



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO
PARA EL MONITOREO LOCAL Y REMOTO DEL ÍNDICE UV,
DESTINADO AL CANTÓN GUANO”

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTOR: CARLOS DAVID TALLA JIMÉNEZ.

DIRECTOR: ING. WILSON OSWALDO BALDEÓN LÓPEZ.

Riobamba – Ecuador

2019

©2019, Carlos David Talla Jiménez

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

Yo, Carlos David Talla Jiménez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

.

Riobamba, 26 de noviembre de 2019

Carlos David Talla Jiménez

060437839-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO LOCAL Y REMOTO DEL ÍNDICE UV, DESTINADO AL CANTÓN GUANO”**, realizado por el señor **CARLOS DAVID TALLA JIMÉNEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Geovanny Estuardo Vallejo Vallejo.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

.....

Ing. Msc. Wilson Oswaldo Baldeón López.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE

TITULACIÓN

.....

.....

Ing. Msc. Pablo Eduardo Lozada Yáñez.

MIEMBRO DE TRIBUNAL

.....

.....

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado con mucho amor a mis padres Wilson Talla y Silvia Jiménez, por ser el pilar fundamental de mi vida, por hacer de mí una persona de bien, por brindarme su amor, apoyo y confianza desde el primer momento que ingrese a la ESPOCH, por no dejarme vencer de las adversidades que se me presentaron a lo largo de la carrera, por siempre motivarme a seguir adelante y luchar por mis sueños, por esto y mucho más esto dedicó a lo más grande que Dios me regalo mis amados padres.

David

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por acompañarme y guiarme a lo largo de mi carrera profesional, a mis padres por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por el sacrificio que hacen cada uno por brindarme lo mejor, a mis amados abuelitos Luis Talla, María Padilla, Vicente Jiménez y Elena Guapulema, por brindarme un amor incondicional que me inspira a ser cada día una mejor persona, a mis apreciados tíos Marco y Gladys, a mis hermanos de corazón Marco y Diana gracias por estar siempre a mi lado, a todos mis amigos en especial a Luis Pillajo y Paola Allauca por ser mis compañeros y hermanos incondicionales a lo largo de esta carrera por sus palabras de apoyo en momentos difíciles.

Finalmente, un agradecimiento especial al grupo de investigación GITCE de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y en su nombre al Ingeniero Wilson Baldeón por sus enseñanzas, confianza y apoyo a lo largo del desarrollo de este trabajo de titulación, de igual forma al Ingeniero Pablo Lozada por guiarme durante mi carrera profesional.

Quedo eternamente agradecido con cada uno de ustedes.

David

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. Radiación Ultravioleta	5
1.1.1. Clasificación de la radiación ultravioleta	5
1.1.1.1. Radiación UV-A	6
1.1.1.2. Radiación UV-B	6
1.1.1.3. Radiación UV-C.....	6
1.1.2. Factores que influyen en la intensidad de la radiación UV	7
1.1.2.1. Cantidad de ozono en la atmósfera	7
1.1.2.2. Altura del sol.....	8
1.1.2.3. Condiciones climáticas.....	8
1.1.2.4. Reflexión o efecto albedo.....	8
1.1.2.5. Altitud.....	8
1.1.2.6. Latitud.....	8
1.1.2.7. Época del año.....	9
1.2. Efectos de la radiación ultravioleta en la salud humana	9
1.2.1. Efectos positivos	9
1.2.2. Efectos negativos	9
1.2.2.2. Efectos oculares inmediatos	10
1.2.2.3. Efectos cutáneos a largo plazo.....	11
1.2.2.4. Efectos oculares a largo plazo	12

1.3.	Índice Ultravioleta (IUV)	12
1.3.1.	<i>Formas de obtener el IUV.....</i>	12
1.3.2.	<i>Como se expresa el IUV</i>	13
1.3.2.1.	<i>Valores del IUV según la Organización Mundial de la Salud (OMS)</i>	13
1.3.2.2.	<i>Escala alternativa de IUV para Latinoamérica.....</i>	14
1.4.	Sistemas electrónicos comerciales que permiten mostrar el IUV	16
1.4.1.	<i>Sensor – UV.....</i>	16
1.4.2.	<i>Solmáforo</i>	17
1.4.3.	<i>Características de sistemas electrónicos que muestran el IUV.....</i>	18
1.5.	Monitoreo.....	19
1.5.1.	<i>Monitoreo Local.....</i>	19
1.5.6.	<i>Monitoreo Remoto.....</i>	19
1.6.	Sensores.....	20
1.6.1.	<i>Sensor de radiación ultravioleta.....</i>	20
1.6.1.2.	<i>Calibración de un sensor UV</i>	21
1.7.	Sistema de adquisición de datos (SAD).....	21
1.8.	Sistemas de información	22
1.8.1.	<i>Funcionamiento de un sistema de información.....</i>	22
1.8.2.	<i>Visualizadores.....</i>	23
1.9.	Tarjetas de desarrollo	23
1.10.	Tecnologías de comunicación inalámbricas.....	24
1.10.1.	<i>Clasificación de las tecnologías inalámbricas</i>	25
1.11.	Temporizadores.....	25
1.12.	Fuentes de alimentación.....	26
1.13.	Plataformas IoT.....	27
1.14.	Aplicaciones móviles.....	27
1.14.1.	<i>Desarrollo móvil WEB</i>	27
1.14.2.	<i>Desarrollo móvil nativo</i>	28
 CAPÍTULO II		
2.	MARCO METODOLÓGICO	29

2.1.	Requerimientos para la implementación del sistema electrónico	29
2.2.	Concepción general del diseño del sistema electrónico	29
2.3.	Etapas que componen el sistema electrónico	30
2.3.1.	<i>Etapas de adquisición de datos</i>	31
2.3.2.	<i>Etapas de visualización local</i>	31
2.3.3.	<i>Etapas de almacenamiento y visualización remota</i>	31
2.3.4.	<i>Etapas de alimentación</i>	32
2.4.	Selección del hardware que compone el sistema electrónico.....	32
2.4.1.	<i>Sensor UV</i>	32
2.4.2.	<i>Placa de adquisición de datos</i>	33
2.4.3.	<i>Visualizador</i>	34
2.4.4.	<i>Tarjeta controladora</i>	36
2.4.5.	<i>Fuente de alimentación</i>	37
2.4.6.	<i>Temporizador digital</i>	38
2.5.	Almacenamiento de datos	39
2.6.	Implementación general de hardware del sistema electrónico.....	40
2.6.1.	<i>Implementación de la etapa de adquisición del IUV</i>	41
2.6.2.	<i>Implementación de la etapa de visualización local</i>	42
2.6.3.	<i>Implementación de la etapa de alimentación</i>	43
2.7.	Diseño general de software del sistema electrónico.....	45
2.7.1.	<i>Diseño de la etapa de adquisición del IUV</i>	46
2.7.2.	<i>Diseño de la etapa de visualización local</i>	48
2.7.3.	<i>Diseño de la etapa de almacenamiento y visualización remota</i>	52
2.7.3.1.	<i>Almacenamiento de datos</i>	52
2.7.3.2.	<i>Aplicación móvil</i>	53

CAPÍTULO III

3.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	56
3.1.	Linealidad del sensor TOCON E-2	56
3.2.	Validación del sensor.....	57
3.3.	Estabilidad del sistema.....	60
3.4.	Certeza de conexión entre el NodeMCU y la Raspberry Pi.....	61

3.5.	Prueba del sistema de visualización	62
3.6.	Prueba de transmisión de datos.....	65
3.7.	Potencia que consume el dispositivo.....	66
3.8.	Implantación del sistema electrónico	68
3.9.	Análisis de costos	71
	CONCLUSIONES.....	72
	RECOMENDACIONES.....	74
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Valores del IUV según la OMS.	14
Tabla 2-1:	Valores de IUV establecido por la FEPSO.....	15
Tabla 3-1:	Principales características de los sistemas comerciales que indican el IUV.	18
Tabla 4-1:	Componentes principales de un sensor UV.....	21
Tabla 5-1:	Funciones básicas de un sistema de información.	22
Tabla 6-1:	Comparación entre tecnologías de displays.	23
Tabla 7-1:	Componentes principales con los que consta una placa de desarrollo.	24
Tabla 8-1:	Tecnologías inalámbricas según su alcance.	25
Tabla 9-1:	Características de los conmutadores temporizados de tipo digital y analógico. ..	25
Tabla 10-1:	Características de las fuentes de alimentación.	26
Tabla 1-2:	Características de los sensores UV.....	32
Tabla 2-2:	Características de dos placas de adquisición de datos.	33
Tabla 3-2:	Principales características de la matriz LED RGB.	35
Tabla 4-2:	Comparación entre dos tarjetas de desarrollo.....	36
Tabla 5-2:	Consumo de corriente de los elementos electrónicos.	37
Tabla 6-2:	Características de la fuente de alimentación de tipo conmutada.	38
Tabla 7-2:	Características del temporizador marca SASSIN.	39
Tabla 8-2:	Comparación entre plataformas IoT.....	39
Tabla 9-2:	Conexiones realizadas en la etapa de visualización local.....	42
Tabla 10-2:	Código de colores en formato hexadecimal.	48
Tabla 1-3:	Lecturas obtenidos del sensor UV.....	56
Tabla 2-3:	Especificaciones de la toma de datos para la prueba estadística.....	58
Tabla 3-3:	Análisis entre la probabilidad y el nivel de incertidumbre.	59
Tabla 4-3:	Resultados obtenidos de la prueba de estabilidad.	61
Tabla 5-3:	Comparación entre los datos que	62
Tabla 6-3:	Resultados de la prueba de verificación	63
Tabla 7-3:	Detalle de los datos procesados.....	65
Tabla 8-3:	Mediciones de voltaje y corriente del equipo.....	66
Tabla 9-3:	Voltaje, corriente y potencia que consume el equipo.	67
Tabla 10-3:	Ubicación exacta donde se implementó	68
Tabla 11-3:	Costo general en hardware del sistema electrónico implementado.	71
Tabla 12-3:	Costos de comercialización de equipos que miden el IUV.	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Espectro de la luz.	5
Figura 2-1:	Tipos de RUV solar.	6
Figura 3-1:	Factores que influyen los niveles de RUV.	7
Figura 4-1:	Efectos cutáneos a corto plazo provocados por la RUV.	9
Figura 5-1:	Efecto ocular inmediato.	10
Figura 6-1:	Efectos cutáneos negativos a largo plazo provocados por la RUV.	11
Figura 7-1:	Efectos oculares a largo plazo provocados por la RUV.	12
Figura 8-1:	Variación de IUV en función de la altitud.	15
Figura 9-1:	Sistema electrónico.	17
Figura 10-1:	Solmáforo marca GOIA.	18
Figura 11-1:	Etapas de un proceso de monitoreo local.	19
Figura 12-1:	Etapas de un proceso de monitoreo remoto.	20
Figura 13-1:	Esquema del sensor UV.	20
Figura 14-1:	Esquema básico de un SAD.	21
Figura 15-1:	Etapas de una fuente de alimentación.	26
Figura 1-2:	Concepción general del sistema electrónico.	30
Figura 2-2:	Diagrama general del sistema electrónico.	31
Figura 3-2:	Sensor UV TOCON E-2.	33
Figura 4-2:	NodeMCU.	34
Figura 5-2:	Matriz LED RGB.	35
Figura 6-2:	Raspberry 3 modelo B+.	37
Figura 7-2:	Fuente de alimentación.	38
Figura 8-2:	Temporizador digital.	39
Figura 9-2:	Diseño general del hardware del sistema electrónico.	40
Figura 10-2:	Etapa de adquisición de datos en función de hardware.	41
Figura 11-2:	Etapa de visualización local en función de hardware.	42
Figura 12-2:	Etapa de alimentación en función de hardware.	44
Figura 13-2:	Diagrama de flujo general del sistema electrónico implementado.	46
Figura 14-2:	Diagrama de flujo de la etapa de adquisición de datos.	47
Figura 15-2:	Fuente generada en formato mapa de bits.	49
Figura 16-2:	Diagrama de flujo que representa la etapa de visualización local.	50
Figura 17-2:	Diagrama de flujo que representa el almacenamiento de datos.	52
Figura 18-2:	Diagrama de flujo que representa la aplicación móvil.	54

Figura 1-3:	Equipo patrón que mide el IUV en tiempo real.	58
Figura 2-3:	Verificación de la normalidad de las muestras.	59
Figura 3-3:	Resumen de la comparación de las medias.	60
Figura 4-3:	Voltaje e IUV en el monitor serie.	61
Figura 5-3:	Verificación de la comunicación serial.	62
Figura 6-3:	Interfaz de la plataforma IoT.	65
Figura 7-3:	Consumo de voltaje y corriente del dispositivo.	68
Figura 8-3:	Sector de implementación del sistema.	69
Figura 9-3:	Estructura del sistema,	69
Figura 10-3:	Sistema electrónico implementado.	70
Figura 11-3:	Interfaz de la APP midiendo en tiempo real el IUV.	70

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Gráfica voltaje vs IUUV.....	57
---------------------	------------------------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** HOJA DE DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR TOCON E-2.
- Anexo B:** HOJA DE DATOS TÉCNICOS DE LAS MATRICES LED.
- Anexo C:** LÍNEAS DE CÓDIGO PARA EL NODEMCU.
- Anexo D:** LÍNEAS DE CÓDIGO PARA LA RASPBERRY PI.
- Anexo E:** LÍNEAS DE CÓDIGO DE LA APLICACIÓN MÓVIL.
- Anexo F:** DATOS RECOLECTADOS PARA LA PRUEBA ESTADÍSTICA.
- Anexo G:** OFICIO DEL GAD-GUANO.

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseñar e implementar un sistema electrónico para monitorear el índice de radiación UV, en el cantón Guano provincia de Chimborazo, el monitoreo muestra la información del IUV simultáneamente, a través de un visualizador incorporado en el sistema y por medio de una aplicación móvil. El índice de radiación UV, es receptado por el sensor TOCON E-2 y procesado por la placa NodeMCU, esta información es enviada a través de puerto serial hacia la Raspberry Pi 3B+, que actúa como tarjeta controladora del visualizador que está compuesto por dos matrices LED RGB de 64*32, además el NodeMCU tiene incorporado tecnología inalámbrica WiFi que permite enviar la información hacia la base de datos de la plataforma ThingSpeak, para su posterior lectura desde la aplicación móvil desarrollada en el software Android Studio. La alimentación del circuito electrónico es a través de una fuente de alimentación conmutada conectada a un temporizador que permite controlar el encendido y apagado del equipo automáticamente. Para validar el correcto funcionamiento del sensor se utilizó la prueba estadística T-Student, para muestras relacionadas, cuyo resultado indica que no existe diferencia entre el sensor del sistema implementado y el sensor de la estación meteorológica WS-1401-IP. Por otra parte se realizaron varias pruebas de campo que afirman que el dispositivo es estable y no tiene pérdida alguna en la comunicación de los datos. Se recomienda almacenar y analizar los datos del IUV con el propósito de pronosticar el índice de radiación UV y brindar a la ciudadanía una herramienta de información adicional del IUV.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <REDES>, <ÍNDICE ULTRAVIOLETA (IUV)>, <MONITOREO LOCAL IUV>, <SISTEMA DE MONITOREO REMOTO IUV >, <RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (RUV) >, <TARJETA CONTROLADORA >, <APLICACIÓN MÓVIL (APP) >,<GUANO (CANTÓN)>.

ABSTRACT

This project is aimed at designing and implementing an electronic system to monitor the UV radiation index, in Guano canton, Chimborazo province, the monitoring shows the information of the IUV simultaneously, through a display incorporated in the system and through a mobile application. The UV radiation index, is received by the TOCON E-2 sensor and processed by the NodeMCU board, this information is sent through the serial port to the Raspberry Pi 3B+, which acts as a display controller card that is composed of two matrices RGB LED 64*32, in addition the NodeMCU has built-in wireless WIFI technology that allows you to send the information to the database of the ThingSpeak platform, for further reading from the mobile application developed in the Android Studio software. The electronic circuit is powered by a switched power supply connected to a timer that allows you to control the on and off of the equipment automatically. To validate the correct functioning of the sensor, the T-student statistical test was used for related samples, the result of which indicates that there is no difference between the sensor of the implemented system and the WS-1401-IP weather station sensor. On the other hand, several field tests were carried out that affirm that the device is stable and has no loss in the data communication. It is recommended to store and analyze the UVI data in order to forecast the UV radiation index and provide citizens with an additional UVI information tool.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <REDES>, <ULTRAVIOLET INDEX (UVI)>, <IUV LOCAL MONITORING>, <UVI REMOTE MONITORING SYSTEM>, <ULTRAVIOLET RADIATION (UVR)>, <CONTROLLER CARD>, <MOBILE APPLICATION (APP)>, <GUANO (CANTON)>.

INTRODUCCIÓN

El sol es la fuente de energía natural más grande del planeta, el mismo suministra el 99% de energía que se requiere para procesos físicos y biológicos que ocurren en el sistema terrestre. El sol es necesario para la vida, mejora el estado de ánimo, es euforizante y tiene una acción antidepresiva, además contribuye en la reducción de patógenos sobre la superficie cutánea, el sol es la responsable de la producción de vitamina D que es imprescindible para la formación y reconstrucción de los huesos. La contaminación y el cambio climático ha ido incrementando de una forma exponencial en los últimos años lo que ha provocado un desgaste considerable de la capa de ozono, consecuencia de la misma los índices de radiación ultravioleta (IUV), han aumentado, existen tres tipos de radiación ultravioleta de origen solar, la de tipo A y B que ingresan a la superficie terrestre en un 95% y 5% respectivamente, y la de tipo C que es absorbida en su totalidad por la capa de ozono (Lorente 2014).

Según datos de la Fundación de cáncer de piel en Estados Unidos (SCF), al año se detectan de 2 a 3 millones de nuevos casos de cáncer de piel de tipo no melanoma, y 130000 casos de cáncer de tipo melanoma, por otra parte, el Ecuador se ubica en el puesto 16 de países con la mayor tasa de cáncer no melanoma y en el puesto 40 respecto a cáncer melanoma maligno. Las ciudades de la sierra según la Sociedad de Lucha contra el cáncer (SOLCA), están expuestas a elevados niveles de radiación solar por su ubicación geográfica. Riobamba al encontrarse dentro de estas ciudades ha llegado a presenciar niveles extremadamente altos de radiación solar según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI) (Andrade y Aráuz 2014).

Con el fin de educar a la población, de una manera sencilla sobre el peligro de una exposición inadecuada al rayos del sol, varias organizaciones mundiales estandarizaron el IUV (Índice Ultravioleta): la organización mundial de la salud (OMS) la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas del inglés: World Meteorological Organization), el Programa Ambiental de Naciones Unidas (UNEP, por sus siglas del inglés: United Nations Environment Programme) y la Comisión Internacional de la Protección contra la Radiación No-Ionizante (ICNIRP). El IUV indica los niveles de radiación ultravioleta que llegan a la superficie terrestre en una escala de 1 a 11 siendo el primero “bajo”, y el último “peligrosamente alto” (Andrade y Aráuz 2014).

La radiación solar UV, se ha convertido en un problema de salud mundial importante por tal razón se ha realizado y se siguen realizando estudios respecto a este tema, así por ejemplo, empresas

dedicadas a solucionar problemas ambientales han creado tecnología con el fin de solucionar o atenuar los efectos de la radiación solar UV, entre los más destacados se encuentra el proyecto SENSOR UV, desarrollado por la empresa Geomovil Cia Ltda (Geomovil, 2018), otro gran proyecto es el desarrollado por la empresa GOIA que lleva el nombre de SOLMÁFORO (GOIA, 2019), ambos dispositivos tienen como objetivo indicar el IUV en tiempo real y a su vez buscar y recomendar métodos de protección.

En el cantón Guano, hasta la actualidad no se ha instalado un dispositivo que indique a la ciudadanía el IUV y que además le muestre cómo debe protegerse de esta radiación, por lo tanto, la población está expuesta a contraer enfermedades como: cáncer de piel, cataratas, disminución de su sistema inmunológico, el alcalde del GAD-GUANO, consciente de este problema solicita a la FIE a través del Decanato la construcción de un dispositivo electrónico que muestre el IUV. La solución a este problema es la propuesta que se hace mediante esta investigación la cual pretende además dar solución a desventajas de los dispositivos comerciales, entre ellas el costo y la falta de personalización del dispositivo según los requerimientos del GAD-GUANO.

El sistema planteado debe cumplir con los requisitos establecidos por el GAD-GUANO y que en general indica que el IUV debe ser monitoreado y mostrado de forma local y en tiempo real, así como en forma remota mediante una aplicación móvil.

Este trabajo cumple con el Objetivo 1 del Plan Nacional del Buen Vivir vigente 2017-2021 en el que menciona: “Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas” (SENPLADES 2017).

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Hasta este momento en absoluto se ha monitoreado el IUV en GUANO, por lo que se desconocen los valores reales de esta radiación, por lo tanto, esta es la primera investigación que se va a desarrollar en Guano respecto de este tema. Los datos que se obtengan del IUV serán una contribución importante al estado del arte de la cuestión denominada radiación solar ultravioleta de tipo solar de Guano, esta información permitirá comprender la variación en el tiempo de esta radiación e informar oportunamente a la población el peligro que representa en su salud.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Con la petición, apoyo y aprobación de las autoridades de turno del GAD-GUANO, esta investigación plantea como solución, al problema del IUV en Guano, la implementación de un

sistema de monitoreo local y remoto del IUV en el cantón Guano, con el fin de prevenir riesgos a corto y largo plazo, es importante mencionar que este proyecto tendrá un gran impacto, ya que estará al servicio de 42.851 habitantes de Guano, así como de turistas nacionales y extranjeros que visitan regularmente al cantón.

El sistema cuenta con dos tipos de monitoreo, el primero será de una manera local a través de un difusor incluido en el sistema electrónico. En este mismo instante esta información será transmitida a internet obteniendo así un monitoreo remoto del IUV. El IUV será mostrado, remotamente, por medio de una aplicación móvil.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Como diseñar e implementar un sistema electrónico, para el monitoreo local y remoto del índice UV, destinado al Cantón Guano?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Como estudiar la radiación UV de origen solar y su efecto sobre la salud humana, así como también, los sistemas electrónicos comerciales que permiten detectar y mostrar el IUV?

¿Como diseñar el sistema electrónico en función de los requerimientos establecidos por el GAD del cantón Guano?

¿Cuál es el software y hardware adecuado que permita cumplir con los requerimientos establecidos en el diseño del prototipo?

¿Como Evaluar el sistema electrónico implementado?

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e Implementar un sistema electrónico, para el monitoreo local y remoto del índice UV, destinado al Cantón Guano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar tanto la radiación UV de origen solar y su efecto sobre la salud humana, así como también, los sistemas electrónicos comerciales que permiten detectar y mostrar el IUV.

- Diseñar el sistema electrónico en función de los requerimientos establecidos por el GAD del cantón Guano.
- Construir el sistema diseñado, utilizando hardware y software adecuado que permitan cumplir con los requerimientos establecidos.
- Evaluar el sistema electrónico implementado.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Radiación Ultravioleta

La radiación ultravioleta (RUV), forma parte del espectro electromagnético y su longitud de onda está comprendido entre los 100 y 400 nanómetros (nm), como 1 nm es la milmillonésima parte (10^{-9}) del metro (Zuleta & Lema, 2015). Su nombre se debe a que la longitud de onda de la radiación UV, limita con lo que se conoce por el ojo humano como el color violeta (Castelan & Cisneros, 2015).

La RUV, puede ser de origen solar presente en la luz del sol y de origen artificial (Knave [sin fecha]). En esta investigación únicamente se hace referencia a la RUV de origen solar, ya que al ser una fuente natural de RUV, los seres vivos no disponen de ningún control sobre la cantidad de radiación que emite el sol a la superficie terrestre.

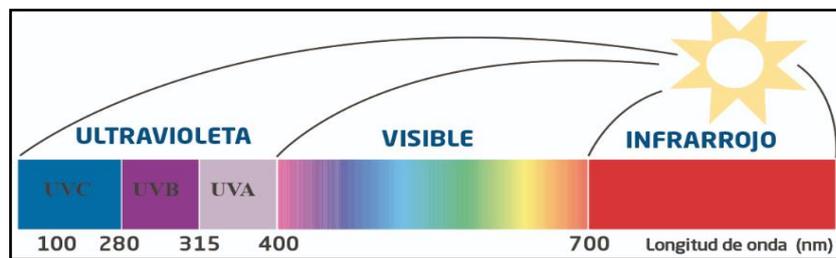


Figura 1-1: Espectro de la luz.

Fuente: (Walsh, s. f.)

1.1.1. Clasificación de la radiación ultravioleta

El sol emite una gran cantidad de energía a la superficie terrestre, de la cuál entre un 6% a 7%, corresponde a RUV. En función de la longitud de onda y de los efectos biológicos que origina la radiación UV, se divide en tres bandas UV-A, UV-B y UV-C (Zuleta & Lema, 2015). A continuación, se detalla cada una.

1.1.1.1. Radiación UV-A

La radiación UV-A, ingresa en un 95% a la superficie terrestre, su longitud de onda se sitúa entre los 315nm y 400nm, es la RUV menos dañina y la responsable del bronceado en la piel, pero cuando los rayos UV-A penetran el tejido conjuntivo produce daños crónicos (Franco, 2017).

1.1.1.2. Radiación UV-B

A este tipo de radiación se lo conoce también como rayos de onda media, la misma que penetra la atmósfera en un 5%, su longitud de onda oscila entre los 280nm y 315nm, es la responsable de la mayor parte de los detrimentos biológicos provocados por la luz del sol (Franco, 2017).

1.1.1.3. Radiación UV-C

Su longitud de onda comprende entre los 100nm y 280nm, los rayos de está radiación son los más nocivos y perjudiciales de la gama de rayos ultravioleta, ya que son muy energéticos, está radiación es absorbida en su totalidad por la capa de ozono y nunca llega a la superficie terrestre (Zuleta & Lema, 2015).

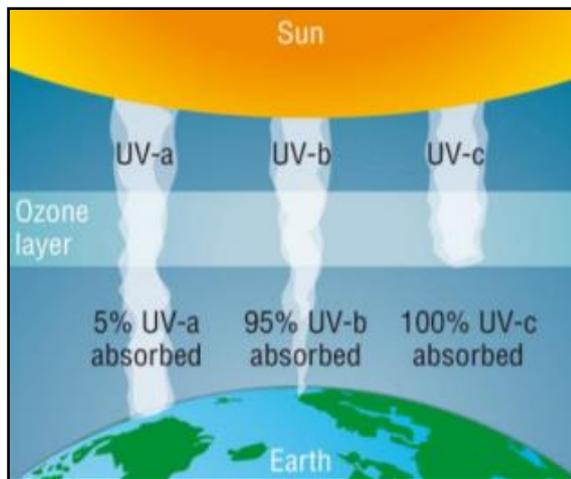


Figura 2-1: Tipos de RUV solar.
Fuente: (Bello 2015)

La figura 2-1, muestra como la capa de ozono absorbe el 5% de radiación UV-A, el 95% de RUV-B y el 100% de RUV-C, está absorción se debe a los gases que se encuentran en la atmósfera estos son el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y dióxido de carbono (Bello 2015).

1.1.2. Factores que influyen en la intensidad de la radiación UV

Existen diversos factores que inciden en la intensidad de la radiación UV, en función de estos la magnitud de la RUV llega a la superficie terrestre en mayor o menor proporción, así lo afirma la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y lo sintetiza en la figura 3-1 (EPA 2001).

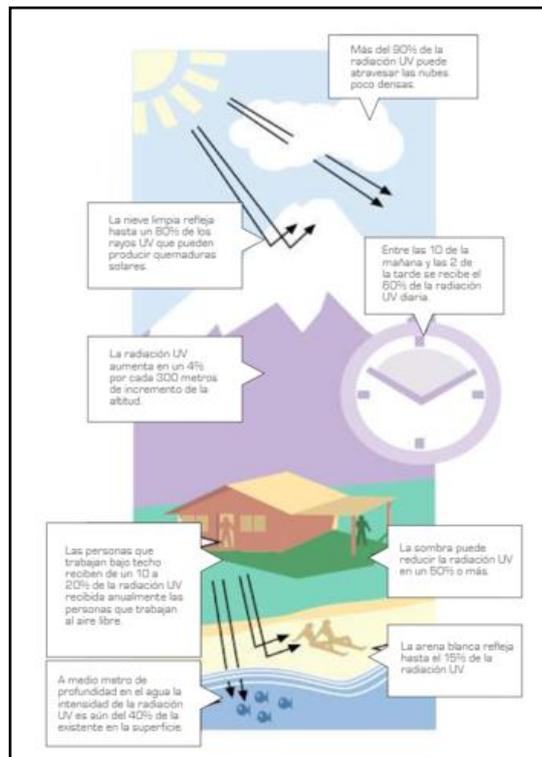


Figura 3-1: Factores que influyen en los niveles de RUV.

Fuente: (Zuleta & Lema, 2015)

1.1.2.1. Cantidad de ozono en la atmósfera

El ozono en la atmósfera absorbe una gran cantidad de radiación UV, antes que esta llegue a la superficie (WHO & OMS, 2002). Los niveles de radiación UV están inversamente relacionados con la cantidad de ozono existente en la atmósfera, es decir a menor cantidad de ozono mayor nivel de radiación UV ingresa a la superficie terrestre (Zuleta & Lema, 2015).

1.1.2.2. Altura del sol

Entre las 10am y 2pm, el sol se encuentra en su máxima altura por lo que presenta los mayores niveles de radiación UV, es importante mencionar que aproximadamente el 60% de la RUV alcanza la superficie terrestre en estas horas (Zuleta & Lema, 2015).

1.1.2.3. Condiciones climáticas

Según (EPA 2001), la cobertura nubosa atenúa parte de la radiación UV que llega a la superficie terrestre, pero no la elimina por completo. Está atenuación es provocada por las gotas de agua y los cristales de hielo que actúan como difusores de RUV, a este fenómeno se lo conoce como difusión Mie (Zuleta & Lema, 2015).

1.1.2.4. Reflexión o efecto albedo

Se define como efecto albedo al porcentaje de radiación solar que es devuelto a la atmósfera después de colisionar con una superficie terrestre (Mella, 2005). La RUV reflejada puede producir las mismas consecuencias que la RUV directa (Zuleta & Lema, 2015).

1.1.2.5. Altitud

Según (WHO & OMS, 2002), cuándo existe una mayor altitud la atmósfera es más delgada por tal razón absorbe una mayor cantidad de RUV, es importante mencionar que la RUV aumenta en un 10% a 12%, por cada 1000 metros que incrementa la altitud (López & Mancheno, 2016).

1.1.2.6. Latitud

Debido a la forma esférica que presenta el planeta Tierra, la línea ecuatorial es el punto más cercano al sol, por tal razón si una zona geográfica está más cercana a la línea ecuatorial la intensidad de la RUV es mayor. Es importante mencionar que por este motivo el Ecuador presenta niveles altos de radiación ultravioleta (Auquilla & Quizhpe, 2016).

1.1.2.7. Época del año

El ángulo de incidencia de la luz solar, varía de acuerdo a las estaciones del año, en los meses de verano el sol presenta mayor intensidad de radiación ultravioleta (Franco, 2017).

1.2. Efectos de la radiación ultravioleta en la salud humana

1.2.1. Efectos positivos

La radiación ultravioleta es indispensable para la vida, pues suministra varios beneficios al organismo humano, entre los principales está que la RUV contribuye a la producción de las vitaminas A y D, además interviene en la formación y fijación de dientes y huesos (Zaratti & Forno, 2003), por otra parte es empleado en el tratamiento de enfermedades cutáneas como en la psoriasis y en problemas oculares como es el caso de las cataratas (Lema & Zuleta, 2015).

1.2.2. Efectos negativos

Según (Zaratti & Forno, 2003), la exposición voluntaria o involuntaria a los rayos solares en demasía, puede producir efectos a corto y largo plazo en la piel, los ojos y el sistema inmunitario.

1.2.2.1. Efectos cutáneos inmediatos



Figura 4-1: Efectos cutáneos a corto plazo provocados por la RUV.

Fuente: (Zuleta & Lema, 2015) y (Zaratti & Forno, 2003).

Realizado por: Talla, David; 2019.

Existen diversas anomalías como consecuencia de una exposición inadecuada a los rayos del sol, la figura 4-1, muestra tres consecuencias inmediatas que provoca la RUV, estas son quemaduras provocadas por el sol (Imagen A), bronceado (Imagen B) y alteración del sistema inmunitario (Imagen C), a continuación se detalla cada una (Zaratti & Forno, 2003).

Quemadura solar o Eritema

Se determina por un enrojecimiento en la piel expuesta, este problema aparece a pocas horas de una exposición intensa a rayos UV. En este proceso interviene tanto la radiación UV-B en una intensidad menor y la radiación UV-A en una mayor intensidad (Lema y Zuleta 2015) .

Bronceado

Afirma (Zaratti & Forno, 2003), al bronceado como el oscurecimiento de la piel debido a la exposición de rayos solares, es un proceso a corto plazo en el cuál interviene únicamente la radiación UV-A.

Alteración del sistema inmunitario

La exposición a la radiación ultravioleta de tipo B, altera las células inmunocompetentes, de igual manera las células de Langerhans, provocando un daño significativo al sistema inmune (Zaratti & Forno, 2003).

1.2.2.2. Efectos oculares inmediatos



Figura 5-1: Efecto ocular inmediato provocado por la RUV.

Fuente: (Hispanóptica 2017)

La exposición excesiva a la radiación ultravioleta, tiene efectos negativos sobre los ojos a corto plazo, entre ellos se puede mencionar la inflamación de la córnea o fotoqueratitis (figura 5-1), y la inflamación conjuntiva o fotoconjuntivitis, que son reacciones inflamatorias provocadas por la radiación UV-B, estas reacciones provocan un dolor agudo pero son reversibles (Franco, 2017).

1.2.2.3. Efectos cutáneos a largo plazo

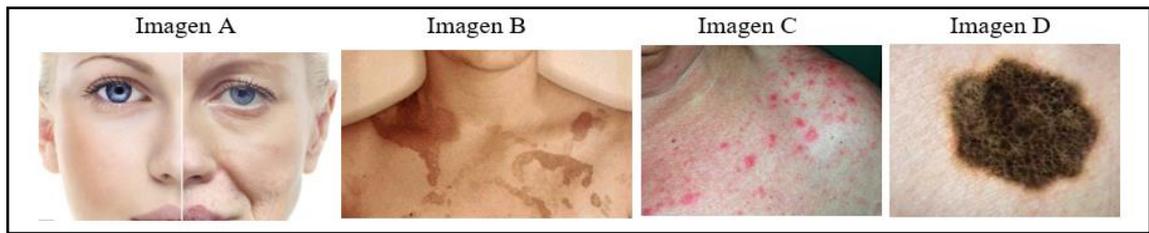


Figura 6-1: Efectos cutáneos negativos a largo plazo provocados por la RUV.

Fuente: (Zuleta & Lema, 2015), (Zaratti & Forno, 2003) y (Hispanóptica 2017).

Realizado por: Talla, David; 2019.

De acuerdo a (Zaratti & Forno, 2003), y resumido en la figura 6-1, se afirma que una exposición extendida a la radiación ultravioleta promueve alteraciones cutáneas crónicas a largo plazo. Entre las principales afecciones se tiene el fotoenvejecimiento (Imagen A), las fotoalergias (Imagen B - Dermatitis de Berloque), la fotodermatosis (Imagen C - Erupción polimorfa solar) y el cáncer de piel (Imagen D – Melanoma Maligno), a continuación, se realiza se detalla de cada una.

Fotoenvejecimiento

Un efecto común a largo plazo es el fotoenvejecimiento que es el deterioro prematuro de la piel, la principal responsable es la radiación UV-A (Zaratti & Forno, 2003).

Reacciones fotoalérgicas

Son reacciones crónicas causadas por una exposición sin protección a la RUV solar, este problema viene acompañado de prurito, descamación y ampollas (Zaratti & Forno, 2003).

Fotodermatosis

También conocido popularmente como alergias al sol, son afecciones anormales provocadas por la luz solar y que se pueden manifestar en forma de prurito, habones, pápulas entre otras (Brogeras, Avilés, Suárez, & Lázaro, 2005).

Cáncer de piel

(OMS et al. 2002), afirma que el cáncer de piel es el crecimiento de células anormales de la piel, además divide en dos tipos, el cáncer de piel no melánicos (CPNM) y el melanoma maligno (MM), en esta anomalía actúa la radiación UV-A y UV-B.

1.2.2.4. Efectos oculares a largo plazo

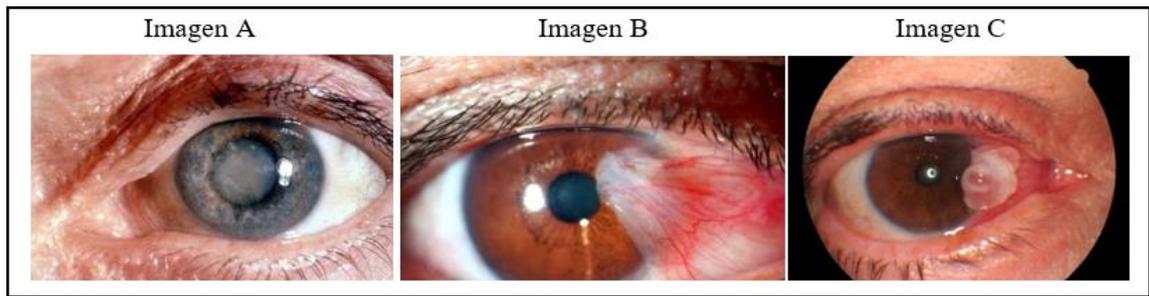


Figura 7-1: Efectos oculares a largo plazo provocados por la RUV.

Fuente: (Franco, 2017) y (Hispanóptica 2017).

Realizado por: Talla, David; 2019.

Según (Franco, 2017), los efectos crónicos que provoca la RUV a largo plazo son las cataratas (Imagen A), que es una enfermedad en la cual el cristalino se opaca paulatinamente hasta ocasionar una ceguera completa. Pterigio (Imagen B), es una carnosidad de color claro que se manifiesta en la superficie del ojo, y finalmente está el carcinoma epidermoide de la córnea o conocido también como conjuntiva se define como un tumor o membrana mucosa que cubre la superficie ocular.

1.3. Índice Ultravioleta (IUV)

El índice ultravioleta o por sus siglas IUV, es un indicador adimensional, que tiene como propósito informar a la población la intensidad de RUV que llega a la superficie terrestre, este índice se manifiesta como un valor mayor a cero, mientras más alto sea este valor más probabilidad existe de padecer efectos nocivos para la salud. La difusión del IUV, es necesario ya que tiene como principal objetivo la concientización sobre los posibles riesgos que puede provocar una exposición excesiva a la RUV, a su vez el IUV busca e impulsa la necesidad de adoptar métodos de protección para la población (OMS et al. 2002).

1.3.1. Formas de obtener el IUV

Según (OMS, OMM et al., 2002), el IUV se formula en base al espectro de acción de referencia de la Comisión Internacional sobre Iluminación (CIE), en función del eritema inducido por la RUV en la piel del ser humano (ISO 17166:1999/CIE S 007/E-1998). El IUV se determina mediante la siguiente ecuación.

$$IUV = k_{er} * \int_{250nm}^{400nm} E_{\lambda} * S_{er}(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

Donde:

E_{λ} = Irradiancia espectral solar (W/m²)

$S_{er}(\lambda)$ = Espectro de acción de referencia para el eritema

k_{er} = Constante igual a 40 m²/W

λ = Longitud de onda

Se puede obtener el IUV, por medio de mediciones o a su vez con cálculos basados en modelos existentes, en este trabajo vamos a estudiar únicamente la obtención del IUV a través de mediciones, para lo cual se cuenta con dos posibles caminos el primero tomando valores con espectro radiómetro y aplicando la ecuación número 1, el segundo consiste en utilizar un detector de banda ancha previamente calibrado y programado con el fin de proporcionar un IUV directo y confiable (OMS, OMM et al., 2002).

1.3.2. Como se expresa el IUV

De acuerdo a (OMS, OMM et al., 2002), la forma correcta de expresar la información del IUV es proporcionando al menos un valor máximo diario, si se desea realizar un control continuo la OMS recomienda tomar valores en intervalos de 5 a 10 minutos, el IUV debe indicarse como un número exclusivo redondeado al entero más próximo, además recomienda que cuando el clima presenta nubosidades se debe presentar el IUV a través de un intervalo de valores.

1.3.2.1. Valores del IUV según la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Los valores del IUV se dividen en categorías de exposición con su respectivo intervalo de valores que indican el IUV.

Tabla 1-1: Valores del IUV según la OMS.

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORES DEL IUV
BAJO	<2
MODERADO	3 A 5
ALTO	6 A 7
MUY ALTO	8 A 10
EXTREMADAMENTE ALTO	11+

Fuente: (OMS, OMM, et al., 2002).

Realizado por: Talla, David; 2019.

La tabla 1-1, muestra la clasificación de valores del IUV de acuerdo a la OMS, la misma que cuenta con cinco niveles, cada nivel asociado a un color y a un mensaje de prevención. El nivel denominado Bajo toma un color verde y significa que puede permanecer en el exterior sin ningún riesgo, el nivel Moderado y Alto de color amarillo y anaranjado respectivamente recomiendan evitar el sol durante las horas centrales del día, de igual manera utilizar crema de protección solar, sombrero y camisa de manga larga, los dos últimos niveles de color rojo y violeta recomiendan evitar salir durante las horas centrales del día, además tomar las recomendaciones mencionadas en los niveles previos (OMS, OMM, et al., 2002).

1.3.2.2. Escala alternativa de IUV para Latinoamérica

El Instituto de Física Rosario de Argentina (IFIR), propone a la OMS, una escala alternativa de valores de IUV, donde los valores que exceden a 15 se consideren extremos. IFIR sugiere esta opción aduciendo que la OMS, estableció los valores de IUV en base a estudios realizados en el hemisferio norte donde las personas son de piel clara (tipo II), por esta razón la escala emitida por la OMS es insuficiente para la región andina de Sudamérica que fácilmente supera el valor de 11 (Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito, 2018).

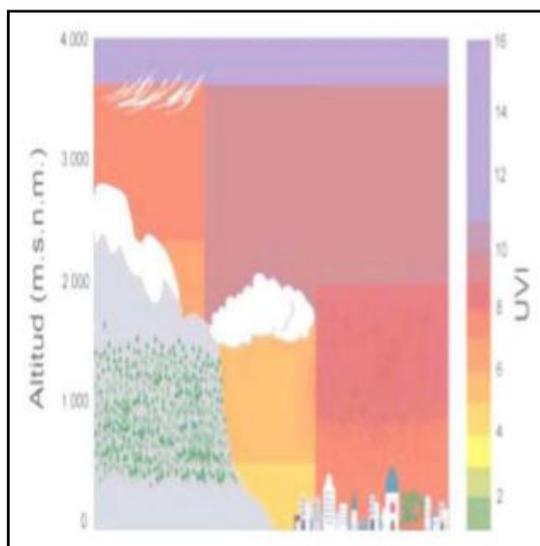


Figura 8-1: Variación de IUV en función de la altitud.
Fuente: (Lema & Zuleta, 2015)

Para confirmar lo antes mencionado la figura 8-1, indica como varía el IUV en función a la altitud, varios estudios realizados en América del Sur indican que los niveles de IUV superan el valor 11 “extremo” establecido por la OMS (Lema & Zuleta, 2015).

Por el tipo de piel de las personas en Ecuador y considerando que en la zona ecuatorial la intensidad de RUV es mayor la FEPSO (Fundación Ecuatoriana de la Psoriasis), propone para el Ecuador el uso de la escala de IFIR, realizando una modificación en el valor extremo de la escala, es importante mencionar que la Secretaría de Ambiente de Quito utiliza esta escala para realizar los reportes diarios del IUV (Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito, 2018). La tabla 2-1, indica la escala alternativa de la IFIR con la modificación establecida por la FEPSO.

Tabla 2-1: Valores de IUV establecido por la FEPSO.

IUV	RANGO	RECOMENDACIÓN
MUY BAJO	0-3	Puede mantenerse en el exterior sin riesgo.
BAJO	4-5	Permanezca a la sombra, a medio día utilice gafas.
MODERADO	6-7	Permanezca a la sombra, a medio día utilice sombrero y gafas.
ALTO	8-10	No se exponga innecesariamente al sol.

		busque sombra, gafas, camisa de manga larga.
MUY ALTO	11-15	Evite realizar actividades en exteriores, busque sombra. indispensable el uso de sombrero, gafas, camisa de manga larga.
EXTREMO	≥ 16	Evite realizar actividades en exteriores, busque sombra. indispensable el uso de sombrero, gafas, camisa de manga larga.

Fuente: (Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito, 2018)
Realizado por: Talla, David; 2019.

1.4. Sistemas electrónicos comerciales que permiten mostrar el IUV

El IUV ha ido ganando importancia en la sociedad, por tal motivo y gracias al avance de la tecnología, en la actualidad se cuenta con sistemas electrónicos que permiten difundir a la comunidad el IUV y sus respectivas recomendaciones.

En el mercado ecuatoriano existen dos sistemas electrónicos comerciales que muestran el índice de radiación UV, a continuación se describe cada uno.

1.4.1. Sensor – UV

La empresa GEOMOVIL CIA LTDA, de nacionalidad Ecuatoriana, ofrece un sistema de medición y alerta del IUV en tiempo real, utilizando elementos de alta tecnología y rendimiento, su precio de venta al público es de \$800, este equipo se indica en la figura 9-1, (Geomovil, 2018).

Características principales de este equipo:

- Luces LED RGB que indican el IUV.
- Transmite la medición del IUV cada minuto.
- Dispone de una Aplicación Móvil.

- Dispone de un sensor avanzado que tiene un rango de medición especial para valores altos de UV.
- Estándares según la OMS.
- Panel solar para no depender de conexión de energía eléctrica.



Figura 9-1: Sensor UV.
Fuente: (Geomovil, 2018)

1.4.2. Solmáforo

El solmáforo que se muestra en la figura 10-1, es un sistema electrónico de origen nacional elaborado por, electrónica GOIA, es un sistema que brinda información del IUV en tiempo real, es importante mencionar que este solmáforo se encuentra funcionando en ciudades como Quito, Guayaquil, Riobamba, Loja, Ibarra y Cuenca y tiene un costo de \$5600 (GOIA, 2019).

Características principales de este equipo:

- Semiconductor con banda de medición angosta: UV-B, entre 280 - 390 nm.
- Rango del IUV de 0.5 – 20.
- Dispone de un SAI Interactivo: de suministro de al menos 500W.
- Estándares según la OMS.
- Software de recolección y monitoreo de datos, con transmisión en promedios de 1 minuto de irradiancia UV e IUV.
- Exactitud $\pm 5\%$ del valor real.

- Franja LED de acuerdo al color esperado con un ancho de franja de 45 cm y 20 cm de alto, reflejada en los tres lados.



Figura 10-1: Solmáforo
marca GOIA.

Fuente: (GAD Riobamba, 2018)

1.4.3. Características de sistemas electrónicos que muestran el IUV

La tabla 3-1, indica una comparación de las principales características con las que cuentan los sistemas comerciales que miden el IUV.

Tabla 3-1: Principales características de los sistemas comerciales que indican el IUV.

CARACTERÍSTICAS	SENSOR UV	SOLMÁFORO
Tiempo de operación del sistema.	24 horas	24 horas
Tiempo de actualización de datos.	1 minuto	2 minutos
Visualización de los valores exactos del IUV.	NO	NO
Aplicación móvil para el monitoreo del IUV.	SI	NO
Estandarización del IUV	OMS	OMS
Costo.	ALTO	ALTO

Fuente: (Aguirre, 2018); (GAD Riobamba 2018)

Realizado por: Talla, David; 2019.

1.5. Monitoreo

Según la RAE (Real Academia Española) un monitor es un “aparato electrónico que, a través de señales visuales o acústicas, permite hacer el seguimiento de un proceso o un fenómeno” (coronel, 2017).

De acuerdo a (Pérez & Gardey, 2013), el monitoreo ambiental, consiste en la recolección de información relacionada con el medio ambiente, existen unidades fijas y móviles para el registro, vigilancia e inspección de parámetros como:

- Temperatura.
- Velocidad.
- Dirección del viento.
- Presión atmosférica.
- Precipitaciones.
- Radiación del sol.

1.5.1. Monitoreo Local

El monitoreo local permite evaluar, supervisar y controlar a través de una unidad fija el desempeño de un equipo o proceso, además su función es detectar condiciones anormales en la operación del sistema (Electriclima 2017). La figura 11-1, indica que el monitoreo local consta de tres etapas.



Figura 11-1: Etapas de un proceso de monitoreo local.

Fuente: (Electriclima 2017)

Realizado por: Talla, David; 2019.

1.5.6. Monitoreo Remoto

El monitoreo remoto o también llamada unidad de monitoreo remoto (UMR), en un sistema que permite adquirir mediciones de equipos y transductores de una manera remota, para posteriormente enviarlos a través de la red (internet), al lugar donde se encuentra el usuario u operario (Anónimo 2015).

Las etapas con las que cuenta un proceso con monitoreo remoto se indica en la figura 12-1.



Figura 12-1: Etapas de un proceso de monitoreo remoto.

Fuente: (Electriclima 2017)

Realizado por: Talla, David; 2019.

1.6. Sensores

Tomando como referencia a (Pallás Areny 2007, p. 4), un sensor es un dispositivo electrónico que emite variaciones eléctricas a partir de la detección de estímulos o señales físicas o químicas, tales como temperatura, distancia, aceleración, inclinación, humedad, radiación solar entre otros.

1.6.1. Sensor de radiación ultravioleta

Un sensor UV emite una señal eléctrica a partir de la detección de los rayos UV, todo sensor UV está compuesto por los componentes que muestra la figura 13-1. La respuesta del sensor puede ser un voltaje o una corriente, que posteriormente con ayuda de la electrónica auxiliar se convierte en una señal digital (Dumont et al. 2014, p. 9).

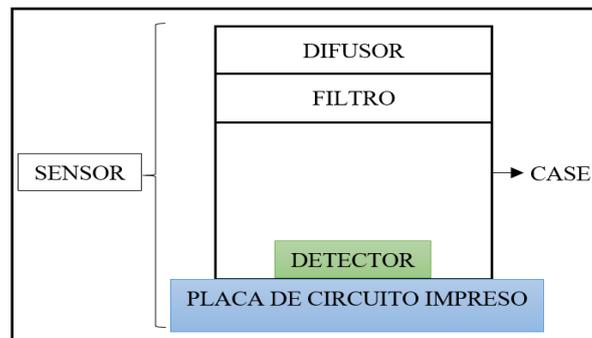


Figura 13-1: Esquema del sensor UV.

Fuente: (Dumont et al. 2014)

Realizado por: Talla, David; 2019.

Los componentes que muestra la figura 13-1, son explicados en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Componentes principales de un sensor UV.

Componente	Definición y Función
Detector.	Generalmente hecho de silicio, el detector convierte la luz en corriente eléctrica. Su composición química impone la respuesta espectral.
Filtro.	Determina las proporciones relativas de cada longitud de onda transmitida al detector.
Difusor.	Recoge la luz de todas las direcciones y la transmite de manera uniforme al filtro. Idealmente tiene una respuesta coseno.
Case.	Soporte mecánico y embalaje para la combinación.
Placa de circuito impreso (PCB).	Permite la conexión a los componentes electrónicos auxiliares para medir y mostrar la salida del detector.

Fuente: (Dumont et al. 2014)

Realizado por: Talla, David; 2019.

1.6.1.2. Calibración de un sensor UV

Según (Dumont et al. 2014, p. 10), los fotodiodos generan una respuesta eléctrica proporcional a la entrada UV, pero la salida eléctrica absoluta varía de un detector a otro. La forma más sencilla de calibrar un sensor UV es emplear una fuente con espectro conocido y en función de este ejecutar una función de calibración lineal basada en la salida medida, es importante mencionar que este tipo de sensores se deben calibrar individualmente.

1.7. Sistema de adquisición de datos (SAD)

Un SAD, es un proceso el cual permite adquirir señales físicas del entorno para posteriormente convertirlas en datos y poder procesar y presentar la información obtenida (Tezén 2012, p. 5).

Un SAD cuenta con las etapas que muestra la figura 14-1.

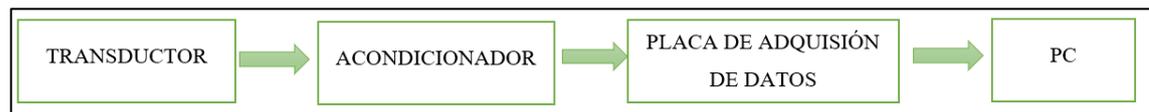


Figura 14-1: Esquema básico de un SAD.

Fuente: (Tezén 2012); (Leyva 2012).

Realizado por: Talla, David; 2019.

En la actualidad en el mercado existe gran variedad de placas de adquisición de datos, las más conocidas son las que pertenecen a la familia de arduino y raspberry, es importante mencionar que algunos transductores ya cuentan con la etapa de acondicionamiento incluida.

1.8. Sistemas de información

Se define como sistema de información, a un grupo de componentes intercomunicados que permite reunir, procesar, almacenar y distribuir información con el propósito de favorecer las actividades de una organización (Chamorro 2013, p. 4-5).

Existen cinco características principales con los que debe contar un sistema de información estas son:

- Precisión.
- Seguridad.
- Concisión.
- Disponibilidad.
- Oportunidad.

1.8.1. Funcionamiento de un sistema de información

Un sistema de información visual debe cumplir con cuatro procesos básicos que se detallan en la tabla 5-1.

Tabla 5-1: Funciones básicas de un sistema de información.

Entrada de información.	Proceso en el cual el sistema de información visual toma los datos que necesita para procesar la información.
Almacenamiento de Información.	Característica del sistema de información visual, que permite recordar la información archivada en el proceso anterior (entrada de información).
Procesamiento de Información.	Es la capacidad con la que cuenta el sistema de información visual para ejecutar cálculos de acuerdo a un orden de operaciones preestablecidas.
Salida de información.	Proceso en el cual el sistema de información visual expone los datos de entrada procesados al exterior.

Fuente: (Chamorro 2013, p. 4-5).

Realizado por: Talla, David; 2019.

1.8.2. Visualizadores

En la actualidad existen varios tipos de tecnologías con los que se puede construir sistemas de visualización. Existen cinco tipos de tecnologías estas son: Fluorescentes al vacío, plasma CC, cristal líquido (LCD), incandescentes y tecnología LED. La tabla 6-1, comparte las características de tres tecnologías de displays (Bruno 2012).

Tabla 6-1: Comparación entre tecnologías de displays.

Características	LED	LCD	AL VACÍO
Brillo.	Buena a excelente.	No disponible.	Buena.
Tipo de caracteres.	7 – 16 seg. Matriz de puntos.	7 – 16 seg. Matriz de puntos.	7 – 16 seg. Matriz de puntos.
Temperatura.	-40° a 85°	-20° a 60°	0° a 55°
Voltaje de alimentación.	1.6 a 5 (Vcd)	3 a 20 (Vcd)	10 a 35 (Vcd)
Potencia.	10 a 250 mW	10 a 250 mW	20 a 250 mW
Tiempo de respuesta.	50 a 500 nSeg	50 a 200 mSeg	1 a 10 µSeg
Tiempo de vida.	100 000 hr	50 000 hr	50 000 hr

Fuente: (Bruno 2012).

Realizado por: Talla, David; 2019.

Analizando la tabla 4-2, la tecnología LED, es la más adecuada para la construcción de un sistema de visualización, esta tecnología cuenta con un adecuado tiempo de respuesta, y un tiempo de vida superior a otros displays.

1.9. Tarjetas de desarrollo

Placa o tarjeta de desarrollo es una placa de circuito impreso con circuitos y hardware necesario para facilitar la experimentación de un determinado microcontrolador, además una tarjeta de desarrollo es un dispositivo que toma la entrada de los usuarios y proporciona una salida correspondiente, estas tarjetas se combinan con un procesador, memoria, chipset y periféricos integrados como LCD, USB, puerto serie, teclado, RTC. Ethernet entre otros (timesworld 2015).

Una tarjeta de desarrollo cuenta con cuatro componentes principales que se muestran en la tabla 7-1.

Tabla 7-1: Componentes principales con los que consta una placa de desarrollo.

Circuito de alimentación.	Configurado para funcionar con una fuente de alimentación de 9v/12v.
Interfaz de programación.	Permite programar el microcontrolador desde una PC.
Entradas y salidas básicas.	Típicamente son botones y LEDs, incluidos en la placa de desarrollo.
Pines de entrada y salida (E/S).	Estos permiten el control de motores, sensores, pantallas LCD y todo lo complementario al proyecto.

Fuente: (electronicsforu 2014, p. 2); (timesworld 2015).

Realizado por: Talla, David; 2019.

En la actualidad gracias a la miniaturización de la electrónica, en el mercado se cuenta con una gran cantidad de tarjetas o placas de desarrollo, cada placa cuenta con su propio lenguaje de programación o sistema operativo, estas tarjetas tienen aplicabilidad en todo sistema electrónico, existen diversas tarjetas de desarrollo entre la principal se tiene: arduino, raspberry, FPGA, tessell, Beaglebone Black entre otras. Para seleccionar una placa de desarrollo adecuada se debe analizar correctamente que microcontrolador usar para esto existen siete parámetros a estudiar estos son (electronicsforu 2014):

- Analizar el requerimiento de interfaces de hardware.
- Estudiar el poder computacional.
- Analizar la velocidad del reloj electrónico que está dentro de la CPU.
- Estudiar la arquitectura del microcontrolador.
- Analizar la memoria Flash y RAM.
- Estudiar la potencia del microcontrolador.
- Analizar el costo.

1.10. Tecnologías de comunicación inalámbricas

Según, (Blázquez 2011, p. 10-11), se define como comunicación inalámbrica a una comunicación entre instrumentos móviles o fijos, o entre personas que intercambian información a través del espectro electromagnético. El uso de estas tecnologías ha sido de gran auge en los últimos años, debido al desarrollo masivo del internet de alta velocidad, además de existir lugares o zonas rurales donde es imposible el uso de cable, y se opta necesariamente por una tecnología inalámbrica. Una red inalámbrica tiene como características principales la movilidad y la escalabilidad.

1.10.1. Clasificación de las tecnologías inalámbricas

En la tabla 8-1, se detalla los diferentes tipos de tecnologías inalámbricas clasificadas por su rango de alcance (Santos 2009, p. 2-4).

Tabla 8-1: Tecnologías inalámbricas según su alcance.

WPAN	WLAN	WMAN	WWAN
Bluetooth.	Wifi.	WiMax.	Satélites geoestacionarios.
UWB.	Hiperlan 2.	MBWA.	Satélites de baja orbita.
Zigbee.			Satélites de orbita media.
RFID.			

Fuente: (Blázquez 2011); (Santos 2009).

Realizado por: Talla, David; 2019.

1.11. Temporizadores

Según (Schneider 2019), los interruptores horarios o temporizadores son elementos que permiten controlar la apertura y el cierre automático de circuitos eléctricos o electrónicos en función del tiempo, es decir a través de programación sencilla se configura los períodos de conmutación requeridos. Los interruptores horarios son para uso industrial, comercial o residencial, es importante mencionar que estos elementos tienen como objetivo el aportar al ahorro de energía y a brindar confort al usuario. En el mercado estos temporizadores se encuentran de tipo analógico y de tipo digital, la tabla 9-1, indica sus características.

Tabla 9-1: Características de los conmutadores temporizados de tipo digital y analógico.

	Temporizador digital	Temporizador analógico
Ventajas.	Fácil programación. Tiempos de conmutación más precisos. Case de protección para exteriores. Supervisión de los eventos programados.	Costo. Case de protección para exteriores.
Desventajas.	Costo.	Programación dificultosa.

		Tiempo de conmutación bajo. Carece de supervisión de eventos programados.
--	--	--

Fuente: (Schneider 2019); (Electricidad 2014).
Realizado por: Talla, David; 2019.

1.12. Fuentes de alimentación

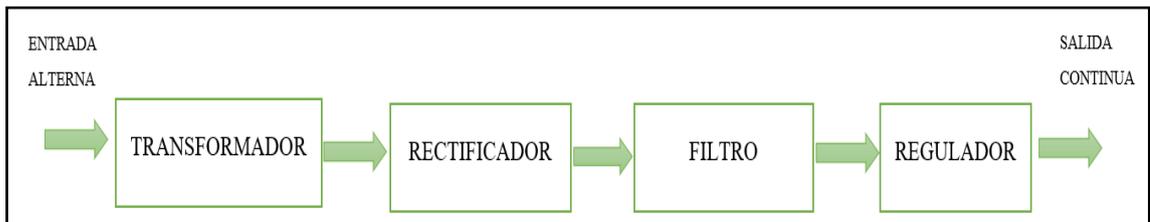


Figura 15-1: Etapas de una fuente de alimentación.

Fuente: (Pardo y Bailon 2007).
Realizado por: Talla, David; 2019.

Tomando como referencia a (Pardo y Bailon 2007), una fuente de alimentación es un dispositivo electrónico que transforma la entrada de tensión alterna de la red en una tensión continua, este dispositivo tiene como función suministrar los niveles adecuados de tensión que requiere el circuito electrónico para su correcto funcionamiento, las fuentes de alimentación están compuestas por cuatro etapas que se observan en la figura 15-1.

Existen tres tipos de fuentes de alimentación la fuente lineal, la conmutada y los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI), en la tabla 10-1, se analiza cada una de ellas.

Tabla 10-1: Características de las fuentes de alimentación.

	Fuente lineal.	Fuente conmutada.	SAI.
Ventajas.	Diseño sencillo. Bajo costo. No acoplan ruido en alta frecuencia. Disponen de una buena regulación y velocidad.	Mayor rendimiento energético. Menor producción de calor. Disponen de un transformador de alta frecuencia. Tamaño, peso y costo adecuado. Sistema compacto. No produce efectos dañinos al medio ambiente.	Gran eficacia. Cuenta con sistema de refrigeración.
Desventajas.	Bajo rendimiento. Producen demasiado calor. Elevado volumen y peso.	Diseño complejo. Puede ser afectadas por interferencias electromagnéticas.	Costo extremadamente elevado.

Fuente: (Pardo y Bailon 2007)
Realizado por: Talla, David; 2019.

1.13. Plataformas IoT

El internet de las cosas (IoT), es una tecnología que ha crecido exponencialmente en los últimos años, su propósito es de dotar de inteligencia a las cosas a través de controladores, transductores, actuadores entre otros, a partir de lo mencionado se obtiene información en forma de datos que se los puede monitorear, supervisar y controlar por medio de una plataforma IoT (Garrido 2015), estas plataformas están alojadas en clústers de gran poder de almacenamiento. En la actualidad existe una cantidad considerable de plataformas IoT de open source y de pago pero el funcionamiento es el mismo.

Características con las que cuentan las plataformas IoT.

- Conectividad.
- Gestión de dispositivos.
- Base de datos.
- Gestión de datos.
- Representación de datos.
- Análisis de datos.

1.14. Aplicaciones móviles

Una aplicación móvil también conocida como APP, es un programa informático inventado para ejecutar o facilitar una tarea concreta o específica en un dispositivo móvil, a nivel de programación existen dos tipos de aplicaciones la primera es el desarrollo móvil WEB, y la segunda desarrollo móvil nativo (Artica 2014).

1.14.1. Desarrollo móvil WEB

Este desarrollo consiste en el desarrollo de una APP, compatible con distintas plataformas como Android, iOS y Windows Phone, desde la nube, es decir no se necesita instalar ningún ejecutable en el dispositivo móvil.

1.14.2. Desarrollo móvil nativo

Una aplicación móvil de tipo nativo, es aquella aplicación que se instalan por medio del sistema de archivos del dispositivo móvil y son distribuidas por mercados de APP, como AppStore o Play Market.

Después de realizar una revisión bibliográfica adecuada, y un análisis profundo a todo lo expuesto en este capítulo, se evidencia que es necesario implementar un proyecto técnico en el cantón Guano, este sistema debe contar con la escala de valores propuesto por la FEPSO ya que es la adecuada para esta población, de igual manera se debe tener un tiempo de operación adecuado ya que la literatura dice que el IUV se debe monitorear de 6 am a 6 pm, durante la noche es innecesario el monitoreo, además la OMS recomienda que el IUV se debe supervisar en un período de entre 5 a 10 minutos, por otra parte los sistemas comerciales no presentan una manera adecuada de mostrar el IUV, estos sistemas únicamente indican mediante un color no a través de un valor numérico que es lo óptimo, finalmente estos aparatos en el mercado ecuatoriano poseen un costo excesivo, por todo lo mencionado y con la aprobación del GAD del cantón Guano, se realiza este trabajo de titulación denominado: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO LOCAL Y REMOTO DEL ÍNDICE UV, DESTINADO AL CANTÓN GUANO”.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se aprecia el proceso del diseño de hardware y software del sistema electrónico, además se muestra y estudia cada etapa que compone este dispositivo, los componentes que se utilizan y los diagramas eléctricos y electrónicos del sistema de monitoreo del índice de radiación UV.

2.1. Requerimientos para la implementación del sistema electrónico

Los requerimientos con los que debe contar el sistema electrónico de monitoreo del IUV, se establecen en función de las necesidades del GAD-GUANO, ya que es un proyecto técnico a implementarse en el cantón Guano, por tal motivo representantes del cabildo municipal solicitan que el sistema electrónico debe contar con los siguientes exigencias.

- Ser un equipo funcional que indique el índice de radiación UV en tiempo real y sus respectivas recomendaciones de protección a la población del cantón Guano.
- El índice de radiación UV debe ser mostrado en una aplicación móvil con conexión a internet, con el objetivo que la población pueda prevenir una exposición innecesaria a los rayos UV.
- El visualizador donde se muestra el índice de radiación UV deber ser de un tamaño considerable.
- Ser un dispositivo que optimice el consumo de energía eléctrica.
- Las dimensiones de la estructura mecánica deben ser acorde al lugar de implantación.

2.2. Concepción general del diseño del sistema electrónico

Para tener una idea clara y precisa del diseño del sistema electrónico se muestra la figura 1-2, que indica brevemente como está compuesto el diseño eléctrico y electrónico del sistema, desde la parte superior hacia la inferior la imagen expone como el sensor UV capta o recibe los rayos UV, para posteriormente realizar el monitoreo local y remoto de índice de radiación UV en tiempo real, además cuenta el sistema con un sistema que permite controlar el encendido y apagado del mismo lo que permite un ahorro de energía sustancial.

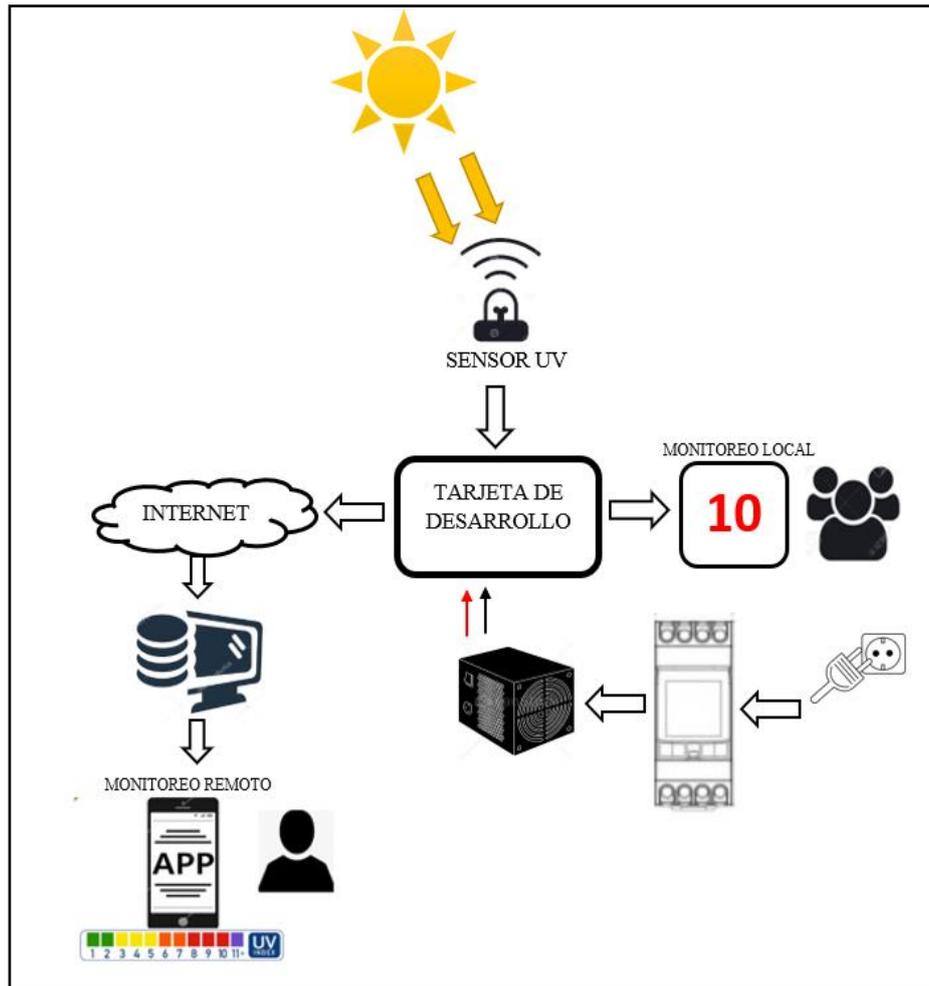


Figura 1-2: Concepción general del sistema electrónico.
Realizado por: Talla, David; 2019.

2.3. Etapas que componen el sistema electrónico

En la figura 2-2, muestra las etapas con las que está constituido el sistema electrónico que permite el monitoreo local y remoto del índice UV, sus diferentes etapas se detallan a continuación.

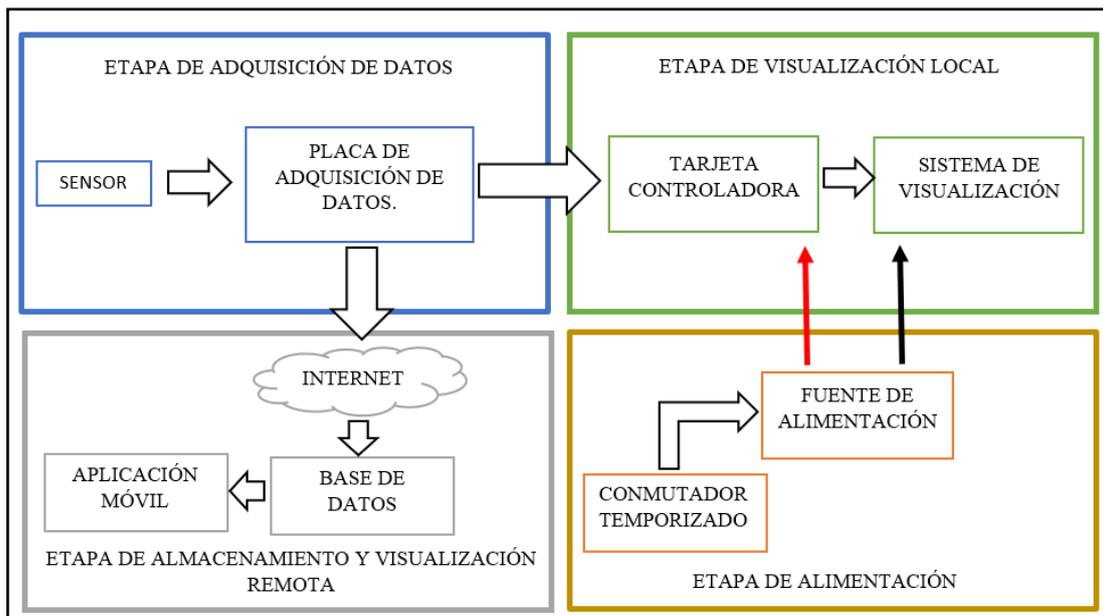


Figura 2-2: Diagrama general del sistema electrónico.

Realizado por: Talla, David; 2019.

2.3.1. Etapa de adquisición de datos

En esta etapa el sensor UV, capta los rayos UV y emite una señal eléctrica, que es receptada y procesada por la tarjeta de adquisición de datos que realiza dos funciones la primera enviar los datos a la tarjeta que controla al sistema de visualización y la segunda es enviar la información a la base de datos de una plataforma IoT.

2.3.2. Etapa de visualización local

En esta etapa a través de comunicación serial, la tarjeta controladora recibe los datos enviados por la placa de adquisición de datos, para posteriormente ser enviados a un sistema de visualización que permite mostrar y monitorear de una manera local el índice de radiación UV.

2.3.3. Etapa de almacenamiento y visualización remota

La información procesada por la tarjeta de adquisición de datos es enviada por comunicación inalámbrica hacia una base de datos, incluida en una plataforma IoT, estos datos son recogidos por una aplicación móvil que permite el monitoreo remoto del índice de radiación UV en tiempo real.

2.3.4. Etapa de alimentación

A través de una fuente de alimentación, esta etapa es encargada de proveer energía a todo el sistema electrónico, esta etapa además dispone de un conmutador temporizado que es el encargado del control de encendido y apagado del sistema electrónico.

2.4. Selección del hardware que compone el sistema electrónico

En este apartado se selecciona cada uno de elementos de hardware que compone el sistema electrónico.

2.4.1. Sensor UV

Para seleccionar el sensor apropiado para este sistema electrónico se estudió tres alternativas de sensores UV, el TOCON E-2, el RK 200-07 y el ML8511, estos permiten medir el índice de radiación UV de una manera sencilla y confiable, la tabla 1-2, muestra las principales características con las que cuentan estos sensores.

Tabla 1-2: Características de los sensores UV.

	TOCON E-2	RK 200-07	ML 8511
Voltaje de entrada.	2.5 a 5V	5, 12 y 24V	-0.3 a +4.6 V
Rango espectral.	297 – 391 nm	280 – 400 nm	280 – 300 nm
Linealidad.	SI	NO	SI
Respuesta espectral compatible con la norma ISO 17166.	SI	NO	NO
Salida del sensor.	Analógica	Analógica	Analógica
Tiempo de respuesta.	0.182s	≤ 1s	-
Temperatura de funcionamiento.	-25 a +85 °C	-40 a +85 °C	-
Costo.	\$200	\$350	\$40

Fuente: (TOCON E-2 [sin fecha]); (RK200-07 2015) y (ML8511 2013).

Realizado por: Talla, David; 2019.

Después de analizar la tabla 1-2, se escoge la primera opción es decir el sensor UV TOCON E-2, figura 3-2, ya que cuenta con mejores características con respecto a los otros dos sensores, este

transductor es lineal, con salida de señal analógica, además la característica más importante que cuenta es que su respuesta espectral es compatible con la norma ISO 17166, que formula el IUV.



Figura 3-2: Sensor UV TOCON E-2.
Realizado por: Talla, David; 2019.

2.4.2. Placa de adquisición de datos

Para receptar y procesar la señal eléctrica emitida por el sensor TOCON E-2 se requiere de una placa de adquisición de datos, en el mercado local existe una gran variedad de ejemplares, la tabla 2-2, muestra una comparativa entre dos elementos que cumplen con esta función.

Tabla 2-2: Características de dos placas de adquisición de datos.

	NodeMCU	Arduino YUN.
Voltaje de alimentación.	5V	5V
Tecnología Wi-Fi.	IEEE 802.11b/g/n	IEEE 802.11b/g/n
Frecuencia de reloj.	80 MHz / 160MHz	16 MHz
Entrada analógica.	SI	SI
Comunicación serial.	SI	SI
Consumo de corriente.	10uA – 170mA	40mA – 50mA
Costo.	BAJO	ALTO

Fuente: (Handson Technology [sin fecha]); (Jameco [sin fecha]).

Realizado por: Talla, David; 2019.

La tabla 2-2, permite realizar un comparativa sencilla entre dos placas de adquisición de datos pertenecientes a la familia de arduino, en función de sus características se eligió el NodeMCU, basada en el chip ESP8266, que se muestra en la figura 4-2, se escogió esta placa por la velocidad de procesamiento con la que cuenta, dispone de una conversor analógico/digital ideal para el sensor TOCON E-2, tiene bajo costo de adquisición, además cuenta con un entorno de programación sencillo y de código abierto.



Figura 4-2: NodeMCU.
Realizado por: Talla, David; 2019.

2.4.3. Visualizador

Al ser un proyecto técnico informativo y educativo a implementarse en el cantón Guano, se requiere de un sistema de visualización adecuado para la correcta difusión del IUV, además de una visualización a una distancia considerable, la tecnología que más se ajusta al desarrollo de este trabajo de titulación es la LED, particularmente los displays de matriz de puntos o conocido también como matriz de LEDs.

Según (González 2008), una matriz de puntos, es un arreglo de diodos LEDs ordenados en columnas y filas y operan dependiendo de la corriente que circula por cada pixel es decir por cada LED, lo que diferencia esta tecnología a otros displays es su precio y disponibilidad ya que en la actualidad en el mercado existen varios ejemplares disponibles. Al hablar de matrices LED, se habla de aplicación, tamaño y precio, para este trabajo de titulación se requiere de matrices LED RGB 64*32, como se muestra en la figura 5-2, ya que los valores a mostrar del índice de radiación UV se debe visualizar en función del color que indican los órganos reguladores del IUV.

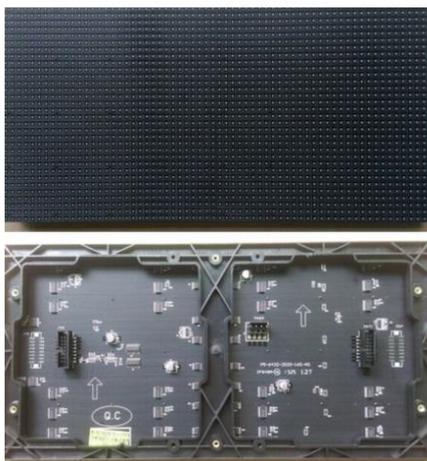


Figura 5-2: Parte delantera y posterior de la matriz LED RGB.

Realizado por: Talla, David; 2019.

La matriz LED RGB 64*32, dispone de 2048 LEDs RGB a todo color, cada LED se puede controlar independientemente, se requieren de al menos 13 GPIO digitales (6 bits de datos y 7 bits de control) para controlar la matriz LED, en la parte posterior de la matriz cuenta con dos conectores IDC HUB-75, uno de entrada y otro de salida, se pueden encadenar en cascada múltiples matrices para formar pantallas de gran tamaño, para controlar la visualización de estas matrices se recomienda utilizar controladores con gran RAM y alta velocidad de procesamiento.

A continuación, en la tabla 3-2, se indica las características técnicas de la matriz LED RGB 64*32, para más detalle de esta matriz se adjunta el Anexo B.

Tabla 3-2: Principales características de la matriz LED RGB.

Tamaño de pixel	0.157 pulgadas
Modo de transmisión	Corriente constante
Modo de escaneo	1/16
Modelo de píxel	64*32 pixeles
Densidad de corriente	62500 puntos/metro cuadrado
Brillo	>=1000 cd/metro cuadrado
Peso	0.6 lbs
Voltaje de funcionamiento	5 V
Corriente máxima	<3.4 A
Consumo de energía	< 493 W/metro cuadrado
Tipos de tubos LED	SDM2020
Frecuencia de actualización	>= 1920 Hz
Ángulo de visión	H: 140 grados / V: 140 grados

Vida útil	>= 100000 horas
-----------	-----------------

Fuente: (DFROBOT 2019).

Realizado por: Talla, David; 2019.

2.4.4. Tarjeta controladora

Después de realizar un estudio del display a utilizarse, en este apartado se escogerá el controlador que más se ajuste a las exigencias de la matriz LED, estos dispositivos al ser de un tamaño considerable (grande), se requiere de controladores con alta velocidad de procesamiento y con una elevada memoria RAM, para lo cual recomiendan utilizar Arduino Mega, Raspberry Pi, BBB entre otros, en la tabla 4-2, se analizan dos controladores que cuentan con las características mencionadas.

Tabla 4-2: Comparación entre dos tarjetas de desarrollo.

Característica.	Arduino Mega.	Raspberry Pi 3B+.
Microcontrolador.	ATmega2560.	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz.
RAM.	8KB	1 Gb
Voltaje de Alimentación.	7 – 12V	5V
GPIO.	54 pines digitales. 16 pines analógicos.	40 pines
Frecuencia de reloj.	16 Mhz	1.4 Ghz
Corriente que consume.	90 mA	2 A
Micro SD	NO	SI

Fuente: (RobotShop 2018); (Raspberry Pi 2019).

Realizado por: Talla, David; 2019.

Analizando la tabla 4-2, se decide utilizar una Raspberry Pi 3B+, ya que como se mencionó previamente las matrices LED RGB necesitan controladores con amplia memoria RAM y una velocidad de procesamiento elevada y claramente se observa que la Raspberry se adapta adecuadamente a estos requerimientos, a su vez cuenta con los pines necesarios para el control de los displays. En la figura 6-2, se observa la tarjeta controladora seleccionada.



Figura 6-2: Raspberry 3 modelo B+.
Realizado por: Talla, David; 2019.

2.4.5. Fuente de alimentación

Para seleccionar la fuente de alimentación se debe tener en cuenta la cantidad de corriente que consume cada elemento electrónico que compone el sistema, en la tabla 5-2, se detalla el consumo de corriente al datasheet de cada elemento.

Tabla 5-2: Consumo de corriente de los elementos electrónicos.

Elemento electrónico.	Voltaje de alimentación.	Consumo de corriente.
Sensor TOCON E-2.	5 V	150 μ A = 0.00015 A
NodeMCU.	5 V	170 mA = 0.17 A
Matrices LED RGB 64*32.	5 V	6.8 A
Raspberry 3 B+.	5 V	2 A
Total, de consumo.		8.97 A

Fuente: (TOCON E-2 [sin fecha]); (Handson Technology [sin fecha]), (Raspberry Pi 2019) y (DFROBOT 2019).

Realizado por: Talla, David; 2019.

Al observar la tabla 5-2, se observa que el sistema electrónico requiere de una fuente de alimentación de tipo conmutada que cuente con múltiples salidas de 5V, y con una corriente de 8.97 A, para lo cual se optó por la fuente que se muestra en la figura 7-2, esta fuente es la que más se ajusta a las necesidades requeridas.



Figura 7-2: Fuente de alimentación conmutada 5V, 12A.

Realizado por: Talla, David; 2019.

Las características técnicas con las que cuenta esta fuente de alimentación se presentan en la tabla 6-2.

Tabla 6-2: Características de la fuente de alimentación de tipo conmutada.

Voltaje de entrada.	110V/220V
Voltaje de salida.	5V
Corriente de salida.	12A
Potencia.	60W
Frecuencia.	60Hz
Protección.	Sobrecarga/cortocircuito/sobretensión.

Fuente: (LEDenTiras 2019).

Realizado por: Talla, David; 2019.

2.4.6. Temporizador digital

Para controlar el encendido y apagado automático del dispositivo, es necesario el uso de un temporizador electrónico, en el mercado existe una amplia variedad de estos elementos pero el que más se ajusta a las necesidades de este sistema es que indica la figura 8-2, se trata de un temporizador digital 3SHC18A, de marca SASSIN, este dispositivo dispone de períodos de conmutación precisos y de una fácil manipulación y programación.



Figura 8-2: Temporizador digital.

Realizado por: Talla, David; 2019.

Las principales características con las que cuenta este temporizador electrónico son las que se detallan en la tabla 7-2.

Tabla 7-2: Características del temporizador marca SASSIN.

Capacidad de carga.	25 A – 250 Vca
Operación de encendido y apagado.	8 encendido. 8 apagado.
Potencia.	43.5W
Histéresis.	$\leq 2s$ / día (25 °C)
Temperatura de operación.	-20 a 70°C
Display.	LCD

Fuente: (TDDT7 2019).

Realizado por: Talla, David; 2019.

2.5. Almacenamiento de datos

El sistema electrónico requiere de un lugar donde almacenar todos los valores medidos del IUUV, para cumplir esto se requiere de una base de datos, al ser esta una característica de las plataformas IoT se opta por hacer el análisis de tres plataformas que se indica en la tabla 8-2.

Tabla 8-2: Comparación entre plataformas IoT.

Características.	ThingSpeak	Carriots	Axeda
Soporte heterogéneo de dispositivos.	SI	SI	NO
Cloud.	SI/Centralizado	SI	SI
Open Source.	SI	NO	NO

Seguridad.	2 niveles	Acceso seguro.	Basado en privilegios de usuarios.
------------	-----------	----------------	------------------------------------

Fuente: (Castillo, 2015, p. 44); (Garrido 2015)

Realizado por: Talla, David; 2019.

En la tabla 8-2, se aprecia que la plataforma IoT de nombre ThingSpeak es la que más se adapta, a los requerimientos del sistema ya que dispone de librerías propias que realizan una interacción sencilla con tarjetas de desarrollo, esta plataforma es de código abierto y no tiene costo alguno, además el monitoreo del IUUV debe ser cada 5 minutos de 6 am – 6 pm, por lo que al día se almacenan 144 datos, ThingSpeak permite almacenar 250 000 datos gratuitos al mes y permite tener un historial ilimitado para acceder a los datos almacenados.

2.6. Implementación general de hardware del sistema electrónico

En la figura 9-2, se aprecia las conexiones de todo el hardware del sistema electrónico de monitoreo, este dispositivo está compuesto por el sensor UV, el NodeMCU, la Raspberry Pi 3B+, las matrices LED RGB, la fuente de alimentación y el temporizador.

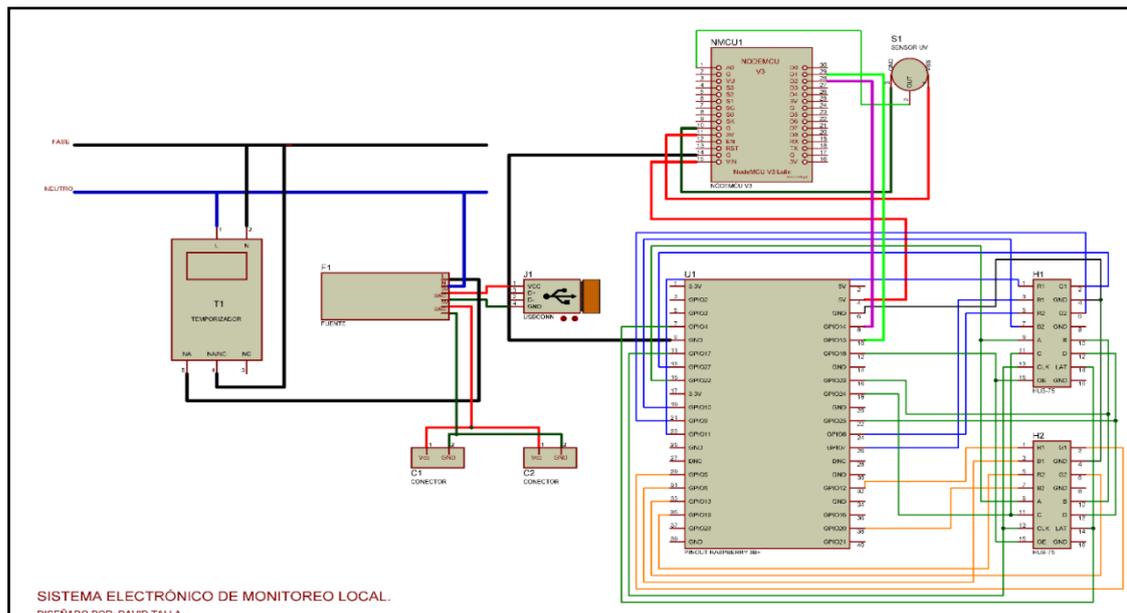


Figura 9-2: Diseño general del hardware del sistema electrónico.

Realizado por: Talla, David; 2019.

A continuación, se detalla de una manera más amplia las diferentes conexiones de los elementos de hardware con las que cuenta el presente trabajo de titulación.

2.6.1. Implementación de la etapa de adquisición del IUV

El sensor TOCON E-2, es el encargado de recibir los rayos UV, la salida del sensor es ingresada al convertor analógico/digital (ADC), de la placa NodeMCU, que tiene la función de procesar, calcular y enviar la información del IUV. Esta etapa está compuesta por dos elementos de hardware: el sensor TOCON E-2 y la placa de desarrollo NodeMCU.

En la figura 10-2, se observan las conexiones entre el sensor TOCON E-2 y el NodeMCU, el sensor dispone de tres pines, dos de alimentación (positivo y negativo) y uno de salida, es importante mencionar que la salida del sensor es de tipo analógica.

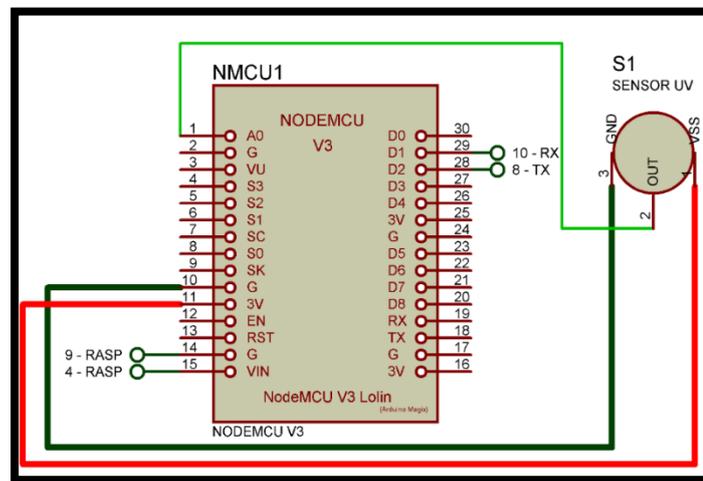


Figura 10-2: Etapa de adquisición del IUV en función de su hardware.

Realizado por: Talla, David; 2019.

- El pin número dos (OUT) del sensor es conectado al ADC (A0) del NodeMCU.
- Los pines 1 y 3 (VSS y GND) son conectados a los pines 11 y 10 (3.3V y GND) respectivamente de la placa, el sensor tiene una alimentación de 3.3V.
- Los terminales 28 y 29 (TX y RX) del NodeMCU, se conectan con los pines 8 y 10 (TX y RX) de la Raspberry Pi 3B+, esta conexión permite realizar la comunicación serial entre las dos placas de desarrollo.
- Las patillas 15 y 14 (VIN y GND) del NodeMCU son conectadas con los pines 9 y 4 (5V y GND) de la Raspberry respectivamente, estos terminales tienen como función alimentar al NodeMCU con 5V.

2.6.2. Implementación de la etapa de visualización local

La etapa de visualización es la encargada de mostrar el índice de radiación UV de una forma local, para realizar esto se utiliza dos matrices LED RGB de 64*32, que utilizan como tarjeta controladora una Raspberry Pi 3B+, y son conectados a través de 3 cables planos dos de 16 pines para las dos matrices y uno de 40 pines para el GPIO del controlador.

La figura 11-2, indica las diferentes conexiones de la Raspberry con las matrices LED, estos visualizadores LED cuentan con conector HUB-75, este conector tiene 16 pines de los cuales 6 pines corresponden a datos y 7 patillas a control.

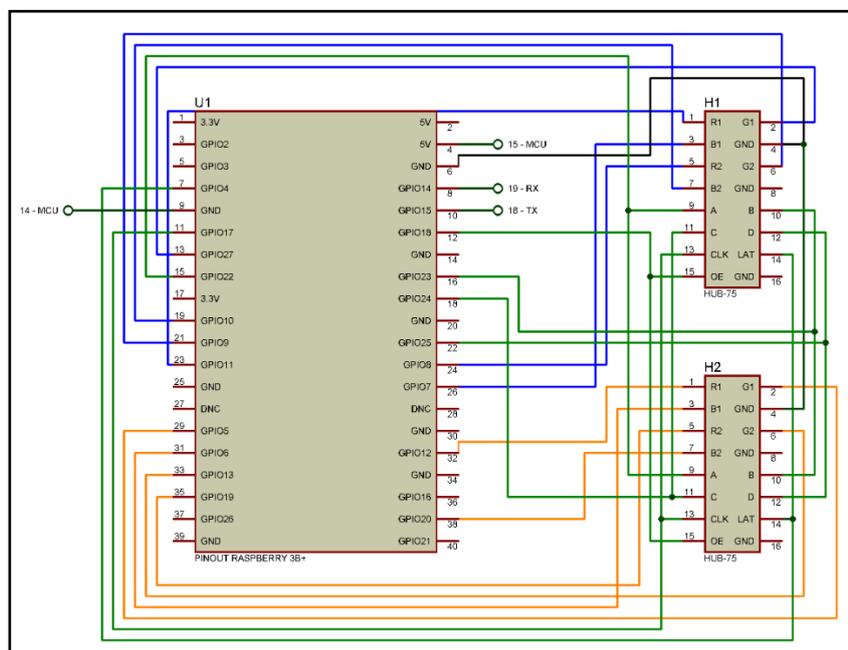


Figura 11-2: Etapa de visualización local en función de hardware.
Realizado por: Talla, David; 2019.

Para una mejor comprensión de las diferentes conexiones realizadas en esta etapa, se realiza la tabla 9-2, que indica las conexiones entre la Raspberry Pi, las dos matrices LED y el NodeMCU.

Tabla 9-2: Conexiones realizadas en la etapa de visualización local.

Raspberry Pi 3B+ (U1).	Matriz Uno (H1).	Matriz Dos (H2).	NodeMCU.
04 – 5V			15 - VIN
06 – GND	04 – GND	04 - GND	
07 – GPIO04	14 – LAT	14 - LAT	
08 – GPIO14 – TXD			19 – RX
09 – GND			14 – GND

10 – GPIO15 – RXD			18 - TX
11 – GPIO17	13 – CLK	13 – CLK	
12 – GPIO18	15 – OE	15 – OE	
13 – GPIO27	02 – G1		
15 – GPIO22	09 – A	09 – A	
16 – GPIO23	10 – B	10 – B	
18 – GPIO24	11 – C	11 – C	
19 – GPIO10	07 – B2		
21 – GPIO09	06 – G2		
22 – GPIO25	12 – D	12 – D	
23 – GPIO11	01 – R1		
24 – GPIO08	05 – R2		
26 – GPIO07	03 – B1		
29 – GPIO05		02 – G1	
31 – GPIO06		03 – B1	
32 – GPIO12		01 – R1	
33 – GPIO13		06 – G2	
35 – GPIO19		05 – R2	
38 – GPIO20		07 – B2	

Realizado por: Talla, David; 2019.

Para completar la información de la tabla 9-2, es importante mencionar que los casilleros de color verde pertenecen a bits de control y los casilleros de color azul y naranja son bits de datos de la matriz uno y dos respectivamente.

2.6.3. Implementación de la etapa de alimentación

Esta etapa es la encargada de abastecer de voltaje continuo a todo el sistema electrónico, está compuesto por una fuente conmutada, por un micro USB para alimentar la Raspberry Pi, y por un temporizador digital.

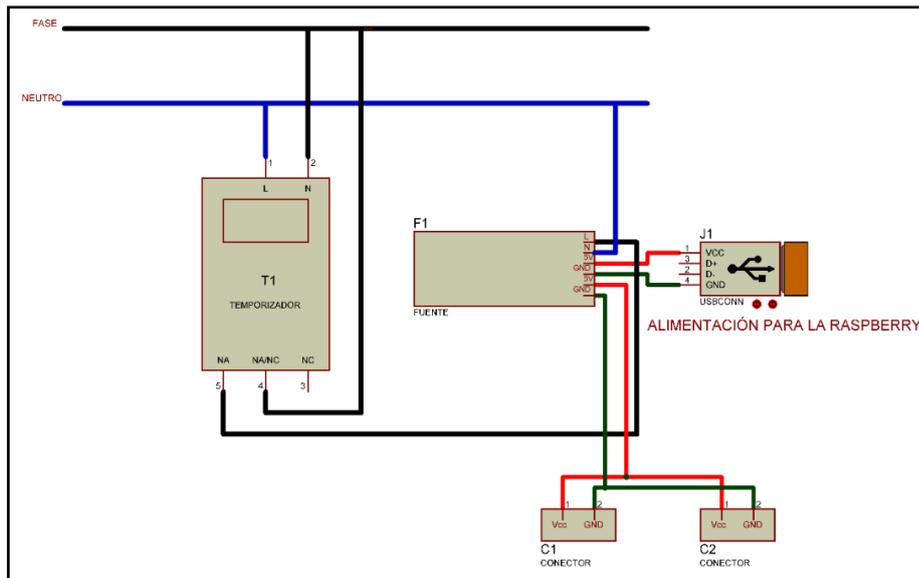


Figura 12-2: Etapa de alimentación en función de su hardware.
Realizado por: Talla, David; 2019.

La figura 12-2, muestra las uniones de los elementos de hardware que permiten surtir de alimentación a las dos etapas estudiadas previamente. La unión de este bloque se detalla a continuación.

- De la red eléctrica doméstica llegan una fase y un neutro, la fase es conectado al terminal dos y el neutro al terminal uno del temporizador, este conmutador horario se alimenta con la red doméstica es decir de 110 – 120Vca.
- La fuente de alimentación cuenta con 2 terminales de alimentación uno de fase que es conectado al contacto NA (5), del temporizador (T1) y el neutro que se conecta directamente de la línea.
- Esta fuente proporciona dos salidas de 5Vcd, una de ellas se empalma a un conector micro USB de tipo macho (J1), que permite alimentar la Raspberry Pi.
- La otra salida de 5Vcd, se emplea para alimentar las dos matrices LED RGB (C1) y (C2) directamente.

2.7. Diseño general de software del sistema electrónico

La figura 13-2, indica el diagrama de flujo que representa en forma general los diferentes programas y rutinas que se han generado para cumplir los requerimientos propuestos en este sistema electrónico, las herramientas utilizadas para la creación del software son:

IDE Arduino 1.8.10 empleado en el NodeMCU.

IDE es un entorno de desarrollo de código abierto y basado en el lenguaje C++, dispone de librerías gratuitas que facilitan la relación entre el hardware y las distintas instrucciones y operaciones que se desean ejecutar.

Python 3.7.4 empleado en la Raspberry 3B+.

Python es un lenguaje de programación que tiene cinco características importantes estas son: se trata de un lenguaje interpretado, multiparadigma, dispone de un tipado dinámico, es multiplataforma y es de código abierto (Python 2019).

FontForge crea la fuente para el sistema de visualización local.

Es un software que permite crear, editar o convertir una variedad de fuentes de contorno y de mapa de bits, es de código abierto, multiplataforma además dispone de un módulo de python que permite integrarse con cualquier programa de Python (FontForge 2019).

ThingSpeak proporciona la base de datos.

Es una plataforma online que permite almacenar datos de sensores que son enviados desde tarjetas de desarrollo como Arduino, Raspberry, BeagleBone Black entre otras.

Android Studio para la creación de la aplicación móvil.

Es un entorno de desarrollo integrado que permite realizar cualquier aplicación móvil en la plataforma Android, este software es basado en IntelliJ IDEA de JetBrains, además es un entorno multiplataforma y de código abierto (Android Studio).

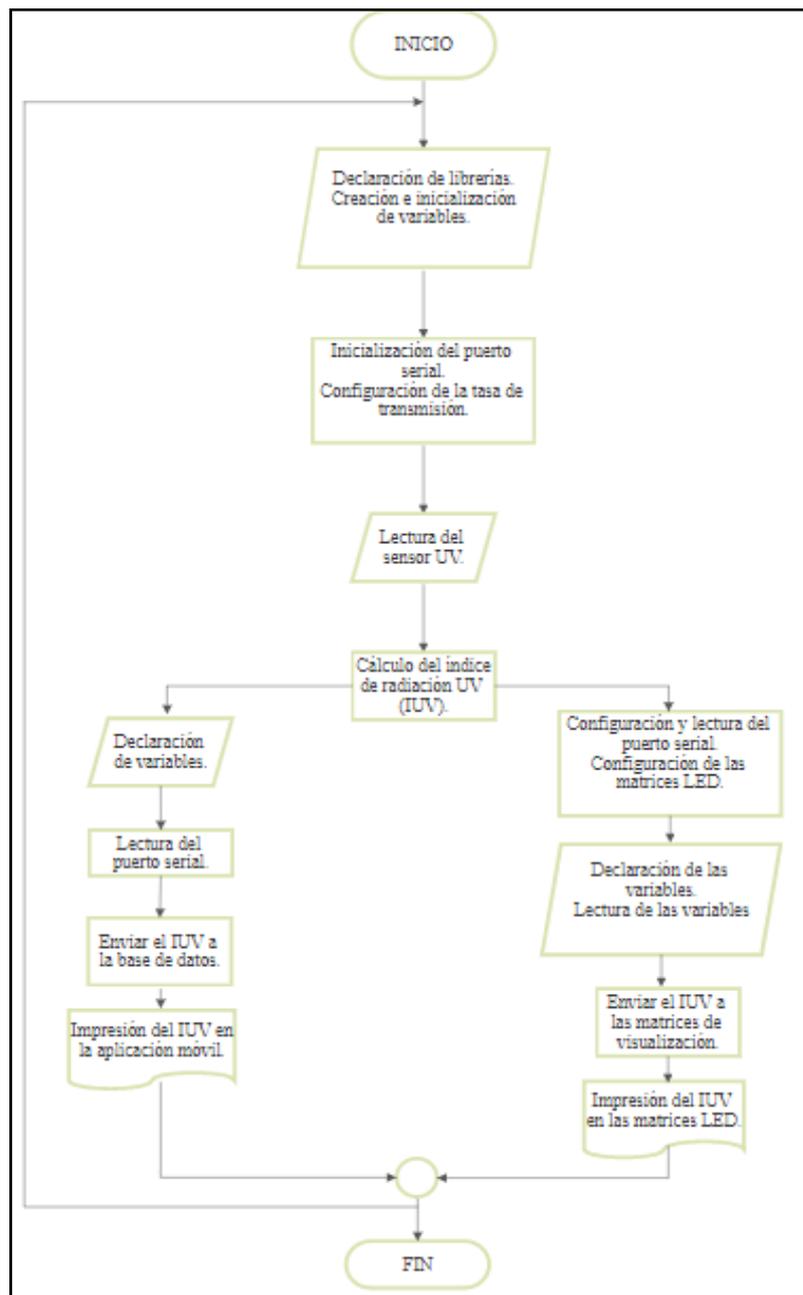


Figura 13-2: Diagrama de flujo general del sistema electrónico implementado.
Realizado por: Talla, David; 2019.

2.7.1. Diseño de la etapa de adquisición de datos en función de su software

La placa NodeMCU es compatible con el entorno de programación de Arduino, por tal motivo la herramienta que se utiliza en el desarrollo de esta etapa es el IDE 1.8.10.

Para obtener el IUV se utiliza un detector de banda ancha en este caso el sensor TOCON E-2 que es alimentado con 3.3V, el ADC de la placa entrega valores analógicos de 0 a 1023, estos valores

deben ser transformados a voltaje entre 0 y 3.3V, la hoja de datos del TOCON E-2 afirma que un $I_{IUV} = 170\text{mA}$. Tomando en cuenta lo mencionado el IUV se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$IUV = 3300 * \frac{a}{1023} * \frac{1}{170} \quad (2)$$

Donde:

a = valor que entrega el pin analógico del NodeMCU.

Es importante mencionar que este sistema electrónico en función de su voltaje de alimentación dispone de un rango de medición IUV de 0 a 19. La figura 14-2, muestra el diagrama de flujo de software utilizado para obtener el IUV a partir de las lecturas que toma el sensor, además el IUV obtenido es transferido a la etapa de visualización local y a la de almacenamiento.

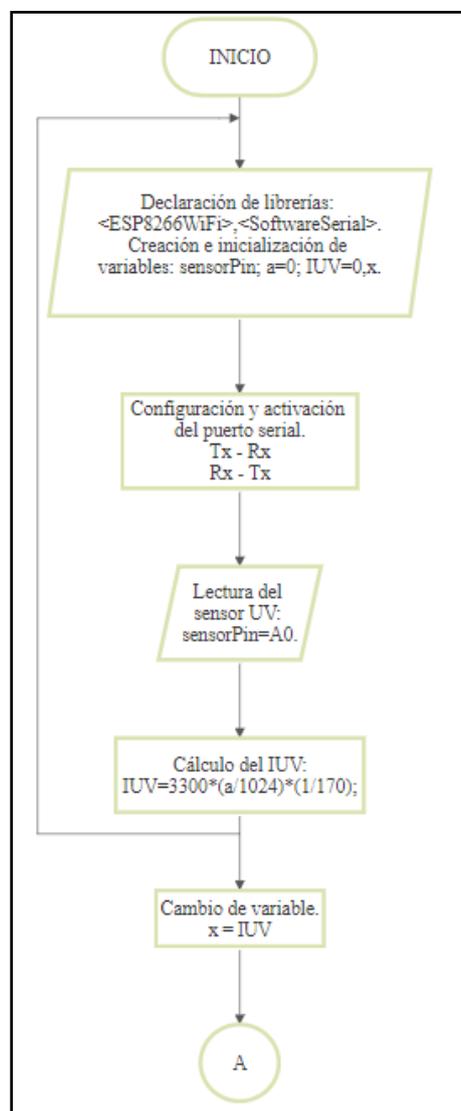


Figura 14-2: Diagrama de flujo de la etapa de adquisición de datos.

Realizado por: Talla, David; 2019.

Este diagrama cuenta con seis pasos que se mencionan a continuación.

- Declaración de librerías.

#include <ESP8266WiFi.h>: Esta librería genera rutinas específicas WiFi de ESP8266 a las que citamos para conectarnos a la red.

#include <SoftwareSerial.h>: Permite la comunicación serie a través de dos pines del NodeMCU.

- Creación e inicialización de las variables.
- Configuración y activación del puerto serie.

SoftwareSerial swSer(4, 5): Se configura un nuevo puerto serie.

- Lectura del sensor UV.
- Cálculo del IUV empleando la ecuación 2.
- Asignación de una variable específica al IUV, esta variable es enviada a la base de datos y la raspberry. El código completo desarrollado en el IDE de Arduino se adjunta en el Anexo C.

2.7.2. Diseño de la etapa de visualización local

La placa de desarrollo que se utiliza en esta etapa es la Raspberry Pi, por tal motivo la herramienta de software que se utiliza es Python 3.7.4.

Primero se selecciona la escala de colores de IUV con la que se va a trabajar, en el capítulo uno se menciona que la escala a utilizar en este sistema electrónico es la recomendada por la FEPSO, que dispone de seis niveles con sus colores característicos. Para mostrar los colores en el visualizador, la matriz LED dispone de diodos RGB (Red – Green – Blue), que utilizando el código de colores hexadecimal se pudo obtener los colores deseados. La tabla 10-2, muestra los colores y el código hexadecimal que utilizó en este diseño.

Tabla 10-2: Código de colores en formato hexadecimal.

Color según el nivel de IUV	Código de color hexadecimal
	149, 216, 0
	81, 255, 68
	255, 255, 0
	255, 111, 0
	255, 0, 0
	222, 0, 255

Realizado por: Talla, David; 2019.

Para el sistema de visualización se emplean dos matrices LED RGB de 64*32, para mostrar el IUV se decidió colocar las dos matrices en paralelo con el propósito de ampliar el tamaño del número que se muestra. Al realizar lo mencionado obligatoriamente se necesita de un archivo de fuente que contenga los números en formato distribución de mapa de bits, para generar la fuente se utilizó el software FontForge. La figura 15-2, indica los diferentes números que se generaron en el software.



Figura 15-2: Fuente generada en formato mapa de bits.

Realizado por: Talla, David; 2019.

En la figura 16-2, se aprecia el diagrama de flujo de software que permite la recepción del IUV, y la visualización del mismo.

El código completo desarrollado en el entorno de programación Python 3.7.4 se adjunta en el Anexo D.

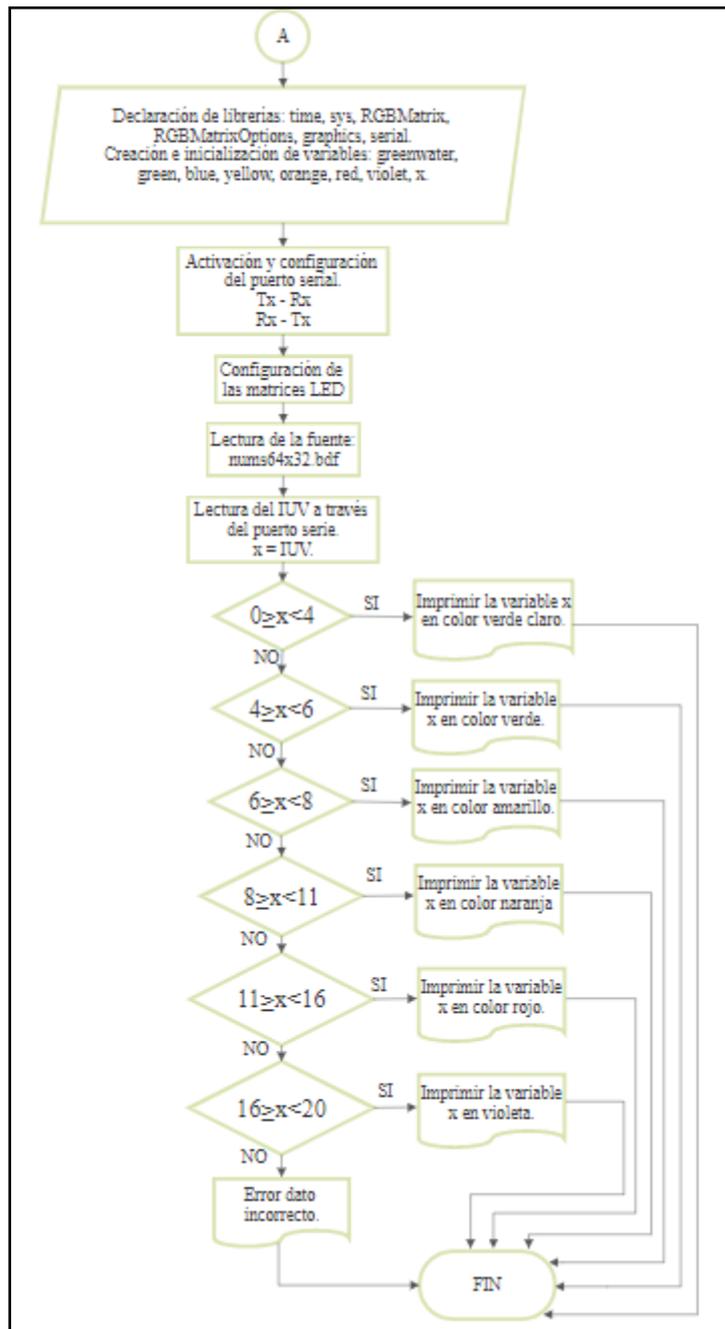


Figura 16-2: Diagrama de flujo que representa la etapa de visualización local.
 Realizado por: Talla, David; 2019.

El diagrama de flujo dispone de siete pasos que se analizan a continuación.

- Declaración de librerías.

import time: Permite manejar tareas relacionadas con el tiempo.

import sys: Esta función permite acceso a funciones y objetos almacenadas por el programador.

import RGBMatrix, RGBMatrixOptions, graphics: Este paquete de funciones permite controlar la matriz RGB, configurar y crear contenido gráfico y luego emitirlo en una o más matrices RGB.

import serial: Permite comunicar la Raspberry con el NodeMCU.

- Creación e inicialización de las variables.

Se declaran las variables en función del color a mostrarse, por ejemplo:

green = graphics.Color(81, 255, 68): Se declara la variable y se asigna un color en código hexadecimal.

- Activación y configuración del puerto serial.

serial.Serial(): Permite configurar parámetros como puerto, tasa de transmisión, entre otros con el fin de obtener una correcta comunicación entre las dos placas.

- Configuración de las matrices LED.

options.rows = 32: Indica el número de filas que tiene la matriz LED.

options.cols = 64: Indica el número de columnas que tiene la matriz LED.

options.chain_length = 1: Indica el número de paneles LED que se encuentran encadenados.

options.parallel = 2: Indica el número de paneles LED que se encuentran en paralelo.

options.hardware_mapping = 'regular': Indica el tipo de mapeado con el que cuentan las matrices LED.

- Lectura del archivo de fuente en formato mapa de bits.

font = graphics.Font()

font.LoadFont("sudo python /home/pi/rpi-rgb-led-matrix/fonts/nums64x32.bdf"): Estas líneas de código permite encontrar y leer la fuente en extensión .bdf.

- Lectura del IUV a través del puerto serie.

x = ser.readline(): Permite leer la información del IUV obtenido en la etapa de adquisición de datos.

- Condiciones.

if x>=0 and x<3: Se coloca el intervalo en el cual actúan las siguientes funciones.

graphics.DrawText(matrix, font, 20, 55, black, texto): Dibuja el texto especificado en las matrices LED.

texto = str(x): Se asigna el valor del IUV que se va a indicar en las matrices LED.

graphics.DrawText(matrix, font, 20, 55, green, texto): Con esta función se imprime el valor del IUV en las matrices LED con el color respectivo.

2.7.3. Diseño de la etapa de almacenamiento y visualización remota

Las herramientas que se utilizan en esta sección es ThingSpeak, para el almacenamiento de datos a través de su base de datos, y por otra parte esta Android Studio que permite la realización de la aplicación móvil para el monitoreo remoto del índice UV.

2.7.3.1. Almacenamiento de datos

El diagrama de flujo de la figura 17-2, indica el proceso en el cual se almacena la información del IUV en la base de datos para posteriormente ser utilizados en la aplicación móvil.

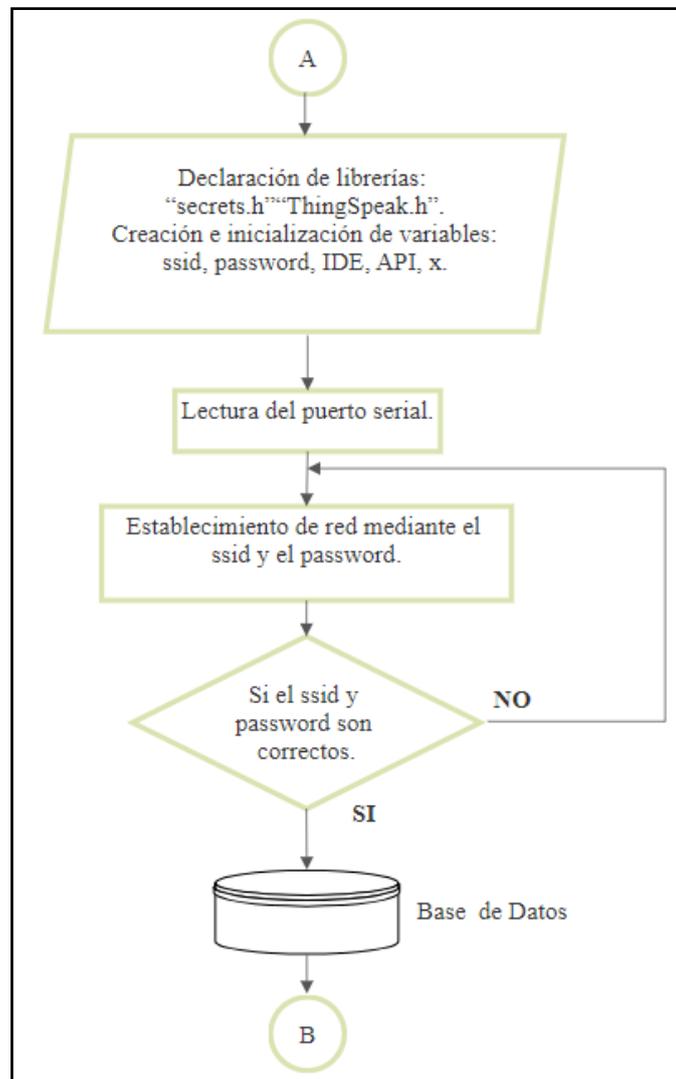


Figura 17-2: Diagrama de flujo que representa el almacenamiento de datos.
Realizado por: Talla, David; 2019.

Este diagrama de flujo está comprendido por cinco pasos descritos a continuación.

- Declaración de variables.

#include "ThingSpeak.h": Esta biblioteca permite que el NodeMCU escriba o lea datos hacia o desde ThingSpeak.

#include "secrets.h": Permite almacenar las credenciales privadas y los detalles de conexión con la red, en este caso se almacena el nombre y contraseña de la red y los datos del canal de ThingSpeak.

- Declaración e inicialización de variables.

const char* ssid = "CARLOS DAVID": Se declara como variable el nombre de la red.

const char* password = "c@rlos23t@ll@": Se declara como variable la contraseña de la red.

unsigned long myChannelNumber = 784690: Nombre del canal en ThingSpeak.

const char * myWriteAPIKey = "EFKN8FBEUSDEGBLA": Esta clave permite almacenar los datos de IUUV en la base de datos.

- Lectura del puerto serial.
- Establecimiento de red mediante ssid y password.

WiFi.begin(ssid, password): Inicializa la configuración de red de la biblioteca WiFi y proporciona el estado actual.

- Condición.

Existe una condición si se establece conexión los datos son almacenados en la base de datos de ThingSpeak caso contrario verificará nuevamente el nombre y la password de la red.

2.7.3.2. Aplicación móvil

En este apartado se diseña la aplicación móvil que permite el monitoreo remoto del índice UV en tiempo real, la herramienta que se utiliza es Android Studio que brinda la facilidad de personalización gráfica, además permite realizar de manera sencilla la comunicación entre la APP y la base de datos. En la figura 18-2, muestra el diagrama general de software de la aplicación móvil.

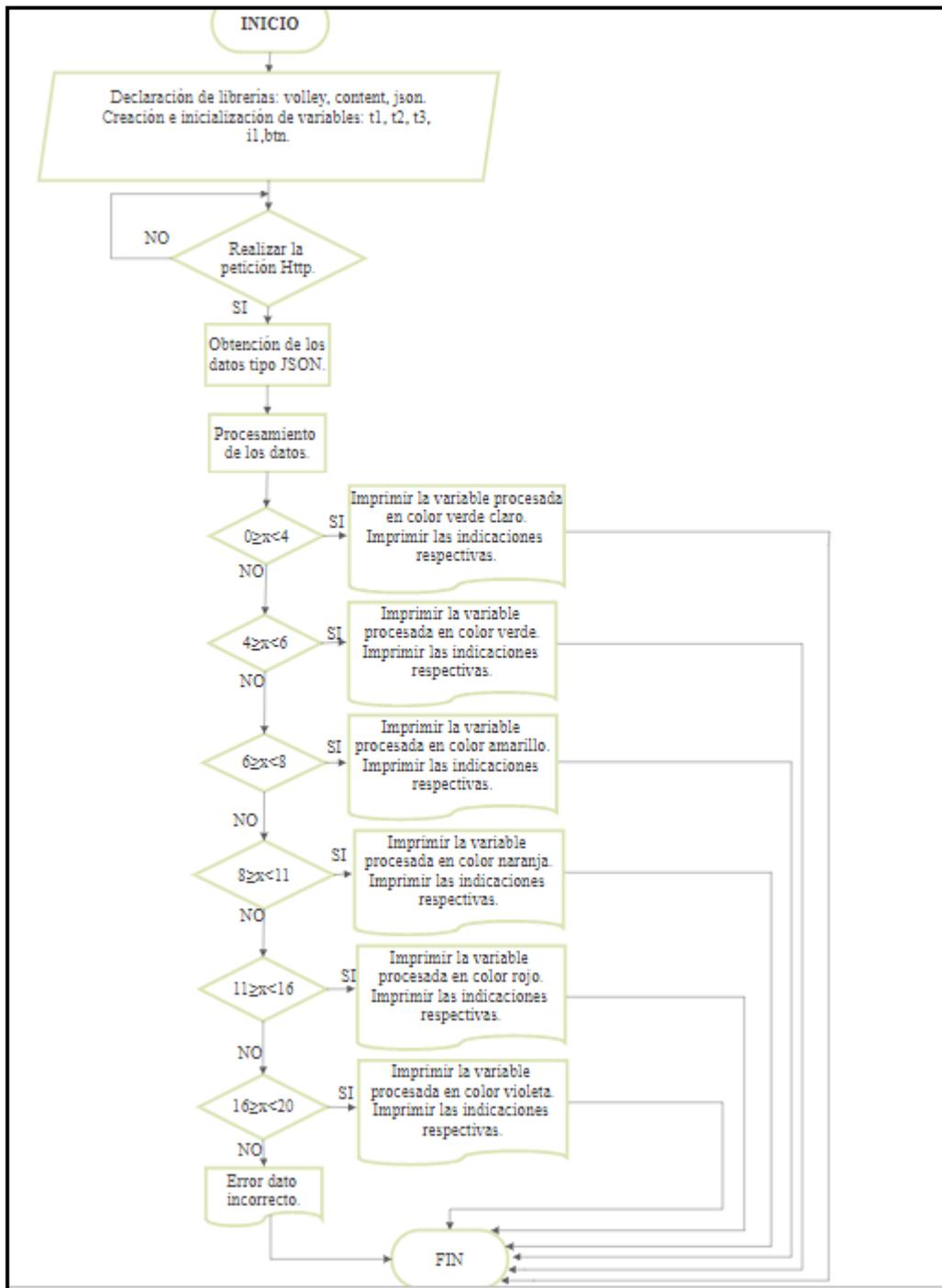


Figura 18-2: Diagrama de flujo que representa la aplicación móvil en función de su software.
Realizado por: Talla, David; 2019.

El diagrama de flujo cuenta con cinco pasos.

- Declaración de librerías.

import android.content: Esta librería contiene clases para acceder y publicar datos en un dispositivo móvil.

import android.volley: Permite optimizar el envío de peticiones Http desde las APP Android hacia servidores externos.

import org.json: Esta librería permite identificar archivos de tipo JSON de una manera directa.

- Realizar peticiones http.

HttpRequest.getInstance(): Permite la comunicación con el servicio web.

- Obtención de los datos tipo JSON.

mJSONArray.getJSONObject(1): Permite obtener los datos almacenados en formato JSON.

- Procesamiento de los datos.

String Respuesta = mJsonObject.getString("field1"): Se almacena en la variable Respuesta los datos obtenidos de la base de datos.

- **OnCreate:** Esta función permite identificar a que valor de IUV pertenece el dato obtenido e imprimir en el color correspondiente con sus recomendaciones.

El código completo desarrollado en el entorno de programación Android Studio se adjunta en el Anexo E.

CAPÍTULO III

3. PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se realizan, las pruebas correspondientes que permiten validar el sistema electrónico de monitoreo, las pruebas que se realizaron son las siguientes:

- Linealidad del sensor.
- Validación del sensor a través de la prueba estadística.
- Estabilidad del sistema.
- Certeza de conexión entre el NodeMCU y la Raspberry Pi.
- Prueba del sistema de visualización.
- Prueba de transmisión de datos.
- Implantación del sistema electrónico.
- Potencia del sistema electrónico.
- Análisis de costos.

3.1. Linealidad del sensor TOCON E-2

Para validar la linealidad del sensor TOCON E-2, se parte de la hoja técnica de datos ANEXO A, que en sus especificaciones menciona que 1 IUUV equivale a 17 mV, por lo cual se decide comprobar tomando 16 lecturas a lo largo de un día comprendido entre las 6 am y 13 pm, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 1-3: Lecturas obtenidos del sensor UV.

Voltaje del sensor UV	IUV
0,03	0
0,17	1
0,35	2
0,52	3
0,67	4
0,84	5
1	6
1,16	7

1,33	8
1,51	9
1,66	10
1,84	11
2,01	12
2,16	13
2,31	14
2,48	15

Realizado por: Talla, David; 2019.

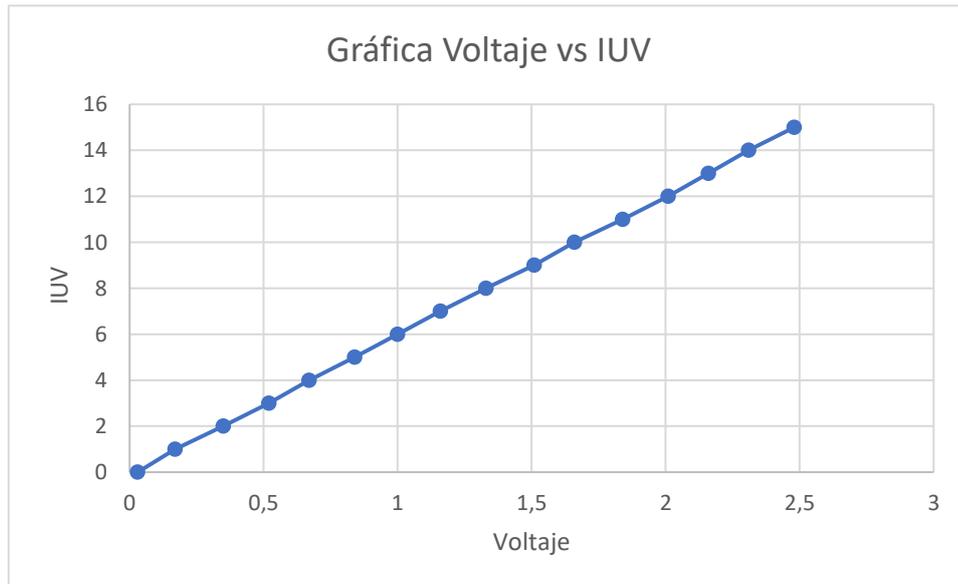


Gráfico 1-3: Gráfica voltaje vs IUUV.

Realizado por: Talla, David; 2019.

Se observa en el gráfico 1-3, que el comportamiento del sensor TOCON E-2 utilizado en el sistema electrónico tiene un comportamiento lineal, es decir el IUUV es proporcional al voltaje de salida del sensor.

3.2. Validación del sensor

Para validar el sensor TOCON E-2 (DETECTOR), se comparó con el equipo comercial Ambient Weather WS-1401-IP (ESTACIÓN), mostrado en la figura 1-3, que es una estación meteorológica que permite monitorear en tiempo real parámetros ambientales como velocidad del viento, dirección del viento, la lluvia, en índice UV, la radiación solar, la presión barométrica, la temperatura entre otros. El único parámetro que interesa en esta prueba es el índice UV, este equipo tiene un rango de medición de IUUV de 0 a 15, con una precisión de ± 1 IUUV, y una resolución de 1 IUUV.

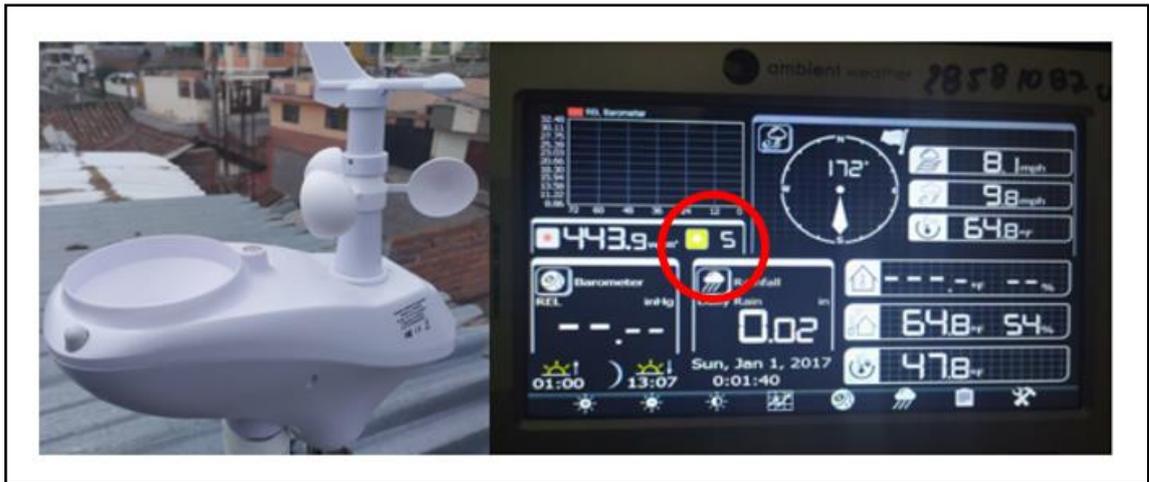


Figura 1-3: Equipo patrón que mide el IUV en tiempo real.
Realizado por: Talla, David; 2019.

Para realizar esta prueba se tomaron 75 datos que se detallan en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Especificaciones de la toma de datos para la prueba estadística.

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Mañana	5	5	5	5	5
Medio día	5	5	5	5	5
Tarde	5	5	5	5	5
Total de datos por día	15	15	15	15	15
Total de datos	75 datos				

Realizado por: Talla, David; 2019.

La tabla 2-3, menciona cómo se seleccionó la muestra para esta prueba, los 75 datos son recolectados en 5 días diferentes en distintos horarios en la mañana, a medio día y en la tarde, además los sensores de los dos equipos actúan en las mismas condiciones ambientales, la información del IUV es recolectado cada cinco minutos en ambos dispositivos, todos los datos recolectados para esta prueba se encuentran en el anexo F.

El análisis se lleva a cabo con la prueba T de Student de muestras relacionadas, debido a que se trabaja con dos variables relacionadas entre sí, y medidas en las mismas condiciones; es decir tiempo, altura, clima y altitud. El análisis se realiza en el software IBM SPSS Statistics Base, el mismo que encarga de normalizar los datos y de esta manera comprobar si los datos son correctos.

Planteamiento de la hipótesis:

- H_n = Hipótesis nula: No hay diferencia mayor a la incertidumbre entre los datos obtenidos con el sensor TOCON E-2 y el equipo patrón.
- H_a = Hipótesis alterna: Hay una diferencia mayor a la incertidumbres entre los datos obtenidos con el sensor TOCON E-2 y el equipo patrón.

Nivel de incertidumbre:

α	5%	0.05
----------	----	------

El nivel de incertidumbre del 5% es recomendado y viene por defecto en el software SPSS, ya que se considera un error apropiado para este tipo de proyecto.

Normalidad

Criterios de normalidad

- P-valor $\geq \alpha$. Aceptar H_n =Los datos provienen de una distribución normal.
- P- valor $< \alpha$. Aceptar H_a =Los datos NO provienen de una distribución normal.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DETECTOR	,088	75	,200*	,952	75	,006
ESTACIÓN	,094	75	,096	,955	75	,010

Figura 2-3: Verificación de la normalidad de las muestras.

Realizado por: Talla, David; 2019.

Tabla 3-3: Análisis entre la probabilidad y el nivel de incertidumbre.

NORMALIDAD		
P- valor = 0.200	>	0.05
P- valor = 0.096	>	0.05

Realizado por: Talla, David; 2019.

Conclusión: En función a la figura 2-3 y a la tabla 3-3 se determina que los datos obtenidos durante el muestreo tanto con sensor el TOCON E-2 y el sensor del equipo patrón responden a un comportamiento normal.


```

En el loop
ADC: 493
Voltage: 1.59
IUV: 7
Channel update successful.

```

Figura 4-3: Voltaje e IUV en el monitor serie.
Realizado por: Talla, David; 2019.

La tabla 4-3, indica los resultados obtenidos en el software Excel, de este análisis de estabilidad.

Tabla 4-3: Resultados obtenidos de la prueba de estabilidad.

Nº	Voltaje del sensor (V)	IUV en función del voltaje	Voltaje del sensor (V)	IUV en función del voltaje	Voltaje del sensor (V)	IUV en función del voltaje
1	0,35	2	1,59	7	2	12
2	0,35	2	1,57	7	2,1	12
3	0,34	2	1,59	7	2,1	12
4	0,35	2	1,59	7	2,2	12
5	0,35	2	1,58	7	2,1	12
6	0,35	2	1,61	7	2,2	12
7	0,37	2	1,59	7	2,1	12
8	0,35	2	1,56	7	2,1	12
9	0,34	2	1,58	7	2,1	12
10	0,35	2	1,59	7	2	12
Media	0,35	2	1,585	7	2,1	12
Varianza	0,00816497	0	0,013540064	0	0,06666667	0
Coefficiente de variación (%)	0,02332847	0	0,008542627	0	0,03174603	0

Realizado por: Talla, David; 2019.

Analizando la tabla 4-3, se establece que el sistema electrónico construido es un sistema estable y de baja varianza, ya que el coeficiente de variación es de 0.023% en 2 IUV, 0.0085% en 7 IUV y 0.032% en 12IUV, en los tres casos los valores no exceden el 1.293%, que estipula el INE, además se observa una ideal estabilidad al sistema ya que no existe alteraciones del IUV.

3.4. Certeza de conexión entre el NodeMCU y la Raspberry Pi

Esta prueba se realiza para verificar si existe pérdida de datos al momento de comunicar las dos placas a través del puerto serial, para ejecutar esta prueba se toma una muestra de 12 datos en períodos de 5 minutos, estos datos son comparados desde el monitor serie del IDE de Arduino y el visualizador local implementado, en la tabla 5-3, se observa una tabla comparativa entre el IUV obtenido en el NodeMCU y el IUV que se emite en el visualizador local del sistema electrónico.

Tabla 5-3: Comparación entre los datos que emite el NodeMCU y los que emite el visualizador.

Dato del IUV obtenido en el NodeMCU	Dato del IUV obtenido en el visualizador local
6	6
7	7
7	7
7	7
7	7
7	7
8	8
9	9
9	9
15	15
10	10
15	15

Realizado por: Talla, David; 2019.

La tabla 5-3, indica que no exista la pérdida de algún dato en el instante de comunicar el NodeMCU con la tarjeta de control del visualizador local que es la Raspberry Pi, para comprobar lo antes mencionado se observa la figura 5-3.

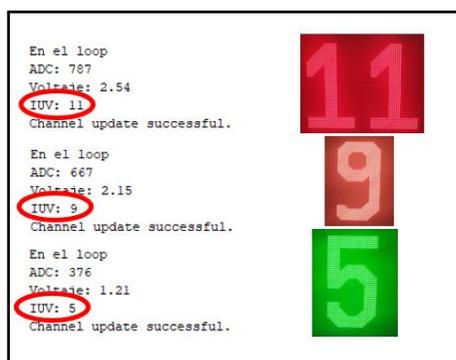


Figura 5-3: Verificación de la comunicación serial.
Realizado por: Talla, David; 2019.

3.5. Prueba del sistema de visualización

Esta prueba consiste en verificar la correcta difusión del IUV a la población, es decir verificar si el valor numérico es emitido con su respectivo color en función de la escala de colores planteado

para este trabajo, para realizar esto se utiliza un potenciómetro que reemplaza al Sensor UV ya que se necesita verificar todos los números es decir de 0 a 19, que corresponde al rango de IUUV que mide el sistema electrónico

Tabla 6-3: Resultados de la prueba de verificación del visualizador.

Colores establecidos		Colores observados en el sistema electrónico.		Comprobación
	0		0	
	1		1	
	2		2	
	3		3	
	4		4	
	5		5	
	6		6	
	7		7	
	8		8	
	9		9	
	10		10	
	11		11	
	12		12	

	13		13	
	14		14	
	15		15	
	16		16	
	17		17	
	18		18	
	19		19	

Realizado por: Talla, David; 2019.

La tabla 6-3, indica en la parte izquierda los colores establecidos en función del valor del IUV, y en la derecha los valores de IUV con su respectivo color y comprobación que se muestra en el visualizador implementado en el sistema electrónico por lo que se afirma que no existe error alguno ya que todo está acorde a lo diseñado y establecido en el capítulo anterior.

3.6. Prueba de transmisión de datos

Para verificar el número de datos que son enviados desde la placa NodeMCU hacia la base de datos de ThingSpeak, para esto se analiza una muestra, en un intervalo de recolección de datos de 6 am a 6 pm y se lo compara con la información que indica la base de datos.

Tabla 7-3: Detalle de los datos procesados.

Intervalo de tiempo	Número de datos
5 minutos	1 dato
1 hora	12 datos
12 horas	144 datos

Realizado por: Talla, David; 2019.

Los datos que deben ser almacenados en las 12 horas se muestra en la tabla 7-3, y se comprueba a través de la figura 6-3.

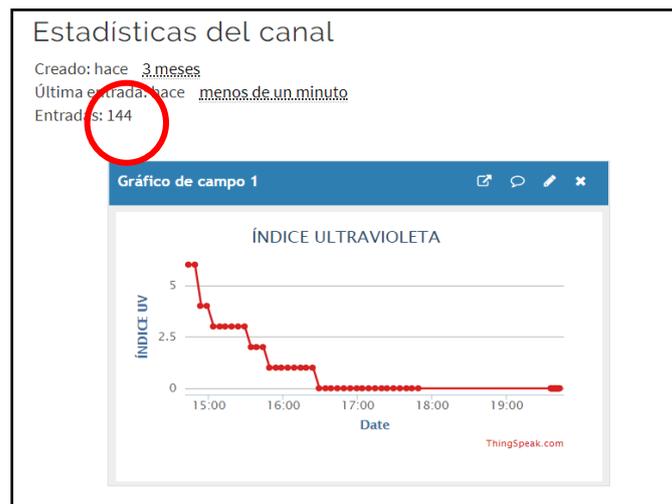


Figura 6-3: Interfaz de la plataforma IoT.

Realizado por: Talla, David; 2019.

En función de lo antes mencionado se comprueba que no existe pérdida de datos, durante todo el tiempo en que opera el sistema electrónico.

3.7. Potencia que consume el dispositivo

Para determinar la potencia que consume el equipo, se utiliza dos multímetros digitales de la marca Truper modelo MUT-830, el primero es encargado de medir el voltaje en corriente alterna (CA), el segundo empleado para medir el consumo de corriente continua, es importante mencionar que para realizar esta medida se implementó un puente de diodos ya que el tester solo mide corriente continua CD. Se tomaron 30 muestras obteniendo la tabla 8-3.

Tabla 8-3: Mediciones de voltaje y corriente del equipo.

Nº	Tensión AC (V)	Corriente DC(mA)
1	116,5	135
2	116,8	133,5
3	116,8	129,6
4	117	135,2
5	116,8	133,3
6	116,6	133,8
7	116,9	133,5
8	116,1	134
9	116,1	133,7
10	116	135,2
11	116,2	136,4
12	116,4	133,8
13	116,2	135,5
14	116,4	133,8
15	116,5	133,7
16	116,2	135,6
17	116,2	133,4
18	116,2	134,2
19	116,2	130,4
20	116,7	133,6
21	116,3	136,1
22	116,6	133,5
23	116,2	133,8
24	117,1	133,3
25	115,4	135,5
26	108,8	133
27	116,4	133,1
28	116,4	133
29	116	134,7
30	117,3	132,3
Media	116,1766667	133,85
Varianza	1,445965453	1,457146479

Realizado por: Talla, David; 2019.

La tabla 8-3, indica que al analizar las 30 muestras de voltaje y corriente existe un consumo promedio de 116.18 V y 113.85 mA, es importante mencionar que el valor de la corriente obtenida es en corriente directa, por lo tanto para calcular la potencia del sistema electrónico se realiza el cálculo de I_{AC} , mediante la ecuación:

$$I_{AC} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Donde:

$$I_p = I_{DC} * \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

Reemplazando la ecuación 4 en la ecuación 3 se obtiene la expresión:

$$I_{AC} = I_{DC} * \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \quad (5)$$

A partir de la expresión número 5, se obtiene el consumo de corriente I_{AC}

$$I_{AC} = 133.85 * \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$$

$$I_{AC} = 148.67 \text{ mA}$$

Obtenido la corriente y el voltaje se procede a calcular la potencia del dispositivo a través de la siguiente expresión:

$$P = V_{AC} * I_{AC} \quad (6)$$

$$P = 116.18V * \frac{148.67mA}{1000} = 17.27 \text{ W}$$

La tabla 9-3, señala el voltaje de alimentación, el consumo de corriente y la potencia del sistema electrónico implementado.

Tabla 9-3: Voltaje, corriente y potencia que consume el equipo.

Voltaje de alimentación	116.18V
Consumo de corriente	148.67 mA
Potencia	17.27W

Realizado por: Talla, David; 2019.

La figura 7-3, indica el proceso que se implementó para realizar esta prueba.



Figura 7-3: Consumo de voltaje y corriente del dispositivo.

Realizado por: Talla, David; 2019.

3.8. Implantación del sistema electrónico

La tabla 10-3, indica los datos de ubicación en donde se implementó el sistema electrónico.

Tabla 10-3: Ubicación exacta donde se implementó

Provincia	Chimborazo
Cantón	Guano
Parroquia	La Matriz
Coordenadas	-1.608013, -78.645681

Realizado por: Talla, David; 2019.

Para una mejor referencia de la implantación del sistema electrónico, se indica la figura 7-3, extraída desde Google Maps el sitio exacto de la implementación.



Figura 8-3: Sector de implementación del sistema.
Realizado por: Talla, David; 2019.

En la figura 8-3, se muestra la estructura del sistema electrónico, después de ser ubicada en el espacio asignado por el GAD – GUANO.



Figura 9-3: Estructura del sistema,
 implementado en el
 espacio asignado.
Realizado por: Talla, David; 2019.

Para verificar el funcionamiento del sistema electrónico de monitoreo del IUV, se muestra la figura 9-3, que es el dispositivo en funcionamiento implementado en el cantón Guano.



Figura 10-3: Sistema electrónico implementado y funcional.
Realizado por: Talla, David; 2019.

También se verifica el funcionamiento de aplicación móvil, la figura 10-3, indica la interfaz de la APP en correcto funcionamiento además de sus respectivas recomendaciones.



Figura 11-3: Interfaz de la APP midiendo en tiempo real el IUUV.
Realizado por: Talla, David; 2019.

3.9. Análisis de costos

El costo del sistema electrónico en lo que es hardware es \$680,00 dólares americanos (USD) y se lo detalla en la tabla 9-3.

Tabla 11-3: Costo general en hardware del sistema electrónico implementado.

MÓDULOS	ELEMENTOS	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
ETAPA DE ADQUISICIÓN	Sensor TOCON E-2	200	200
	NodeMCU	13	13
ETAPA DE VISUALIZACIÓN LOCAL	Raspberry 3B+	70	70
	Matrices LED RGB	70	140
ETAPA DE ALIMENTACIÓN	Fuente de alimentación	12	12
	Temporizador	25	25
	Estructura	190	190
	Elementos extras	Varios	30
COSTO TOTAL DEL SISTEMA ELECTRÓNICO			680

Realizado por: Talla, David; 2019.

Los sistemas comerciales de similares características al presente equipo cuentan con un elevado precio de comercialización como se detalla en la tabla 10-3.

Tabla 12-3: Costos de comercialización de equipos que miden el IUUV.

Empresa	Nombre	Precio (\$)
GEOMOVIL LTDA.	Sensor UV	800
GOIA	Solmáforo	5600

Realizado por: Talla, David; 2019.

Analizando las dos tablas, se demuestra que el sistema electrónico construido tiene un ahorro del 15% respecto a sensor UV y un ahorro del 87.85% con respecto a solmáforo, por lo que se considera un porcentaje aceptable de inversión, teniendo en cuenta que este equipo dispone de características similares a los comerciales.

CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema electrónico, que permite monitorear el índice de radiación UV en tiempo real y sus resultados son difundidos simultáneamente a través de un visualizador compuesto por matrices LED y a través de una aplicación móvil.
- El sistema electrónico fue diseñado en función de los requerimientos expuestos por el GAD-GUANO, en el cual se solicita un sistema completamente funcional que informe a la población del cantón Guano el índice de radiación UV y sus respectivas recomendaciones de protección.
- Los elementos de hardware para la construcción de este sistema electrónico fueron seleccionados en función a que sus características son superiores con respecto a otros elementos que se encuentran en el mercado, además las herramientas de software utilizadas son de software libre.
- Por medio de una prueba de campo se comprobó que el voltaje del sensor TOCON E-2, es directamente proporcional al índice de radiación UV, y que el sensor dispone de una salida de tipo lineal.
- Para la validación del sensor TOCON E-2, se comparó con un dispositivo comercial el Ambient Weather WS-1401-IP, se recolectaron varias lecturas en las mismas condiciones ambientales, en función de estas se realizó la prueba T-Student de muestras relacionadas, es importante mencionar que para realizar esta prueba primero se verificó que la muestra disponga de un comportamiento normal, como resultado de esta prueba se obtuvo que no existe diferencia entre las lecturas obtenidas por el TOCON E-2 y por la WS-1401-IP, verificando el correcto funcionamiento del sistema electrónico implementado.
- A través de pruebas de campo se concluye que el sistema dispone de una estabilidad idónea según lo establecido por la INE 2019, además de una certeza de comunicación del 100% tanto hacia el visualizador y a la base de datos.
- Se estudiaron equipos comerciales que permiten mostrar el IUV en tiempo real y se comparó con el costo de producción del sistema electrónico construido determinando que existe un

ahorro significativo entre el equipo construido y los equipos comerciales considerando que disponen de similares características de funcionamiento, es importante mencionar que los equipos comerciales tienen un rango de medición de 0 a 15 IUV, el dispositivo que se implementa dispone de un rango de 0 a 19 IUV.

RECOMENDACIONES

- Almacenar y analizar los datos del IUV con el propósito de pronosticar el índice de radiación UV y brindar a la ciudadanía una herramienta de información más adecuada.
- Innovar la aplicación móvil con información adicional como el tipo de piel y el tiempo adecuado en el cual pueden estar expuestos a los rayos del sol.
- Utilizar un visualizador de medidas mayores con el fin de mejorar el rango de visualización de lo que respecta al IUV.
- Diseñar e implementar un sistema alternativo de alimentación, con el propósito de evitar que el sistema electrónico construido deje de funcionar cuando no exista fluido eléctrico.

GLOSARIO

ADC: Convertidor Analógico Digital.

APP: Aplicación móvil

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

IFIR: Instituto de Física de Rosario

INAHMI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

IoT: Internet de las cosas

IUV : Índice Ultravioleta

LED: Diodo Emisor de Luz

MCU: Microcontrolador

nm: nanómetros (unidad de medida)

OMS: Organización Mundial de la Salud

OMM: Organización Mundial Meteorológica

RGB: (Red – Green - Blue)

RUV: Radiación ultravioleta

RUV-A: Radiación ultravioleta tipo A

RUV-B: Radiación ultravioleta tipo B

RUV-C: Radiación ultravioleta tipo C

SAD: Sistema de adquisición de datos

SCF: Skin Cancer Foundation

SOLCA: Sociedad de Lucha contra el Cáncer

UMR: Unidad de monitoreo remoto

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE, M. & ARÁUZ, A. "*Campaña de Mercadeo Social Escúdate: Tu piel perdona pero no olvida, no la espongas al cáncer*". (tesis).(pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador, 2014. [Consulta: 15 noviembre de 2019]. Disponible en: <<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3220/1/000110586.pdf>>.

ANDROID STUDIO. *Introducción a Android Studio*. [En línea]. [Consulta: 2 noviembre 2019]. Disponible en: <<https://developer.android.com/studio/intro>>.

ARTICA, R. "*Desarrollo de aplicaciones móviles*". (tesis) (pregrado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú, 2014. [Consulta: 18 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4515/Robertho_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

AUQUILLA, R & QUIZHPE, R. *Asociación entre el nivel de radiación solar ultravioleta y la incidencia de lesiones dermatológicas actínicas agudas en el hospital Vicente Corral Moscoso durante 2011 y 2014*. 2015, pp. 75.

BELLO, D.G. *¿Cómo funciona tu crema solar?*. [En línea] 2014. [Consulta: 7 septiembre 2019]. Disponible en: <<http://dimetilsulfuro.es/2015/05/27/solares-con-filtros-quimicos-o-fisicos/>>.

BLÁZQUEZ, J. *Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos*. 2011. pp. 30.

BORIS, C. "*Monitoreo de la red eléctrica del laboratorio de máquinas de la facultad de informática y electrónica aplicando inteligencia artificial*". (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2017. Disponible en: <<http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/7589/1/108T0202.pdf>>.

BRUNO, F. *Displays (Visualizadores)*. 2012, pp. 14.

CASTILLO, M. "*Estudio de las plataformas software existentes para la Internet de las cosas*". (tesis) (pregrado). Universitat Oberta de Catalunya. Barcelona, España, 2015. Disponible en: <<http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/42816/6/jmorenocastiTFC0615memoria.pdf>>.

CHAMORRO, C. *"Implementación de un sistema de información para la FIEE utilizando módulos de leds RGB"*. (tesis) (pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador, 2013 Disponible en: <<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6057>>.

DFROBOT. *64x32 RGB LED Matrix - 4mm pitch SKU:DFR0460*. [En línea] 2019. [Consulta: 28 octubre 2019]. Disponible en: <https://wiki.dfrobot.com/64x32_RGB_LED_Matrix_-_4mm_pitch_SKU_DFR04605-31-17>.

DUMONT, et al. *A Comparative Study of Wearable Ultraviolet Radiometers*. [En línea] 2014, [Consulta: 14 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.wearshade.com/articles/comparison-ofwearableuvsensors?fbclid=IwAR25SDfi6TnKCTXyiSSBt7D37pYfEE3_8blVzyqMcoD_VS XsN1e4IGAnSM>.

ELECTRICIDAD. *Interruptores horarios, te hacen la vida más fácil*. [En línea] 2014. [Consulta: 17 octubre 2019]. Disponible en: <<https://www.blog.portalelectricidad.es/interruptores-horarios-te-hacen-la-vida-mas-facil/>>.

ELECTRICLIMA. *Monitoreo Local y Remoto*. [En línea] 2017, [Consulta: 14 octubre 2019]. Disponible en: <<http://electriclima.com.mx/ac/comercial/monitoreo/>>.

ELECTRONICSFORU. *Microcontroller Development Boards. Electronics For You*. [En línea] 2014. [Consulta: 22 octubre 2019]. Disponible en: <<https://electronicsforu.com/buyers-guides/hardware-buyers-guide/microcontroller-development-boards>>.

(EPA): *Agencia de Protección Ambiental. El Sol, la Radiación Ultravioleta y Usted*. 2001. pp. 20.

FONTFORGE. *FontForge: Un editor de fuentes tipográficas multiplataforma*. [En línea] 2019. [Consulta: 3 noviembre 2019]. Disponible en: <<https://osluc.uca.es/noticia/fontforge-un-editor-de-fuentes-tipograficas-multiplataforma/>>.

FRANCO, K. *"Análisis comparativo de radiación solar vs actividad solar en quito y sus efectos sobre la salud en el período 2007 - 2016"*. (tesis) (pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador, 2017 Disponible en: <<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13733>>.

GAD RIOBAMBA. *Solmáforo*. [En línea] 2018. [Consulta: 13 octubre 2019]. Disponible en: <<https://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/noticias/boletines-de-prensa/63-boletines-de-prensa-octubre-2018/1769-riobamba-cuenta-con-dispositivo-para-medir-la-radicacion-uv>>.

GARRIDO, L. Estudio plataformas IoT. 2015. pp. 63.

GEOMOVIL. *Sensor UV*. [En línea] 2019. [Consulta: 10 octubre 2019]. Disponible en: <<https://cdn.websiteeditor.net/10891f7b33d24cf0a2ca4df1adbc6e78/files/uploaded/PRESENTACION%2520SENSORUV%2520SIMPLE.pdf>>.

GONZÁLES, R. 2008. *Sistema digital de turnos con despliegue en panel matricial de información*.(tesis) (pregrado). Bucaramanga, Colombia, 2008. Universidad Industrial de Santander. Disponible en: <<https://docplayer.es/12784349-Sistema-digital-de-turnos-con-despliegue-en-panel-matricial-de-informacion-ricardo-ernesto-gonzalez-amaya.html>>.

HANDSON TECHNOLOGY. *ESP8266 NodeMCU WiFi Devkit*. [En línea]. [Consulta: 27 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.handsontec.com/pdf_learn/esp8266-V10.pdf>.

HISPANÓPTICA. *Las radiaciones y el ojo (ii): lesiones oculares por la radiación solar hispanóptica* [En línea] 2017. [Consulta: 9 octubre 2019]. Disponible en: <<http://hispanopticas.com/las-radiaciones-ojo-ii-lesiones-oculares-la-radiacion-solar/>>.

HUERTA B, et al. *Fotodermatosis. Medicina de Familia. SEMERGEN*. 2005, vol. 31, no. 1, pp. 10-14. ISSN 1138-3593. DOI 10.1016/S1138-3593(05)72874-4.

INE. *Instituto Nacional de Estadística*. [En línea] 2019. [Consulta: 8 noviembre 2019]. Disponible en: <<https://www.ine.es/>>.

CASTELAN I & CISNEROS J. *Diseño de un radiómetro ultravioleta, para su aplicación en modelos de radiación UV*. febrero 2015. S.l.: s.n.

JAMECO. *Arduino YÚN*. [En línea]. [Consulta: 27 octubre 2019]. Disponible en: <<https://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/2193441.pdf>>.

PÉREZ J & GARDEY A. *Monitoreo* [En línea] 2013. [Consulta: 14 octubre 2019]. Disponible en: <<https://definicion.de/monitoreo/>>.

WALSH K. *La radiación UV y el Ojo*. [En línea] 2018. [Consulta: 10 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.jnjvisioncare.es/sites/default/files/public/es/documents/10mar16_articulo_uv_texto_nuevo_v3.pdf>.

KNAVE, B. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Radiaciones no ionizantes*. 1998.

LEDENTIRAS. *Fuente de alimentación para tiras led 60W 5V*. [En línea] 2019. [Consulta: 29 octubre 2019]. Disponible en: <<https://www.ledentiras.com/Fuente-de-alimentacion-para-tiras-led-50W-5V>>.

LEMA, C. & ZULETA, D. "*Solmáforo (semáforo solar): modelo ambiental de alerta por exposición a la radiación solar en quito*". (tesis) (pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador, 2015. Disponible en: <<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10091>>.

LEYVA, F. *Sistemas de Adquisición de Datos*. 2012 , pp. 33.

LÓPEZ, C. & MANCHENO, J. "*Implementación de un Sistema Electrónico de Monitoreo Autosustentable para la Difusión de Índices de Radiación Solar en la Epoch*". (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2016. Disponible en: <<http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/4964>>.

LORENTE, J. "*La radiación solar*". (tesis) (pregrado). Universidad de Barcelona. Barcelona, España, 2014. Disponible en: <<https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/categorias/Documents/MAQUETACION%20MATERIAL%20FORMATIVO%20fotoproteccionfotproc2010.pdf>>.

MANTECH. *Weekly programmable electronic timer*. [En línea] 2019. [Consulta: 29 octubre 2019]. Disponible en: <<http://www.mantech.co.za/datasheets/products/TDDT7.pdf>>.

ML8511, ML8511_3-8-13. [En línea] 2013. [Consulta: 27 octubre 2019]. Disponible en: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/ML8511_3-8-13.pdf>.

VERA N. *Atlas climático de irradiación solar a partir de imágenes del satélite NOAA. Aplicación a la Península Ibérica*. Mayo 2005. S.l.: s.n.

OMS, et al. *ÍNDICE UV solar mundial: guía práctica*. [En línea] 2002. WHO: Geneva. ISBN 978-92-4-159007-5. Disponible en: <<https://www.who.int/uv/en/>>.

PALLÁS ARENY, R. *Sensores acondicionadores de señal*. [En línea] 2007. 4a.ed. Barcelona: s.n. ISBN 978-84-267-1344-5. Disponible en: <https://www.academia.edu/25807463/Sensores_y_acondicionadores_de_senal_ramon_pallas_a_reny>.

PARDO, D. & BAILON, L. *Elementos de electrónica*. 2007. España: Universidad de Valladolid. ISBN 8484484025.

PYTHON. *Welcome to Python. Python* [En línea] 2019. [Consulta: 2 noviembre 2019]. Disponible en: <<https://www.python.org/>>.

RASPBERRY PI. *Raspberry Pi Model B+ Product Brief*. [En línea] 2019. [Consulta: 28 octubre 2019]. Disponible en: <<https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>>.

RK200-07. *RK200-07 Ultraviolet(UV) Radiation Sensor*. [En línea] 2015. [Consulta: 27 octubre 2019]. Disponible en: <<https://drive.google.com/file/d/1CtmmaMM2uP1cq6ceS3dAKewHAN7nwf6F/view?usp=sharing&usp=embed>>.

ROBOTSHOP, *Arduino Mega2560 datasheet*. [En línea] 2018. [Consulta: 28 octubre 2019]. Disponible en: <<https://www.robotshop.com/media/files/pdf/arduinomega2560datasheet.pdf>>.

GOIA. *Solmáforo*. [En línea] 2019. [Consulta: 10 octubre 2019]. Disponible en: <<http://www.goia.com.ec/index.php>>.

SANTOS, J. *Tecnologías inalámbricas para la comunicación*. 2009, vol. 4, pp. 6. ISSN 1989-4023.

SCHNEIDER. *Interruptores horarios de Schneider Electric: beneficios y aplicaciones. Qmadis - Schneider* [En línea] 2019. [Consulta: 17 octubre 2019]. Disponible en: <<https://qmadis.com/blog-schneider-electric/interruptores-horarios-schneider-electric/>>.

SECRETARÍA DE AMBIENTE DEL MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO QUITO. *Índice Ultravioleta (IUV)*. [En línea] 2018. [Consulta: 11 octubre 2019]. Disponible en: <<http://modelos.quitoambiente.gob.ec/info>>.

SENPLADES. *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida.* Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Senplades. [En línea] 2017. [Consulta: 11 noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf>.

TEZÉN, C. "*Propuesta para la implementación de un sistema de adquisición de datos basado en microcontrolador y su aplicación a paneles solares*". (tesis) (pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2013. Disponible en: <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0313_EO.pdf>.

TIMESWORLD. *Development Boards : list and features.* [En línea] 2015. [Consulta: 22 octubre 2019]. Disponible en: <<https://www.timesworld.in/development-boards-list-and-features/>>.

TOCON E-2. *Tocon_e2-bec.* [En línea]. [Consulta: 27 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.boselec.com/wp-content/uploads/Linear/sglux/sgluxLiterature/TOCON_E2-BEC.pdf>.

(UMR): *Unidades de monitoreo remoto.* [En línea] 2015. [Consulta: 14 octubre 2019]. Disponible en: <<http://tecnologiatotal.net/unidad-de-monitoreo-remoto/>>.

WACKERLY, D. et al. *Estadística matemática con aplicaciones.* [En línea] 2015. [Consulta: 8 noviembre 2019]. Disponible en: <[https://www.cimat.mx/ciencia_para_jovenes/bachillerato/libros/\[Wackerly,Mendenhall,Scheaffer\]Estadistica_Matematica_con_Aplicaciones.pdf](https://www.cimat.mx/ciencia_para_jovenes/bachillerato/libros/[Wackerly,Mendenhall,Scheaffer]Estadistica_Matematica_con_Aplicaciones.pdf)>.

ZARATTI F & FORNO R. *La Radiación Ultravioleta en Bolivia.* [En línea] 2003. 1. Bolivia: s.n. ISBN 99905-0-338-9. Disponible en: <<http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/31072>>.

ANEXOS

ANEXO A: Hoja de datos técnicos del sensor TOCON E-2

TOCON_E2

SiC based UV-Index photodetector with integrated amplifier



▶ GENERAL FEATURES



Properties of the TOCON_E2

- SiC based UV-Index photodetector in TO5 housing with diffusor
- spectral response compliant to ISO 17166
- 0 ... 5 V voltage output
- 1 UVI results a voltage of approx. 170 mV
- Applications: UV-Index measurement with very small measurement uncertainty less than 5 %

What is a TOCON?

A TOCON is a 5 Volt powered UV photodetector with integrated amplifier converting UV radiation into a 0...5 V voltage output. The V_{out} pin of the TOCON can be directly connected to a controller, a voltmeter or any other data analyzing device with voltage input.

Information about the UV-Index (UVI)

The UV-Index is an international standard measurement of how strong the ultraviolet (UV) radiation from the sun is at a particular place on a particular day. It is a scale primarily used in daily forecasts aimed at the general public. The UV-Index is calculated by integrating the sun's UV spectrum multiplied with the Erythema action curve (see spectral responsivity). That integral is divided by 25 mW/m² to generate a convenient index value, which becomes essentially a scale of 0 to 10. The Erythema action curve is a wavelength resolved measure of the sunburn danger. It is maximised at 297 nm (UVB) and then strongly decreases towards UVA radiation.

Literature: A. F. McKinlay and B. L. Diffey, "A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin" OE Journal, 6-1, 17-22 (1987)

▶ NOMENCLATURE

TOCON_	ABC, A, B, C, blue or GaP	1 ... 10
	Spectral response	Irradiance limits ($V_{out}=5V, \lambda = \lambda_{max}$)
	ABC = broadband $\lambda_{min} = 290 \text{ nm}$ $\lambda_{max} = 317 \text{ nm} \dots 360 \text{ nm}$	1 = 0,8 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$... 18 nW/cm^2
	A = UVA $\lambda_{min} = 311 \text{ nm}$ $\lambda_{max} = 309 \text{ nm} \dots 367 \text{ nm}$	2 = 18 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$... 180 nW/cm^2
	B = UVB $\lambda_{min} = 280 \text{ nm}$ $\lambda_{max} = 243 \text{ nm} \dots 303 \text{ nm}$	3 = 180 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$... 1,8 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
	C = UVC $\lambda_{min} = 275 \text{ nm}$ $\lambda_{max} = 215 \text{ nm} \dots 287 \text{ nm}$	4 = 1,8 nW/cm^2 ... 18 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
	Blue = blue light $\lambda_{min} = 445 \text{ nm}$ $\lambda_{max} = 390 \text{ nm} \dots 515 \text{ nm}$	5 = 18 nW/cm^2 ... 180 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
	GaP = UV + VIS $\lambda_{min} = 445 \text{ nm}$ $\lambda_{max} = 390 \text{ nm} \dots 570 \text{ nm}$	6 = 180 nW/cm^2 ... 1,8 mW/cm^2
	E = UV-Index spectral response according to ISO 17166	7 = 1,8 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$... 18 nW/cm^2
		8 = 18 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$... 180 mW/cm^2
		9 = 180 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$... 1,8 W/cm^2
		10 = 1,8 mW/cm^2 ... 18 W/cm^2
		2 = measurement range UVI up to 10



TOCON_E2

SiC based UV-Index photodetector with integrated amplifier

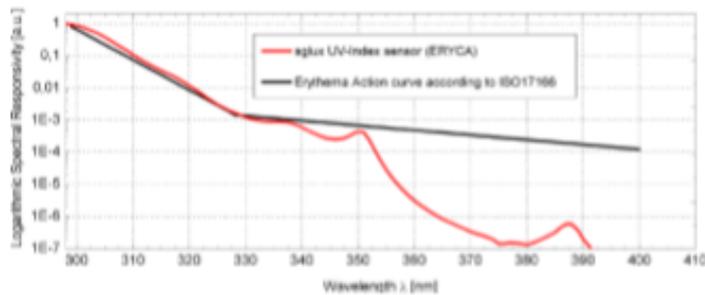


SPECIFICATIONS

▶ 2/4

Parameter	Symbol	Value	Unit
Spectral Characteristics			
Approx. Sensitivity (over the visible spectrum)	S_{max}	170	mV/UVI
Visible Blindness (S_{max}/S_{340nm})	VB	$> 10^{10}$	-
General Characteristics (T=25°C, V_{supply}=+5 V)			
Supply Voltage	V _{supply}	2.5 ... 5	V
Saturation Voltage	V _{sat}	V _{supply} - 5%	V
Dark Offset Voltage	V _{offset}	50	μV
Temperature Coefficient at Peak	T _c	< -0.3	%/K
Current Consumption	I	150	μA
Bandwidth (-3 dB)	B	15	Hz
Risetime (10-90%)	t _{rise}	0.182	s
<i>(other parameters on request)</i>			
Maximum Ratings			
Operating Temperature	T _{opt}	-25 ... +85	°C
Storage Temperature	T _{stor}	-40 ... +100	°C
Soldering Temperature (3s)	T _{sold}	300	°C

NORMALIZED SPECTRAL RESPONSIVITY



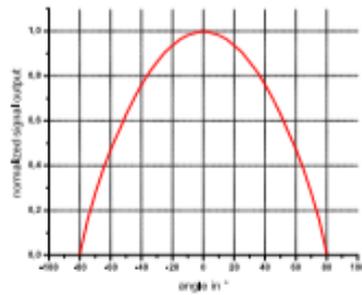
TOCON_E2

SiC based UV-Index photodetector with integrated amplifier



FIELD OF VIEW

▶ 3/4

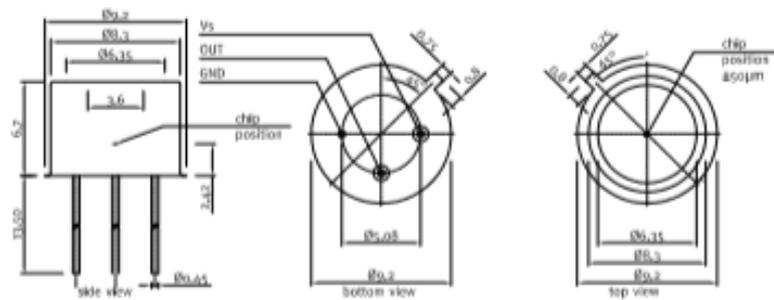


Measurement Setup:

lamp aperture diameter: 10 mm
distance lamp aperture to second aperture: 17 mm
second aperture diameter: 10 mm
distance second aperture to detector: 93 mm

pivot level = top surface of the detector window

DRAWING



TOCON_E2

SiC based UV-Index photodetector with integrated amplifier



▶ APPLICATION NOTE FOR TOCONs

▶ 4/4

The TOCONs need a supply voltage of $V_{supply} = 2.5 \dots 5 V_{DC}$ and can be directly connected to a controller or voltmeter. Please note that the theoretic maximum signal output is always a little less (approx. 5 %) than the supply voltage. To learn more about perfect use of the TOCONs please refer to the TOCON FAQ list published at www.sglux.com.

CAUTION! Wrong wiring leads to destruction of the device.

For easy setup of the device please ask for a TOCON starter kit.



Miniature steel housing with M2x3x thread for the TOCON series

- Optional feature for all TOCON detectors
- Robust stainless steel M2x3x thread body, length 32 mm
- Integrated sensor connector (Binder 4-Pin plug) with 2 m connector cable
- Easy to mount and to connect



Miniature PTFE housing with M2x3x thread for the TOCON series

- Optional feature for all TOCON detectors without concentrator lens
- Teflon (PTFE) M2x3x thread body, length 31 mm
- Wide field of view, dirt-repellant, water proof at wet side (IP 68)
- Integrated sensor connector (Binder 4-Pin plug) with 2 m connector cable
- Easy to mount and connect, cleanable

The PTFE housing reduces the signal output by approx. 25%. Please consider this while selecting the TOCON's sensitivity range.



Plastic probes

- Optional feature for all TOCON detectors
- UV probes in small plastic housings with a TOCON inside
- Customized housings available
- Easy to mount and to connect
- Integrated sensor connector (Binder 4-Pin plug)
- Cable available



Water pressure proof TOCON housing

- Optional feature for all TOCON detectors without concentrator lens
- G1/4" thread, 10 bar water pressure proof
- Customized housings available
- Easy to mount and to connect
- Integrated sensor connector (Binder 5-Pin plug)
- Cable available



ANEXO B: Hoja de datos técnicos de la matriz LED.



64x32 RGB LED Matrix - 4mm pitch SKU:DFR0460



Introduction

City night is always beautiful. She is just like a charming girl, showing her beauty every time. The colorful light is jewelry, dotted on her dress.

This is a 64x32 RGB LED Matrix Panel, it has 2048 full-color RGB LEDs in all. Each LED can be independently addressed and controlled. It requires at least 13 digital GPIOs to control the LED matrix. So the UNO board won't be a good choice in this application, recommended Mega 2560, Raspberry Pi and the other kinds of microcontroller with large RAM and high speed.

The led matrix has 2 IDC connectors (DATA_IN, DATA_OUT) on the back, you can cascade multiple panels and make a huge screen together. BUT Arduino doesn't support this function, its speed is not enough to multiple panel.

Whats more, It is a high brightness, long life, no pollution, pure color LED display module. It can be used both indoor and outdoor, safety and stability, the module can not be mutually extrusion deformation, also can be used normally in harsh environment .

Specification

- Operating voltage : DC 5V
- Average power consumption : <math><500W/m^2</math>
- Maxim Power Consumption : <math><1000w/m^2</math>
- Pixel : $64 \times 32 = 2048$
- Level of viewing Angle : $\geq 160^\circ$
- Control mode : synchronous control
- Drive mode : 1/16 scanning
- Repetition frequency : $\geq 60\text{Hz}$
- White Balance Brightness : $\geq 1200\text{cd}/m^2$
- Refresh frequency : $\geq 300\text{Hz}$
- Pixel pitch : 4mm
- Dimension : 125mm*250mm
- Thickness : 11mm

Board Overview

Note : The pin order of DATA-IN and ADTA-OUT is same, POWER SUPPLY 5V.



DATA-IN and DATA-OUT		
Label	Name	Function
1	DR1	High R data
2	DG1	High G data
3	DB1	High B data
4	GND	GND

5	DR2	Low R data
6	DG2	Low G data
7	DB2	Low B data
8	GND	GND
9	A	A line selection
10	B	B line selection
11	C	C line selection
12	D	D line selection
13	CLK	CLOCK
14	LAT	LATCH
15	OE	Output Enable
16	GND	GND
POWER		
Label	Name	Function
1	VCC	5V
2	VCC	5V
3	GND	GND
4	GND	GND

Anexo C: Líneas de código del NodeMCU

```
#include "ThingSpeak.h"
#include "secrets.h"
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <SoftwareSerial.h>

const char* ssid = "CARLOS DAVID";
const char* password = "c@rlos23t@ll@";

//Configuración de ThinkSpeak
unsigned long myChannelNumber = 839768;
const char * myWriteAPIKey = "3O6TXGQ5DBNF2HL0";

//Config Analog read
int sensorPin = A0; // select the input pin
int UVI = 0;
int adcValue = 0;
float voltageValue;

//Software serial
SoftwareSerial swSer(4, 5); //RX, TX

WiFiClient client;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(10);

  // We start by connecting to a WiFi network
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

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

  //SETUP para ThinkSpeak
  ThingSpeak.begin(client); //Initialize ThingSpeak

  //SETUP Software serial
  swSer.begin(9600);
  Serial.println("\nSoftware serial test started");
}

void loop() {
  Serial.println("En el loop");

  // Connect or reconnect to WiFi
  if(WiFi.status() != WL_CONNECTED){
```

```

Serial.print("Attempting to connect to SSID: ");
Serial.println(SECRET_SSID);
while(WiFi.status() != WL_CONNECTED){
  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.print(".");
  delay(5000);
  //Sense
  adcValue = analogRead(sensorPin);
  Serial.print("ADC: ");
  Serial.println(adcValue);
  voltageValue = adcValue*3.3/1023;
  Serial.print("Voltage: ");
  Serial.println(voltageValue);
  //UVI = voltageValue*0.0048/0.17;
  UVI = voltageValue/0.220;
  Serial.print("UVI: ");
  Serial.println(UVI);
  swSer.print(UVI);
}
Serial.println("\nConnected");
}
//Sense
adcValue = analogRead(sensorPin);
Serial.print("ADC: ");
Serial.println(adcValue);
voltageValue = adcValue*3.3/1023;
Serial.print("Voltage: ");
Serial.println(voltageValue);
//UVI = voltageValue*0.0048/0.17;
UVI = voltageValue/0.220;
Serial.print("UVI: ");
Serial.println(UVI);
swSer.print(UVI);
//Message to ThingSpeak
int x = ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, UVI, myWriteAPIKey);
if(x == 200){
  Serial.println("Channel update successful.");
}
else{
  Serial.println("Problem updating channel. HTTP error code " + String(x));
}
delay(20000); // Wait 20 seconds to update the channel again
}

```



```
if x>=6 and x<8:
    graphics.DrawText(matrix, font, 20, 55, black, texto)
    graphics.DrawText(matrix, font, 2, 55, black, texto)
    texto = str(x)
    graphics.DrawText(matrix, font, 20, 55, orange, texto)

if x>=8 and x<10:
    graphics.DrawText(matrix, font, 20, 55, black, texto)
    graphics.DrawText(matrix, font, 2, 55, black, texto)
    texto = str(x)
    graphics.DrawText(matrix, font, 20, 55, red, texto)

if x>=10 and x<11:
    graphics.DrawText(matrix, font, 20, 55, black, texto)
    graphics.DrawText(matrix, font, 2, 55, black, texto)
    texto = str(x)
    graphics.DrawText(matrix, font, 2, 55, red, texto)

if x>=11 and x<15:
    graphics.DrawText(matrix, font, 20, 55, black, texto)
    graphics.DrawText(matrix, font, 2, 55, black, texto)
    texto = str(x)
    graphics.DrawText(matrix, font, 2, 55, violet, texto)

try:
    print("Press CTRL-C to stop.")
    while True:
        time.sleep(100)
except KeyboardInterrupt:
    sys.exit(0)
```

ANEXO E: Líneas de código de la aplicación móvil.

```
package com.example.uvi;
import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity;
import androidx.appcompat.widget.Toolbar;

import android.content.Context;
import android.content.Intent;
import android.content.SharedPreferences;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
import android.widget.Button;
import android.widget.ImageButton;
import android.widget.ImageView;
import android.widget.TextView;
import android.widget.Toast;
import com.android.volley.Request;
import com.android.volley.Response;
import com.android.volley.VolleyError;
import org.json.JSONArray;
import org.json.JSONObject;
import java.text.SimpleDateFormat;
import java.util.Calendar;

public class MainActivity extends AppCompatActivity {

    TextView t1;
    TextView t2;
    TextView t3;
    TextView fecha1;
    Button dos;
    ImageView i1;
    ImageButton btn;
    httprequest helper = httprequest.getInstance();
    final static String RECENT_API_ENDPOINT =
"\"https://api.thingspeak.com/channels/%20839768%20/feeds.json?api_key=FV09KGPYICMBD1Q
W&results=2\"";

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);

        setContentView(R.layout.activity_main);
        t1 = findViewById(R.id.indiceUV);
        t2 = findViewById(R.id.iuv);
        t3 = findViewById(R.id.recomendacion);
        i1 = findViewById(R.id.img_app);
        btn = findViewById(R.id.imageButton);
        fecha1= findViewById(R.id.fecha);
        dos = findViewById(R.id.pantalla);

        dos.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick(View view) {
                Intent intent = new Intent (view.getContext(), Instrucciones.class);
                startActivityForResult(intent, 0);
            }
        });

        String date = new SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd
```

```

HH:mm:ss").format(Calendar.getInstance().getTime());
//Carga última lectura de de la API
//t1.setText(cargarPreferencias());
fecha1.setText(date);

Thread t = new Thread() {
    @Override
    public void run() {
        while (!isInterrupted()) {
            try {
                runOnUiThread(new Runnable() {
                    @Override
                    public void run() {
                        consultar();
                        guardarPreferencias();
                    }
                });
                Thread.sleep(60000);
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
        }
    }
};
t.start();
}

public void refresh(View view){ //refresh is onClick name given to the button
    onRestart();
}
@Override
protected void onRestart() {

    // TODO Auto-generated method stub
    super.onRestart();
    Intent i = new Intent(MainActivity.this, MainActivity.class); //your class
    startActivity(i);
    finish();
}

private void consultar() {
    CustomJsonRequest request = new CustomJsonRequest
    (Request.Method.GET, RECENT_API_ENDPOINT, null, new Response.Listener<JSONObject>()
{
    @Override
    public void onResponse(JSONObject response) {
        try {
            JSONArray mJSONArray = response.getJSONArray("feeds");
            JSONObject mJsonObject = mJSONArray.getJSONObject(1);
            String Respuesta = mJsonObject.getString("field1");

            t1.setText(Respuesta);
            if (Respuesta.equals("0") || Respuesta.equals("1") || Respuesta.equals("2") ||
Respuesta.equals("3")){

                t2.setText("Muy bajo");
                t2.setTextColor(getResources().getColor(R.color.primer));
            }
        }
    }
});
}
}

```

```

        t1.setTextColor(getResources().getColor(R.color.primer));
        i1.setImageResource(R.drawable.cero);
    }else if (Respuesta.equals("4") ||Respuesta.equals("5") ){
        t2.setText("Bajo");
        t2.setTextColor(getResources().getColor(R.color.segundo));
        t1.setTextColor(getResources().getColor(R.color.segundo));
        t3.setText("Se recomienda protegerse con:");
        i1.setImageResource(R.drawable.cuatro);

    }else if (Respuesta.equals("6") ||Respuesta.equals("7")){
        t2.setText("Moderado");
        t2.setTextColor(getResources().getColor(R.color.tercero));
        t1.setTextColor(getResources().getColor(R.color.tercero));
        t3.setText("Se recomienda protegerse con:");
        i1.setImageResource(R.drawable.seis);

    }else if (Respuesta.equals("8") ||Respuesta.equals("9") ||Respuesta.equals("10")){
        t2.setText("Alto");
        t2.setTextColor(getResources().getColor(R.color.cuarto));
        t1.setTextColor(getResources().getColor(R.color.cuarto));
        t3.setText("Se recomienda protegerse con:");
        i1.setImageResource(R.drawable.ocho);

    }else if (Respuesta.equals("11") ||Respuesta.equals("12") ||Respuesta.equals("13")
||Respuesta.equals("14") ||Respuesta.equals("15")){
        t2.setText("Muy alto");
        t2.setTextColor(getResources().getColor(R.color.quinto));
        t1.setTextColor(getResources().getColor(R.color.quinto));
        t3.setText("Se recomienda protegerse con:");
        i1.setImageResource(R.drawable.once);

    }else{
        t2.setText("Extremo");
        t2.setTextColor(getResources().getColor(R.color.sexto));
        t1.setTextColor(getResources().getColor(R.color.sexto));
        t3.setText("Se recomienda protegerse con:");
        i1.setImageResource(R.drawable.dieciseis);

    }

    //Toast.makeText(MainActivity.this, "UVI: "+Respuesta, Toast.LENGTH_SHORT).show();

    } catch (Exception e) {
        txtError(e);
    }
}
}, new Response.ErrorListener() {

    @Override
    public void onErrorResponse(VolleyError error) {
        txtError(error);
    }
});

request.setPriority(Request.Priority.HIGH);
helper.add(request);
}
private void txtError(Exception e) {
    Toast.makeText(MainActivity.this, "Error en response", Toast.LENGTH_SHORT).show();
}

```

```
e.printStackTrace();
}

private String cargarPreferencias() {
    SharedPreferences preferences = getSharedPreferences("Datos", Context.MODE_PRIVATE);
    String dato2 = preferences.getString("Dato", "No existe dato");
    return dato2;
}

private void guardarPreferencias () {
    //Guardar datos leídos de la API a preferencias (para hacerle persistente)
    SharedPreferences preferences = getSharedPreferences("Datos", Context.MODE_PRIVATE);
    String dato = t1.getText().toString();

    SharedPreferences.Editor editor = preferences.edit();
    editor.putString("Dato", dato);
    editor.commit();
}

}
```

ANEXO F: Datos recolectados para realizar la prueba estadística.

Número de muestra	Sensor TOCON E-2	Estación WS-1401-IP
1	0	0
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	2	2
6	2	2
7	1	1
8	1	1
9	2	2
10	2	2
11	2	2
12	2	2
13	2	2
14	3	3
15	1	1
16	2	1
17	3	3
18	4	4
19	3	3
20	3	3
21	2	2
22	1	1
23	2	1
24	2	1
25	2	2
26	7	7
27	7	7
28	7	7
29	8	7
30	8	8
31	7	7
32	8	8

33	8	8
34	8	9
35	6	6
36	10	10
37	11	11
38	9	9
39	10	10
40	12	11
41	8	8
42	13	12
43	14	12
44	14	12
45	11	11
46	15	13
47	15	13
48	14	12
49	13	12
50	15	13
51	6	6
52	5	5
53	5	5
54	5	5
55	5	5
56	4	5
57	6	6
58	6	6
59	7	6
60	7	7
61	7	7
62	7	7
63	4	4
64	5	5
65	5	5
66	5	5
67	5	5

68	6	5
69	6	4
70	4	4
71	4	4
72	4	4
73	5	5
74	5	5
75	5	5

ANEXO G: Oficio del GAD-GUANO.



Oficio No. 080 A-GADM-CG.

Guano, 15 de febrero de 2019

Doctor
Washington Luna
DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA - ESPOCH
Riobamba.

Con un saludo cordial en mi calidad de Alcalde del Gobierno Municipal del cantón Guano; y, a petición del señor estudiante Carlos David Talla Jiménez, portador de la cédula de identidad N° 0604378398 miembro del Grupo de Investigación GITCE, los mismos que investigan la radiación solar, solicito a usted que se acepte como Tesis de Grado, LA IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO QUE MIDA EL IUUV, en nuestro cantón, el mismo que será instalado en el parque 20 de Diciembre.

En la seguridad de su aceptación le anticipo mi agradecimiento.

Cordialmente,

Lic. Oswaldo Estrada A.
ALCALDE DEL GADM-CG
OEA/mpp



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 26 / 11 / 2019

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Carlos David Talla Jiménez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Facultad de Informática y Electrónica
Carrera: Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales
Título a optar: Ingeniero en Electrónica Control y Redes Industriales
f. Analista de bibliotecas responsable: