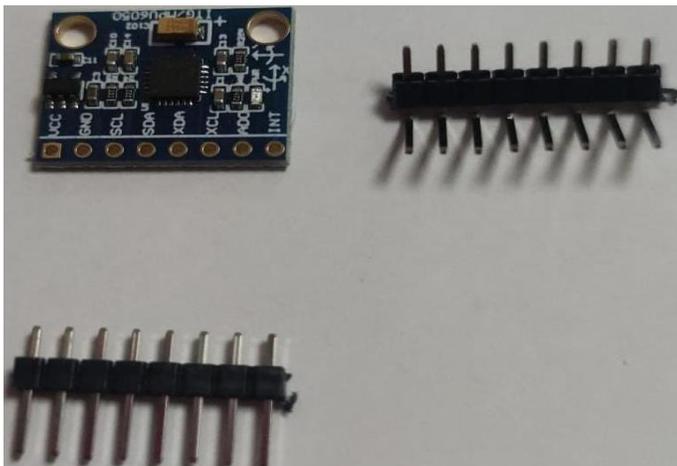
Especificaciones	Características
Voltaje de operación	4.5v a 5.5v
Consumo de corriente	13 mA
Carga de capacitancia de salida	10nF
Carga resistiva de salida	4.7 kΩ
Frecuencia	80kHz
Simetría	98%-102%

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2022

En la Tabla 2-3 se puede observar con más detalle las principales características técnicas que ayudaran a validar el proyecto. Ver el **Anexo B** para una amplia información.

### 3.4.3. Sensor MPU 6050

Es un sensor que cumple combina dos funciones como el acelerómetro y un giroscopio donde utiliza las lecturas de la velocidad angular y guarda las lecturas en las variables. En la ilustración 7-3 se evidencia el sensor en donde también se dispone de pines para facilitar la instalación en la tarjeta PCB.(Naylampmechatronics 2022)



**Ilustración 7-3:** Sensor MPU 6050

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2022)

**Tabla 3-3:** Principales características técnicas del sensor MPU 6050.

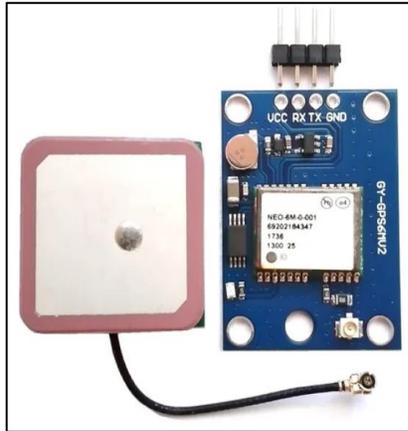
Especificaciones	Características
Voltaje de operación	3/3.3v-5v DC
Consumo de corriente	13 mA
Grados de libertad	6
Rango acelerómetro	2g/4g/8g/16g
Rango giroscopio	250°/seg, 500°/seg, 1000°/seg, 2000°/seg
Convertor AD	16 Bits (salida digital)
Tamaño	2 cm x 1.6 cm x 0.3 cm

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2022

En la Tabla 3-3 se puede observar con más detalle las principales características técnicas que ayudaran a validar el proyecto. Ver el **Anexo C** para una amplia información.

### 3.4.4. GPS NEO 6M

Módulo que consta de una pila que mantiene los datos de la configuración en su memoria, un indicador led y una antena de cerámica, como se muestra en la ilustración 8-3. Posee conectores Vcc, Rx, Tx y Gnd por donde se conecta a un microcontrolador mediante una interfaz serial. Este módulo brinda la información de latitud y longitud. (Naylampmechatronics 2022)



**Ilustración 8-3:** Módulo GPS NEO 6M

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2022)

En la tabla 4-3 se evidencia las características del módulo GPS NEO 6M, que servirán para el desarrollo del proyecto. Para ampliar la información sobre este módulo se encuentra en el **Anexo D**.

**Tabla 4-3:** Principales características técnicas del sensor MPU 6050.

Especificaciones	Características
Voltaje de operación	3-5 V DC
Interface	Serial UART 5V
Frecuencia de refresco	5 Hz
Baud rate	9600 bps
Tamaño	2.5 cm x 3.5 cm x 0.3 cm

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2022

### 3.4.5. LM358

Es un circuito integrado que consta de dos amplificadores operacionales independientes de alta ganancia y con compensación de la frecuencia que es interna, este tipo de circuito integrado opera desde una singular fuente con un amplio rango de voltaje. En la ilustración 10-3 se evidencia el encapsulado con los 8 pines de conexión.



**Ilustración 10-3: Integrado LM358**

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

En la tabla 5-3 se evidencia las principales características del integrado que son útiles para la realización del proyecto. En el **Anexo E** se puede encontrar datos adicionales del circuito integrado para validar el funcionamiento del presente proyecto.

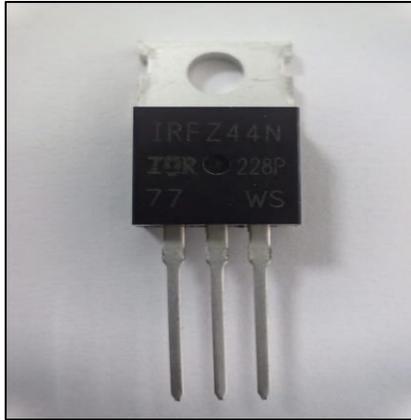
**Tabla 5-3:** Principales características técnicas del integrado LM358.

Especificaciones	Características
Voltaje de operación	3-32 V DC (positivo y negativo)
Corriente de salida máxima	20 mA
Temperatura en funcionamiento	0- 70 °C
Ancho de banda	0.7 MHz
Tamaño	0.9 cm x 0.8 cm x 0.7 cm

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2023

#### 3.4.6. *MOSFETS IRFZ44N*

Son un tipo de transistores que son ideales para aplicaciones de conmutación y activación de sistemas de potencia, este tipo de dispositivos brindan al proyecto una fiabilidad y eficiencia para el encendido de las luces led, en la ilustración 11-3 se evidencia el transistor con 3 pines para la conexión (International Rectifier 2018).



**Ilustración 11-3:** Mosfets IRFZ44N

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

En la tabla 6-3 se encuentra las principales características del dispositivo que ayudan para el desarrollo del proyecto. En el **Anexo F** se encuentran más a detalle las características eléctricas y de conexión del elemento en mención.

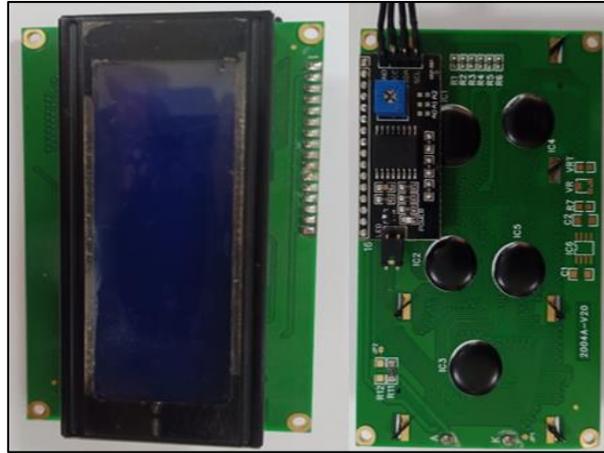
**Tabla 6-3:** Principales características técnicas del Mosfets IRFZ44N.

Especificaciones	Características
Voltaje drenaje- fuente Vds	55 V DC
Tensión Vgs de medición Rds	10 V DC
Tensión Umbral Vgs	2.1 V DC
Disipación de potencia	83 W
Intensidad drenador continua Id	49 A
Temperatura de operación máxima	150°C
Polaridad del transistor	Canal N

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2023

#### 3.4.7. LCD

Se trata de un actuador que trabaja como salida digital en el proyecto planteado, es una pantalla de 20x4 es decir presenta 20 caracteres en horizontal por 4 filas o líneas en forma vertical. En la ilustración 12-3 se evidencia la pantalla como también la parte posterior en donde se encuentra los pines de conexión de datos, además presenta un potenciómetro que tiene como función el ajustar el contraste de la pantalla LCD. Además, presenta un bus de comunicación I2C para realizar de manera más eficaz y sencilla la presentación de la información en la pantalla LCD. (Castaño Giraldo 2020)



**Ilustración 12-3:** Display LCD

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

En la tabla 7-3 se evidencia las principales características del LCD para el desarrollo del proyecto. En el **Anexo G** se encuentran más a detalle las características eléctricas y de conexión del elemento en mención.

**Tabla 7-3:** Principales características técnicas del LCD con bus de comunicación I2C

Especificaciones	Características
Numero de pines	4
Voltaje de alimentación	5 V DC

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2023

#### 3.4.8. Batería recargable.

En la ilustración 13-3 se evidencia la batería que desempeñara como respaldo de energía del proyecto la cual tiene características como se describe en la tabla 8-3.



**Ilustración 13-3:** Batería recargable

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

En esta tabla se encuentra las especificaciones técnicas principales de la batería recargable para el proyecto. En el **Anexo H** se hallan todos los datos de este elemento fundamental para que funcione el proyecto.

**Tabla 8-3:** Principales características técnicas de la batería recargable

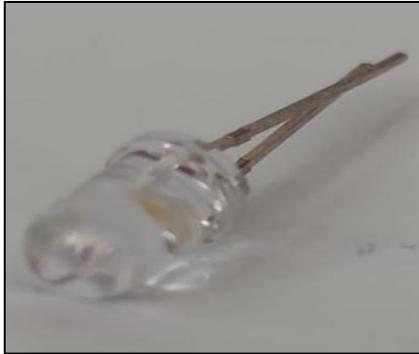
Especificaciones	Características
Capacidad	7.5 [Ah]
Voltaje de alimentación	12 V DC
Resistencia Interna	23 [moh]
Medidas	151x100x65 mm

**Fuente:** Vikiwat.com

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2023

#### 3.4.9. Led

Diodo emisor de luz, sirve como indicador visual al activarse, está formado por un material semiconductor dotado de dos terminales presentan una unión tipo p-n en la ilustración 14-3 se evidencia este componente importante para el desarrollo del proyecto. (Electricimp 2023)



**Ilustración 14-3:** Led

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

En la tabla 9-3 se encuentra las principales características de led para la implementación del proyecto propuesto.

**Tabla 9-3:** Principales características técnicas del Led.

Especificaciones	Características
Numero de pines	2
Voltaje de alimentación	2 V DC

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2023

#### 3.4.10. Fococelda

Es un dispositivo electrónico capaz de producir una pequeña cantidad de corriente eléctrica al ser expuesta a la luz, esta variación es debido a una resistencia, cuyo valor en ohmios varia ante los cambios de luz que la fotocelda perciba. Las resistencias son conocidas como fotorresistencias como muestra la ilustración 15-3 (Naylampmechatronics 2022)



**Ilustración 15-3:** Fococelda

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

En la tabla 10-3 se encuentran las principales características de la fotocelda para la revisión de los niveles de iluminación del proyecto.

**Tabla 10-3:** Principales características técnicas del Led.

Especificaciones	Características
Resistencia	1 M ohmio en oscuridad y 100 ohmios con luz brillante
Disipación máxima de potencia	50mW – 1W
Voltaje máximo	600 V
Tiempo de respuesta	Orden de decimas de segundos

**Realizado por:** Guzmán, Daniel, 2023

### 3.5. Esquema de conexión del módulo electrónico

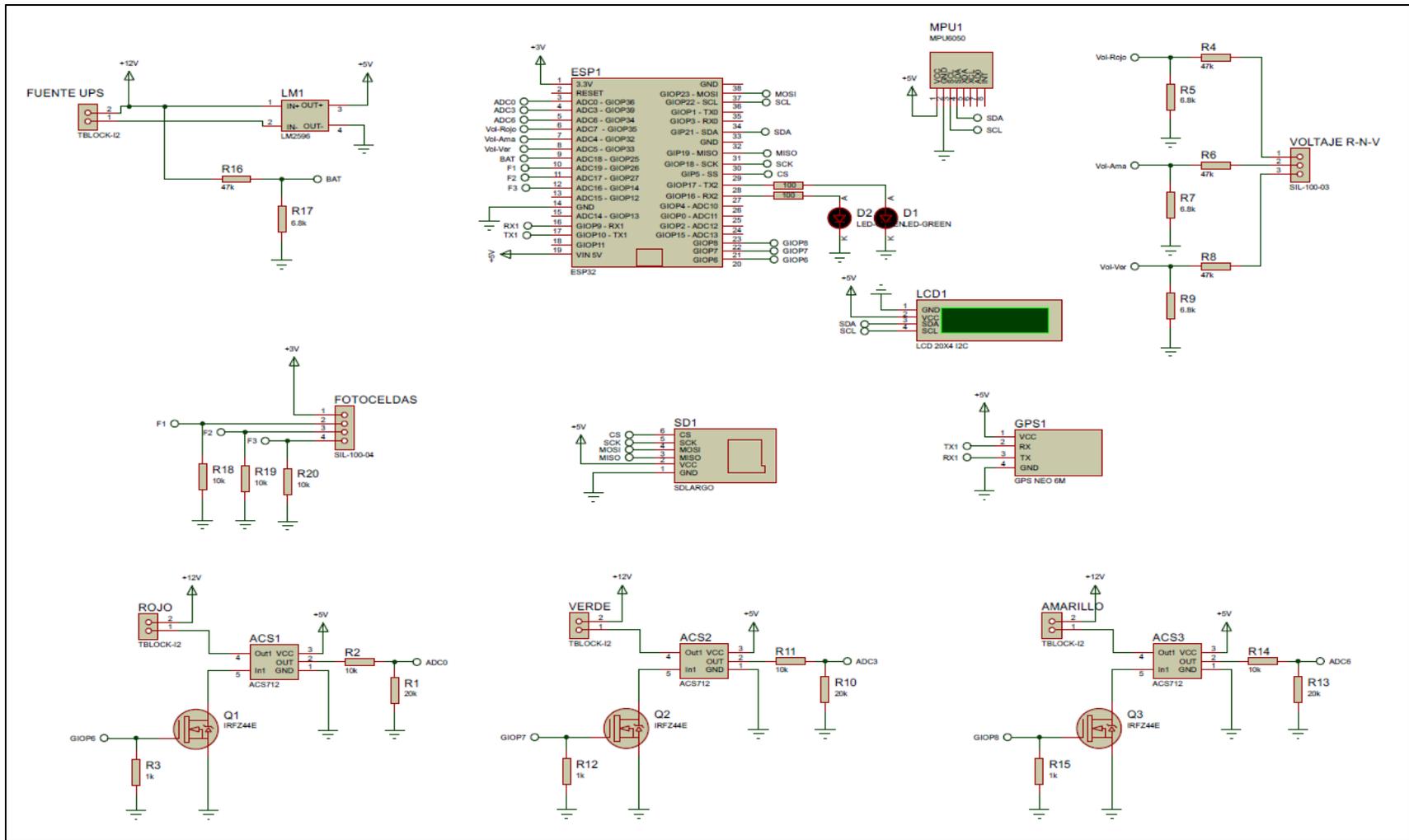
El esquema de conexión con todos los elementos mostrados anteriormente, se realizaron como se detalla a continuación en donde tenemos la tarjeta principal y las luces indicadoras.

#### 3.5.1. Esquema de conexión de la placa principal

En la ilustración 16-3 se evidencia la conexión de la placa principal mediante el software Proteus, en donde también se realizó la simulación. Esta placa está conformada por varios componentes como, la tarjeta de desarrollo ESP32 encargada del receptor los datos enviados por los sensores LDR encargado del sensado de la iluminación, el sensor giroscopio y acelerómetro MPU6050, además recibe las ubicaciones enviadas por el módulo GPS NEO 6M para determinar su ubicación. Una vez recibido esta información de sensores procesa y es almacenada en una tarjeta de memoria con la ayuda del módulo *MICRO SD Adapter*, para posteriormente enviar la información hacia la nube vía WIFI propio de la tarjeta de desarrollo ESP32. A continuación se especifica las conexiones realizadas para el funcionamiento del proyecto:

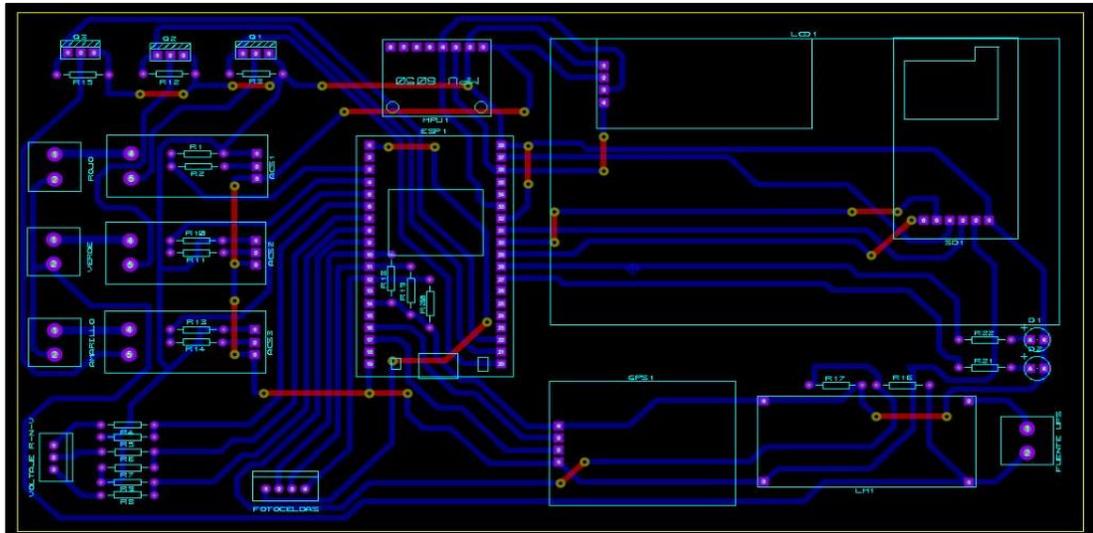
- El terminal Vcc proveniente de una fuente UPS se conecta al terminal 1 de modulo LM2596, así como también el GND se conecta al terminal de este módulo. Esto permite que a la salida del módulo LM2596 sale un voltaje estable de 5 V para el funcionamiento de los circuitos.
- De la fuente UPS también se realiza un divisor de tensión para obtener un voltaje adecuado como respaldo. Que se conecta al terminal GIOP25 de la tarjeta ESP32
- La tarjeta ESP32 es alimentado con la salida de 5 V del regulador DC-DC

- La entrada ESP32 ADC0 sale del sensor ACS712, en donde sirve para medir la intensidad y el voltaje normal de la luminaria en rojo
- La entrada ESP32 ADC3 sale del sensor ACS712, en donde sirve para medir la intensidad y el voltaje normal de la luminaria en verde
- La entrada ESP32 ADC6 sale del sensor ACS712, en donde sirve para medir la intensidad y el voltaje normal de la luminaria en amarillo
- Los sensores ACS712 tienen como salida la señales que se van a la tarjeta de desarrollo, además salen un terminal que se alimenta con 12 V, la activación del sensor se da mediante la conexión GIOP6, GIOP7, GIOP 8 correspondiente al rojo, verde y amarillo respectivamente, estas conexiones van al terminal Gate de los transistores MOSFET IRFZ44E
- La alimentación del módulo GPS NEO 6M se obtiene del regulador DC-DC, y las salidas TX1 y RX1 se conectan al ESP32 GIOP11 Y GIOP9 respectivamente.
- Para el sensor giroscopio MPU6050 se alimenta con el voltaje de la salida del regulador DC – DC las salidas de datos de este sensor SCL se conecta GIP21 del ESP32 y la salida SDA se conecta al GIP21.
- Para guardar los datos en el *microSD Adapter* el pin VCC se obtiene del regulador DC-DC, así como también el GND. Los pines CS sale de GIP5, SCK sale de GIOP18, MOSI sale de GIOP23, MISO sale de GIP19 de la tarjeta de desarrollo ESP32
- Para los detectores de iluminación LDR se alimenta con + 3 V y las salidas F1, F2, F3 ingresan ADC 19, ADC17, ADC16 respectivamente en ESP32.



**Ilustración 16-3:** Esquema de conexión  
 Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

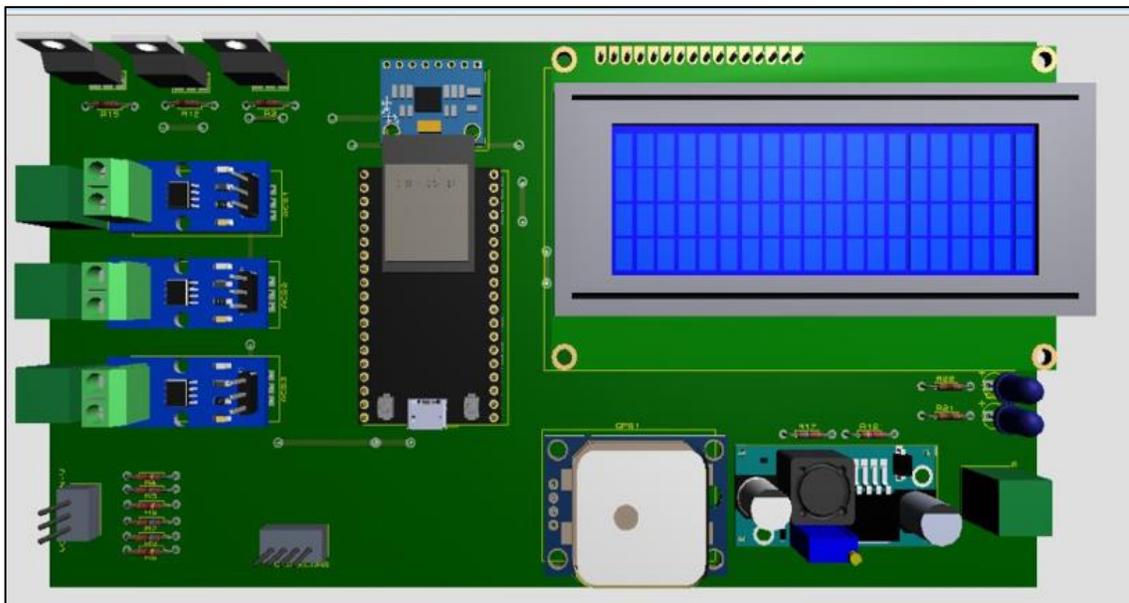
Una vez realizado correctamente las conexiones de los elementos del circuito principal se realizó el diseño en Altium, en donde se realiza el diseño de la PCB, en la ilustración 17-3 se observa el diseño de la placa PCB principal del proyecto.



**Ilustración 17-3:** PCB de la placa principal del proyecto.

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

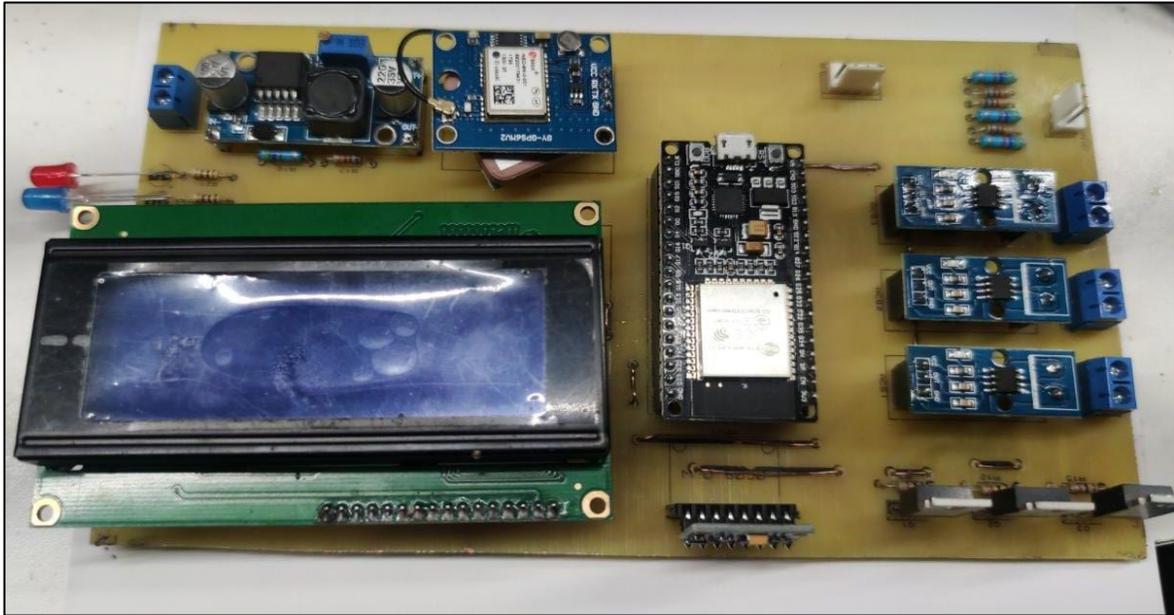
En la ilustración 18-3 se evidencia el modelo en 3D de la placa principal, en donde se observa que todos los componentes encajan perfectamente, además sirve para la posterior fabricación y armado de la placa en físico con todos los elementos.



**Ilustración 18-3:** Modelado en 3D de la placa principal.

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

Una vez realizado todos los pasos anteriores se desarrolló la implementación de la placa como se evidencia en la ilustración 19-3

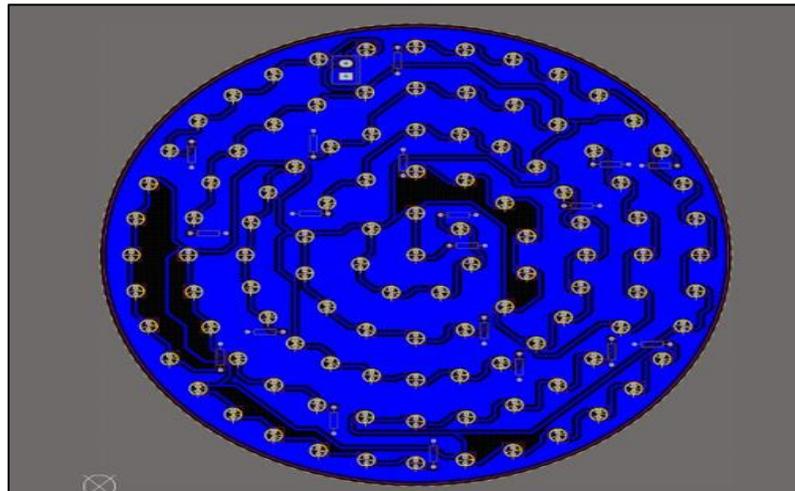


**Ilustración 19-3:** Placa Implementada.

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

### 3.5.2. Esquema de conexión de las iluminarias del semáforo

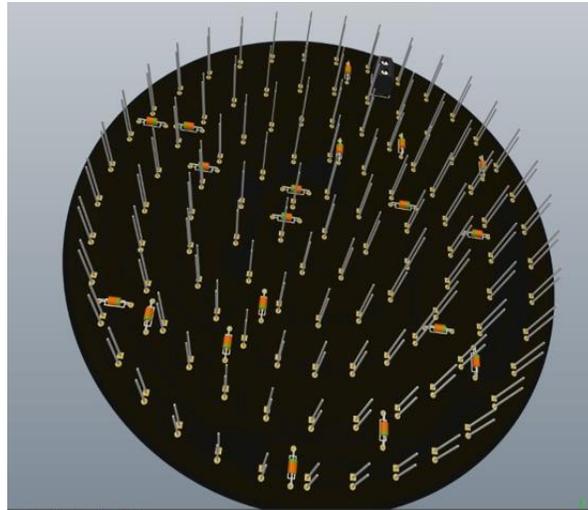
En vista que el proyecto necesito de un conjunto de leds similar a un semáforo que se encuentran en las vías de las ciudades, se realizó una placa en *software Altium Designer* como se evidencia en la ilustración 20-3 en donde consta de led y resistencias que garantizan el correcto funcionamiento del dispositivo y en si del proyecto en general.



**Ilustración 20-3:**PCB de luces del semáforo.

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

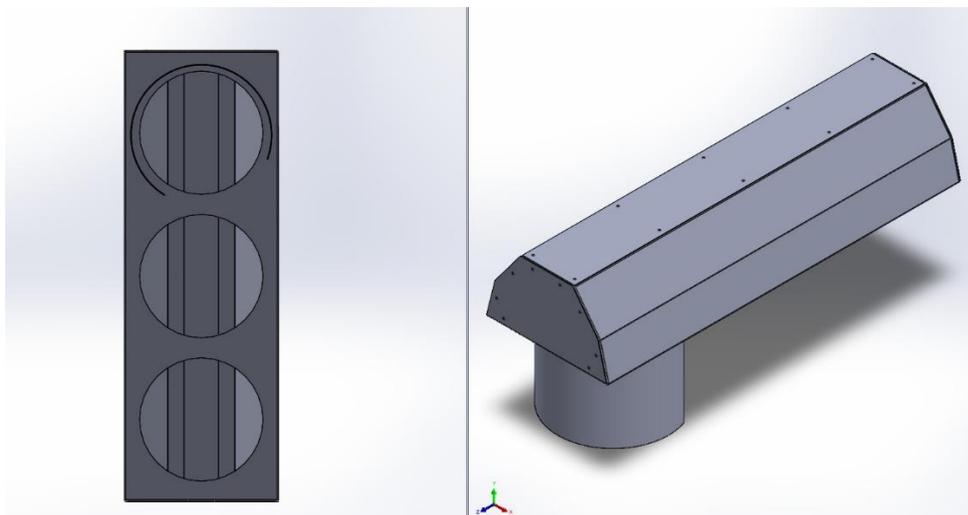
En la ilustración 21-3 se evidencia la distribución de las resistencias para el correcto funcionamiento y que los niveles de tensión en los leds sean óptimos.



**Ilustración 21-3:** PCB de luces del semáforo posterior.

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

La estructura del semáforo se encuentra en la ilustración 22-3 en donde se evidencia como se ha diseñado mediante el software SolidWorks, en donde tenemos una estructura en tres dimensiones en donde se encuentran de manera claro las dimensiones que tiene además de cómo va a ser implementado.

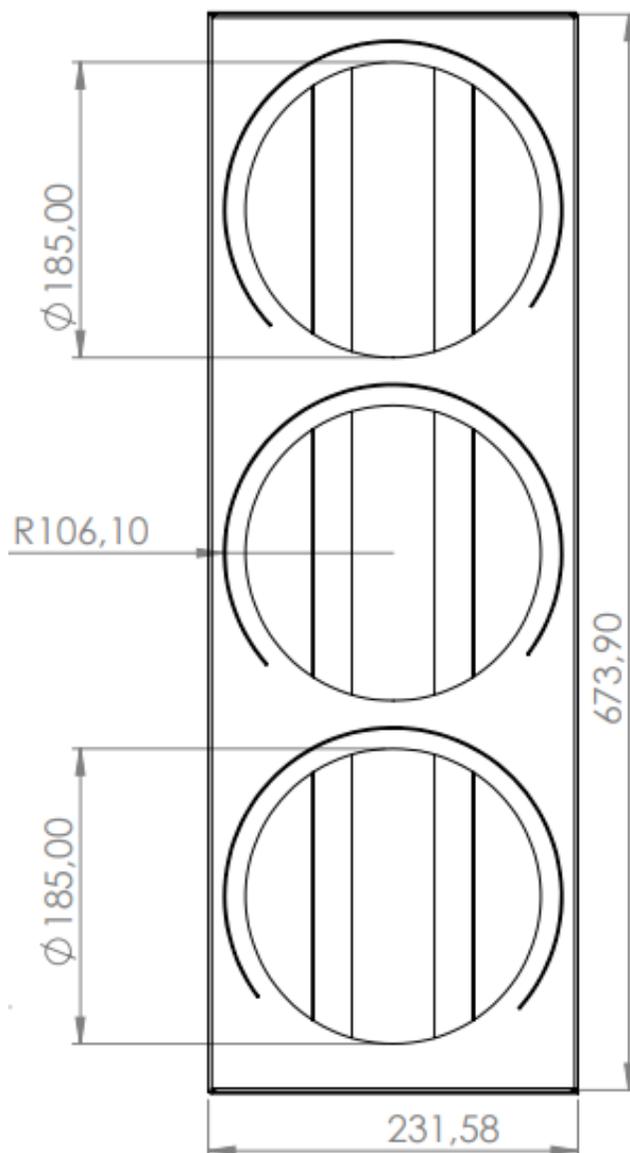


**Ilustración 22-3:** Estructura del proyecto frontal y posterior.

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

En la parte posterior se encuentra la tarjeta de control con todos los elementos que permiten el funcionamiento correcto del dispositivo tecnológico que se plantea en este trabajo.

Las dimensiones de la estructura se pueden observar en la ilustración 23-3 en donde se evidencia las medidas todas estas medidas se encuentran en mm además en el **Anexo I** se encuentran los planos correspondientes de la estructura metálica del semáforo, listo para ser empotrado, puesto en marcha y para posteriormente realizar las pruebas que validen su óptimo funcionamiento.



**Ilustración 23-3:** Medidas y estructura del semáforo.

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

### **3.6. Software de desarrollo del dispositivo**

El módulo electrónico es controlado a través de una tarjeta de desarrollo que necesita ser programada, así como también la gestión de la información y la base de datos para lo cual se utilizó los siguientes softwares que se detallan a continuación.

#### *3.6.1. Arduino IDE 1.8.19*

Proporciona un entorno de programación fácil y intuitivo de usar para programadores avanzados y principiantes, es una multiplataforma, es decir permite ejecutar en Windows, Linux y Mac OS X. La aplicación está elaborada en Java e incluye un editor de código que verifica la sintaxis del texto. Alerta con un mensaje de error o advertencia en la parte del código donde existe inconvenientes. Se admiten los lenguajes de programación C y C++ y se almacena en el ordenador con la extensión. .ino, contiene dos funciones principales, `setup ()` se usa para inicializar variables, la función `loop()` se ejecuta cuando el terminal está operando en modo de entrada o salida repita mientras la función `setup()` se complete, hasta que Arduino se apaga o reinicia (Peña, 2020; Arduino, 2018).

#### *3.6.2. Proteus 8.12*

Es un software de pago que permite diseñar y simular circuitos electrónicos en las etapas de bosquejo de esquemas electrónicos, programación de software, y fabricación de placa de circuito impreso. Está compuesto por aplicaciones como ISIS, sirve para elaborar el modelo esquemático de los circuitos, ARES sirve para la elaboración de las placas de circuito impreso (PCB) además permite posicionar elementos y generar de forma automática pistas, PROSPICE es la herramienta encargada de simular el comportamiento de los circuitos electrónicos según el estándar industrial SPICE3F5 (González et al., 2008; Gallardo, 2015; Rossano, 2013).

#### *3.6.3. Blynk IoT*

Es una plataforma de IoT (internet of things) independiente del hardware y basada en la nube, donde da la posibilidad a los clientes o usuarios conectar más de 400 modelos hardware a la nube Blynk que es más segura y dispone con código abierto a través de WIFI, 2G-4G, LTE o Ethernet. Aunque es una plataforma de pago tiene un plan gratis que es útil para este proyecto (Blynk 2022)

#### *3.6.4. SolidWorks*

Es un software tipo CAD, que sirve para diseño mecánico que presenta un entorno grafico basado en Microsoft Windows que brinda de manera intuitiva, sencilla y ágil la creación de modelos solidos en 3D, ensamblajes y dibujos, todo esto bajo el modelo paramétrico reduciendo así el esfuerzo para modificar y crear variantes en los diseños iniciales (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2015).

### 3.6.5. Altium Designer

Software que permite el diseño de PCB de manera intuitiva conectando a la perfección cada detalle del proceso de diseño además que brinda la documentación necesaria. También brinda la posibilidad de crear un archivo portable entre otros programas de diseño de PCB (Altium Designer 2018)

### 3.6.6. Excel

Es un software de hojas de cálculo de la familia Microsoft office, es una herramienta avanzada de análisis y visualización de datos, que nos permite manipular los datos especialmente numéricos, se encuentran ordenadas en filas y columnas (Microsoft 2019).

## 3.7. Programación del dispositivo electrónico

A continuación, se detalla la programación necesaria para el funcionamiento del proyecto, se realiza la programación estructurada con código C en la tarjeta de desarrollo de ESP32 en él se muestra la programación completa. La programación se encuentra en el **Anexo J**.

En la tabla 11-3 se describe las librerías utilizadas para la realización del proyecto.

**Tabla 11-3:** Principales librerías utilizadas.

<b>Librerías</b>	<b>Descripción</b>
<b>BlynkEdgent.h</b>	Librería utilizada para establecer una conexión con la página Blynk.io
<b>Settings.h</b>	Establece los parámetros de conexión y tiempos, para la conexión WIFI
<b>Console.h</b>	Abre una conexión por medio de SSH a nuestro dispositivo
<b>WiFiClient.h</b>	Crea un cliente q puede conectarse a una dirección IP de internet y a un puerto de comunicación especificado.
<b>WebServer.h,</b>	Es responsable de la comunicación del servidor web con la tarjeta ESP32
<b>DNSServer.h</b>	Establece el nombre del dominio para evitar pérdida de información
<b>Update.h</b>	Ayuda a los desarrolladores a actualizar la información dentro de páginas web
<b>HTTPClient.h</b>	Establece la comunicación con las páginas del servidor web y además obtiene, postea y coloca datos en una página web.
<b>WiFi.h</b>	Permite la configuración y la conexión a internet

Realizado por: Guzmán, Daniel, 2023

### 3.7.1. Diagrama de flujo principal para la programación.

El primer paso para desarrollar el programa es realizar un diagrama de flujo que ayude a detallar de forma ordenada la secuencia de pasos a seguir en las líneas de programación. El diagrama de flujo que se muestra en la ilustración 24-3

#### 3.7.1.1. Inicialización

- Se incluyen las librerías **BlynkEdgent.h**, **Settings.h**, **Console.h**, **OTA.h**, **Indicator.h**, **ConfigMode.h**, **ResetButton.h**, **BlynkState.h**, **WiFiClient.h**, **WebServer.h**, **DNSServer.h**, **Update.h**, **HTTPClient.h**, **WiFi.h**
- Se define las entradas y salidas para la configuración de la tarjeta de desarrollo ESP32
- Se define las variables para el cambio de colores del semáforo con tiempos constantes en segundos **t**, **t1**, **t2**. Además se realiza la configuración de las demás variables como los voltajes de las luces indicadoras, así como también se define las variables de las intensidades de estas luces indicadoras. Al igual que las variables del acelerómetro en los ejes x, y, z.
- En el setup se inicializa el monitor serial con un retardo de 100 ms, se establece los pines de la tarjeta ESP32 como salida de verde, amarillo y rojo.

#### 3.7.1.2. Bucle de repetición

- Se ejecuta la subrutina **BlynkEdgent.run()**
- Se ejecuta la subrutina **timer.run()**
- Se ejecuta la subrutina **secuencia.run ()**

En estas subrutinas se desarrollan los siguientes procesos que se detallan a continuación;

##### 3.7.1.2.1. BlynkEdgent

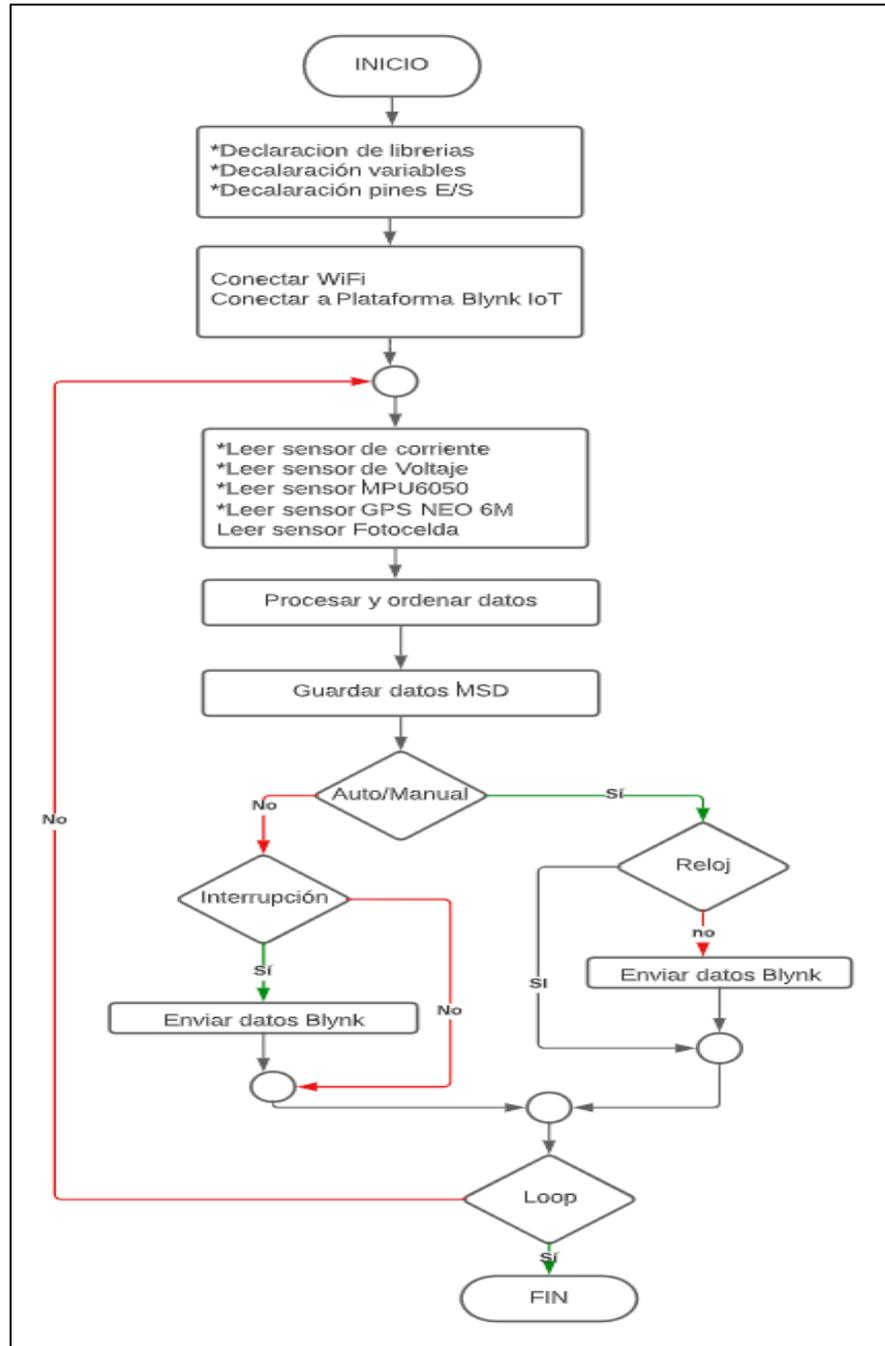
Se escribe los datos en las variables vinculadas con los voltajes, las corrientes, y el acelerómetro y el giroscopio hacia la plataforma Blynk.io. Además esta escribe sobre el led de estado cuando se encuentra funcionando correctamente.

##### 3.7.1.2.2. Timer

Esta se encarga de tomar los tiempos de cambio de estado de las luces del semáforo es decir de verde, amarillo y rojo.

### 3.7.1.2.3. Secuencia

Esta subrutina se encarga de realizar la secuencia del semáforo, en donde los tiempos seteados con anterioridad, en donde se realiza comparaciones de los estados actuales para realizar los cambios respectivos además de los cambios de las luces del semáforo.



**Ilustración 23-3:** Medidas y estructura del semáforo.

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

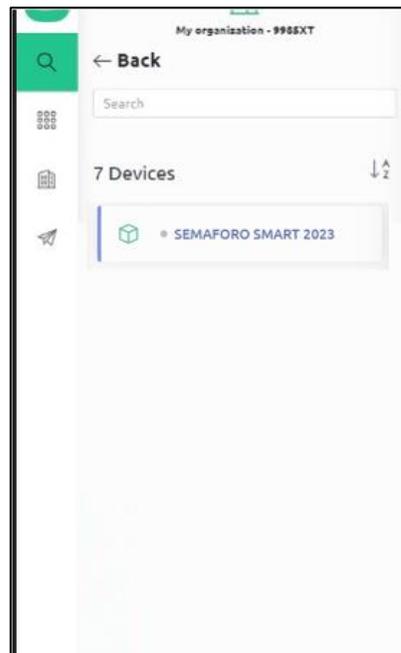
### 3.8. Comunicación y configuración con plataforma Blynk.io

Para el proyecto es necesario tener una interfaz gráfica con los valores y datos que se han obtenido de los sensores y para verificar el estado en el que se encuentra todo el proyecto. Los datos como los voltajes, las corrientes, la ubicación por GPS, el estado de la iluminación y los ángulos que el giroscopio y el acelerómetro nos dan.

Para la creación de la interfaz gráfica de en Blynk.io se siguieron los siguientes pasos:

- Abrir una cuenta gratuita en <https://blynk.io/>
- Añadir un nuevo dispositivo
- Seleccionar la tarjeta de desarrollo que se utilizo
- Agregar varios *dashboards* para revisar cada uno de los valores obtenidos de los sensores dentro de un template
- Añadir todos los tags necesarios y los indicadores para mostrar una interfaz gráfica de acuerdo con los requerimientos de este proyecto.

Una vez que se creó la cuenta y añadido el dispositivo se debe vincular la programación del ESP32 con la plataforma lo que se realiza mediante una conexión directa con la identificación del template que es necesario para la identificación del sistema que está enviando datos. En la ilustración 24-3 se evidencia el dispositivo en línea una vez vinculado con la plataforma.



**Ilustración 24-3:** Dispositivos en la plataforma.

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

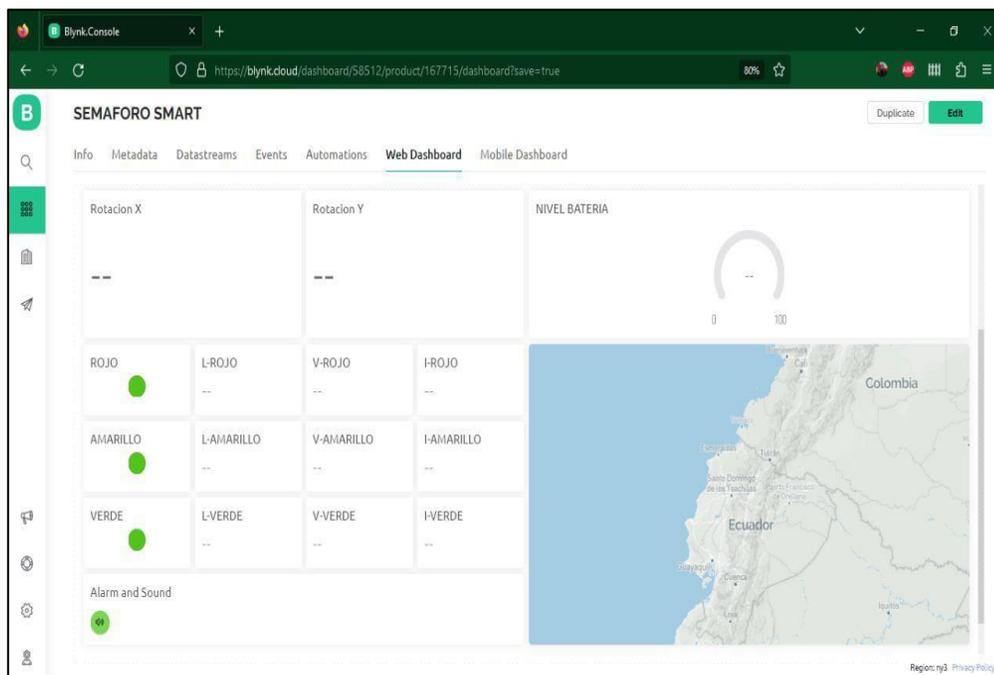
Para realizar esta conexión es necesario colocar el identificador del template mencionado dentro de la programación del ESP32 en la ilustración 25-3 se evidencia los parámetros que se deben copiar desde la plataforma para levantar una conexión exitosa.

```
// Fill-in information from your Blynk Template here
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPLSsnY6A0Z"
#define BLYNK_DEVICE_NAME "SEMAFORO SMART"
#define BLYNK_FIRMWARE_VERSION "0.1.0"
#define BLYNK_PRINT Serial
#define APP_DEBUG
```

**Ilustración 25-3:** Programación en ESP32.

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

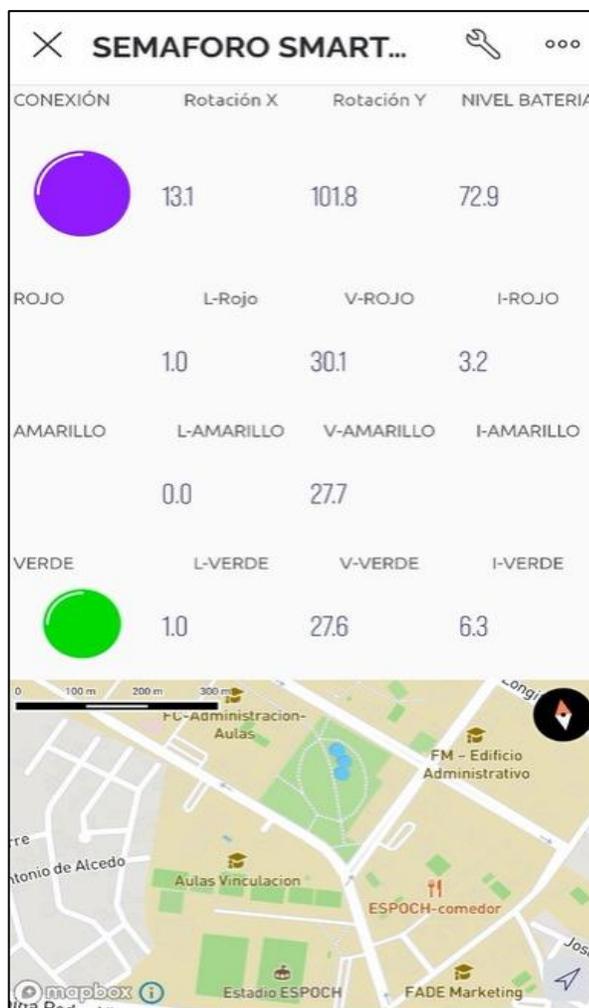
Una vez ya levantada la conexión creamos indicadores como muestra la ilustración 26-3 en donde se tiene los indicadores que muestran los valores del proyecto en cuestión que se van actualizando de manera automática, este proyecto se puede considerar con el tiempo real ya que los datos se consideran válidos. Además, se pueden configurar alerta para los operadores cuando alguno de los valores estén fuera del rango que se considera normal.



**Ilustración 26-3:** Interfaz Web de la plataforma Blynk IoT.

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

Esta plataforma también permite la visualización a través de dispositivos móviles, para lo cual se debe redimensionar los indicadores que se tiene anteriormente. Como muestra la ilustración 27-3 en donde se encuentran los valores de los sensores además la ubicación GPS del dispositivo tecnológico.



**Ilustración 27-3: Indicadores de Blynk IoT**

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

## CAPITULO IV

### 4. PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se evalúa el funcionamiento del dispositivo tecnológico denominado semáforo inteligente, esta evaluación será tanto del software como del hardware mediante pruebas de validación de los sensores, estabilidad, comunicación, integridad de los datos que se transmite, consumo de corriente, autonomía del dispositivo tecnológico, funcionamiento general del semáforo inteligente y un análisis económico.

En la ilustración 1-4 se evidencia el dispositivo a evaluar, constituido por una placa PCB de control y unas luces indicadoras.



**Ilustración 1-4:** Semáforo como módulo electrónico

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

#### 4.1. Consideraciones generales

Para validar el semáforo como un módulo electrónico se realizó las pruebas que permiten el funcionamiento óptimo del dispositivo, dichas pruebas están basadas en un número mayor de muestras ya que según (Manjarrez, Ruiz y Orozco 2019) nos indica que estas serían más exactas con un bajo grado de error.

Para el cálculo del número de muestras se basa en la ecuación 1-4, donde se estima un tamaño poblacional en función de que la revisión de los datos va a ser cada hora por unas 12 horas.

**Ecuación 1-4** Cálculo del tamaño de las muestras finita

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) * Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

$n$ : tamaño de la muestra buscada

$N$ : Tamaño de la población o universo

$Z$ : Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

$e$ : Error de estimación máximo aceptado

$p$ : Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

$q=(1-p)$ : Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

El porcentaje de confianza que se va a destinar al proyecto es del 97%. Obteniendo como resultado una cantidad de 30 muestras, para evaluar el correcto funcionamiento de todo el módulo electrónico.

Para la validación de sensores en cuestión de exactitud indica que tan cerca este el valor medido con el valor real, más exacto será el valor hallado. Para hallar la exactitud viene descrito por la ecuación 2-4, en donde se encuentra error absoluto.

**Ecuación 2-4** Cálculo del error absoluto.

$$\Delta X = |X_r - X_m|$$

Donde:

$X_r$ : valor real

$X_m$ : valor medido

El cálculo del error relativo porcentual es esencial para la validación del dispositivo electrónico debido a que es un indicador estadístico que permite determinar el criterio de la calidad del resultado de la toma de muestras. Para hallar este valor del error relativo se utiliza la ecuación 3-4.

**Ecuación 3-4** Cálculo del error relativo

$$e_r = \frac{\Delta X}{X_r} * 100\%$$

Donde:

$\Delta X$ : error absoluto

$X_r$ : valor real

Para la validación de la exactitud y confiabilidad de los resultados en las mediciones de cada sensor se analiza el cálculo del error relativo donde el valor de su resultado es sometido a un criterio, donde según (Graciela Lecumberry 2015) si el valor es menor que el 1% el resultado es óptimo, si esta entre el rango del 1% al 5% es bueno, pero si esta mayor al 5% es poco confiable dicho resultado. En el caso del parámetro de coeficiente de variación se considera que según (Requena Serra 2016) si el valor del resultado se acerca al 0% va a existir poca variación, pero si es mayor al 30% el resultado es poco representativo, en cambio si es mayor al 100% el resultado pierde confiabilidad y se descarta por completo.

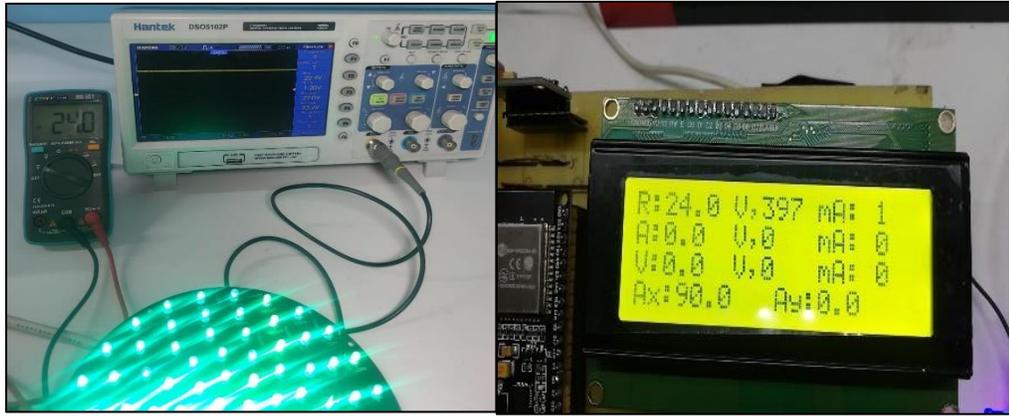
A continuación, se detallan las pruebas realizadas para dicha validación:

## **4.2. Validación de sensores**

Esta prueba tiene como objetivo verificar la exactitud de los sensores que se encuentran funcionando dentro del módulo de control del dispositivo electrónico. El indicador de esta prueba se toma el error relativo.

### *4.2.1. Validación del sensor voltaje*

Se verifica el sensor de voltaje con la exactitud de esta prueba se tomó como equipo patrón al multímetro ZOYI ZT100, cuyas mediciones se tomó como valores reales y el valor medido se tomó del sensor mediante la consola serial de Arduino IDE, como se muestra en la ilustración 2-4



**Ilustración 2-4:** Medición de voltaje

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

Para realizar la medición se colocó en los terminales del sensor el multímetro de lo cual se obtuvo los siguientes datos que se muestran en la tabla 1-4, como se definió con anterioridad el tamaño de las muestras que se tomó fueron 30 en diferentes tiempos y diferentes circunstancias. Se compara los valores medidos entre equipo patrón y el sensor de voltaje del módulo electrónico.

Finalmente se calcula el error absoluto y el error relativo mediante las ecuaciones definidas con anterioridad y se verifica que el error no exceda el 5% máximo admisible que se ha dado para el proyecto.

**Tabla 1-4:** Mediciones tomadas para validar el sensor de voltaje.

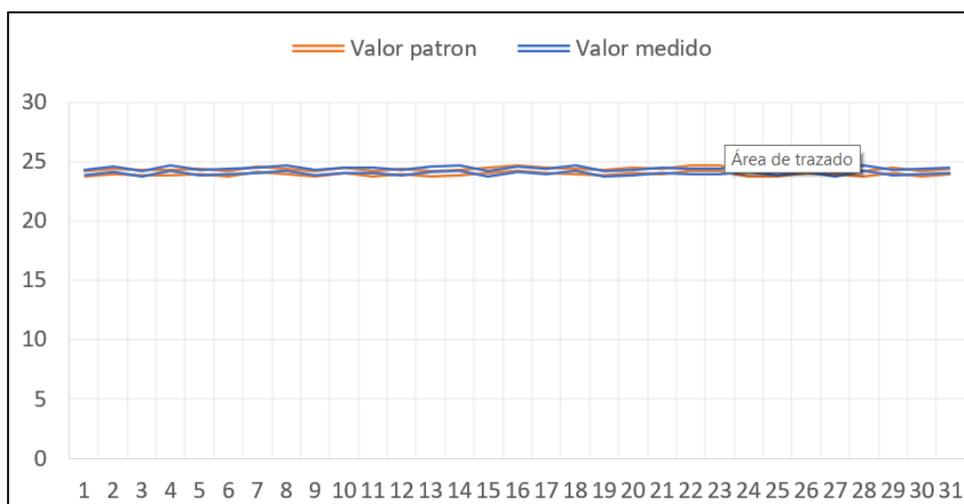
N°	Valor patrón	Valor medido
1	24	24.1
2	24.2	24.4
3	24.1	24
4	24.1	24,5
5	24.2	24.1
6	24	24.2
7	24.4	24.3
8	24,2	24.5
9	24	24.1
10	24.3	24.3
11	24	24.3
12	24.2	24.1
13	24	24.4
14	24.1	24.5
15	24.3	24
16	24.5	24.4
17	24.3	24.2

18	24.2	24.5
19	24.1	24
20	24.3	24.1
21	24.2	24.3
22	24.5	24.2
23	24.5	24.2
24	24	24.4
25	24	24.1
26	24.3	24.4
27	24.2	24
28	24	24.5
29	24.3	24.1
30	24	24.2
	24.18333	24.24666667
<b>Error absoluto</b>		<b>0.063</b>
<b>Error relativo</b>		<b>0.26%</b>

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

De los datos obtenidos, y una vez aplicado los cálculos se ha encontrado que el error relativo es menos del 1% es decir que tiene una confiabilidad y exactitud de más del 99%, en la ilustración 3-4 tenemos los datos en una gráfica comparativa en donde se evidencia la similitud de los datos obtenidos por los dos instrumentos de medición.

Se puede concluir que el sensor que se encuentra dentro del módulo electrónico se encuentra en óptimas condiciones para desempeñar su trabajo dando una exactitud del 99.74% este valor se considera optimo.



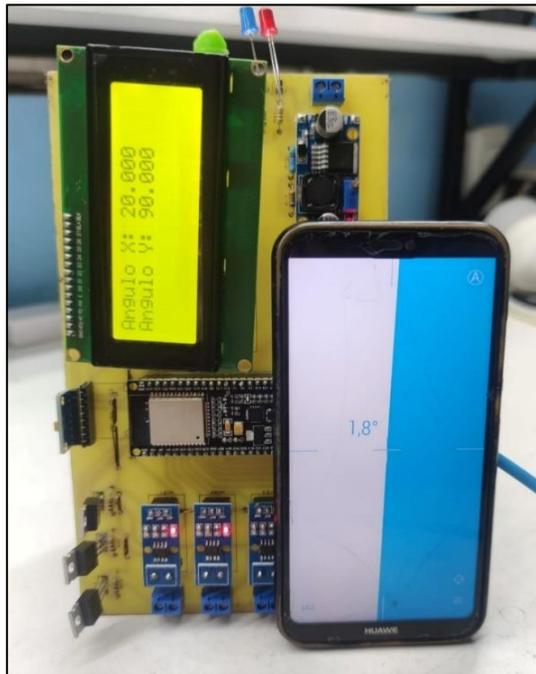
**Ilustración 3-4:** Comparación de mediciones del nivel de voltaje.

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

#### 4.2.2. Validación del sensor giroscopio MPU 6050

Se verifica que el sensor MPU 6050 funcione de condiciones óptimas para ello se realizó una serie de mediciones y comparaciones con un equipo patrón de mediciones que en este caso fue un dispositivo móvil que tiene un giroscopio integrado.

Para realizar esta prueba se giró la tarjeta de control PCB en donde se encuentra este sensor a 90° colocándole en la misma posición el dispositivo móvil, como muestra la ilustración 4-4.



**Ilustración 4-4:** Comparación de mediciones del sensor giroscopio.

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

Los datos de estas mediciones se encuentran en la tabla 2-4 en donde tenemos la información del equipo patrón y la medición del sensor propio de la tarjeta de control del dispositivo electrónico.

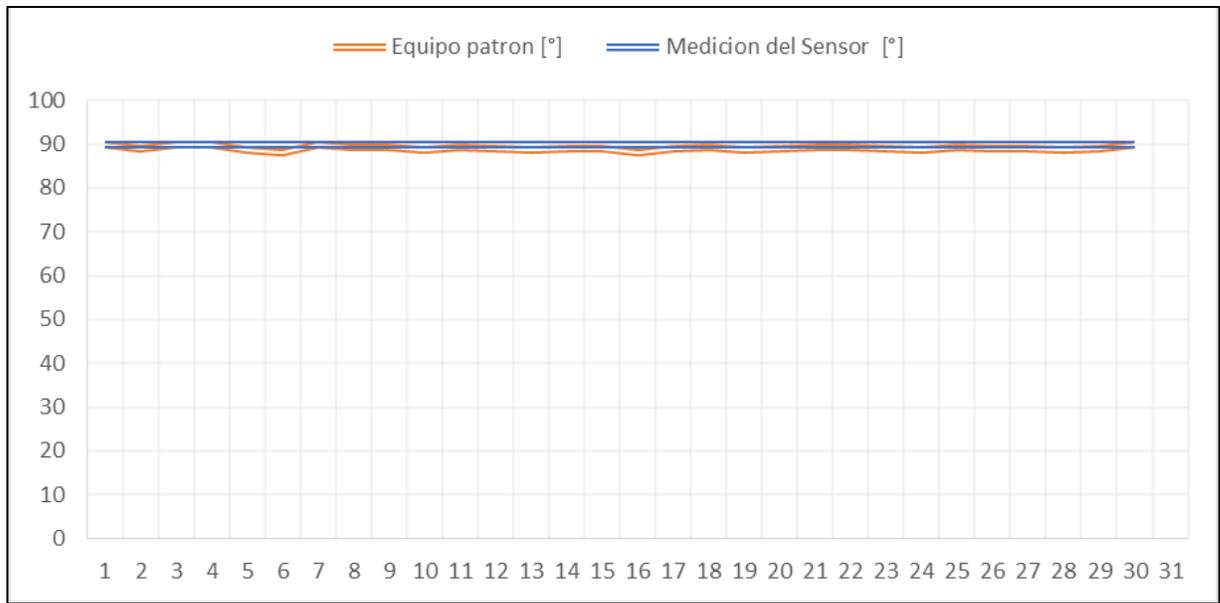
**Tabla 2-4:** Mediciones tomadas para validar el sensor giroscopio MPU6050.

N°	Equipo patrón [°]	Medición del Sensor [°]	Error absoluto	Error relativo [%]
1	89.9	90	0.1	0.11%
2	88.9	90	1.1	1.24%
3	89.92	90	0.08	0.09%
4	89.91	90	0.09	0.10%
5	88.7	90	1.3	1.47%

6	88.2	90	1.8	2.04%
7	89.92	90	0.08	0.09%
8	89.3	90	0.7	0.78%
9	89.2	90	0.8	0.90%
10	88.6	90	1.4	1.58%
11	89.2	90	0.8	0.90%
12	89	90	1	1.12%
13	88.8	90	1.2	1.35%
14	88.9	90	1.1	1.24%
15	89	90	1	1.12%
16	88.1	90	1.9	2.16%
17	88.9	90	1.1	1.24%
18	89.2	90	0.8	0.90%
19	88.7	90	1.3	1.47%
20	88.9	90	1.1	1.24%
21	89.2	90	0.8	0.90%
22	89.3	90	0.7	0.78%
23	89.1	90	0.9	1.01%
24	88.7	90	1.3	1.47%
25	89.2	90	0.8	0.90%
26	89	90	1	1.12%
27	89.1	90	0.9	1.01%
28	88.7	90	1.3	1.47%
29	88.9	90	1.1	1.24%
30	89.9	90	0.1	0.11%
<b>Promedio</b>			<b>0.92</b>	<b>1.04%</b>

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

En la ilustración 5-4 se evidencia la gráfica comparativa entre las mediciones tomadas en donde los datos tienen una gran similitud basándose en el tratamiento de los datos de la tabla 2-4 se puede obtener que el error absoluto en promedio está en 0.92 grados que es un error bajo, y este equivale a 1.04% siendo este error bastante bajo por lo que se concluye que el sensor se encuentra trabajando de manera óptima teniendo una confiabilidad de más del 98%.

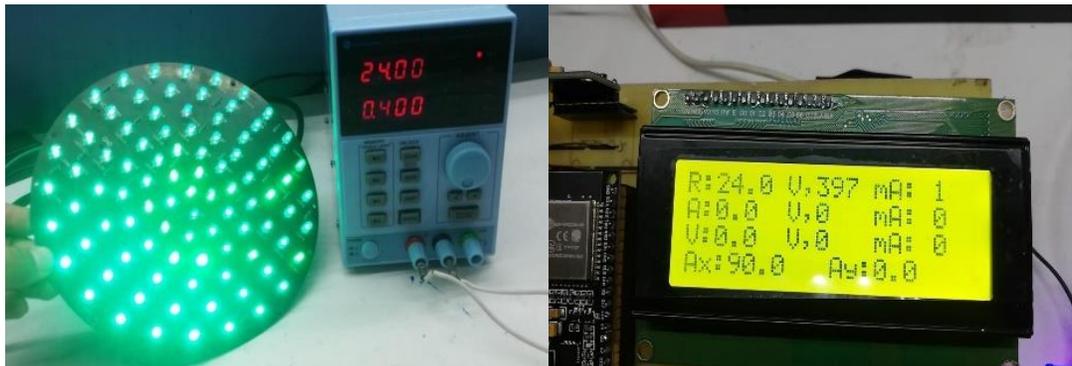


**Ilustración 5-4:** Grafica de comparación del sensor MPU6050 y dispositivo patrón

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

#### 4.2.3. Validación del sensor de corriente

Se verifica el sensor de corriente con la exactitud de esta prueba se tomó como equipo patrón a la DC Power Supply SUNSHINE y la medición que realiza el sensor como muestra la ilustración 6-4.



**Ilustración 5-4:** Equipo patrón de medición de corriente

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

De esta medición se obtuvo los siguientes valores de consumo de corriente tomando en cuenta las 30 muestras que antes habían sido definidas.

En la tabla 3-4 se puede evidenciar la toma de datos del sensor y la toma de muestras de las mediciones realizadas con el equipo patrón.

**Tabla 3-4:** Mediciones tomadas para validar el sensor de corriente.

N°	Equipo patrón [mA]	Medición del Sensor [mA]	Error absoluto	Error relativo [%]
1	400	400	0	0.00%
2	395	400	5	1.27%
3	408	403	5	1.23%
4	408	401	7	1.72%
5	405	400	5	1.23%
6	406	402	4	0.99%
7	401	398	3	0.75%
8	402	399	3	0.75%
9	406	403	3	0.74%
10	405	404	1	0.25%
11	401	400	1	0.25%
12	402	401	1	0.25%
13	405	404	1	0.25%
14	408	406	2	0.49%
15	400	390	10	2.50%
16	401	389	12	2.99%
17	403	400	3	0.74%
18	402	400	2	0.50%
19	405	401	4	0.99%
20	403	400	3	0.74%
21	408	403	5	1.23%
22	407	405	2	0.49%
23	400	390	10	2.50%
24	402	399	3	0.75%
25	408	406	2	0.49%
26	404	400	4	0.99%
27	401	389	12	2.99%
28	406	402	4	0.99%
29	400	395	5	1.25%
30	403	400	3	0.74%
<b>Promedio</b>			<b>4,17</b>	<b>1.03%</b>

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

De esta prueba se concluye que el error de las mediciones realizadas se encuentra en 1.03% es decir que tiene una confiabilidad del sensor del 98.97% que por lo tanto se valida el sensor de corriente implementado en el proyecto.

### 4.3. Estabilidad de sensores

Esta prueba tiene como finalidad verificar la precisión de los sensores instalados dentro de la tarjeta de control del módulo electrónico, este cálculo se ayuda con el coeficiente de variación de los datos medidos.

#### 4.3.1. Estabilidad del sensor de voltaje

Se determina el comportamiento del sensor de voltaje durante periodo de tiempo, que tenga las mismas condiciones de funcionamiento.

Se realizo esta prueba la primera toma de muestra fue a las 16:00 con un intervalo de 10 segundos para cada medición. Se toma los datos del sensor que se muestra en la tabla 4-4.

**Tabla 4-4:** Prueba de estabilidad sensor de voltaje.

N°	Fecha: 24/01/2023	Medición de voltaje [V]
	Hora	
1	16:00:00	24
2	16:00:10	24.1
3	16:00:20	24.3
4	16:00:30	24.1
5	16:00:40	24.5
6	16:00:50	24.2
7	16:01	24
8	16:01:10	24.4
9	16:01:20	24.1
10	16:01:30	24.3
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		<b>24.15</b>
<b>Desviación estándar</b>		<b>0.26</b>
<b>Coefficiente de Variación</b>		<b>1.08%</b>

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

En función de los datos obtenidos se realizó el cálculo del coeficiente de variación del sensor del voltaje, obteniendo un valor de 1.08%, por lo que se concluye que la estabilidad del sensor esta alrededor del 98.92% que es una estabilidad óptima para el proyecto.

#### 4.3.2. Estabilidad del sensor giroscopio MPU6050

Se determina el comportamiento del sensor giroscopio bajo las mismas condiciones y en diferentes tiempos para determinar la estabilidad que este sensor brinda.

Se realizo esta prueba con la toma de mediciones el 24 de enero del 2023 a las 17:00, cada 10 segundo en un total de 10 muestras dando los valores que se muestran en la tabla 5-4. En donde se observan

el coeficiente de variación de 0, ya que todas las mediciones realizadas son las mismas, por lo tanto, de esta prueba se concluye que el sensor es óptimo para el proyecto dando una estabilidad de mediciones del 100%, lo que garantiza que el giroscopio trabaje bien dentro del proyecto que se ha implementado.

**Tabla 5-4:** Prueba de estabilidad sensor giroscopio MPU6050.

N°	Fecha: 24/01/2023	medición de grados [°]
	Hora	
1	17:00:00	90
2	17:00:10	90
3	17:00:20	90
4	17:00:30	90
5	17:00:40	90
6	17:00:50	90
7	17:01	90
8	17:01:10	90
9	17:01:20	90
10	17:01:30	90
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		<b>90</b>
<b>Desviación estándar</b>		<b>0</b>
<b>CV</b>		<b>0.00%</b>

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

#### 4.3.3. Estabilidad del sensor de corriente.

Esta prueba se realizó con la finalidad de establecer la estabilidad del sensor en las mediciones bajo ciertas condiciones similares, en diferentes tiempos que se recolectaron los datos. Este periodo que se recolecto los datos es a las 16:00, el día 24 de enero del 2023. Los datos obtenidos de estas mediciones se encuentran en la tabla 6-4.

**Tabla 6-4:** Prueba de estabilidad sensor de corriente.

N°	Fecha: 24/01/2023	Medición de corriente [mA]
	Hora	
1	16:00:00	402
2	16:00:10	400
3	16:00:20	400
4	16:00:30	401
5	16:00:40	402
6	16:00:50	400
7	16:01	400
8	16:01:10	400

9	16:01:20	401
10	16:01:30	403
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		<b>401.5</b>
<b>Desviación estándar</b>		<b>34.1</b>
<b>CV</b>		<b>1.23%</b>

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

El resultado de esta prueba nos evidencia mediciones bastante similares bajo las mismas condiciones, es decir que tiene una estabilidad del 91.51% es sensor de corriente, dando un valor aceptable para poner en marcha el proyecto implementado.

#### 4.4. Comunicación

Las pruebas de comunicación tienen por objetivo que la transmisión de datos sea correcta y que la información enviada sea integra entre el módulo electrónico y la plataforma web llamada Blynk IoT.

##### 4.4.1. Captura de datos con WireShark

Para la realización de esta prueba se utilizó el *software* Wireshark, que captura los paquetes enviados a través de la red W de la tarjeta de desarrollo ESP32 hacia la plataforma Blynk IoT

Topic / Item	Count	Average	Min Val	Max Val	Rate (ms)	Percent	Burst Rate	Burst Start
Packet Lengths	93064	581,28	42	38983	65,0248	100%	0,3800	554,557
0-19	0	-	-	-	0,0000	0,00%	-	-
20-39	0	-	-	-	0,0000	0,00%	-	-
40-79	9350	62,68	42	79	6,5329	10,05%	0,0400	554,526
80-159	30019	114,29	80	159	20,9746	32,26%	0,1400	554,558
160-319	16568	178,49	160	319	11,5762	17,80%	0,2400	554,547
320-639	863	475,85	320	639	0,6030	0,93%	0,1800	265,533
640-1279	26267	1189,47	640	1276	18,3530	28,22%	0,1500	553,625
1280-2559	9831	1460,10	1285	2505	6,8690	10,56%	4,6100	43,032
2560-5119	99	3930,40	2568	5045	0,0692	0,11%	0,0400	42,167
5120 and greater	67	10799,82	5313	38983	0,0468	0,07%	0,0600	437,768

**Ilustración 6-4: Comunicación del proyecto**

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

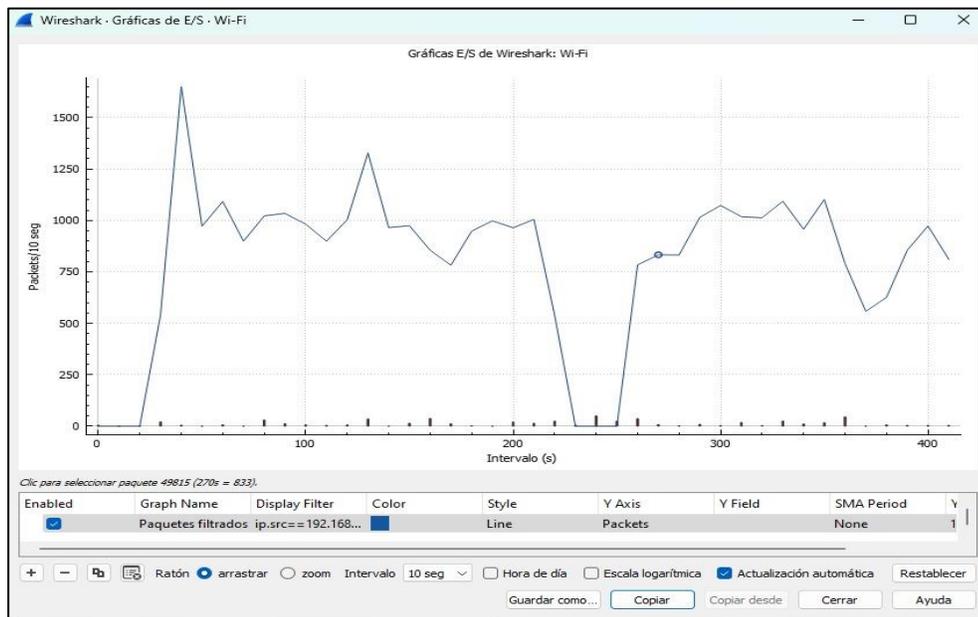
Como se puede evidenciar la comunicación permanece estable con puntos más altos de transmisión de datos, en el intervalo de los 20 segundos como muestra la ilustración anterior esto se debe a que existen más paquetes de datos enviándose durante ese periodo de tiempo, estos datos son capturados y mostrados en la ilustración 7-4 en donde se evidencia las direcciones IP y todos los paquetes de datos que esta transmisión constituye.

Ethernet - 7		IPv4 - 81		IPv6		TCP - 190		UDP - 360					
Address A	Address B	Paquetes	Bytes	Total Packets	Percent Filtered	Packets A - B	Bytes A - B	Packets B - A	Bytes B - A	Rel Start	Duración	Bits/s A - B	Bits/s B - A
192.168.248.135	192.168.248.140	488	39,389 KiB	845	57.75%	0	0 bytes	488	39,389 KiB	33.865278	524.8373	0 bytes	614 bytes
192.168.248.140	2.19.147.224	30	4,037 KiB	69	43.48%	30	4,037 KiB	0	0 bytes	37.231908	99.3343	332 bytes	0 bytes

**Ilustración 7-4:** Captura de datos del proyecto con las direcciones IP

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

Como es evidente la dirección IP alcanzada es la 192.168.248.135 que es la dirección que tiene la ESP32 mediante WIFI. En la ilustración 8-4 se evidencia la gráfica de transmisión de datos en un periodo de 400 milisegundos.



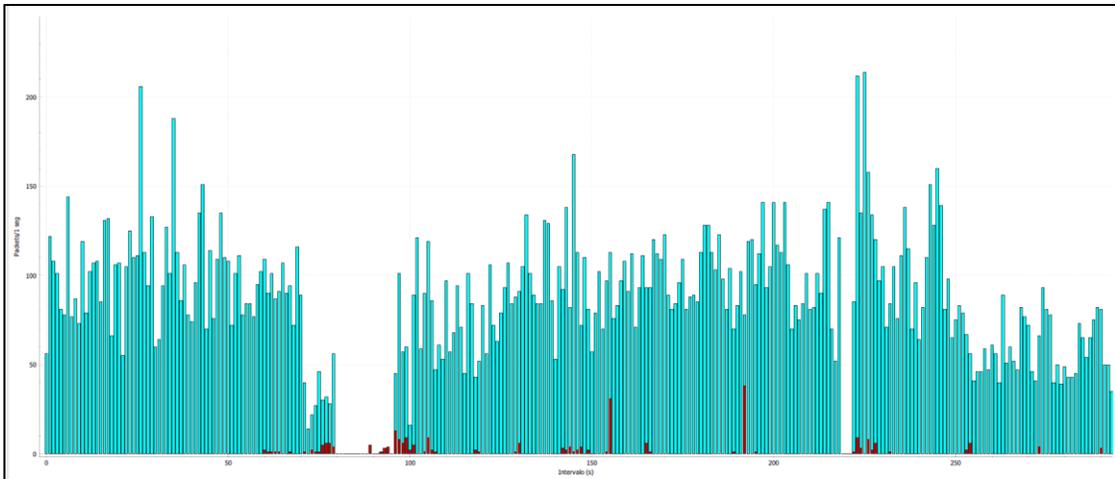
**Ilustración 8-4:** Graficas de transmisión de datos del proyecto

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

De esta prueba se concluye que la transmisión de datos es fluida y que el envío de paquetes de datos depende de la velocidad y la latencia que la red WIFI a la que se encuentra conectada.

#### 4.4.2. Integridad de los paquetes de información que se envían

En esta prueba tiene por objetivo detectar los errores en los paquetes de datos que se envían, esta muestra ha sido tomada por 300 segundos, en la transmisión de la prueba anterior en donde se tiene las siguientes muestras representadas en barra en la ilustración 9-4.



**Ilustración 9-4: Graficas de transmisión de paquetes y errores del proyecto**  
 Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

De esta prueba se concluye que los errores son inferiores al 1% dando mucha estabilidad a la red y la comunicación, además que la información transmitida hacia la nube es integra.

En la tabla 7-4, se puede visualizar la descripción de los datos transmitidos y de las variables asignadas a estas.

**Tabla 7-4: Integridad de datos.**

Dato	Descripción
V [5]	Luminosidad (L)
V [7]	Voltaje (V)
V [8]	Corriente (I)
V [9]	Luminosidad (L)
V [10]	Voltaje (V)
V [11]	Corriente (I)
V [13]	Luminosidad (L)
V [14]	Voltaje (V)
V [15]	Corriente (I)
V [16]	Rotación (X)
V [17]	Rotación (Y)
V [18]	Nivel de Batería

Realizado por: (Guzmán, Daniel 2023)

Como se muestra en la tabla 8-4 los datos transmitidos y los datos recibidos por la nube de la plataforma Blynk IoT, en esta tabla se encuentran los valores de las variables que tiene relevancia.

**Tabla 8-4:** Integridad de datos.

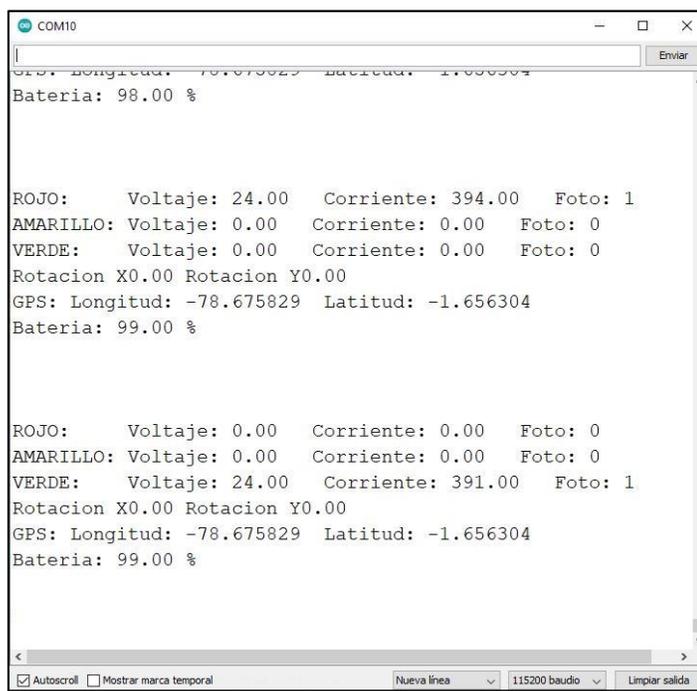
N°	Fecha: 27/01/2023	Datos transmitidos												Datos en la nube Blynk.io											
	Hora	ROJO			AMARILLO			VERDE			ROTACIÓN [X]	ROTACIÓN [Y]	NIVEL DE BATERÍA	ROJO			AMARILLO			VERDE			ROTACIÓN [X]	ROTACIÓN [Y]	NIVEL DE BATERÍA
		V[5]	V[7]	V[8]	V[9]	V[10]	V[11]	V[13]	V[14]	V[15]	V[16]	V[17]	V[18]	V[5]	V[7]	V[8]	V[9]	V[10]	V[11]	V[13]	V[14]	V[15]	V[16]	V[17]	V[18]
1	17:00:00	1	24	400	0	0	0	0	0	0	0	90	100	1	24	400	0	0	0	0	0	0	0	90	100
2	17:00:09	0	0	0	0	0	0	1	24	398	0	90	100	0	0	0	0	0	0	1	24	398	0	90	100
3	17:01:35	0	0	0	1	24	401	0	0	0	0	90	100	0	0	0	1	24	401	0	0	0	0	90	100
4	17:03:0DAZSZxc 1	1	24	398	0	0	0	0	0	0	0	90	100	1	24	398	0	0	0	0	0	0	0	90	100
5	17:04:28	0	0	0	0	0	0	1	24	398	0	90	100	0	0	0	0	0	0	1	24	398	0	90	100
6	17:05:54	0	0	0	1	24	401	0	0	0	0	90	100	0	0	0	1	24	401	0	0	0	0	90	100
7	17:07:21	1	24	401	0	0	0	0	0	0	0	90	100	1	24	401	0	0	0	0	0	0	0	90	100
8	17:08:47	0	0	0	0	0	0	1	24	398	0	90	100	0	0	0	0	0	0	1	24	398	0	90	100
10	17:10:13	0	0	0	1	24	401	0	0	0	0	90	100	0	0	0	1	24	401	0	0	0	0	90	100
11	17:11:40	1	24	399	0	0	0	0	0	0	0	90	100	1	24	399	0	0	0	0	0	0	0	90	100
12	17:13:06	0	0	0	0	0	0	1	24	398	0	90	100	0	0	0	0	0	0	1	24	398	0	90	100
13	17:14:33	0	0	0	1	24	401	0	0	0	0	90	100	0	0	0	1	24	401	0	0	0	0	90	100
14	17:15:59	1	24	397	0	0	0	0	0	0	0	90	100	1	24	397	0	0	0	0	0	0	0	90	100
15	17:17:25	0	0	0	0	0	0	1	24	398	0	90	100	0	0	0	0	0	0	1	24	398	0	90	100

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

Como se evidencia en la toma de muestra de los datos mencionados se evidencia que los datos enviados y recibidos tienen concordancia al 100 %, es decir que no existen alteraciones o errores en la información recibida. Por lo tanto, se puede decir que la integridad de los datos enviado por la tarjeta de desarrollo a través del WIFI hacia la nube Blynk IoT por lo cual tiene una confiabilidad del 100%.

#### 4.4.3. Comunicación ESP32 con la nube

Esta prueba tiene por objetivo establecer y verificar la comunicación entre la tarjeta de desarrollo y la nube específicamente con el servidor Blynk IoT como muestra mediante monitor serial. En la ilustración 10-4 se evidencia la comunicación entre la tarjeta de desarrollo y la nube, existen las variables en donde se evidencia en la ilustración 11-4 los datos transmitidos se encuentran de manera correcta presentada en el *dashboards* de la nube.



```
COM10
Bateria: 98.00 %

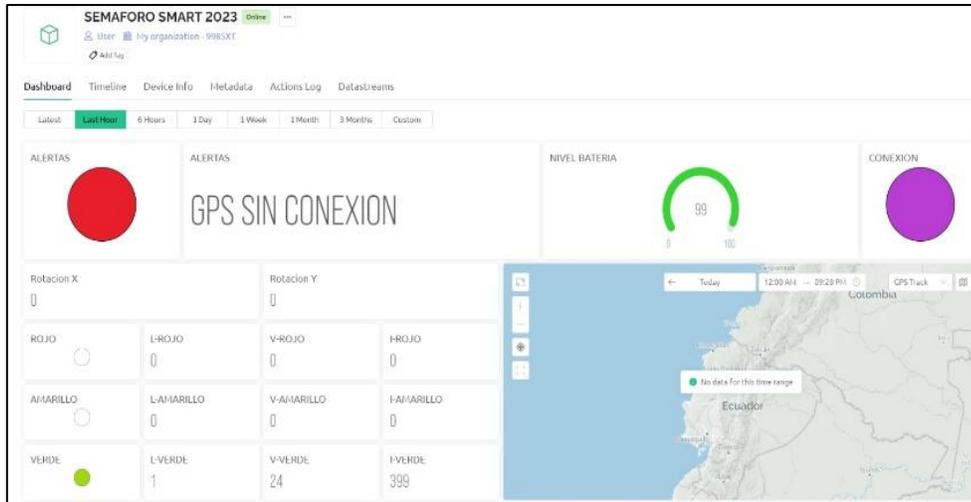
ROJO: Voltaje: 24.00 Corriente: 394.00 Foto: 1
AMARILLO: Voltaje: 0.00 Corriente: 0.00 Foto: 0
VERDE: Voltaje: 0.00 Corriente: 0.00 Foto: 0
Rotacion X0.00 Rotacion Y0.00
GPS: Longitud: -78.675829 Latitud: -1.656304
Bateria: 99.00 %

ROJO: Voltaje: 0.00 Corriente: 0.00 Foto: 0
AMARILLO: Voltaje: 0.00 Corriente: 0.00 Foto: 0
VERDE: Voltaje: 24.00 Corriente: 391.00 Foto: 1
Rotacion X0.00 Rotacion Y0.00
GPS: Longitud: -78.675829 Latitud: -1.656304
Bateria: 99.00 %
```

**Ilustración 10-4:** Comunicación entre ESP32 y Blynk.io

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

De esta prueba se concluye que la comunicación es estable entre la nube y el proyecto y que está ejecutándose correctamente con los datos que se envía como se muestran los datos cargados correctamente en la página de Blynk IoT en la ilustración 11-4.



**Ilustración 11-4:** Datos en la nube de Blynk.io

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

#### 4.5. Consumo de corriente

El objetivo de esta prueba es determinar el consumo de corriente del proyecto con un equipo patrón que se muestra en la ilustración 12-4, esto se realiza cuando están operando normalmente, y así comparar con los datos teóricos obtenidos. Mediante los sensores instalados dentro del semáforo inteligente se ha obtenido las muestras para determinar la potencia que está consumiendo el proyecto.



**Ilustración 12-4:** Consumo de potencia

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

Como se evidencia en la ilustración 12-4 el consumo de corriente estas alrededor de un amperio, es decir que la batería del *back-up* eléctrico dará una autonomía de 6 horas.

De esta prueba se concluye que el semáforo tendrá autonomía de alrededor de 6 horas cuando la batería se encuentra cargada al 100%, y esto debido a que se encuentra conectada directamente a la red eléctrica las condiciones de funcionamiento son óptimas para que el semáforo pueda funcionar sin energía.

#### 4.6. Prueba de Funcionalidad

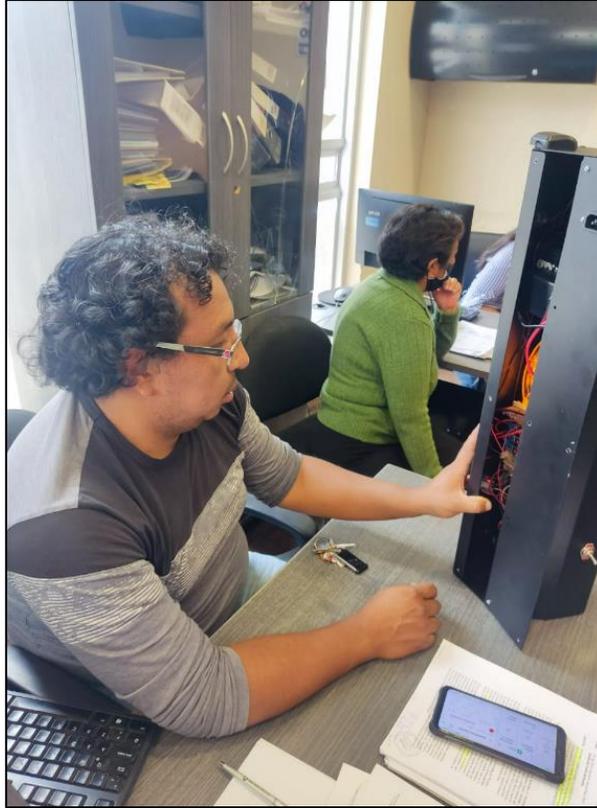
Al finalizar las pruebas de validación de sensores, estabilidad de sensores, comunicación e integridad de información del módulo electrónico, a continuación, se realizará las pruebas generales de funcionamiento supervisado por el Ing. Jorge Cuello técnico de semaforización de la ciudad de Riobamba, por lo cual para iniciar lo hace dando marcha al módulo electrónico como se puede visualizar en la ilustración 13-4.



**Ilustración 13-4** Puesta en marcha del módulo electrónico

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

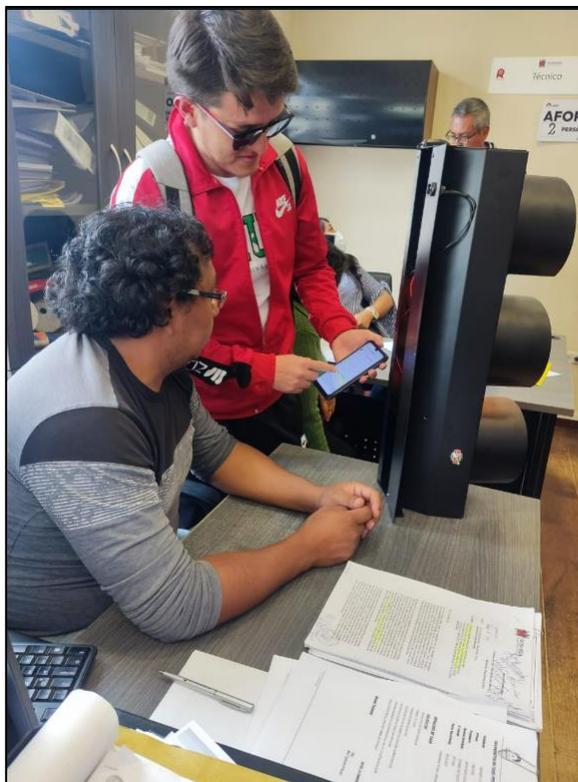
Una vez inicializado el módulo electrónico y conectado a la red wifi **Semaforo\_Smart** las luminarias realizan un testeo rápido para asegurarse que todas estén encendiéndose de forma correcta, en la ilustración 14-4 se observa la verificación que el módulo electrónico esté funcionando de forma correcta sin ningún error.



**Ilustración 14-4** Comprobación de la comunicación

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

Lo primero que se determinó es verificar de forma visual que los datos de voltaje, corriente, luminosidad, giroscopio y nivel de batería estén leyendo de forma correcta y mostrándose en la plataforma Blynk IoT en tiempo real, tal cual como se observa en la ilustración 15-4.



**Ilustración 15-4** Visualización de la información recibida

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

A continuación, se procede a validar los sensores ante las fallas que se mencionó en los capítulos anteriores como se muestra en la ilustración 16-4.



**Ilustración 16-4** Validación de los sensores

**Realizado por:** (Guzmán Daniel, 2023)

Una vez realizadas las pruebas de funcionalidad del módulo electrónico y al haber cumplido con un correcto funcionamiento en base a sus requerimientos planteados se da constancia del buen funcionamiento por parte de la Dirección de Movilidad de la Ciudad de Riobamba en donde se puede observar en el Anexo K

#### 4.7. Estudio económico del módulo electrónico

A continuación se muestra en la Tabla 9-4 todos los costos que se ha utilizado para el diseño y construcción del semáforo como modulo electrónico. Todos estos costos están valorados en el mismo país donde se realizo este trabajo de titulación.

**Tabla 9-4:** Evaluación económica

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Led Rojo	110	0.25	27.50
Led Verde	110	0.25	27.50
Led Amarillo	110	0.25	27.50
ESP32	2	14.00	27.50
Sensor ACS12	3	8.00	24.00
MPU6050	1	12.00	12.00
GPS NEO 6M	1	45.00	45.00
Baterias 12V - 7A	1	30.00	30.00
PCB Antisolder "China"	3	35.00	105.00
Placa de Control	1	35.00	35.00
LM358	3	0.85	2.55
Sensor de Luminosidad	4	6.50	26.00
Suscripción Blynk Anual	1	55.00	55.00
Fuente 24V – 20A	1	55.00	55.00
Antena GPS	1	18.00	18.00
Diseño SolidWorks	1	75.00	75.00
Corte Laser	1	55.00	55.00
Impresión 3D Bases Focos	3	25.00	75.00
Modulo UPS Carga 12V	1	55.00	55.00
Estructura y soldadura metálica	1	120.00	120.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 879.55</b>

Realizado por: (Guzmán Daniel, 2023)

*Nota: Es importante saber que, para el desarrollo de este trabajo de titulación, además del precio establecido anteriormente se ha utilizado gastos extras en el desarrollo del prototipo.*

## CONCLUSIONES

- Se diseño y construyó un semáforo como módulo electrónico autodiagnosticable con capacidad de generación y transmisión ante fallas. La construcción del prototipo se basó bajo la normativa ecuatoriana de movilidad. Esta consta de etapas que le constituyen, estas son de sensado y adquisición de datos, control, almacenamiento, administración y visualización de la información. Mediante la tecnología WIFI se logró el envío de los datos del módulo de control hacia la nube para su respectiva supervisión e interpretación.
- De acuerdo con las pruebas de validación de sensores de voltaje, corriente y giroscopio se evidenció un error relativo del 1.04%, por lo cual se determina que el módulo electrónico es aceptable según Lecumberry.
- De acuerdo con las pruebas de validación de sensores de voltaje, corriente y giroscopio se evidenció un error absoluto menor al 1%, lo que quiere decir que el diseño no incorpora errores adicionales y mantiene los propios de los sensores.
- De acuerdo con las pruebas de estabilidad de los sensores de voltaje, corriente y giroscopio basado en el coeficiente de variación se determinó valores que no superan el 1.23%. Por lo que se concluye que al ser menor del 5% según Serra, se determina que se encuentra en el rango de estabilidad lo que significa que el prototipo no presenta variabilidad.
- En función a las pruebas de integridad de información basado en la plataforma Wireshark se determinó que el 100% de estas no presentaron errores de transmisión lo que implica el prototipo en la etapa de comunicación no presenta pérdidas de la información
- En base a las pruebas de la comunicación WIFI con una estructura metálica se determinó que a distancias de 100m la transmisión de datos es fluida y garantiza el envío de paquetes de datos, por lo que se concluye que son distancias aceptables y están acorde a los requerimientos planteados

- De acuerdo a las pruebas de alerta de fallas se realizó mediante observación, en donde se receiptó en la interfaz gráfica de la plataforma Blynk IoT los mensajes de alerta de cada sensor. Por lo que se concluye que el módulo electrónico cumplió con todos los requerimientos que fueron establecidos.
- En las pruebas de consumo de corriente, tiempo de carga y descarga de la batería se determinó un consumo en funcionamiento de 1.12 A y una autonomía de funcionamiento de 6 horas frente a cortes de energía superando en un 100% a los promedios de tiempo de corte de energía que se puede presentar en la zona.
- En base a las pruebas de funcionalidad fue validado y aceptado por la Dirección de Movilidad, Tránsito y Transporte por lo que se concluyó que el prototipo presentado tiene un fácil uso y su manejo es intuitivo, además presenta varias ventajas como en reducción de gastos en obra civil y obra eléctrica gracias a que el prototipo es inalámbrico.

## **RECOMENDACIONES**

- Es necesario ampliar los tiempos de prueba del prototipo para encontrar posibles mejoras al diseño del módulo electrónico.
- Se recomienda que en el dispositivo se incorpore inteligencia artificial con capacidad para el autodiagnóstico e identificación de la etapa y elemento específico que presente falla.
- Se estudia la posibilidad de miniaturizar el tamaño de los componentes electrónicos que constituyen el prototipo implementado con la finalidad de reducir consumos y abaratar costos de funcionamiento.
- Se recomienda que se estudie la posibilidad de incorporar a la estructura del módulo electrónico materiales con mayor resistencia a condiciones climáticas y amigable al medio ambiente.
- Se recomienda se realicen convenios con instituciones nacionales con la finalidad de patentar el prototipo para iniciar los procesos de producción.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALTIUM DESIGNER**, 2018. Altium. Altium [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.altium.com/es/altium-designer>.
- ÁLVARES SÁNCHEZ, J.A. y OLAYA QUIÑONES, J.D.**, 2021. Implementación de redes neuronales en sistema de semaforización inteligente. Tesis, pp. 88.
- ALVAREZ VILLACIS, C.R.**, 2006. DISEÑO DE UN CATALOGO VIRTUAL PARA LA LISTA DE PARTES DE INSTRUMENTOS, PROGRAMADO EN LABVIEW PARA CONSULTAS RÁPIDAS Y EFICIENTES EN PETRO INDUSTRIAL REFINERÍA “LA LIBERTAD.” [en línea]. Ambato: [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/305>.
- ANGELES-DAVID ALEJANDRO, C., PAEZ-LILIANA, R. y MOLINA-RICARDO, R.**, 2021. Diseño y construcción de un sistema de simulación de semáforo inteligente basado en la detección de objetos. Revista Aristas, vol. 8, no. 16. ISSN 2007-9478.
- AYUDALEY**, 2016. Base de datos en la nube ¿Qué es? ¿Cómo funciona? Ayudaley.
- BBVA**, 2016. APIs para el Internet de las Cosas: ThingSpeak, Pachube y Fitbit. BBVA.
- BELLIDO DÍAS, M.J.**, 2022. Visión General del Desarrollo de Hardware. Universidad de Sevilla.
- BIDEGAIN, Octavio.**, 2019. Diseño y construcción de un prototipo de controlador de semáforos leds. [en línea]. Mar del Plata.: Universidad Nacional de Mar del Plata. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/410>.
- BLYNK**, 2022. Blynk corp. Blynk corp [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://blynk.io/about>.
- CAIZA INFANTE, Á., ROBAYO JÁCOME, D. y MEDINA CHICAIZA, R.P.**, 2016. Reconocimiento de fachadas mediante realidad aumentada como medio publicitario. 3C Tecnología\_Glosas de innovación aplicadas a la pyme, vol. 5, no. 2. DOI 10.17993/3ctecno.2016.v5n2e18.54-64.
- CAIZA OÑA, D.W.**, 2016. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE. [en línea]. Tecnología aplicada a la producción y sociedad. Quito: Universidad Tecnológica Israel. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/1210/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-15.pdf>.
- CARDOZO CÁRDENAS, A.C. y MASTRASCUSA GRISOLLE, M.J.**, 2003. TECNOLOGIA BLUETOOTH: CONEXIÓN SIN CABLES. [en línea]. Cartagena: [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/992/0024207.pdf?sequence=1>.
- CASTAÑO GIRALDO, S. Andrés.**, 2020. Control automático Educación. Control automático Educación.

- COMUNICACIÓN SOCIAL**, 2015. Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador - ANT - Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador - ANT. Agencia Nacional de Tránsito.
- CORONA, L., ABARCA, G. y MARES, J.**, 2014. Sensores y actuadores: Aplicaciones con Arduino. S.l.: Elibro.
- CUTIPA LUQUE, J.P. y LOZANO LAFFORE, E.**, 2020. Optimización del Comportamiento Operacional de una Intersección Tipo Trébol aplicando SemafORIZACIÓN Inteligente con la Metodología Ramp Metering [en línea]. Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/653976>.
- DANILO, H. y RIVERA, C.**, 2020. ESTUDIO Y PLANTEAMIENTO DE UN MODELO DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE COMO SOLUCIÓN A PROBLEMAS DE MOVILIDAD EN BOGOTÁ. . S.l.:
- DASSAULT SYSTÈMES SOLIDWORKS CORPORATION**, 2015. solidworks. solidworks [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.solidworks.com/es>.
- DPA**, 2015. Los semáforos inteligentes. National Geographic, vol. 1.
- EL COMERCIO**, 2022. En Quito, cada mes son derribados 17 semáforos, debido a accidentes de tránsito o eventos naturales. [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/en-quito-cada-mes-son-derribados-17-semaforos-debido-a-accidentes-de-transito-o-eventos-naturales-nota/#:~:text=EcuadorTr%C3%A1nsito,En%20Quito%20cada%20mes%20son%20derribados%2017%20sem%C3%A1foros%20debido%20a,han%20levantado%2085%20artefactos%20averiados>.
- EL ESPAÑOL**, 2021. Los sensores inteligentes que reducen el tráfico y los accidentes en Roma. El Español,
- ELECTRICIMP**, 2023. Platform. Electricimp.
- ESPRESSIF**, 2022. Espressif Systems. Espressif [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>.
- FUENTES GARCÍA, G., SOSA ECHEVERRÍA, R., BALDASANO RECIO, J.M., KAHL, J.D.W., GRANADOS HERNÁNDEZ, E., ALARCÓN JÍMENEZ, A.L. y ANTONIO DURÁN, R.E.**, 2021. Atmospheric emissions in ports due to maritime traffic in Mexico. Journal of Marine Science and Engineering, vol. 9, no. 11. ISSN 20771312. DOI 10.3390/jmse9111186.
- GARCÍA GUERRERO, J.E.**, 2019. Redes Sociales e interés político. Revista ICONO14 Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes, vol. 17, no. 2. DOI 10.7195/ri14.v17i2.1308.
- GOMEZ GARCIA, A.R., MERINO SALAZAR, P. y SILVA PENA-HERRERA, M.**, 2022. Mortality due to road traffic injuries in older adults in the Republic of Ecuador between 1990 and 2018: a descriptive study. Universidad Ciencia y Tecnología, vol. 26, no. 112. ISSN 1316-4821. DOI 10.47460/uct.v26i112.541.
- GÓMEZ GARCÍA, A.R., ORBE MONTENEGRO, V. y CAMPOS VILLALTA, Y.Y.**, 2019. Morbilidad y mortalidad por accidentes de tránsito según componentes temporales,

Ecuador. Revista Killkana Salud y Bienestar [en línea], vol. 3, pp. 8. [Consulta: 14 febrero 2023]. ISSN 2525-8016. DOI [https://doi.org/10.26871/killkana\\_salud.v3i1.246](https://doi.org/10.26871/killkana_salud.v3i1.246). Disponible en: [https://doi.org/10.26871/killkana\\_salud.v3i1.246](https://doi.org/10.26871/killkana_salud.v3i1.246).

**HIDALGO, G. y LEÓN, J.**, 2021. Anuario de Estadísticas de Transporte (ANET) 2020. INEC [en línea], pp. 101. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2020/2020\\_ANET\\_METODOLOG%C3%8DA.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2020/2020_ANET_METODOLOG%C3%8DA.pdf).

**INCIBE**, 2019. Seguridad en redes wifi: una guía de aproximación para el empresario. Incibe.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**, 2012. REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 004:2012, Parte 5. [en línea]. Quito: [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-004-5.pdf>.

**INTERNATIONAL PRESS**, 2015. Semáforos diseñados para proteger a peatones ayudan a salvar vidas en Japón. International Press,

**INTERNATIONAL RECTIFIER**, 2018. Infineon. International Rectifier [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: [https://alltransistors.com/adv/pdfdatasheet\\_international\\_rectifier/irfz44npbf.pdf](https://alltransistors.com/adv/pdfdatasheet_international_rectifier/irfz44npbf.pdf).

**IXTAINA, P., ADOLFO BAZALAR VIDAL, P., BRÉDICE, F., ALMANDOS, J.R. y DIEZ, M.**, 2018. SEMÁFOROS VEHICULARES A LED EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. . Buenos Aires:

**LLAMAS, L.**, 2022. Ingeniería, informática y diseño. Llamas, Luis.

**LÓPEZ SEVILLANO, A.M. y GÓMEZ LARA, D.A.**, 2019. Arquitectura IoT para la Prestación del Servicio de SemafORIZACIÓN Inteligente en Bogotá. [en línea]. S.I.: [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/8519b651-d7e3-40ff-9af8-e67bfe8470ea/content>.

**MANZO CRUZ, F. y ARZATE HERNÁNDEZ, L.**, 2019. Sistema de Semáforos Inteligentes para el Control de Tráfico Vehicular. Universidad Autónoma del Estado de México,

**MARAZA VIGABRIEL, J.J.CARLOS.**, 2021. PROTOTIPO DE MEDIDOR DE AGUA IOT PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN HOGARES DE LA CIUDAD DE LA PAZ [en línea]. Investigación. La Paz - Bolivia: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/28899>.

**MARÍA RODRÍGUEZ ROMO, T.I. y ALEXANDER BRAVO LEÓN, J.I.**, 2021. IoT para la semaforización inteligente en la ciudad de Guayaquil IoT for the smart traffic lights in Guayaquil city IoT para semáforos inteligentes na cidade de Guayaquil. [en línea], vol. 63, no. 11, pp. 1022-1039. DOI 10.23857/pc.v6i11.3313. Disponible en: <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>.

- MARTÍNEZ DELGADO, C.A.**, 2011. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA MODIFICACIÓN DE LAS FASES DE LOS REGULADORES DE TRÁFICO VEHICULAR DESDE LOS VEHÍCULOS DE EMERGENCIA [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4378/1/CD-3983.pdf>.
- MARTÍNEZ MORENO, F.J.**, 2019. Diseño e implementación de un sistema de alarma IoT basada en tecnologías Open Source. Universidad Politécnica de Cartagena,
- MCGUIRE, S.**, 2016. World Cancer Report 2014. Geneva, Switzerland: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, WHO Press, 2015. 2016. S.l.: American Society for Nutrition.
- MICROSOFT**, 2019. Microsoft Excel. Microsoft Excel [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.microsoft.com/es-ww/microsoft-365/excel>.
- MONTUFAR MANCHENO, C. y BALSECA FRANCO, F.**, 2015. Ecuador Desafíos para el presente y el futuro. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador [en línea], no. 978-9978-19-715-8, pp. 326. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositoriointerculturalidad.ec/jspui/handle/123456789/33344>.
- NAYLAMPMECHATRONICS**, 2022. Naylampmechatronics. Naylampmechatronics [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: [https://naylampmechatronics.com/blog/48\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html](https://naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html).
- OMS**, 2020. Covid-19: Cronología de la actuación de la OMS. 2020. S.l.: s.n.
- OPS**, 2019. Estado de la seguridad vial en la Región de las Américas. [en línea]. Washington: [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51100/9789275320877\\_spa.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51100/9789275320877_spa.pdf?sequence=5&isAllowed=y).
- OSORIO UNDA, H.D.**, 2018. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE SEMÁFOROS INTELIGENTES [en línea]. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8200/1/04%20MEL%20034%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.
- PRIETO BLÁZQUEZ, J.**, 2015. Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos. Universidad Oberta de Catalunya, pp. 30.
- RIVERA, P.**, 2019. DISEÑO DE LA RED DE MONITOREO PASIVO DE CALIDAD DE AIRE PARA LA ZONA URBANA DEL CANTÓN AMBATO. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 26, no. 3. ISSN 01676105.
- RODRÍGUEZ, D.**, 2019. Tarjetas para Desarrollo de Hardware. . S.l.:
- ROJAS PAREDES, B.R.**, 2020. PROYECTO DE REFORMA A LOS ARTÍCULOS 98 Y 207 DE LA LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL PARA GARANTIZAR LA DISMINUCIÓN DE LA ACCIDENTABILIDAD

VIAL. [en línea]. Riobamba: [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/12520>.

**ROSENCRANCE, L.**, 2017. Zigbee. Techtarger.

SEGOVIA NEIRA, M.M. y TUMAILLI PANCHI, C.S., 2018. PROPUESTA TÉCNICA PARA EL CAMBIO DE TECNOLOGÍA EN LA SEMAFORIZACIÓN EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN RIOBAMBA-PROVINCIA DE CHIMBORAZO. [en línea]. Riobamba: [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/10150>.

**TRIPATHI, M., SAHU, J.N., GANESAN, P., MONASH, P. y DEY, T.K.**, 2015. Effect of microwave frequency on dielectric properties of oil palm shell (OPS) and OPS char synthesized by microwave pyrolysis of OPS. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, vol. 112. ISSN 01652370. DOI 10.1016/j.jaap.2015.01.007.

**TUBERQUIA QUINTERO, A.G. y PÉREZ CANO, H.A.**, 2015. DISEÑO DE CARGADOR DE BATERÍAS SECAS, CON ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA Y MÚLTIPLES SALIDAS DE CORRIENTE CONTINUA. [en línea]. Medellín - Colombia: INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12622/1590>.

**VERÓNICA, P., PINOS, G., JUAN, I., ORTEGA, C. y MG, C.**, 2019. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA SEDE AZOGUES UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN INGENIERÍA ELECTRÓNICA. [en línea]. Azogues: [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/12414/1/TESIS%201%20FINAL%20PATRICIA%20VERONICA%20GONZALEZ.pdf>.

**VITERI, J.**, 2021. Plan integral de señalización y semaforización vial del cantón Mera, provincia de Pastaza plan integral de señalización y semaforización vial del cantón Mera, provincia de Pastaza [en línea]. Proyecto de Investigación. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/15236/1/112T0264.pdf>.

**MANJARREZ, N.I.R., RUIZ, V. y OROZCO, D.G.A.**, 2019. tabla de pruebas estadísticas [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.27108.83845>.

**GRACIELA LECUMBERRY, M.S.**, 2005. El proceso de medición: Análisis y comunicación de datos experimentales [en línea]. Río Cuarto - Argentina: Universidad Nacional de Río Cuarto. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: [https://www.unrc.edu.ar/unrc/digital/El\\_proceso\\_de\\_med.pdf](https://www.unrc.edu.ar/unrc/digital/El_proceso_de_med.pdf)

# ANEXOS

## ANEXOS A: HOJA DE DATOS DEL MICROCONTROLADOR ESP32.



### NodeMCU ESP32

Microcontroller Development Board

**Technical Specifications**

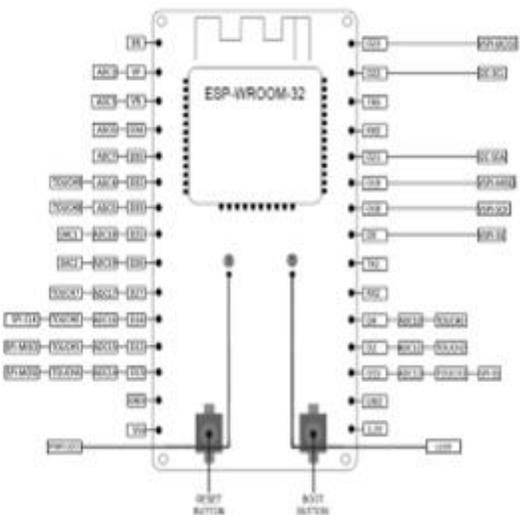
Model	NodeMCU-ESP32
Article No.	38C-NodeMCU-ESP32
Type	ESP32
Processor	Tensilica LX6 Dual-Core
Clock Frequency	240 MHz
SRAM	512 kB
Memory	4 MB
Wireless Standard	802.11 b/g/n
Frequency	2.4 GHz
Bluetooth	Classic / LE
Data Interfaces	UART / I2C / SPI / DAC / ADC
Operating Voltage	3.3V (operable via 5V-microUSB)
Operating Temperature	-40°C - 125°C
Dimensions (W x D x H)	48 x 26 x 11.5 mm
Scope Of Delivery	NodeMCU-ESP32
EAN	4250236816204

### NodeMCU ESP32

Microcontroller Development Board

An overview of the available pins can be seen in the following figure:

2x DAC	15x ADC	1x SPI
1x I2C	2x UART	



Published: 24.09.2018

*Time for more*

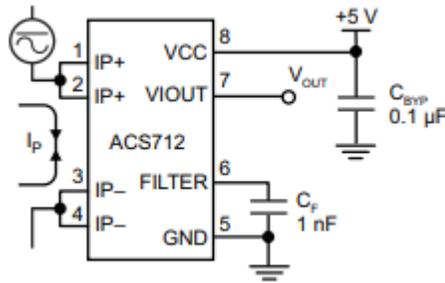
[www.joy-it.net](http://www.joy-it.net)

Published: 24.09.2018

*Time for more*

[www.joy-it.net](http://www.joy-it.net)

## ANEXOS B: HOJA DE DATOS DEL SENSOR ACS712.



## ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

### Description (continued)

the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

### Selection Guide

Part Number	Packing*	T <sub>A</sub> (°C)	Optimized Range, I <sub>p</sub> (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

\*Contact Allegro for additional packing options.

### Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>		8	V
Reverse Supply Voltage	V <sub>RCC</sub>		-0.1	V
Output Voltage	V <sub>IOUT</sub>		8	V
Reverse Output Voltage	V <sub>RIOUT</sub>		-0.1	V
Output Current Source	I <sub>IOUT(SOURCE)</sub>		3	mA
Output Current Sink	I <sub>IOUT(SINK)</sub>		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I <sub>p</sub>	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T <sub>A</sub>	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T <sub>J(max)</sub>		165	°C
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>		-65 to 170	°C

### Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V <sub>ISO</sub>	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V <sub>WFSI</sub>	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V <sub>pk</sub>
Working Voltage for Reinforced Isolation	V <sub>WFRS</sub>	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V <sub>pk</sub>

\* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001



Allegro MicroSystems, LLC  
115 Northeast Cutoff  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.  
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

# ANEXOS C: HOJA DE DATOS DEL SENSOR MPU6050.

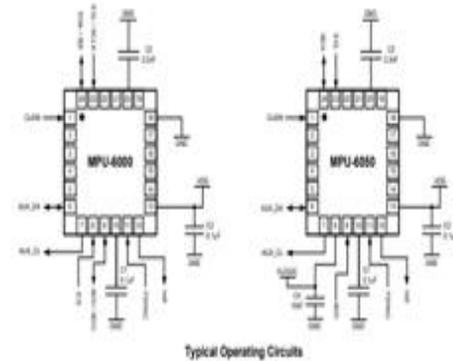
	<b>MPU-6000/MPU-6050 Product Specification</b>	Document Number: PS-MPU-6000-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	--	--

## 6.3 Electrical and Other Common Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, T<sub>a</sub> = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	Units	Notes
<b>TEMPERATURE SENSOR</b>						
Range	Unlimited	-40 to +85			°C	
Sensitivity		300			LSB/°C	
Temperature Offset		-25			LSB	
Linearity	Best fit straight line (±0.1°C to ±0.5°C)	±1			°C	
<b>VDD POWER SUPPLY</b>						
Operating Voltage		2.375		3.46	V	
<b>Normal Operating Current</b>						
	Gyroscope + Accelerometer + DMP		3.3		mA	
	Gyroscope + Accelerometer (DMP disabled)		3.8		mA	
	Gyroscope + DMP (Accelerometer disabled)		3.7		mA	
	Gyroscope only (DMP & Accelerometer disabled)		3.8		mA	
	Accelerometer only (DMP & Gyroscope disabled)		300		µA	
<b>Accelerometer Low Power Mode Current</b>						
	1.25 Hz update rate		10		µA	
	5 Hz update rate		20		µA	
	25 Hz update rate		70		µA	
	45 Hz update rate		140		µA	
<b>Full-Chip Idle Mode Supply Current</b>						
Power Supply Ramp Rate	Maximum ramp. Ramp rate is 10% to 80% of the final value			100	µA	
<b>VLOGIC REFERENCE VOLTAGE</b> MPU-6050 only						
Voltage Range	VLOGIC must be <VDD at all times	1.71		VDD	V	
Power Supply Ramp Rate	Maximum ramp. Ramp rate is 10% to 80% of the final value			5	µA	
<b>Normal Operating Current</b>						
Specified Temperature Range	Performance parameters are not applicable beyond Specified Temperature Range	40		+85	°C	

## 7.2 Typical Operating Circuit



## 7.3 Bill of Materials for External Components

Component	Label	Specification	Quantity
Regulator Filter Capacitor (Pin 10)	C1	Ceramic, X7R, 0.1µF ±10%, 2V	1
VDD Bypass Capacitor (Pin 13)	C2	Ceramic, X7R, 0.1µF ±10%, 4V	1
Charge Pump Capacitor (Pin 20)	C3	Ceramic, X7R, 2.2nF ±10%, 50V	1
VLOGIC Bypass Capacitor (Pin 8)	C4*	Ceramic, X7R, 10nF ±10%, 4V	1

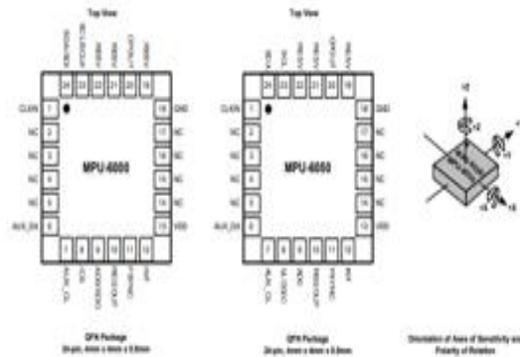
\* MPU-6050 Only.

	<b>MPU-6000/MPU-6050 Product Specification</b>	Document Number: PS-MPU-6000-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	--	--

## 7 Applications Information

### 7.1 Pin Out and Signal Description

Pin Number	MPU-6000	MPU-6050	Pin Name	Pin Description
1	Y	Y	CLKIN	Optional external reference clock input. Connect to GND if unused.
5	Y	Y	ADUX_DA	I <sup>2</sup> C master serial data, for connecting to external sensors
7	Y	Y	ADUX_CL	I <sup>2</sup> C master serial clock, for connecting to external sensors
8	Y		CS	SPI chip select (SPI mode)
8		Y	VLOGIC	Digital I/O supply voltage
9	Y		AD0 / SDO	I <sup>2</sup> C Slave Address (LSB) (ADC) SPI serial data output (SDO)
9		Y	AD0	I <sup>2</sup> C Slave Address (LSB) (ADC)
10	Y	Y	REGOUT	Regulator filter capacitor connection
11	Y	Y	FSYNC	Frame synchronization digital input. Connect to GND if unused.
12	Y	Y	INT	Interrupt digital output (open-pole or open-drain)
13	Y	Y	VDD	Power supply voltage and Digital I/O supply voltage
18	Y	Y	GND	Power supply ground
19, 21	Y	Y	RESV	Reserved. Do not connect.
20	Y	Y	CPOUT	Charge pump capacitor connection
22	Y	Y	RESV	Reserved. Do not connect.
23	Y		SCL / SCL_A	I <sup>2</sup> C serial clock (SCL) SPI serial clock (SCL_A)
23		Y	SCL	I <sup>2</sup> C serial clock (SCL)
24	Y		SDA / SDA	I <sup>2</sup> C serial data (SDA) SPI serial data input (SDI)
24		Y	SDA	I <sup>2</sup> C serial data (SDA)
2, 3, 4, 6, 14, 15, 16, 17	Y	Y	NC	Not internally connected. May be used for PCB trace routing.



# ANEXOS D: HOJA DE DATOS DE GPS NEO 6M.



NEO-6 - Data Sheet

## 1.3 GPS performance

Parameter	Specification	
Receiver type	50 Channels GPS L1 frequency, CA Code SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS)	
Time-to-First-Fix <sup>1</sup>	NO-GPS <sup>2</sup>	
	Cold Start <sup>3</sup>	26 s
	Warm Start <sup>3</sup>	26 s
	Hot Start <sup>3</sup>	1 s
Sensitivity <sup>4</sup>	NO-GPS <sup>2</sup>	-160 dBm
	Tracking & Navigation	-160 dBm
	Reacquisition <sup>5</sup>	-160 dBm
	Cold Start (without aiding)	-148 dBm
Maximum navigation update rate	NO-GPS <sup>2</sup>	1 Hz
	GPS	2.5 Hz
Horizontal position accuracy <sup>6</sup>	SBAS	2.0 m
	SBAS + RTF <sup>7</sup>	< 1 m (2D, R50 <sup>8</sup> )
	SBAS + RTF <sup>7</sup>	< 2 m (3D, R50 <sup>8</sup> )
	NO-GPS <sup>2</sup>	NO-FIX
Configurable Timeout frequency range	NO-GPS <sup>2</sup>	0.25 Hz to 1 Hz
	NO-FIX	0.25 Hz to 10 MHz
Accuracy for Timeout signal	RMS	30 ns
	99%	450 ns
	Granularity	21 ns
	Compensated <sup>9</sup>	15 ns
Velocity accuracy <sup>10</sup>	0.1 m/s	
Heading accuracy <sup>11</sup>	0.5 degrees	
Operational limits	Dynamic	< 4 g
	Altitude <sup>12</sup>	50,000 m
	Velocity <sup>13</sup>	500 m/s

Table 2: NEO-6 GPS performance

## 3.2 Operating conditions

All specifications are at an ambient temperature of 25°C.

Parameter	Symbol	Module	Min	Typ	Max	Units	Condition
Power supply voltage	VCC	NEO-6G	1.75	1.8	1.95	V	
		NEO-6QM	2.7	3.0	3.6	V	
		NEO-6M/IT					
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		22		µA	V_BCKP = 1.8 V, VCC = 0V
Input pin voltage range	Vin	All	0		VCC	V	
Digital IO Pin Low level input voltage	Vil	All	0		0.2*VCC	V	
Digital IO Pin High level input voltage	Vih	All	0.7*VCC		VCC	V	
Digital IO Pin Low level output voltage	Vol	All			0.4 V	V	Iol=4mA
Digital IO Pin High level output voltage	Voh	All	VCC-0.4			V	Ioh=4mA
USB_DM, USB_DP	VinU	All	Compatible with USB with 22 Ohms series resistance				
VCC_RF voltage	VCC_RF	All		VCC-0.1		V	
VCC_RF output current	I_CCR_RF	All			50	mA	
Antenna gain	Gain	All			50	dB	
Receiver Chain Noise Figure	NFtot	All		3.0		dB	
Operating temperature	Toper	All	-40		85	°C	

Table 10: Operating conditions

Operation beyond the specified operating conditions can affect device reliability.

## 3.3 Indicative power requirements

Table 11 lists examples of the total system supply current for a possible application.

Parameter	Symbol	Module	Min	Typ	Max	Units	Condition
Max. supply current <sup>14</sup>	Iccp	All			67	mA	VCC = 3.6 V <sup>15</sup> / 1.95 V <sup>16</sup>
		Icc Acquisition	All	43 <sup>17</sup>		mA	
		Icc Tracking (Max Performance mode)	NEO-6G/Q/T NEO-6M/P/V	40 <sup>18</sup> 39 <sup>18</sup>		mA	
Average supply current <sup>19</sup>	Icc	NEO-6G/Q/T		38 <sup>18</sup>		mA	VCC = 3.0 V <sup>15</sup> / 1.8 V <sup>16</sup>
		NEO-6M/P/V		37 <sup>18</sup>		mA	
		NEO-6G/Q/T		12 <sup>18</sup>		mA	
		NEO-6M		11 <sup>18</sup>		mA	

Table 11: Indicative power requirements

Values in Table 11 are provided for customer information only as an example of typical power requirements. Values are characterized on samples, actual power requirements can vary depending on FW version used, external circuitry, number of SVs tracked, signal strength, type of start as well as time, duration and conditions of test.



NEO-6 - Data Sheet

## 2 Pin Definition

### 2.1 Pin assignment



Figure 2: Pin Assignment

No.	Module	Name	I/O	Description
1	All	Reset	I	Reset
2	All	INT_N	I	GNSS Status
3	All	TRAMPULSE	O	Timeout (SPI)
4	All	EXTMISO	I	External Interrupt Pin
5	All	USB_DM	IO	USB Data
6	All	USB_DP	IO	USB Data
7	All	NC	I	Not Used
8	All	Reset	I	See Hardware Integration Manual. Pin 8 and 9 must be connected together.
9	All	VCC_RF	O	Output Voltage RF section. Pin 8 and 9 must be connected together.
10	All	GND	I	Ground
11	All	RF_IRQ	I	RF signal input
12	All	GND	I	Ground
13	All	GND	I	Ground
14	All	MS0CHNL_C0M0	IO	GNSS I2C Configuration Pin. Lowest open if not used.
15	All	MS0CHNL_C0M1	I	GNSS I2C Configuration Pin. Lowest open if not used.
16	All	ENLAPROVCK	I	Power Mode Configuration Pin/EN Clock. Lowest open if not used.
17	All	Reset	I	Reset
18	All	SEAD	IO	SEAD Data
19	All	SCLE	IO	SDI Clock
20	All	TxD1	O	Serial Port 1
21	All	RxD1	I	Serial Port 1



# ANEXOS F: HOJA DE DATOS MOSFET IRFZ44N

INCHANGE Semiconductor

isc Product Specification

## isc N-Channel MOSFET Transistor

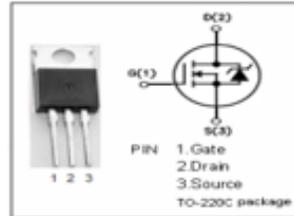
IRFZ44N

### FEATURES

- Drain Current  $-I_D=49A@T_C=25^\circ C$
- Drain Source Voltage-  
:  $V_{DS} = 55V(\text{Min})$
- Static Drain-Source On-Resistance  
:  $R_{DS(on)} = 0.032 \Omega (\text{Max})$
- Fast Switching

### DESCRIPTION

- Designed for low voltage, high speed switching applications in power supplies, converters and power motor controls, these devices are particularly well suited for bridge circuits where diode speed and commutating safe operating areas are critical and offer additional safety margin against unexpected voltage transients.

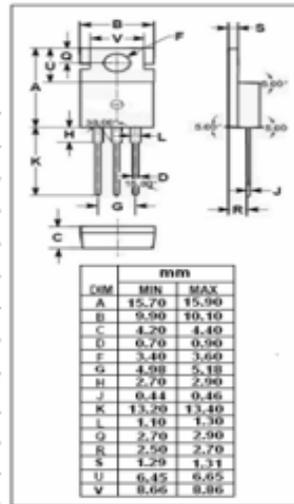


### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS( $T_C=25^\circ C$ )

SYMBOL	PARAMETER	VALUE	UNIT
$V_{DS}$	Drain-Source Voltage	55	V
$V_{GS}$	Gate-Source Voltage-Continuous	$\pm 20$	V
$I_D$	Drain Current-Continuous	49	A
$I_{DM}$	Drain Current-Single Pulse ( $t_p < 10 \mu s$ )	160	A
$P_D$	Total Dissipation @ $T_C=25^\circ C$	94	W
$T_J$	Max. Operating Junction Temperature	175	$^\circ C$
$T_{stg}$	Storage Temperature	-55~175	$^\circ C$

### THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	MAX	UNIT
$R_{\theta j-c}$	Thermal Resistance, Junction to Case	1.5	$^\circ C/W$
$R_{\theta j-a}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	62	$^\circ C/W$



INCHANGE Semiconductor

isc Product Specification

## isc N-Channel MOSFET Transistor

IRFZ44N

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_C=25^\circ C$  unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	MAX	UNIT
$V_{DS(BR)}$	Drain-Source Breakdown Voltage	$V_{GS}=0; I_D=0.25mA$	55		V
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS}=V_{GS}; I_D=0.25mA$	2	4	V
$R_{DS(on)}$	Drain-Source On-Resistance	$V_{GS}=10V; I_D=25A$		0.032	$\Omega$
$I_{GSS}$	Gate-Body Leakage Current	$V_{GS}=\pm 20V; V_{DS}=0$		$\pm 100$	nA
$I_{DSS}$	Zero Gate Voltage Drain Current	$V_{GS}=55V; V_{DS}=0$ $V_{GS}=55V; V_{DS}=0; T_J=150^\circ C$		25 250	$\mu A$
$V_{SD}$	Forward On-Voltage	$I_S=25A; V_{GS}=0$		1.3	V

# ANEXOS G: HOJA DE DATOS LCD 20X4

**VEISHAY** [www.veishay.com](http://www.veishay.com) **LCD-020N004L** Vislay

## 20 x 4 Character LCD



**FEATURES**

- Type: Character
- Display format: 20 x 4 characters
- Built-in controller: ST 7066 (or equivalent)
- Duty cycle: 1/16
- 5 x 8 bits includes control
- +3.3V power supply (also available for +3V)
- LED can be driven by pin 1, pin 2, pin 15, pin 16 or A and K
- 0.9V optional for +3V power supply
- Material categorization: For definitions of compliance please see [www.veishay.com/EN/020X4](http://www.veishay.com/EN/020X4)

**MECHANICAL DATA**

ITEM	STANDARD VALUE	LIMIT
Module Orientation	148.0 ± 0.3	
Display Area	120.0 ± 0.2	
Dot Size	0.91 ± 0.02	mm
Dot Pitch	0.91 ± 0.02	
Mounting Hole	108.0 ± 0.05	
Character Size	0.91 ± 0.02	

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

ITEM	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Reverse Voltage	V <sub>REV</sub>	-0.3	-	-	V
Operating Voltage	V <sub>OP</sub>	-	0.3	-	V

Note: • V<sub>OP</sub> = 0V, V<sub>REV</sub> = 0.0V

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	
Input Voltage	V <sub>IN</sub>	V <sub>OP</sub> = 0.0V V <sub>OP</sub> = +3.3V	0.7	3.3	3.3	V
Supply Current	I <sub>CC</sub>	V <sub>OP</sub> = +3.3V 16% V <sub>OP</sub>	-	8.0	10.0	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temperature Visual Module	V <sub>OP</sub> to V <sub>OP</sub>	0% V <sub>OP</sub>	0.0	3.3	3.3	V
		20% V <sub>OP</sub>	0.1	4.3	4.3	
		40% V <sub>OP</sub>	0.2	4.3	4.3	
		70% V <sub>OP</sub>	0.7	4.3	4.3	
LED Forward Voltage	V <sub>F</sub>	25 °C	-	4.0	4.4	V
LED Forward Current	I <sub>F</sub>	25 °C	-	500	1000	mA
LED Power Supply Current	I <sub>CC</sub>	V <sub>OP</sub> = 1.0V, V <sub>OP</sub> = 0.0V	-	-	5.0	mA

**OPTIONS**

PROCESS COLOR				BACKLIGHT		
Pin	STN Gray	STN Yellow	STN Blue	None	LED	CCFL
0	0	0	0	0	0	0

For detailed information, please see the "Product Numbering System" document.

**DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE**

Display Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0D ROM Address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13
0E ROM Address	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23
0F ROM Address	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F	30	31	32	33	34	35	36	37

**4. Block diagram**

**5. Interface pin description**

Pin no.	Symbol	External connection	Function
1	V <sub>DD</sub>	Power supply	Signal ground for LCM (GND)
2	V <sub>SS</sub>		Power supply for logic (1-1V) for LCM
3	V <sub>OP</sub>		Control voltage
4	RS	MPU	Register select signal
5	R/W	MPU	Read/Write select signal
6	K	MPU	Active-low clock and strobe enable signal
7-10	SEG0-SEG3	MPU	Four low-order bi-directional four-wire data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCM.
11-14	SEG4-SEG7	MPU	Four high-order bi-directional four-wire data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCM.
15	A(LED+)	LED ANODE	Power supply for LED (Anode)
16	K(LED-)	Supply	Power supply for LED (Cathode)

**6. Contrast adjust**

V<sub>DD</sub>: V<sub>OP</sub> LCD Driving voltage  
V<sub>SS</sub>: 0V-2V

**PCF8574A address map**

Pin connectivity	Address of PCF8574A								Address byte value		7-bit hexadecimal address <sub>hex</sub> without RW		
A2	A1	A0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W	Write	Read	
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	0	0	0	-	73h	71h	30h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	0	0	1	-	73h	73h	30h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	0	1	0	-	74h	75h	30h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	0	1	1	-	74h	77h	30h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	1	0	0	-	75h	76h	30h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	1	0	1	-	76h	79h	30h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	1	1	0	-	77h	78h	30h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	1	1	1	-	77h	79h	30h

**PCF8574A**

If it is 0x20 or 0x21, the initial Address is 0x27 (A0=1, A1=1). If 0x22 implies changing the Address, there are 8 available values: 0x20-0x27 as shown in the table below.

**PCF8574 address map**

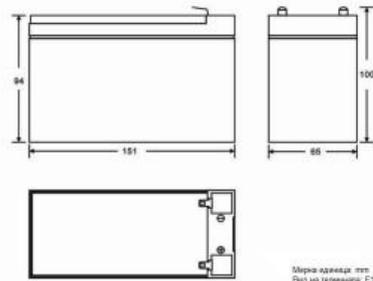
Pin connectivity	Address of PCF8574								Address byte value		7-bit hexadecimal address <sub>hex</sub> without RW		
A2	A1	A0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W	Write	Read	
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	0	0	0	0	0	-	43h	43h	20h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	0	0	0	0	1	-	43h	43h	20h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	0	0	0	1	0	-	43h	43h	20h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	0	0	0	1	1	-	43h	47h	20h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	0	0	1	0	0	-	43h	43h	20h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	0	0	1	0	1	-	44h	46h	20h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	0	0	1	1	0	-	45h	45h	20h
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	0	0	1	1	1	-	45h	47h	20h

- Use IC 90-PCF8574A or PCF8574 to extend Port.
- LED POWER shows state of supplying Power of LCD Display.

**COMPONENTS OF LCD 20x4 12C**

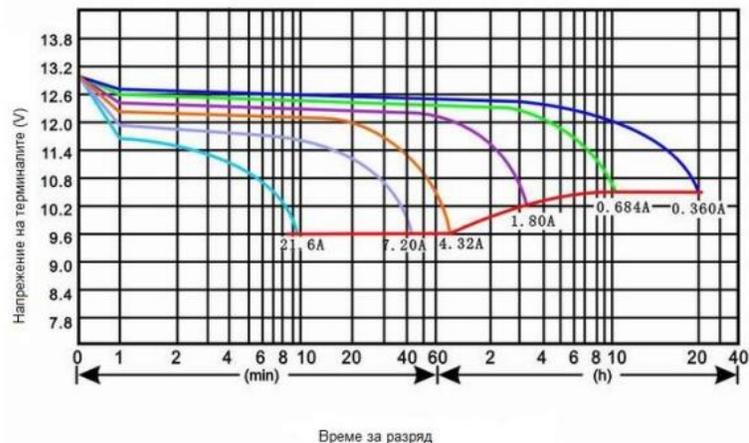
- There are 4 Pins as listed below:
  - + PIN GND: PIN GROUND
  - + PIN VCC: PIN POWER SUPPLY 5VDC
  - + PIN DATA: PIN Signal DATA of I2C-bus system
  - + PIN CLK: PIN Signal CLOCK of I2C-bus system
- Adjustable Resistor adjusts the brightness and contrast of LCD Display.
- Jumper chooses Address(A0-A2) of LCD Display. If this Jumper is disconnected, it becomes logic "1"; but, if it is connected, it becomes logic "0" instead. Normally, this Jumper is not soldered, the initial Address is 0x27 (A0=1, A1=1, A2=1). If user requires changing the Address, there are 8 available values: 0x20-0x27 as shown in the table below.

## ANEXOS H: HOJA DE DATOS DE LA BATERÍA RECARGABLE



Мера единица: mm  
Вид на терминал: F1

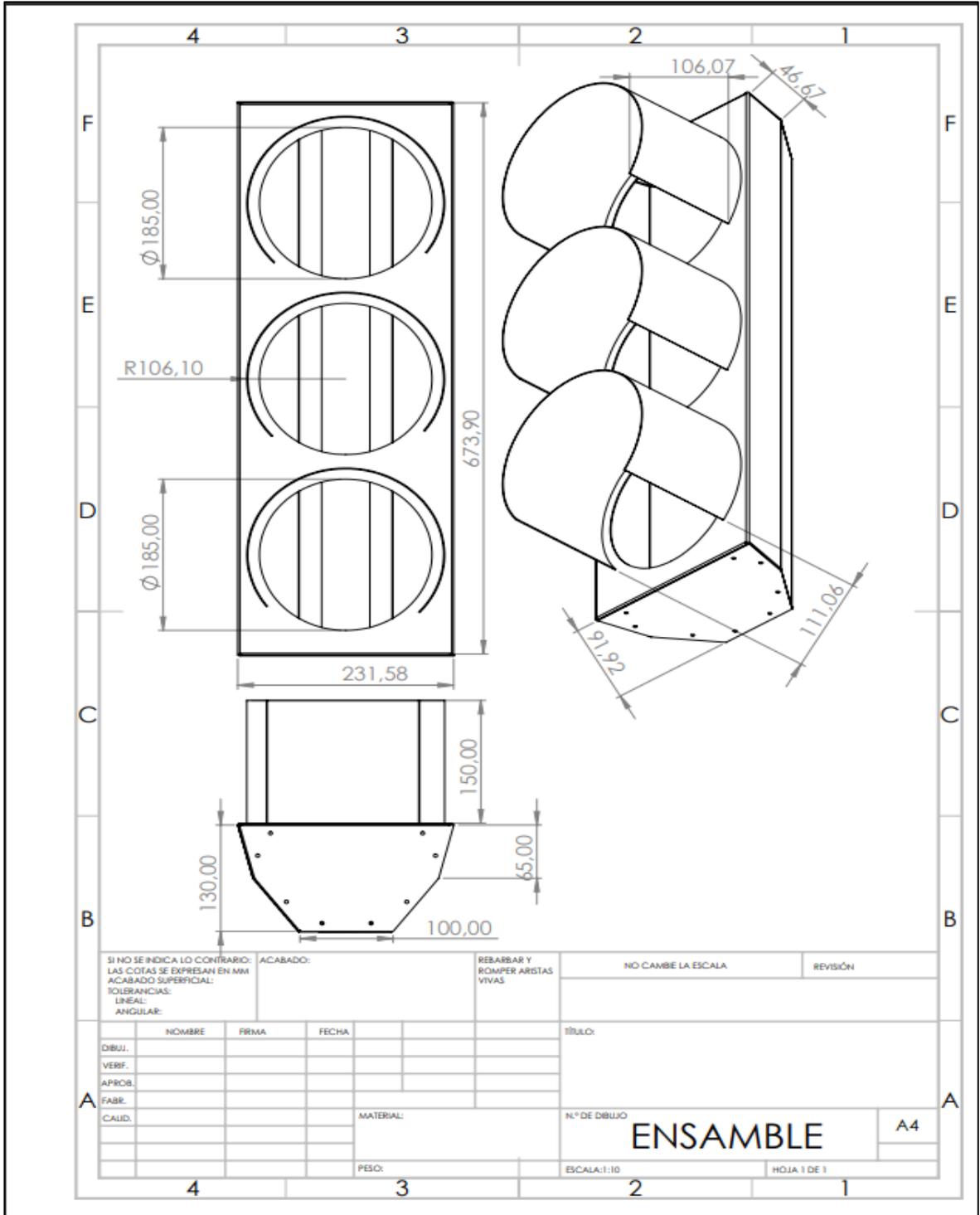
Модел	OT 7.2-12	
Номинално напрежение	12V	
Номинален капацитет (20h)	7.2Ah	
Габаритни размери (mm)	Височина с терминалите: 100	
	Височина без терминалите: 94	
	Дължина: 151	
	Ширина: 65	
Тегло (kg)	2.25	
Капацитет (25°C)	20h (0.36A)	7.2Ah
Тестово разреждане (25°C)	20 I <sub>20</sub> (2.8A, 27 min)	39 min
	60 I <sub>20</sub> (8.4A, 7min)	9 min
Вътрешно съпротивление	Напълно зареден 25°C	23mΩ
Отношение температура/капацитет (20h)	40°C	102%
	25°C	100%
	0°C	85%
	-15°C	62%
Остатъчен капацитет	3 месеца	91%
	6 месеца	82%
	12 месеца	64%
Цикъл (над 300 пъти)	Разреждане 2h при 1.8A	
	Зареждане: 6h при 0.72A (25°C)	
Зареждане (постоянно по стойност напрежение)	Асиметрично циклично (25°C)	Големина на тока: <2.16A Напрежение: 14.5~14.9V
	Плаващо (25°C)	Напрежение: 13.6~13.8V



Време за разряд

ANEXOS I: PLANOS DE LA ESTRUCTURA DEL SEMÁFORO.

5



## ANEXOS J: CÓDIGO EN ARDUINO DEL ESP8266

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Adafruit MPU6050.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Wire.h>
#include "time.h"
#include <TinyGPS++.h>
int lcdColumns = 20;
int lcdRows = 4;
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPLSsnY6A0Z"
#define BLYNK_DEVICE_NAME "SEMAFORO SMART"
#define BLYNK_FIRMWARE_VERSION "0.1.0"
#define BLYNK_PRINT Serial
#define APP_DEBUG

#define RXD2 16
#define TXD2 17
String ur="https://blynk.cloud/external/api/update?token=h8yhxSonTzwE0Yax2OmItVBzkW5lyXxK&";
float angulox,anguloy,aux1,aux2;
int mes,dia,anio,altur,hora,minuto,segundo;
float latit=-1.656304, longi=-78.675829, gpvel, flatit, flongi;

const char* ntpServer = "pool.ntp.org";
const long  gmtOffset_sec = -18000;
const int  daylightOffset_sec = 3600;
TinyGPSPlus gps;
Adafruit MPU6050 mpu;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, lcdColumns, lcdRows);

#include "BlynkEdgent.h"
WidgetLED led1(V0);
WidgetLED ledrojo(V1);
WidgetLED ledamarillo(V2);
WidgetLED ledverde(V3);
BlynkTimer timer;
int t=10000;
int t1=6000;
```

```

int t1=6000;
int t2=10000;
int v=0;
int a=15;
int r=2;
int leda=12;
int ledr=3;
int slee;
int JR;
long randomNumber;
float temperatura=0;
unsigned long ta=0;
unsigned long tb=0;
unsigned long tc=0;

bool stado=true;
bool stadol=true;

int Lroj,Lama,Iver;
float Vroj,Vama,Vver;
float Iroj,Iama,Iver;
float rx,ry,nivel;
struct tm timeinfo;
int Fr,Fv,Fa;
int contp=0;
int coderr=0;
int i;
void setup()
{

    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0, 0);  lcd.print("INICIANDO...");
    pinMode(v,OUTPUT);

    pinMode(a,OUTPUT);
    pinMode(r,OUTPUT);
    for(i=1;i<=10;i++)
    {
        digitalWrite(v,HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(v,LOW);
        digitalWrite(a,HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(a,LOW);
        digitalWrite(r,HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(r,LOW);
    }
    BlynkEdgent.begin();
    Serial.begin(115200);
    Serial2.begin(9600, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);
    delay(100);

    pinMode(leda,OUTPUT);
    pinMode(ledr,OUTPUT);
    pinMode(4,INPUT);
    pinMode(26,INPUT);
    pinMode(27,INPUT);
    pinMode(14,INPUT);

    timer.setInterval(100L, blinkLedWidget);

    if (!mpu.begin()) {
        lcd.setCursor(0, 0);  lcd.print("MPU NO ENCONTRADO");
    }

    configTime(gmtOffset_sec, daylightOffset_sec, ntpServer);
    printLocalTime();

```

```

    ang();
    Blynk.virtualWrite(V21,0);
    Blynk.virtualWrite(V22,"SISTEMA OK");
}

void loop() {
  BlynkEdgent.run();
  printLocalTime();
  timer.run();
  leervolt();
  smartDelay(1000);
  leergps();
  mp();
  pantalla();
  secuencia();
  fotoce1();
  datosSer();
  // dataurl();
}

void printLocalTime()
{
  if(!getLocalTime(&timeinfo)){
    Serial.println("Failed to obtain time");
    return;
  }
  //Serial.println(&timeinfo, "%A, %B %d %Y %H:%M:%S");
}
void leergps()
{
  latit=gps.location.lat(), gps.location.isValid(), 11, 6;

  longi=gps.location.lng(), gps.location.isValid(), 12, 6;
  flatit=latit;
  flongi=longi;
  //Serial.print(" LAT:");
  //Serial.print(latit,6);
  //Serial.print(" Longi:");
  //Serial.print(longi,6);
  //Serial.println("");
  //Serial.println("");
}

static void smartDelay(unsigned long ms)
{
  unsigned long start = millis();
  do
  {
    while (!Serial2.available())

      gps.encode(Serial2.read());
  } while (millis() - start < ms);
}

void mp()
{
  sensors_event_t a, g, temp;
  mpu.getEvent(&a, &g, &temp);
  temperatura=temp.temperature;
  //Serial.print("rx: ");
  //Serial.print(a.acceleration.x);
  //Serial.print("ry: ");
  //Serial.println(a.acceleration.y);

  rx=map(a.acceleration.x,-9.9,9.9,-90.0,90.0);
}

```

```

ry=map(a.acceleration.y,-9.5,9.5,-90.0,90.0);
}

void fotocel()
{
  Fr=digitalRead(26);
  Fa=digitalRead(27);
  Fv=digitalRead(14);
  /*
  Serial.print("Fr: ");
  Serial.print(Fr);
  Serial.print(" Fa: ");
  Serial.print(Fa);
  Serial.print(" Fv: ");
  Serial.print(Fv);
  Serial.println(Fr);
  */
}

void pantalla()
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(18, 9); lcd.print(contp);
  if(contp<=5)
  {
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("R:"); lcd.print(Vroj,1); lcd.setCursor(7, 0); lcd.print("V,"); lcd.setCursor(5, 0); lcd.print(Iroj,0); lcd.setCursor(13, 0); lcd.print("mA: "); lcd.print(Fr);
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("A:"); lcd.print(Vama,1); lcd.setCursor(7, 1); lcd.print("V,"); lcd.setCursor(5, 1); lcd.print(Iama,0); lcd.setCursor(13, 1); lcd.print("mA: "); lcd.print(Fa);
    lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("V:"); lcd.print(Vver,1); lcd.setCursor(7, 2); lcd.print("V,"); lcd.setCursor(5, 2); lcd.print(Iver,0); lcd.setCursor(13, 2); lcd.print("mA: "); lcd.print(Fv);
    lcd.setCursor(0, 3); lcd.print("Ax:"); lcd.print(rx,1); lcd.setCursor(10, 3); lcd.print("Ay:"); lcd.print(ry,1);

  }else{

    lcd.setCursor(2, 0); lcd.print(stimeinfo, "%d %Y %H:%M:%S");
    //lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Tem:"); lcd.print(temperatura);

    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Lat: "); lcd.print("-1.656304");
    lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("Lon: ");lcd.print("-78.675829");

    // lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Lat: "); lcd.print(Latit,7);
    // lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("Lon: ");lcd.print(Longi,7);
  }
}

void datosSer()
{
  Serial.println("");
  Serial.print("ROJO: Voltaje: "); Serial.print(Vroj); Serial.print(" Corriente: "); Serial.print(Iroj); Serial.print(" Foto: "); Serial.println(Fr);
  Serial.print("AMARILLO: Voltaje: "); Serial.print(Vama); Serial.print(" Corriente: "); Serial.print(Iama); Serial.print(" Foto: "); Serial.println(Fa);
  Serial.print("VERDE: Voltaje: "); Serial.print(Vver); Serial.print(" Corriente: "); Serial.print(Iver); Serial.print(" Foto: "); Serial.println(Fv);
  Serial.print("Rotacion X"); Serial.print(rx); Serial.print(" Rotacion Y"); Serial.println(ry);
  Serial.print("GPS: Longitud: "); Serial.print("-78.675829"); Serial.print(" Latitud: ");Serial.println("-1.656304");
  Serial.print("Bateria: "); Serial.print(mivel); Serial.print(" % ERROR: "); Serial.println(coderr);
  Serial.println("");
}

void dataurl()
{
  Serial.print(ur); Serial.print("+5");Serial.print("="); Serial.println(Fr);
  Serial.print(ur); Serial.print("+9");Serial.print("="); Serial.println(Fa);
  Serial.print(ur); Serial.print("+13");Serial.print("="); Serial.println(Fv);
  Serial.print(ur); Serial.print("+7");Serial.print("="); Serial.println(Vroj);
  Serial.print(ur); Serial.print("+10");Serial.print("="); Serial.println(Vama);
  Serial.print(ur); Serial.print("+14");Serial.print("="); Serial.println(Vver);

  Serial.print(ur); Serial.print("+8");Serial.print("="); Serial.println(Iroj);
  Serial.print(ur); Serial.print("+11");Serial.print("="); Serial.println(Iama);
  Serial.print(ur); Serial.print("+15");Serial.print("="); Serial.println(Iver);

  Serial.print(ur); Serial.print("+16");Serial.print("="); Serial.println(rx);
  Serial.print(ur); Serial.print("+17");Serial.print("="); Serial.println(ry);
  Serial.print(ur); Serial.print("+18");Serial.print("="); Serial.println(mivel);
  Serial.print(ur); Serial.print("+20");Serial.print("="); Serial.print(Longi); Serial.print("&V20=");Serial.println(Latit);
}

```

```

static void printInt(unsigned long val, bool valid, int len)
{
    char sz[32] = "*****";
    if (valid)
        sprintf(sz, "%ld", val);
    sz[len] = 0;
    for (int i=strlen(sz); i<len; ++i)
        sz[i] = ' ';
    if (len > 0)
        sz[len-1] = ' ';
    Serial.print(sz);
    smartDelay(0);
}

void ang()
{
    mpu.setAccelerometerRange(MPU6050_RANGE_8_G);
    Serial.print("Accelerometer range set to: ");
    switch (mpu.getAccelerometerRange()) {
    case MPU6050_RANGE_2_G:
        Serial.println("+2G");
        break;
    case MPU6050_RANGE_4_G:
        Serial.println("+4G");
        break;
    case MPU6050_RANGE_8_G:
        Serial.println("+8G");
        break;
    case MPU6050_RANGE_16_G:
        Serial.println("+16G");
        break;
    }
    mpu.setGyroRange(MPU6050_RANGE_500_DEG);
    Serial.print("Gyro range set to: ");
    switch (mpu.getGyroRange()) {
    case MPU6050_RANGE_250_DEG:
        Serial.println("+ 250 deg/s");
        break;
    case MPU6050_RANGE_500_DEG:
        Serial.println("+ 500 deg/s");
        break;
    case MPU6050_RANGE_1000_DEG:
        Serial.println("+ 1000 deg/s");
        break;
    case MPU6050_RANGE_2000_DEG:
        Serial.println("+ 2000 deg/s");
        break;
    }

    mpu.setFilterBandwidth(MPU6050_BAND_5_HZ);
    Serial.print("Filter bandwidth set to: ");
    switch (mpu.getFilterBandwidth()) {
    case MPU6050_BAND_260_HZ:
        Serial.println("260 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_184_HZ:
        Serial.println("184 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_94_HZ:
        Serial.println("94 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_44_HZ:
        Serial.println("44 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_21_HZ:
        Serial.println("21 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_10_HZ:
        Serial.println("10 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_5_HZ:
        Serial.println("5 Hz");
        break;
    }
}

```

## ANEXOS K: CARTA DE VALIDACIÓN DEL MÓDULO ELECTRÓNICO



Municipio de  
Riobamba

Dir.  
Movilidad

Oficio Nro.GADMR-GTM-2023-00035

Riobamba, 9 de febrero del 2023

### CARTA DE AUSPICIO

Señores  
**COORDINADORES ACADÉMICOS**  
Presente

De mi consideración:

Luego de presentarle un saludo cordial, y desearle el mayor de los éxitos en la función a ustedes encomendadas, tengo el agrado de dirigirme a ustedes, con la finalidad de poner en su conocimiento, que el **GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA EN LA DIRECCIÓN DE MOVILIDAD, TRÁNSITO Y TRANSPORTE**, con RUC: 0660000360001, luego del análisis correspondiente determina, que la tesis de investigación denominado:

**"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SEMÁFORO COMO MÓDULO ELECTRÓNICO AUTODIAGNOSTICABLE CON CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE ALERTAS ANTE FALLAS"** para su fin, que ha sido aceptado y validado en todos sus requerimientos donde existe el compromiso de facilitar la ayuda como instrumentación necesaria y disponible al **Sr. Daniel Enrique Guzmán López** con C.I. 180490620-2, estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica y Automatización, estudiante de noveno sementre, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Particular que comunico para los fines consiguientes.

Atentamente,-

Cmq. Ángel Astudillo Vinuesa

**DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN DE MOVILIDAD, TRÁNSITO Y TRANSPORTE DEL GADM RIOBAMBA**





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE**



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

**Fecha de entrega:** 28/ 03 / 2023

<b>INFORMACIÓN DE LOS AUTORES</b>	
<b>Nombres – Apellidos:</b>	DANIEL ENRIQUE GUZMÁN LÓPEZ
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>	
<b>Facultad:</b>	FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
<b>Carrera:</b>	ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>Título a optar:</b>	INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>	 Ing. Fernanda Arévalo M.

