



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

*Propuesta de un sistema de medición,
visualización y registro de radiación
ultravioleta, para su implementación en
espacios públicos.*

TESIS

Para obtener el título de
Ingeniero eléctrico electrónico

PRESENTA

Almazán López Dan Alexis

ASESOR DE TESIS

Dr. Ismael Díaz Rangel



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Agradecimientos

Dedicado a mi Mamá: Lilia López Barajas por todo tu esfuerzo, cariño y amor que me has dado, por estar siempre y alentarme a seguir adelante en todo lo que hago.

En especial dedico este trabajo a mi Papá: Leobardo Almazán Barreto por tu empeño, confianza que me diste y valores que me enseñaste, que aunque ya no se encuentre físicamente, el siempre confió en que lo lograría, a ti papa que siempre estarás presente en mi corazón.

A mis hermanos por su apoyo y abrazos que siempre me dan.

A mi Abuelita por sus consejos y amor que me ha dado, a mi tía Estela por ser un gran ejemplo en el estudio así como en el trabajo, a todos mis tíos y tías que siempre me estuvieron alentando a seguir adelante. A mis primos por su compañía y amistad.

Merece una mención y un agradecimiento especial mi asesor de tesis: Dr. Ismael Díaz Rangel, por todo el apoyo que me brindo y asesoría para mi desarrollo académico así como los valores que eh aprendido de él, a su esfuerzo por la Facultad de Estudios Superiores Aragón de ser uno de los mejores profesores y persona.

A mis amigos a cada uno de ellos por estar ahí en todos los momentos que pasamos juntos y su apoyo incondicional.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México por darme esta gran oportunidad de ser un profesionista, por enseñarme valores culturales e intelectuales que hacen de personas competentes.



Contenido

Resumen.....	¡Error! Marcador no definido.
Agradecimientos	1
Contenido	2
Índice de tablas.....	4
Capítulo 1. Introducción	5
1.1 Motivación.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2 Objetivo general	6
1.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Organización del trabajo	7
Capítulo 2. Marco teórico	8
2.1 Radiación solar.....	8
2.1.1 Radiación ultravioleta	9
2.1.2 Unidad de medición de radiación ultravioleta	11
2.1.3 Índice UV	12
2.2 Radiación ultravioleta efectos en la salud.....	16
2.2.1 Cáncer de piel.....	18
2.3 Radiómetros	20
2.4 Sensores UV	24
2.5 Sistemas de control	28
2.5.1 Sistemas de control de lazo abierto	30
2.5.2 Sistemas de control de lazo cerrado	31
2.5.3 Microcontroladores	31
2.5.3 Tarjetas de desarrollo	33



2.6 Comunicación inalámbrica	37
2.6.1 Dispositivos de comunicación inalámbrica.....	39
2.7 Reloj de tiempo real	41
2.8 Sistemas de almacenamiento de datos digitales.....	43
2.9 Módulo SD	44
2.10 Display de 7 segmentos.....	45
2.11 Sistema de potencia.....	46
2.11.1 Fuente de poder	47
2.11.2 Fuente de poder cd	47
2.11.4 ULN2803	52
2.12 Aislamiento del proyecto (sensor ML8511)	53
2.12.1 Material de protección de los dispositivos electrónicos.....	53
2.12.2 Material para el sensor UV	57
2.12.3Material elegido	60
Capítulo 3. Desarrollo experimental de la propuesta.....	61
Capítulo 4. Pruebas y resultados.....	90
Conclusiones	109
Referencias bibliográficas.....	111
ANEXOS	116
A) Código Arduino primer prototipo.....	116
b) Código Arduino emisor	126
c) Código Arduino receptor	131



Índice de tablas

Tabla 2.1 Categorías del índice UV	12
Tabla 4.1 Comparación sensor UVM30A Y ML8511.....	90
Tabla 4.2 Comparación estación monitoreo, sensor UVM30A y ML8511	92
Tabla 4.3 Explicación de tabla.....	92
Tabla 4.4 Comparación estación de monitoreo final	94
Tabla 4.5 Explicación tabla final	95
Tabla 4.6 Explicación comparación sensores ml8511	97
Tabla 4.7 Comparación de diferentes sensores ml8511.....	98
Tabla 4.8 Comparación sensores con sol	100
Tabla 4.9 Segundo sensor comparación.....	101
Tabla 4.10 Comparación con un Arduino	103
Tabla 4.11 Comparación material acrílico	105
Tabla 4.12 Comparación material vidrio	105



Capítulo 1. Introducción

La energía solar resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol. Esta energía es el motor que mueve nuestro medio ambiente. La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Las ondas electromagnéticas tienen diferentes longitudes de onda. El conjunto de todas las longitudes de onda se llama espectro electromagnético. Algunas de las longitudes de onda son rayos gamma, rayos X, ultravioleta, luz visible, infrarrojo. La radiación ultravioleta abarca el rango espectral desde los 100 nm a los 400 nm. La radiación ultravioleta se divide en UVC UVB Y UVA. (La Agencia Estatal de Meteorología).

La luz solar es esencial para la vida, una exposición moderada a la radiación ultravioleta contribuye a la síntesis de vitamina D, pero exponerse mucho a la radiación ultravioleta puede ser dañino hacia la piel, ojos y el sistema inmunitario. Uno de los mayores problemas al exponerse al sol es el cáncer de piel. (Organización Mundial de la Salud, 2003). El cáncer de piel es el más frecuente en el ser humano, se ha incrementado en los últimos años a nivel mundial. (Gutierrez, 2003). En la Ciudad de México la radiación ultravioleta es alta en los meses de febrero a septiembre (SIMAT, s.f.) y por esto se debe tener un mayor cuidado a la hora de estar expuestos a la radiación solar.

La unidad de medida de la radiación ultravioleta es la irradiancia o exposición radiante en la cual la radiación es integrada en el tiempo como energía/área tiempo y cuya unidad es W/m^2 .

El índice UV es una medida de la intensidad de la radiación ultravioleta en la superficie terrestre, cuánto más alto es este valor hay mayor probabilidad de sufrir lesiones cutáneas. Para la medición se ocupan radiómetros. En este trabajo tiene como objetivo diseñar y construir un radiómetro de muy bajo costo, con una precisión comparable a un profesional, y que presente las lecturas en una pantalla que sea



visualizable a distancia, con el propósito de colocarlo en espacios públicos y privados.

1.1 Justificación

Los casos de cáncer cutáneo se han incrementado año con año, la mejor manera de disminuir estas afectaciones es mediante la prevención, sobre todo a temprana edad; tener un sistema que nos muestre de manera clara y confiable el índice de radiación UV cuándo realizamos actividades al aire libre, podría crear conciencia y con ello la toma de medidas precautorias.

1.2 Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de bajo costo, que sea capaz de medir con buena precisión y exactitud el índice de radiación solar, y que su resultado se presente en una pantalla que se observable a distancia; la transferencia de información será mediante comunicación inalámbrica.

1.2 Objetivos específicos

- Investigar fenómeno de radiación solar.
- Especificar las enfermedades provocadas por la Radiación solar.
- Comparar los tipos de sensores de radiación ultravioleta.
- Evaluar dispositivos de comunicación inalámbrica.
- Diseño e implementación de un visualizador.
- Determinar una etapa de potencia apropiada para el sistema propuesto.
- Estudiar y definir un sistema de control.
- Revisar medios de almacenamiento masivo de datos.
- Seleccionar un sistema de reloj.
- Analizar materiales de aislamiento.



1.4 Organización del trabajo

Capítulo 2. Se describe detalladamente la teoría acerca de la radiación ultravioleta cuáles son sus beneficios en la salud, y cómo se presentan afectaciones cutáneas (cáncer de piel) o en el sistema inmunológico si se queda expuesto al sol durante un periodo prolongado sin protección. Investigación de las longitudes de onda, las cuales se miden a través del índice UV, se describen los datos técnicos de los dispositivos electrónicos empleados para la medición de la radiación ultravioleta como sensores y radiómetros.

Capítulo 3. Desarrollo experimental. En este capítulo se hace un planteamiento y descripción a detalle de la metodología a seguir para la investigación y realización del radiómetro, así como la propuesta del uso de materiales y dispositivos a bajo costo con la misma mecánica que presentan los radiómetros comerciales y de prestigio.

Capítulo 4. Este capítulo está dedicado a las pruebas que se hicieron con el radiómetro, aportando una presentación de las conclusiones y los resultados obtenidos a través de las pruebas aplicadas durante el proceso de investigación.

Se finaliza este trabajo denotando las conclusiones e indicando los trabajos a realizarse en un futuro.

Capítulo 2. Marco teórico

2.1 Radiación solar

La energía solar resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol. Esta energía es el motor que mueve nuestro medio ambiente, siendo la energía solar que llega a la superficie terrestre 10.000 veces mayor que la energía consumida actualmente por toda la humanidad.

La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol. La longitud de onda y la frecuencia de las ondas electromagnéticas, son importantes para determinar su energía, su visibilidad y su poder de penetración.

Todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de 299.792 Km/s. Estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes longitudes de onda. El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético (figura 2.1).

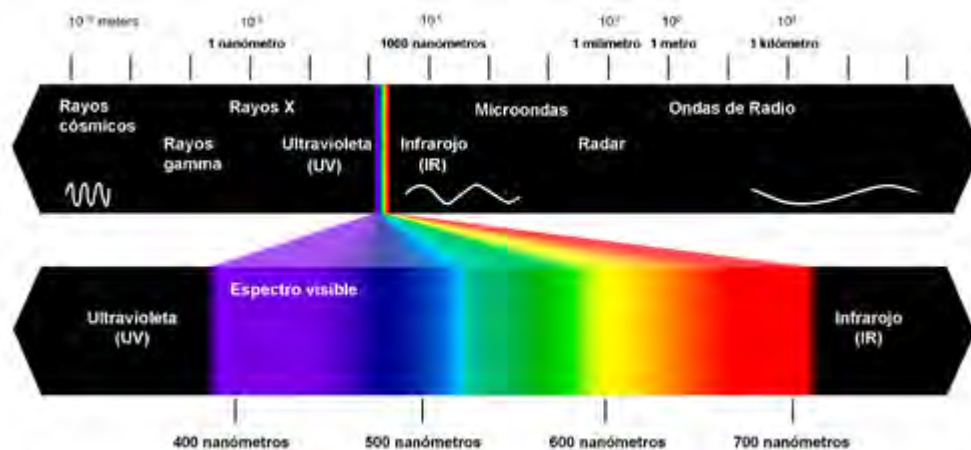


Figura 2.1 Espectro electromagnético.



El conjunto de las longitudes de onda emitidas por el Sol se denomina espectro solar. ((AEMET), 2016)

La proporción de la radiación solar en las distintas regiones del espectro es aproximadamente:

- Ultravioleta: 7%
- Luz visible: 43%
- Infrarrojo: 49%
- El resto: 1%

2.1.1 Radiación ultravioleta

La radiación ultravioleta es parte del espectro electromagnético (figura 2.1), emitido por el sol, aunque también pueden venir de fuentes artificiales como camas de bronceado o lámparas. Otras partes del espectro electromagnético son ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, la luz visible y los rayos gamma.

La longitud de onda de la radiación ultravioleta que está comprendida de los 400 nm a los 100 nm se divide en tres regiones ya que los efectos biológicos de la radiación varían enormemente.

Las tres regiones se dividen en rayos UVA, UVB Y UVC (figura 2.2), con los siguientes valores:

- UVA 400-315 nm.
- UVB 315-280 nm.
- UVC 280-100 nm.

Estos valores se dan en el segundo Congreso Internacional de Luz de 1932 pero varían un poco dependiendo la disciplina a la cual sea aplicada, en la dermatológica se define las regiones de la siguiente manera:

- UVA 400-320 nm.
- UVB 320-290 nm.
- UVC 290-200 nm.

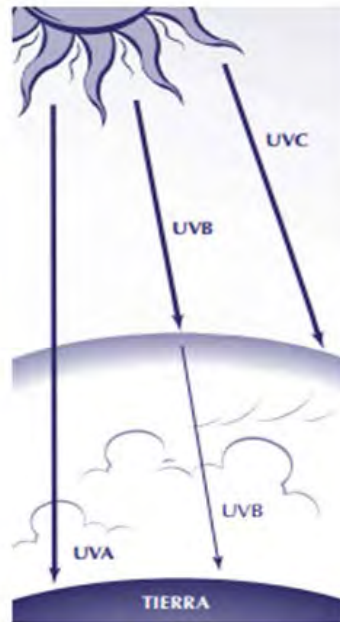


Figura 2.2 Rayos UV

Los rayos UVA son los más débiles de los rayos UV pero son los que más llegan al suelo. Estos rayos pueden usar células para envejecer la piel y pueden causar mucho daño indirectamente a las células.

Los rayos UVB tienen un poco más de energía que los rayos UVA. Estos rayos pueden dañar las células de la piel directamente y son los que causan quemaduras solares.

Los rayos UVC son los que tienen más energía, pero cómo reaccionan con altos niveles de ozono en la atmósfera no alcanzan a llegar al suelo. (Diffey, 2002)

La luz solar es la principal fuente de radiación UV, alrededor del 95% de los rayos UV del sol que llegan a la tierra son los rayos UVA y el otro 5% son de rayos UVB, afecta a las personas de manera directa desde el sol, pero la radiación puede ser dispersa o reflejada. La radiación dispersa se encuentra asociada a nubes, polvo, contaminación, etc; mientras que la reflejada se asociada al suelo o piso, muros, cerros, cuerpos de agua, también los rayos UV que llegan a la tierra dependen de algunos factores como:



- Hora del día: Los rayos UV son más fuertes entre las 10 am y las 4 pm.
- Estación del año: Los rayos UV son más fuertes durante los meses de primavera y verano.
- Latitud: La exposición de rayos UV disminuye a medida que se aleja del ecuador.
- Altitud: Llegan más rayos UV en elevaciones más altas.
- Las nubes: A veces la nube bloquea los rayos UV y evita la exposición, pero otro tipo de nube pueden reflejar los rayos UV y puede aumentar la exposición a los rayos UV.
- Reflejo de superficies: Los rayos UV pueden rebotar en superficies como el agua, arena, nieve, pavimento o la hierba lo que aumenta la exposición de UV.
- Contenido del aire: El ozono en la atmosfera superior. (American Cancer Society, 2015)

2.1.2 Unidad de medición de radiación ultravioleta

Las cantidades de radiación son expresadas generalmente en términos de exposición radiante o irradiancia, siendo esta última una medida del flujo de energía recibida por unidad de área en forma instantánea como energía/área-tiempo y cuya unidad es el Watt por metro cuadrado (W/m^2). Un Watt es igual a un Joule por segundo.

Irradiancia: es la rapidez de incidencia de energía radiante sobre una superficie, por unidad de área. Para expresarla se utiliza la letra G junto con los subíndices adecuados: G_o , G_b , G_d , para la irradiancia extraterrestre, directa y difusa. Las unidades comunes para este término son de W/m^2 . Note que la irradiancia indica claramente que la radiación es un fenómeno que transcurre en el tiempo, en un instante dado.

Irradiación: la cantidad de energía que incide sobre la unidad de área en un período de tiempo dado; es decir es la integral de la irradiancia durante tal período. Se usa la letra I para indicar la insolación horaria, y H para la insolación que incide en un día. Las unidades correspondientes más comunes son J/m^2 . (<http://tesis.uson.mx>, 2017)



La exposición radiante es la medida de la radiación solar, en la cual la radiación es integrada en el tiempo como energía/área y cuya unidad es el kWh/m² por día (si es integrada en el día) ó MJ/m² por día. Por ejemplo, 1 minuto de exposición radiante es una medida de la energía recibida por metro cuadrado sobre un periodo de un minuto. Sin embargo, un minuto de exposición radiante = irradiancia media (W/m²) x 60 (s) y tiene unidades de Joule por metro cuadrado (J/m²). Finalmente, una hora de exposición radiante es la suma de los 60 minutos de exposición radiante. (solar)

2.1.3 Índice UV

El Índice UV es una medida de la intensidad de la radiación UV en la superficie terrestre. El IUV debe presentarse como un valor único redondeado al número entero más próximo. Los valores del IUV se dividen en categorías como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Categorías del índice UV

EXPOSICION AL SOL	VALORES DE IUV
BAJA	< 2
MODERADA	3 A 5
ALTA	6 A 7
MUY ALTA	8 A 10
EXTREMADAMENTE ALTA	11+

Para informar sobre el IUV solar deben usarse colores específicos, los cuales no tienen una base científica, sino que constituyen un medio para hacer más atractiva la información sobre el IUV. El código de colores facilita la variación entre zonas

geográficas con niveles altos y bajos de radiación UV y define un color básico para cada categoría.



Figura 2.3 Índice IUV

La formulación del índice UV solar mundial se basa en el espectro de acción de referencia de la Comisión Internacional sobre Iluminación (CIE) para el eritema inducido por la radiación UV en la piel humana (ISO 17166:1999/CIE S 007/E-1998). Dicho índice es una medida de la radiación UV aplicable a y definida para una superficie horizontal. El IUV es adimensional y se define mediante la siguiente fórmula:

$$I_{UV} = k_{er} \times \int_{250nm}^{400nm} E_{\lambda} \times S_{er}(\lambda) d\lambda \quad (2.1)$$

Donde E_{λ} es la irradiancia espectral solar expresada en $W/(m^2 \text{ nm})$ a la longitud de onda λ y $d\lambda$ es el diufferentio de longitud de onda utilizado en la integración. $S_{er}(\lambda)$ es el espectro de acción de referencia para el eritema y k_{er} es una constante igual a $40m^2/W$.

1 IUV corresponde a una irradiancia de $1/40 W/m^2 = 25mW/m^2$ de radiación UVB efectiva.

La irradiancia UVB que determinará este índice debe ser medida alrededor del mediodía solar y la radiación UVB efectiva es el resultado de la suma de la intensidad medida en cada longitud de onda previamente multiplicada por un f actor que cuantifica la sensibilidad en particular de la piel humana a esa longitud de onda (CIE, 1987). La dosis eritémica mínima MED (Minimal Erithemal Dose) se define como la

dosis de radiación capaz de producir un enrojecimiento apreciable en una persona de piel catalogada como Tipo II. (OZONO, (s.f.):

$$1 \text{ MED} = 210 \text{ J/m}^2 \text{ de irradiancia UV efectiva}$$

En la figura 2.4 se muestra los minutos que puedes estar expuesto a la radiación ultravioleta sin protección, esto dependiendo del tono de piel, en la tabla muestra como los minutos van disminuyendo cuando aumenta el índice uv.

Si la radiación ultravioleta es...	y el IUV es...	según tu tono de piel, el tiempo máximo de exposición en minutos, sin protección es:					
		muy clara	clara	morena clara	morena oscura	oscura	muy oscura
BAJA	1	112	140	175	219	274	342
	2	56	70	88	109	137	171
MODERADA	3	37	47	58	73	91	144
	4	28	35	44	55	68	86
	5	22	28	35	44	55	68
ALTA	6	19	23	29	37	47	57
	7	16	20	25	31	39	49
MUY ALTA	8	14	18	22	27	34	42
	9	12	16	19	24	30	38
	10	11	14	18	22	27	34
EXTREMADAMENTE ALTA	11	10	13	16	20	25	31
	12	9	12	15	18	23	29
	13	9	11	14	17	21	26
	14	8	10	13	16	20	24
	15	8	9	12	15	18	23

Figura 2.4 Minutos de exposición al sol

El análisis de la influencia eritemática se realiza a partir de la dosis mínima necesaria para producir un enrojecimiento apreciable en una piel normal (MED, Minimal Erythemal Dose). En muchas ocasiones, en vez de dosis mínima se emplea el tiempo necesario para producir dicho enrojecimiento, dado en minutos. La MED siempre está referida a un cierto tipo de piel considerada como normal, y por lo tanto, será necesario modificar esta MED en función de otros factores como puede ser el color de la piel, los posibles medicamentos fotosensibilizadores o simplemente la posición relativa de la superficie irradiada respecto a la radiación incidente, utilizando parámetros como la latitud. La combinación de la curva de irradiancia solar UV con



la de la respuesta espectral de la piel humana da lugar a la dosis eritemática real al nivel de suelo. Los pasos más importantes para llegar al establecimiento de un índice de predicción de dosis eritemática pueden reunirse en los siguientes puntos:

- Análisis del espesor de cada capa de ozono basado en los datos del día anterior, proporcionado vía satélite.
- Pronóstico de contenido de ozono, realizado a partir de un método estadístico de regresión múltiple que considera las medidas de los últimos días.
- Estimación de la irradiancia UV espectral que alcanzará la superficie terrestre al mediodía. Existen varios modelos teóricos, cuya complejidad viene dada en función del número de parámetros que se utilizan en la estimación. Estos valores de irradiancia espectral vienen expresados en $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$.
- Obtención de la irradiancia integrada en el intervalo de longitudes de onda deseado. Puede realizarse separando las bandas UVB y UVA, o integrando a lo ancho de la banda UV. Esta integración se realiza ponderando los valores respecto al espectro de acción eritemática normalizado (a 1 para 279 nm). Los valores así obtenidos vienen expresados en $\text{mW} \cdot \text{m}^2$.
- Los cálculos anteriores se realizan bajo la hipótesis de cielo despejado, teniendo en cuenta los factores que influyen en la atenuación de la irradiancia, como son los aerosoles.
- Los valores de irradiancia obtenida se integran a lo largo de una hora, normalmente centrada en el mediodía solar. Estos valores de irradiación vienen expresados en $\text{J} \cdot \text{m}^2$, y constituyen la dosis horaria de irradiación UV máxima posible para el día en que se realiza la predicción.

El Índice UV se puede determinar mediante mediciones o cálculos basados en modelos. Existen dos posibles enfoques basados en mediciones: el primero consiste en utilizar un espectrorradiómetro y calcular el IUV mediante la fórmula anterior. El segundo consiste en utilizar un detector de banda ancha calibrado y programado para proporcionar el IUV directamente.

2.2 Radiación ultravioleta efectos en la salud

El riesgo de aparición de los efectos biológicos asociados a la exposición de la radiación ultravioleta, se relacionan con la intensidad de la radiación y con el tiempo de exposición. Los principales efectos nocivos producto de la exposición al sol se observan en la piel y en los ojos de las personas expuestas.

Recibir la radiación UV por un tiempo prolongado aumenta el riesgo de padecer cánceres de piel, los más comunes en los seres humanos. La protección solar reduce el riesgo de cáncer de piel. (Tatiana, 2015)







FOTOTIPO	EFFECTOS SOBRE LA PIEL	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	REFERENCIA
I	Individuos que presentan intensas quemaduras solares, prácticamente no se pigmentan nunca y se descaman de forma ostensible.	Individuos de piel muy clara, ojos azules, con pecas en la piel. Su piel, habitualmente no expuesta al sol, es blanco lechosa.	
II	Individuos que se queman fácil e intensamente, pigmentan ligeramente y descaman de forma notoria.	Individuos de piel clara, pelo rubio o pelirrojos, ojos azules y pecas, cuya piel, no expuesta habitualmente al sol, es blanca.	
III	Individuos que se queman moderadamente y se pigmentan.	Razas caucásicas (europeas). Piel blanca al no ser expuesta habitualmente al sol.	
IV	Individuos que se queman moderada o mínimamente, se pigmentan con bastante facilidad y de forma inmediata al ponerse al sol.	Individuos de piel blanca o ligeramente morena, pelo y ojos oscuros (razas mediterráneas, mongólicas, orientales). Piel habitualmente morena o algo morena.	
V	Individuos que se queman raras veces y se pigmentan con facilidad e intensidad; siempre presentan reacción de pigmentación inmediata.	Individuos de piel morena (amerindios, indostánicos, hispanos).	
VI	No se queman nunca y se pigmentan intensamente. Siempre presentan reacción de pigmentación inmediata.	Razas negras.	

Figura 2.5 Fototipos de piel



Efectos en la piel:

Para considerar la probabilidad de aparición de efectos dañinos, hay que destacar como un importante factor de riesgo, el tipo de piel del individuo. En la figura 2.5 se muestra la clasificación de los tipos de piel.

De acuerdo a lo anterior, los principales efectos biológicos en la piel asociados a la radiación ultravioleta son:

- Eritema. Es un enrojecimiento de la piel que normalmente aparece de cuatro a ocho horas después de la exposición a la radiación ultravioleta y desaparece gradualmente al cabo de unos días.
- Quemaduras. Las quemaduras solares pueden ser desde superficiales con eritema, dolor y escasas ampollas con lesión de la epidermis, hasta profundas con abundantes ampollas, flictenas, dolor, eritema intenso, edema y con lesiones hipodérmicas.

Efectos en los ojos.

- Queratoconjuntivitis actínica. La radiación ultravioleta actínica (UVB) es fuertemente absorbida por la córnea y la conjuntiva. La sobreexposición de estos tejidos provoca la queratoconjuntivitis.
- Efectos crónicos. La exposición laboral de larga duración a la radiación ultravioleta durante varios decenios puede contribuir a la formación de cataratas.

También, la radiación ultravioleta puede causar un Pterigión, que es una membrana vascularizada que invade la córnea y progresa hacia la pupila, o una Pingüecula, lesión de color amarillento cerca del limbo corneal.

Efectos sobre el sistema inmunológico.

- Cuando hay sobreexposición a los rayos UV el sistema inmunológico se debilita.
- La luz del sol es inmunodepresora. A pesar de que tiene beneficios sobre la producción de vitamina D, para que esta se produzca solo se necesitan 10

minutos al sol. La luz UV por más tiempo de lo permitido puede producir recurrencias del herpes simple labial, enfermedades gastrointestinales virales o bacterianas, etc.

2.2.1 Cáncer de piel

El cáncer se puede originar en cualquier parte del cuerpo. El cáncer de piel se origina cuando las células de la piel crecen sin control y sobrepasan en número a las células normales. Esto dificulta que la piel funcione de la manera que debería.

La piel es el órgano más grande del cuerpo que ayuda a mantener la temperatura normal del cuerpo, protege de los rayos solares, cubre órganos dentro del cuerpo, protege contra gérmenes y ayuda a producir la vitamina D. Está compuesta por muchos tipos de células.

Hay tres tipos principales de células en la capa superior de la piel (figura 2.4):

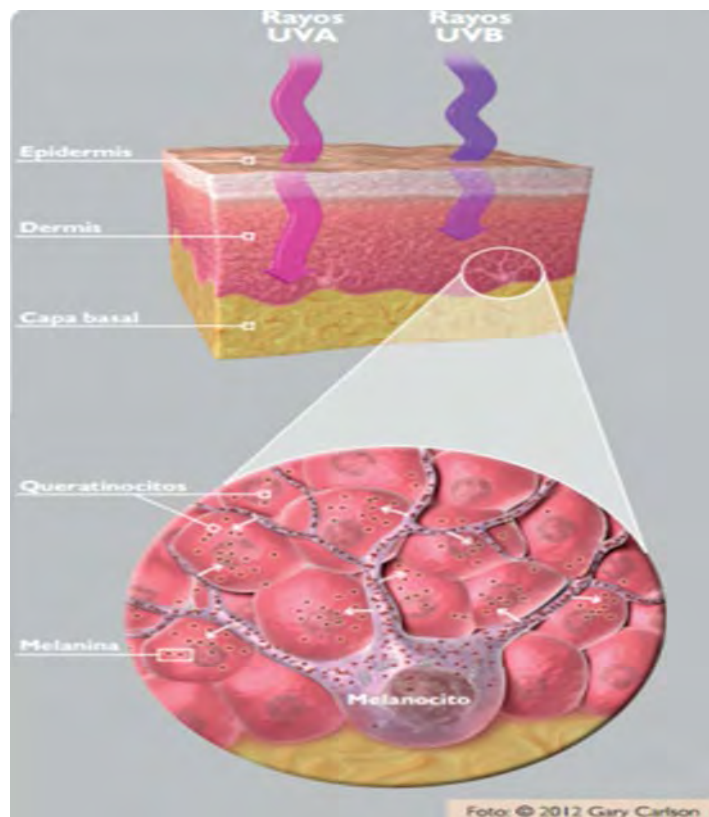


Figura 2.6 Rayos UV Piel (Environmental Health Perspectives, 2012)



- Células escamosas: estas son células planas en la parte externa de la epidermis que se desprenden constantemente a medida que las nuevas células se forman.
- Células basales: estas células están en la parte inferior de la epidermis, llamada capa de células basales. Estas células se dividen constantemente para reemplazar las células escamosas que se desprenden de la superficie de la piel. A medida que estas células se desplazan hacia la epidermis se vuelven más planas, y con el tiempo se convierten en células escamosas.
- Melanocitos: estas células producen el pigmento marrón llamado melanina que causa que la piel se broncee o se ponga morena. La melanina actúa como bloqueador solar natural del cuerpo que protege las capas más profundas de la piel contra algunos de los efectos nocivos del sol. Para la mayoría de las personas, cuando la piel se expone al sol, los melanocitos producen más pigmento, causando que la piel se torne bronceada o más oscura. (American Cancer Society, 2015)

El cáncer de piel es la más reportada a nivel mundial. La mayoría de los tipos de cáncer de piel son causados por una exposición excesiva a los rayos ultravioletas (UV). La mayor parte de esta exposición procede de la luz solar, pero cierta cantidad puede proceder de fuentes creadas por el hombre, tales como las camas bronceadoras y las lámparas solares.

Tipos principales de cáncer de piel:

- Cánceres de piel de células basales: El carcinoma de células basales es el tipo más común de cáncer de piel. Alrededor de ocho de cada diez casos de cáncer de piel son carcinomas de células basales. Por lo general, estos cánceres surgen en las zonas expuestas al sol, especialmente la cabeza y el cuello. Estos cánceres tienden a crecer lentamente. Si no se extrae completamente, el



carcinoma de células basales puede recurrir (reaparecer) en el mismo lugar de la piel. Las personas que han tenido cánceres de piel de células basales también tienen una probabilidad mayor de padecer nuevos cánceres en otros lugares.

- Cánceres de piel de células escamosas: Alrededor de dos de cada diez casos de cáncer de piel son carcinomas de células escamosas. Estos cánceres comúnmente aparecen en las áreas del cuerpo expuestas al sol, tales como la cara, las orejas, los labios y el dorso de las manos. También puede surgir en cicatrices o llagas crónicas de la piel en otras partes del cuerpo.
- Melanomas: Estos cánceres se originan a partir de los melanocitos, las células de la piel que producen los pigmentos. Los melanocitos también pueden formar crecimientos benignos (no cancerosos) que son conocidos como los lunares. El melanoma es mucho menos común que los cánceres de piel de células basales o de células escamosas, pero es más propenso a crecer y propagarse si no se trata.

Los rayos UV pueden dañar el ADN dentro de las células de la piel. El ADN es la sustancia química que conforma nuestros genes en cada una de nuestras células, y que controla cómo funcionan nuestras células.

Unas pocas quemaduras solares graves en la infancia de una persona pueden aumentar el riesgo de padecer cáncer de piel en el futuro. (Whiteman & David C, 2001)

2.3 Radiómetros

Los radiómetros son usados para medir la energía electromagnética presente con una longitud de onda específica. La medición es expresada en Watts (W), la cual es una unidad de medición de energía. Los radiómetros son usados generalmente para detectar y medir la cantidad de energía afuera del espectro de luz visible y para medir la luz ultravioleta (UV) o infrarroja (IR).

- Radiómetro PCE-UV34

El radiómetro PCE-UV34 (figura 2.7) UVA - UVB es un aparato para la medición de la radiación ultravioleta. Con el radiómetro puede medir por ejemplo las radiaciones UVA del sol y las radiaciones en una cabina del solarío y protegerse dado el caso de radiaciones demasiado altas (quemaduras de sol). En la industria nos encontramos con frecuencia con radiaciones UVA demasiado elevadas (arco de luz para soldaduras). El radiómetro UV es un muy flexible gracias a su sensor externo. Otros ámbitos de uso son la esterilización por rayos UV, la compensación fotoquímica, en laboratorios de virología o en la investigación del ADN.

- Dos rangos de medición: 0,000 ... 1,999 mW/cm² - 1,999 ... 19,99 mW/cm².
- Sensor externo con filtro corrector UV.
- Auto desconexión a los 10 minutos para ahorrar energía.
- Gran pantalla LCD.
- Función Data Hold.
- Dimensiones compactas.
- Resolución 0,001 mW/cm².
- Precisión ±10 % del rango de medición + 2 dígitos.
- Cuota de medición 0,4 segundos.
- Longitud de onda ancho de banda 290- 390 nm.
- Sensor de luz fotodiodo con filtro corrector de UV.



Figura 2.7 Radiómetro PCE-UV34

- Radiómetro LT-YK35UV

Este radiómetro tiene un rango espectral de 290 nm a 390 nm con aplicaciones de laboratorio como esterilización por UV, virología, genética microbiana entre otras, así como aplicaciones industriales para el monitoreo de riesgo por radiación de luz azul durante la soldadura y artes gráficas. También cuenta con una pantalla LCD de formato grande para facilitar la lectura de valores, opera con una batería de 9 VCD con carcasa compacta y resistente. (TPM EQUIPOS , 2015)



Figura 2.8 Radiómetro LT-YK35UV

- Radiómetro Solar Light 501, UV-BIOMETER

Las características generales de este radiómetro son: detector compacto y ligero, posee una respuesta espectral de 250 nm a 380 nm muy próxima al espectro eritemático y otros espectros de acción, estabilización de la temperatura del sensor de fosforo, salida analógica de la señal de UV y de la temperatura del sensor.

Este sistema de medición permanente al aire libre solar UVA radiación se utiliza en las estaciones meteorológicas y los observatorios metrológicas todo el mundo.

Sus características de este radiómetro son una salida digital, adquisición de datos, periodo de dosis desde un 1 minuto a una hora, memoria interna almacena hasta seis meses de información, y se comunica con cualquier ordenador y modem con un puerto serie. (Solar light, 2015)



Figura 2.9 Radiómetro Solar Light 501

- Piranómetro CMP21

El piranómetro CMP21 está diseñado para medir la irradiancia, (flujo radiante, W/m^2) en una superficie plana, resultante de la radiación solar directa y la radiación difusa del hemisferio superior tiene un rango espectral de 285 a 280 nm. CMP21 tiene el mismo detector que el CMP11, además de una compensación de temperatura individualmente optimizada.

Un sensor termistor estándar está instalado para monitorizar la temperatura de la carcasa. Está perfectamente adaptado para un uso científico y en redes de monitorización de radiación solar de alto nivel, tales como el BSRN (Baseline Surface Radiation Network) de la OMM. (Kipp & Zonen, 2016)



Figura 2.10 Piranómetro CMP21

2.4 Sensores UV

Un sensor es un dispositivo que convierte magnitudes físicas o químicas (luz, magnetismo, presión, temperatura, calidad del aire etc.), en una magnitud eléctrica que pueda ser entendida por la unidad de control. El sensor UV es capaz de detectar la radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre.

- Sensor ML8511

El sensor ML8511 es capaz de detectar la radiación ultravioleta en interiores y exteriores. El ML8511 está equipado con un amplificador interno, que convierte fotocorriente a voltaje en función de la intensidad UV.



Figura 2.11 Sensor ML8511

Las características del ML8511 son:

- Sensor UV con circuito amplificador.
- Tensión de funcionamiento 2,7 a 3,6 V.
- Temperatura de funcionamiento -20 a + 70 ° C.
- Máxima sensibilidad de longitud de onda 365nm.
- Sensibilidad región UV-A y UV-B.
- Tipo de salida analógica.
- Consumo actual.
- (Modo de funcionamiento / modo de espera) 300 μ A / 0.1Ma.

Este módulo tiene un sensor óptico para la medición de los rayos UVA , UVB con un amplificador como se muestra en la figura 2.10. (LAPIS Semiconductor , 2016)

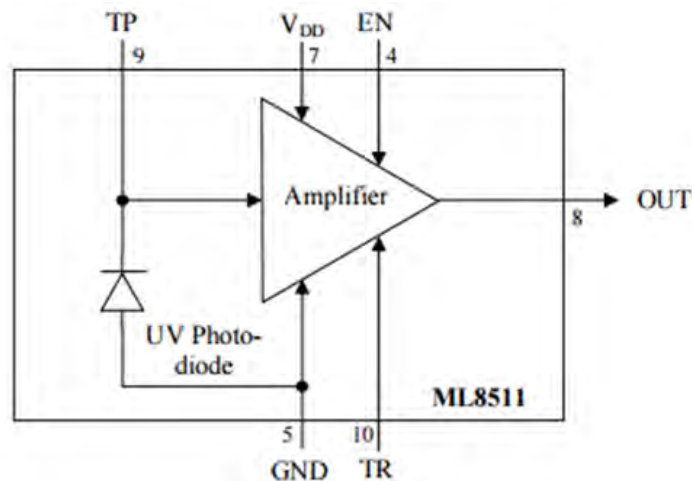


Figura 2.12 Diagrama ML8511

En la figura 2.11 se muestra la relación entre salida del voltaje con la intensidad ultravioleta y con las temperaturas que trabaja.

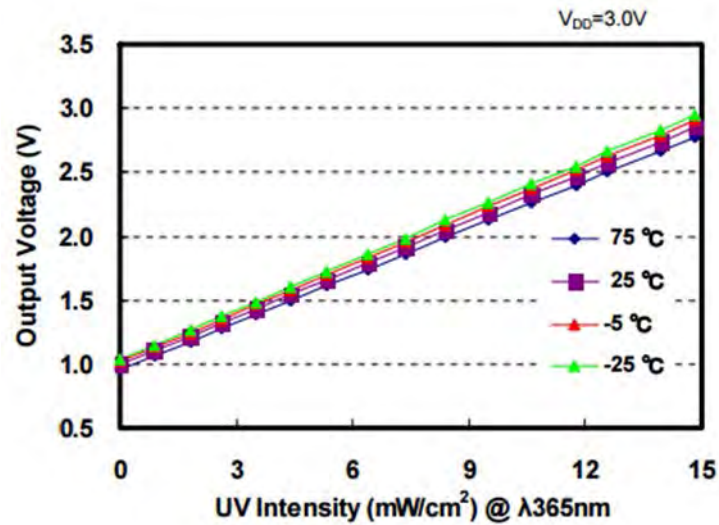


Figura 2.13 Grafica entre Voltaje y UV

En la figura 2.14 muestra en que rango la longitud trabaja mejor el sensor.

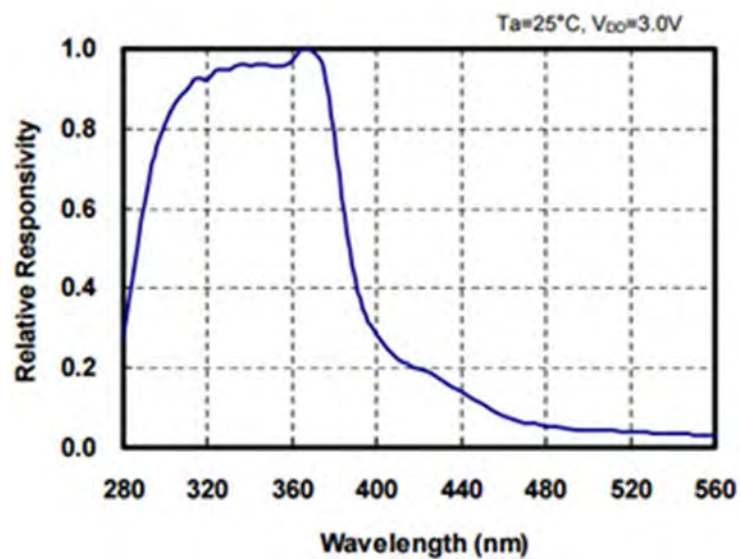


Figura 2.14 Grafica de operación ML8511

- Sensor UVM-30A

El sensor UVM-30A (Figura 2.14) es un sensor ultravioleta que tiene una amplia gama espectral de 200 nm a 370 nm, este sensor utiliza el chip Guva-S12SD, el sensor mide directamente el índice UV. Las características del UVM-30A son: voltaje de entrada de 5 volts, corriente a la que opera 0.06 mA, trabaja a una temperatura de -20° - 85° C. El sensor utiliza el chip Guva-S12SD es utilizado para monitoreo de índice UV, UV-A de vigilancia para lámparas que emiten radiación. (project)



Figura 2.15 Sensor UVM30A

- Sensor SU 100

Sensor ultravioleta mide radiación UVA y UVB combinada, su rango espectral es de 250 a 400 nm.

Aplicaciones como medición de radiación UV en ambientes exteriores (el sensor no se recomienda que este expuesto a largo plazo en el exterior), para el laboratorio uso con fuentes de luz artificiales (por ejemplo, lámparas germicidas), y la supervisión de la capacidad de filtrado y la estabilidad de materiales, tiene una precisión de 10%, las salidas analógica y digital están disponibles. (SENSOVANT, 2014)

En la opción analógica es una salida de voltaje no amplificada, también tiene una cubierta sólida para evitar la acumulación de agua y condensación interna en ambientes húmedos.



Figura 2.16 Sensor SU 100

2.5 Sistemas de control

Los controles automáticos o sistemas de control constituyen una parte muy importante en los procesos industriales modernos, donde se les usa principalmente para regular variables tales como la presión, temperatura, nivel, flujo, viscosidad, densidad etc. Sistema de control es un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera, que el arreglo pueda comandar, dirigir o regular a sí mismo o a otro sistema. Un sistema dinámico puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a esas acciones externas son las denominadas variables de salida.



Figura 2.17 Diagrama sistema



Se considera un sistema de control si la salida se controla de modo que pueda adoptar un valor o cambio en particular de alguna manera definida. Para poder definir un sistema de control y sus elementos se necesitan los términos siguientes:

- **Planta:** Es un equipo o conjunto de equipos que permiten realizar una operación determinada. Cuando se tiene un conjunto de equipos interactuando para generar un producto se tiene una planta industrial.
- **Proceso:** Está constituido por una serie de operaciones coordinadas sistemáticamente para producir un resultado final que puede ser un producto.
- **Sistema:** Es una combinación de componentes físicos que actúan conjuntamente para cumplir un determinado objetivo.

Los elementos de un Sistema de Control están conformados por:

- **Proceso a controlar.** Es como su nombre lo indica el proceso que se quiere controlar o regular.
- **Variable controlada.** Es aquella que se mantiene en una condición específica deseada, es la que se quiere controlar.
- **Variable manipulada.** Es la señal sobre la cual se actúa o se modifica con el fin de mantener la variable controlada en su valor. Esta cambia continuamente para hacer que la variable controlada vuelva al valor deseado.
- **Señal de referencia (set point).** Es el valor en el cual se quiere mantener la variable controlada.
- **Error o señal actuadora.** Es la diferencia entre la señal de referencia y la variable controlada.
- **Perturbación.** Es un agente indeseable que tiende a afectar adversamente el valor de la variable controlada.
- **Elemento de medición.** Es el encargado de determinar el valor de la variable controlada.
- **Controlador.** Es el encargado de determinar el error y determinar qué tipo de acción tomar.

- Elemento final de control. Es el encargado de realizar la acción de control modificando la variable manipulada.
- Entrada. Es el estímulo o excitación que se aplica a un sistema desde una fuente de energía externa, generalmente con el fin de producir, de parte del sistema, una respuesta específica.
- Salida. Es la respuesta obtenida de parte del sistema. En el ejemplo la salida es el nivel de líquido.

Según su funcionamiento los sistemas de control pueden clasificarse en: sistemas de control en lazo cerrado y en sistemas de control en lazo abierto. El principio del control automático se basa en el sistema de control de lazo cerrado o sea el empleo de una retroalimentación o medición para accionar un mecanismo de control que funcione sin intervención humana. (DULHOSTE)

2.5.1 Sistemas de control de lazo abierto

En un sistema de control de lazo abierto la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Los sistemas de control de lazo abierto son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la señal o acción de control.



Figura 2.18 Diagrama de un sistema de control de lazo abierto

Los elementos de un sistema de control en lazo abierto, se pueden dividir en dos partes: el controlador, y el proceso controlado. Una señal de entrada o comando se aplica al controlador, cuya salida actúa como una señal de control o señal actuante, la cual regula el proceso controlado, de tal forma que la variable de salida o variable controlada se desempeñe de acuerdo a ciertas especificaciones o estándares establecidos. En los casos simples, el controlador puede ser un amplificador, filtro,

unión mecánica u otro elemento de control. En los casos más complejos puede ser una computadora tal como un microprocesador. En los sistemas de control de lazo abierto, no se compara la salida con la entrada de referencia. Por lo tanto, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación fijada.

2.5.2 Sistemas de control de lazo cerrado

En los sistemas de control de lazo cerrado, la salida o señal controlada, debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, y se debe enviar una señal actuante o acción de control, proporcional a la diferencia entre la entrada y la salida a través del sistema, para disminuir el error y corregir la salida. Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control. Esto es, los sistemas de control de lazo cerrado son sistemas de control realimentados. La diferencia entre la señal de entrada y la señal de salida se la denomina señal de error del sistema; esta señal es la que actúa sobre el sistema de modo de llevar la salida a un valor deseado. En otras palabras, el término lazo cerrado implica el uso de acción de realimentación negativa para reducir el error del sistema. (Perez, Berenguer, & Perez Hidalgo)

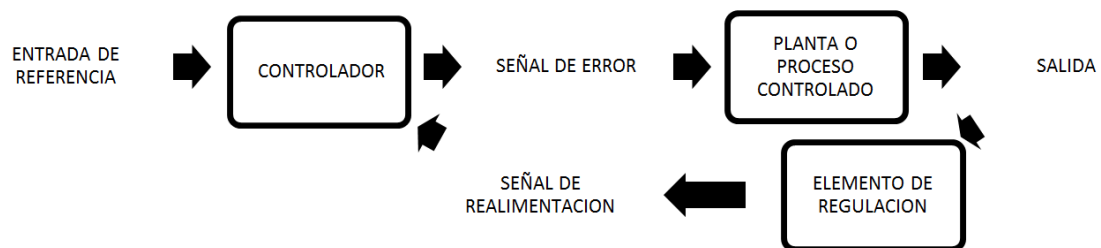


Figura 2.19 Diagrama de un sistema de control de lazo cerrado

2.5.3 Microcontroladores

Recibe el nombre de controlador el dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos.

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para Contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

El microcontrolador es en definitiva un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna.

Un microcontrolador es un pequeño ordenador que contiene en su interior básicamente un procesador, soporte (reloj y reset), memoria y puertos de entrada-salida, todo ello dentro de un pequeño chip que podemos programar con total flexibilidad y relativa facilidad. Existen muchos microcontroladores de 8 bits, 16 bits y 32 bits Atmel, Freescale, Microchip y entre otros.



Figura 2.20 Miconrolador PIC16F877

2.5.3 Tarjetas de desarrollo

Existen diferentes tarjetas de desarrollo cada una tienen componentes electrónicos con un microcontrolador con entradas y salidas, estas tarjetas se pueden programar y así poder crear prototipos. Se investigó diferentes tarjetas de desarrollo para saber cuál era la mejor para este proyecto.

- Raspberry Pi

Raspberry Pi es un ordenador del tamaño de una tarjeta de crédito que se conecta a una pantalla y a un teclado. Es una pequeña computadora que puede utilizada en proyectos de electrónica. Raspberry Pi puede reproducir videos de alta definición. Esta tarjeta de desarrollo se hizo para facilitar la enseñanza de la informática en los colegios. (The Raspberry Pi Foundation, 2016)



Figura 2.21 Raspberry Pi

- Beaglebone

Beaglebone es un pequeño ordenador con toda la capacidad de las máquinas de escritorio con la diferencia del tamaño y que es menos costoso, utiliza un procesador ARM cortex A8 de Texas Instruments. (BeagleBoard, 2016)



Figura 2.22 Beaglebone

- Arduino

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar.

Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos.

El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language (basado en Wiring) y el Arduino Development Environment (basado en Processing). Las placas Arduino son relativamente baratas comparadas con otras plataformas microcontroladoras. Existe el Arduino Uno, Nano, MEGA, Leonardo, etc. estas son unas de las más compradas y utilizadas.

2.5.3.1 Arduino

En el proyecto se utilizó el Arduino nano y MEGA.

- Arduino Nano

El Arduino Nano es una pequeña, pero poderosa tarjeta basada en el ATmega328. Posee las mismas funcionalidades que un Arduino UNO, solo que en un tamaño reducido. Para programarla solo se necesita de un cable Mini USB.

Características:

- Microcontrolador: ATmega328.
- Voltaje de operación: 5V.
- Voltaje de alimentación (Recomendado): 7-12V.
- I/O Digitales: 14 (6 son PWM).
- Memoria Flash: 32KB.
- EEPROM: 1KB.
- Frecuencia de trabajo: 16MHz.
- Dimensiones: 0.73" x 1.70".



Figura 2.23 Arduino Nano

- Arduino MEGA

El Arduino Mega está basado en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16 Mhz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. (Arduino, 2016)

Características:

- Microcontrolador ATmega2560.
- Voltaje de entrada de – 7-12V.
- 54 pines digitales de Entrada/Salida (14 de ellos son salidas PWM).
- 16 entradas análogas.
- 256k de memoria flash.
- Velocidad del reloj de 16Mhz.

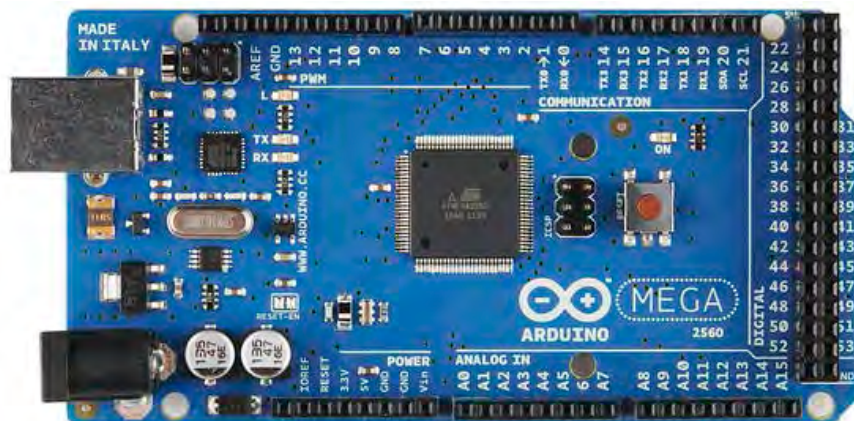


Figura 2.24 Arduino MEGA

2.6 Comunicación inalámbrica

La definición de comunicaciones inalámbricas engloba desde una comunicación Bluetooth entre un teléfono móvil y un ordenador portátil hasta una comunicación de dos terminales de telefonía móvil GSM. Incluso la comunicación verbal entre dos personas sería una comunicación inalámbrica: utilizan el aire como un canal para el intercambio de información.

Sus principales ventajas son que permiten una facilidad de emplazamiento y reubicación, evitando la necesidad de establecer un cableado y rapidez en la instalación. La comunicación inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, de uso libre o privada para transmitir, entre dispositivos. (Mayne, 2005)

Según el alcance, podemos establecer tres grandes grupos:

- Redes de área personal inalámbrica (WPAN: wireless personal area networks). Las WPAN presentan una importante limitación de alcance: los dispositivos que pretenden comunicarse han de estar poco separados. Generalmente, se acepta como límite el espacio de una habitación o un despacho. (Bluetooth, Zigbee, etc).



Figura 2.25 Comunicación inalámbrica WPAN

- Redes de área local inalámbrica (WLAN: wireless local area networks). Una WLAN es una red de cobertura geográfica limitada, velocidad de transmisión relativamente alta, bajo nivel de errores y administrada de manera privada, que se comunica básicamente mediante microondas. (IEEE 802.11,Wifi).

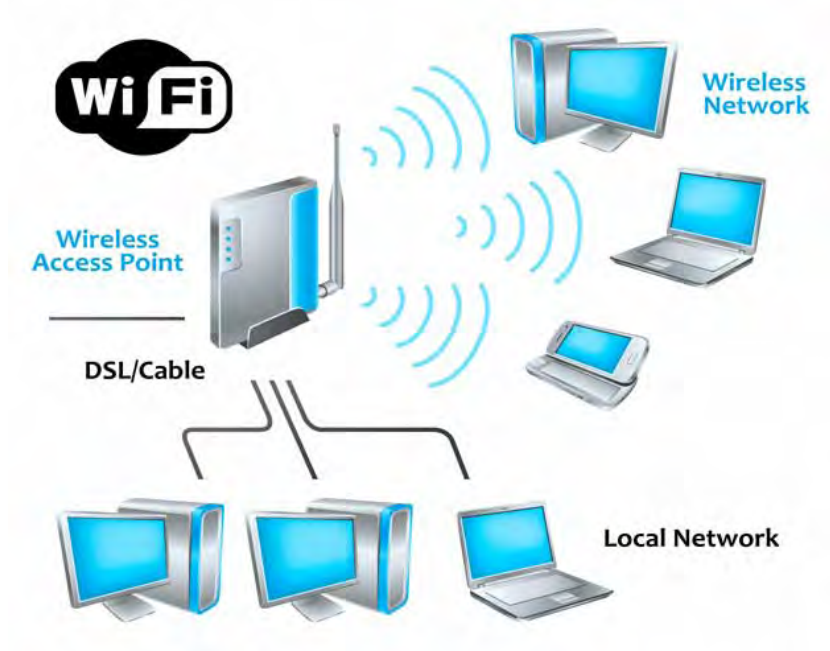


Figura 2.26 Comunicación inalámbrica WLAN

- Redes de área extendida inalámbrica (WWAN: wireless wide area networks). Las WWAN permiten la conexión de redes y usuarios de zonas geográficamente distantes.

Podemos distinguir dos tipos: WWAN fijas, que utilizan radioenlace o satélite y WWAN móviles, que utilizan las compañías u otros servicios públicos en la transmisión y recepción de señales.

Sin ningún tipo de duda, las redes WWAN móviles (MWWAN) son las que han vivido una expansión más espectacular en los últimos años. Actualmente

las MWWAN son el sistema de comunicación inalámbrico más utilizado, ya que es el que utilizan las operadoras de telefonía móvil y cuenta con más de 5.000 millones de usuarios en todo el mundo. (WWAN móvil 2G 3G).

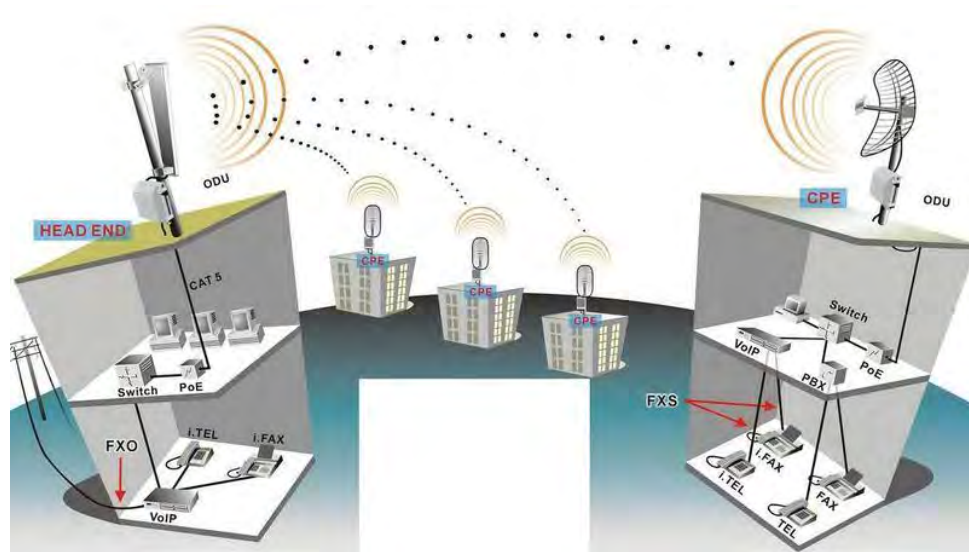


Figura 2.27 Comunicación inalámbrica WWAN

2.6.1 Dispositivos de comunicación inalámbrica

- Transceptores NRF24L01

El nRF24L01 (figura 2.28) está diseñado para operar en la banda de frecuencia ISM a nivel mundial en 2.400 - 2.4835GHz. Puede operar y configurar el nRF24L01 a través de una interfaz periférica serie (SPI).

Los transceptores NRF24L01 nos comunican por medio de una banda de 2.4 GHz son funcionales y tienen un bajo costo. Tiene un circuito amplificador de potencia, un circuito amplificador de bajo ruido y una antena SMA con la que logran un buen alcance de hasta 1000 m.



Figura 2.28 Transceptores NRF24L01

Datos técnicos

- Alimentación : 1.9~3.6V.
- Voltaje puertos IO : 0~3.3v / 5v.
- Nivel de salida : +7dB.
- Sensibilidad de Recepción : ≤ -90 dB.
- Alcance : 15~30 mts (lugares cerrados) hasta 100 mts (áreas abiertas).
- Dimensiones : 15x29mm.

Características

- Trabaja en la banda libre de 2.4GHz.
- Velocidades de 250kbps, 1Mbps y 2Mbps.
- Incorporación del protocolo ShockBurst™ para mejorar la velocidad por hardware.
- Muy bajo consumo en el orden de los 20 uA.

Aplicaciones

- Periféricos para PC.
- Mandos de video juegos.
- Telemetría.
- Juguetes.
- Electrónica de consumo.
- Bluetooth HC-05

El módulo bluetooth HC-05 viene configurado de fábrica para trabajar como maestro o esclavo. En el modo maestro puede conectarse con otros módulos bluetooth, mientras que en el modo esclavo queda a la escucha peticiones de conexión. Agregando este módulo a tu proyecto podrás controlar a distancia desde un celular o una laptop todas las funcionalidades que desees.

Características:

- 3.3 / 5 v.
- Chip BC417143.
- Alcance 10 metros.
- Nivel TTL.
- 1200bps a 1.3Mbps.



Figura 2.29 Bluetooth HC-05

2.7 Reloj de tiempo real

RTC o Reloj en Tiempo Real – Es un circuito electrónico especializado cuya función es mantener la hora y fecha actual en un sistema informático (ya sea con microcontrolador u otro tipo de CPU).

Se caracteriza por tener un bajo consumo de energía y también normalmente su propia fuente de alimentación auxiliar. Normalmente al recurrir a este tipo de circuitos integrados obtenemos una mejor precisión del tiempo, es un dispositivo muy

útil en cualquier aplicación donde se quiera dejar constancia de fecha y hora de algún evento.

- DS1307

El DS1307 de Maxim/Dallas es un circuito integrado capaz de almacenar y llevar la cuenta de la fecha y hora, además disponemos de unos cuantos bytes de datos de usuario en su memoria RAM no volátil (NVRAM).

El Arduino posee un CPU bastante poderoso, y sin embargo aun así es incapaz de mantener la hora correctamente a largo plazo. El módulo TinyRTC, además de todo el circuito de soporte del DS1307 (incluida su batería), incluye también una memoria EEPROM para almacenar datos en ella.

Características

- DS1307 I2C chip de reloj de tiempo real (RTC).
- Memoria EEPROM 24C32 32K I2C.
- Conduce a la clavija de reloj DS1307 ofrece una señal de reloj para el microcontrolador.
- Otros dispositivos I2C pueden conectarse en cascada.
- Tamaño: 27 x 28 x 8,4 mm.
- VCC 5V.

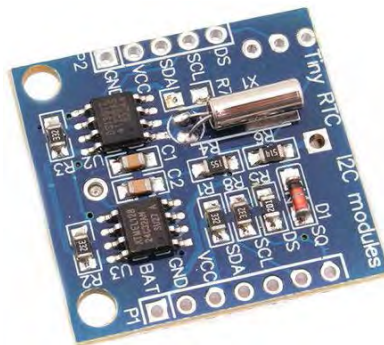


Figura 2.30 Reloj de tiempo real DS1307



2.8 Sistemas de almacenamiento de datos digitales

Los ordenadores necesitan dispositivos de almacenamiento para guardar de forma definitiva los datos con los que trabajan, ya que la información de la memoria principal se pierde cuando se interrumpe la corriente eléctrica. Hoy en día podemos encontrar 3 tipos de dispositivos, basados en tecnologías distintas para almacenar la información:

- Dispositivos magnéticos consisten en la aplicación de campos magnéticos a ciertos materiales cuyas partículas reaccionan a esa influencia, generalmente orientándose en unas determinadas posiciones que conservan tras dejar de aplicarse el campo magnético. Esas posiciones representan los datos, bien sean imágenes, números o música. Por ejemplo discos duros, discos 3 ½, disco ZIP, Cintas etc.
- Dispositivos ópticos son una superficie circular de policarbonato donde la información se guarda haciendo unos surcos en la superficie del disco. El acceso a los datos se realiza cuando un material especial del disco, que suele ser de aluminio, es iluminado con un haz de láser. Los surcos en la superficie modifican el comportamiento del haz de láser reflejado y nos dan la información que contiene el disco. Tipos de dispositivos ópticos son CD, DVD, Blu-Ray, etc.
- Memoria de estado sólido, comúnmente conocida como memoria flash, empleada en memorias USB, tarjetas y recientemente en discos SSD. Dispositivos que permiten la lectura o escritura de múltiples posiciones de memoria en una misma operación mediante impulsos eléctricos. Este tipo de memorias funcionan a velocidades muy superiores cuando los sistemas emplean lectura y escritura al mismo tiempo. (Rebollo Pedruelo, 2005)

2.9 Módulo SD

El módulo SD tiene diversas aplicaciones tales como registrador de datos, audio, vídeo, gráficos. Este módulo ampliará enormemente la capacidad de memoria del Arduino. Esta tarjeta de interfaz está diseñada para acceder a la memoria micro SD en modo SPI, por lo que las señales de control se etiquetan claramente con los nombres de las señales en dicho bus de comunicaciones, su alimentación es de 5V que lo hace compatible con Arduino UNO/Mega.

Trabaja con el circuito integrado AMS1117 un regulador de voltaje ajustable y fijo está diseñada para proporcionar una corriente de salida de hasta 1A y para operar hasta 1V diferencial de entrada a salida. El voltaje de desconexión del dispositivo se garantiza un máximo de 1.3V, disminuyendo a menores corrientes de carga. El límite de corriente se establece para minimizar la tensión bajo condiciones de sobrecarga tanto en el regulador como en el circuito de la fuente de alimentación.

Características

- Voltaje de funcionamiento: 5V.
- Tamaño: 20x28mm.
- Interfaz: SPI.
- Compatible: MicroSD (TF).

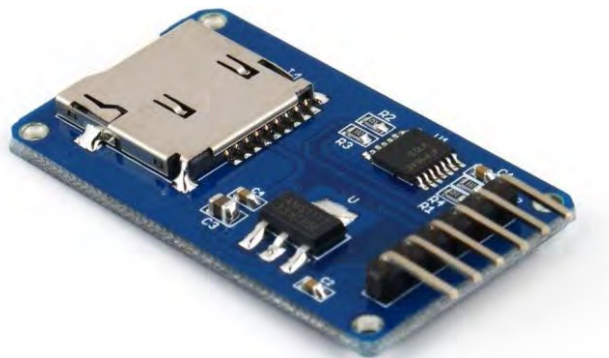


Figura 2.31 Módulo MicroSD



2.10 Display de 7 segmentos

El display de 7 segmentos, es un componente que se utiliza para la representación de números en muchos dispositivos electrónicos. Cada vez es más frecuente encontrar LCD's en estos equipos (debido a su bajísima demanda de energía), todavía hay muchos que utilizan el display de 7 segmentos por su simplicidad.

Muchos equipos electrónicos proporcionan información al usuario mediante la utilización de señales luminosas, como la emisora sintonizada en un equipo de radio o la lectura de tensión en un voltímetro digital. Para representar las cifras numéricas se agrupan siete diodos en 7 segmentos. Estos diodos tienen conectados entre sí todos los ánodos. Un Display de este tipo está compuesto por siete u ocho leds de diferentes formas especiales y puestos sobre una base de manera que puedan representarse todos los símbolos numéricos y algunas letras. Los primeros siete segmentos son los encargados de formar el símbolo y con el octavo podemos encender y apagar el punto decimal.

Este elemento se ensambla o arma de manera que se pueda activar cada segmento (diodo LED) por separado logrando de esta manera combinar los elementos y representar todos los números en el display (del 0 al 9). Cada elemento del display tiene asignado una letra que identifica su posición en el arreglo del display.

CARACTERÍSTICAS

- Bajo consumo.
- Alto contraste.
- Conector con pines.
- Angulo de visión ancho.
- Rápida respuesta.
- Una de las aplicaciones más populares de los display de 7 segmentos es la de señalización.

Si se activan los segmentos: “b,c” se forma el número “1”

Si se activan los segmentos: “a,b,g,e,d” se forma el número “2”

Si se activan los segmentos: “a,b,g,c,d” se forma el número “3”

Si se activan los segmentos: “b,g,f,c” se forma el número “4”

Si se activan los segmentos: “a,f,g,c,d” se forma el número “5”

Si se activan los segmentos: “a,f,g,e,c,d” se forma el número “6”

Si se activan los segmentos: “a,b,g,c” se forma el número “7”

Si se activan los segmentos: “a,b,c,d,e,f” se forma el número “8”

Si se activan los segmentos: “a,b,g,f,c” se forma el número “9”

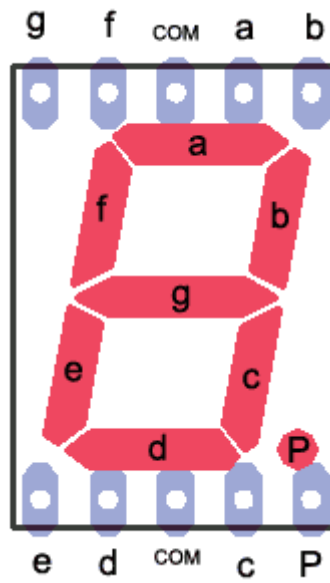


Figura 2.32 Display de 7 segmentos

2.11 Sistema de potencia

El sistema eléctrico de potencia es un conjunto de elementos que tiene como fin generar, transformar, transmitir, distribuir y consumir la energía eléctrica.

La tarea de la electrónica de potencia es procesar y controlar el flujo de energía eléctrica en forma óptima para las cargas de los usuarios.

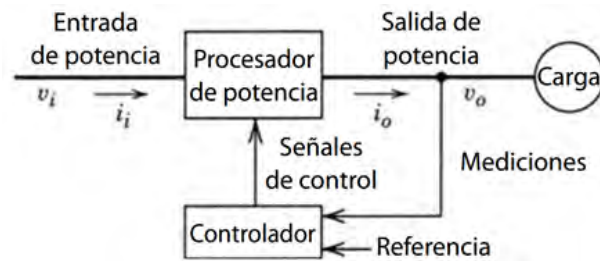


Figura 2.33 Display de 7 segmentos.

Un sistema electrónico de potencia estará formado por los circuitos electrónicos que se encargan de controlar un determinado proceso o convertidor, donde estos circuitos electrónicos están formados por uno o más convertidores formados por dispositivos semiconductores de potencia, actuadores, transductores y procesadores o sistemas de control (microprocesadores y microcontroladores).

2.11.1 Fuente de poder

Las fuentes de poder, que se utilizan en forma extensa en aplicaciones industriales, a menudo requieren cumplir todas o la mayor parte de las especificaciones siguientes:

- Aislamiento entre fuente y carga.
- Una alta densidad de potencia a fin de reducir el tamaño y el peso.
- Dirección controlada del flujo de la potencia.
- Alta eficiencia de conversión.
- Formas de onda de entrada y de salida con baja distorsión armónica total.
- Factor de potencia controlado si la alimentación a la fuente es un voltaje de C.A.

Las fuentes de poder se pueden categorizar en dos tipos fuentes de poder C.D. y fuentes de poder C.A.

2.11.2 Fuente de poder cd

Una fuente de poder se encarga de alimentar circuitos de baja potencia con corriente directa. Todas las fuentes de cd tienen las siguientes secciones.

- Rectificación.

- Filtrado.
- Regulación.

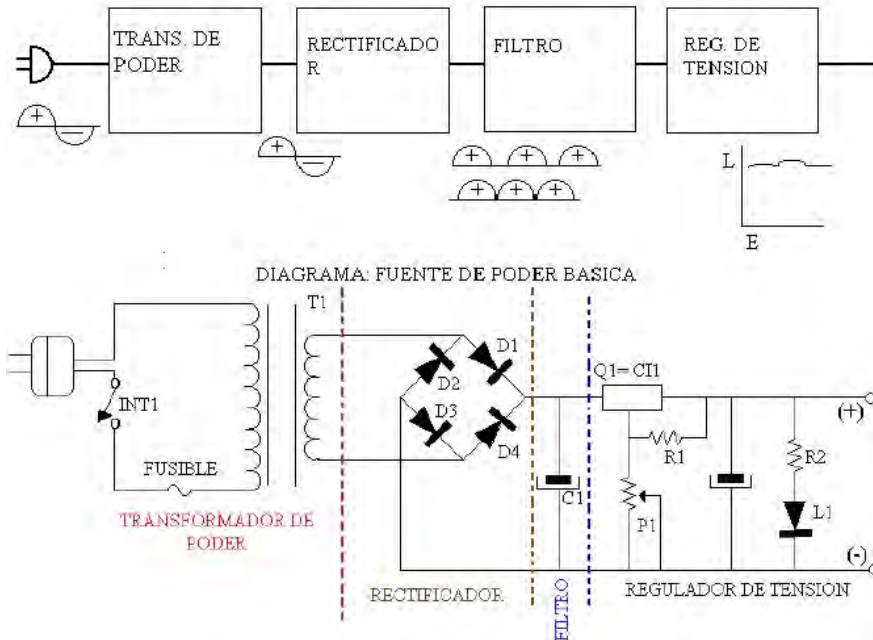


Figura 2.34 Diagrama Fuente de poder.

2.11.2.1 Rectificación

La rectificación se lleva a cabo mediante el uso de un transformador y uno o más diodos, los cuales hacen que de una señal de C.A. se pueda producir una señal de bajo voltaje de C.C, el transformador es un dispositivo que consta de un circuito magnético y de dos o más embobinados, la función del transformador es la de reducir el voltaje de C.A. de la línea a niveles que puedan ser manejados por circuitos electrónicos.

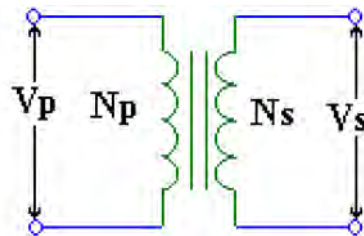


Figura 2.35 Transformador.

El diodo es un elemento semiconductor, cuya función es “rectificar” el voltaje de C.A. que entrega el transformador, el principio de operación de un diodo es el siguiente: al aplicar un voltaje a las terminales del diodo creamos una polarización en el mismo, cuando esta es directa es decir el voltaje aplicado al ánodo es más positivo que al del cátodo el diodo conducirá la corriente a través del dispositivo con dirección ánodo - cátodo. Cuando la polarización sea inversa, es decir, el voltaje aplicado al cátodo sea mayor que al del ánodo el diodo no conduce.

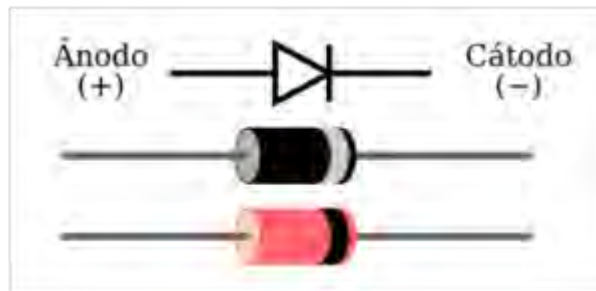


Figura 2.36 Diodo.

El diodo se utiliza para rectificar a la señal y dependiendo de la onda de la salida tenemos dos configuraciones:

- Rectificador de media onda En esta configuración el diodo solo permite el paso de medio ciclo de la señal de alimentación y dado que solo se puede rectificar medio ciclo se le denomina rectificador de media onda.

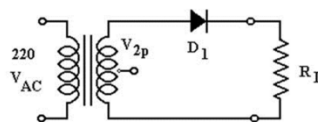


Figura 2.37 Rectificador de media onda.

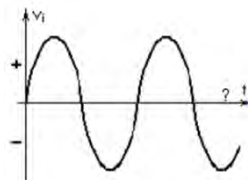


Figura 2.38 Señal sin rectificador.

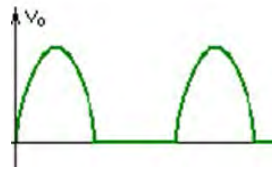


Figura 2.39 Señal con rectificador de media onda.

- Rectificador de onda completa: En esta configuración se aprovechan los dos semiciclos de la señal y de esta manera la eficiencia de conversión se aumenta.

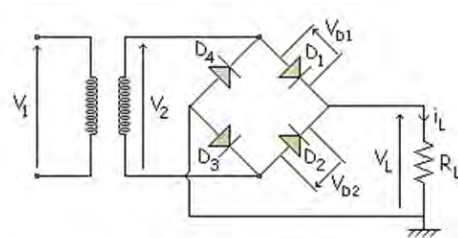


Figura 2.40 Rectificador de onda completa.

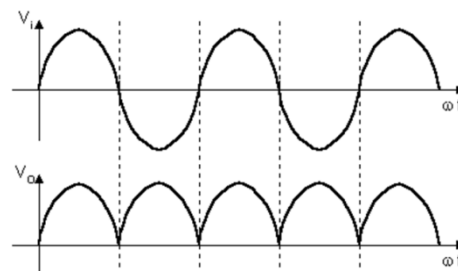


Figura 2.41 Señal con rectificador de onda completa.

2.11.2.2 Filtrado

La sección de filtrado tiene como fin “suavizar” la onda que sale de la sección de rectificación, dando así un voltaje de C. C. Cuando el diodo conduce el condensador se carga a la tensión de pico V_{max} . Una vez rebasado el pico positivo el condensador se abre. (Morales)

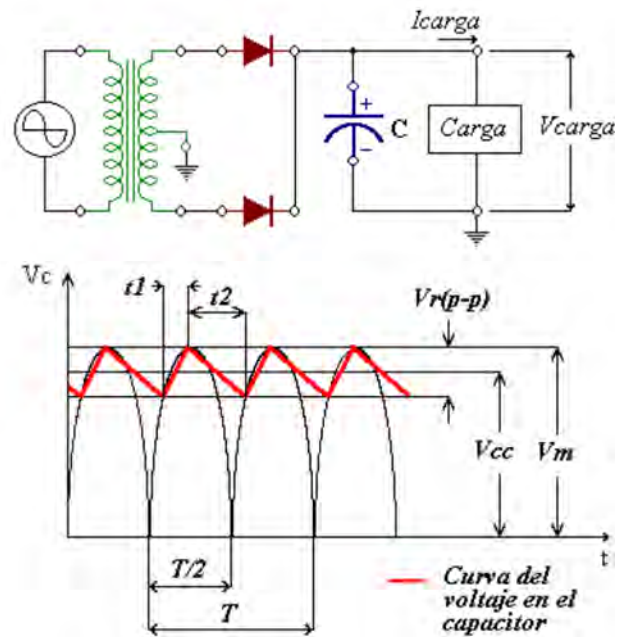


Figura 2.42 Diagrama de Filtrado.

2.11.2.3 Regulación

La función de un regulador de voltaje es convertir un voltaje de C.D. a la entrada a un voltaje C. D. a la salida específica, estable y mantenerlo independientemente de las condiciones de carga y del voltaje C.D. de entrada.

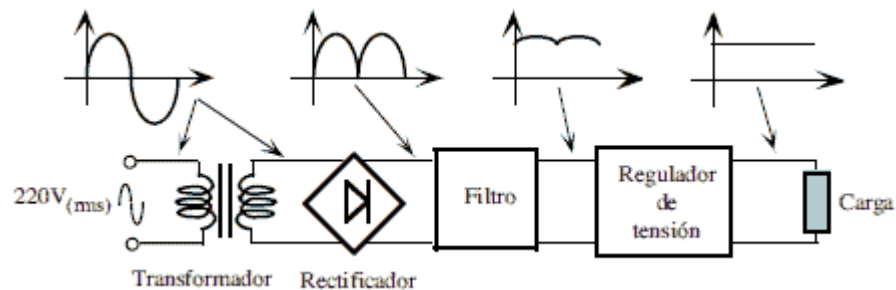


Figura 2.43 Diagrama de una fuente de alimentación.

2.11.4 ULN2803

El circuito integrado ULN2803 es un arreglo de transistores Darlington que ofrecen 8 salidas de alta corriente, para impulsar dispositivos como: relays, motores, solenoides, bombillas de filamento, series de leds, displays, etc. Funciona con diodos de protección de voltaje inverso para manejar cargas inductivas. Entradas compatibles TTL y CMOS de 5 V. Los transistores pueden ser conectados en paralelo para mayor capacidad de corriente.

Características:

- 8 transistores NPN Darlington en emisor común.
- 8 diodos de supresión de voltajes inversos para manejar cargas inductivas, con conexiones de cátodo común.
- Salidas de 0.5A (500mA) max.
- Voltaje de sostenimiento a la salida: -0.5V a 50V.
- Potencia max: 1.47 W.
- Resistencia de entrada a la base: 2.7K ω .
- Voltaje de entrada: -0.5V a 30V.
- Entradas compatibles TTL y CMOS de 5V.
- Encapsulado: DIP 18 pines.

Aplicaciones:

- Comando de relés, lámparas, ó display (LED o de descarga de gas), etc.
- Buffers lógicos.
- Drivers de línea.

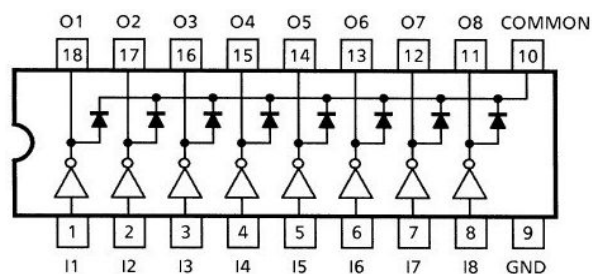


Figura 2.44 ULN2803.



2.12 Aislamiento del proyecto (sensor ML8511)

Proteger el prototipo del medio ambiente es muy importante; ya que, si no se aísla, puede deteriorarse; también la vida útil de los dispositivos disminuiría y se tendrían que cambiar con mayor frecuencia. El aislamiento tiene como objetivo proteger de la lluvia, polvo, humedad etc.

2.12.1 Material de protección de los dispositivos electrónicos

Se investigaron diferentes tipos de materiales para ver qué tipo es el adecuado para estos dispositivos electrónicos y no afecte en el funcionamiento del prototipo.

2.12.1.1 Metales

Los metales se utilizan para estructuras y piezas de máquinas, herramientas, elementos de unión, componentes electrónicos, marcos de ventanas, muebles etc. Un metal puede ser el aluminio.

El aluminio y sus aleaciones son materiales que destacan por su ligereza y resistencia a la corrosión, así como por su elevada conductividad térmica y eléctrica. Las propiedades mecánicas del aluminio puro son bastante moderadas, pero aleado con otros elementos las mejora notablemente.

Si se comparan la resistencia o la rigidez específica (en relación con la densidad) los aluminios son más ventajosos que los aceros en determinadas aplicaciones (aeronáutica, vehículos, piezas a grandes aceleraciones). Estas cualidades, junto con la gran aptitud para la conformación (deformación en frío, forja, moldeo, extrusión, mecanizado), han convertido a los aluminios en el segundo grupo de materiales más empleados.

Las aplicaciones del aluminio son por su alta resistencia a la corrosión, las magníficas propiedades estructurales, la calidad de fabricación y su coste relativamente bajo, en arquitectura e industria, su elevada conductividad del calor, buena relación conductividad eléctrica-peso, alta resistencia sometido a bajas temperaturas, resistencia a la corrosión etc. (Open Course Ware, 2008)



Figura 2.45 Metal.

2.12.1.2 Plástico

Los plásticos ocupan un lugar destacado en el desarrollo de sectores como el de los envases y embalajes, las telecomunicaciones, el transporte, la construcción, la medicina, la agricultura o las tecnologías de la información, y, en general, forman parte de nuestra vida diaria.

Es difícil generalizar sobre las propiedades de los plásticos debido a la gran variedad de estos que existe. Por ellos estudiaremos las más significativas, aquellas que todos ellos comparten:

- Conductividad eléctrica nula. Los plásticos conducen mal la electricidad, por eso se emplean como aislantes eléctricos; lo vemos, por ejemplo, en el recubrimiento de los cables.
- Conductividad térmica baja. Los plásticos suelen transmitir el calor muy lentamente, por eso suelen usarse como aislantes térmicos; por ejemplo, en los mangos de las baterías de cocina.
- Resistencia mecánica. Para lo ligeros que son, los plásticos resultan muy resistentes. Esto explica por qué se usan junto a las aleaciones metálicas para construir aviones y por qué casi todos los juguetes están hechos de algún tipo de plástico.

- Combustibilidad. La mayoría de los plásticos arde con facilidad, ya que sus moléculas se componen de carbono e hidrógeno. El color de la llama y el olor del humo que desprenden suele ser característico de cada tipo de plástico.
- Además, podríamos destacar lo económicos que son, salvo excepciones, lo sencillo de sus técnicas de fabricación y la facilidad que tienen para combinarse con otros materiales, con lo que es posible crear materiales compuestos con mejores propiedades, como el poliéster reforzado con fibra de vidrio. (tecnología, 2015)



Figura 2.46 Plásticos.

2.12.1.3 Vidrio

Los vidrios forman un grupo familiar de cerámicas. La nobleza del vidrio reside en un conjunto de cualidades que son la transparencia óptica, la resistencia, el aislamiento y la facilidad con que puede fabricarse.

En la actualidad existen cristales de 6 mm. de espesor, totalmente incoloros, que permiten filtrar hasta el 70 % de la radiación infrarroja y el 99,5% de la ultravioleta; o cristales de 12 mm. que detienen un proyectil calibre 9mm. (Oviedo, 2017)

Por tanto, el vidrio es una solución a problemas de:

- Aislamiento térmico y acústico.

- Ahorro energético.
- Resistencia estructural.
- Seguridad física.
- Protección de personas y bienes (vidrios anti-robo, anti-intrusión y antibalas).
- Decoración (vidrio curvo, vidrio serigrafiado, satinado, arenado).

Una de las propiedades de los vidrios son la transmisión ultravioleta: el vidrio común transmite una proporción de los rayos UV del sol. Para impedir el ingreso de los rayos UV, se deben utilizar vidrios laminados. (Pearson)



Figura 2.47 Vidrio

2.12.1.4 Polimetilmetacrilato

Polimetilmetacrilato es un termoplástico tipo éster amorfo, transparente e incoloro de gran dureza. Posee una alta resistencia a la tracción e impacto y una excelente claridad. Resiste bien a la intemperie, siendo el material plástico más resistente en estas condiciones (incluyendo sol, lluvia, niebla salina y polución). No amarillea ni presenta fisuras frente a la acción de los rayos UV. (Emac, 2017)



Figura 2.48 Acrílico

2.12.2 Material para el sensor UV

Se investiga que tipos de materiales dejan transmitir los rayos UV para poder proteger el sensor de radiación ultravioleta y las mediciones sean correctas y no afecte su funcionamiento del sensor.

2.12.3 Materiales transparentes

Se consideran objetos transparentes aquellos que permiten ver a través de él y dejan pasar fácilmente la luz tales como el agua y el vidrio; por otra parte, los objetos translúcidos tienen la propiedad de dejar pasar la luz pero no se puede ver a través de él, las formas y colores se distorsionan, este es el caso del hielo, fibra de vidrio y algunos plásticos.

Características de la luz, en un determinado medio la luz se desplaza en línea recta y con una velocidad constante. La luz se desplaza también en un espacio relativamente vacío y en el vacío total, esto a diferencia de las ondas sonoras y de las ondas de agua que requieren de un medio material para que puedan existir y desplazarse.

Cuando un rayo luminoso pasa de un medio menos denso (aire, por ejemplo) a otro transparente de mayor densidad, como el agua, vidrio o plástico, su velocidad disminuye. Sin embargo, si abandona este medio más denso y se desplaza nuevamente en el medio menos denso, recupera su velocidad original.

Estos cambios de velocidad son importantes pues producen una de las características de la luz: la refracción.

La luz que se origina de una fuente emisora se desplaza o irradia en todas direcciones. De tal forma que su energía se dispersa a medida que se aleja de su punto de origen; por lo tanto, la energía luminosa que incide sobre una superficie situada a cierta distancia será menor que la que incide sobre la misma superficie, pero situada más cerca de la fuente emisora. Este hecho se percibe como un cambio en la luminosidad.

El material óptico que transmite los rayos luminosos, de acuerdo a una disposición y orientación definida y regular de sus moléculas, se denomina transparente. Si transmite la luz, pero desordena el trayecto de los rayos y los dirige en todas las direcciones, recibe el nombre de translúcido. Si un material absorbe la mayoría de los rayos luminosos se dice que es opaco. (ARENAS, 2010)

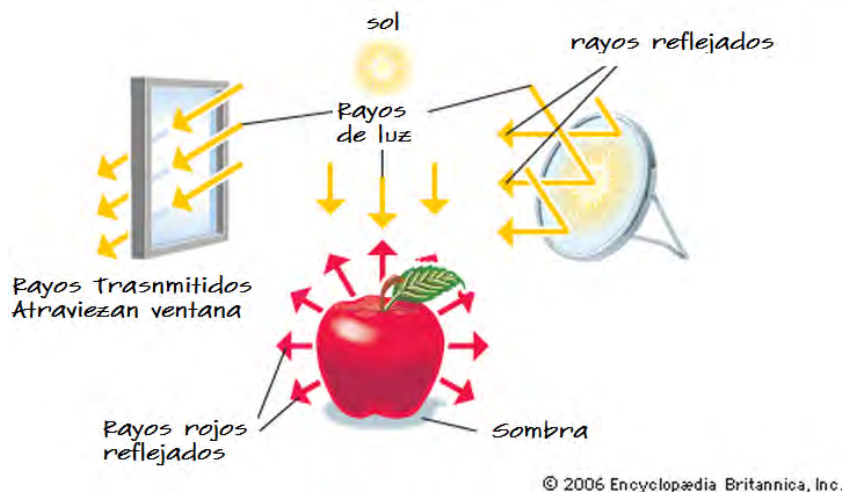


Figura 2.49 Propiedades de la luz.

2.12.3.1 propiedades del vidrio

Vidrio sustancia amorfa fabricada sobre todo a partir de sílice (SiO_2) fundida a altas temperaturas con boratos o fosfatos El vidrio es una sustancia amorfa porque no es ni un sólido ni un líquido, sino que se halla en un estado vítreo en el que las unidades moleculares, aunque están dispuestas de forma desordenada, tienen suficiente cohesión para presentar rigidez mecánica. Suele ser transparente, pero también puede

ser translúcido u opaco. Su color varía según los ingredientes empleados en su fabricación.

El vidrio de silicio formado con 96% de sílice es el más duro y el más difícil de trabajar, pues es necesario emplear una costosa técnica al vacío para obtener un producto para usos especiales, que transmite energía radiante del ultravioleta y del infrarrojo con la menor pérdida de energía. (Universidad Católica Argentina, 2008)

2.12.3.2 Acrílico propiedad

La lámina acrílica es un material termoplástico ampliamente utilizado por su estética y alta claridad, considerado como el mejor de todos los plásticos transparentes destinados a ser usados a la intemperie. (ACRILUX S.A., 2016)

El acrílico es uno de los plásticos de mayor aceptación en los mercados de cubiertas, publicidad, decoración, avisos luminosos, etc.

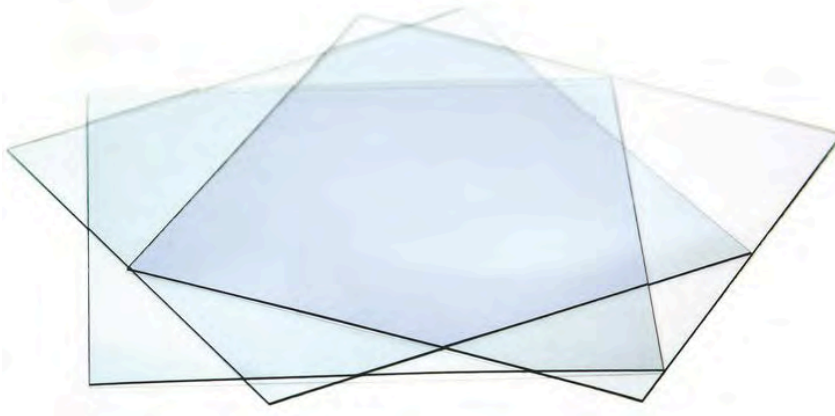


Figura 2.50 Acrílico transparente.

Propiedades físicas:

- La lámina acrílica por sus propiedades físicas es una de las más durables del mercado.
- Transmisión de la luz del 92-95%.
- Bajo peso (densidad 1,2 g/cm³).

- Extraordinaria resistencia al medio ambiente, excelente resistencia a la degradación por rayos ultravioletas.
- No se opaca con el tiempo.
- Larga vida útil.
- Facilidad para el termo-formado: sometiéndole a temperaturas entre 140 a 180oC.
- Máxima temperatura recomendada para servicio o exposición continua 65 a 90oC.
- Baja resistencia a la abrasión.
- Fácil limpieza, pues solo se necesita un detergente doméstico y agua.

2.12.3 Material elegido

Para los sistemas que se exponen a la intemperie se eligió para su aislamiento el acrílico; solo para el caso del sensor ml8511 se escogió un vidrio delgado (1 mm).

El vidrio elegido es un portaobjetos figura 2.51 con medidas y dimensiones de aprox. 76 x 26 mm con un espesor aprox. 1,0 mm.



Figura 2.51 Vidrio delgado (portaobjetos).

Las pruebas y resultados se encontrarán en el capítulo 4 acerca del material que se eligió para el correcto funcionamiento del sensor.

Capítulo 3. Desarrollo experimental de la propuesta

En este capítulo se expone el método experimental para desarrollar el sistema para la medición, visualización y registro de radiación ultravioleta.

Después de investigar los diferentes sensores de radiación ultravioleta se determinó que el funcionamiento del radiómetro es el siguiente: Los rayos UV que son desprendidos por el sol, atraviesan la capa de ozono llegando al sensor y este a su vez emite diversas lecturas convirtiendo en índice UV de acuerdo a la intensidad que estos presenten (Figura 3.1).

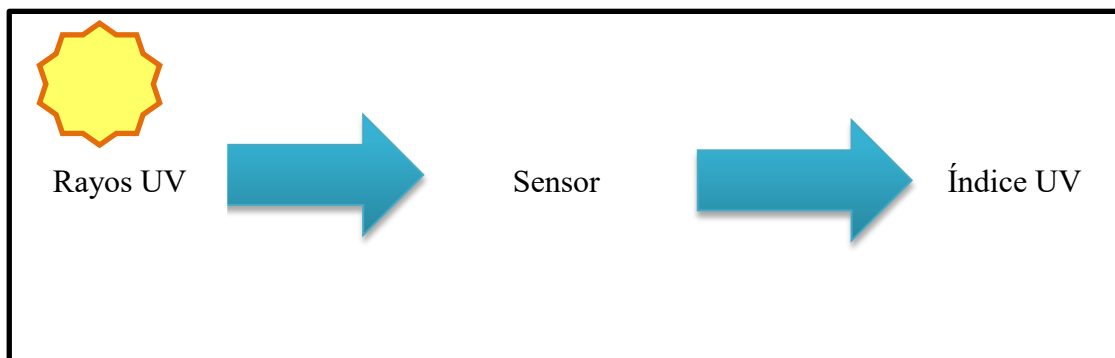


Figura 3.1 Diseño básico de sistema de medición UV.

Para la propuesta se hizo una investigación sobre los rayos ultravioleta, dispositivos que miden esa radiación y las medidas de la radiación UV (ver capítulo 2.1); después de hacer la investigación, se hicieron varios experimentos que derivaron en dos prototipos, cada uno para realizar tareas bien diferenciadas.

Para poder realizar la propuesta, algunos de los objetivos que se plantearon fueron:

- Realizar pruebas con sensores de radiación UV.
- Escoger un sensor de radiación UV.
- Guardar los datos del sensor en una memoria SD.
- Utilizar un reloj de tiempo real para el registro del día y hora de los datos.
- Comparar el sensor con un radiómetro comercial.

El primer prototipo tuvo como propósito la medición, almacenamiento y análisis de resultados, la figura 3.2 corresponde al diagrama a bloques de dicho sistema.

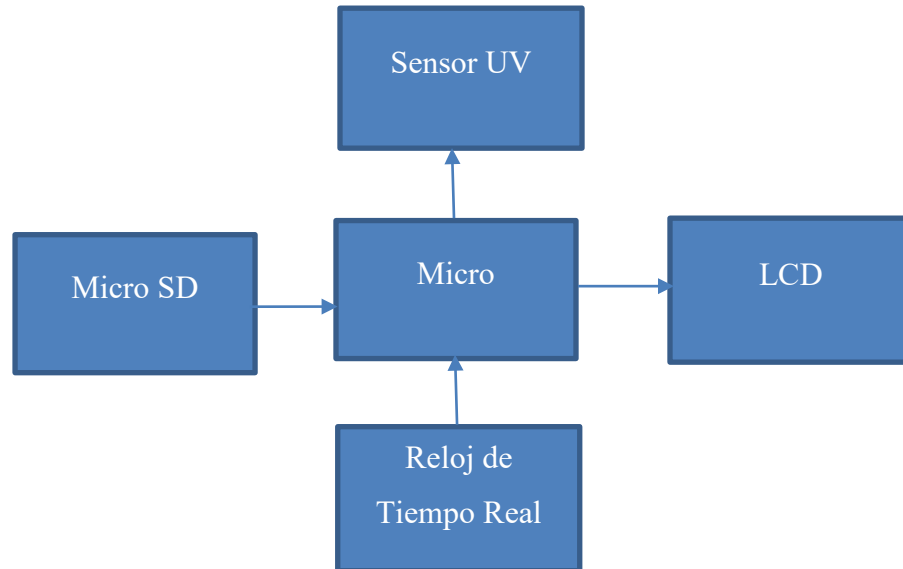


Figura 3.2 Diagrama a bloques de primer prototipo.

La razón de hacer este prototipo fue para tener un registro de mediciones, las cuales se realizaron en intervalos de 5 minutos, y su valor (junto con el día y hora) son almacenados en una memoria SD, y además es posible visualizar la medición mediante la pantalla LCD incorporada.

Para definir el funcionamiento o control del primer prototipo, se realizó un diagrama de flujo (figura 3.3), el cual tiene un código que se muestra en el anexo 1.

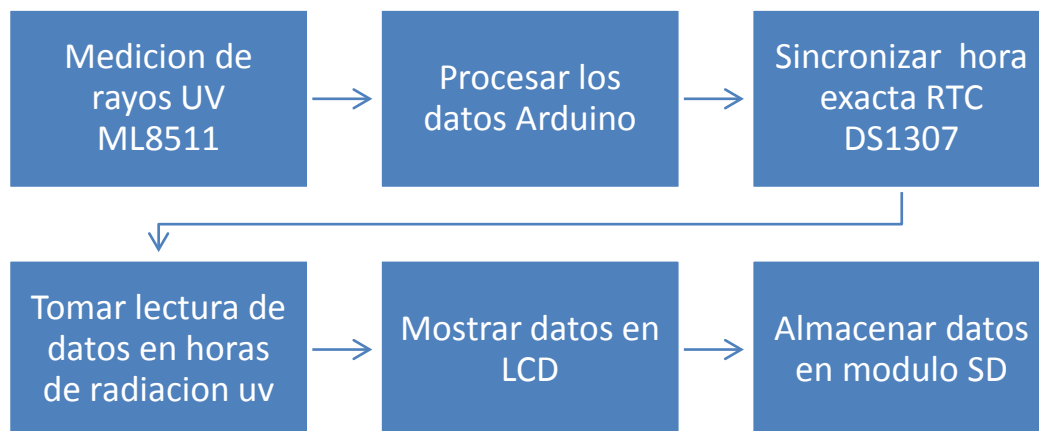


Figura 3.3 Primer diagrama primer prototipo.



Las funciones de cada uno de los procesos indicados en el diagrama de flujo son enuncian a continuación:

- **Medición de rayos UV ML8511**, mide los rayos ultravioleta (UV) que llegan a la superficie de la tierra, llegando al sensor ML8511 el cual convierte esa magnitud física a un voltaje.
- **Procesar los datos Arduino**, gestiona el voltaje que arroja el ML8511 convirtiéndolo en el índice UV con la ayuda de una función matemática para obtener este, de esta forma se muestre en la pantalla LCD la cual está conectada al Arduino.
- **Sincronizar hora exacta RTC DS1307**, la función es dar la hora exacta y asociarlos con la medición de los rayos UV
- **Mostrar datos en LCD**, su función es mostrar los datos que fueron obtenidos mediante el sensor.
- **Almacenar datos en modulo SD**, guarda datos del sensor ml8511 asi como la hora asociada a esa medición.

El primer código

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(7, 8, 9, 10, 11 , 12);
int UVOUT = A0;
int REF_3V3 = A1;
```

Figura 3.4 Primer segmento del Código.

En este segmento de código aparece la biblioteca LiquidCrystal.h para la configuración de la pantalla LCD en donde se indica dónde van conectados los pines del Arduino a la pantalla LCD. Las variables *UVOUT* y *REF_3V3* las cuales van indicar la salida de voltaje del sensor ML8511 y la referencia que se tomara del voltaje del Arduino.

```
void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);

  Serial.begin(9600);

  pinMode(UVOUT, INPUT);
  pinMode(REF_3V3, INPUT);
}
```

Figura 3.5 Segundo segmento del Código

Esta parte del segmento muestra el inicio de la pantalla LCD, el puerto serial y configuración de los pines como entrada.

```
void loop()
{
  int uvLevel = averageAnalogRead(UVOUT);
  int refLevel = averageAnalogRead(REF_3V3);

  float outputVoltage = 3.3 / refLevel * uvLevel;
  float uvIntensity = mapfloat(outputVoltage, 0.99, 2.8, 0.0, 15.0);

  Serial.print("output: ");
  Serial.print(refLevel);

  Serial.print("ML8511 output: ");
  Serial.print(uvLevel);

  Serial.print(" / ML8511 voltage: ");
  Serial.print(outputVoltage);

  Serial.print(" / UV Intensity (mW/cm^2): ");
  Serial.print(uvIntensity);

  Serial.println();

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Factor UV: ");
  lcd.setCursor(10, 0);
  lcd.print(uvIntensity);

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("volts: ");
  lcd.setCursor(6, 1);
  lcd.print(outputVoltage);

  delay(1000);
}
```

Figura 3.6 Tercer segmento del Código



En la figura 3.5 se muestra parte del programa principal que corresponde a “void loop” para obtener iterativamente las lecturas de la radiación provenientes del sensor, y para mostrar los resultados. En el programa principal se invoca a la función “*outputVoltage*”, la cual hace la conversión analógica a digital con referencia en 3.3v para tener más exactitud de la digitalización. En la variable *uvIntensity* guardan los valores de la digitalización normalizados mediante la función “map” (esto es para ajustarlos a la escala mW/cm^2 observada en de la figura 2.12).

```
float conver = uvIntensity * 0.0583 / 0.025;
int factoruv = round(conver);
```

Figura 3.7 cuarto segmento del Código

Después se hizo el cambio de mW/cm^2 al índice UV internacional, esta se tiene que convertir, como se muestra en la figura 3.7 la cual se multiplico y luego se dividió para calcular el índice UV.

```
int averageAnalogRead(int pinToRead)
{
    byte numberOfReadings = 8;
    unsigned int runningValue = 0;

    for(int x = 0 ; x < numberOfReadings ; x++)
        runningValue += analogRead(pinToRead);
    runningValue /= numberOfReadings;

    return(runningValue);
}

float mapfloat(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max)
{
    return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}
```

Figura 3.8 Ultima parte del programa

En esta última parte del código se muestra parte del programa que hace funcionar el sensor ML8511 en donde *averageAnalogRead* hace un promedio de la señal



analógica que arroja el sensor, y *mapfloat* nos da la relación del voltaje con la intensidad de UV.

Para este prototipo se utilizó Arduino, el sensor ml8511 y una pantalla lcd de 16x2 para mostrar los valores que daban y así poder comprobar que el sensor daba voltaje y una medición.

Ya que se corroboró que el sensor ml8511 servía para la detección de rayos ultravioleta, se siguió con los objetivos de agregarle la hora al prototipo y que almacenara los datos en una tarjeta SD.

```
// Tarjeta SD

#include <SD.h>
#include <SPI.h>
// Guardamos en que entrada de Arduino esta conectado el pin CS del modulo.
const int chipSelect = 4;
```

Figura 3.9 Bibliotecas MICROSD

Para la tarjeta SD se utilizaron las bibliotecas SD.h y la SPI.h que están cargadas en el IDE Arduino para que el dispositivo funcione correctamente. Y una variable que se encarga de seleccionar cuando tenga que escribir o leer la tarjeta SD.

```
// inicio configuracion SD
// El pin CS por defecto de la placa arduino debe ser configurado como salida
pinMode(10, OUTPUT);
// Si ha habido error al leer la tarjeta informamos por el puerto serie.
if (!SD.begin(chipSelect)){
  Serial.println("Error al leer la tarjeta.");
  return;
}
```

Figura 3.10 Configuración MICROSD

En la configuración del módulo SD se pone el pin digital 10 en salida, aunque no se utilice ya que si no se configura como salida tiene problemas con el modulo SD. En la segunda línea del código se inicializa la tarjeta y si no funciona se muestra en el monitor serial que no ha podido leer la tarjeta y regresa para volver a leerla.



```
// Reloj de Tiempo Real
|
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
RTC_DS1307 rtc;
```

Figura 3.11 Bibliotecas reloj de tiempo real

Estas líneas corresponden a las bibliotecas que utilizan el reloj de tiempo real.

```
if (! rtc.begin()) {
  Serial.println("NO SE PUEDE CONECTAR RTC");
  while (1);
}

if (! rtc.isrunning()) {
  Serial.println("RTC no funciona!");

  rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));

  // rtc.adjust(DateTime(2016, 11, 3, 9, 15, 0));
}
```

Figura 3.12 Configuración Reloj de tiempo real

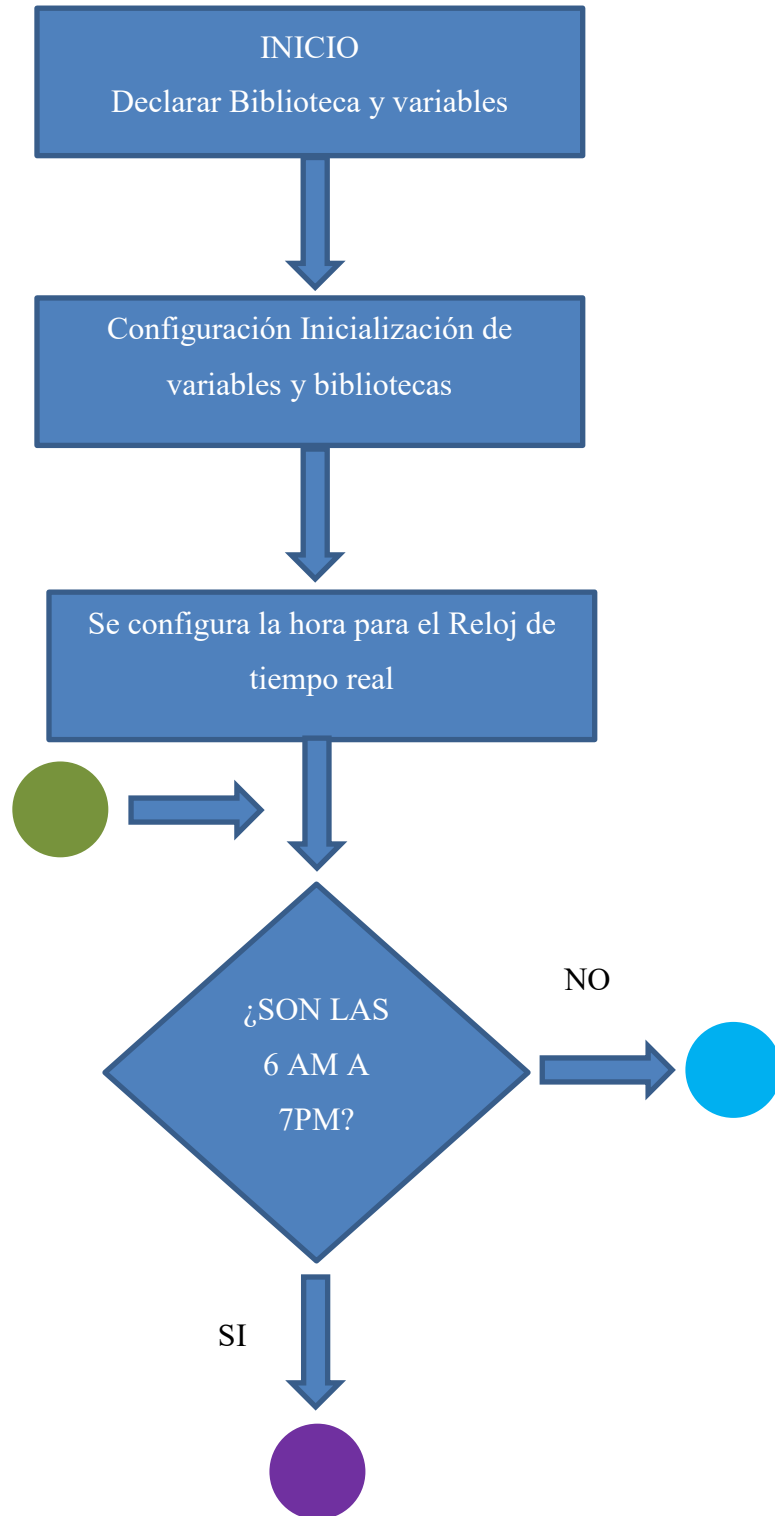
Cuando se compile este código se tomará la hora que tiene el compilador. Si se quiere poner manual la hora por ejemplo 3 de noviembre del 2106 con la hora de 9 horas 15 minutos y 0 segundos 9:15 am, se tienen que utilizar las líneas.

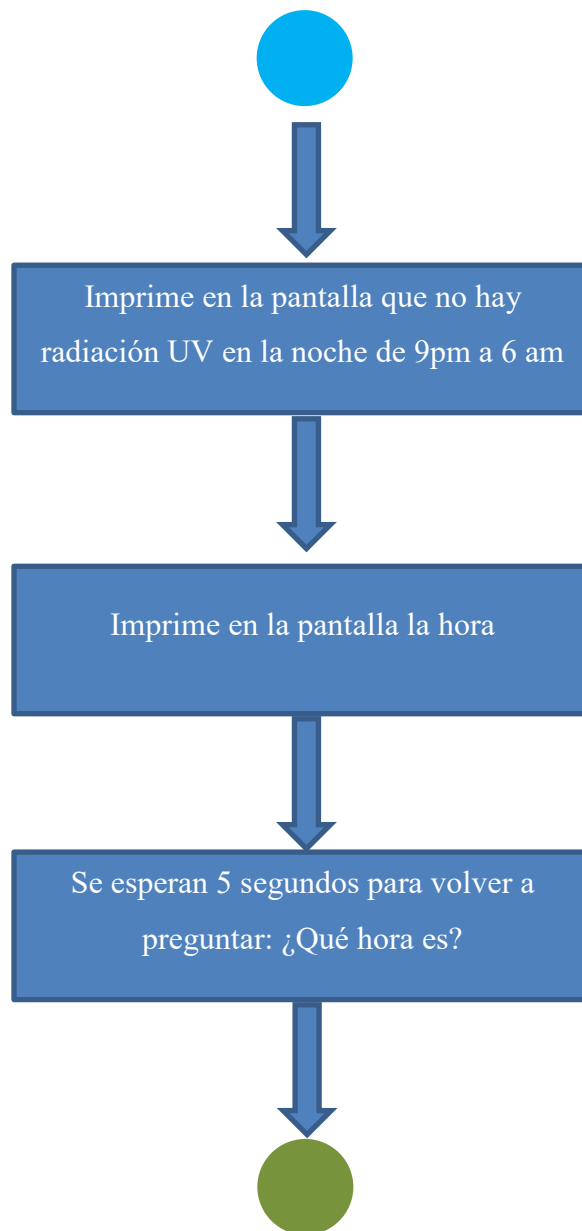
```
rtc.adjust(DateTime(2016, 11, 3, 9, 15, 0));
```

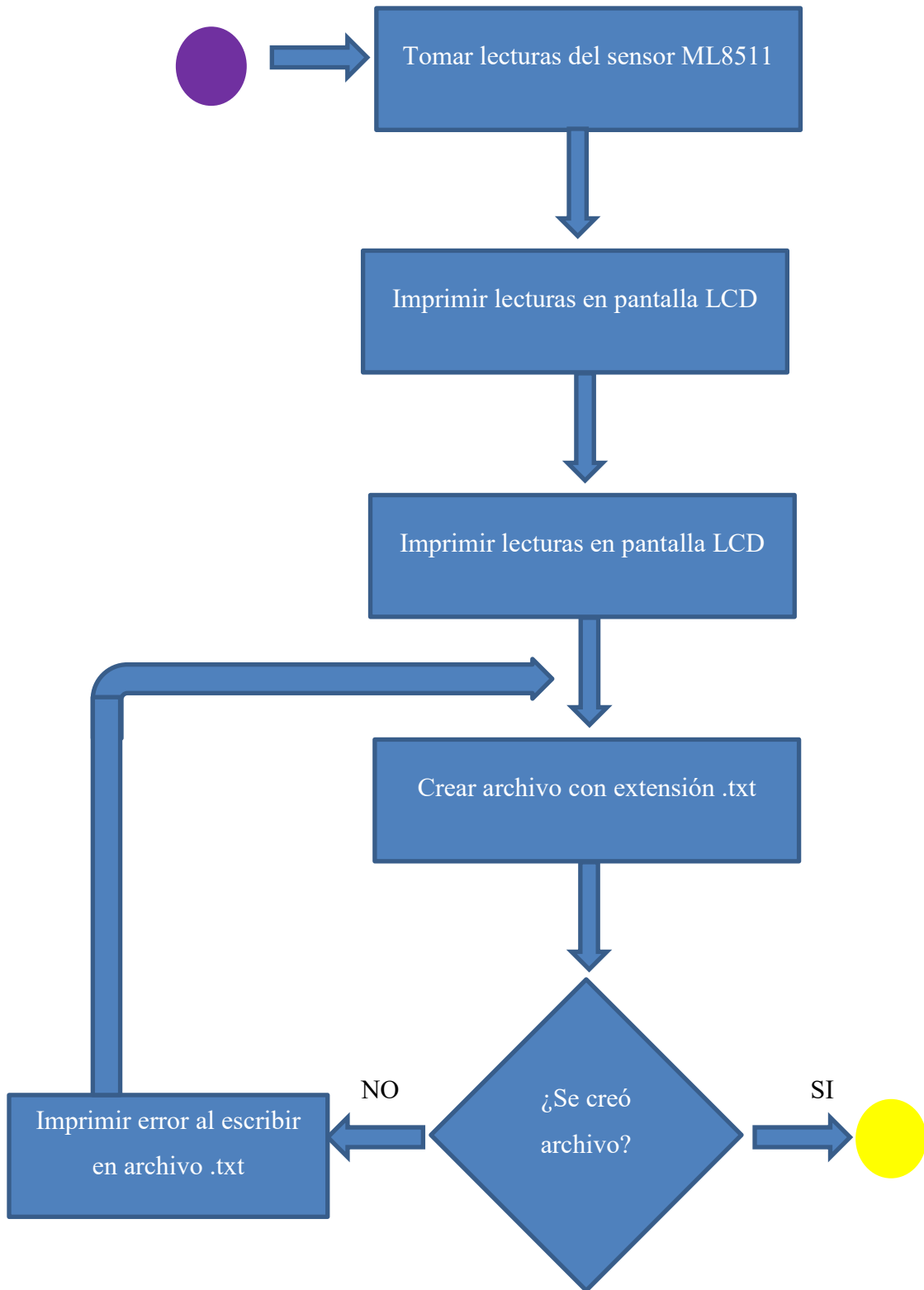
Una vez configurada la hora se comenta estas líneas ya que si no se volvería a poner la misma hora una y otra vez.

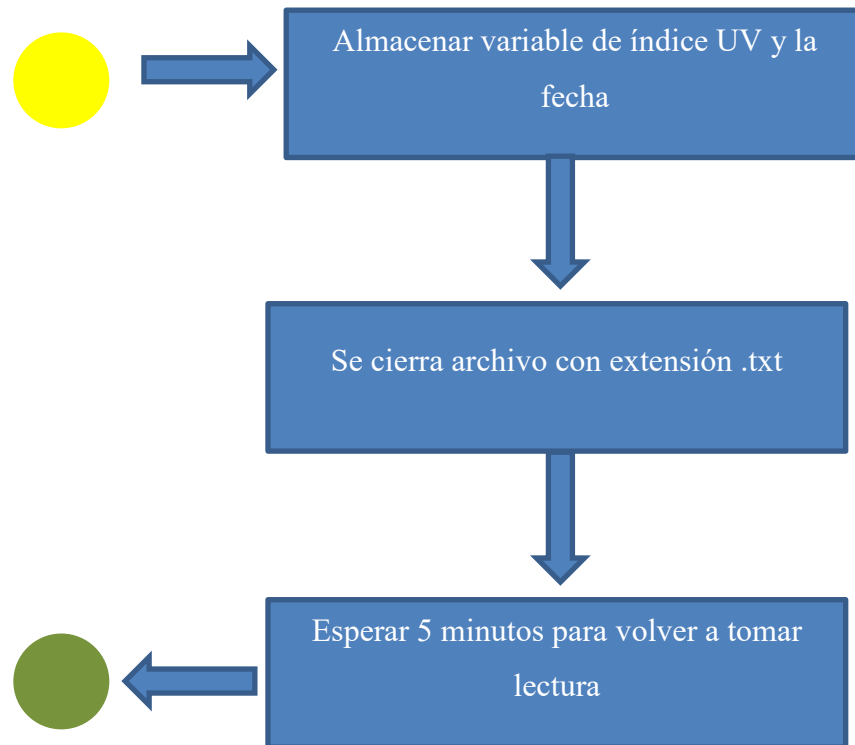
Ya que se tuvo toda la configuración del módulo del reloj de tiempo real y la tarjeta SD. Todo el código de funcionamiento se muestra en el Anexo A. Ahora se presenta el diagrama de flujo, materiales, esquemáticos y conexiones.

Diagrama de Flujo del primer prototipo.



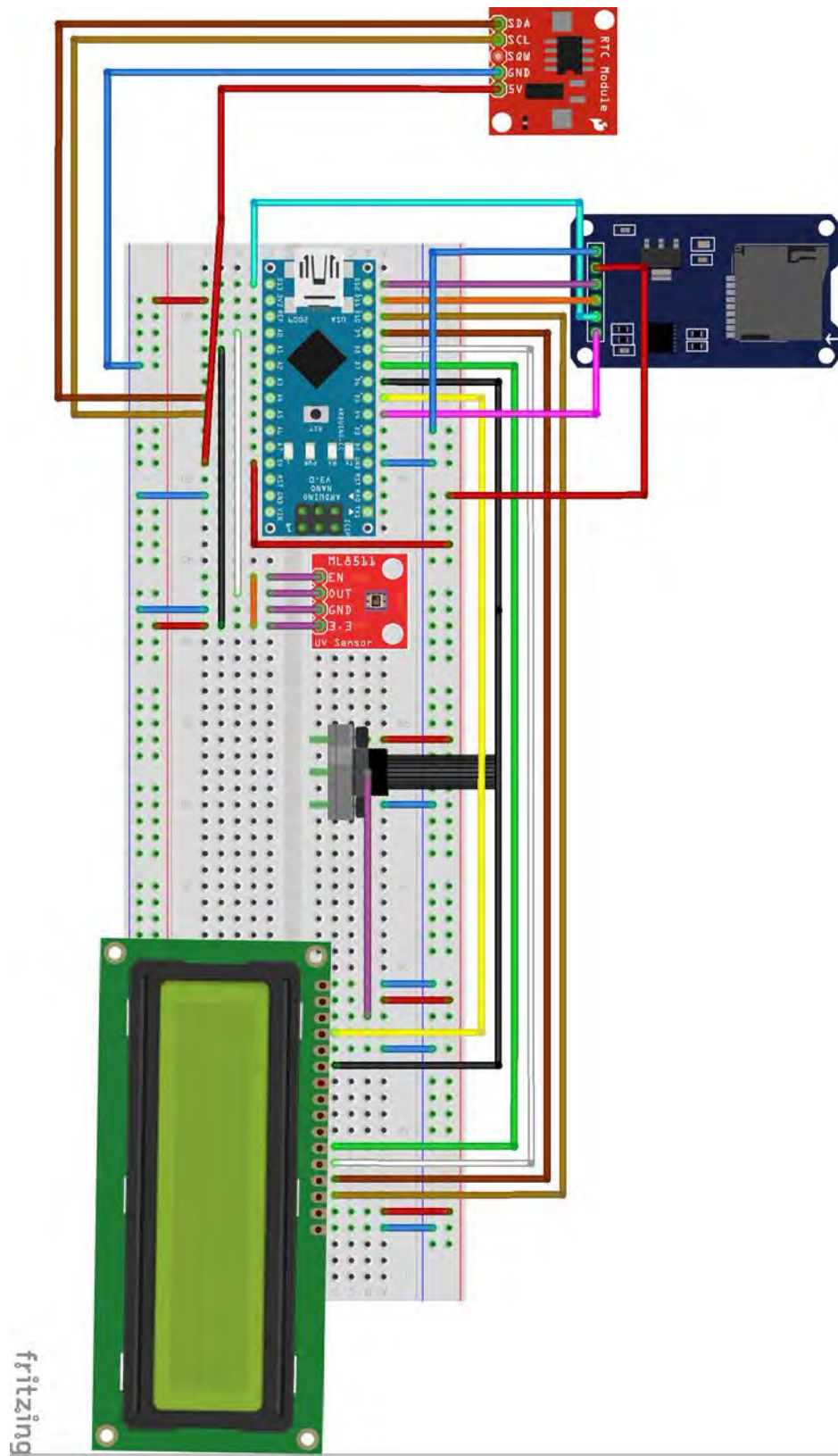




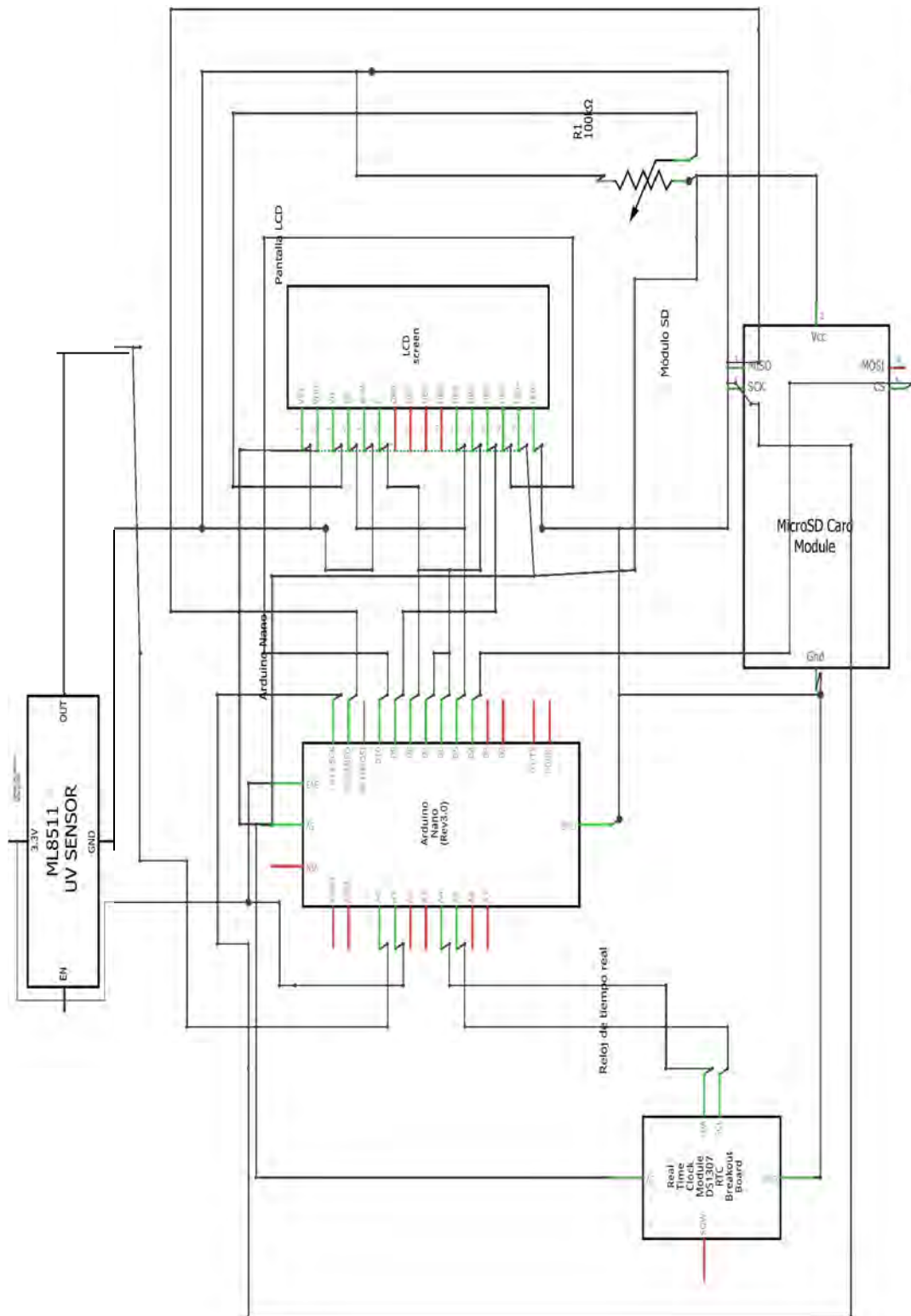


Se enlista los materiales que se ocuparon para la realización del primer prototipo.

- Sensor ML8511: Mide la radiación ultravioleta con un rango de UV-A UV-B.
- Arduino nano: Se encarga de procesar los datos y enviarlos.
- Modulo micro SD: guarda los índices y datos del sensor.
- Módulo tinyRTC DS1307: Reloj de tiempo real para establecer únicamente las horas de función y poder registrar la hora de los índices UV.
- Pantalla LCD 16x2: muestra el índice UV.



fritzing

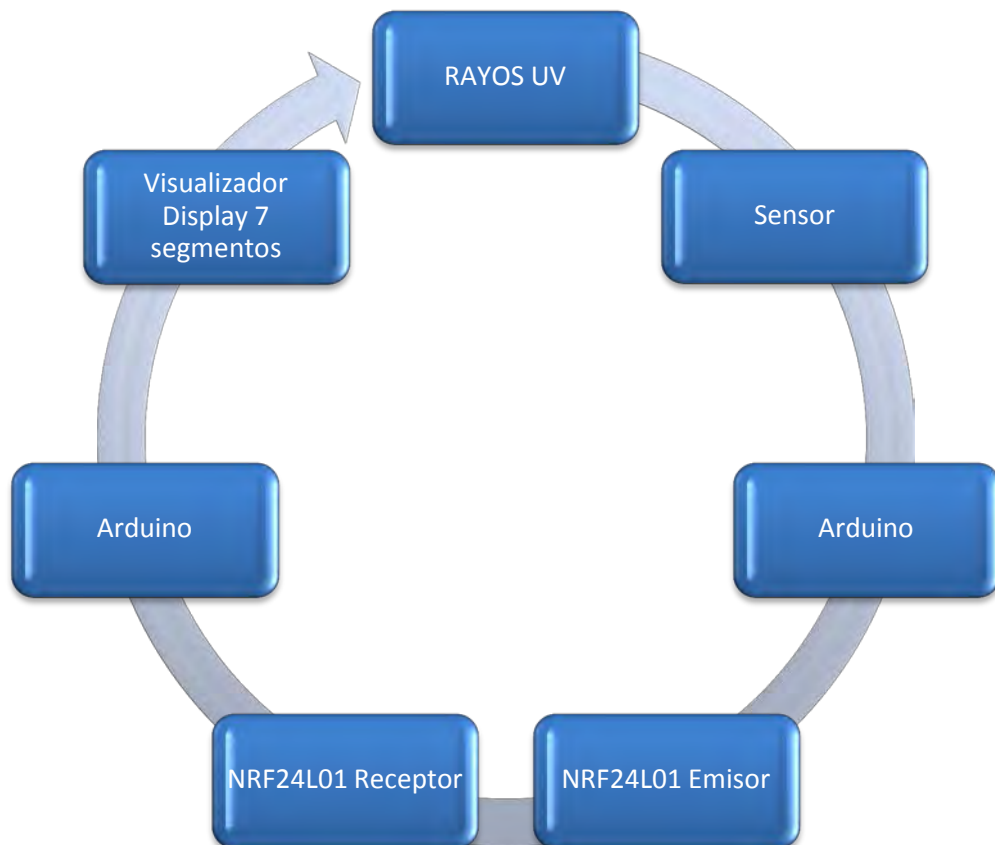


fritzing

Después de tener el primer prototipo se comparó con un radiómetro profesional, y demostrar que tan confiable era el sensor ml8511 en el capítulo 4 se detalla a fondo las pruebas que se hicieron con el sensor de radiación UV y los resultados logrados.

Ya que se hicieron las pruebas se logró demostrar que el sensor es muy acertado en las mediciones comparado con uno ya comercial, entonces se prosiguió a implementarlo en el exterior y así crear un visualizador.

El diseño del visualizador consiste en que muestre los rayos ultravioleta que lleguen al sensor conectado a un Arduino (sistema de control) que va a estar conectado a un módulo de radiofrecuencia para mandar los datos inalámbricamente, esos datos van a ser recibidos por otro Arduino con otro módulo de radiofrecuencia, la información que reciba será para mostrar el índice UV en el display.

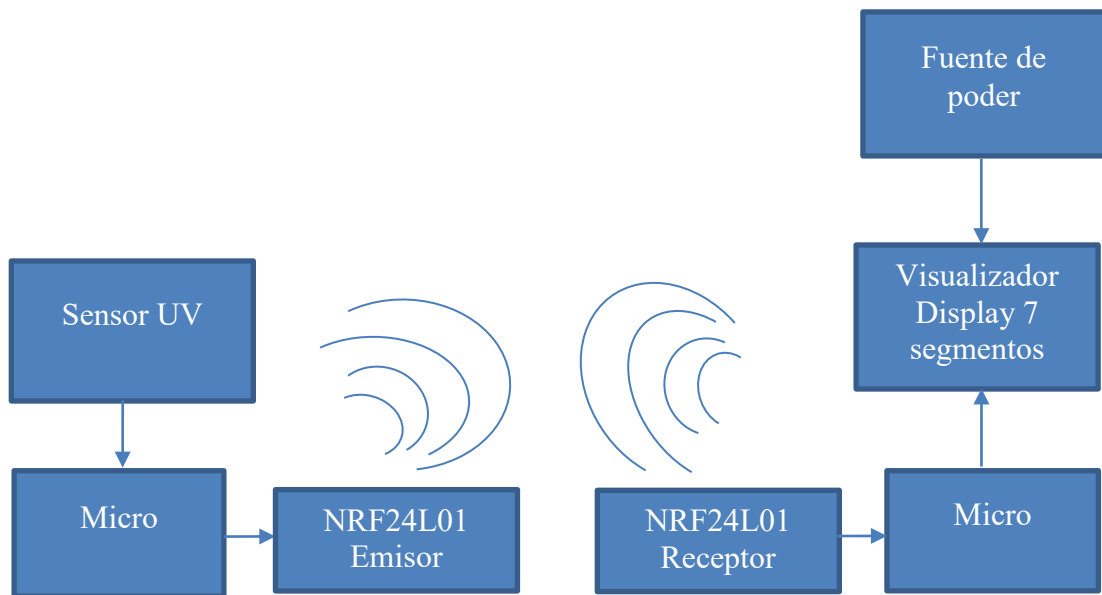


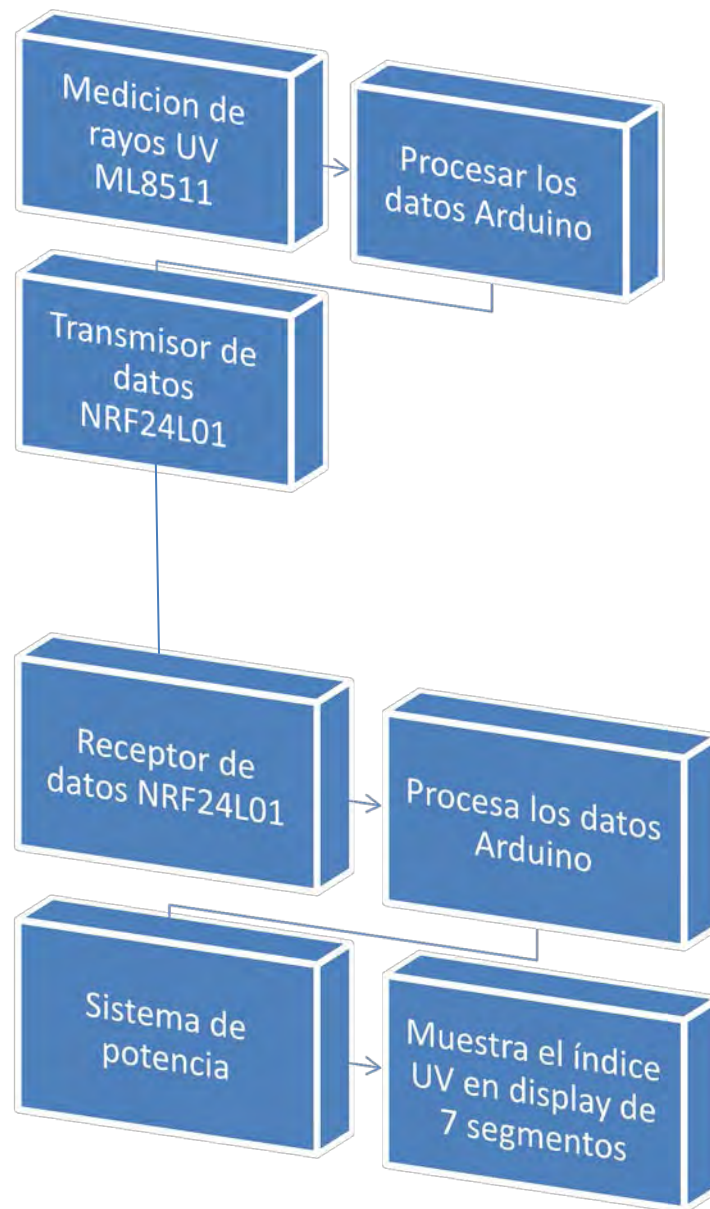
La segunda parte de la propuesta se hizo los siguientes objetivos:

- Comunicar el Arduino con el visualizador.
- Diseñar un visualizador de 7 segmentos.

En la comunicación se pensó en poner cable para conectar el visualizador, pero eso necesitaría una instalación propia para este dispositivo, además de que sería susceptible al ruido y que tuviera algún error en la medición del sensor, entonces se optó en comunicarlo inalámbricamente se buscó información que esta detallada en el capítulo 2 y se optó por usar un transceptor que además de ser muy baratos tienen mejor alcance que otros dispositivos.

El segundo prototipo tuvo como propósito mostrar la visualización de la radiación ultravioleta en índice UV para alertar a cualquier persona y que pueda ser visible en espacios abiertos. La figura 0 corresponde al diagrama de bloques de dicho sistema





Las funciones de cada uno de los procesos indicados en el diagrama de flujo son enuncian a continuación:

- **Medición de rayos UV ML8511**, mide los rayos ultravioleta UV que llegan a la superficie de la tierra, llegando al sensor ML8511 el cual convierte esa magnitud física a un voltaje.
- **Procesar los datos Arduino**, gestiona el voltaje que arroja el ML8511 convirtiéndolo en el índice UV con la ayuda de una función matemática para



obtener este, de esta forma se muestre en la pantalla LCD la cual está conectada al Arduino.

- **Transmisor de datos NRF24L01**, la función es enviar las mediciones que tiene el sensor ml8511.
- **Receptor de datos NRF24L01**, su función es recibir los datos que fueron enviados por el transmisor NRF24L01.
- **Procesar los datos Arduino**, gestiona los datos recibidos por el NRF24L01 para la visualización.
- **Muestra el índice UV en display de 7 segmentos**, su función es mostrar los datos que fueron obtenidos mediante el sensor.

Se utilizaron dos códigos para este prototipo uno pertenece al código emisor de este prototipo y el otro al receptor del prototipo.

Para el primer código se utilizó un Arduino, sensor ml8511 y el transceptor NRF24L01 esta parte funciona como el emisor se detalla a continuación.



```
// Transceptor NRF24L01 emisor
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
//Variable con la dirección del canal por donde se va a transmitir
const byte rxAddr[6] = "00001";
//creamos el objeto radio (NRF24L01)
RF24 radio(2, 3);
//vector con los datos a enviar
float datos[3];

// Operaciones Matematicas
#include <math.h>

// Sensor ML8511
int UVOUT = A0;
int REF_3V3 = A1;

void setup()
{
    //inicializamos el NRF24L01
    radio.begin();
    radio.setRetries(15, 15);
    //Abrimos un canal de escritura
    radio.openWritingPipe(rxAddr);
    radio.stopListening();

    //inicializamos el puerto serie
    Serial.begin(9600);
    // se pone el pin 10 como salida
    pinMode(10, OUTPUT);
}
```

Se muestran las bibliotecas utilizadas para utilizar el transceptor NRF24L01 y las variables que se utilizan para que funcione el dispositivo, se crea un vector llamado datos que va a guardar la información ahí para poder mandarla al receptor. Se incluye la biblioteca math para hacer operaciones matemáticas, las variables del sensor ml8511 ya explicada, luego viene la configuración inicial que inicia la radiofrecuencia para el transceptor y abre un canal por el cual van a transmitir.



```
//cargamos los datos en la variable datos[]
datos[0]=factoruv;
datos[1]=uvIntensity;
datos[2]=sinfactoruv;
//enviamos los datos
|
bool ok = radio.write(datos, sizeof(datos));
//reportamos por el puerto serial los datos enviados

if(ok)
{
  Serial.print("Datos enviados: ");
  Serial.print(datos[0]);
  Serial.print(" , ");
  Serial.print(datos[1]);
  Serial.print(" , ");
  Serial.println(datos[2]);
}
else
{
  Serial.println("no se ha podido enviar");
}
delay(1000);
}
```

En la parte del código principal se cargan las variables que se mandaran por ejemplo el factorUV esa variable es el índice UV y el *uvintensity* son mW/cm^2 esos datos se envían con la variable *ok* si está el receptor listo lo mandara y en el monitor serial imprimirá que fueron enviados los datos.

El código receptor incluye las mismas bibliotecas y mismas variables, solo aumenta el display de 7 segmentos que se crea una función para poder prender los leds dependiendo el número que sea por ejemplo “1 1 1 1 1 1 1” ahí prendería el 8.



```
// Transceptor NRF24L01 receptor
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

//Declaremos los pines CE y el CS
RF24 radio(36, 37);
const byte rxAddr[6] = "00001";
float datos[3];

// Display 7 segmentos
#include <math.h>
int decimal = 0;
int numeral = 0;

byte seven_seg_digits[10][7] =
{
  { 1,1,1,1,1,1,0 }, // = 0
  { 0,1,1,0,0,0,0 }, // = 1
  { 1,1,0,1,1,0,1 }, // = 2
  { 1,1,1,1,0,0,1 }, // = 3
  { 0,1,1,0,0,1,1 }, // = 4
  { 1,0,1,1,0,1,1 }, // = 5
  { 1,0,1,1,1,1,1 }, // = 6
  { 1,1,1,0,0,0,0 }, // = 7
  { 1,1,1,1,1,1,1 }, // = 8
  { 1,1,1,0,0,1,1 } // = 9
};
```



```
void setup()
{
  // Configuramos el puerto serie para informar de fallos a traves de el
  Serial.begin(9600);

  //Salidas del display
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  //Salidas del display
  pinMode(22, OUTPUT);
  pinMode(23, OUTPUT);
  pinMode(24, OUTPUT);
  pinMode(25, OUTPUT);
  pinMode(26, OUTPUT);
  pinMode(27, OUTPUT);
  pinMode(28, OUTPUT);
  pinMode(29, OUTPUT);

  writeDot(0);

  delay(1000);

  //inicializamos el NRF24L01
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(0, rxAddr);
  radio.startListening();
  // El pin CS por defecto de la placa arduino debe ser configurado como salida
  pinMode(53, OUTPUT);
}
```

En la configuración se ponen como salidas los pines que se utilizaron. Se inicializa el nrf24l01 para la recepción de datos.



```
void loop()
{
  if ( radio.available() )
  {
    //Leemos los datos y los guardamos en la variable datos[]
    radio.read(datos, sizeof(datos));
    Serial.print("INDICE UV con vidrio= " );
    Serial.println(datos[0]);
    Serial.print("mW/cm^2= " );
    Serial.println(datos[1]);
    Serial.print("INDICE UV sin vidrio= " );
    Serial.println(datos[2]);

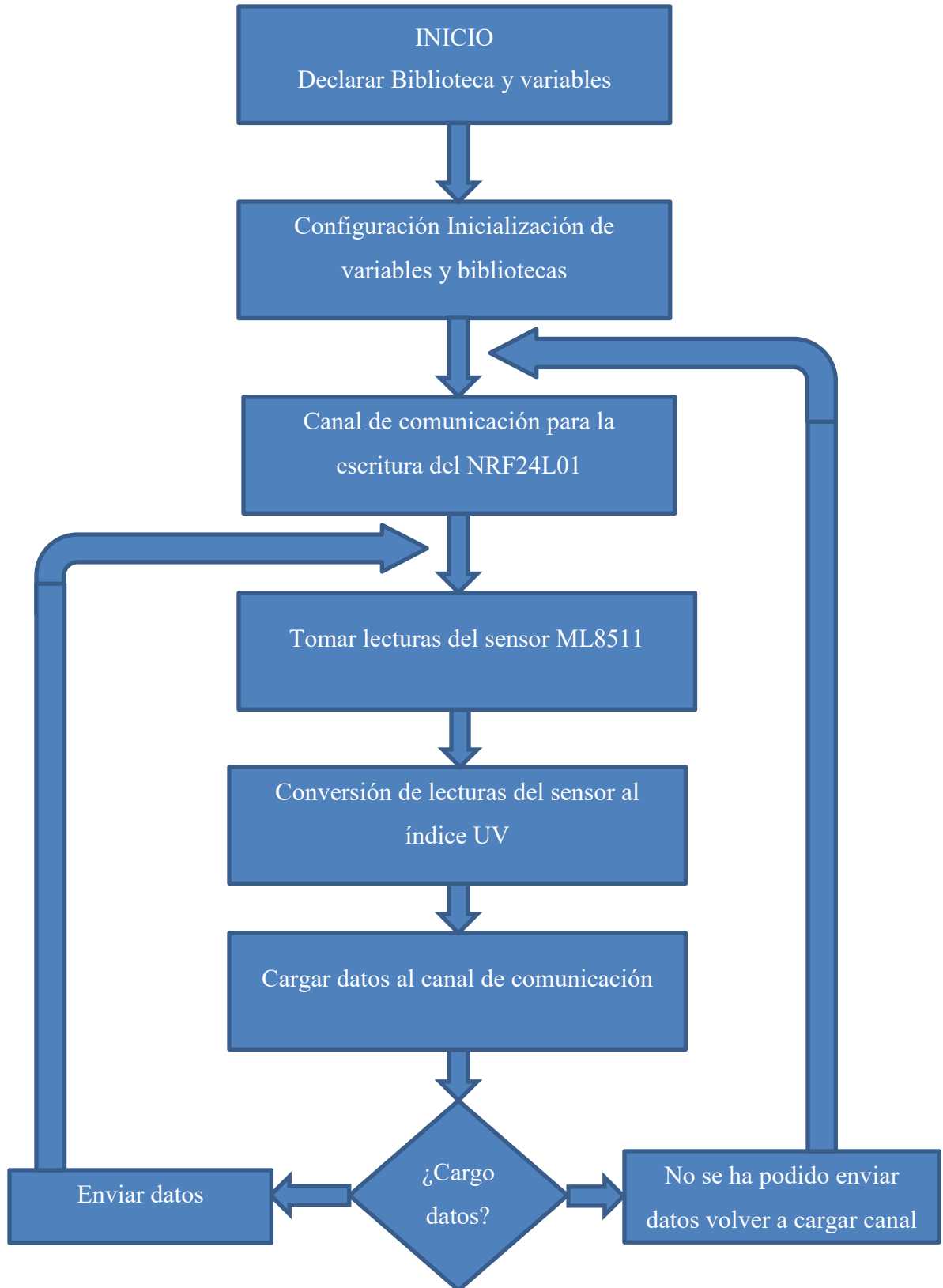
    int factoruv= datos[0];

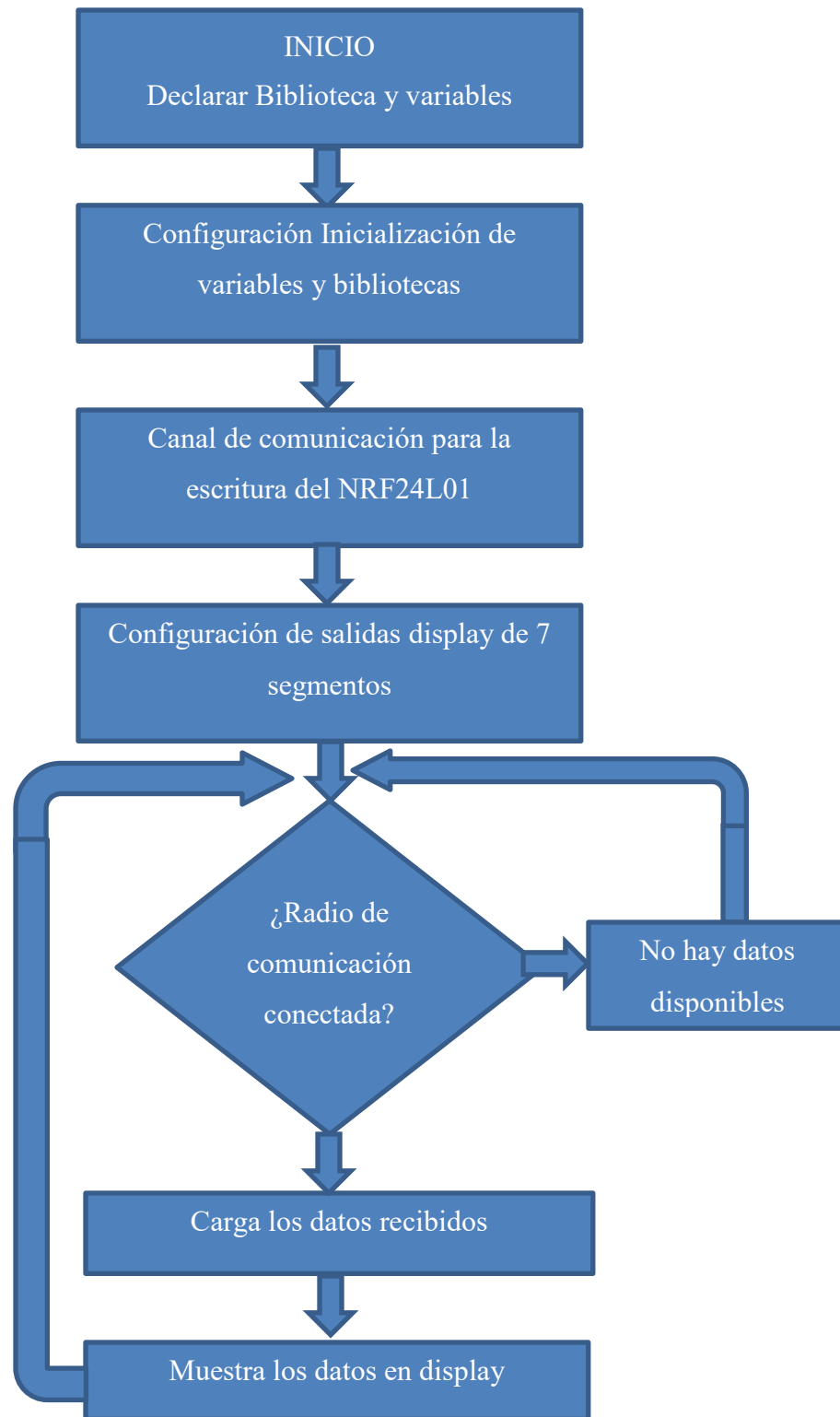
    sevenSegWrite(decimal, 2);
    sevenSegWrite(numeral, 22);
    decimal = factoruv/10;
    numeral = factoruv-(decimal*10);
  }
  else
  {
    Serial.println("No hay datos de radio disponibles");
  }
  delay(1000);
}

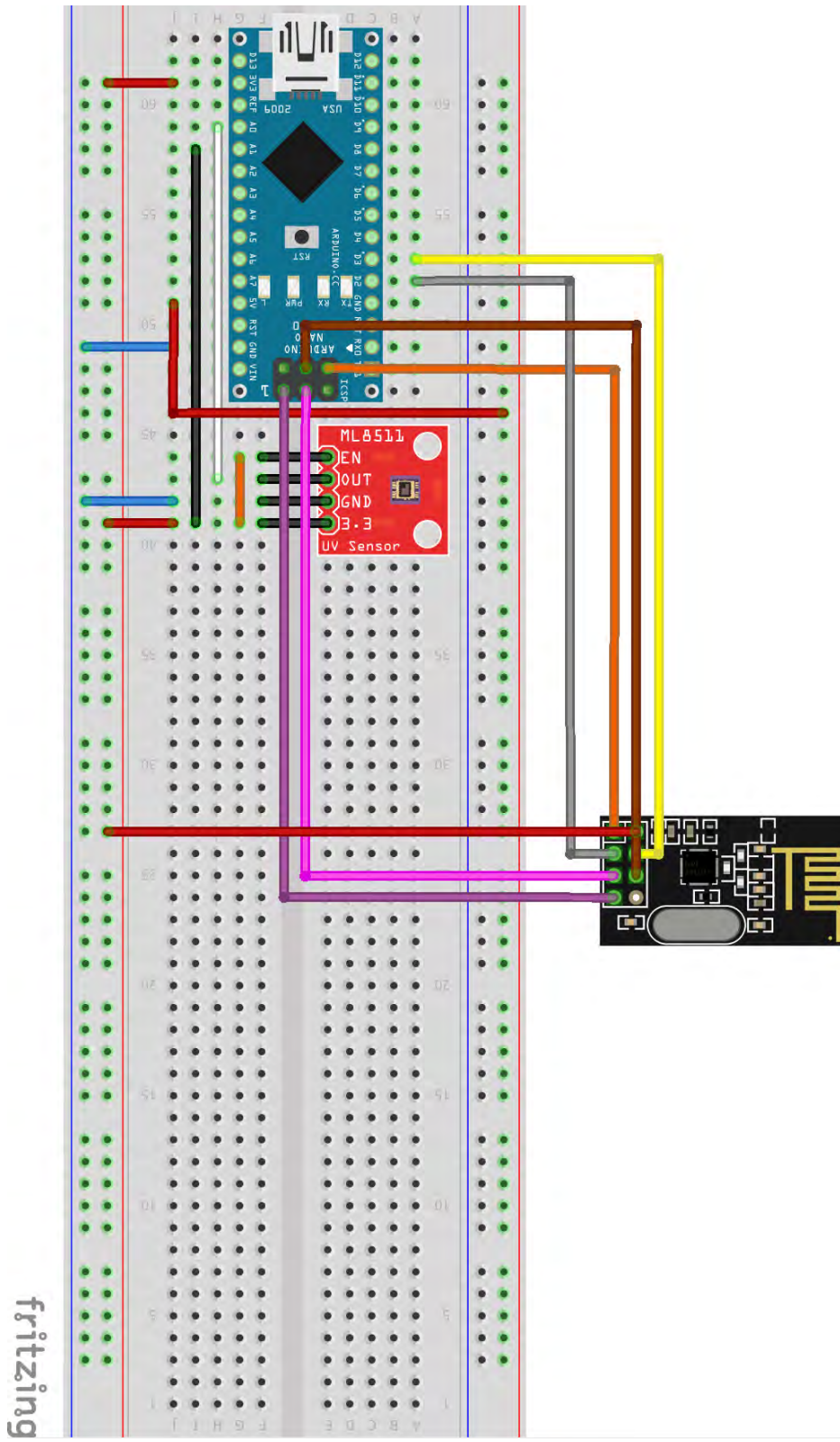
// funciones para display 7 segmentos
void writeDot(byte dot) {
  digitalWrite(9, dot);
  digitalWrite(29, dot);
}

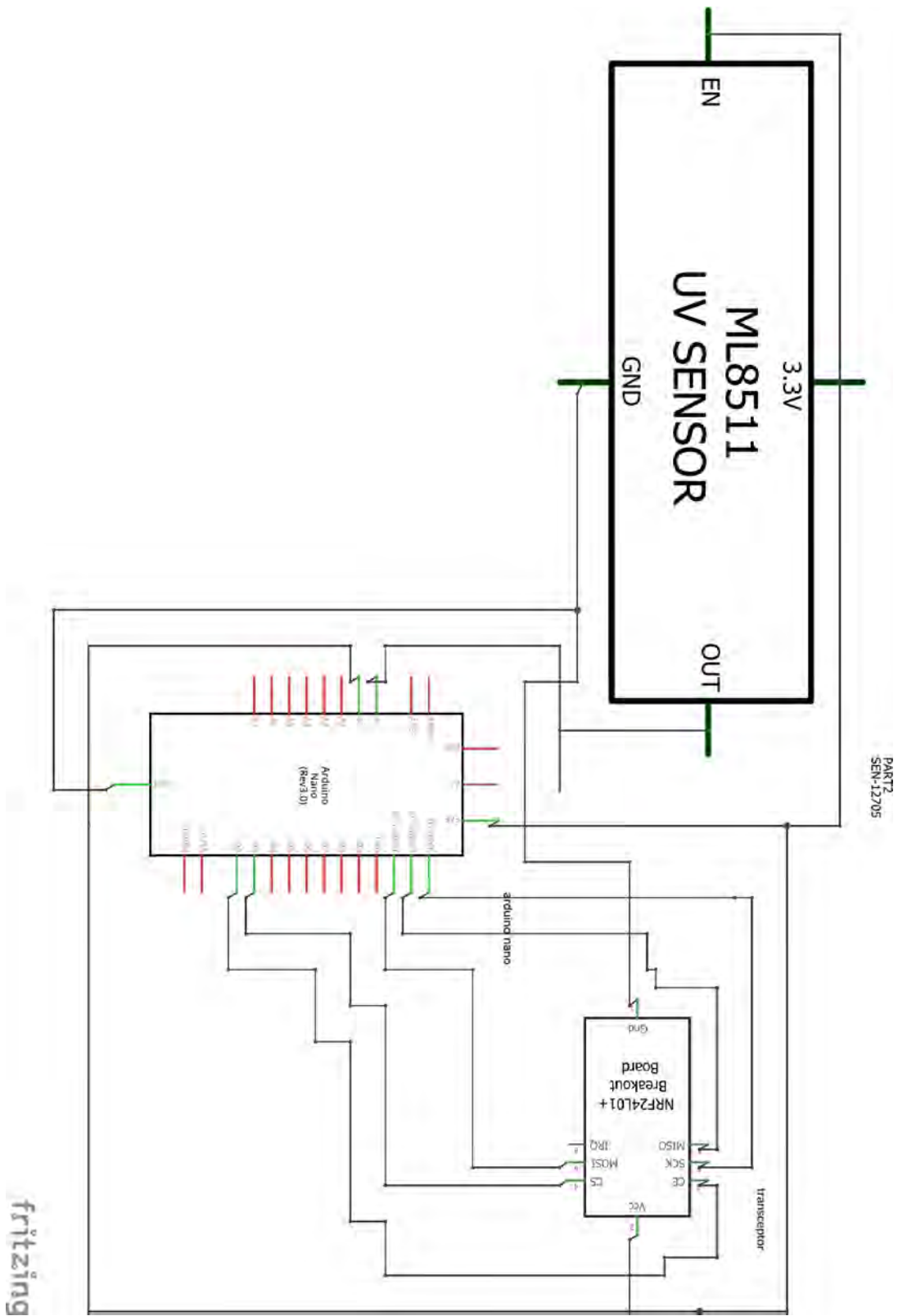
void sevenSegWrite(byte digit, byte pin) {
  for (byte segCount = 0; segCount < 7; ++segCount) {
    digitalWrite(pin, seven_seg_digits[digit][segCount]);
    ++pin;
  }
}
```

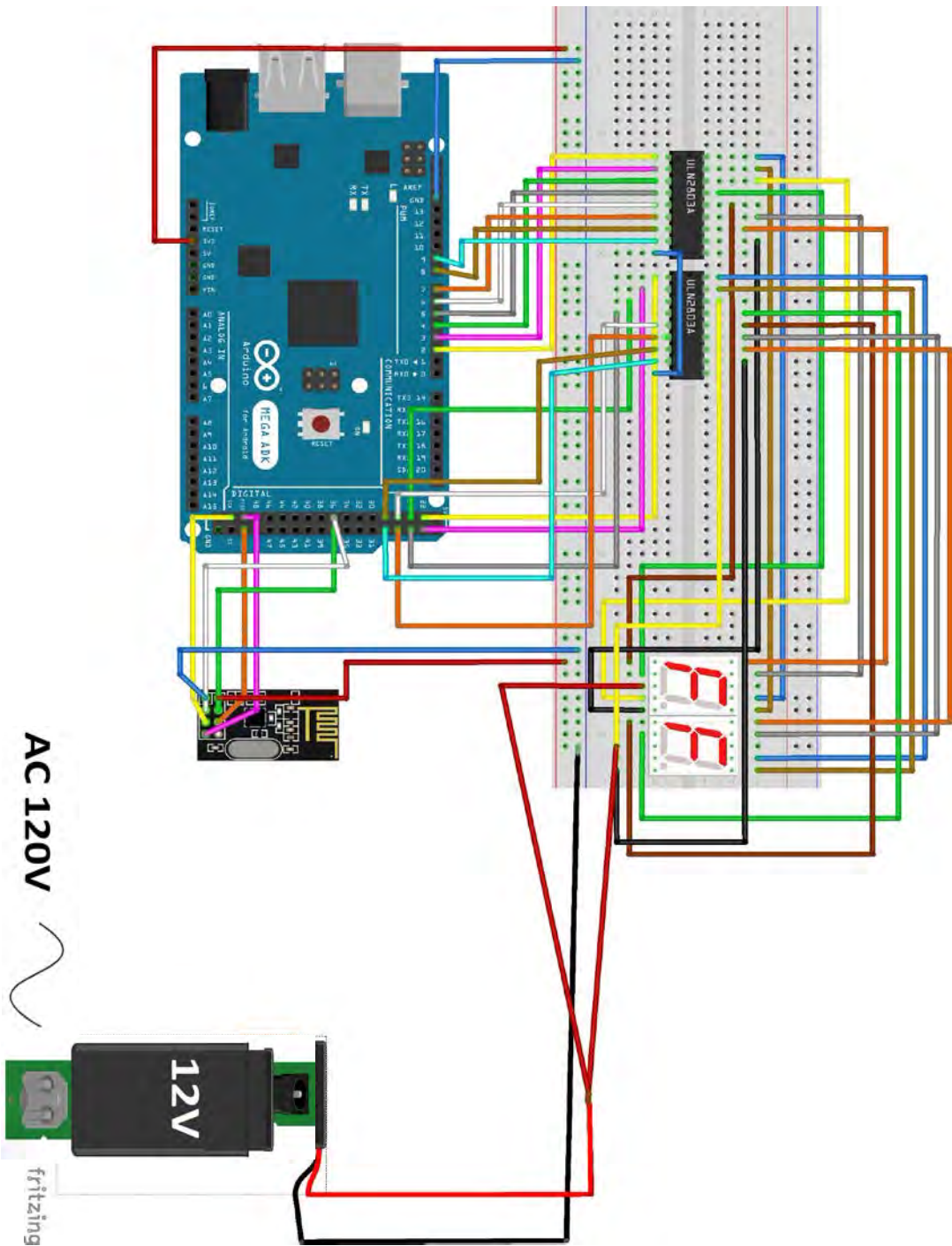
Esta es la última parte del código aquí se hace la recepción de datos donde se activa el nrf24l01 y empieza a conectar con el emisor cuando conecta empieza a mandar los datos y los imprime en el monitor serial, se hace una variable para poder convertir esa variable y poder mostrarla en el display, abajo aparecen las funciones para poder hacer que prenda el display.













Se enlistan los materiales que se ocuparon para la realización de este último prototipo.

- Sensor ML8511: Mide la radiación ultravioleta con un rango de UV-A UV-B.
- Arduino nano: Se encarga de procesar los datos y enviarlos.
- 2 NRF24L01: Comunicación inalámbrica se necesita un emisor y un receptor.
- Arduino mega: Recibe los datos y los muestra en el display.
- Display de 7 segmentos (tira de leds): muestra el índice UV.

Se utilizó Arduino MEGA ya que tiene muchas salidas y con todos los componentes que se necesitan es el mejor para llegar a hacer el radiómetro.



Capítulo 4. Pruebas y resultados

El capítulo está dedicado a las pruebas que se hicieron para sistema de medición, registro y visualización de la radiación ultravioleta propuesto. Aportando una presentación de las conclusiones y los resultados obtenidos a través de las pruebas aplicadas durante el proceso de investigación y desarrollo.

Las primeras pruebas que se realizaron fueron al sensor ML8511 y el sensor UVM30A, para estas mediciones se revisó la hoja técnica de cada sensor para saber qué valores tenía que recibir cada sensor. En sensor ML8511 entrega una señal eléctrica, y la función utilizada en el entorno de Arduino entrega los valores que entrega son en MED/HORA que es para medir la irradiancia. Para obtenerla medición del índice UV se tienen que realizar mediante programación operaciones de conversión. El sensor UVM30A entrega una señal eléctrica y la función utilizada entrega valores con el índice UV y no se necesitaba de alguna conversión en la programación. Se muestra en la siguiente tabla los valores obtenidos de cada sensor y la conversión al índice UV.

Tabla 4.1 Comparación sensor UVM30A Y ML8511

UVM30A		ML8511		CONVERSIÓN ÍNDICE UV ML8511	
INDICE UV	1	MED/HORA	0.12	0.27984	0
INDICE UV	1	MED/HORA	0.1	0.2332	0
INDICE UV	1	MED/HORA	0.1	0.2332	0
INDICE UV	1	MED/HORA	0.1	0.2332	0
INDICE UV	1	MED/HORA	0.1	0.2332	0
INDICE UV	3	MED/HORA	0.22	0.51304	1
INDICE UV	3	MED/HORA	0.26	0.60632	1
INDICE UV	3	MED/HORA	0.29	0.67628	1
INDICE UV	3	MED/HORA	0.39	0.90948	1
INDICE UV	4	MED/HORA	1.22	2.84504	3
INDICE UV	3	MED/HORA	1.05	2.4486	2
INDICE UV	4	MED/HORA	1.26	2.93832	3
INDICE UV	2	MED/HORA	1.38	3.21816	3
INDICE UV	2	MED/HORA	1.96	4.57072	5
INDICE UV	6	MED/HORA	2.42	5.64344	6
INDICE UV	6	MED/HORA	2.46	5.73672	6



INDICE UV	6	MED/HORA	3.33	7.76556	8
-----------	---	----------	------	---------	---

Para obtener la conversión de MED/HORA a índice UV se hizo la siguiente operación

$$INDICE\ UV = \left(\frac{MED}{HORA} \text{ dada por sensor} * 0.0583\ mW/cm^2 \right) / \text{irradiancia de } 25mW/cm^2$$

MED/HORA por sensor = mW/cm^2

1 MED/HORA = $0.0583\ mW/cm^2$

1 IUV corresponde a una irradiancia de $1/40\ W/m^2 = 25mW/m^2$ de radiación UVB efectiva.

Para que el índice sea correcto se tiene que redondear. Por ejemplo, de la tabla (4.1) el ultimo valor que es 3.33 al hacer la conversión nos da un valor de 7.76556 ese valor se redondea al valor más próximo eso quiere decir que al 8, por ejemplo, el valor 1.38 al convertirlo nos da un valor de 3.21 eso quiere decir que se redondea a 3 el índice UV no tiene fracciones por eso se redondea al valor que más se aproxima.

Después de tomar estos valores y tener un prototipo que almacenara y registrara la hora, se hizo un oficio para poder entrar a las instalaciones de El Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT) en donde tienen radiómetros que tienen su debido mantenimiento y así poder corroborar que los datos del sensor eran correctos.

En las instalaciones del SIMAT se hicieron las pruebas para poder decidir que sensor usar y que tan acertada eran las mediciones, las primeras medidas que se tomaron se compararon con el modelo 501 U V-BIOMETER de la marca solar light, estos modelos al hacer las pruebas estuvieron a corta distancia entre sí para que las medidas tuvieran las mismas condiciones; se muestra en la tabla (4.2) un extracto de las mediciones.



Tabla 4.2 Comparación estación monitoreo, sensor UVM30A y ML8511

HORA	ÍNDICE UV MONITOREO	ÍNDICE UV SENSOR ML8511	ÍNDICE UV SENSOR UVM30A
201603301240	11	11	8
201603301245	11	12	9
201603301250	12	10	8
201603301255	12	11	9
201603301300	9	6	10
201603301305	11	12	10
201603301310	7	12	11
201603301315	12	11	9
201603301320	12	11	8
201603301325	11	13	9
201603301330	10	11	10
201603301335	12	11	7
201603301340	11	13	10
201603301345	10	13	9
201603301350	9	14	9
201603301355	11	13	10
201603301400	11	10	10
201603301405	11	14	9
201603301410	10	15	10
201603301415	10	15	10
201603301420	12	12	12
201603301425	10	14	12

Tabla 4.3 Explicación de tabla

HORA	ÍNDICE UV MONITOREO	ÍNDICE UV SENSOR ML8511	ÍNDICE UV SENSOR UVM30A
201603301358	12	12	10

En la parte de la izquierda de la tabla se muestra la fecha de cuando fueron las mediciones esta ordenado por AÑO, MES, DIA, HORA Y MINUTO, a un lado está el índice UV del radiómetro 501 UV-BIOMETER después el índice UV del sensor ML8511 y por último el índice UV del sensor UVM30A. Para estas mediciones se tuvieron algunos errores como a la hora de sincronizar las mediciones del 501 UV-

BIOMETER con el prototipo, ya que como este radiómetro está conectado a un datalogger (sistema de registro de datos).

Este datalogger estaba configurado para tomar medidas cada minuto, la primera vez que se fue a la estación de monitoreo mi prototipo estaba diseñado para tomar medidas cada 6 segundos entonces esto hizo que no tuviera una buena sincronización a la hora de tomar los datos, también que el reloj de tiempo real que tiene el prototipo es muy difícil poder sincronizar con el datalogger esos fueron unos de los problemas que se tuvo en la estación de monitoreo.

Otro problema que se tuvo en la estación de monitoreo fue cuando me entregaron la base de datos del 501 UV-BIOMETER que faltaban medidas de las 3 am a 12 pm.

Aun así, las medidas fueron tomadas para comparar valores como nos podemos dar cuenta las mediciones del uvm30A no son parecidas, y las del ML8511 algunas medidas coinciden, pero no todas esto se debe a la sincronización de mi prototipo con el de la estación de monitoreo. Así fue que se decidió usar el sensor ML8511 además de que el radiómetro 501 UV-BIOMETER daba mediciones en MED/HORA entonces era más acertada la medición.

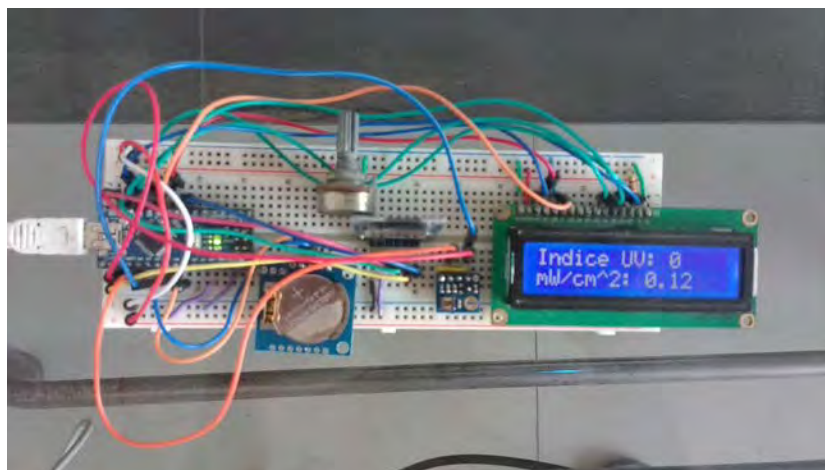


Figura (4.1) Primer prototipo.

Se tomaron más medidas en la estación de monitoreo después de escoger el sensor ML8511 que se muestran a continuación en la siguiente tabla.



Tabla 4.4 Comparación estación de monitoreo final

HORA	MED/HOR	CONVER	REDON	MED/HOR	CONVERSION	REDONDEO
201604140756	1.124	2.621168	3	1.08	2.51856	3
201604140806	1.276	2.975632	3	1.27	2.96164	3
201604140816	1.472	3.432704	3	1.48	3.45136	3
201604140826	1.656	3.861792	4	1.73	4.03436	4
201604140836	1.832	4.272224	4	1.95	4.5474	5
201604140846	2.044	4.766608	5	2.29	5.34028	5
201604140856	2.332	5.438224	5	2.55	5.9466	6
201604140906	2.312	5.391584	5	2.69	6.27308	6
201604140916	2.476	5.774032	6	2.93	6.83276	7
201604140926	2.824	6.585568	7	3.03	7.06596	7
201604140936	2.992	6.977344	7	3.43	7.99876	8
201604140946	3.18	7.41576	7	3.65	8.5118	9
201604140956	3.468	8.087376	8	3.73	8.69836	9
201604141006	3.588	8.367216	8	3.86	9.00152	9
201604141016	3.664	8.544448	9	4	9.328	9
201604141026	3.844	8.964208	9	4.31	10.0509	10
201604141036	4.244	9.897008	10	4.21	9.81772	10
201604141046	4.496	10.48467	10	4.11	9.58452	10
201604141056	4.424	10.31677	10	4.36	10.1675	10
201604141106	4.272	9.962304	10	4.23	9.86436	10
201604141116	4.52	10.54064	11	4.5	10.494	10
201604141126	4.332	10.10222	10	4.76	11.1003	11
201604141136	4.272	9.962304	10	5.05	11.7766	12
201604141146	4.948	11.53874	12	4.61	10.7505	11
201604141156	5.456	12.72339	13	5.07	11.8232	12
201604141206	5.152	12.01446	12	5.24	12.2197	12



Tabla 4.5 Explicación tabla final

HORA	MED/HOR	CONVER	REDON	MED/HOR	CONVERSION	REDONDEO
201604140756	1.124	2.621168	3	1.08	2.51856	3

El acomodo de esta tabla fue el siguiente: primera columna, la fecha de que se tomó la medida segunda columna es la MED/HORA que daba el radiómetro tercer columna es la conversión a índice UV la cuarta columna es el índice UV ya redondeado. Para hacer la comparación se ponen los datos del ML8511 a un lado, acomodados de la misma manera que la columna dos tres y cuatro.

En estas medidas se hizo un cambio al código del programa para que tomara las medidas cada minuto, también se sincronizo lo mejor posible ya que para que se tuviera una sincronización exacta se tenía que conectar los dos dispositivos al mismo sistema de almacenamiento, eso no fue posible por la incompatibilidad en los equipos.

Se compararon los valores y se puede notar que los valores son muy parecidos, para poder notar más la comparación se muestra en la figura 4.3, donde en el valor del eje X es el índice UV y en el eje Y es la hora en que se tomaron las medidas, se puede notar que son parecidos dichos valores. Ya que se tuvieron estas medidas y se pudo confirmar que el sensor ML8511 puede dar medidas con un error mínimo a la hora de dar el índice UV.

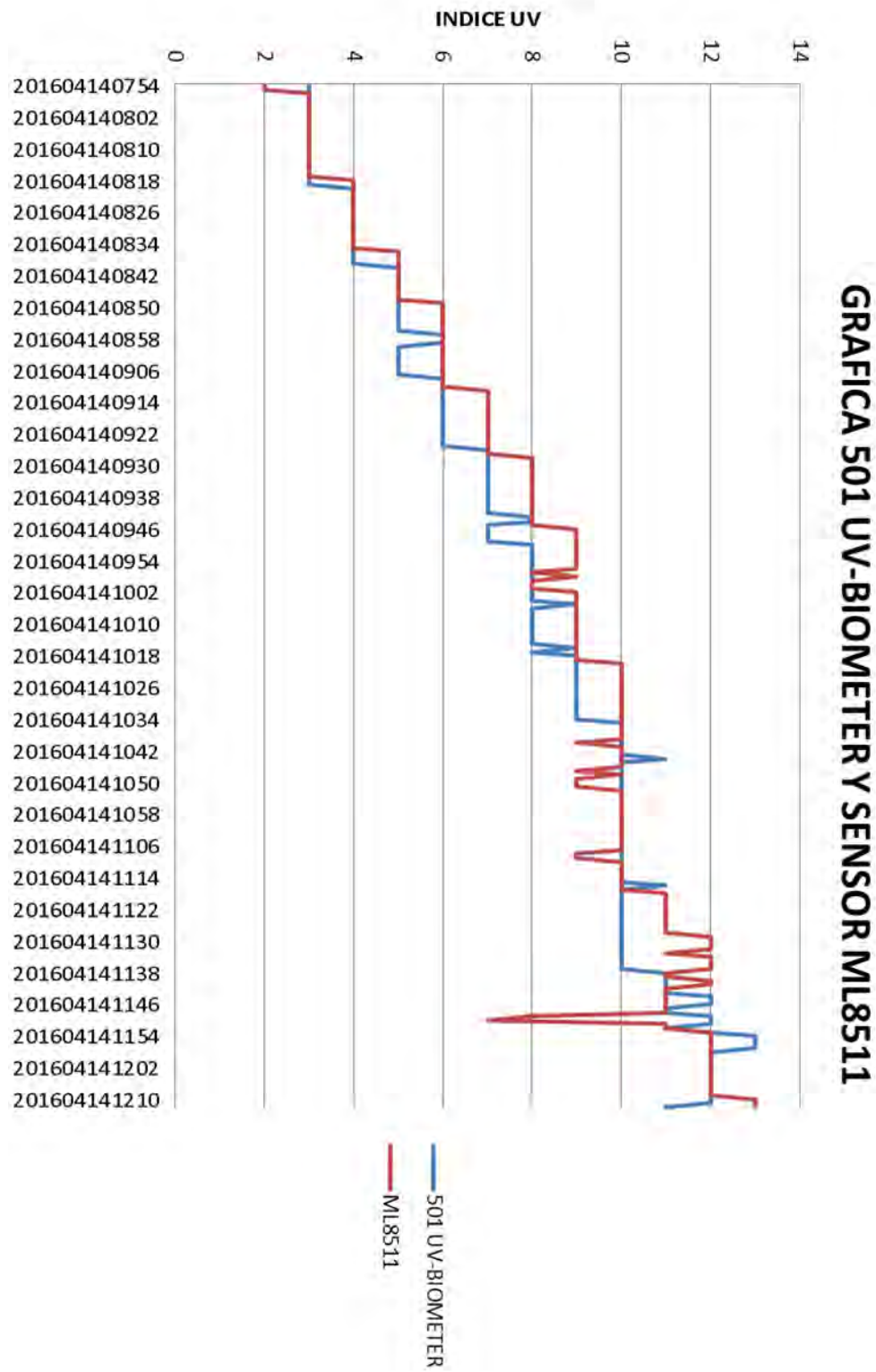


Figura 4.2 Gráfica comparativa de mediciones.



Después de hacer las comparaciones con el radiómetro y ver que es confiable el sensor ML8511 se hicieron pruebas con otros sensores ml8511 y Arduinos, tomando de referencia el que se usó de prueba en la estación de monitoreo.

En estas tablas y graficas los valores están dados en MED/HORA porque como el índice UV se redondea no hay un valor exacto de cuanto es el error entonces por eso se usa esa medida. La tabla que se muestra a continuación es la comparación de tres sensores ml8511 tomando de referencia el que se usó para la estación de monitoreo, se usaron tres Arduinos nano, sin que estuvieran expuestos al sol, en la tabla se ponen los valores obtenidos, y la diferencia de cada sensor con el de referencia.

Tabla 4.6 Explicación comparación sensores ml8511

Medida	ML8511 Ref Nano	Nano Sensor 1	Nano sensor 2	Diferencia sensor 1	Diferencia sensor 2
MED/HORA	-0.08	0.02	-0.07	0.1	0.01

Esta tabla está distribuida de la siguiente manera:

- Medida: UV Intensity (MED/HORA) es la medida que se usó para ver la diferencia de error entre los sensores.
- ML8511 Ref Nano: Es el valor obtenido por el sensor de referencia tomado con un Arduino nano.
- Nano sensor 1: Es el valor obtenido por un sensor 1 ML8511.
- Nano sensor 2: Es el valor obtenido por un sensor 2 ML8511.
- Diferencia sensor 1: Es el valor de diferencia entre el sensor de referencia y el sensor 1 ML8511.
- Diferencia sensor 2: Es el valor de diferencia entre el sensor de referencia y el sensor 2 ML8511.



Tabla 4.7 Comparación de diferentes sensores ml8511

Medida	ML8511 Ref Nano	Nano Sensor 1	Nano sensor 2	Diferencia sensor 1	Diferencia sensor 2
MED/HORA	-0.08	0.02	-0.07	0.1	0.01
MED/HORA	-0.11	0.04	-0.06	0.15	0.05
MED/HORA	-0.07	0.02	-0.06	0.09	0.01
MED/HORA	-0.11	0.02	-0.06	0.13	0.05
MED/HORA	-0.11	-0.02	-0.06	0.09	0.05
MED/HORA	-0.1	0.02	-0.07	0.12	0.03
MED/HORA	-0.06	0.02	-0.06	0.08	0
MED/HORA	-0.1	-0.02	-0.06	0.08	0.04
MED/HORA	-0.1	0.04	-0.1	0.14	0
MED/HORA	-0.07	0	-0.06	0.07	0.01
MED/HORA	-0.1	0.02	-0.1	0.12	0
MED/HORA	-0.1	-0.02	-0.05	0.08	0.05
MED/HORA	-0.1	0	-0.06	0.1	0.04
MED/HORA	-0.1	0.04	-0.06	0.14	0.04
MED/HORA	-0.1	0.02	-0.06	0.12	0.04
MED/HORA	-0.1	-0.02	-0.06	0.08	0.04
MED/HORA	-0.1	0	-0.06	0.1	0.04
MED/HORA	-0.1	0.04	-0.06	0.14	0.04
MED/HORA	-0.09	0.04	-0.06	0.13	0.03
MED/HORA	-0.1	-0.02	-0.06	0.08	0.04
MED/HORA	-0.1	0	-0.09	0.1	0.01
MED/HORA	-0.1	-0.02	-0.09	0.08	0.01
MED/HORA	-0.09	0	-0.06	0.09	0.03
MED/HORA	-0.09	-0.02	-0.09	0.07	0
MED/HORA	-0.09	-0.02	-0.1	0.07	-0.01
MED/HORA	-0.1	0	-0.05	0.1	0.05
MED/HORA	-0.1	-0.02	-0.06	0.08	0.04
MED/HORA	-0.1	0.02	-0.09	0.12	0.01
MED/HORA	-0.09	0	-0.1	0.09	-0.01
MED/HORA	-0.06	0	-0.1	0.06	-0.04
MED/HORA	-0.1	-0.02	-0.06	0.08	0.04
MED/HORA	-0.1	-0.02	-0.06	0.08	0.04
MED/HORA	-0.09	0.04	-0.06	0.13	0.03

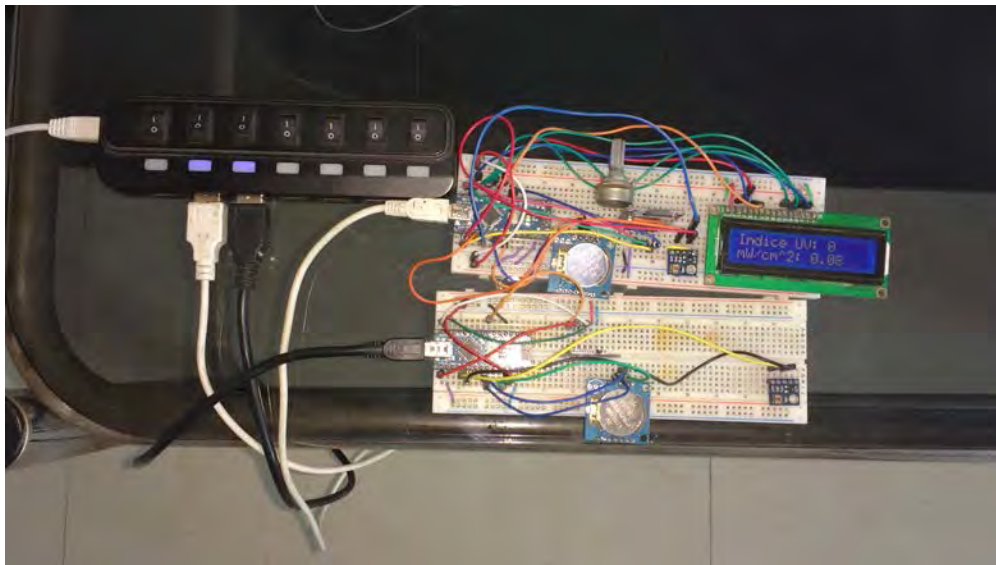


Figura 4.3 comparando los dos sensores

La figura 4.3 muestra los prototipos usados para tomar los valores y poder compararlos.

En la tabla 4.7 se muestran los valores dados por dos sensores ML8511, cada sensor conectado a un Arduino nano, al ver los valores obtenidos se puede notar que es un pequeño porcentaje de error, cuando se compara con el sensor de referencia.

Estas medidas fueron tomadas sin exponer al sol los sensores, para ver qué tanta variación hay en los sensores tomados de diferentes Arduinos. Se pudo ver que es muy poca la diferencia, por esta razón se decidió seguir haciendo pruebas con los sensores, solo que ahora expuestos a la radiación ultravioleta. En la tabla 4.8 se hizo la comparación con el sensor de referencia y el sensor 1 los valores obtenidos que se muestran en la tabla son el índice UV.



Tabla 4.8 Comparación sensores con sol

Hora	SENSOR REF	SENSOR 1
09:00:00 a.m.	4	5
09:10:00 a.m.	4	5
09:20:00 a.m.	5	6
09:30:00 a.m.	6	7
09:40:00 a.m.	5	6
09:50:00 a.m.	7	8
10:00:00 a.m.	6	7
10:10:00 a.m.	3	4
10:20:00 a.m.	10	11
10:30:00 a.m.	9	10
10:40:00 a.m.	11	12
10:50:00 a.m.	12	13
11:00:00 a.m.	12	13
11:10:00 a.m.	9	10
11:20:00 a.m.	9	10
11:30:00 a.m.	12	13
11:40:00 a.m.	12	13
11:50:00 a.m.	13	14
12:00:00 p.m.	13	14
12:10:00 p.m.	11	12
12:20:00 p.m.	9	10
12:30:00 p.m.	11	12
12:40:00 p.m.	11	12
12:50:00 p.m.	13	14
01:00:00 p.m.	13	14

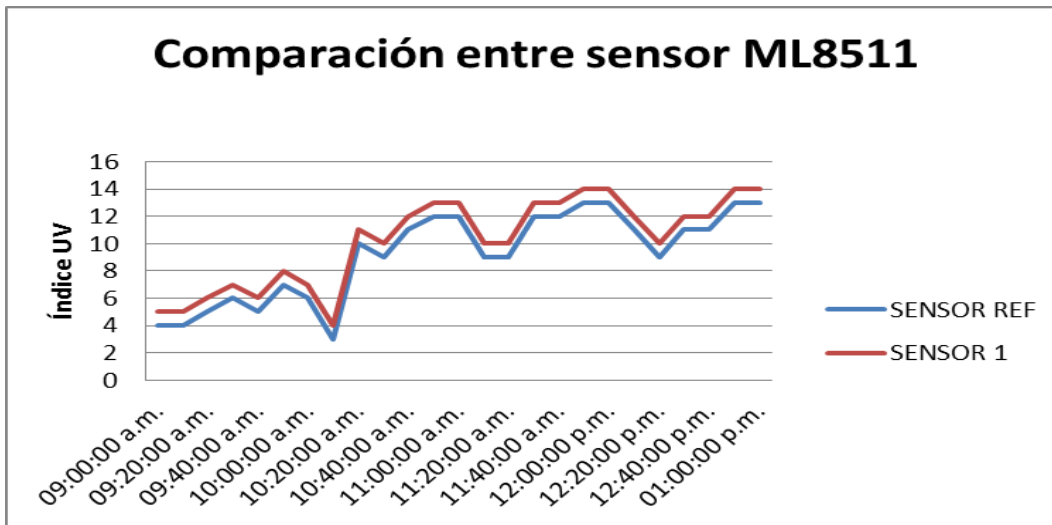


Figura 4.4 Comparación de primer sensor

Tabla 4.9 Segundo sensor comparación

Hora	Índice UV REF	Índice UV Sensor 2
01:30:00 p.m.	13	13
01:40:00 p.m.	13	13
01:50:00 p.m.	12	13
02:00:00 p.m.	9	10
02:10:00 p.m.	7	7
02:20:00 p.m.	3	3
02:30:00 p.m.	10	12
02:40:00 p.m.	10	11
02:50:00 p.m.	4	5
03:00:00 p.m.	5	5
03:10:00 p.m.	3	4
03:20:00 p.m.	2	3
03:30:00 p.m.	3	4
03:40:00 p.m.	4	4
03:50:00 p.m.	7	7
04:00:00 p.m.	8	8
04:10:00 p.m.	5	5
04:20:00 p.m.	4	4
04:30:00 p.m.	5	6
04:40:00 p.m.	6	6
04:50:00 p.m.	3	3
05:00:00 p.m.	2	3
05:10:00 p.m.	5	5
05:20:00 p.m.	6	5
05:30:00 p.m.	5	6

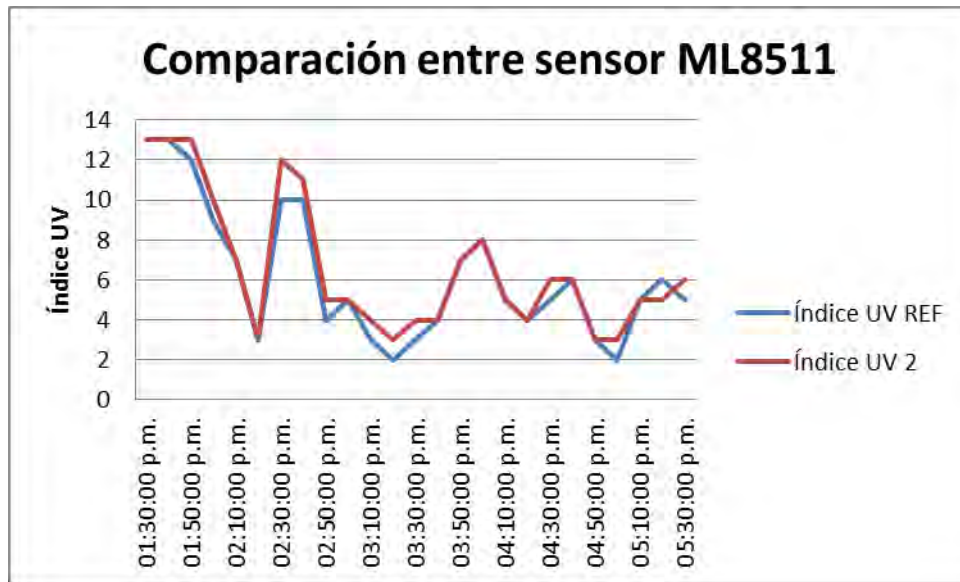


Figura 4.5 Comparación de Segundo sensor

Los valores obtenidos por la tabla 4.8 se graficaron para ver la comparación del sensor se referencia y el sensor 1 en la figura 9 am podemos darnos cuenta que la señal sigue la misma trayectoria, pero está desfasada por una unidad de índice UV.

Para la tabla 4.9 se graficó de igual manera para ver la comparación de sensor de referencia y el sensor 2 en la figura 4.5 se puede ver que los valores no se desfasan mucho y tienen puntos en común.

En la tabla (sin sol) se puede observar que los valores son parecidos a los obtenidos en las tablas con radiación UV.

Para concluir esta prueba y ver si es necesario alguna modificación al código se hicieron pruebas con un mismo Arduino y el sensor que se desfasaba por una unidad.



Tabla 4.10 Comparación con un Arduino

HORA	ML8511REF	ML8511 NO2
03:30:05 p.m.	13	13
03:31:05 p.m.	13	13
03:32:05 p.m.	13	13
03:33:05 p.m.	13	13
03:34:05 p.m.	13	13
03:35:05 p.m.	13	13
03:36:05 p.m.	14	13
03:37:05 p.m.	14	13
03:38:05 p.m.	14	13
03:39:05 p.m.	14	13
03:40:05 p.m.	14	13
03:41:05 p.m.	13	13
03:42:05 p.m.	14	13
03:43:05 p.m.	13	13
03:44:05 p.m.	14	13
03:45:05 p.m.	13	12
03:46:05 p.m.	13	12
03:47:05 p.m.	11	10
03:48:05 p.m.	11	10
03:49:05 p.m.	8	8
03:50:05 p.m.	7	7
03:51:05 p.m.	8	7
03:52:05 p.m.	11	11
03:53:05 p.m.	13	12
03:54:05 p.m.	13	12
03:55:05 p.m.	12	12
03:56:05 p.m.	10	9
03:57:05 p.m.	7	7
03:58:05 p.m.	7	7
03:59:05 p.m.	7	6
04:00:05 p.m.	6	6
04:01:05 p.m.	6	6
04:02:05 p.m.	7	7
04:03:05 p.m.	7	6
04:04:05 p.m.	6	6
04:05:05 p.m.	6	6
04:06:05 p.m.	7	6
04:07:05 p.m.	7	7

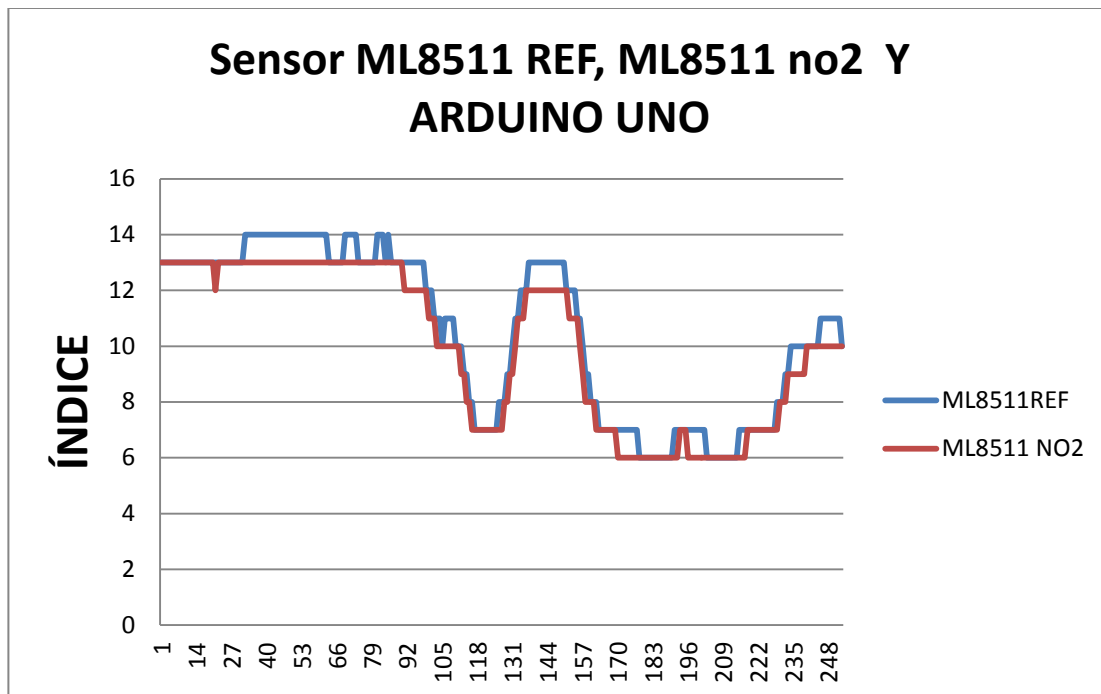


Figura 4.6 Comparación con el mismo Arduino

En la tabla 4.10 y la gráfica de la figura 4.6 nos podemos dar cuenta que los valores coinciden y en algunos puntos se eleva es mínimo el error podemos concluir que siempre va haber una variación mínima.

Después de haber comparado que cualquier sensor ml8511 funciona y da valores correctos se continuo con la última prueba hacer mediciones con un sensor ml8511 de referencia y otro sensor ml8511 para ver que material es el adecuado para proteger los sensores y así ver que sensor deja pasar mejor los rayos UV.

Se hizo prueba con acrílico de 5 milímetros de grosor, el más delgado que se encontró ya que para tener un acrílico con un grosor más pequeño es difícil de conseguir y se tendría que hacer un pedido.

Se probó el acrílico por arriba del sensor, sin tener que hacer un registro de muchas medidas se puede notar en la tabla 4.11 que la diferencia es de más de 3 por esta razón no se ocupa el acrílico como protector del sensor.



Tabla 4.11 Comparación material acrílico

Hora	Acrílico	Sin acrílico
02:30:00 p. m.	7	10
02:40:00 p. m.	8	11
02:50:00 p. m.	8	11
03:00:00 p. m.	6	10
03:10:00 p. m.	8	11
03:20:00 p. m.	8	11
03:30:00 p. m.	7	10

Después se hizo prueba con el vidrio con un grosor de 1 milímetro de este vidrio fue un cubreobjetos que usan los microscopios que se muestra en la figura 4.8 en la tabla 4.12 se hace la comparación.

Tabla 4.12 Comparación material vidrio

HORA	NO VIDRIO	VIDRIO REF
02:31:05 p.m.	8	6
02:33:05 p.m.	6	5
02:35:05 p.m.	9	7
02:37:05 p.m.	7	5
02:39:05 p.m.	6	5
02:41:05 p.m.	5	4
02:43:05 p.m.	5	4
02:45:05 p.m.	5	4
02:47:05 p.m.	5	4
02:49:05 p.m.	5	4
02:51:05 p.m.	8	7
02:53:05 p.m.	7	6
02:55:05 p.m.	10	9
02:57:05 p.m.	6	5
02:59:05 p.m.	6	4
03:01:05 p.m.	6	5
03:03:05 p.m.	8	7
03:05:05 p.m.	5	4
03:07:05 p.m.	5	4
03:09:05 p.m.	5	4
03:11:05 p.m.	5	4
03:13:05 p.m.	5	4
03:15:05 p.m.	5	4
03:17:05 p.m.	4	3

03:19:05 p.m.	4	3
03:21:05 p.m.	4	3

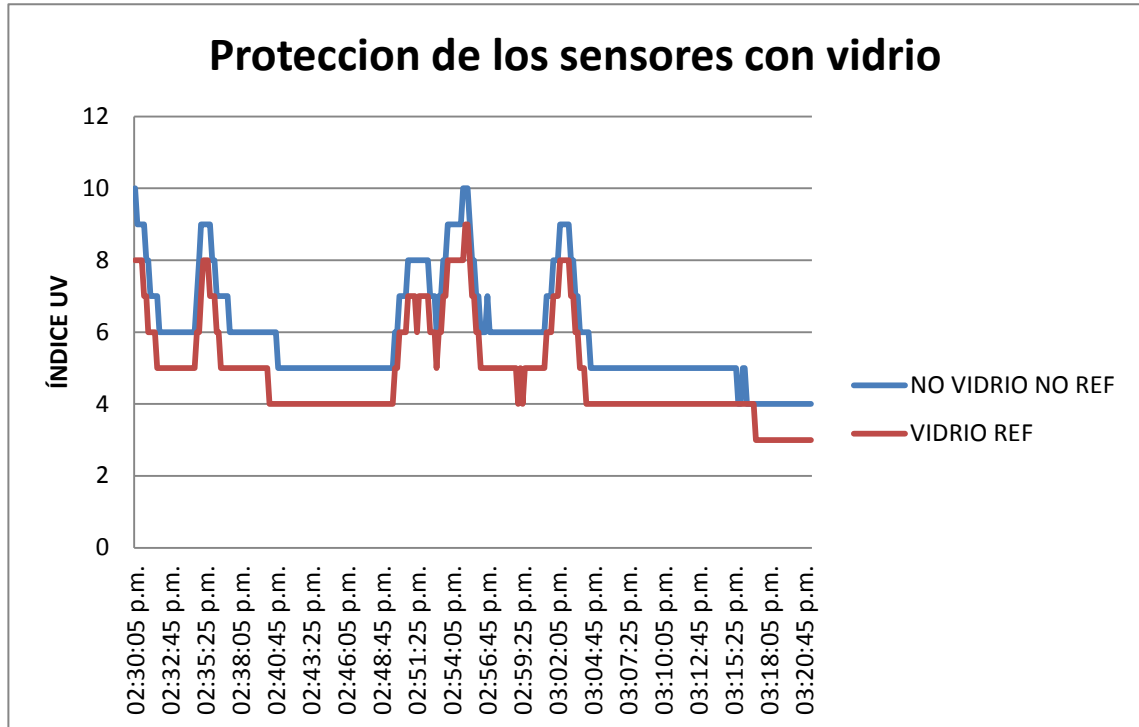


Figura 4.7 comparación de sensor con vidrio de protección

Con la tabla y grafica nos podemos dar cuenta que el sensor que tiene el vidrio tiene una medida menor y que es continua. Con esto se concluye que el vidrio hace que la medida de un va lor menor de una unidad de índice UV se propone restarle al resultado final uno para que dé un valor correcto y no de una medida incorrecta.

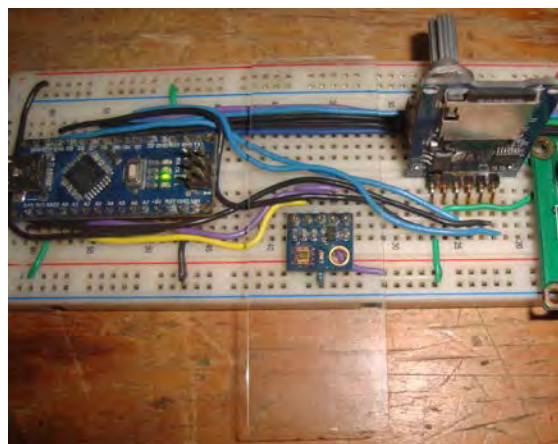


Figura 4.8 Muestra del vidrio de 1 milimetro

Primer prototipo de registro y hora de radiación UV mostrando índice UV por una pantalla LCD.

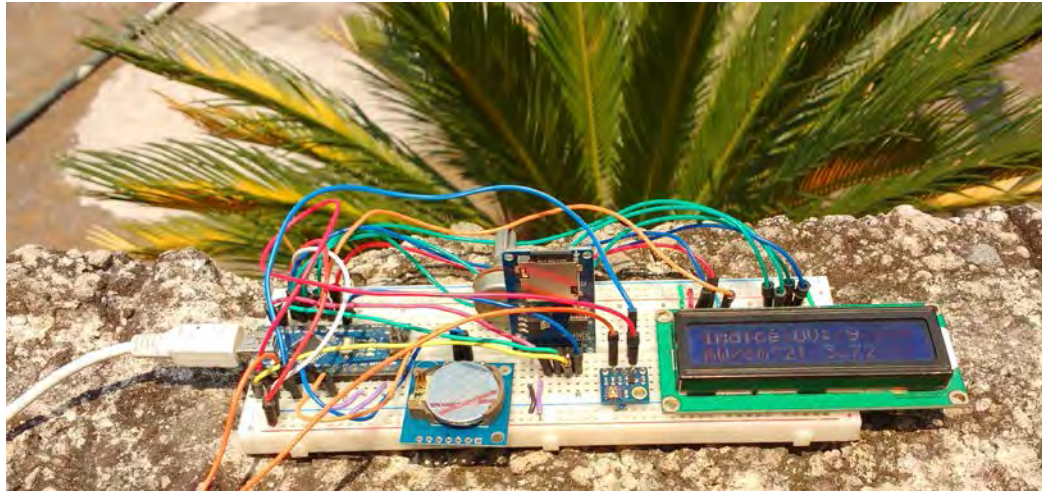


Figura 4.9 Primer prototipo

Segundo prototipo con display de 7 segmentos pequeño y usando el vidrio delgado sin usar la comunicación inalámbrica.

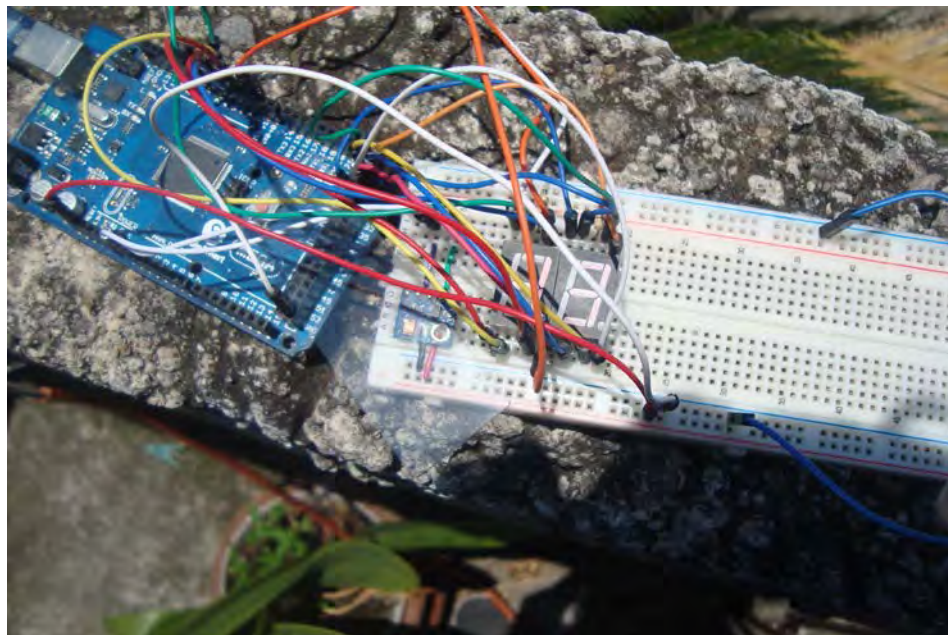


Figura 4.10 Prototipo No 2 sin usar la comunicación inalámbrica

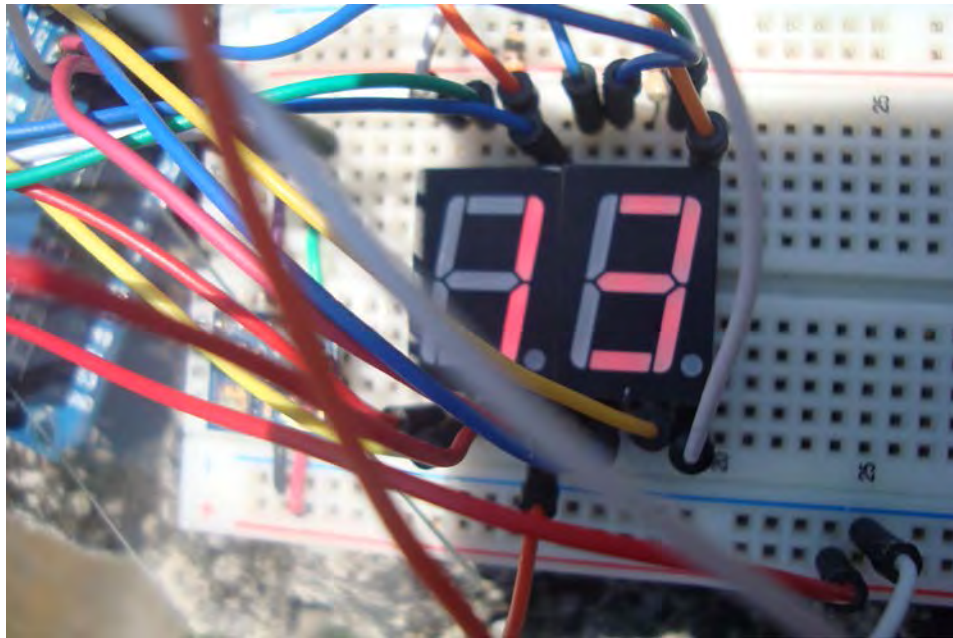


Figura 4.11 Display de 7 segmentos



Conclusiones

Se desarrollaron dos sistemas, uno de ellos es el que proporciona el índice UV con ayuda de un sensor que mide la radiación ultravioleta con un Arduino, y para que sea visible la medición, se diseñó un display de 7 segmentos. El otro sistema almacena y registra los valores del sensor ultravioleta, de igual manera, el control lo realiza una tarjeta Arduino.

En este trabajo se investigó acerca de la radiación ultravioleta, como se mide, que aparatos se utilizan para ello, y qué efectos tiene en el ser humano si se expone demasiado tiempo. También se investigó que sistemas se podrían utilizar para hacer esta propuesta, y que sensores existen, todo esto se recopiló en el capítulo 2 marco teórico.

Se investigaron las enfermedades provocadas por la radiación solar y se observó que existe un problema importante y creciente de casos de cáncer de piel, por lo que la implementación del sistema propuesto sería de ayuda en términos de prevención.

Se estudiaron diversos sensores de radiación UV, y se comprobó por medio de mediciones y análisis estadístico, que el ML8511 es apropiado para el sistema propuesto, ya que se demostró su alto grado de precisión y exactitud cuando se le comparó con un sistema profesional.

Se estudiaron diversas maneras de realizar comunicación inalámbrica, debido a la conveniencia de su instalación; se propuso utilizar el transceptor NRF24L01, debido a su eficacia y bajo costo.

Se propuso el diseño de un visualizador mediante el uso de tira de LED, y transistores de potencia, se comprobó su buena visibilidad a 25 metros, y también su correcto funcionamiento.

Para el aislamiento, en la zona del sensor, se probaron diversos materiales, de lo cual se concluye que un vidrio de bajo espesor afecta en mínima proporción las lecturas.



Para la implementación de esta propuesta se necesitó guardar datos, así como tener un sistema que registrara la hora, su puso en funcionamiento un reloj de tiempo real modelo DS1307, cuál probó proporcionar la información necesaria.

También se utilizó de manera adecuada un shield MicroSD, el cuál registró correctamente toda la información requerida. La cuál se utilizó para realizar el estudio comparativo.

Como conclusión final, se puede decir que es posible implementar un sistema de medición, visualización y registro de la radiación ultravioleta con un reducido costo y un muy buen desempeño.



Trabajo Futuro

Como trabajo futuro, se propone lo siguiente:

Implementar todo el sistema en un espacio público.

Diseñar carcasas que doten de un aspecto estético a los dos módulos que forman parte de la propuesta.

Proponer un algoritmo que contrarreste los efectos provocados en las mediciones por el vidrio, continuar en la búsqueda de materiales aislantes, y que no afecten las mediciones.

Incorporar mayor número de sensores para tener redundancias que permitan seguir trabajando al sistema, aunque alguno(s) falle(n), y que incluso pudiesen mejorar los resultados.

Crear un sistema tipo pulsera, que envíe las lecturas de radiación a un teléfono inteligente.

Incorporar un sistema en la nube que registre todas las lecturas y que cuente con una interfaz amigable para que cualquiera pueda realizar consultas actuales, y también históricas.



Referencias bibliográficas

- SENSOVANT. (2014). <http://sensovant.com/>. Recuperado el 10 de 08 de 2016, de <http://sensovant.com/productos/meteorologia/radiacion-solar/radiacion-ultravioleta-UV-UVB/articulo/medidor-radiacion-ultravioleta-SU100.html>
- (AEMET), L. A. (09 de 2016). <http://www.aemet.es>. Obtenido de http://www.aemet.es/documentos/es/el tiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf
- ACRILUX S.A. (2016). <https://acrilux.com.ec/web/>. Obtenido de <http://acrilux.com.ec/files/PROPIEDADES.pdf>
- American Cancer Society. (12 de 08 de 2015). <http://www.cancer.org/>. Recuperado el 08 de 06 de 2016, de <http://www.cancer.org/acs/groups/cid/documents/webcontent/acspc-039643-pdf.pdf>
- Arduino. (2016). *Arduino*. Recuperado el 25 de 07 de 2016, de <https://www.Arduino.cc/>
- ARENAS, C. E. (08 de 2010). <http://histologiaunam.mx>. Obtenido de http://histologiaunam.mx/descargas/ensenanza/portal_recursos_linea/apuntes/1_optica.pdf
- BeagleBoard. (2016). *BeagleBoard.org*. Recuperado el 25 de 07 de 2016, de <http://beagleboard.org/>
- Diffey, B. L. (2002). Sources and measurement of ultraviolet radiation. *Methods* , 28(1), 4-13.
- DULHOSTE, J.-F. (s.f.). *Introducción al control de procesos para ingenieros*. Recuperado el 28 de 11 de 2016, de http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/Teria_Control.pdf



- Emac. (2017). <http://www.emac.es/>. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de https://www.construnario.com/bc3/3647/FT_METACRILATO.pdf
- Environmental Health Perspectives. (08 de 2012). <http://www.scielosp.org>. Recuperado el 13 de 07 de 2016, de <http://www.scielosp.org/pdf/spm/v55n1/v55n1a14.pdf>
- Gutierrez, R. M. (2003). Cáncer de piel. *Rev Fac Med UNAM*, 166-171.
- <http://tesis.uson.mx>. (2017). Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7542/Capitulo3.pdf>
- <http://www.dfrobot.com/image/data/TOY0044/guva-s12sd.pdf>. (s.f.). Recuperado el 10 de 07 de 2016, de <http://www.dfrobot.com/image/data/TOY0044/guva-s12sd.pdf>
- Kipp & Zonen. (2016). <http://www.kippzonen.es/>. Recuperado el 10 de 08 de 2016, de <http://www.kippzonen.es/Product/211/CMP21-Piranometro#.V7eLaPnhCU1>
- La Agencia Estatal de Meteorología. (s.f.). <http://www.aemet.es/es/portada>. Recuperado el 06 de Junio de 2016, de http://www.aemet.es/documentos/es/el tiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf
- LAPIS Semiconductor . (2016). <http://www.lapis-semi.com>. Recuperado el 10 de 08 de 2016, de <http://www.lapis-semi.com/en/semicon/sensor/ml8511.html>
- Mayne, J. (2005). http://www.jcee.upc.edu/JCEE2004/pdf/EstadoActual_WirelessRF_SILICA.pdf. Recuperado el 19 de 10 de 2016, de http://www.jcee.upc.edu/JCEE2004/pdf/EstadoActual_WirelessRF_SILICA.pdf
- Morales, J. M. (s.f.). Recuperado el 20 de 10 de 2016, de UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO: http://profesores.fib.unam.mx/jesmafco/apuntes/aa/fuentes_CD.pdf



- Open Course Ware. (2008). <http://ocw.usal.es/>. Obtenido de <http://ocw.usal.es/enseanzas-tecnicas/materiales-ii/contenidos/METALES%202.pdf>
- Organización Mundial de la Salud, O. M. (2003). <http://www.who.int/>. Recuperado el 06 de Junio de 2016, de <http://www.who.int/uv/publications/en/uvispa.pdf>
- Oviedo, U. d. (17 de 04 de 2017). <http://www6.uniovi.es/links/>. Obtenido de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema5.VIDRIO.pdf>
- OZONO, I. A. ((s.f.)). Recuperado el 26 de 11 d e 2016, de kimerius.com/app/download/.../Introducción+a+la+radiación+ultravioleta+y+ozono.pdf
- Pearson, C. (s.f.). *Manual del Vidrio Plano*. Argentina: TOD Producciones S.A. Obtenido de TOD Producciones S.A.
- Perez, M. A., Berenguer, E. P., & Perez Hidalgo, A. (s.f.). “INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIABLES EN EL TIEMPO.
- project, T. T. (s.f.). <https://sites.google.com/site/myterrarium23/domotique/uvm-30a-uva-uvb-sensor>. Recuperado el 10 de 07 de 2016, de <https://sites.google.com/site/myterrarium23/domotique/uvm-30a-uva-uvb-sensor>
- Rebollo Pedruelo, M. (2005). Recuperado el 20 de 10 de 2016, d e https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13706/Dispositivos_de_almacenamiento.pdf?sequence=1
- SIMAT. (s.f.). www.aire.cdmx.gob.mx. Recuperado el 06 de 06 de 2016, de <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnmI=&dc=%27aA=>
=
- Solar light. (2015). <http://solarlight.com/>. Recuperado el 10 de 08 d e 2016, de <http://solarlight.com/wp-content/uploads/2013/02/501mansp.pdf>



- solar, E. p. (s.f.). <http://www.ptolomeo.unam.mx>. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/277/A5.pdf?sequence=5>
- Tatiana, R. R. (2015). <http://www.seremidesaludbiobio.cl/sd/web/>. Recuperado el 13 de 07 de 2016, de http://www.seremidesaludbiobio.cl/page/apps/webseremi8/db/secciones/destacados/cancer/5_semana/Rd_UV_efectos_en_el_ser_humano.pdf
- tecnología, D. d. (2015). <https://aprendemostecnologia.org/>. Obtenido de <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/09/plasticos-tejina.pdf>
- The Raspberry Pi Foundation. (2016). *RASPBERRY PI*. Recuperado el 25 de 07 de 2016, de <https://www.raspberrypi.org>
- TPM EQUIPOS . (2015). <http://tpmequipos.com/>. Recuperado el 10 de 08 de 2016, de http://tpmequipos.com/63470_112-Radiometro-Intensidad-uv.html
- Universidad Católica Argentina. (2008). *ESTUDIO Y ENSAYO DE MATERIALES "VIDRIO"*. Obtenido de <https://estudioyensayo.files.wordpress.com/2008/11/vidrios.pdf>
- Whiteman, W. G., & David C, C. A. (2001). *Childhood sun exposure as a risk factor for melanoma a systematic review of epidemiologic studies*. Netherlands: Cancer Causes & Control.



ANEXOS

A) Código Arduino del primer prototipo

```
//Para la pantalla LCD

#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(5, 6, 7, 8, 9, 10);

// Sensor ML8511

int UVOUT = A0;

int REF_3V3 = A1;

// Tarjeta SD

#include <SD.h>

#include <SPI.h>

// Guardamos en que entrada de Arduino está conectado el pin CS del módulo.

const int chipSelect = 4;

// Reloj de Tiempo Real

#include <Wire.h>

#include "RTClib.h"

RTC_DS1307 rtc

void setup()

{

    // Configuramos el puerto serie para informar de fallos a través de él. Esto funciona
para SD ml8511 rtc

    Serial.begin(9600);
```



```
// inicio configuración de pantalla LCD

lcd.begin(16, 2);

lcd.setCursor(0, 0);

// inicio configuración ML8511

pinMode(UVOUT, INPUT);

pinMode(REF_3V3, INPUT);

// inicio configuración SD

// El pin CS por defecto de la placa Arduino debe ser configurado como salida

pinMode(10, OUTPUT);

// Si ha habido error al leer la tarjeta informamos por el puerto serie.

if (!SD.begin(chipSelect)){

    Serial.println("Error al leer la tarjeta.");

    return;

}

// inicio configuración ML8511

if (! rtc.begin() ) {

    Serial.println("NO SE PUEDE CONECTAR RTC");

    while (1);

}
```



```
if (! rtc.isrunning()) {  
    Serial.println("RTC no funciona!");  
  
    // Cuando se compile este código tomara la hora que tiene el compilador.  
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));  
  
    // Si se quiere poner manual la hora por ejemplo 3 de noviembre del 2106  
    // Con la hora de 9 horas 15 minutos y 0 segundos 9:15:00  
    // Se tienen que utilizar las líneas de abajo  
  
    // Una vez configurada la hora se comenta estas líneas para que no se vuelva a  
    poner la misma hora  
  
    // rtc.adjust(DateTime(2016, 11, 3, 9, 15, 0));  
  
    }  
  
}  
  
void loop()  
{  
  
    DateTime now = rtc.now();  
  
    if ((now.hour() >=06 && now.hour() <21))  
    {  
        // toma lecturas  
  
        int uvLevel = averageAnalogRead(UVOUT);  
  
        int refLevel = averageAnalogRead(REF_3V3);
```




```
float outputVoltage = 3.3 / refLevel * uvLevel;  
float uvIntensity = mapfloat(outputVoltage, 0.99, 2.8, 0.0, 15.0);  
  
float conver = uvIntensity * 0.0583 / 0.025;  
int factorUV = round(conver);  
  
//imprime lecturas  
//Serial.print("output: ");  
Serial.println(refLevel);  
  
//Serial.print("ML8511 output: ");  
Serial.println(uvLevel);  
  
//Serial.print(" / ML8511 voltage: ");  
Serial.println(outputVoltage);  
  
//Serial.print(" / UV Intensity (mW/cm^2): ");  
Serial.println(uvIntensity);  
  
//Serial.print(" / Indice UV: ");  
Serial.print(factoruv);
```



```
Serial.println();

// muestra por LCD

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Indice UV: ");

lcd.setCursor(11, 0);

lcd.print(factoruv);

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("mW/cm^2: ");

lcd.setCursor(9, 1);

lcd.print(uvIntensity);

delay(100);

{

    // Abrimos el fichero donde vamos a guardar los datos (Si no existe se crea
    automaticamente).

    File dataFile = SD.open("factrm.txt", FILE_WRITE);

    // Si el fichero es correcto escribimos en él.

    if (dataFile) {

        // Escribimos en el fichero "FACTOR UV: "

        dataFile.print("Indice UV: ");
```



// A continuación escribimos el valor de la variable y saltamos a la línea siguiente.

```
dataFile.print(factoruv);  
dataFile.print(" ");  
dataFile.print("Fecha: ");  
dataFile.print(now.day(), DEC);  
dataFile.print('/');  
dataFile.print(now.month(), DEC);  
dataFile.print('/');  
dataFile.print(now.year(), DEC);  
dataFile.print(" Hora: ");  
dataFile.print(now.hour(), DEC);  
dataFile.print(':');  
dataFile.print(now.minute(), DEC);  
dataFile.print(':');  
dataFile.println(now.second(), DEC);
```

```
dataFile.print("mW/cm^2: ");
```

// A continuación escribimos el valor de la variable y saltamos a la línea siguiente.

```
dataFile.print(uvIntensity);  
dataFile.print(" ");  
dataFile.print("Fecha: ");
```



```
dataFile.print(now.day(), DEC);  
dataFile.print('/');  
dataFile.print(now.month(), DEC);  
dataFile.print('/');  
dataFile.print(now.year(), DEC);  
dataFile.print(" Hora: ");  
dataFile.print(now.hour(), DEC);  
dataFile.print(':');  
dataFile.print(now.minute(), DEC);  
dataFile.print(':');  
dataFile.println(now.second(), DEC);  
// Cerramos el archivo  
dataFile.close();  
  
    // Avisamos de que se ha podido escribir correctamente.  
    //Serial.println("Impresión correcta");  
    }  
    else  
    {  
Serial.println("Error al escribir en archivos.txt");  
    }  
  
    delay(50000);  
  
    //delay de 5 minutos para tomar lectura cada 5 minutos  
  
    // Si no pudimos escribir en el fichero avisamos por el puerto serie.
```



```
}  
  
}  
else  
{  
  
Serial.println("No hay radiacion UV");  
  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("HORA: ");  
  
lcd.setCursor(5, 1);  
lcd.print(now.hour());  
  
lcd.setCursor(7, 1);  
lcd.print(":");  
  
lcd.setCursor(8, 1);  
lcd.print(now.minute());  
  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("No hay radiacion");  
delay(2000);
```



```
lcd.clear();

lcd.print("de 9 pm a 6 am");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("HORA: ");

lcd.setCursor(5, 1);

lcd.print(now.hour());

lcd.setCursor(7, 1);

lcd.print(":");

lcd.setCursor(8, 1);

lcd.print(now.minute());

delay(1000);

}

delay(1000);

}
```

// FUNCIÓN ML8511 PARA CONVERTIR VOLTAJE

```
int averageAnalogRead(int pinToRead)
```



```
{  
    byte numberOfReadings = 8;  
    unsigned int runningValue = 0;  
    for(int x = 0 ; x < numberOfReadings ; x++)  
        runningValue += analogRead(pinToRead);  
    runningValue /= numberOfReadings;  
    return(runningValue);  
}  
  
float mapfloat(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max)  
{  
    return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;  
}
```



b) Código Arduino emisor

```
// Transceptor NRF24L01

#include <SPI.h>

#include <nRF24L01.h>

#include <RF24.h>

//Variable con la dirección del canal por donde se va a transmitir

const byte rxAddr[6] = "00001";

//creamos el objeto radio (NRF24L01)

RF24 radio(2, 3);

//vector con los datos a enviar

float datos[3];

// Operaciones Matemáticas

#include <math.h>

// Sensor ML8511

int UVOUT = A0;

int REF_3V3 = A1;

void setup()

{

//inicializamos el NRF24L01

radio.begin();
```




```
radio.setRetries(15, 15);

//Abrimos un canal de escritura
radio.openWritingPipe(rxAddr);
radio.stopListening();

//inicializamos el puerto serie
Serial.begin(9600);

// se pone el pin 10 como salida
pinMode(10, OUTPUT);

}

void loop()
{

// toma lecturas
int uvLevel = averageAnalogRead(UVOUT);
int refLevel = averageAnalogRead(REF_3V3);

float outputVoltage = 3.3 / refLevel * uvLevel;
float uvIntensity = mapfloat(outputVoltage, 0.99, 2.9, 0.0, 15.0);

//haciendo mediciones sin el vidrio
float sinvidrio = uvIntensity * 0.0583 / 0.025;
```



```
int sinfactorUV = round(sinvidrio);

//haciendo mediciones con el vidrio
float vidrio = uvIntensity + 0.8;
float conver = vidrio * 0.0583 / 0.025;
int factorUV = round(conver);

//cargamos los datos en la variable datos[]
datos[0]=factoruv;
datos[1]=uvIntensity;
datos[2]=sinfactoruv;
//enviamos los datos

bool ok = radio.write(datos, sizeof(datos));

//reportamos por el puerto serial los datos enviados

if(ok)
{
    Serial.print("Datos enviados: ");
    Serial.print(datos[0]);
    Serial.print(" , ");
    Serial.print(datos[1]);
    Serial.print(" , ");
    Serial.print(datos[2]);
}
```



```
Serial.println(datos[2]);
}
else
{
    Serial.println("no se ha podido enviar");
}
delay(1000);
}

//Takes an average of readings on a given pin
//Returns the average
int averageAnalogRead(int pinToRead)
{
    byte numberOfReadings = 8;
    unsigned int runningValue = 0;

    for(int x = 0 ; x < numberOfReadings ; x++)
        runningValue += analogRead(pinToRead);
    runningValue /= numberOfReadings;

    return(runningValue);
}
```



```
//The Arduino Map function but for floats  
  
//From: http://forum.Arduino.cc/index.php?topic=3922.0  
  
float mapfloat(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max)  
{  
    return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;  
}
```



c) Código Arduino receptor

```
// Transceptor NRF24L01 receptor

#include <SPI.h>

#include <nRF24L01.h>

#include <RF24.h>

//Declaremos los pines CE y el CSN
RF24 radio(36, 37);

const byte rxAddr[6] = "00001";

float datos[3];

// Display 7 segmentos

#include <math.h>

int decimal = 0;

int numeral = 0;

byte seven_seg_digits[10][7] =

{

  { 1,1,1,1,1,1,0 }, // = 0

  { 0,1,1,0,0,0,0 }, // = 1

  { 1,1,0,1,1,0,1 }, // = 2

  { 1,1,1,1,0,0,1 }, // = 3

  { 0,1,1,0,0,1,1 }, // = 4
```



```
{ 1,0,1,1,0,1,1 }, // = 5
{ 1,0,1,1,1,1,1 }, // = 6
{ 1,1,1,0,0,0,0 }, // = 7
{ 1,1,1,1,1,1,1 }, // = 8
{ 1,1,1,0,0,1,1 } // = 9
};

void setup()
{
  // Configuramos el puerto serie para informar de fallos a traves de el
  Serial.begin(9600);

  //Salidas del display
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);

  //Salidas del display
  pinMode(22, OUTPUT);
```



```
pinMode(23, OUTPUT);
pinMode(24, OUTPUT);
pinMode(25, OUTPUT);
pinMode(26, OUTPUT);
pinMode(27, OUTPUT);
pinMode(28, OUTPUT);
pinMode(29, OUTPUT);

writeDot(0);

delay(1000);

//inicializamos el NRF24L01
radio.begin();
radio.openReadingPipe(0, rxAddr);
radio.startListening();

// El pin CS por defecto de la placa Arduino debe ser configurado como salida
pinMode(53, OUTPUT);

}

void loop()
{
```



```
if ( radio.available() )
{
//Leemos los datos y los guardamos en la variable datos[]
radio.read(datos,sizeof(datos));
Serial.print("INDICE UV con vidrio= ");
Serial.println(datos[0]);
Serial.print("mW/cm^2= ");
Serial.println(datos[1]);
Serial.print("INDICE UV sin vidrio= ");
Serial.println(datos[2]);

int factoruv= datos[0];

sevenSegWrite(decimal, 2);
sevenSegWrite(numeral, 22);
decimal = factoruv/10;
numeral = factoruv-(decimal*10);
}
else
{
Serial.println("No hay datos de radio disponibles");
}
delay(1000);
```




```
}
```

```
// funciones para display 7 segmentos
```

```
void writeDot(byte dot) {
```

```
    digitalWrite(9, dot);
```

```
    digitalWrite(29, dot);
```

```
}
```

```
void sevenSegWrite(byte digit, byte pin) {
```

```
    for (byte segCount = 0; segCount < 7; ++segCount) {
```

```
        digitalWrite(pin, seven_seg_digits[digit][segCount]);
```

```
        ++pin;
```

```
    }
```

```
}
```



d) Tabla comparación sensor uvm30a ml8511 y uvbiometer501

HORA	ÍNDICE UV MONITOREO	ÍNDICE UV SENSOR ML8511	ÍNDICE UV SENSOR UVM30A
201603301239	12	12	8
201603301240	11	11	8
201603301241	11	11	8
201603301242	11	9	9
201603301243	10	11	9
201603301244	11	12	9
201603301245	11	12	9
201603301246	9	8	8
201603301247	7	8	8
201603301248	6	8	8
201603301249	8	9	8
201603301250	12	10	8
201603301251	11	12	8
201603301252	11	10	8
201603301253	10	11	8
201603301254	11	11	9
201603301255	12	11	9
201603301256	12	11	9
201603301257	9	10	9
201603301258	8	11	9
201603301259	8	6	8
201603301300	9	6	10
201603301301	10	9	10
201603301302	11	13	10
201603301303	11	13	10
201603301304	11	13	10
201603301305	11	12	10
201603301306	11	12	11
201603301307	10	12	11
201603301308	10	12	11
201603301309	10	12	12
201603301310	7	12	11
201603301311	6	11	10
201603301312	8	11	9
201603301313	12	11	9
201603301314	13	12	9
201603301315	12	11	9
201603301316	12	11	9



201603301317	12	13	9
201603301318	12	12	8
201603301319	12	10	8
201603301320	12	11	8
201603301321	12	13	8
201603301322	10	12	8
201603301323	11	13	8
201603301324	11	13	9
201603301325	11	13	9
201603301326	11	11	10
201603301327	11	12	10
201603301328	10	12	10
201603301329	12	12	10
201603301330	10	11	10
201603301331	9	11	10
201603301332	11	11	10
201603301333	12	11	9
201603301334	11	10	8
201603301335	12	11	7
201603301336	12	10	9
201603301337	11	11	9
201603301338	11	10	9
201603301339	11	11	10
201603301340	11	13	10
201603301341	11	13	10
201603301342	10	13	9
201603301343	10	10	8
201603301344	10	11	9
201603301345	10	13	9
201603301346	9	14	10
201603301347	9	12	9
201603301348	9	14	10
201603301349	10	14	10
201603301350	9	14	9
201603301351	9	15	8
201603301352	10	12	8
201603301353	11	12	8
201603301354	11	13	10
201603301355	11	13	10
201603301356	10	9	10
201603301357	10	13	9



201603301358	12	12	10
201603301359	11	10	10
201603301400	11	10	10
201603301401	12	8	9
201603301402	12	12	11
201603301403	12	13	11
201603301404	12	14	11
201603301405	11	14	9
201603301406	11	14	9
201603301407	11	15	12
201603301408	9	15	9
201603301409	9	15	10
201603301410	10	15	10
201603301411	9	13	12
201603301412	9	12	12
201603301413	8	12	12
201603301414	9	11	12
201603301415	10	15	10
201603301416	11	11	10
201603301417	11	14	11
201603301418	11	8	11
201603301419	12	11	12
201603301420	12	12	12
201603301421	12	13	10
201603301422	12	11	10
201603301423	12	13	10
201603301424	10	14	11
201603301425	10	14	12



e) Tabla comparativa completa

HORA	mW/cm2	CONVER	REDON	mW/cm2 ML8511	CONVERSION	REDONDEO
201604140756	1.124	2.621168	3	1.08	2.51856	3
201604140757	1.128	2.630496	3	1.12	2.61184	3
201604140758	1.14	2.65848	3	1.1	2.5652	3
201604140759	1.152	2.686464	3	1.16	2.70512	3
201604140800	1.172	2.733104	3	1.16	2.70512	3
201604140801	1.192	2.779744	3	1.17	2.72844	3
201604140802	1.208	2.817056	3	1.17	2.72844	3
201604140803	1.224	2.854368	3	1.22	2.84504	3
201604140804	1.24	2.89168	3	1.23	2.86836	3
201604140805	1.256	2.928992	3	1.27	2.96164	3
201604140806	1.276	2.975632	3	1.27	2.96164	3
201604140807	1.296	3.022272	3	1.26	2.93832	3
201604140808	1.32	3.07824	3	1.3	3.0316	3
201604140809	1.352	3.152864	3	1.35	3.1482	3
201604140810	1.38	3.21816	3	1.35	3.1482	3
201604140811	1.4	3.2648	3	1.4	3.2648	3
201604140812	1.412	3.292784	3	1.38	3.21816	3
201604140813	1.432	3.339424	3	1.42	3.31144	3
201604140814	1.444	3.367408	3	1.48	3.45136	3
201604140815	1.452	3.386064	3	1.48	3.45136	3
201604140816	1.472	3.432704	3	1.48	3.45136	3
201604140817	1.488	3.470016	3	1.48	3.45136	3
201604140818	1.496	3.488672	3	1.52	3.54464	4
201604140819	1.496	3.488672	3	1.51	3.52132	4
201604140820	1.512	3.525984	4	1.56	3.63792	4
201604140821	1.536	3.581952	4	1.56	3.63792	4
201604140822	1.568	3.656576	4	1.59	3.70788	4
201604140823	1.584	3.693888	4	1.63	3.80116	4
201604140824	1.592	3.712544	4	1.65	3.8478	4
201604140825	1.62	3.77784	4	1.65	3.8478	4
201604140826	1.656	3.861792	4	1.73	4.03436	4
201604140827	1.676	3.908432	4	1.73	4.03436	4
201604140828	1.684	3.927088	4	1.73	4.03436	4
201604140829	1.7	3.9644	4	1.77	4.12764	4
201604140830	1.72	4.01104	4	1.81	4.22092	4
201604140831	1.744	4.067008	4	1.79	4.17428	4
201604140832	1.74	4.05768	4	1.81	4.22092	4
201604140833	1.74	4.05768	4	1.81	4.22092	4



201604140834	1.764	4.113648	4	1.85	4.3142	4
201604140835	1.792	4.178944	4	1.9	4.4308	4
201604140836	1.832	4.272224	4	1.95	4.5474	5
201604140837	1.856	4.328192	4	1.97	4.59404	5
201604140838	1.884	4.393488	4	2.01	4.68732	5
201604140839	1.916	4.468112	4	2.05	4.7806	5
201604140840	1.932	4.505424	5	2.09	4.87388	5
201604140841	1.952	4.552064	5	2.09	4.87388	5
201604140842	1.968	4.589376	5	2.11	4.92052	5
201604140843	1.992	4.645344	5	2.13	4.96716	5
201604140844	1.98	4.61736	5	2.22	5.17704	5
201604140845	1.98	4.61736	5	2.26	5.27032	5
201604140846	2.044	4.766608	5	2.29	5.34028	5
201604140847	2.092	4.878544	5	2.34	5.45688	5
201604140848	2.124	4.953168	5	2.34	5.45688	5
201604140849	2.136	4.981152	5	2.43	5.66676	6
201604140850	2.16	5.03712	5	2.47	5.76004	6
201604140851	2.172	5.065104	5	2.49	5.80668	6
201604140852	2.22	5.17704	5	2.51	5.85332	6
201604140853	2.26	5.27032	5	2.55	5.9466	6
201604140854	2.296	5.354272	5	2.59	6.03988	6
201604140855	2.308	5.382256	5	2.63	6.13316	6
201604140856	2.332	5.438224	5	2.55	5.9466	6
201604140857	2.364	5.512848	6	2.51	5.85332	6
201604140858	2.4	5.5968	6	2.45	5.7134	6
201604140859	2.424	5.652768	6	2.53	5.89996	6
201604140900	2.348	5.475536	5	2.47	5.76004	6
201604140901	2.352	5.484864	5	2.51	5.85332	6
201604140902	2.304	5.372928	5	2.51	5.85332	6
201604140903	2.312	5.391584	5	2.54	5.92328	6
201604140904	2.3	5.3636	5	2.59	6.03988	6
201604140905	2.312	5.391584	5	2.65	6.1798	6
201604140906	2.312	5.391584	5	2.69	6.27308	6
201604140907	2.332	5.438224	5	2.68	6.24976	6
201604140908	2.36	5.50352	6	2.65	6.1798	6
201604140909	2.396	5.587472	6	2.65	6.1798	6
201604140910	2.44	5.69008	6	2.69	6.27308	6
201604140911	2.464	5.746048	6	2.82	6.57624	7
201604140912	2.48	5.78336	6	2.88	6.71616	7
201604140913	2.484	5.792688	6	2.86	6.66952	7
201604140914	2.444	5.699408	6	2.84	6.62288	7



201604140915	2.444	5.699408	6	2.86	6.66952	7
201604140916	2.476	5.774032	6	2.93	6.83276	7
201604140917	2.564	5.979248	6	3.04	7.08928	7
201604140918	2.62	6.10984	6	3.03	7.06596	7
201604140919	2.672	6.231104	6	3.03	7.06596	7
201604140920	2.632	6.137824	6	3.15	7.3458	7
201604140921	2.64	6.15648	6	3.07	7.15924	7
201604140922	2.656	6.193792	6	3.07	7.15924	7
201604140923	2.728	6.361696	6	3.13	7.29916	7
201604140924	2.784	6.492288	6	3.13	7.29916	7
201604140925	2.784	6.492288	6	3	6.996	7
201604140926	2.824	6.585568	7	3.03	7.06596	7
201604140927	2.884	6.725488	7	3.09	7.20588	7
201604140928	2.872	6.697504	7	3.3	7.6956	8
201604140929	2.852	6.650864	7	3.3	7.6956	8
201604140930	2.88	6.71616	7	3.4	7.9288	8
201604140931	2.892	6.744144	7	3.42	7.97544	8
201604140932	2.876	6.706832	7	3.38	7.88216	8
201604140933	2.816	6.566912	7	3.46	8.06872	8
201604140934	2.812	6.557584	7	3.55	8.2786	8
201604140935	2.832	6.604224	7	3.5	8.162	8
201604140936	2.992	6.977344	7	3.43	7.99876	8
201604140937	3.06	7.13592	7	3.36	7.83552	8
201604140938	3.092	7.210544	7	3.39	7.90548	8
201604140939	3.132	7.303824	7	3.34	7.78888	8
201604140940	3.148	7.341136	7	3.43	7.99876	8
201604140941	3.144	7.331808	7	3.53	8.23196	8
201604140942	3.188	7.434416	7	3.61	8.41852	8
201604140943	3.284	7.658288	8	3.55	8.2786	8
201604140944	3.252	7.583664	8	3.61	8.41852	8
201604140945	3.216	7.499712	7	3.61	8.41852	8
201604140946	3.18	7.41576	7	3.65	8.5118	9
201604140947	3.152	7.350464	7	3.8	8.8616	9
201604140948	3.18	7.41576	7	3.84	8.95488	9
201604140949	3.172	7.397104	7	3.67	8.55844	9
201604140950	3.244	7.565008	8	3.76	8.76832	9
201604140951	3.316	7.732912	8	3.76	8.76832	9
201604140952	3.392	7.910144	8	3.76	8.76832	9
201604140953	3.372	7.863504	8	3.84	8.95488	9
201604140954	3.388	7.900816	8	3.76	8.76832	9
201604140955	3.42	7.97544	8	3.73	8.69836	9



201604140956	3.468	8.087376	8	3.73	8.69836	9
201604140957	3.512	8.189984	8	3.63	8.46516	8
201604140958	3.6	8.3952	8	3.67	8.55844	9
201604140959	3.636	8.479152	8	3.63	8.46516	8
201604141000	3.528	8.227296	8	3.52	8.20864	8
201604141001	3.572	8.329904	8	3.57	8.32524	8
201604141002	3.588	8.367216	8	3.7	8.6284	9
201604141003	3.604	8.404528	8	3.76	8.76832	9
201604141004	3.644	8.497808	8	3.65	8.5118	9
201604141005	3.66	8.53512	9	3.8	8.8616	9
201604141006	3.588	8.367216	8	3.86	9.00152	9
201604141007	3.552	8.283264	8	3.77	8.79164	9
201604141008	3.588	8.367216	8	3.67	8.55844	9
201604141009	3.56	8.30192	8	3.76	8.76832	9
201604141010	3.524	8.217968	8	3.8	8.8616	9
201604141011	3.552	8.283264	8	3.84	8.95488	9
201604141012	3.472	8.096704	8	3.8	8.8616	9
201604141013	3.412	7.956784	8	3.92	9.14144	9
201604141014	3.512	8.189984	8	3.8	8.8616	9
201604141015	3.64	8.48848	8	3.96	9.23472	9
201604141016	3.664	8.544448	9	4	9.328	9
201604141017	3.6	8.3952	8	3.92	9.14144	9
201604141018	3.692	8.609744	9	3.94	9.18808	9
201604141019	3.752	8.749664	9	4.04	9.42128	9
201604141020	3.772	8.796304	9	4.23	9.86436	10
201604141021	3.72	8.67504	9	4.23	9.86436	10
201604141022	3.66	8.53512	9	4.21	9.81772	10
201604141023	3.708	8.647056	9	4.27	9.95764	10
201604141024	3.772	8.796304	9	4.27	9.95764	10
201604141025	3.824	8.917568	9	4.4	10.2608	10
201604141026	3.844	8.964208	9	4.31	10.0509	10
201604141027	3.888	9.066816	9	4.36	10.1675	10
201604141028	3.88	9.04816	9	4.4	10.2608	10
201604141029	3.896	9.085472	9	4.3	10.0276	10
201604141030	3.992	9.309344	9	4.25	9.911	10
201604141031	3.992	9.309344	9	4.21	9.81772	10
201604141032	3.924	9.150768	9	4.23	9.86436	10
201604141033	3.924	9.150768	9	4.21	9.81772	10
201604141034	4.024	9.383968	9	4.09	9.53788	10
201604141035	4.216	9.831712	10	4.09	9.53788	10
201604141036	4.244	9.897008	10	4.21	9.81772	10



201604141037	4.248	9.906336	10	4.23	9.86436	10
201604141038	4.336	10.11155	10	4.25	9.911	10
201604141039	4.332	10.10222	10	4.23	9.86436	10
201604141040	4.34	10.12088	10	4.07	9.49124	9
201604141041	4.484	10.45669	10	4.11	9.58452	10
201604141042	4.496	10.48467	10	4.13	9.63116	10
201604141043	4.468	10.41938	10	4.13	9.63116	10
201604141044	4.56	10.63392	11	4.17	9.72444	10
201604141045	4.484	10.45669	10	4.17	9.72444	10
201604141046	4.496	10.48467	10	4.11	9.58452	10
201604141047	4.388	10.23282	10	4.05	9.4446	9
201604141048	4.352	10.14886	10	4.09	9.53788	10
201604141049	4.392	10.24214	10	4.07	9.49124	9
201604141050	4.372	10.1955	10	4.07	9.49124	9
201604141051	4.252	9.915664	10	4.02	9.37464	9
201604141052	4.22	9.84104	10	4.17	9.72444	10
201604141053	4.324	10.08357	10	4.19	9.77108	10
201604141054	4.312	10.05558	10	4.3	10.0276	10
201604141055	4.408	10.27946	10	4.23	9.86436	10
201604141056	4.424	10.31677	10	4.36	10.1675	10
201604141057	4.38	10.21416	10	4.17	9.72444	10
201604141058	4.268	9.952976	10	4.19	9.77108	10
201604141059	4.312	10.05558	10	4.31	10.0509	10
201604141100	4.296	10.01827	10	4.15	9.6778	10
201604141101	4.252	9.915664	10	4.27	9.95764	10
201604141102	4.3	10.0276	10	4.09	9.53788	10
201604141103	4.312	10.05558	10	4.3	10.0276	10
201604141104	4.392	10.24214	10	4.25	9.911	10
201604141105	4.3	10.0276	10	4.17	9.72444	10
201604141106	4.272	9.962304	10	4.23	9.86436	10
201604141107	4.292	10.00894	10	4.23	9.86436	10
201604141108	4.296	10.01827	10	4	9.328	9
201604141109	4.28	9.98096	10	4.06	9.46792	9
201604141110	4.248	9.906336	10	4.15	9.6778	10
201604141111	4.248	9.906336	10	4.21	9.81772	10
201604141112	4.292	10.00894	10	4.17	9.72444	10
201604141113	4.336	10.11155	10	4.09	9.53788	10
201604141114	4.44	10.35408	10	4.21	9.81772	10
201604141115	4.396	10.25147	10	4.32	10.0742	10
201604141116	4.52	10.54064	11	4.5	10.494	10
201604141117	4.364	10.17685	10	4.5	10.494	10



201604141118	4.252	9.915664	10	4.65	10.8438	11
201604141119	4.44	10.35408	10	4.63	10.7972	11
201604141120	4.42	10.30744	10	4.69	10.9371	11
201604141121	4.256	9.924992	10	4.8	11.1936	11
201604141122	4.38	10.21416	10	4.73	11.0304	11
201604141123	4.264	9.943648	10	4.73	11.0304	11
201604141124	4.42	10.30744	10	4.65	10.8438	11
201604141125	4.412	10.28878	10	4.71	10.9837	11
201604141126	4.332	10.10222	10	4.76	11.1003	11
201604141127	4.368	10.18618	10	4.59	10.7039	11
201604141128	4.36	10.16752	10	4.67	10.8904	11
201604141129	4.232	9.869024	10	5.09	11.8699	12
201604141130	4.148	9.673136	10	5.07	11.8232	12
201604141131	4.144	9.663808	10	5.11	11.9165	12
201604141132	4.192	9.775744	10	4.99	11.6367	12
201604141133	4.332	10.10222	10	4.82	11.2402	11
201604141134	4.264	9.943648	10	4.97	11.59	12
201604141135	4.216	9.831712	10	5.01	11.6833	12
201604141136	4.272	9.962304	10	5.05	11.7766	12
201604141137	4.42	10.30744	10	5.01	11.6833	12
201604141138	4.588	10.69922	11	4.82	11.2402	11
201604141139	4.676	10.90443	11	4.82	11.2402	11
201604141140	4.68	10.91376	11	4.94	11.5201	12
201604141141	4.848	11.30554	11	4.94	11.5201	12
201604141142	4.868	11.35218	11	4.86	11.3335	11
201604141143	4.884	11.38949	11	4.78	11.147	11
201604141144	5.056	11.79059	12	4.82	11.2402	11
201604141145	5.048	11.77194	12	4.67	10.8904	11
201604141146	4.948	11.53874	12	4.61	10.7505	11
201604141147	4.876	11.37083	11	4.61	10.7505	11
201604141148	4.892	11.40814	11	4.73	11.0304	11
201604141149	4.956	11.55739	12	3.56	8.30192	8
201604141150	5	11.66	12	3.1	7.2292	7
201604141151	5.076	11.83723	12	4.73	11.0304	11
201604141152	4.84	11.28688	11	4.82	11.2402	11
201604141153	5.28	12.31296	12	4.97	11.59	12
201604141154	5.508	12.84466	13	4.99	11.6367	12
201604141155	5.484	12.78869	13	5.01	11.6833	12
201604141156	5.456	12.72339	13	5.07	11.8232	12
201604141157	5.364	12.50885	13	5.01	11.6833	12
201604141158	5.252	12.24766	12	5.07	11.8232	12



201604141159	5.272	12.2943	12	5.11	11.9165	12
201604141200	5.284	12.32229	12	5.15	12.0098	12
201604141201	5.348	12.47154	12	5.13	11.9632	12
201604141202	5.288	12.33162	12	4.95	11.5434	12
201604141203	5.18	12.07976	12	5.09	11.8699	12
201604141204	5.088	11.86522	12	5.05	11.7766	12
201604141205	5.064	11.80925	12	5.18	12.0798	12
201604141206	5.152	12.01446	12	5.24	12.2197	12
201604141207	5.104	11.90253	12	5.18	12.0798	12
201604141208	5.048	11.77194	12	5.22	12.173	12
201604141209	4.944	11.52941	12	5.26	12.2663	12
201604141210	5.012	11.68798	12	5.39	12.5695	13
201604141211	4.932	11.50142	12	5.39	12.5695	13
201604141212	4.788	11.16562	11	5.45	12.7094	13

f) Tabla entre sensores (referencia y otro)

HORA	ML8511REF	ML8511 NO2
03:30:05 p.m.	13	13
03:30:15 p.m.	13	13
03:30:25 p.m.	13	13
03:30:35 p.m.	13	13
03:30:45 p.m.	13	13
03:30:55 p.m.	13	13
03:31:05 p.m.	13	13
03:31:15 p.m.	13	13
03:31:25 p.m.	13	13
03:31:35 p.m.	13	13
03:31:45 p.m.	13	13
03:31:55 p.m.	13	13
03:32:05 p.m.	13	13
03:32:15 p.m.	13	13
03:32:25 p.m.	13	13
03:32:35 p.m.	13	13
03:32:45 p.m.	13	13
03:32:55 p.m.	13	13
03:33:05 p.m.	13	13
03:33:15 p.m.	13	13
03:33:25 p.m.	13	12
03:33:35 p.m.	13	13



03:33:45 p.m.	13	13
03:33:55 p.m.	13	13
03:34:05 p.m.	13	13
03:34:15 p.m.	13	13
03:34:25 p.m.	13	13
03:34:35 p.m.	13	13
03:34:45 p.m.	13	13
03:34:55 p.m.	13	13
03:35:05 p.m.	13	13
03:35:15 p.m.	14	13
03:35:25 p.m.	14	13
03:35:35 p.m.	14	13
03:35:45 p.m.	14	13
03:35:55 p.m.	14	13
03:36:05 p.m.	14	13
03:36:15 p.m.	14	13
03:36:25 p.m.	14	13
03:36:35 p.m.	14	13
03:36:45 p.m.	14	13
03:36:55 p.m.	14	13
03:37:05 p.m.	14	13
03:37:15 p.m.	14	13
03:37:25 p.m.	14	13
03:37:35 p.m.	14	13
03:37:45 p.m.	14	13
03:37:55 p.m.	14	13
03:38:05 p.m.	14	13
03:38:15 p.m.	14	13
03:38:25 p.m.	14	13
03:38:35 p.m.	14	13
03:38:45 p.m.	14	13
03:38:55 p.m.	14	13
03:39:05 p.m.	14	13
03:39:15 p.m.	14	13
03:39:25 p.m.	14	13
03:39:35 p.m.	14	13
03:39:45 p.m.	14	13
03:39:55 p.m.	14	13
03:40:05 p.m.	14	13
03:40:15 p.m.	14	13
03:40:25 p.m.	13	13
03:40:35 p.m.	13	13



03:40:45 p.m.	13	13
03:40:55 p.m.	13	13
03:41:05 p.m.	13	13
03:41:15 p.m.	13	13
03:41:25 p.m.	14	13
03:41:35 p.m.	14	13
03:41:45 p.m.	14	13
03:41:55 p.m.	14	13
03:42:05 p.m.	14	13
03:42:15 p.m.	13	13
03:42:25 p.m.	13	13
03:42:35 p.m.	13	13
03:42:45 p.m.	13	13
03:42:55 p.m.	13	13
03:43:05 p.m.	13	13
03:43:15 p.m.	13	13
03:43:25 p.m.	14	13
03:43:35 p.m.	14	13
03:43:45 p.m.	14	13
03:43:55 p.m.	13	13
03:44:05 p.m.	14	13
03:44:15 p.m.	13	13
03:44:25 p.m.	13	13
03:44:35 p.m.	13	13
03:44:45 p.m.	13	13
03:44:55 p.m.	13	13
03:45:05 p.m.	13	12
03:45:15 p.m.	13	12
03:45:25 p.m.	13	12
03:45:35 p.m.	13	12
03:45:45 p.m.	13	12
03:45:55 p.m.	13	12
03:46:05 p.m.	13	12
03:46:15 p.m.	13	12
03:46:25 p.m.	12	12
03:46:35 p.m.	12	11
03:46:45 p.m.	12	11
03:46:55 p.m.	11	11
03:47:05 p.m.	11	10
03:47:15 p.m.	11	10
03:47:25 p.m.	10	10
03:47:35 p.m.	11	10



03:47:45 p.m.	11	10
03:47:55 p.m.	11	10
03:48:05 p.m.	11	10
03:48:15 p.m.	10	10
03:48:25 p.m.	10	10
03:48:35 p.m.	10	9
03:48:45 p.m.	9	9
03:48:55 p.m.	9	8
03:49:05 p.m.	8	8
03:49:15 p.m.	8	7
03:49:25 p.m.	7	7
03:49:35 p.m.	7	7
03:49:45 p.m.	7	7
03:49:55 p.m.	7	7
03:50:05 p.m.	7	7
03:50:15 p.m.	7	7
03:50:25 p.m.	7	7
03:50:35 p.m.	7	7
03:50:45 p.m.	7	7
03:50:55 p.m.	8	7
03:51:05 p.m.	8	7
03:51:15 p.m.	8	8
03:51:25 p.m.	9	8
03:51:35 p.m.	9	9
03:51:45 p.m.	10	9
03:51:55 p.m.	11	10
03:52:05 p.m.	11	11
03:52:15 p.m.	12	11
03:52:25 p.m.	12	11
03:52:35 p.m.	12	12
03:52:45 p.m.	13	12
03:52:55 p.m.	13	12
03:53:05 p.m.	13	12
03:53:15 p.m.	13	12
03:53:25 p.m.	13	12
03:53:35 p.m.	13	12
03:53:45 p.m.	13	12
03:53:55 p.m.	13	12
03:54:05 p.m.	13	12
03:54:15 p.m.	13	12
03:54:25 p.m.	13	12
03:54:35 p.m.	13	12



03:54:45 p.m.	13	12
03:54:55 p.m.	13	12
03:55:05 p.m.	12	12
03:55:15 p.m.	12	11
03:55:25 p.m.	12	11
03:55:35 p.m.	12	11
03:55:45 p.m.	11	11
03:55:55 p.m.	11	10
03:56:05 p.m.	10	9
03:56:15 p.m.	9	8
03:56:25 p.m.	9	8
03:56:35 p.m.	8	8
03:56:45 p.m.	8	8
03:56:55 p.m.	8	7
03:57:05 p.m.	7	7
03:57:15 p.m.	7	7
03:57:25 p.m.	7	7
03:57:35 p.m.	7	7
03:57:45 p.m.	7	7
03:57:55 p.m.	7	7
03:58:05 p.m.	7	7
03:58:15 p.m.	7	6
03:58:25 p.m.	7	6
03:58:35 p.m.	7	6
03:58:45 p.m.	7	6
03:58:55 p.m.	7	6
03:59:05 p.m.	7	6
03:59:15 p.m.	7	6
03:59:25 p.m.	7	6
03:59:35 p.m.	6	6
03:59:45 p.m.	6	6
03:59:55 p.m.	6	6
04:00:05 p.m.	6	6
04:00:15 p.m.	6	6
04:00:25 p.m.	6	6
04:00:35 p.m.	6	6
04:00:45 p.m.	6	6
04:00:55 p.m.	6	6
04:01:05 p.m.	6	6
04:01:15 p.m.	6	6
04:01:25 p.m.	6	6
04:01:35 p.m.	6	6



04:01:45 p.m.	7	6
04:01:55 p.m.	7	6
04:02:05 p.m.	7	7
04:02:15 p.m.	7	7
04:02:25 p.m.	7	7
04:02:35 p.m.	7	6
04:02:45 p.m.	7	6
04:02:55 p.m.	7	6
04:03:05 p.m.	7	6
04:03:15 p.m.	7	6
04:03:25 p.m.	7	6
04:03:35 p.m.	7	6
04:03:45 p.m.	6	6
04:03:55 p.m.	6	6
04:04:05 p.m.	6	6
04:04:15 p.m.	6	6
04:04:25 p.m.	6	6
04:04:35 p.m.	6	6
04:04:45 p.m.	6	6
04:04:55 p.m.	6	6
04:05:05 p.m.	6	6
04:05:15 p.m.	6	6
04:05:25 p.m.	6	6
04:05:35 p.m.	6	6
04:05:45 p.m.	7	6
04:05:55 p.m.	7	6
04:06:05 p.m.	7	6
04:06:15 p.m.	7	7
04:06:25 p.m.	7	7
04:06:35 p.m.	7	7
04:06:45 p.m.	7	7
04:06:55 p.m.	7	7
04:07:05 p.m.	7	7
04:07:15 p.m.	7	7
04:07:25 p.m.	7	7
04:07:35 p.m.	7	7
04:07:45 p.m.	7	7
04:07:55 p.m.	7	7
04:08:05 p.m.	8	7
04:08:15 p.m.	8	8
04:08:25 p.m.	8	8
04:08:35 p.m.	9	8



04:08:45 p.m.	9	9
04:08:55 p.m.	10	9
04:09:05 p.m.	10	9
04:09:15 p.m.	10	9
04:09:25 p.m.	10	9
04:09:35 p.m.	10	9
04:09:45 p.m.	10	9
04:09:55 p.m.	10	10
04:10:05 p.m.	10	10
04:10:15 p.m.	10	10
04:10:25 p.m.	10	10
04:10:35 p.m.	10	10
04:10:45 p.m.	11	10
04:10:55 p.m.	11	10
04:11:05 p.m.	11	10
04:11:15 p.m.	11	10

g) Tabla de comparación de lecturas con y sin uso de vidrio

HORA	NO VIDRIO	VIDRIO REF
02:30:05 p.m.	10	8
02:30:15 p.m.	9	8
02:30:25 p.m.	9	8
02:30:35 p.m.	9	8
02:30:45 p.m.	9	7
02:30:55 p.m.	8	7
02:31:05 p.m.	8	6
02:31:15 p.m.	7	6
02:31:25 p.m.	7	6
02:31:35 p.m.	7	6
02:31:45 p.m.	7	5
02:31:55 p.m.	6	5
02:32:05 p.m.	6	5
02:32:15 p.m.	6	5
02:32:25 p.m.	6	5
02:32:35 p.m.	6	5
02:32:45 p.m.	6	5



02:32:55 p.m.	6	5
02:33:05 p.m.	6	5
02:33:15 p.m.	6	5
02:33:25 p.m.	6	5
02:33:35 p.m.	6	5
02:33:45 p.m.	6	5
02:33:55 p.m.	6	5
02:34:05 p.m.	6	5
02:34:15 p.m.	6	5
02:34:25 p.m.	6	5
02:34:35 p.m.	6	5
02:34:45 p.m.	7	6
02:34:55 p.m.	8	6
02:35:05 p.m.	9	7
02:35:15 p.m.	9	8
02:35:25 p.m.	9	8
02:35:35 p.m.	9	8
02:35:45 p.m.	9	7
02:35:55 p.m.	8	7
02:36:05 p.m.	8	7
02:36:15 p.m.	7	6
02:36:25 p.m.	7	6
02:36:35 p.m.	7	5
02:36:45 p.m.	7	5
02:36:55 p.m.	7	5
02:37:05 p.m.	7	5
02:37:15 p.m.	6	5
02:37:25 p.m.	6	5
02:37:35 p.m.	6	5
02:37:45 p.m.	6	5
02:37:55 p.m.	6	5
02:38:05 p.m.	6	5
02:38:15 p.m.	6	5
02:38:25 p.m.	6	5
02:38:35 p.m.	6	5
02:38:45 p.m.	6	5



02:38:55 p.m.	6	5
02:39:05 p.m.	6	5
02:39:15 p.m.	6	5
02:39:25 p.m.	6	5
02:39:35 p.m.	6	5
02:39:45 p.m.	6	5
02:39:55 p.m.	6	5
02:40:05 p.m.	6	5
02:40:15 p.m.	6	4
02:40:25 p.m.	6	4
02:40:35 p.m.	6	4
02:40:45 p.m.	6	4
02:40:55 p.m.	5	4
02:41:05 p.m.	5	4
02:41:15 p.m.	5	4
02:41:25 p.m.	5	4
02:41:35 p.m.	5	4
02:41:45 p.m.	5	4
02:41:55 p.m.	5	4
02:42:05 p.m.	5	4
02:42:15 p.m.	5	4
02:42:25 p.m.	5	4
02:42:35 p.m.	5	4
02:42:45 p.m.	5	4
02:42:55 p.m.	5	4
02:43:05 p.m.	5	4
02:43:15 p.m.	5	4
02:43:25 p.m.	5	4
02:43:35 p.m.	5	4
02:43:45 p.m.	5	4
02:43:55 p.m.	5	4
02:44:05 p.m.	5	4
02:44:15 p.m.	5	4
02:44:25 p.m.	5	4
02:44:35 p.m.	5	4
02:44:45 p.m.	5	4



02:44:55 p.m.	5	4
02:45:05 p.m.	5	4
02:45:15 p.m.	5	4
02:45:25 p.m.	5	4
02:45:35 p.m.	5	4
02:45:45 p.m.	5	4
02:45:55 p.m.	5	4
02:46:05 p.m.	5	4
02:46:15 p.m.	5	4
02:46:25 p.m.	5	4
02:46:35 p.m.	5	4
02:46:45 p.m.	5	4
02:46:55 p.m.	5	4
02:47:05 p.m.	5	4
02:47:15 p.m.	5	4
02:47:25 p.m.	5	4
02:47:35 p.m.	5	4
02:47:45 p.m.	5	4
02:47:55 p.m.	5	4
02:48:05 p.m.	5	4
02:48:15 p.m.	5	4
02:48:25 p.m.	5	4
02:48:35 p.m.	5	4
02:48:45 p.m.	5	4
02:48:55 p.m.	5	4
02:49:05 p.m.	5	4
02:49:15 p.m.	5	4
02:49:25 p.m.	5	4
02:49:35 p.m.	5	4
02:49:45 p.m.	6	5
02:49:55 p.m.	6	5
02:50:05 p.m.	7	6
02:50:15 p.m.	7	6
02:50:25 p.m.	7	6
02:50:35 p.m.	7	6
02:50:45 p.m.	8	7



02:50:55 p.m.	8	7
02:51:05 p.m.	8	7
02:51:15 p.m.	8	7
02:51:25 p.m.	8	6
02:51:35 p.m.	8	7
02:51:45 p.m.	8	7
02:51:55 p.m.	8	7
02:52:05 p.m.	8	7
02:52:15 p.m.	8	7
02:52:25 p.m.	7	6
02:52:35 p.m.	7	6
02:52:45 p.m.	7	6
02:52:55 p.m.	6	5
02:53:05 p.m.	7	6
02:53:15 p.m.	7	6
02:53:25 p.m.	8	7
02:53:35 p.m.	8	7
02:53:45 p.m.	9	8
02:53:55 p.m.	9	8
02:54:05 p.m.	9	8
02:54:15 p.m.	9	8
02:54:25 p.m.	9	8
02:54:35 p.m.	9	8
02:54:45 p.m.	9	8
02:54:55 p.m.	10	8
02:55:05 p.m.	10	9
02:55:15 p.m.	10	9
02:55:25 p.m.	9	8
02:55:35 p.m.	8	7
02:55:45 p.m.	8	7
02:55:55 p.m.	7	6
02:56:05 p.m.	7	6
02:56:15 p.m.	6	5
02:56:25 p.m.	6	5
02:56:35 p.m.	6	5
02:56:45 p.m.	7	5



02:56:55 p.m.	6	5
02:57:05 p.m.	6	5
02:57:15 p.m.	6	5
02:57:25 p.m.	6	5
02:57:35 p.m.	6	5
02:57:45 p.m.	6	5
02:57:55 p.m.	6	5
02:58:05 p.m.	6	5
02:58:15 p.m.	6	5
02:58:25 p.m.	6	5
02:58:35 p.m.	6	5
02:58:45 p.m.	6	5
02:58:55 p.m.	6	5
02:59:05 p.m.	6	4
02:59:15 p.m.	6	5
02:59:25 p.m.	6	4
02:59:35 p.m.	6	5
02:59:45 p.m.	6	5
02:59:55 p.m.	6	5
03:00:05 p.m.	6	5
03:00:15 p.m.	6	5
03:00:25 p.m.	6	5
03:00:35 p.m.	6	5
03:00:45 p.m.	6	5
03:00:55 p.m.	6	5
03:01:05 p.m.	6	5
03:01:15 p.m.	7	6
03:01:25 p.m.	7	6
03:01:35 p.m.	7	6
03:01:45 p.m.	8	7
03:01:55 p.m.	8	7
03:02:05 p.m.	8	7
03:02:15 p.m.	9	8
03:02:25 p.m.	9	8
03:02:35 p.m.	9	8
03:02:45 p.m.	9	8



03:02:55 p.m.	9	8
03:03:05 p.m.	8	7
03:03:15 p.m.	8	7
03:03:25 p.m.	7	6
03:03:35 p.m.	7	6
03:03:45 p.m.	6	5
03:03:55 p.m.	6	5
03:04:05 p.m.	6	5
03:04:15 p.m.	6	4
03:04:25 p.m.	6	4
03:04:35 p.m.	5	4
03:04:45 p.m.	5	4
03:04:55 p.m.	5	4
03:05:05 p.m.	5	4
03:05:15 p.m.	5	4
03:05:25 p.m.	5	4
03:05:35 p.m.	5	4
03:05:45 p.m.	5	4
03:05:55 p.m.	5	4
03:06:05 p.m.	5	4
03:06:15 p.m.	5	4
03:06:25 p.m.	5	4
03:06:35 p.m.	5	4
03:06:45 p.m.	5	4
03:06:55 p.m.	5	4
03:07:05 p.m.	5	4
03:07:15 p.m.	5	4
03:07:25 p.m.	5	4
03:07:35 p.m.	5	4
03:07:45 p.m.	5	4
03:07:55 p.m.	5	4
03:08:05 p.m.	5	4
03:08:15 p.m.	5	4
03:08:25 p.m.	5	4
03:08:35 p.m.	5	4
03:08:45 p.m.	5	4



03:08:55 p.m.	5	4
03:09:05 p.m.	5	4
03:09:15 p.m.	5	4
03:09:25 p.m.	5	4
03:09:35 p.m.	5	4
03:09:45 p.m.	5	4
03:09:55 p.m.	5	4
03:10:05 p.m.	5	4
03:10:15 p.m.	5	4
03:10:25 p.m.	5	4
03:10:35 p.m.	5	4
03:10:45 p.m.	5	4
03:10:55 p.m.	5	4
03:11:05 p.m.	5	4
03:11:15 p.m.	5	4
03:11:25 p.m.	5	4
03:11:35 p.m.	5	4
03:11:45 p.m.	5	4
03:11:55 p.m.	5	4
03:12:05 p.m.	5	4
03:12:15 p.m.	5	4
03:12:25 p.m.	5	4
03:12:35 p.m.	5	4
03:12:45 p.m.	5	4
03:12:55 p.m.	5	4
03:13:05 p.m.	5	4
03:13:15 p.m.	5	4
03:13:25 p.m.	5	4
03:13:35 p.m.	5	4
03:13:45 p.m.	5	4
03:13:55 p.m.	5	4
03:14:05 p.m.	5	4
03:14:15 p.m.	5	4
03:14:25 p.m.	5	4
03:14:35 p.m.	5	4
03:14:45 p.m.	5	4



03:14:55 p.m.	5	4
03:15:05 p.m.	5	4
03:15:15 p.m.	5	4
03:15:25 p.m.	5	4
03:15:35 p.m.	5	4
03:15:45 p.m.	4	4
03:15:55 p.m.	4	4
03:16:05 p.m.	5	4
03:16:15 p.m.	5	4
03:16:25 p.m.	4	4
03:16:35 p.m.	4	4
03:16:45 p.m.	4	4
03:16:55 p.m.	4	4
03:17:05 p.m.	4	3
03:17:15 p.m.	4	3
03:17:25 p.m.	4	3
03:17:35 p.m.	4	3
03:17:45 p.m.	4	3
03:17:55 p.m.	4	3
03:18:05 p.m.	4	3
03:18:15 p.m.	4	3
03:18:25 p.m.	4	3
03:18:35 p.m.	4	3
03:18:45 p.m.	4	3
03:18:55 p.m.	4	3
03:19:05 p.m.	4	3
03:19:15 p.m.	4	3
03:19:25 p.m.	4	3
03:19:35 p.m.	4	3
03:19:45 p.m.	4	3
03:19:55 p.m.	4	3
03:20:05 p.m.	4	3
03:20:15 p.m.	4	3
03:20:25 p.m.	4	3
03:20:35 p.m.	4	3
03:20:45 p.m.	4	3



03:20:55 p.m.	4	3
03:21:05 p.m.	4	3