

MEDIDOR ÍNDICE UV PORTÁTIL

PORTABLE UV INDEX METER

Nestor Quintero Cardenas* Frank Nixon Giraldo Ramos.**

Resumen: En el siguiente documento se describe el desarrollo y construcción de un prototipo portátil para medir el índice ultravioleta (UV), haciendo uso de los siguientes dispositivos: sensor (UVM30-A), microcontrolador (Arduino NANO), pantalla (OLED SSD1331), bluetooth (HC-05).

Como primer paso se realizó una investigación sobre radiación ultravioleta para conocer sus principales características así como las formas que existen para su medición.

Posteriormente, con la interacción de los elementos mencionados anteriormente, se realizó un circuito capaz de medir el índice UV, el cual cuenta con características tales como: comunicación inalámbrica e interfaz de alerta ante el aumento del índice UV.

Palabras clave: Radiación UV, sensor, índice UV, energía solar, medición.

Abstract: The following document describes the development and construction of a portable prototype to measure the UV index, making use of the following devices:

* Estudiante de Tecnología en electrónica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.
e-mail: nequinteroc@correo.udistrital.edu.co

** Ingeniero en control electrónico e instrumentación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.
Maestría en Ingeniería automatización industrial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
Docente en la Universidad Distrital, Colombia. e-mail: fngiraldor@udistrital.edu.co

sensor (UVM30-A), microcontroller (Arduino NANO), screen (OLED SSD1331), bluetooth (HC-05).

As a first step, a research on ultraviolet radiation was carried out to know its main characteristics as well as the ways that exist for its measurement.

Subsequently, with the interaction of the aforementioned elements, a circuit capable of measuring the ultraviolet (UV) index was made, which has characteristics such as: wireless communication and alert interface with the increase of the UV index.

Key Words: UV radiation, sensor, UV index, solar energy, measurement.

1. Introducción

La radiación solar es un factor natural de gran importancia debido a que ésta modula el clima terrestre, teniendo una influencia significativa en el medio. La radiación UV tiene varios efectos beneficiosos, pero también puede ser muy dañina si se exceden unos límites de “seguridad”.

Las actividades humanas afectan a la atmósfera, como por ejemplo la contaminación del aire y la destrucción de la capa de ozono, afectando también indirectamente a la radiación UV que llega a la superficie terrestre.

En Colombia el cáncer de piel corresponde a la enfermedad neoplásica más frecuente según en según el ministerio de salud, en el 2017 el 20,2 % del total de casos nuevos de cáncer atendidos por el Instituto Nacional de Cancerología son cutáneos producidos por radiación UV. En los últimos años se ha dado un crecimiento en las tasas nacionales: 23 casos por 100.000 habitantes en el 2003 a 41 casos por 100.000 habitantes en el 2007 todos de cáncer de piel producido por radiación UV con estos aumentos se ve una proyección para el año 2020 de cáncer de piel: 102 casos por 100.000 habitantes.[1]

De acuerdo con el Índice UV Solar Mundial (IUV) que establece la intensidad de la radiación en la superficie terrestre, Bogotá alcanza la categoría de alto con un índice UV entre 7 y 8.[2]

2. Marco Teórico

2.1 Índice ultravioleta (UV)

El índice de UV es un indicador que se asocia a la intensidad de la radiación solar ultravioleta incidente sobre la superficie terrestre. Es una medida de orientación dirigida a promover en la población una exposición saludable al sol, ya que ésta es necesaria para diversos procesos biológicos del organismo humano. Este indicador alcanza los niveles más altos alrededor del mediodía, se mide de 1 al 11+, en la que un mayor valor indica que existe un aumento en la probabilidad de quemaduras en la piel.[3]

El índice UV cuenta con un código de colores internacional (ver figura 1) definido por la organización mundial de la salud los cuales son los siguientes e indican el riesgo que hay según cada color:

- Color verde indica un nivel de índice UV bajo, el cual está entre 1-2. Este no presenta riesgo para el ser humano al tener exposición con la radiación UV.
- Color Amarillo indica un nivel de índice UV moderado, el cual está entre 3-5. Este no presenta demasiado riesgo para el ser humano al tener exposición con la radiación UV.
- Color naranja indica un nivel de índice UV alto, el cual está entre 6-7. Este ya presenta riesgo para el ser humano al tener exposición con la radiación UV.

- Color rojo indica un nivel de índice UV muy alto, el cual está entre 8-10. Este presenta demasiado riesgo para el ser humano al tener exposición con la radiación UV.
- Color violeta indica un nivel de índice UV extremadamente alto, el cual está entre 11 o más de 11. Este presenta riesgo demasiado alto para el ser humano al tener exposición con la radiación UV.

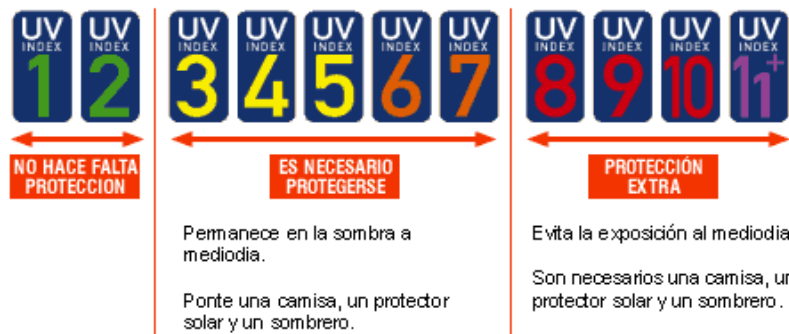


Figura 1. Código de colores internacional de índice UV con su respectivo nivel.[4]

El riesgo que presenta cada índice UV puede variar para cada persona dependiendo de la tonalidad de piel que tenga.

2.2 Espectro solar

El espectro solar es la distribución de la energía irradiada por el sol, la cual viene ordenada por valores de longitud de onda (ver figura 2).

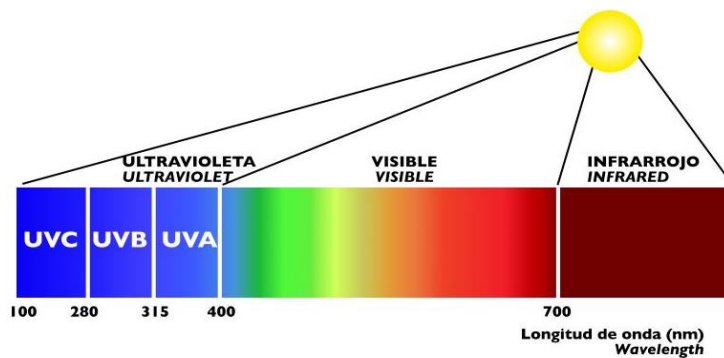


Figura 2. Espectro solar.[5]

2.3 Radiación UV

Se entiende por radiación ultravioleta la radiación cuya longitud de onda es menor que la de la luz visible pero mayor que la de los rayos x, es decir, varía entre los 100 y 400 nm.

La fuente más habitual de radiación UV es el sol, aunque también se puede conseguir artificialmente mediante lámparas UV.

La radiación UV se divide en tres rangos: UVA, UVB y UVC. Todos ellos están considerados como probables cancerígenos para el hombre.[6]

Tipos de radiación UV:

UVA: Radiaciones de longitud de onda larga comprendida entre los 315 y 400 nm. Apenas retenidos por la atmósfera. Al menos el 90% de las radiaciones que llegan a la superficie terrestre son UVA.[6]

UVB: Radiaciones de longitud de onda media comprendida entre los 280 y los 315 nm. Representan como máximo un 10% de las radiaciones que llegan a la superficie terrestre.[6]

UVC: Radiaciones de longitud de onda corta comprendida entre los 100 y los 280 nm. Las radiaciones UVC son absorbidas en su totalidad por la capa de ozono.[6]

2.3 OLED

OLED (Organic Light-Emitting Diode) es una tecnología que emite luz propia compuesta de una película multi-capa orgánica delgada, colocada entre un ánodo y un cátodo. En contraste con la tecnología LCD, OLED no requiere una luz de fondo. OLED posee un alto potencial de aplicación para prácticamente todos los tipos de pantallas y es considerado como la última tecnología para la próxima generación de pantallas planas.[7]

2.3.1 OLED SSD1331

Es un controlador CMOS OLED / PLED de un solo chip con 288 segmentos y 64 salidas comunes, compatible con hasta 96RGB x 64 pantalla de matriz de puntos. Tiene un contraste de 256 pasos y un control de color de 65k, es adecuado para teléfonos móviles, MP3, MP4 y otros dispositivos industriales.[8]



Figura 3. OLED SSD1331.[8]

Características

- Tamaño: 0.95 pulgadas.
- Resolución: 96 * 64.
- Chip: SSD1331.
- Color: 65536 colores.
- Interfaz: interfaz SPI.
- No. de pines: 7Pin.
- Voltaje: 3.3V – 5V.

2.4 Arduino NANO

El Arduino Nano es un tablero pequeño, basado en el microcontrolador ATmega328P.

Características

- Voltaje de funcionamiento 5V.
- Memoria Flash 32 KB.
- Velocidad del reloj 16 MHz.
- Entradas analógicas 8.

- Tamaño 18,5mm x 43,2mm.
- Pines digitales 14.



Figura 4. Arduino NANO.[9]

2.5 Módulo UVM30A

Este sensor UV (ver figura 3) se utiliza para detectar la intensidad del incidente de radiación UV. Esta forma de radiación electromagnética tiene longitudes de onda más cortas que la radiación visible. Este módulo se basa en el sensor UVM-30A, que tiene un longitud de onda de 200nm-370nm.[10]

Características

- Voltaje de alimentación: 3.0-5.0V.
- Corriente 0,06mA (estándar)-0.1mA (máxima).
- Longitud de onda 200-370nm.
- Conversión análoga digital.



Figura 5. Sensor UVM30A.[10]

2.6 Módulo HC-05

El módulo HC-05 es un módulo bluetooth SPP (Protocolo de puerto serie), diseñado para configuración de conexión serial inalámbrica. El módulo bluetooth del puerto serie está completamente calificado bluetooth V2.0 + EDR (Tasa de datos mejorada) 3Mbps modulación con transceptor de radio completo de 2.4GHz y banda de base.[11]



Figura 6. Módulo HC-05.[12]

3 Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del proyecto se hizo en base del diagrama de bloques (ver figura 7).

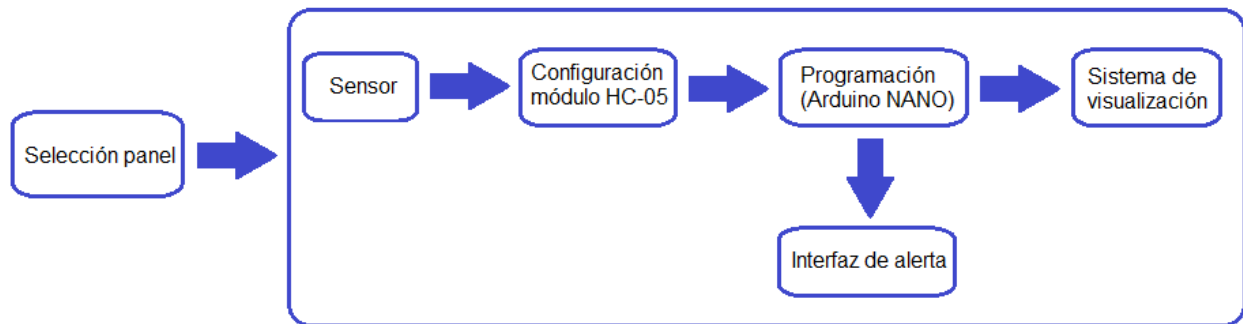


Figura 7. Diagrama de bloques del proyecto Fuente: Elaboración propia de autores

4. Sensor

Pruebas del sensor

Para probar el módulo UVM30-A se conectó al arduino NANO y este se programó para leer los datos recibidos (voltaje según el incremento del índice UV). Se realizaron 3 pruebas por cada nivel de índice UV al final estas fueron promediadas para compararse con los datos del fabricante.

	Datos fabricante	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio pruebas	
INDICE UV	Voltaje salida(mV)	Voltaje salida(mV)	Voltaje salida(mV)	Voltaje salida(mV)	Promedio Voltaje salida(mV)	% Error
0	50	49,1	49,7	49,7	49,50	1,00
1	227	225,2	225,2	225,3	225,23	0,78
2	318	315,4	315,3	315,4	315,37	0,83
3	408	405,1	405,2	405	405,10	0,71
4	503	499,8	499,7	500	499,83	0,63
5	606	599,8	600	600,1	599,97	1,00
6	696	690	690,2	690,1	690,10	0,85
7	795	789	789,3	789,2	789,17	0,73
8	881	876,2	876,1	876,1	876,13	0,55
9	976	970,5	970,6	970,4	970,50	0,56
10	1079	1073	1073	1073	1073,00	0,56
11	1179	1170	1170	1170	1170,00	0,76

Tabla1.Resultados de pruebas del sensor. Fuente: Elaboración propia de autores.

Como se puede apreciar en la tabla 1 los datos obtenidos no varían mucho con respecto a los del fabricante ya que su error es demasiado pequeño y en ninguna de las mediciones realizadas supera el 1% de error. En la figura 8 se encuentra la gráfica de la pruebas realizadas versus la gráfica del fabricante.

Como resultado de dichas pruebas obtuvimos que la intensidad UV es directamente proporcional al voltaje de salida del módulo UVM30-A

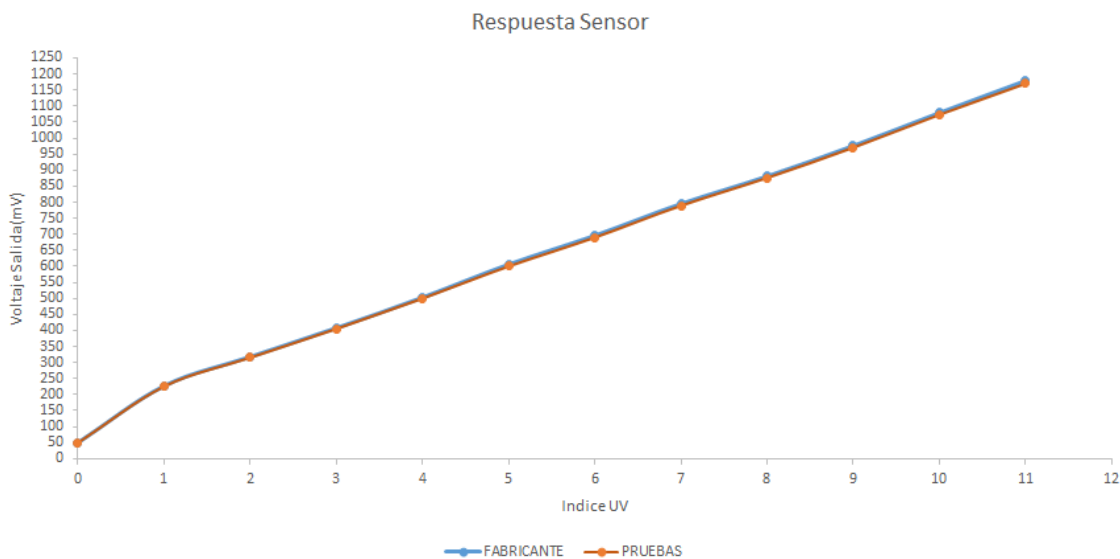


Figura 8. Grafica pruebas vs fabricante. Fuente: Elaboración propia de autores.

5. Configuración modulo bluetooth

El modulo trae una configuración por defecto la cual se cambió para que este sea único y evitar que cualquier persona se conecte a este, Para cambiar la configuración se hicieron los siguientes procesos:

- conectar el módulo HC-05 a un módulo PL2303 que es un convertor de USB a RS232 de la siguiente forma (ver figura 9).

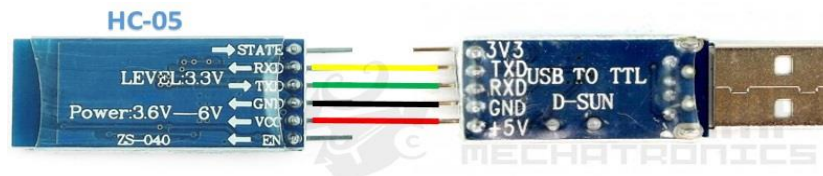


Figura 9. Conexión para configurar.[13]

- Poner el módulo HC-05 en modo AT2, para hacerlo sencillamente antes de alimentarlo hay que mantener presionado el botón que trae hasta que se conecte la alimentación, el empezara a parpadear muy despacio y con esto ya se sabe que ya está en modo AT2.
- Abrir un telnet en este caso se usó hyperterminal, crear una nueva conexión para poder enviar comandos AT al módulo HC-05, el puerto COM que se usa es el que se genera al conectar el módulo PL2303.
- Envió de comandos AT:
 - AT al enviar este comando devuelta se recibe OK lo que indica que los pasos anteriores están bien y puede empezar a cambiar la configuración.
 - AT+NAME=Nombre. Cambia el nombre de nuestro modulo.
 - AT+PSWD=Pin. Cambia la contraseña.
 - AT+UART=<Baud>, < StopBit>, < Parity> Cambia la velocidad de comunicación.
 - AT+RESET. Restablece el modulo a los ajustes por defecto.

- Al enviar cualquiera de los comandos siempre se debe recibir devuelta un OK lo que indica que dicho comando se ejecutó.

6. Programación

Para la programación se usó el software arduino 1.8.2 debido a que en este proyecto se usó el arduino NANO y este software está dirigido especialmente para programar diferentes productos de la empresa de arduino, además el lenguaje de programación usado en este es C++, lenguaje con el cual ya se está bastante familiarizado.

En la figura 10 se observa el diagrama de flujo realizado para este proyecto.

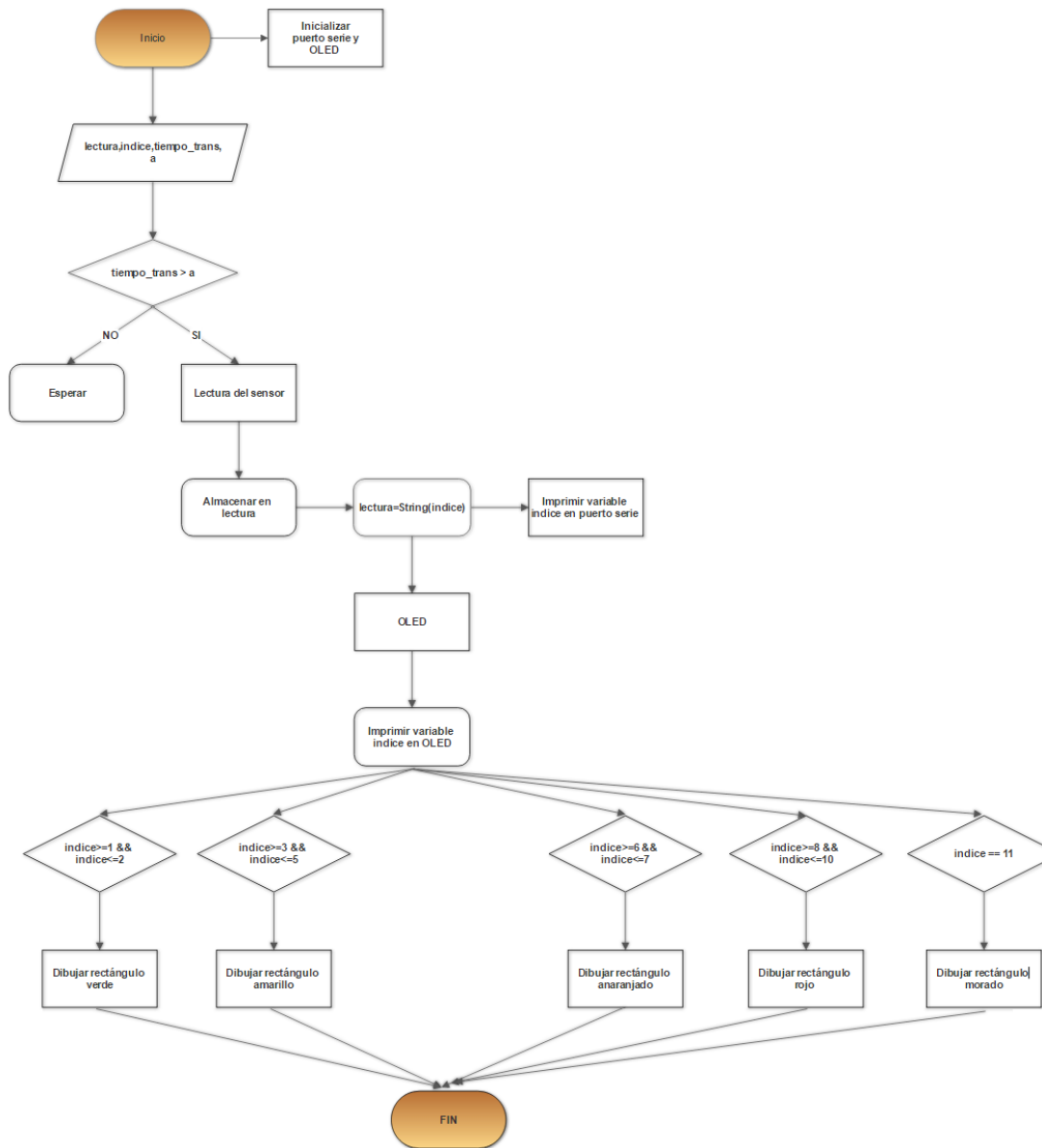


Figura 10. Diagrama flujo programación. Fuente: Elaboración propia de autores.

7. Sistema de Visualización.

Para el sistema de visualización se usó una pantalla OLED SSD1331 que funciona por interfaz SPI esta va conectada al arduino NANO, según los pines que se definan en la programación en este caso se usaron los siguientes:

PINES OLED	PINES ARDUINO
VCC	5V
GND	GND
SCLK	Pin 13
MOSI	Pin 12
RST	Pin 8
CS	Pin 10
DC	Pin 9

Tabla 2. Conexiones de la OLED con el arduino Fuente: Elaboración propia de autores.

En el sistema de visualización se muestra el nivel del índice UV este va a variar entre 1 y 11 siendo 1 el nivel menor y 11 el nivel máximo, el nivel también se puede ver en una barra de color variable con la que cuenta el sistema. Se intentó que los colores de la barra traten de corresponder al código de colores internacional definido por la organización mundial de la salud.



Figura 11. Pantalla OLED indicando nivel UV. Fuente: Elaboración propia de autores.

8. Interfaz de alerta

Para la interfaz se usó el software Delphi tokyo debido a que se puede programar directamente los componentes visuales de manera muy simple, diseñando un formulario con todos sus controles (botones, etiquetas, campos de texto, etc.), seguidamente se establece el

código que le corresponde a los eventos de estos controles, lo cual facilita bastante en el momento de hacer una aplicación android.

La aplicación realizada se encarga de recibir los datos enviados por el módulo HC-05, mostrarlos, variar una barra de color y dar una alerta sonora en caso de que el nivel del índice UV sea mayor al límite que se estableció en la programación de la aplicación.

El diseño de la aplicación se puede observar en la figura 12.

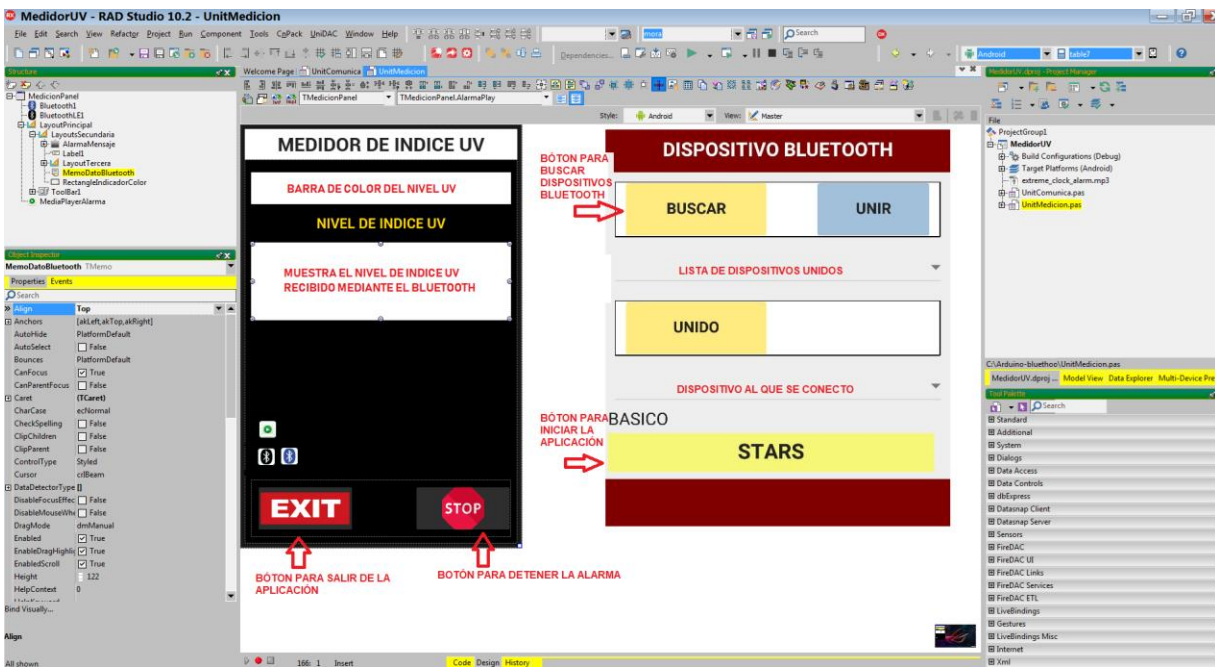


Figura 12. Diseño de la aplicación. Fuente: Elaboración propia de autores.

Luego del diseño se programó cada uno de los componentes usados para la aplicación, en la figura 13 se encuentra el diagrama de flujo de la aplicación.

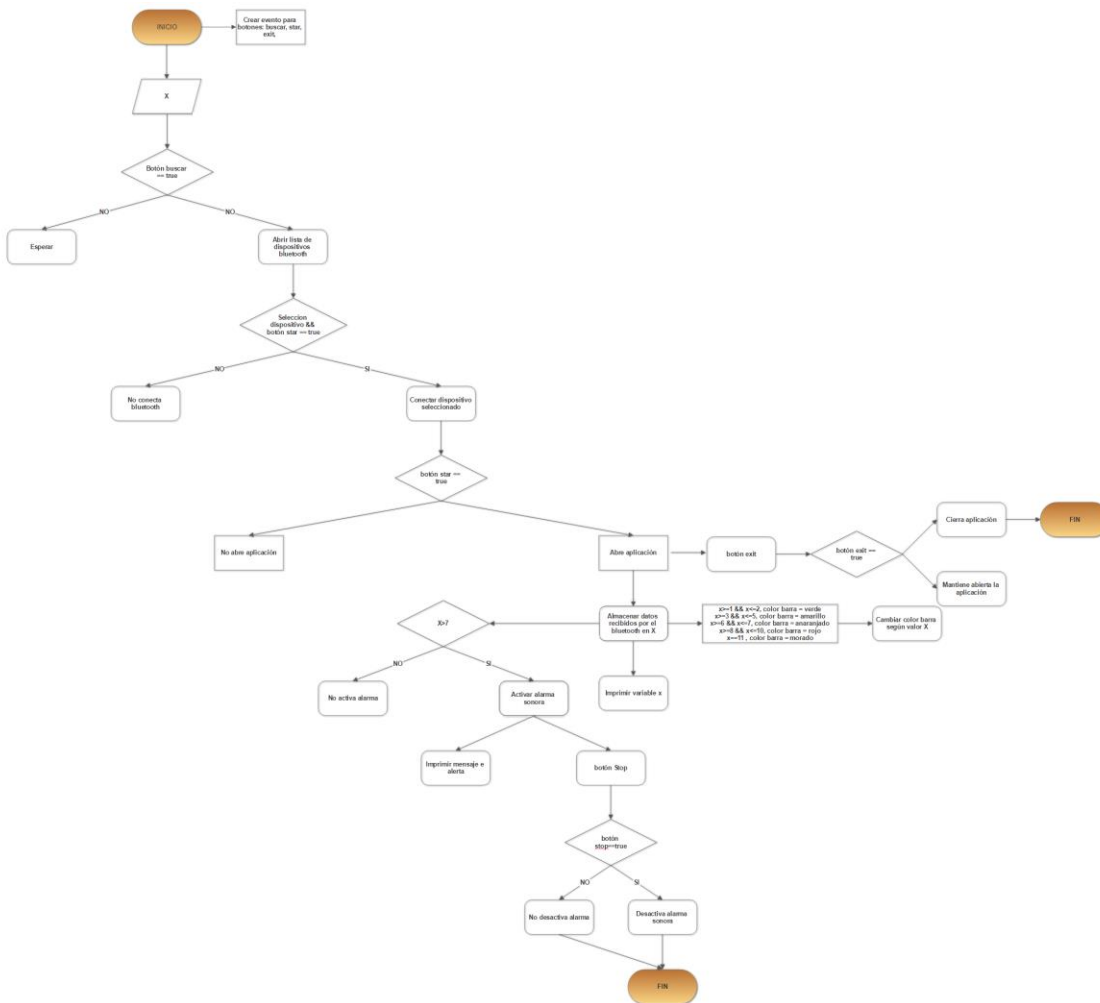


Figura 13. Diagrama de flujo de la aplicación. Fuente: Elaboración propia de autores.

En la figura 14 se muestra la aplicación terminada.

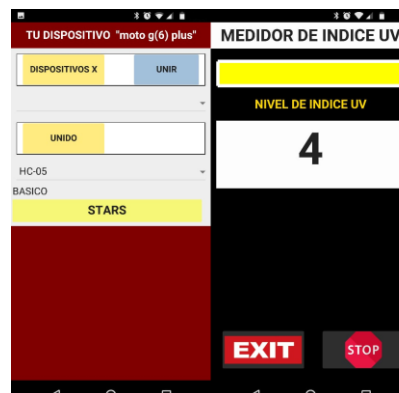


Figura 14. Aplicación terminada. Fuente: Elaboración propia de autores.

9. Selección panel solar

Para seleccionar el panel usado en el proyecto se tomaron 3 paneles diferentes y en la tabla 3 se encuentran sus especificaciones para compararlos.

Especificaciones fabricante	Panel 1	Panel 2	Panel 3
Referencia	IPS-5	HYD-01	BCMaster 6V 2W
Potencia maxima	5W	6W	2W
Voltaje	18,36V	5V	6V
Corriente	0,27A	1.2A	0,33333A
Tipo de celda	policristalino	amorfa	monocristalino
Tamaño	25x22cm	32x17,5cm	12X11cm
Precio	\$135.000	\$76.900	\$9.000

Tabla 3. Especificaciones de los paneles. Fuente: Elaboración propia de autores.

De los 3 se tomó el panel 2 debido a su mayor potencia y a el tipo de celda que usa, debido a que los otros dos usan una celda cristalina y puede romperse, cosa que en el panel 2 no ya que su tipo de celda le permite ser flexible, lo cual lo hace más resistente y fácil de unir al proyecto.

10. Proyecto integrado

Para integrar el proyecto se realizó una caja en acrílico para almacenar la PCB del proyecto, luego se almaceno todo el proyecto dentro de una maleta para que este sea portátil.



Figura 15. Proyecto terminado. Fuente: Elaboración propia de autores.

11. Pruebas y resultados

11.1. Prueba 1

Para comprobar que el proyecto funciona y es capaz de medir el índice UV se comparan los datos que recibe el medidor portátil con los del solmáforo puesto en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas sede tecnológica. Las mediciones se realizaron el día 25 de julio de 2018 en dicha sede, los datos se tomaron aproximadamente cada media hora la prueba A se realizó de 8am a 11am y la prueba B se realizó de 12pm a 5pm.

Mañana			
Hora	Índice UV solmáforo	Índice UV medidor	% Error
8:00am - 8:30am	5	5	0
8:30am - 9:00am	6	6	0
9:00am - 9:30am	6	6	0
9:30am - 10:00am	8	7	12,5
10:00am - 10:30am	8	8	0
10:30am - 11:00am	9	8	11,111111

Tabla 4. Resultados prueba A. Fuente: Elaboración propia de autores.

Tarde			
Hora	Índice UV solmáforo	Índice UV medidor	% Error
12:00pm - 12:30pm	10	10	0
12:30pm - 1:00pm	10	10	0
1:00pm - 1:30pm	11	11	0
1:30pm - 2:00pm	12	11	8,3333333
2:00pm - 2:30pm	12	11	8,3333333
2:30pm - 3:00pm	11	11	0
3:00pm - 3:30pm	11	11	0
3:30pm - 4:00pm	8	8	0
4:00pm - 4:30pm	7	7	0
4:30pm - 5:00pm	7	6	14,285714

Tabla 5. Resultados prueba B. Fuente: Elaboración propia de autores.

Los porcentajes de error obtenidos no superan el 20%, lo cual es aceptable para el proyecto.

11.2. Prueba 2

Para comprobar el funcionamiento de la interfaz y el sistema de visualización se comparó que los datos mostrados en la pantalla OLED y en la interfaz fueran iguales (ver figura16). Además que la alarma sonora en el celular se active cuando el nivel del índice UV sea mayor a 7.



Figura 16. Comparación de datos interfaz vs OLED. Fuente: Elaboración propia de autores

12. Conclusiones

- En conclusión se obtuvo un prototipo portátil y funcional capaz de medir el índice UV, visualizarlo, también un sistema de alerta capaz de darnos aviso de que el índice UV está demasiado alto.
- A través de la realización de este proyecto se obtuvo más conocimiento de los efectos nocivos y benéficos de la radiación UV.
- De acuerdo a los datos obtenidos se puede concluir que se logró un algoritmo funcional en la medición del índice UV, ya que las mediciones estuvieron en un rango aceptable de no mayor al 25% de error.

Referencias

- [1] “Medidas preventivas frente a los rayos solares.” [Online]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Medidas-preventivas-frente-a-los-rayos-solares.aspx>. [Accessed: 17-Aug-2018].
- [2] “Secretaría Distrital de Salud de Bogotá Noticia Portal Detalle.” [Online]. Available: http://www.saludcapital.gov.co/Paginas2/Noticia_Portal_Detalle.aspx?IP=203. [Accessed: 08-May-2018].

- [3] “Radiación Ultravioleta | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.” [Online]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=687:plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-62>. [Accessed: 23-Apr-2018].
- [4] “CEAMET - Meteorología - Vigilancia de la radiación UV en la Comunitat Valenciana.” [Online]. Available: <http://www.ceam.es/ceamet/cast/UVI/infoUV.html>. [Accessed: 23-Jul-2018].
- [5] I. Minchala, “Radiación solar,” pp. 1–21.
- [6] World Health Organization, “Artificial tanning sunbeds: risk and guidance,” *Artif. Tann. sunbeds risk Guid.*, p. 20, 2003.
- [7] “Display OLED 0.95” 96x64 SPI Bajo Consumo Full Color - Electronilab.” [Online]. Available: <https://electronilab.co/tienda/display-oled-0-95-96x64-spi-consumo-full-color/>. [Accessed: 24-Jul-2018].
- [8] Adafruit, “SOLOMON SYSTECH SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA 96RGB x 64 Dot Matrix OLED/PLED Segment/Common Driver with Controller SSD1331 Solomon Systech,” pp. 1–68, 2007.
- [9] “Arduino Nano.” [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>. [Accessed: 15-Aug-2018].
- [10] U. V. D. Sensor, “Arduino Compatibles,” no. 3, 1845.
- [11] ITead Studio, “Hc-05 Bluetooth Module,” *Datasheet*, p. 1, 2010.
- [12] “Módulo Bluetooth HC-05 Serial Rs232 - Electronilab.” [Online]. Available: <https://electronilab.co/tienda/modulo-bluetooth-hc-05-serial-rs232/>. [Accessed: 24-Jul-2018].
- [13] “Configuración del módulo bluetooth HC-05 usando comandos AT.” [Online]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/24_configuracion-del-modulo-bluetooth-hc-05-usa.html. [Accessed: 24-Jul-2018].