



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA SEDE AZOGUES

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del grado
académico de Ingeniero Electrónico.

TEMA:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE AD-
QUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN DE
DATOS PARA EL ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN UV. CASO
DE ESTUDIO: AZOGUES

Autor:

Fabián Antonio García Tarqui

Dirigido por:

Ing. Jean Paúl Mata Quevedo. MSc

AZOGUES - ECUADOR

2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Fabián Antonio García Tarqui con documento de identidad Nro. 030236554-9 manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Católica de Cuenca la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN UV. CASO DE ESTUDIO: AZOGUES"**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Católica de Cuenca, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Católica de Cuenca.

Azogues, septiembre de 2018

Fabián Antonio García Tarqui.
CI: 030236554-9

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de grado, presentado por el Sr. Fabián Antonio García Tarqui para optar por el título de INGENIERO ELECTRÓNICO, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Azogues, a los 25 días del mes de septiembre de 2018.

Firma:

Ing. Jean Paúl Mata Quevedo. MSc

C.I. 030145583-8

CERTIFICADO DE AUTORIA

El presente trabajo investigativo de proyecto profesional de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico, cuyo tema es "Diseño y construcción de un sistema de adquisición, procesamiento y visualización de datos para el análisis de la radiación UV. Caso de estudio: Azogues", corresponden al trabajo de investigación del autor, además certifico que he cumplido con todas las observaciones realizadas por el tribunal evaluador.

Estudiante:

Fabián Antonio García Tarqui

C.I. 030236554-9

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo, ser mi fortaleza e iluminar mi mente para concluir con mis estudios universitarios que ha sido una de las metas propuestas más importantes de mi vida.

Un agradecimiento especial a mis padres Juan García y María Cruz Tarqui por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante, por sus grandes sacrificios por verme triunfar y hacer de mí un profesional; sé que el camino no ha sido nada fácil pero juntos hemos superado todos los obstáculos, por haberme enseñado que, con perseverancia, dedicación y sobre todo humildad se pueden lograr cosas grandes en la vida. Muchas gracias por ser los pilares fundamentales en cada una de mis triunfos, me siento orgulloso de tener unos padres tan ejemplares y luchadores.

A toda mi familia en especial a mis hermanos Pablo y Carlos por creer en mí, por su preocupación, por quererme y apoyarme en todo momento, a mi hermana Sonia que a pesar de la distancia siempre ha sido como una madre para mí.

A mis profesores por ejercer con excelencia su labor. Un agradecimiento especial para mi director de tesis Ing. Jean Paúl Mata, por haberme guiado en el transcurso de la ejecución y elaboración del presente proyecto, ayudando en gran medida a cumplir uno de los triunfos más importantes de mi vida gracias a sus conocimientos y consejos impartidos hacia mi persona, que, a más de haber sido mi profesor, lo considero como un gran amigo que ha confiado y creído en mi durante toda mi formación académica.

Un agradecimiento general para todas aquellas personas que colaboraron con un granito de arena en el transcurso del presente proyecto.

Fabián.

DEDICATORIA

A mi compañera de batallas mi esposa Alexandra Castillo, por su amor, comprensión y paciencia en todos estos años brindándome el apoyo y fuerzas necesarias para no rendirme a pesar de las duras pruebas que se han presentado en mi vida personal y académica, permitiéndome culminar con este logro importante en mi vida. Para mi hijo Juan José que hace poco llego a alegrar mi vida siendo la razón más grande para seguirme superando en la vida y dar lo mejor de mí.

Fabián.

RESUMEN

El presente, expone el diseño, construcción e implementación de un sistema de adquisición de datos que permite el análisis de la radiación Ultra Violeta (UV) emitida por el sol en la ciudad de Azogues, y a su vez visualizar la misma mediante un indicador visual (semáforo solar). El sistema consiste en un sensor de radiación Zopt2201 para el monitoreo de la actividad solar en un periodo que comprende de 7:00 AM a 7:00 PM, dicho horario es controlado por medio de un módulo de reloj RTC que se encuentra sincronizado con un microcontrolador Arduino, que es el cerebro del proceso. Los datos obtenidos son almacenados en una memoria micro SD en un archivo de texto; una vez obtenido el dato del índice monitoreado el microcontrolador activa el indicador lumínico que corresponda según la escala de colores establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Durante el transcurso de seis meses se ha monitoreado la radiación solar, realizando un análisis de las variaciones que presentó el índice UV a lo largo de todo el día con un intervalo de tiempo de cinco minutos entre cada muestra, así como también el promedio de los datos recolectados en cada uno de los meses, dichas variaciones se encuentran representadas en gráficas de valores secuenciales.

Los detalles del proceso de diseño, construcción, implementación y resultados son presentados en el contenido de este documento y en los Anexos respectivos que dan fe del proceso realizado y de la adquisición de datos. Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros, este último siendo uno de los aspectos más importantes quedando propuesto la continuación del presente proyecto sea a corto o a largo plazo, con todo lo mencionado anteriormente se da cumplimiento a los objetivos planteados.

Palabras clave: Radiación UV, Semáforo UV, Arduino, Eagle, SketchUp.

ABSTRACT

The purpose of this present investigation is to expound the design - construction and implementation of a data acquisition system which allows analyzing the Ultra Violet (UV) radiation emitted by the sun over the city-Azogues, as well as visualize it by means of using a visual indicator (solar-traffic light). In order to monitor the solar activity in an arranged period of time, from 7:00 am to 19:00 pm, a system which consists of a Zopt2201 radiation sensor is used. This settled period of time is controlled by using a RTC clock module that is synchronized with an Arduino microcontroller, which is the brain of the process. The obtained data is stored in a micro SD memory in a text file. Once the monitored index data has been obtained, the microcontroller activates itself the accurate light indicator according to the color scale established by the World Health Organization (WHO).

For six months in a roll the solar radiation has been monitored, an analysis of the variations that the UV index showed throughout the day with a time interval of five minutes between each sample is done, as well as the average of the data collected in every single month respectively, these variations are being represented using graphs of sequential values.

The process of the designing detail, construction, implementation and outcomes are presented in the content of this document and in the respective Annexes that prove the process carried out and the data acquisition as reliable. Finally, the conclusions, recommendations and future work are presented, the prior one being one of the most important aspects, thus being recommended the continuance of the present project either short or long term, with all the aforementioned, the achievement of the proposed objectives is clear.

Keywords: UV radiation, UV traffic light, Arduino, Eagle, SketchUp.

Índice

Índice general	I
Índice de figuras.	VI
Índice de tablas.	IX
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación	3
1.3 Definición del Problema	3
1.4 Hipótesis	4
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos	5
1.6 Contribuciones de la tesis	5
1.6.1 Aporte teórico-metodológico	5
1.6.2 Aporte práctico	6
1.6.3 Novedad científica	6
1.7 Estado del arte	6
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
2.1 Radiación ultravioleta	8
2.1.1 Radiación UVA	9
2.1.2 Radiación UVB	9
2.1.3 Radiación UVC	9
2.2 Factores que inciden en la radiación solar	10
2.2.1 La altura del sol	10
2.2.2 La latitud	10
2.2.3 La nubosidad	10
2.2.4 La altitud	11
2.2.5 El ozono	12

2.3	Componentes de la emisión solar terrestre	12
2.3.1	Radiación directa	12
2.3.2	Radiación difusa	12
2.3.3	Radiación reflejada	12
2.3.4	Radiación global	12
2.4	Índice UV solar mundial	13
2.4.1	Comunicación del índice UV	13
2.4.2	Presentación gráfica del índice UV	14
2.5	Comunicación I2C	15
2.6	Arduino Mega 2560	18
2.7	Reloj DS1307 Tiny RTC	19
2.8	Módulo micro SD	20
2.9	Sensor Zopt2201	20
2.10	Electrónica de potencia	22
2.10.1	Optoacoplador	23
2.10.2	Transistores de potencia	24
2.10.3	Diodos	24
2.10.4	Relé 5V - 220V	25
3	SITUACIÓN ACTUAL ANTE LOS EFECTOS DE LA RADIA- CIÓN SOLAR	26
3.1	Situación actual del Ecuador ante los efectos de la radiación solar . .	26
3.1.1	Organización mundial de la salud	26
3.1.2	Sociedad de Lucha Contra el Cáncer del Ecuador (SOLCA) .	26
3.1.3	SOLCA Matriz Guayaquil	27
3.1.4	SOLCA Núcleo de Quito	27
3.1.5	SOLCA Núcleo de Cuenca	28
3.2	Situación actual en la ciudad de Azogues, frente a los cuidados de la radiación solar	29
3.2.1	Pregunta 1: Seleccione su Institución Educativa	30
3.2.2	Pregunta 2: ¿Conoce qué es la radiación ultra violeta (UV) emitida por el Sol?	31
3.2.3	Pregunta 2.1: ¿Cree que la radiación UV emitida por el Sol afecta a los ojos?	32
3.2.4	Pregunta 2.2: ¿Cree que esta radiación solar UV afecta a la piel?	33
3.2.5	Pregunta 3: ¿En qué horario cree usted que el sol quema más? .	34
3.2.6	Pregunta 4: ¿Ha recibido información acerca de la importancia de la protección solar, en el último año?	35
3.2.7	Pregunta 4.1: ¿Cómo se ha informado sobre la importancia de la protección solar? (Escoja la(s) opciones)	36
3.2.8	Pregunta 5: ¿Le gustaría contar en su establecimiento con un equipo que le muestre la radiación UV del Sol y cómo debería protegerse?	37

3.2.9	Pregunta 6: Si tuviera información del daño que pueda hacer el Sol cuando su nivel sea peligroso. ¿Qué haría?	38
3.3	Conclusiones del capítulo	39
4	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA	40
4.1	Introducción	40
4.2	Diseño electrónico	41
4.2.1	Etapa de alimentación	41
4.2.2	Reguladores de voltaje	42
4.2.2.1	Regulador lm7808	43
4.2.2.2	Regulador lm7805	43
4.2.2.3	Regulador lm1117	44
4.2.3	Diseño de la placa PCB de la etapa de control	45
4.2.3.1	Requerimientos para la construcción de la placa PCB de control	46
4.2.4	Diseño de la placa PCB de la etapa de potencia	47
4.2.4.1	Requerimientos para la construcción de la placa PCB de potencia	48
4.2.5	Indicadores lumínicos	50
4.2.5.1	Consumo de los leds RGB	52
4.3	Diseño Mecánico	53
4.3.1	Diseño de la caja para el sensor Zopt2201	53
4.3.2	Diseño de la caja para el semáforo UV	55
4.3.3	Diseño de la caja para el sistema de control	57
4.4	Construcción del sistema	57
4.4.1	Construcción de la etapa electrónica	58
4.4.2	Construcción de la etapa mecánica	59
4.5	Diagrama de flujo de programación	63
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS	65
5.1	Determinación de la ubicación del equipo	65
5.1.1	Implementación del semáforo UV en el Campus Universitario	67
5.2	Toma de muestras	68
5.3	Análisis de resultados	70
6	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	79
6.1	Conclusiones	79
6.2	Recomendaciones	80
6.3	Trabajos futuros	81
	Bibliografía	82
	Anexos	85

A Encuestas	85
A.1 Formulario utilizado para las encuestas	86
A.2 Fotografías de la aplicación de las encuestas	88
B Diseño de las placas PCB	89
B.1 Diseño y dimensiones de la placa PCB de control	90
B.2 Diseño y dimensiones de la placa PCB de Potencia	91
C Diseño mecánico	92
C.1 Diseño de la caja para el sensor Zopt2201	93
C.1.1 Cara delantera de la caja para el sensor Zopt2201	93
C.1.2 Cara trasera de la caja para el sensor Zopt2201	94
C.1.3 Cara lateral de la caja para el sensor Zopt2201	95
C.1.4 Cara inferior de la caja para el sensor Zopt2201	96
C.1.5 Vista superior de la caja para el sensor Zopt2201	97
C.2 Diseño del semáforo UV	98
C.2.1 Estructura y dimensiones del diseño del semáforo UV	98
C.2.2 Estructura y dimensiones interior del diseño del semáforo UV	99
C.2.3 Estructura y dimensiones interior del soporte para los indica- dores lumínicos del diseño del semáforo UV	100
C.2.4 Vista de la tapa posterior del semáforo UV	101
C.3 Estructura y dimensiones del diseño de la caja de control	102
C.3.1 Vista del diseño y dimensiones de la parte delantera de la caja de control	102
C.3.2 Vista del diseño y dimensiones de la parte trasera de la caja de control	103
C.3.3 Vista del diseño y dimensiones de la parte lateral de la caja de control	104
C.3.4 Vista del diseño y dimensiones de la base de la caja de control	105
C.3.5 Vista de la tapa del diseño y dimensiones de la base de la caja de control	106
D Programación de Arduino	107
D.1 Programa principal de Arduino	108
D.2 Programa secundario de Arduino	116
E Lecturas diarias del periodo de monitoreo Marzo - Agosto	126
E.1 Lecturas diarias del mes de marzo	127
E.2 Lecturas diarias del mes de abril	129
E.3 Lecturas diarias del mes de mayo	131
E.4 Lecturas diarias del mes de junio	133
E.5 Lecturas diarias del mes de julio	135
E.6 Lecturas diarias del mes de Agosto	137
F Abstract emitido por el Centro de Idiomas de la Universidad Ca- tólica De Cuenca	139

G	Informe final de tutoría de tesis	141
H	Permiso del autor de tesis para subir al repositorio institucional	143
I	Certificado del Bibliotecario de la Sede Azogues	145
J	Informe de originalidad emitido por la Universidad Católica de Cuenca por el sistema anti plagio (Turnitin)	147

Índice de Figuras

2.1	Espectro de luz	8
2.2	Penetración de la radiación UV en la piel	9
2.3	Relación altura - radiación UV	10
2.4	Factores que inciden en la radiación UV	11
2.5	Componentes de la emisión solar terrestre	13
2.6	Niveles de radiación UV y sus recomendaciones	14
2.7	Mensajes de prevención	14
2.8	Presentación grafica del IUV	15
2.9	Inicio de la comunicación I2C	16
2.10	Trama del protocolo I2C	17
2.11	Secuencia de parada de la comunicación I2C	17
2.12	Esquema de comunicación I2C	18
2.13	Tarjeta Arduino Mega 2560	18
2.14	Entorno de programación Arduino	19
2.15	Conexión del módulo micro SD	20
2.16	Sensor Zopt2201	20
2.17	Diagrama de bloques del sensor Zopt2201	21
2.18	Rango del espectro del sensor UV	22
2.19	Sistema de control y potencia	23
2.20	Optoacoplador 4N35	24
2.21	Esquema de un diodo.	25
2.22	Arquitectura de un relé	25
3.1	Tasa estandarizada de tumores malignos de piel en la ciudad de Guayaquil por cada 100.000 habitante	27
3.2	Tasa estandarizada de tumores malignos de piel en la ciudad de Quito por cada 100.000 habitantes	28

3.3	Tasa estandarizada de tumores malignos de piel en la ciudad de Cuenca por cada 100.000 habitantes	28
3.4	Mapa de Azogues de las Instituciones Educativas Encuestadas	29
3.5	Pregunta 1	30
3.6	Pregunta 2	31
3.7	Resultados de la pregunta 2.1	32
3.8	Resultados de la pregunta 2.2	33
3.9	Resultados de la pregunta 3.	34
3.10	Resultados de la pregunta 4	35
3.11	Resultados de la pregunta 4.1	36
3.12	Resultados de la pregunta 5	37
3.13	Resultados de la pregunta 6	38
4.1	Diagrama de bloques del diseño electrónico	41
4.2	Fuente de poder 12V-3.3A	42
4.3	lm7808	43
4.4	lm7805	44
4.5	lm1117	44
4.6	Placa PCB de control	47
4.7	Esquema de potencia para el relé	48
4.8	Placa PCB de potencia	50
4.9	Colores establecidos por la OMS para los indicadores lumínicos	50
4.10	Indicadores led RGB con controlador	52
4.11	Diagrama de bloques para el diseño mecánico	53
4.12	Diseño de la caja para el sensor Zopt2201	54
4.13	Estructura de la caja para el sensor Zopt2201	54
4.14	Estructura del semáforo UV	55
4.15	Diseño posterior del semáforo	56
4.16	Diseño de la caja de control	57
4.17	Placas PCB de control y potencia	58
4.18	Placas PCB de control y potencia soldada	59
4.19	Archivos de corte láser para la máquina	60
4.20	Máquina de corte láser	60
4.21	Implementación de la caja del sensor Zopt2201	61
4.22	Caja de control armada	61
4.23	Peso y caja de control implementado	62
4.24	Peso y semáforo implementado	62
4.25	Algoritmo de programación del sistema	64
5.1	Hospital Universitario Católico	66
5.2	Ubicación del Hospital Universitario Católico	66
5.3	Semáforo UV implementado indicando un nivel extremo el 03-08-2018 a las 12:41	67
5.4	Semáforo UV. Indica: NIVEL BAJO. Fecha: 06-08-2018. Hora: 15:40	68
5.5	Fragmento del archivo almacenado en la micro SD	70
5.6	Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV del 14-05-2018	72

5.7	Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de marzo del 2018	73
5.8	Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de abril del 2018	74
5.9	Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de mayo del 2018	75
5.10	Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de junio del 2018	76
5.11	Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de julio del 2018	77
5.12	Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de agosto del 2018	78

Índice de Cuadros

2.1	Pines de conexión del protocolo I2C	16
2.2	Valores decimales con sus equivalentes BCD	19
2.3	Propiedades y características del sensorZOPT2201	22
3.1	Universo de estudio.	30
3.2	Resultados de la pregunta 2	31
3.3	Resultados de la pregunta 2.1	32
3.4	Resultados de la pregunta 2.2	33
3.5	Resultados de la pregunta 3	34
3.6	Resultados de la pregunta 4	35
3.7	Resultados de la pregunta 4.1	36
3.8	Resultados de la pregunta 5	37
3.9	Resultados de la pregunta 6	38
4.1	Características de la fuente de poder	42
4.2	Características del regulador lm7808	43
4.3	Características del regulador lm7805	44
4.4	Características del regulador lm1117	45
4.5	Elementos y pines de conexión Arduino Mega	45
4.6	Requerimientos para el diseño de la PCB de control	46
4.7	Elementos para la placa PCB de potencia	48
4.8	Requerimientos para el diseño de la PCB de control	49
4.9	Normativa de los grados de protección IP	51

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

La radiación proveniente del sol emite luz, calor y radiación UV¹, la misma que abarca un intervalo de 100 a 400 nm² dividido en tres bandas:

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

La radiación solar es un efecto natural presente todos los días que a pesar de ser indispensable para la vida terrestre puede resultar peligroso al alcanzar sus niveles más extremos, debido a que puede causar problemas de salud como enfermedades agudas y crónicas que afectan directamente la piel, los ojos y el sistema inmunitario.[Franco Pallo, 2017]

Según la [World Health Organization, 2003] (OMS³), en su artículo denominado guía práctica del índice UV solar mundial, uno de los efectos más conocidos es el bronceado de la piel, que se trata de una quemadura solar debido a una exposición excesiva que producirá el envejecimiento de la piel de forma prematura, debido a la degeneración de las células pertenecientes a los vasos sanguíneos y del tejido fibroso.

¹Ultravioleta

²Nano metros

³Organización Mundial de la Salud

En cuanto a los efectos crónicos que generan mayor preocupación en la sociedad según la [World Health Organization, 2003] son: el cáncer de la piel y las cataratas, produciéndose un aproximado de dos y tres millones de casos de cáncer de piel por año en todo el mundo; entre 12 y 15 millones de personas padecen de ceguera causada por cataratas, aproximadamente un veinte por ciento de casos de ceguera han sido causados por la exposición a los rayos solares, especialmente en los países que forman parte del llamado “cinturón de cataratas” que comprende toda la zona cercana a la línea ecuatorial.

En la actualidad ha surgido una gran preocupación a nivel mundial en torno al cambio climático, entre uno de ellos, la fuerte radiación solar que aqueja al planeta producido por el agotamiento de la capa de ozono; por ende, sus niveles de emisión solar se sienten con mayor intensidad. En los últimos años en el Ecuador se han colocado solmáforos como medida de prevención y monitoreo por parte del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología⁴ ubicado en las provincias de: Carchi, Manabí, Pichincha, Los Ríos, Pastaza, Chimborazo, Santa Elena, Azuay y Loja, en los cuales al acceder a su portal web permite visualizar un histograma de los datos del índice UV, los cuales se encuentran en una actualización constante⁵.

El sistema de adquisición, procesamiento y visualización de datos para el análisis de la radiación UV en el cantón Azogues, permitirá monitorear y estudiar de forma eficiente el comportamiento de la emisión de los rayos solares por aproximadamente seis meses, también para la validación de la presente tesis es indispensable conocer la situación actual de los hábitos de protección solar en las personas de la localidad, mediante la aplicación de encuestas dirigidas a estudiantes de Educación Básica y Bachillerato de diferentes Instituciones Educativas elegidas de forma estratégica.

El desarrollo del presente proyecto de tesis tiene como objetivo primordial lograr la obtención de datos de una manera clara y fácil de comprender, la cual comienza con el desarrollo de un sistema de monitoreo para poder obtener los datos y almacenarlos en un módulo micro SD, compatible con la tarjeta de hardware libre Arduino, además de la construcción de un semáforo solar, el cual contará con indicadores lumínicos de acuerdo con el nivel de radiación solar establecido por la [World Health Organization, 2003], los cuales constan de cinco niveles: nivel bajo, moderado, alto, muy alto y extremadamente alto. Finalmente se pretende analizar de forma estadística los datos almacenados durante todo el tiempo de monitoreo y validar el equipo mediante conclusiones y recomendaciones, mostrando las bondades y ventajas del sistema.

⁴INAMHI

⁵Cada diez minutos

1.2 Justificación

El desarrollo del presente proyecto de tesis busca como objetivo primordial lograr la obtención de datos de una manera clara y fácil de comprender, la cual comienza con el desarrollo de un sistema de monitoreo para poder obtener los datos y almacenarlos en un módulo micro SD, compatible con la tarjeta de hardware libre Arduino, además de la construcción de un semáforo solar, el cual contara con indicadores lumínicos de acuerdo con el nivel de radiación solar establecido por la [World Health Organization, 2003], los cuales constan de cinco niveles: nivel bajo, moderado, alto, muy alto y extremadamente alto; finalmente se pretende analizar de forma estadística los datos almacenados durante todo el tiempo de monitoreo

De manera práctica se implementarán los conocimientos adquiridos durante toda la carrera profesional que serán de gran ayuda para el desarrollo de la tesis, el mismo que al ser un proyecto netamente técnico requiere de varias pruebas hasta obtener los resultados esperados en la programación y armado del sistema de monitoreo.

En el campo laboral el cuidado del medio ambiente cada vez toma más importancia en la sociedad, para lo cual la tecnología toma un papel importante para el monitoreo de factores ambientales como la radiación UV, temperatura, emanación de gases, calidad del aire etc. Para lo cual se requiere de profesionales en el área de Ingeniería Electrónica para el diseño e implementación de tales sistemas.

Como profesional de la electrónica se busca dar una solución confiable e innovadora en la concientización de la sociedad acerca de los factores ambientales que aqueja el planeta en los últimos años debido a la contaminación ambiental, dicho proyecto supone una lucha constante contra los cambios climáticos buscando ser sistemas de monitoreo visualmente informativos, llamativos e innovadores.

1.3 Definición del Problema

El índice solar UV mundial (IUV) se trata de una medida de la intensidad de la radiación solar UV en la superficie terrestre, expresado en un valor superior a cero, mientras más alto sea el índice solar aumenta considerablemente la probabilidad, de padecer lesiones cutáneas y oculares.[World Health Organization, 2003]

Los rayos provenientes del sol ingresan a la tierra con mayor facilidad debido al agotamiento que presenta la capa de ozono, produciendo efectos negativos sobre la salud. Según la [Organización de Salud Panamericana et al., 2011] los países ubicados en latitudes cercanas a la línea ecuatorial, con ciudades mayores a 2.000 metros sobre el nivel de mar tienen una probabilidad más alta de exposición solar, debido

a que esta aumenta de un 10% a un 12% por cada mil metros de altitud.

Según [Guamán et al., 2017] la ciudad de Azogues cuenta con un relieve irregular que oscila entre los 2200 y 3802 metros sobre el nivel del mar. Tomando en cuenta los parámetros mencionados anteriormente por la Organización de Salud Panamericana, se concluye que Azogues es propenso a recibir una gran cantidad de radiación solar, debido a que su altitud es mayor a los 2000 metros sobre el nivel del mar y que pertenece a un país por donde atraviesa la línea ecuatorial.

Azogues al ser una ciudad con alta probabilidad de radiación solar no cuenta con un equipo electrónico de monitoreo⁶, que permita conocer en tiempo real los niveles de radiación UV y sus respectivos efectos, que puede provocar en las personas.

El proyecto que se pretende desarrollar da inicio con el diseño y construcción de un equipo electrónico con la finalidad de recolectar datos de la radiación UV, dichos resultados serán procesados y analizados de acuerdo a las normativas de la OMS, respecto a la exposición de los seres humanos a la radiación solar.

Una de las finalidades de la ejecución del presente proyecto es contar con información real de la radiación UV en la ciudad, los cuales permitirán que se puedan realizar estudios posteriores a partir de los datos recolectados.

La [World Health Organization, 2003], afirma que se necesita urgentemente programas de protección solar con el fin de dar a conocer los peligros que conlleva los rayos solares en la salud, con el fin de concientizar a la sociedad a un cambio de estilo de vida que frenen el aumento de casos de cáncer de piel en todo el mundo.

1.4 Hipótesis

Se implementará un sistema de monitoreo de radiación UV, que generará una cultura de protección ante la exposición de los rayos solares a los estudiantes de las escuelas y colegios centrales de Azogues, mediante una herramienta visual informativa.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Diseñar y construir, un equipo electrónico de monitoreo de radiación solar, a través de la implementación de sensores y un algoritmo de programación basado en

⁶solmáforo

Arduino, en la Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues, con la finalidad de recolectar datos y proporcionar una herramienta informativa en tiempo real sobre los niveles de radiación UV.

1.5.2 Objetivos específicos

- Fundamentar las teorías base para el desarrollo del proyecto, mediante el estudio del estado del arte para verificar la situación actual sobre la medición de la radiación UV.
- Determinar la situación actual sobre el cuidado de la radiación solar en el país, de manera concreta en la ciudad de Azogues, por medio de encuestas dirigidas a estudiantes de los colegios centrales, para proponer un diseño de un sistema informativo de monitoreo de radiación UV.
- Diseñar e implementar un sistema capaz de captar la radiación solar, mediante la implementación de un equipo electrónico, que proporcionará información en tiempo real de los niveles de radiación UV.
- Realizar pruebas y validar el equipo mediante el análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones.

1.6 Contribuciones de la tesis

1.6.1 Aporte teórico-metodológico

El presente proyecto permitirá conocer de forma real la situación de la ciudad de Azogues en cuanto a los niveles UV, basándose en diferentes teorías y estudios realizados sobre el tema, los cuales permitirán mostrar aportes importantes al conocimiento, información y uso de sistemas de monitoreo de radiación solar ayudando a concientizar sobre un problema de carácter natural y mundial.

El desarrollo del proyecto se basa en la recolección de información base sobre, los elementos a ser usados para el armado del sistema de monitoreo. El mismo que será controlado mediante un microcontrolador, el cual se encargará de recolectar y guardar los datos de la radiación UV, para luego ser accionados de forma lumínica con diferentes colores para los niveles establecidos por la OMS.

1.6.2 Aporte práctico

La presente tesis permitirá desarrollar un sistema capaz de monitorear la radiación solar mediante el uso de una estructura basada en sensores, actuadores e indicadores visuales de colores que han sido establecidos por la OMS para cada uno de los niveles UV.

1.6.3 Novedad científica

La ciudad de Azogues en la actualidad no cuenta con un sistema de monitoreo de radiación solar UV denominado solmáforo, por lo cual resultaría interesante y llamativo para la ciudadanía atrayendo su atención y a la vez informándose sobre el tema. Las nuevas tendencias tecnológicas de ciudades inteligentes apuntan a que las ciudades se vean de mejor manera en función de la automatización, sistemas de seguridad, internet de las cosas e información, las mismas que gracias a las redes inteligentes podrían integrar una gran variedad de tecnologías.

1.7 Estado del arte

[López and Mancheno, 2016] presentan el diseño e implementación de un sistema electrónico de monitoreo para la difusión de índices de radiación solar en la Universidad Superior Politécnica de Chimborazo⁷ ubicada en la ciudad de Riobamba-Ecuador. Las autoras mencionan que se inició con el estudio de diversos sistemas de monitoreo de variables de medición solar, capaz de adquirir datos autosustentables mediante la utilización de energía solar para el funcionamiento del sistema, como siguiente paso proceden a aplicar un análisis de los valores establecidos por la OMS.

Para indicar los índices de la radiación solar en tiempo real diseñaron un sitio web para la visualización de datos, pero en la actualidad no se encuentra funcionando el link⁸ proporcionado en el documento de titulación pertinente.

La autora [Alquinga Arequipa, 2017] presenta el diseño e implementación de un dispositivo Wearable⁹ para atletas que realizan montañismo con la finalidad de que puedan contar con información importante en cuanto a factores ambientales como, por ejemplo: temperatura, humedad, rayos UV y presión atmosférica. El dispositivo es capaz de conectarse a un Smartphone mediante conexión bluetooth, los datos monitoreados son enviados a una base de datos web y en caso de no tener conexión

⁷ESPOCH

⁸infosolarespoch.com/web/

⁹Tecnología vestible

para enviar los datos a la web estos son almacenados en una memoria micro SD.

Los resultados presentados por la autora son en gran parte positivas; por otro lado, se presentan problemas de diseño y construcción en cuanto a la protección del dispositivo ya que al estar a la intemperie y sometido a movimientos bruscos no presenta protección al agua, polvo y una sujeción confiable a la bicicleta.

El [INAMHI, 2015] monitorea un total de quince parámetros ambientales diario entre ellos la radiación solar. Los sensores UV se encuentran ubicados en once estaciones, de las cuales diez cuentan con un radiómetro eritemal y una con un espectrofotómetro Brewer¹⁰; de esta manera el INAMHI realiza estudios para generar predicciones a través de comparaciones, basándose en el historial de mediciones de años atrás. Toda la información en tiempo cuasi real se lo puede visualizar ingresando a su página web¹¹ donde se puede elegir el parámetro de vuestro interés.

La [Secretaría de Ambiente, 2018] cuenta con una red de sensores ambientales distribuidos en diferentes puntos estratégicos de la ciudad, entre ellos tres solmáforos: uno al norte de la ciudad en el parque bicentenario, otro en el centro de la ciudad ubicado en el parque Itchimbia y el ultimo al sur de la ciudad ubicado en el parque de las cuadras, la información es recolectada en intervalos de diez minutos debido a que es el tiempo mínimo para que se produzcan eritemas en las personas de piel blanca, dichos datos es procesado y almacenado en el sitio web¹² de la Secretaría del Ambiente de Quito en la cual se puede acceder en tiempo real a los datos del índices UV y lecturas históricas de fechas anteriores.

¹⁰Instrumentos de medición de la intensidad de los rayos UVA y UVB

¹¹<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/plugins/wp-banners-lite/redirect.php?id=db44723395f059db053ccf9c91ce27c7>

¹²<http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/radiacion-ultravioleta-app>

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Radiación ultravioleta

La radiación UV se la puede definir como una luz solar radiante electromagnética establecida en un rango de 100 a 400 nm, siendo longitudes de onda no perceptibles para el ojo humano; sin embargo no toda esta radiación logra alcanzar la superficie de la tierra, debido a que la atmósfera¹³ absorbe las ondas UVC completamente, mientras que solamente un diez por ciento de radiación UVB logra ingresar, a diferencia de la UVA que ingresa en mayor medida. La medición de la irradiación solar tanto por unidad de tiempo como por área está dada en vatio por metro cuadrado (W/m^2).[Franco Pallo, 2017]

Para confirmar lo expuesto anteriormente en la Figura 2.1; se puede observar que los rayos UVA,UVB y UVC, se encuentran por debajo del espectro de la luz visible e infrarroja.

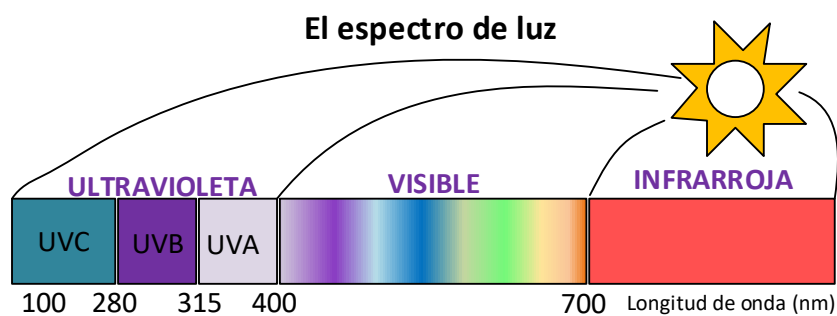


Figura 2.1: Espectro de luz

Fuente: Autor

¹³el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono

2.1.1 Radiación UVA

La longitud de onda de la radiación UVA oscila entre los 315 a 400 nm, constituyendo un gran porcentaje del total de la radiación presente debido a que ingresa con mayor facilidad a través de la capa atmosférica, siendo sus efectos dañinos para el ser humano. Si está llegara a asociarse con la radiación UVB, sus efectos se potenciarían provocando no solo quemaduras solares y envejecimiento sino también cáncer a la piel debido a la exposición prolongada, ya a que para está radiación no existe un método determinado de factor de protección.[López and Mancheno, 2016, Guerra Tapia, 2018, Zaragozano et al., 2016]

2.1.2 Radiación UVB

Su longitud de onda varía de 280 a 315 nm. Esta ingresa a la tierra en un porcentaje aproximado del diez por ciento por lo cual es más inofensiva que la radiación UVA, aunque sus efectos son similares pues provoca quemaduras, conjuntivitis, cataratas y cáncer de piel debido a que esta radiación es absorbida por el estrato córneo de la epidermis hasta en un setenta por ciento, tal como se muestra en la Figura 2.2. [A., Guzmán and T., Quizhpe, 2016, S., Olarte et al., 2016]

2.1.3 Radiación UVC

Se encuentra dentro del rango de 100 a 280 nm, siendo ondas cortas de mayor intensidad, sin embargo son inofensivas debido a que la capa de ozono las absorbe en su totalidad, de no ser así serían completamente peligrosas y no existiría vida en la tierra.[A., Guzmán and T., Quizhpe, 2016]

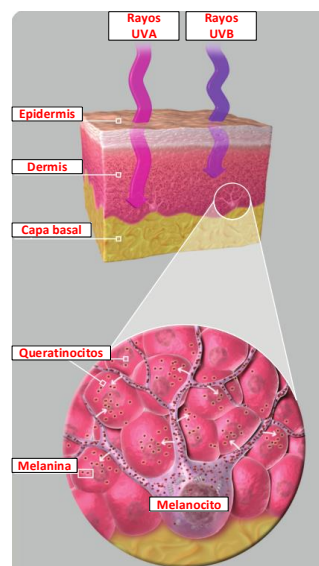


Figura 2.2: Penetración de la radiación UV en la piel
[Enviromental Health Perspectives, 2013]

2.2 Factores que inciden en la radiación solar

Los factores que influyen en los niveles de radiación solar son los mencionados a continuación: la altura del sol, la latitud, la nubosidad, la altitud, el ozono y la reflexión por el suelo ¹⁴, siendo únicamente cinco de ellos los que tienen mayor impacto en la ciudad de Azogues los mismos que son detallados en los siguientes párrafos.

2.2.1 La altura del sol

La guía práctica de radiación solar según [World Health Organization, 2003], afirma que, mientras mayor sea la altura del sol, mayor será la intensidad de la emisión UV como se observa en la Figura 2.3; por este motivo, alrededor del mediodía cuando el sol alcanza su máxima altura es recomendable estar bajo la sombra para evitar quemaduras graves.

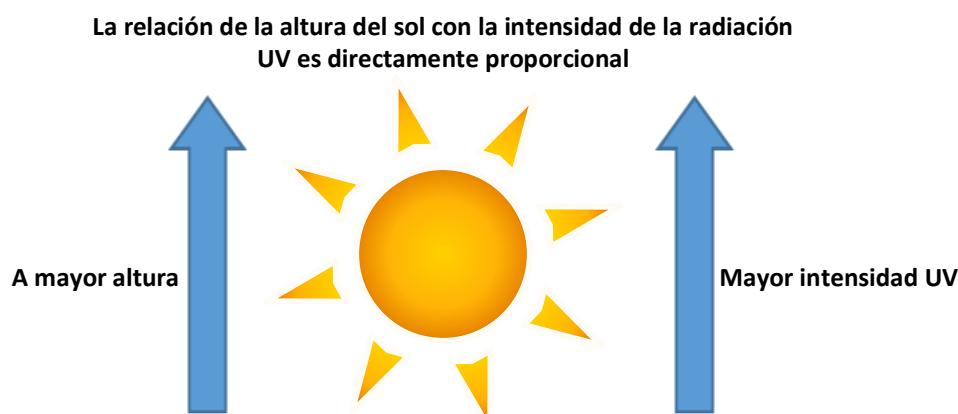


Figura 2.3: Relación altura - radiación UV
Fuente: Autor

2.2.2 La latitud

A medida que más cerca se encuentre un individuo del ecuador mayor será la potencia de la radiación UV a la que este expuesto [González Ruelas et al., 2014]. Por esta razón, Ecuador es más propenso a recibir dosis altas de emisión UV, debido a que la línea ecuatorial atraviesa por el país.

2.2.3 La nubosidad

La emisión de la radiación ultravioleta se ve influenciada por la nubosidad, debido a que las nubes filtran parcialmente la radiación pues muchas veces intensifican la radiación difusa que rebota en ellas, siendo únicamente las nubes más oscuras y densas

¹⁴Nieve, arena de la playa y la espuma del agua del mar

aquellas que no permiten el paso de la radiación directa.[González Ruelas et al., 2014]

2.2.4 La altitud

Con respecto a la altitud cabe recalcar que cada 1000 metros de altura la radiación UV puede aumentar entre un 10% a 12%, producida por la disminución de la presión atmosférica, razón por la cual los rayos solares son emitidos de forma directa siendo más intensos. [González Ruelas et al., 2014]

Para aclarar lo expuesto anteriormente se presenta la Figura 2.4 en la cual se explica brevemente los factores que influyen en la radiación solar.

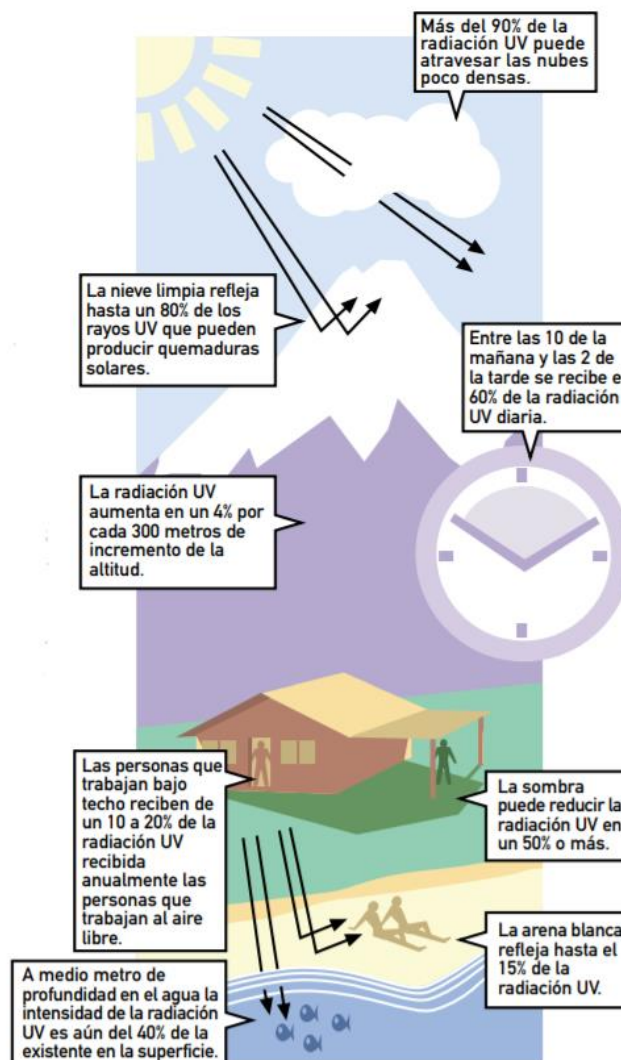


Figura 2.4: Factores que inciden en la radiación UV [World Health Organization, 2003]

2.2.5 El ozono

Este factor es el de mayor importancia ya que esta capa absorbe directamente la radiación, permitiendo unicamente el ingreso de un porcentaje de la misma, es importante comprender que la concentración de ozono puede variar constantemente a lo largo del día y del año.[World Health Organization, 2003]

Cabe recalcar que la reflexión por el suelo es un factor que afecta exclusivamente al sector costero por lo tanto no tiene ningún impacto en la radiación emitida en la ciudad.

2.3 Componentes de la emisión solar terrestre

2.3.1 Radiación directa

Hace referencia a los rayos provenientes directamente del disco solar, la cual no se ve afectada por las diferentes capas atmosféricas y se caracteriza por proyectar una sombra en los objetos opacos que la interceptan.[Esquivel Silva, 2017]

2.3.2 Radiación difusa

Es la radiación cuya dirección ha sido modificada o dispersada en diferentes direcciones debido a los gases atmosféricos y a la interacción con las moléculas del aire. La radiación difusa esparcida por las nubes se la conoce como el efecto de dispersión de Rayleigh caracterizada por una coloración azul en el cielo a causa de que su longitud de onda se encuentra dentro del espectro azul electromagnético.[Esquivel Silva, 2017]

2.3.3 Radiación reflejada

Se refiere a la radiación reflejada por la superficie terrestre o por un objeto sólido como una casa, un edificio etc. Este componente se calcula al existir una inclinación con respecto al suelo, caso contrario no existe.[Lema and Zuleta, 2015]

2.3.4 Radiación global

Es la suma de todas las radiaciones mencionadas anteriormente, obteniendo la radiación total que incide sobre la superficie terrestre la misma que viene definida por la ecuación 2.1 emitida por el autor [Marengo Moreira et al., 2017]. En la Figura 2.5 se mencionan los componentes de la emisión solar terrestre.

$$R_{global} = directa + difusa + reflejada \quad (2.1)$$

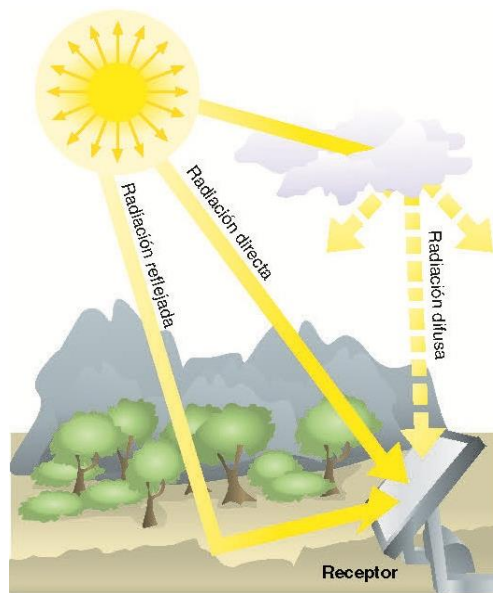


Figura 2.5: Componentes de la emisión solar terrestre [Marenco Moreira et al., 2017]

2.4 Índice UV solar mundial

Con la finalidad de crear conciencia y advertir sobre los riesgos de la radiación UV solar mundial la [World Health Organization, 2003] optó por establecer una medida para conocer la intensidad UV solar con el objetivo de dirigirse a las poblaciones más vulnerables y con exposición alta como niños y turistas. El índice es expresado con un valor superior a cero, mientras más alto, mayor probabilidad de lesiones relacionadas con la piel, la vista y el tiempo de exposición requerido para la aparición de las mismas es menor.

Los niveles de radiación UV mundial se dividen en cuatro grupos dependiendo de la intensidad solar [World Health Organization, 2003]. Los niveles y colores utilizados son: verde para UV bajo (de 0 a 2), amarillo para UV moderado (de 3 a 5), el naranja con un valor alto (de 6 a 7), el rojo para niveles muy altos (de 8 a 10) y morado para índices extremadamente altos (igual o superior a 11) como se puede observar en la Figura 2.6. De este modo se puede comprender el riesgo de la exposición solar en un día y hora determinada.

2.4.1 Comunicación del índice UV

La [World Health Organization, 2003] recomienda que los indicadores solares debe contar con mensajes sencillos y fáciles de recordar para cualquier persona, como se puede observar en la Figura 2.7.

En muchos países la información del índice solar, se da en periódicos, televisión y la radio, por tal motivo es importante dar a conocer la intensidad UV por medio de una herramienta visualmente informativa y en tiempo cuasi real con

Índice UV	Protección	Acción de protección
0 - 2	Bajo	Mínima protección solar. Más de una hora expuesto a la luz solar. Se requiere guantes y protector solar
3 - 5	Moderado	Tomar precauciones. Usar sombrero, gafas y protector solar si se expone al sol por 45 minutos o más
6 - 7	Alto	Se requiere protección como sombrero, lentes y protector solar debido a daños causados en la piel al exponerse por más de 30 min.
8 - 10	Muy Alto	Se requiere extrema precaución. Usar sombrero, lentes y protector solar de lo contrario la piel puede sufrir daños y quemaduras al exponerse por más de 20 minutos.
+11	Extremo	Tomar todas las precauciones necesarias. Los daños y quemaduras en la piel se presentan en minutos, es recomendable no salir.

Figura 2.6: Niveles de radiación UV y sus recomendaciones
Fuente: Autor



Figura 2.7: Mensajes de prevención [World Health Organization, 2003]

la implementación de semáforos solares en puntos estratégicos. De este modo la [World Health Organization, 2003] expresa que los niveles UV deben ser comunicados en un máximo diario de treinta minutos y en un valor único redondeado, en caso de disponer de observaciones continuas es importante utilizar valores medios cada cinco o diez minutos con la finalidad de mostrar los cambios a corto plazo.

2.4.2 Presentación gráfica del índice UV

Con la finalidad de comprender el concepto de IUV¹⁵, se establece de forma gráfica y normalizada por la [World Health Organization, 2003]; las cuales pueden ser presentadas tanto en noticias como reportajes del tiempo ayudando así a mejorar la comprensión sobre la protección solar y sus respectivos cuidados dependiendo el nivel de radiación UV, como se puede observar en la Figura 2.8.

¹⁵índice UV



Figura 2.8: Presentación grafica del IUV [World Health Organization, 2003]

2.5 Comunicación I2C

En sus inicios el protocolo de comunicaciones I2C¹⁶ fue desarrollado por Philips Semiconductors en el año de 1982. Este tipo de comunicaciones trabaja de forma sincrónica con los dispositivos que formen parte del protocolo antes mencionado. [Utande Estallo, 2017]

El bus de comunicaciones I2C tiene dos modos de trabajo conocidos como: maestro y esclavo; en donde el dispositivo configurado como maestro es quien inicia la comunicación, mientras el esclavo es quien realiza las acciones que el maestro requiere. La comunicación I2C puede ser usada con múltiples maestros y esclavos, dentro del mismo bus de comunicaciones. [Yepes Valencia and Fernández Mesa, 2016].

Para el funcionamiento del protocolo de comunicación I2C, es necesario contar con cuatro líneas de conexión que se detallan en el cuadro 2.1.

¹⁶Inter integrated circuits

Cuadro 2.1: Pines de conexión del protocolo I2C
Fuente: Autor

PIN	Descripción
VCC	Es la alimentación para la comunicación I2C A 5V
GND	Todos los GND deben ser comunes entre los dispositivos conectados
SDA	(Serial Data)Línea de comunicación por donde circula toda la información entre dispositivos
SCL	(Serial Clock) Está línea es utilizada para la sincronización entre dispositivos mediante pulsos de reloj

Para establecer la comunicación I2C se cuenta con una única línea de datos, razón por la cual dentro de la programación del microcontrolador se debe indicar siempre hacia donde va dirigido cada dato, debido a que es necesario realizar un control de acceso al bus de datos, puesto que el mismo solo puede transmitir un dato a la vez, es por ello que la comunicación debe ser sincronizada al usar varios dispositivos que usen el protocolo I2C.[Yepes Valencia and Fernández Mesa, 2016].

Los dispositivos denominados maestros son los únicos que pueden iniciar una comunicación controlando la línea SCL, por ende, los dispositivos esclavos están siempre a la espera de recibir una petición de datos enviando la información por la línea SDA, es por dicho evento que ningún otro dispositivo podrá comunicarse mientras la línea SDA no sea liberada.

En la Figura 2.9 se puede observar la ilustración del inicio de una comunicación I2C, donde la condición inicial es que el bus tenga sus dos líneas en alto, pudiendo ser usada la comunicación por cualquier dispositivo maestro estableciendo una condición conocida como Start; esta condición se da cuando el maestro pone en estado bajo la línea de datos (SDA) iniciando la transferencia de datos, mientras que la línea SCL sigue en estado lógico alto.

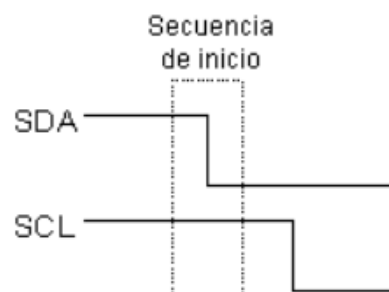


Figura 2.9: Inicio de la comunicación I2C
Fuente:[Yepes Valencia and Fernández Mesa, 2016]

Los datos son transferidos en una trama de 8 bits (véase la Figura 2.10) colocados en la línea SDA comenzando por el bit más significativo. Una vez activado el bit en SDA, se pone en alto la línea SCL, el octavo bit (R/W) indica si el maestro está leyendo o escribiendo el dato, mientras que por cada 8 bits transferidos, el esclavo envía de regreso un bit adicional (ACK) de reconocimiento, si el bit recibido es bajo indica que ha recibido el dato y está listo para aceptar otro byte, caso contrario el dispositivo colocará la línea SDA en un nivel lógico alto indicando que no puede recibir más datos, terminando así la comunicación como se visualiza en la Figura 2.11.[Yepes Valencia and Fernández Mesa, 2016]

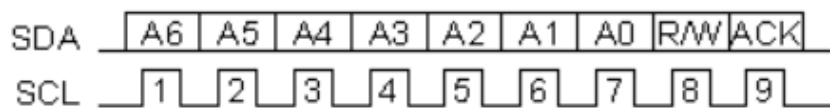


Figura 2.10: Trama del protocolo I2C
Fuente:[Yepes Valencia and Fernández Mesa, 2016]

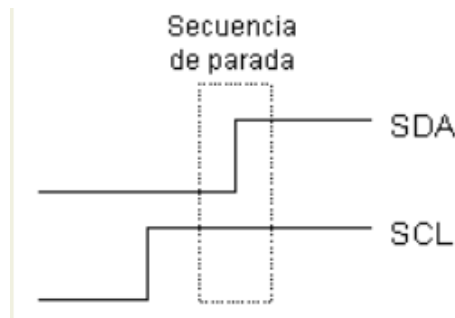


Figura 2.11: Secuencia de parada de la comunicación I2C
Fuente:[Yepes Valencia and Fernández Mesa, 2016]

En este caso sólo será usado un Arduino Mega como maestro, mientras que los dispositivos esclavos son: un reloj RTC¹⁷ y un sensor Zopt2201. En la Figura 2.12; se observa un diagrama de bloques de la comunicación I2C, que será utilizado en el presente proyecto.

¹⁷Reloj en tiempo real

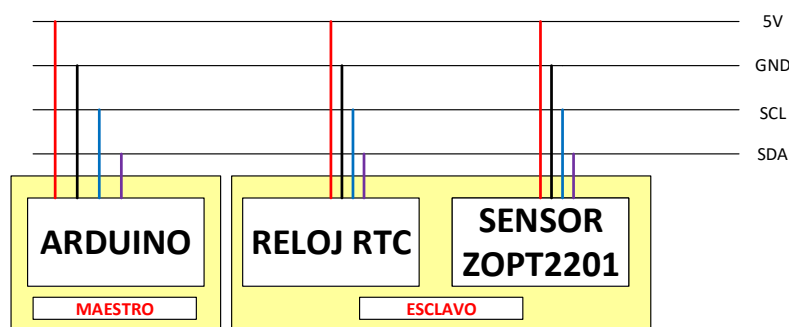


Figura 2.12: Esquema de comunicación I2C
Fuente: Autor

2.6 Arduino Mega 2560

Arduino es una plataforma de hardware y software libre que ha ido evolucionando a través del tiempo desde su primera versión conocido como Arduino Galileo, hasta las versiones más recientes conocidas hoy en día, las cuales sirven para trabajar en diferentes ámbitos dependiendo las necesidades de cada proyecto a realizarse [Cabrera Fragiell, 2016].

Arduino es compatible con un sinnúmero de sensores; los proyectos ejecutados con Arduino pueden ser autónomos o comunicados con software como, por ejemplo: Flash, Processing, MaxMSP, etc.[Herrador, 2009] El IDE¹⁸ se lo puede descargar gratuitamente desde la página web del fabricante .

El Arduino Mega 2560 que se puede observar en la Figura 2.13, se encuentra diseñado para trabajos más complejos debido a que cuenta con 54 pines digitales, 16 pines analógicos y un microcontrolador ATmega 2560.[ARDUINO, 2018].

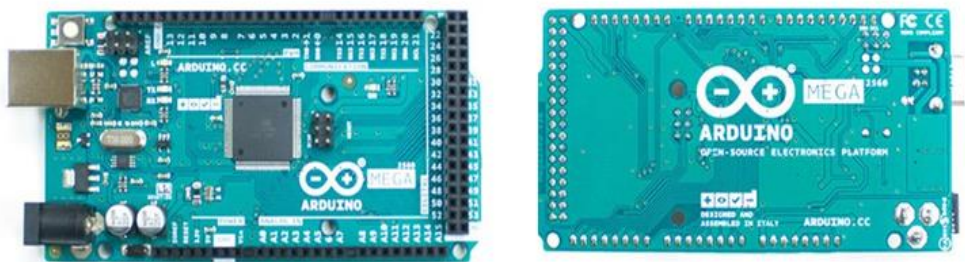


Figura 2.13: Tarjeta Arduino Mega 2560 [ARDUINO, 2018]

Su programación está basada en una estructura simple y amigable (ver Figura 2.14); la cual consta de dos funciones: la principal conocida como void setup en la cual se encuentra todo lo necesario para que la placa pueda trabajar al ser encendida,

¹⁸Entorno de desarrollo integrado

es decir las conexiones de entrada y salida, etc; la segunda función es llamada void loop en la que se encuentra todo el proceso que la placa debe realizar para cumplir con las tareas previamente programadas. [Cabrera Fragiel, 2016]



Figura 2.14: Entorno de programación Arduino
Fuente: Autor

2.7 Reloj DS1307 Tiny RTC

El módulo RTC es utilizado para actualizar la fecha y hora en todo momento a través de una comunicación I2C establecida entre el reloj y el microcontrolador; con la finalidad de no perder los datos al ser desconectada la alimentación del microcontrolador se incluye una pila de 3.6 V.

Los datos decimales son almacenados en una memoria EPROM¹⁹ incluida en el reloj que se representan mediante secuencias de 4 bits, con la finalidad de que se puedan interpretar todos los dígitos del 0 al 9. Los datos de la fecha y hora se encuentran codificados en BCD²⁰. [Santa Anna Zamudio, 2015] En el cuadro 2.2, se pueden observar los valores decimales con sus equivalentes en BCD.

Cuadro 2.2: Valores decimales con sus equivalentes BCD
Fuente: Autor

DECIMAL:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BCD:	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

¹⁹Erasable Programmable Read-Only Memory

²⁰Decimal Codificado en Binario

2.8 Módulo micro SD

El módulo micro SD²¹ es usado en proyectos de audio, vídeo, gráficos, y en el presente proyecto para el registro de datos. La mayoría de microcontroladores tiene un almacenamiento limitado, por ejemplo el Arduino Mega tiene únicamente 4kbytes de memoria EPROM[ADAFRUIT, 2017]; por lo tanto resulta necesario la expansión de memoria para el almacenamiento de la información; en la Figura 2.19 se observa un diagrama de bloques de la conexión del módulo micro SD con el microcontrolador Arduino Mega.

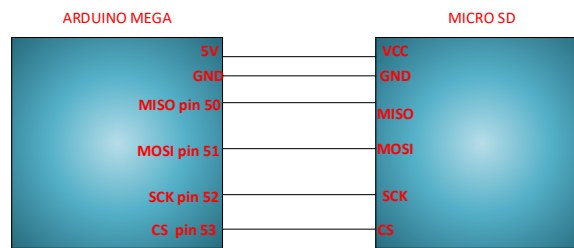


Figura 2.15: Conexión del módulo micro SD
Fuente: Autor

2.9 Sensor Zopt2201

Está integrado por dos sensores (véase Figura 2.16), el primero de luz ambiental y el segundo un sensor ultravioleta, los cuales se comunican con un microcontrolador externo mediante el protocolo I2C. Este dispositivo puede ser utilizado para controlar el brillo de paneles de visualización de teléfonos inteligentes y diversas aplicaciones relacionados con aspectos de la salud mediante algoritmos de concientización de la radiación solar Ultra Violeta.[ZOPT2201 Datasheet, 2016]



Figura 2.16: Sensor Zopt2201
Fuente: [Sparkfun, 2017]

²¹Secure Digital

Cuadro 2.3: Propiedades y características del sensor ZOPT2201
[ZOPT2201 Datasheet, 2016]

Características generales	Características del sensor UV
Omite la energía infrarroja	Medición UV en el rango (1 a > 11)
Amplia respuesta espectral	Temperatura de funcionamiento de -40 a +90 grados C
Amplio rango dinámico	Alimentación de 1.7V a 3.6V
Compensación automática de temperatura	Corriente de funcionamiento 110 uA
Interfaz I2C de 100 KHz a 400 KHz	

Como se explicó anteriormente, la radiación solar que ingresa a la tierra es la UVA y UVB, que están dentro de los 280 nm a 400 nm, razón por la cual el sensor tiene una respuesta espectral de 250 nm a 400 nm, cubriendo toda la radiación solar presente en la tierra como se puede apreciar en la Figura 2.18.

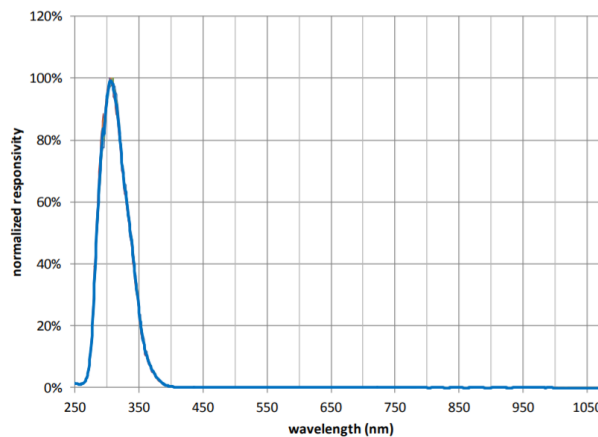


Figura 2.18: Rango del espectro del sensor UV [ZOPT2201 Datasheet, 2016]

2.10 Electrónica de potencia

El autor [Rashid, 2004] define a la electrónica de potencia como “las aplicaciones de la electrónica de estado sólido para el control y la conversión de la energía eléctrica”. Según la historia, la electrónica de potencia tuvo sus inicios en el año de 1900 con la inserción del rectificador de arco de mercurio, luego con el pasar del tiempo se fueron incorporando el rectificador de tanque metálico, el ingitrón, el fanatrón y el tiratrón, los cuales fueron utilizados hasta la década de 1950.

En el año de 1958 con la evolución del tiristor, comenzó la nueva era de la electrónica de potencia, desde entonces se han introducido al mercado un sinnúmero de dispositivos semiconductores de potencia que permiten conformar y controlar grandes cantidades de potencia con una eficiencia increíble.[Rashid, 2004]

La electrónica de potencia se encarga de separar la parte de control de la parte de potencia; el microcontrolador Arduino trabaja con CC²⁴ por tal motivo se utiliza una fuente de poder que convierta la CA²⁵ de la red de suministro eléctrico a CC. Los indicadores lumínicos a ser usados en el presente proyecto trabajan a una tensión de 12VCC y con una corriente de 1000mA, por lo tanto, es indispensable el uso de relés ya que las salidas de la placa Arduino no pueden alimentar voltajes superiores a los 5V ni mucho menos corrientes elevadas.

En la Figura 2.19 se puede observar un diagrama de bloques del sistema de control y potencia que será utilizado para la construcción del semáforo solar.

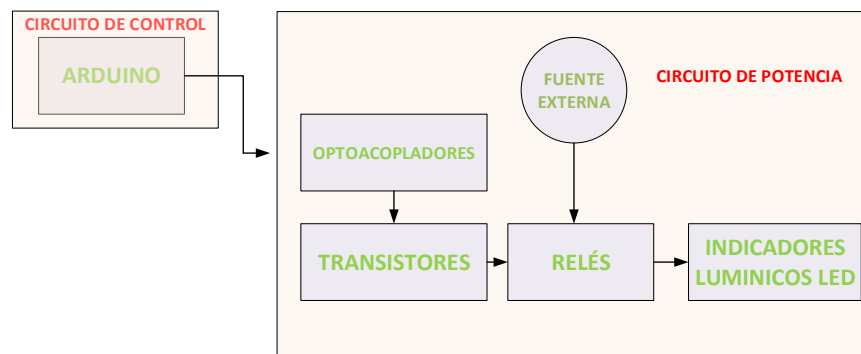


Figura 2.19: Sistema de control y potencia.
Fuente: Autor

2.10.1 Optoacoplador

Una de las principales razones para utilizar un optoacoplador dentro de un circuito de potencia es su facilidad de aislar totalmente el circuito de entrada con el de salida, el aislamiento es perfecto, pues no existen componentes mecánicos que puedan generar un cortocircuito o ruido, debido a que la interacción se da mediante un espectro de luz.[Barbosa Alvez, 2017]

El optoacoplador está fabricado con un diodo emisor de luz y un fototransistor capaz de variar su resistencia eléctrica dependiendo de la intensidad de la luz, esto quiere decir que al existir luz permite la circulación de energía eléctrica y cuando no la hay bloquea el paso de la misma.[Barbosa Alvez, 2017]

²⁴Corriente continua

²⁵Corriente alterna

Normalmente las presentaciones de los optoacopladores vienen dadas en circuitos integrados tipo DIP²⁶ y SMD²⁷, los cuales pueden estar constituidos por pines, mismos que pueden variar de 4 a 16 según la necesidad del trabajo a realizarse; en este caso se utiliza un optoacoplador de 6 pines como se observa en la figura 4.25.

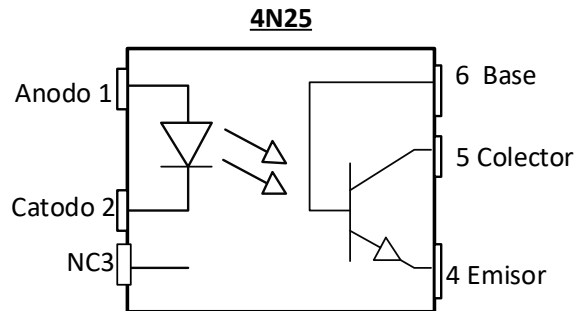


Figura 2.20: Optoacoplador 4N35
Fuente: Autor

2.10.2 Transistores de potencia

Los transistores de potencia habitualmente son utilizados como interruptores en los circuitos electrónicos, estos están diseñados para trabajar en zona de saturación, corte o activo; cabe recalcar que la velocidad de conmutación es mucho más rápida que la de los tiristores. Los transistores generalmente son utilizados en aplicaciones electrónicas de baja y mediana potencia. [Rashid, 2004]

En la región de corte el transistor se encuentra inactivo puesto que la corriente proporcionada en la base no es la suficiente para ponerlo en estado activo o de saturación, mientras tanto en la zona activa el transistor trabaja como un amplificador ya que la corriente de la base se amplifica en una determinada ganancia disminuyendo el voltaje entre el colector y emisor debido al aumento de la corriente en la base.[Rashid, 2004]

2.10.3 Diodos

Los diodos son dispositivos electrónicos que cuentan con una unión semiconductor PN. Las corrientes y voltajes son los encargados de determinar el estado de conducción o corte. Se dice que un diodo está en estado de conducción cuando la corriente i_d es positiva y en el caso de corte cuando la tensión v_d que circula por él es negativa, como se observa en la figura 2.21.[Susaeta Chamorro, 2017]

²⁶Dual in-line ackage

²⁷Surface Mounting Device

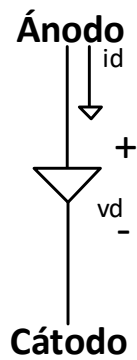


Figura 2.21: Esquema de un diodo.
Fuente: Autor

2.10.4 Relé 5V - 220V

El relé consta de una bobina que al ser activada produce un campo magnético cerrando un contacto que normalmente se encuentra abierto, para permitir el paso de la corriente eléctrica hacia la carga que se desea alimentar, tal como se puede verificar en la Figura 2.22.

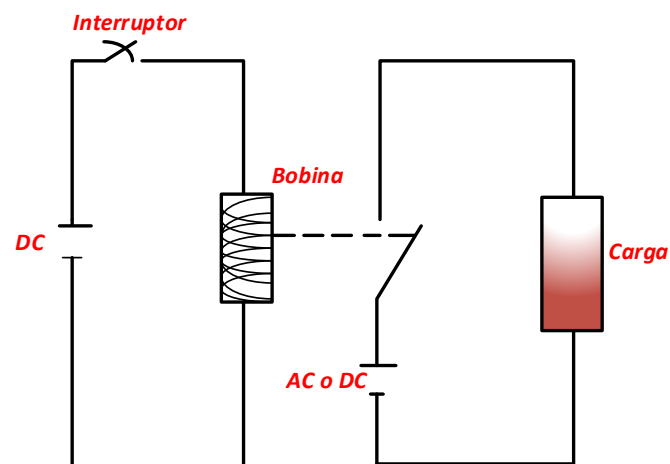


Figura 2.22: Arquitectura de un relé.
Fuente: Autor

CAPÍTULO 3

SITUACIÓN ACTUAL ANTE LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOLAR

3.1 Situación actual del Ecuador ante los efectos de la radiación solar

En Ecuador el cáncer es considerado como la segunda causa de muerte, entre los cuales se encuentra el cáncer de piel causado principalmente por la exposición a los rayos UV, provenientes del Sol.

3.1.1 Organización mundial de la salud

Según el último informe del proyecto internacional denominado GLOBOCAN de la [World Health Organization, 2012], menciona que en el Ecuador la incidencia de cáncer fue de 162 casos por cada 1000.000 habitantes, siendo superior a países como Perú con 141 casos y Venezuela con 147.

3.1.2 Sociedad de Lucha Contra el Cáncer del Ecuador (SOLCA)

Es una sociedad creada con la finalidad de efectuar una lucha contra el cáncer en el país. Con el objetivo de tener un panorama más amplio con respecto a uno de los efectos más preocupantes no solo en el país sino a nivel mundial como es el caso del cáncer de piel, se recurre a esta institución para que la recolección de datos estadísticos sea lo más veraz posible.

Los datos que se muestran en los siguientes apartados representan a las principales ciudades del Ecuador, en donde existe dicha institución.

3.1.3 SOLCA Matriz Guayaquil

En el portal web de [SOLCA Matriz Guayaquil, 2011], se presenta el último informe estadístico referente a las tasas estandarizadas de los principales tipos de cáncer por cada 100.000 habitantes, desde el año 2003 hasta el año 2010.

En la Figura 4.23 se observa el preocupante crecimiento de casos de tumores malignos en la piel tanto en mujeres como en hombres, causados principalmente por los rayos solares. Tomando la relación entre mujeres y hombres se puede verificar que este último es más propenso a los rayos solares en un 27,81 % frente a un 22,81 % en cuanto al último registro del estudio presentado por [SOLCA Matriz Guayaquil, 2011].

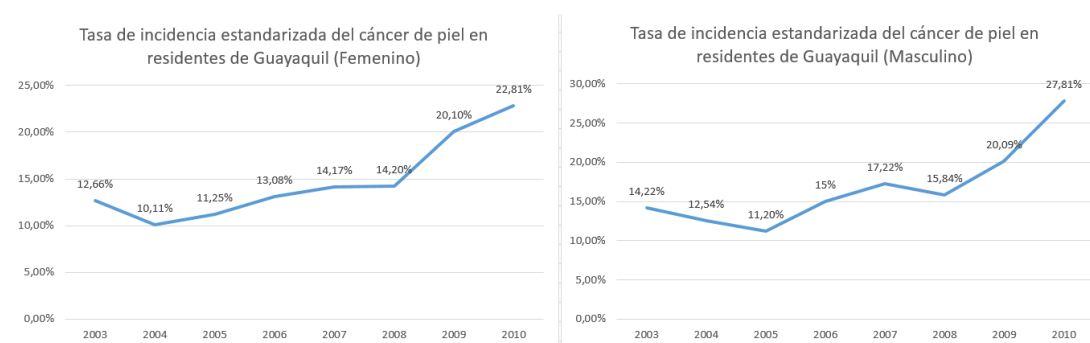


Figura 3.1: Tasa estandarizada de tumores malignos de piel en la ciudad de Guayaquil por cada 100.000 habitantes. [SOLCA Matriz Guayaquil, 2011]

3.1.4 SOLCA Núcleo de Quito

La tasa estandarizada presentada por [SOLCA Núcleo de Quito, 2017] está basada en un muestreo por cada 100.000 habitantes de la ciudad, cabe recalcar que esta localidad es la más propensa dentro del País debido a que se encuentra ubicada en la mitad del mundo convirtiéndola en una zona de alto riesgo en cuanto a la incidencia solar.

En la Figura 3.2 se observa la recopilación de los informes oficiales presentados por [SOLCA Núcleo de Quito, 2017], para el intervalo del tiempo de 13 años comprendidos entre el año 2000 al 2013, se presentan cifras extremadamente preocupantes a comparación de otras ciudades del país, donde se puede verificar que el pico más alto de casos de cáncer de piel en mujeres se ha dado en el año 2005 con un 38,10%, y el segundo pico más alto entre los años del 2001 al 2013 con un 37,50 %.

En cuanto al sexo masculino se puede observar un positivo decremento en los años 2008 y 2009 pasando de un 31% a un 30,80 %, pero dicha decreción no duro mucho tiempo ya que para el año 2010 al 2013 ha ido subiendo considerablemente hasta alcanzar un 40,7 %, volviéndose a ratificar que los hombres tienen una mayor probabilidad de padecer de cáncer de piel.

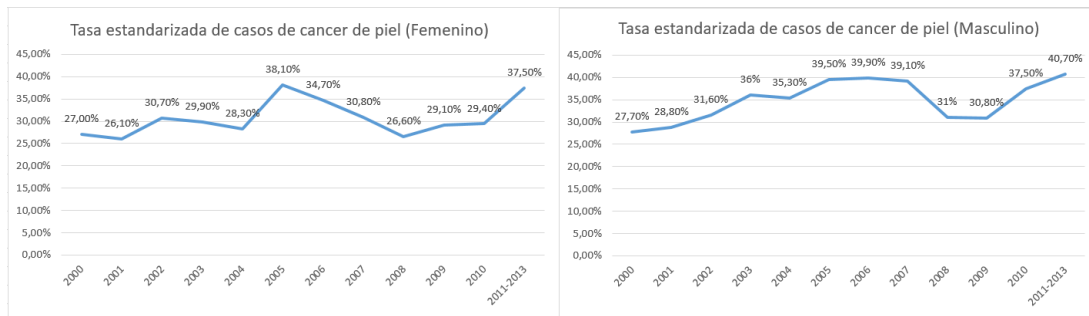


Figura 3.2: Tasa estandarizada de tumores malignos de piel en la ciudad de Quito por cada 100.000 habitantes. [SOLCA Núcleo de Quito, 2017].

3.1.5 SOLCA Núcleo de Cuenca

Según el informe realizado por [SOLCA Núcleo de Cuenca, 2015], se observa en la Figura 3.3 los datos estadísticos en cuanto a los casos de cáncer de piel registrado durante el periodo 2005 al 2009, quedando demostrado que existe mayor incidencia en las mujeres con un 21,7 %, frente a un 19,90 %, a diferencia de las dos ciudades mencionadas anteriormente en las cuales prevalecen un alto porcentaje de casos de cáncer en el sexo masculino.

**Tasa de incidencia estandarizada del cáncer de piel en residentes en el cantón Cuenca.
2005-2009**

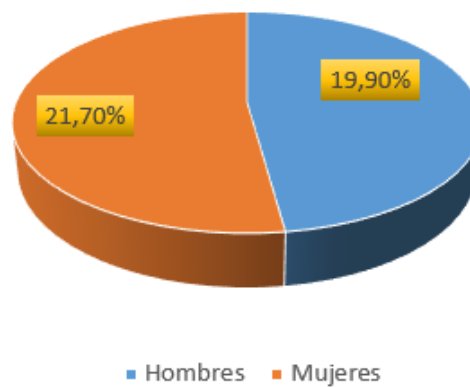


Figura 3.3: Tasa estandarizada de tumores malignos de piel en la ciudad de Cuenca por cada 100.000 habitantes. [SOLCA Núcleo de Cuenca, 2015]

3.2 Situación actual en la ciudad de Azogues, frente a los cuidados de la radiación solar

Con la finalidad de obtener datos confiables acerca de los conocimientos, hábitos de protección solar, factibilidad del presente proyecto y la situación actual en la ciudad de Azogues, se procedió a realizar encuestas considerando un muestreo equitativo de las instituciones educativas fiscales y particulares que ofertan tanto Educación General Básica como Bachillerato presentes en la localidad, las cuales se encuentran ubicadas en puntos estratégicos tratando de cubrir la mayor parte de la zona geográfica de la ciudad como se observa en la Figura 4.2. La encuesta aplicada a los estudiantes de los distintos establecimientos se puede visualizar en el Anexo A.1, así como también las respectivas fotografías que evidencian el proceso como se puede verificar en el Anexo A.2.

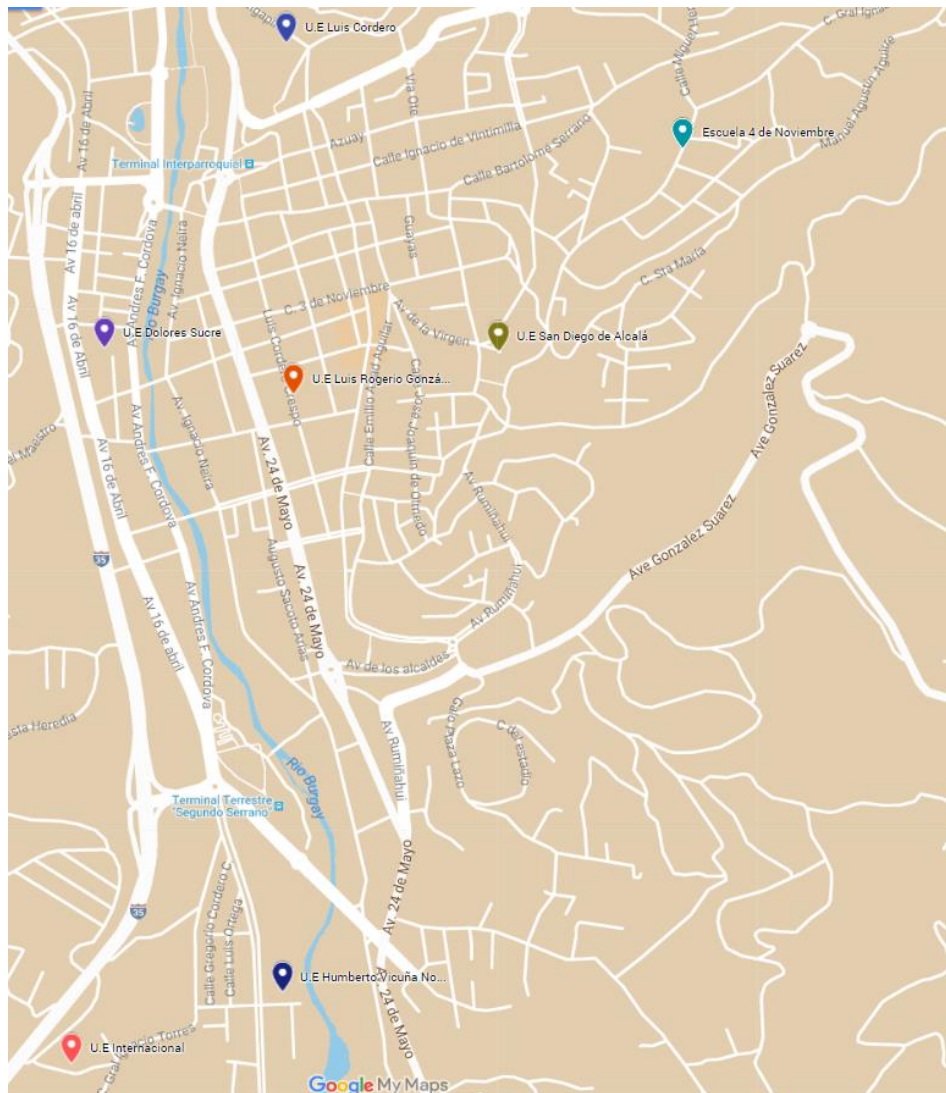


Figura 3.4: Mapa de Azogues de las Instituciones Educativas Encuestadas
Fuente: Autor

En las siguientes subsecciones se realiza el análisis estadístico de cada una de las respuestas obtenidas en las diferentes Instituciones Educativas encuestadas que conforman un universo de estudio de 743 estudiantes, como se muestra en el cuadro 4.5, de los cuales 366 son de sexo masculino y 377 de sexo femenino, entre las edades de 7 a +18 años; los alumnos que pertenecen a los primeros años de educación básica realizaron las encuestas acompañados y guiados en cada una de las preguntas.

Cuadro 3.1: Universo de estudio.
Fuente: Autor

Instituciones Educativas	Muestreo	Porcentaje
Unidad Educativa Luis Cordero	277	37,30 %
Escuela de Educación Básica Dolores Sucre	171	23,00 %
Unidad Educativa Luis Rogerio González	135	18,20 %
Unidad Educativa Particular Humberto Vicuña Novillo	64	8,60 %
Unidad Educativa Particular San Diego de Alcalá	60	8,10 %
Unidad Educativa Particular Internacional	18	2,40 %
Escuela de Educación Básica 4 de Noviembre	18	2,40 %
Total	743	100 %

3.2.1 Pregunta 1: Seleccione su Institución Educativa

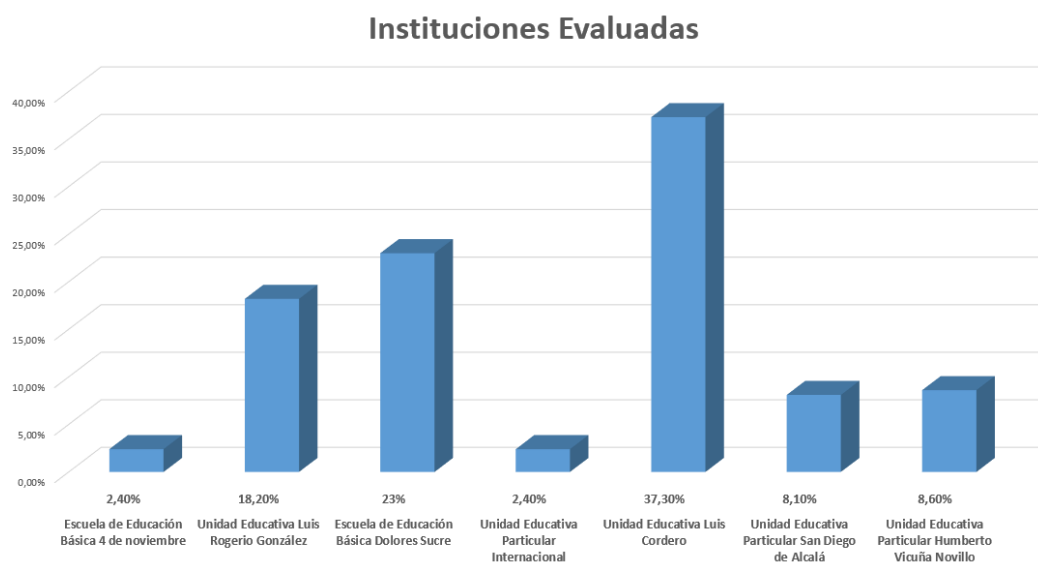


Figura 3.5: Pregunta 1
Fuente: Autor

En la figura 3.5 se puede apreciar a cada una de las Instituciones Educativas que formaron parte del universo de estudio, evidenciando el porcentaje que representa cada una de las mismas. Cabe recalcar que la variación del muestreo entre los encuestados de cada establecimiento se debe a la cantidad de estudiantes que existen en cada uno de ellos, ya que las infraestructuras son de diferentes capacidades.

3.2.2 Pregunta 2: ¿Conoce qué es la radiación ultra violeta (UV) emitida por el Sol?

Cuadro 3.2: Resultados de la pregunta 2.

Fuente: Autor.

Opción	Resultado	Porcentaje
SI	559	75,20%
NO	184	24,80%

Pregunta 2. ¿Conoce qué es la Radiación Ultra Violeta (UV) emitida por el Sol?

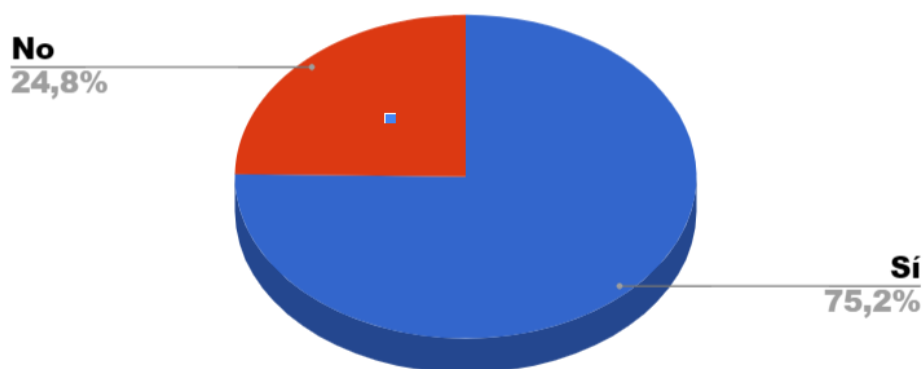


Figura 3.6: Pregunta 2.

Fuente: Autor.

El 75,2 % de la población encuestada afirma conocer que es la radiación UV emitida por el sol, mientras que un 24,8 % desconoce sobre la temática con lo cual queda demostrado que existe un bajo índice de desconocimiento como se observa en la Figura 3.6.

3.2.3 Pregunta 2.1: ¿Cree que la radiación UV emitida por el Sol afecta a los ojos?

Cuadro 3.3: Resultados de la pregunta 2.1
Fuente: Autor

Opción	Resultados	Porcentaje
SI	483	86,40%
NO	76	13,6%

Pregunta 2.1 ¿Cree que la radiación solar UV emitida por el Sol afecta a los ojos?

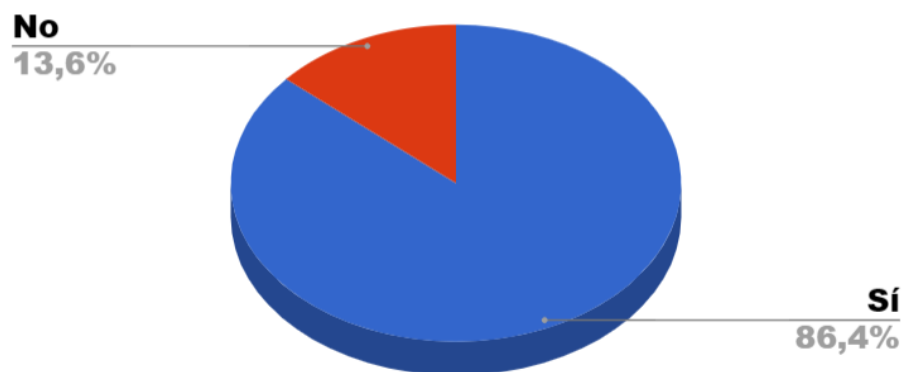


Figura 3.7: Resultados de la pregunta 2.1
Fuente: Autor

Del total de encuestados un 86,4 % conoce acerca del daño que puede causar el Sol a los ojos, mientras que tan solo un 13,6 % que corresponde a 76 estudiantes desconocen de dicho efecto negativo siendo estos los más vulnerables a sufrir daños en la vista causados por los rayos solares.

3.2.4 Pregunta 2.2: ¿Cree que esta radiación solar UV afecta a la piel?

Cuadro 3.4: Resultados de la pregunta 2.2
Fuente: Autor

Opción	Resultado	Porcentaje
SI	551	98,6%
NO	8	1,4%

Pregunta 2.2 ¿Cree que esta radiación solar UV afecta a la piel?

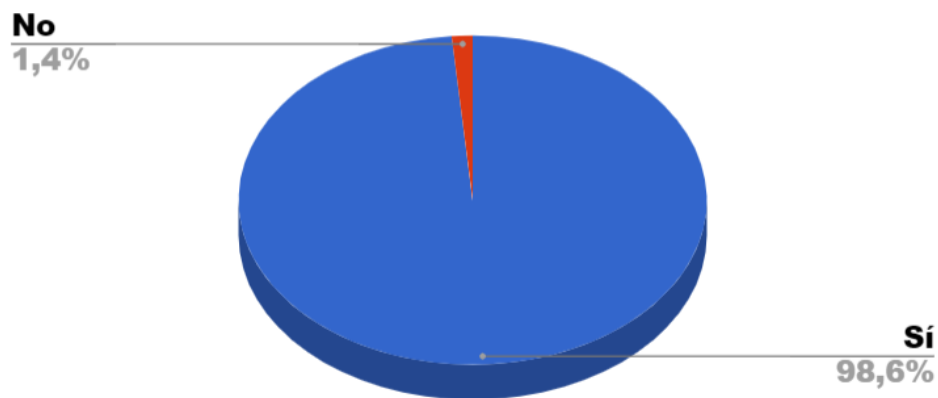


Figura 3.8: Resultados de la pregunta 2.2
Fuente: Autor

En la Figura 3.8, se observa un dato positivo de un 98,6 % confirmando que la mayoría de personas son conscientes de los efectos negativos que puede causar el Sol en la piel, siendo una minoría de 8 personas que desconocen del tema siendo propensos a padecer de quemaduras solares.

3.2.5 Pregunta 3: ¿En qué horario cree usted que el sol quema más?

Cuadro 3.5: Resultados de la pregunta 3
Fuente: Autor

Hora	Resultado	Porcentaje
De 8:00 AM a 10:00 AM	29	3,9%
De 10:00 AM a 12:00 PM	122	16,4%
De 12:00 PM a 2:00 PM	401	54,0%
De 2:00 PM a 4:00 PM	139	18,7%
De 4:00 PM a 6:00 PM	18	2,4%
Todos queman igual	17	2,3%
No lo sé	17	2,3%

Pregunta: 3 ¿En qué horario cree usted que el sol quema más?

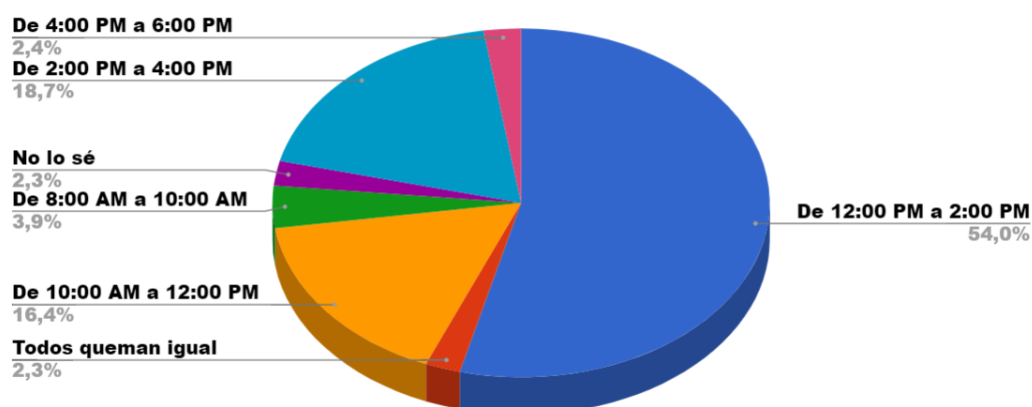


Figura 3.9: Resultados de la pregunta 3.
Fuente: Autor.

Un 54% de las personas que participaron en las encuestas concuerdan que los rayos solares son más intensos a partir del mediodía hasta las 2PM, seguido de un 18,7% que afirman que la incidencia del Sol es más fuerte de 2PM a 4PM, mientras que un 18,4 % menciono que este efecto se da entre las 10AM a 12PM.

Por debajo de estos se encuentran datos estadísticos de menor proporción, como aquellos que eligieron el horario de 8AM a 10AM con un 3,9%, un 2,4% de 4PM a 6PM, mientras que un porcentaje del 2,3% coinciden que todo el día el Sol tiene la misma intensidad y el 2,3% restante afirman no conocer o no saber a qué hora el Sol tiene su mayor intensidad.

3.2.6 Pregunta 4: ¿Ha recibido información acerca de la importancia de la protección solar, en el último año?

Cuadro 3.6: Resultados de la pregunta 4
Fuente: Autor

Opción	Resultados	Porcentaje
SI	484	65,1%
NO	259	34,9%

Pregunta: 4 ¿Ha recibido información acerca de la importancia de la protección solar, en el último año?

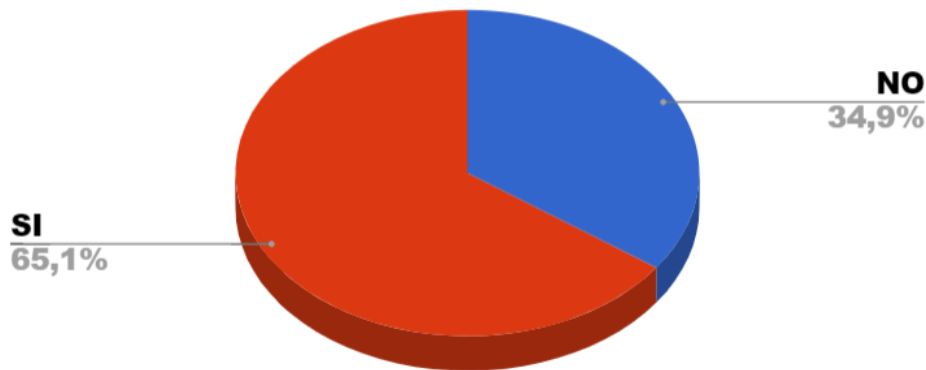


Figura 3.10: Resultados de la pregunta 4
Fuente: Autor

Del total de encuestados un 65,1% afirma haber recibido información acerca de la importancia del cuidado ante la exposición solar en el último año, lo cual indica que en la actualidad la preocupación sobre el tema va tomando más importancia en la sociedad, aun que un 34,9% menciona no haber recibido ningún tipo de información afirmando así que aún queda mucho trabajo por realizar para lograr reducir dicho porcentaje.

3.2.7 Pregunta 4.1: ¿Cómo se ha informado sobre la importancia de la protección solar? (Escoja la(s) opciones)

Cuadro 3.7: Resultados de la pregunta 4.1

Fuente: Autor

Opción	Resultados	Porcentaje
Internet	192	24,18%
Profesor(a)	171	21,54%
Alguien se lo comentó	126	15,87%
Televisión	114	14,36%
Dermatólogo	99	12,47%
Médico	92	11,59%

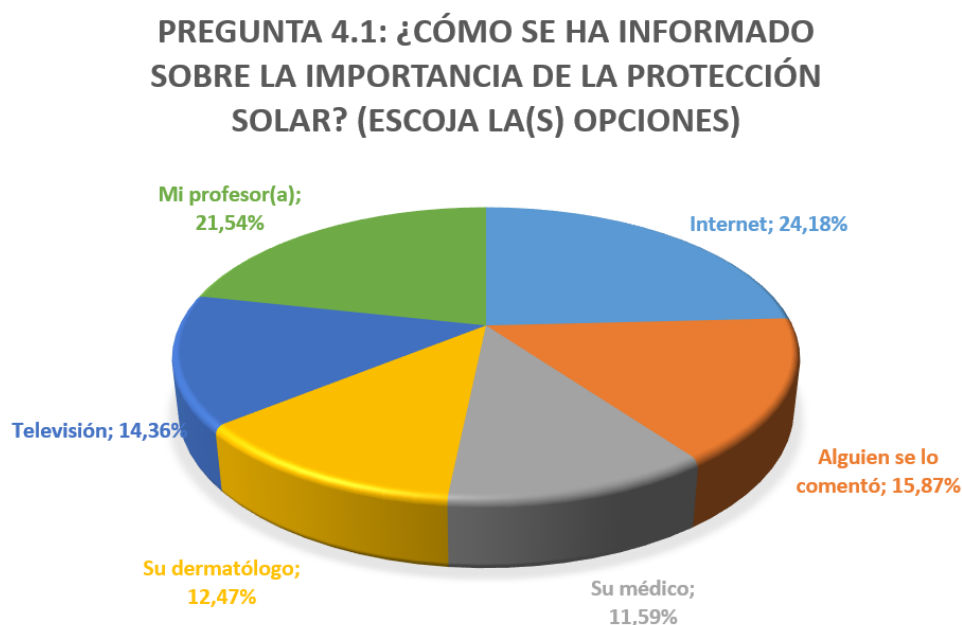


Figura 3.11: Resultados de la pregunta 4.1

Fuente: Autor

En la gráfica 4.1 se observa que el medio de información más comunes sobre la importancia de la protección solar son: el Internet 24,18%, el profesor(a) 21,54%, alguien se lo comento 15,87%, televisión 14,36%, el dermatólogo 12,47% y el médico con el 11,59%. Con lo cual podemos concluir que el mayor porcentaje de personas se informan comúnmente a través del Internet y sus profesores

3.2.8 Pregunta 5: ¿Le gustaría contar en su establecimiento con un equipo que le muestre la radiación UV del Sol y cómo debería protegerse?

Cuadro 3.8: Resultados de la pregunta 5
Fuente: Autor

Opción	Resultado	Porcentaje
SI	716	96,3%
NO	27	3,7%

Pregunta 5: ¿Le gustaría contar en su establecimiento con un equipo que le muestre la Radiación UV del Sol y cómo debería protegerse?

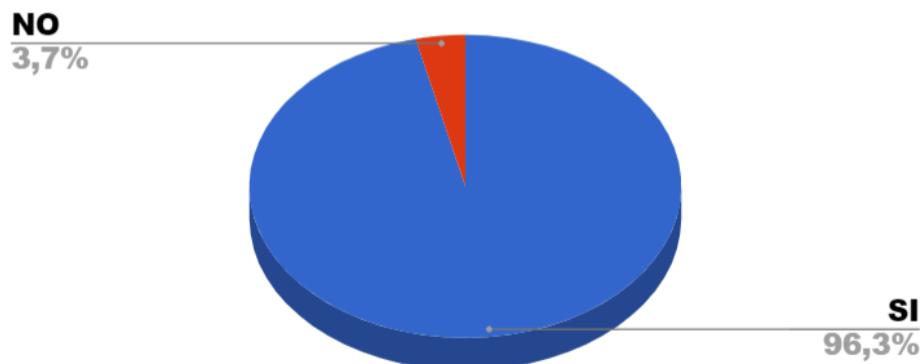


Figura 3.12: Resultados de la pregunta 5
Fuente: Autor

Luego de haber realizado un análisis de los resultados obtenidos y observar que en la mayoría de las preguntas planteadas las respuestas fueron positivas, se puede afirmar que en la actualidad existe un gran interés por parte de los estudiantes en cuanto a los temas relacionados con el cuidado de exposición solar, es mediante esta información que queda confirmado que el presente proyecto es viable y de interés común, ya que un 96,3% de los encuestados mencionan que les gustaría tener un dispositivo electrónico que de forma visual les permita conocer cuál es el nivel UV en esos momentos y como deberían protegerse, mientras tanto un bajo porcentaje del 3,7% constituido por 27 personas de los 743 participantes de la encuesta mencionan, que no les gustaría o no les interesa tener el dispositivo en sus establecimientos Educativos.

3.2.9 Pregunta 6: Si tuviera información del daño que pueda hacer el Sol cuando su nivel sea peligroso. ¿Qué haría?

Cuadro 3.9: Resultados de la pregunta 6

Fuente: Autor

Opción	Resultados	Porcentaje
Evitaría exponerse al Sol	360	48,5%
Igual se expondría	24	3,2%
Usaría la protección adecuada antes de exponerse	359	48,3%

Pregunta 6: Si tuviera información del daño que pueda hacer el Sol cuando su nivel sea peligroso. ¿Qué haría?

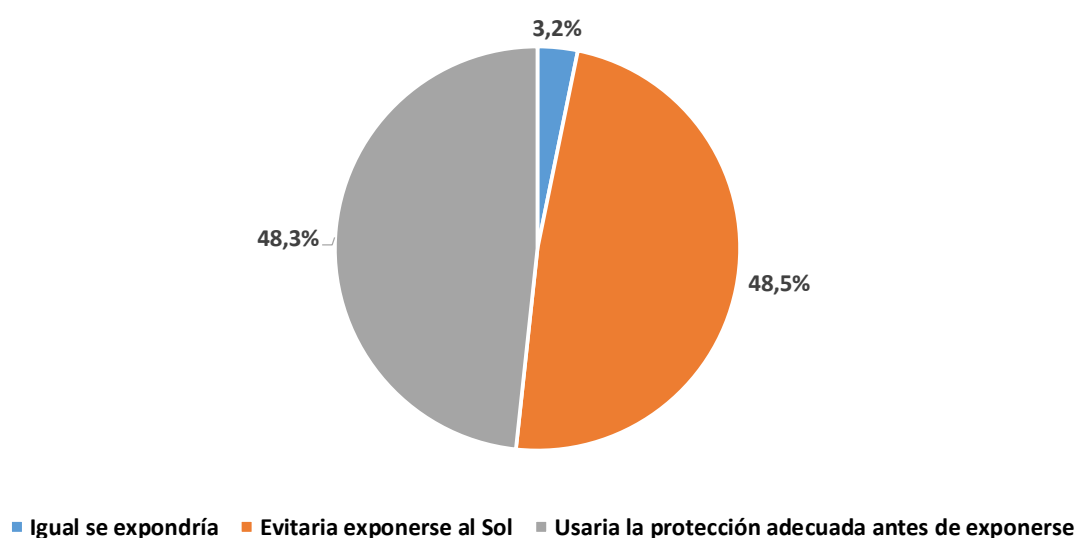


Figura 3.13: Resultados de la pregunta 6

Fuente: Autor

A través de los resultados obtenidos en esta pregunta se puede evidenciar la gran ayuda que brindaría la implementación de este dispositivo en las Instituciones Educativas pues como se puede observar que el 48,5% evitaría exponerse al Sol cuando este se encuentre en niveles extremos, en tanto que un 48,3% utilizaría la protección adecuada antes de exponerse a los rayos UV, con lo cual se reafirma el interés de los estudiantes por cuidar su salud, por lo contrario tan solo un 3,2% demuestra un desinterés por su salud, exponiéndose a los rayos solares a pesar de contar con la información que les indica cómo protegerse de estos efectos peligrosos.

3.3 Conclusiones del capítulo

Las encuestas han demostrado que existe aún un porcentaje preocupante de personas que desconocen sobre que es la radiación solar, así como también sus efectos adversos que esta produce, es por esta razón que he llegado a la conclusión de que todos tenemos un arduo trabajo para reducir el índice de desconocimiento en la ciudad de Azogues, lo cual se podría conseguir a futuro mediante capacitaciones o folletos informativos.

Basado en los resultados obtenidos en cuanto a las personas que conocen acerca de la radiación solar y sus efectos negativos en la salud he podido determinar que el medio informativo más importante es el Internet, lo que demuestra que los avances tecnológicos pueden influir positivamente si este es usado con fines de información y prevención; de igual manera se puede concluir que los profesores cumplen un rol importante en el conocimiento y hábitos de protección solar de los estudiantes, demostrando que la temática cada vez va siendo más importante dentro de la Educación General Básica y Bachillerato.

En el punto 3.2.8 se demuestra la necesidad de contar con un semáforo UV, en las instituciones educativas encuestadas con la finalidad de obtener información del IUV y sus respectivos efectos lo cual los lleva a tomar medidas de protección solar tal y como se observa en los resultados de la sección 3.2.9.

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

4.1 Introducción

En términos generales la puesta en marcha del presente proyecto consta de tres aspectos importantes: el diseño electrónico, diseño mecánico y armado del sistema, con todo esto se busca conseguir un funcionamiento óptimo y eficaz del equipo.

El diseño y elaboración de la placa PCB ²⁸ consta de dos etapas, la primera la de control y la segunda la de potencia, de tal manera que ambas placas se encuentren separadas para prevenir comportamientos no deseados y estéticos. Para cumplir con lo propuesto se dispone de un software de diseño de diagramas y PCB mundialmente conocido como EAGLE, el cual permitirá realizar un trabajo de calidad debido a las bondades que presenta el mismo.

Por otra parte, el software SketchUp, permitirá realizar el diseño gráfico y modelado en 3D, de toda la parte física o mecánica del proyecto para posteriormente ser implementado en acrílico mediante una máquina de corte láser. Este diseño consta de tres etapas claramente definidas, la primera presenta la construcción de la caja del sensor que será capaz de protegerlo de las diversas condiciones ambientales, debido a que este se encontrará en la intemperie monitoreando la radiación solar.

La segunda parte del modelado consiste en el diseño de la carcasa del semáforo UV en el cual se implementará los indicadores lumínicos, buscando un diseño amigable, liviano y portable para ser ubicado en cualquier ambiente sin ocupar un espacio considerable. Como tercera etapa del diseño se encuentra la construcción de la carcasa donde se ubicarán todos los componentes del equipo electrónico como también las placas PCB de control y potencia.

²⁸Printed Circuit Board

4.2 Diseño electrónico

En la figura 4.1 se observa un diagrama de bloques que ilustra las etapas de control y potencia que se pretende diseñar. Es importante destacar que dentro del diseño se ha considerado vital separar las placas de control y potencia además de proteger las dos etapas con el uso de optoacopladores que permitirán prevenir que la placa de control se vea afectada en caso de generarse un cortocircuito, sobre tensión o corrientes no deseadas.

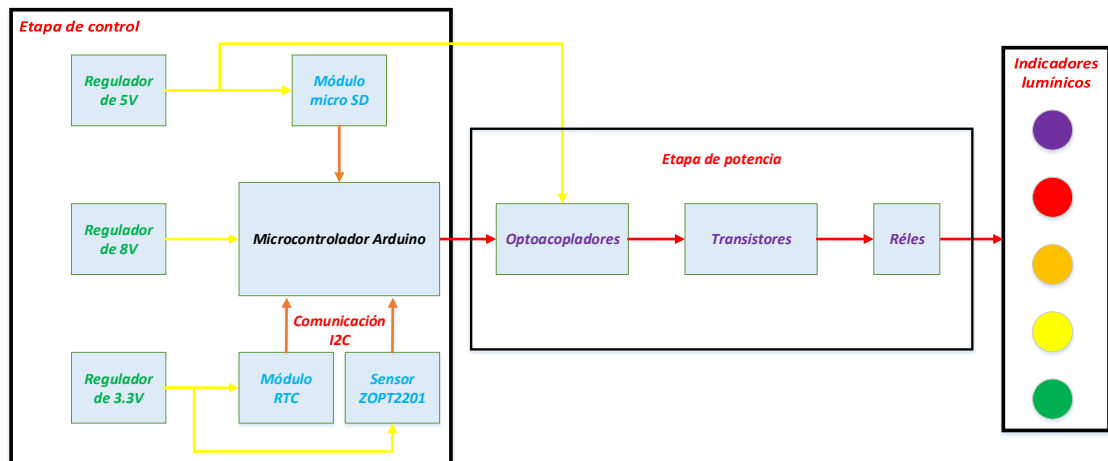


Figura 4.1: Diagrama de bloques del diseño electrónico
Fuente: Autor

4.2.1 Etapa de alimentación

El microcontrolador y los componentes utilizados en esta etapa son activados mediante CC, razón por la cual se vuelve necesario alimentar el circuito a través de una fuente de poder que transforma los $110-120V_{CA}$ del suministro eléctrico a $12V_{CC}$, siendo suficiente para dotar de energía eléctrica a todos los componentes del dispositivo.

Es importante poner especial énfasis en la elección de una adecuada fuente de poder, cuyas características ofrezcan un funcionamiento estable en cuanto a su tensión de salida, ya que el utilizar un alimentador que oscile su voltaje de salida puede ocasionar que el sistema presente un funcionamiento deficiente especialmente en cuanto al sensor UV, llegando a producir lecturas erróneas.

En la figura 4.2 se aprecia la fuente de poder utilizada en el presente proyecto, mientras que en el cuadro 4.1 se pueden observar las características de la misma.

Cuadro 4.1: Características de la fuente de poder
Fuente: Autor

Descripción	Valores
Voltaje de entrada	110-240V
Corriente de entrada	1A
Frecuencia de trabajo	50-60Hz
Voltaje de salida	12V
Corriente de salida	3.3A



Figura 4.2: Fuente de poder 12V-3.3A
Fuente: Autor

4.2.2 Reguladores de voltaje

En términos generales se sabe que Arduino ofrece corrientes muy bajas, razón por la cual se vuelve necesario la implementación de reguladores de voltajes para 8 V_{CC} , 5 V_{CC} y 3.3 V_{CC} , buscando optimizar el funcionamiento, rendimiento y seguridad del microcontrolador.

Con la finalidad de proteger al microcontrolador, así como a cada uno de sus componentes se requiere de la implementación de reguladores de voltaje, debido a que si llegara a existir un aumento de tensión en la etapa de alimentación provocado por fallas de la fuente de poder como del suministro eléctrico estos puedan responder de mejor manera debido a que son más robustos que los reguladores que tiene implementado Arduino.

4.2.2.1 Regulador lm7808

El regulador lm7808 en su salida entrega $8V_{CC}$, este voltaje será utilizado para alimentar la placa Arduino, esto se debe a que según [Crespo, 2016] es recomendable alimentarlo con voltajes de $7V_{CC}$ a $12V_{CC}$, ya que el usar una tensión menor podría provocar que la salida de $5V_{CC}$ del Arduino se encuentre por debajo o por encima del regulador NCP1117 incorporado en el microcontrolador causando que el mismo se recaliente y termine dañándose.

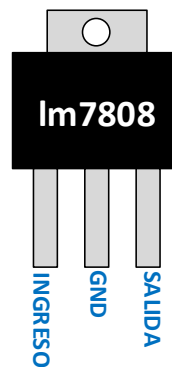


Figura 4.3: Regulador lm7808
Fuente: Autor

Las características principales del regulador lm7808 que se deben tener en cuenta se lo puede visualizar en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.2: Características del regulador lm7808
Fuente: [DatasheetCatalog, 2012]

Descripción	Valores
Voltaje de salida (VOOUT)	$8V_{CC}$
Corriente de salida	500mA
Rango de temperatura	0 a $125^{\circ}C$
Máximo voltaje recomendado (VIN, GND)	$17V_{CC}$

4.2.2.2 Regulador lm7805

Como se observó anteriormente en el diagrama de bloques presentado en la figura 4.1, el módulo micro SD de la etapa de control y los optoacopladores de la etapa de potencia, son alimentados con una tensión de $5V_{CC}$, dicho voltaje es entregado por el regulador lm7805.

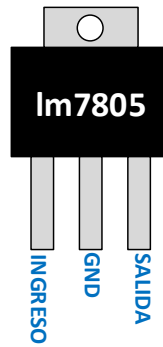


Figura 4.4: Regulador lm7805
Fuente: Autor

Las características principales del regulador se observan en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3: Características del regulador lm7805
Fuente: [DatasheetCatalog, 2012]

Descripción	Valores
Voltaje de salida (VO _{UT})	$5V_{CC}$
Corriente de salida	500mA
Rango de temperatura	0 a $125^{\circ}C$
Máximo voltaje recomendado (VIN, GND)	$12V_{CC}$

4.2.2.3 Regulador lm1117

El regulador lm1117 que se observa en la Figura 4.5 controla el voltaje de $12V_{CC}$ de la fuente de poder a $3.3V_{CC}$ a la salida del regulador, el cual será utilizado para la alimentación del Sensor Zopt2201 y el módulo RTC, cabe mencionar que ambos funcionan mediante comunicación I2C, por lo cual es recomendable que ambos utilicen el mismo voltaje de alimentación.

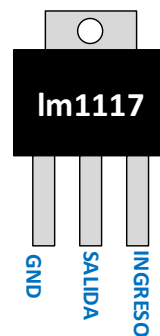


Figura 4.5: Regulador lm1117
Fuente: Autor

Es imprescindible conocer las características principales del regulador que se muestran a continuación en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4: Características del regulador lm1117

Fuente: [TEXAS INSTRUMENTS, 2000]

Descripción	Valores
Voltaje de salida (VOUT)	$3.3V_{CC}$
Corriente de salida	800mA
Rango de temperatura	0 a $125^{\circ}C$
Máximo voltaje recomendado (VIN, GND)	$15V_{CC}$
Temperatura máxima a 15V	$125^{\circ}C$

4.2.3 Diseño de la placa PCB de la etapa de control

El diseño de la placa PCB dedicada al control del dispositivo consta de los elementos detallados en el cuadro 4.5:

Cuadro 4.5: Elementos y pines de conexión Arduino Mega

Fuente: Autor

Cantidad	Elementos	Pines de conexión (Arduino Mega)
1	Módulo RTC	Pines 20(SDA) y 21(SCL)
1	Sensor ZOPT2201 (UV)	Pines 20(SDA) y 21(SCL)
1	Módulo Micro SD	50(MISO), 51(MOSI), 52(SCK), 53(SS)
6	Pines de control para los indicadores lumínicos	23(led verde), 25(led amarillo), 27(led anaranjado), 29(led rojo), 31(led violeta), 33(aux)
1	Regulador lm7808	Alimentación del Arduino
1	Regulador lm7805	Alimentación del módulo Micro SD y activación de relés
1	Regulador lm1117	Alimentación del módulo RTC y el sensor ZOPT2201
22	Pines extras análogos digitales	A0,A1,A6,A7,A8,A10,A13,A15,1,2,4,6,7,9,10,14,15,18,20,21,47,49

4.2.3.1 Requerimientos para la construcción de la placa PCB de control

El diseño presenta pines extras tanto analógicos como digitales para los cuales se vio necesario la utilización de borneras debido a la facilidad de conexión que estos brindan. Estos pines permitirán la implementación de nuevas funcionalidades en trabajos futuros o continuación del mismo proyecto.

El principal objetivo del diseño es poder desmontar o cambiar con facilidad el microcontrolador Arduino Mega y los principales componentes de la placa PCB como son el sensor y módulos. Esta facilidad se da gracias a que a la placa se encontrarán soldadas peinetas (macho-macho) para el Arduino Mega, mientras que para el sensor y módulos se utilizan peinetas (hembra-macho).

Se debe poner principal énfasis y cuidado a la hora de diseñar la placa PCB, teniendo precaución en aspectos importantes como el ancho de las pistas, diámetro total para la perforación de los agujeros y su contorno, este último debe ser por lo menos el doble del diámetro del agujero, ya que si no se toma en cuenta éste aspecto a la hora de soldar los componentes no existirá en donde adherirse el estaño. Por lo cual en el cuadro 4.6 se puede verificar las dimensiones que se han tomado en cuenta para la realización del diseño de las PCB del presente proyecto.

Cuadro 4.6: Requerimientos para el diseño de la PCB de control
Fuente: Autor

Descripción	Valores
Ancho de las pistas	1mm
Diámetro total de los agujeros para los pines del Arduino	2mm
Diámetro para la perforación para los pines del Arduino	1mm
Diámetro total de los agujeros para los reguladores	2mm
Diámetro para la perforación de los agujeros para los reguladores	1mm
Diámetro total de los agujeros del sensor y módulos	2mm
Diámetro para la perforación de los agujeros del sensor y de los módulos	1mm
Diámetro total de los agujeros para las borneras	2.8mm
Diámetro para la perforación de los agujeros de las borneras	1.5mm

Teniendo en cuenta los requerimientos principales mencionadas anteriormente se realiza el diseño de la placa PCB de control que se presenta en la Figura 4.6. Mencionado diseño con sus respectivas dimensiones se adjunta en el Anexo B.1.

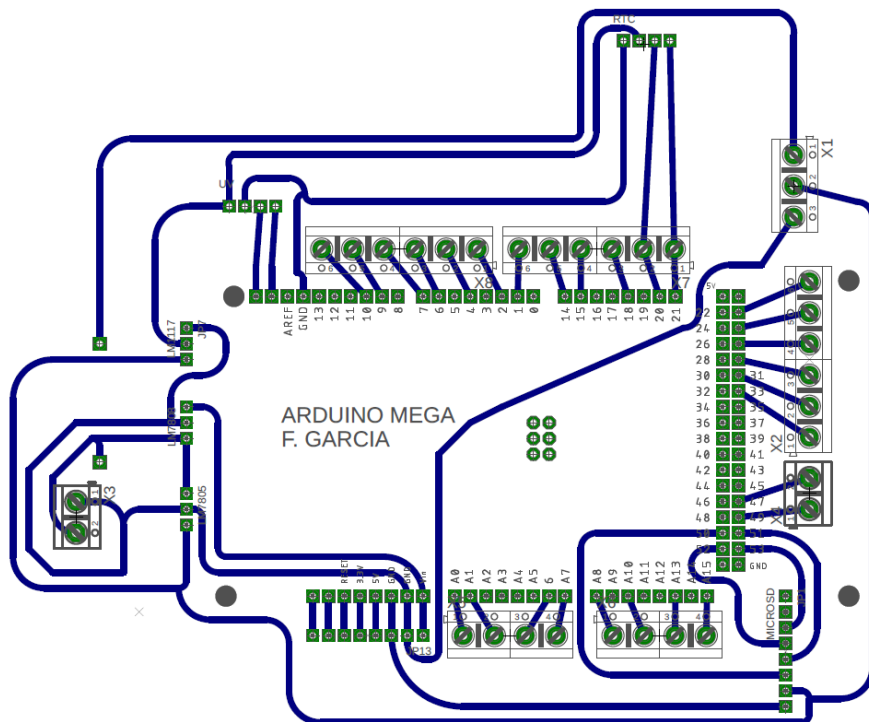


Figura 4.6: Placa PCB de control
Fuente: Autor

4.2.4 Diseño de la placa PCB de la etapa de potencia

En la Figura 4.1 se presentó un diagrama de bloques en la cual se observa la etapa de potencia constituida por optoacopladores y relés para accionar los indicadores lumínicos que serán controlados de forma autónoma por el microcontrolador. Para tener la idea más clara se presenta en la Figura 4.7 el esquema general utilizado como guía para el diseño de la etapa de potencia.

La etapa de potencia está constituido por los elementos que son detallados en el cuadro 4.7.

Cuadro 4.7: Elementos para la placa PCB de potencia
Fuente: Autor

Cantidad	Elementos	Descripción
3	Borneras de 2 pines	Usadas como líneas de control para activación y desactivación de relés
6	Borneras de 2 pines	Para la activación y desactivación de los indicadores lumínicos a $12V_{CC}$
1	Bornera de 3 pines	Para la alimentación de la PCB de potencia $12V_{CC}$, $5V_{CC}$ y GND
6	Resistencias de 120 Ohm	Para protección de los pines de control de los relés
6	Resistencias de 1 KOhm	Utilizado para la protección entre optoacopladores y transistores.
6	Optoacopladores 4N25	Usado para separar la etapa de control de la etapa de potencia
6	Transistores TIP41	Realiza la función de activar y desactivar los relés
6	Diodos	Utilizado para la protección de los transistores y relés.
6	Relés de $5V_{CC}$	Activa y desactiva los indicadores lumínicos

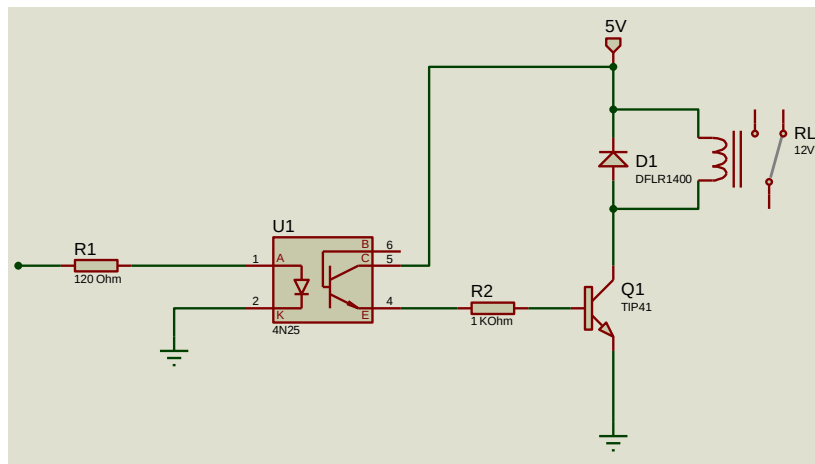


Figura 4.7: Esquema de potencia para el relé
Fuente: Autor

4.2.4.1 Requerimientos para la construcción de la placa PCB de potencia

La etapa de potencia es de vital importancia ya que, en caso de llegar a suceder algún problema como un cortocircuito, por ejemplo, este no afectara a la etapa de

control debido a que estas se encuentran separados por optoacopladores que son accionados por medio de un espectro de luz que activa o desactiva el circuito, lo cual lo convierte en un aislante perfecto ya que no se encuentra constituido por componentes mecánicos.

Al encontrarse la etapa de potencia separada de la PCB del control necesita ser alimentada por medio de tres conectores distribuidos de la siguiente manera: un GND general para toda la circuitería, una entrada de $5V_{CC}$ para la alimentación y activación de los optoacopladores, transistores y relés, una bornera de $12V_{CC}$ que se utiliza al otro extremo de los relés con la finalidad de encender y activar los indicadores lumínicos.

La principal característica del diseño de la PCB de potencia es contar con conectores o borneras que permitan una fácil instalación de los diferentes indicadores lumínicos. En caso de existir algún problema con alguno de los circuitos de los relés se ha optado por implementar un relé extra.

El diseño de la placa PCB se lo puede evidenciar en la Figura 4.8, de igual manera las respectivas especificaciones de diseño que se presenta en el cuadro 4.8, así como también se adjunta el respectivo diseño con sus dimensiones en el Anexo B.2

Cuadro 4.8: Requerimientos para el diseño de la PCB de control
Fuente: Autor

Descripción	Valores
Ancho de las pistas	1mm
Diámetro total de los agujeros para las resistencias, optoacopladores, transistores y diodos	2mm
Diámetro para la perforación para las resistencias, optoacopladores, transistores y diodos	1mm
Diámetro total de los agujeros para las borneras	2.8mm
Diámetro para la perforación de los agujeros de las borneras	1.5mm
Diámetro total de los agujeros para los relés	3mm
Diámetro para la perforación de los agujeros para los relés	1.5mm

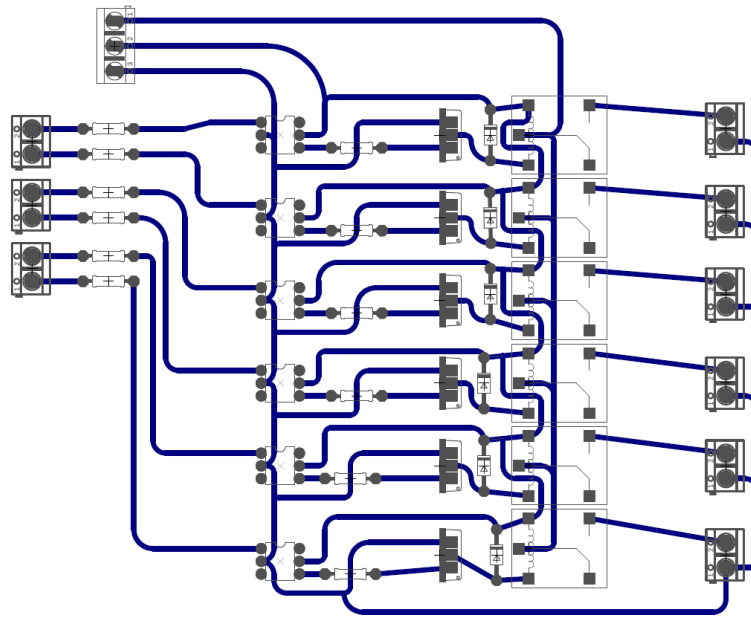


Figura 4.8: Placa PCB de potencia
Fuente: Autor

4.2.5 Indicadores lumínicos

Como se ha mencionado en el capítulo uno, los colores de los indicadores de los niveles UV se encuentran establecidos por la OMS, en la Figura 4.9 se observa una ilustración de lo que será el diseño del semáforo solar con sus respectivos colores. Con el objetivo de mejorar la comprensión o comunicación de los niveles UV se ha optado por indicar con los colores rojo y violeta al mismo tiempo en caso de que el nivel UV llegase a ser igual o mayor a 15.

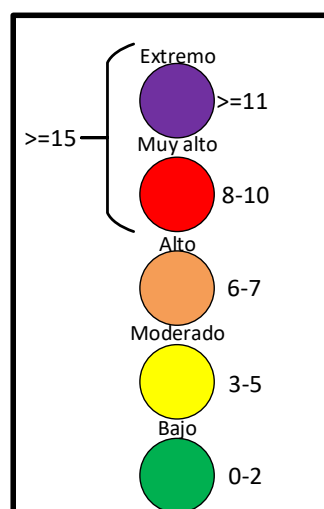


Figura 4.9: Colores establecidos por la OMS para los indicadores lumínicos
Fuente: Autor

Los leds RGB utilizados son presentados en la Figura 4.10, son de forma circular con una circunferencia de 23 cm y 9 cm de largo, siendo accionados a $12V_{CC}$ y con un consumo de 10 Watts. Estos indicadores lumínicos permiten modificar el color de los leds; por otra parte cuentan con una certificación IP68 que los protege contra el agua y polvo que lo podemos verificar con más detalle en el cuadro 4.9, que hace referencia a la normativa internacional para los índices de protección IP²⁹, lo cual los convierte en leds ideales para la implementación del semáforo solar teniendo en cuenta que estos se encontraran en la intemperie.

Cuadro 4.9: Normativa de los grados de protección IP
Fuente: [Utilcell, 2016]

Primera cifra	Descripción de la abreviatura	Segunda cifra	Descripción de la abreviatura
0	No protegido	0	No protegido
1	Protegido contra objetos de más de 50mm	1	Protección contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protegido contra objetos de más de 12mm	2	Protegido contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15°
3	Protegido contra los cuerpos de más de 2,5mm.	3	Protegido contra lluvia fina o pulverizada
4	Protegido contra los cuerpos de más de 1mm.	4	Protegido contra las proyecciones de agua
5	Protegido contra la penetración de polvo	5	Protegido contra chorros de agua
6	Totalmente protegido contra el polvo	6	Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa
		7	Protegida contra los efectos de la inmersión completa y temporal
		8	Protegida contra la inmersión completa y prolongada

²⁹Índice de Protección

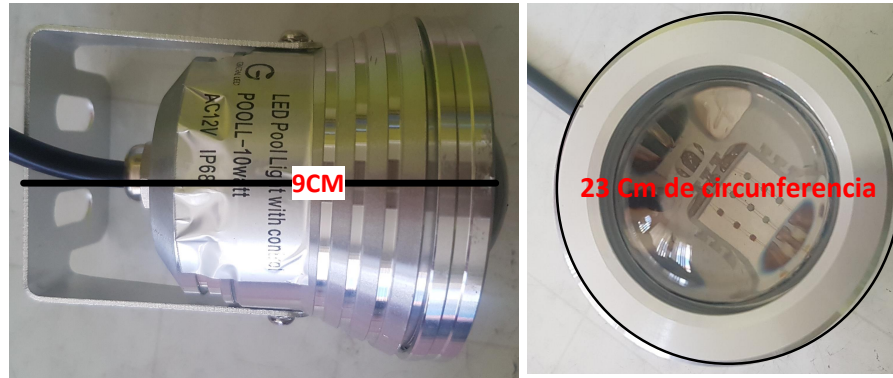


Figura 4.10: Indicadores led RGB con controlador
Fuente: Autor

4.2.5.1 Consumo de los leds RGB

A continuación, se realiza los respectivos cálculos para definir el consumo total en amperios de los leds RGB.

El cálculo se lo realiza a partir de la ecuación:

$$P = V * I \quad (4.1)$$

Donde:

P=Potencia (Watts)

V=Voltaje (Voltios)

I=Intensidad (Amperios)

Reemplazando por los valores detallados por el fabricante en el led RGB tenemos:

P=10 Watt

V=12V_{CC}

I=?

Reemplazando los valores del led RGB y despejando "I" de la ecuación 4.1 obtenemos:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{10W}{12V} = 0.83A \quad (4.2)$$

Por lo tanto, se sabe que el consumo por cada led RGB es de 0.83A, cabe recalcar que el consumo máximo de los leds RGB puede llegar a ser de 1.66 A, cuando el nivel UV sea igual o superior a 15 debido a que es el único caso en el cual se encontraran encendidos dos leds al mismo tiempo como se explicó anteriormente en el punto 4.2.5.

4.3 Diseño Mecánico

El diseño mecánico consta de tres partes, el diseño de la caja para el sensor Zopt2201, la caja para el semáforo UV y la caja donde se ubicaran todos los elementos del sistema de control y potencia, los cuales se observa en la Figura 4.11. El objetivo principal es contar con un diseño fácil de manipular y estéticamente llamativo; las diferentes cajas serán selladas de tal manera que se evite el ingreso de agua al interior de las mismas.

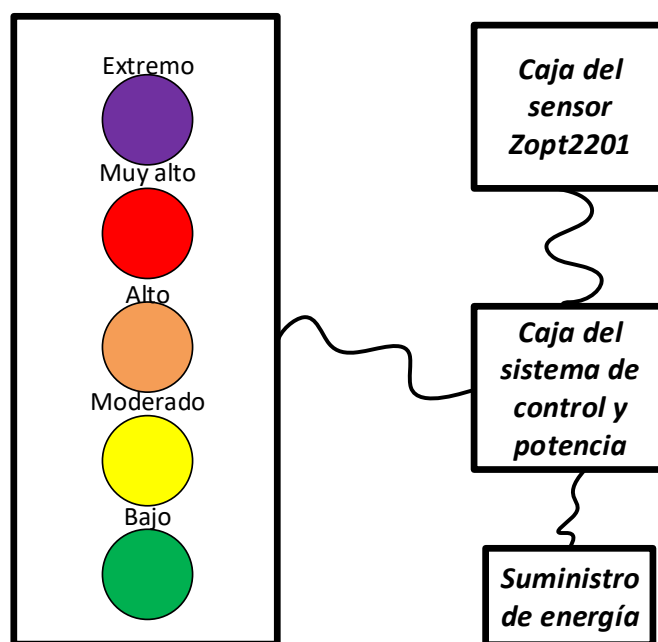


Figura 4.11: Diagrama de bloques para el diseño mecánico
Fuente: Autor

4.3.1 Diseño de la caja para el sensor Zopt2201

El diseño realizado en el software SketchUp se presenta en la Figura 4.12 de una forma global mientras que en el Anexo C.1 se puede visualizar de manera detallada cada una de las caras que componen la estructura de la caja así como también sus respectivas dimensiones.

El diseño de la caja para el sensor UV Zoptq2201 está pensado para ubicarlo en cualquier lugar y protegido con un vidrio de 2mm y de 7x7cm el cual es adherido mediante silicona en la cara superior protegiéndolo contra la lluvia evitando que este llegue a dañarse, el uso del vidrio es debido a que si se utiliza el mismo acrílico este no permitiría el paso de los rayos UV para la detección del sensor, además la caja cuenta con una perforación de 6mm de diámetro en su cara trasera para la alimentación y comunicación del sensor con el controlador mediante cable UTP.

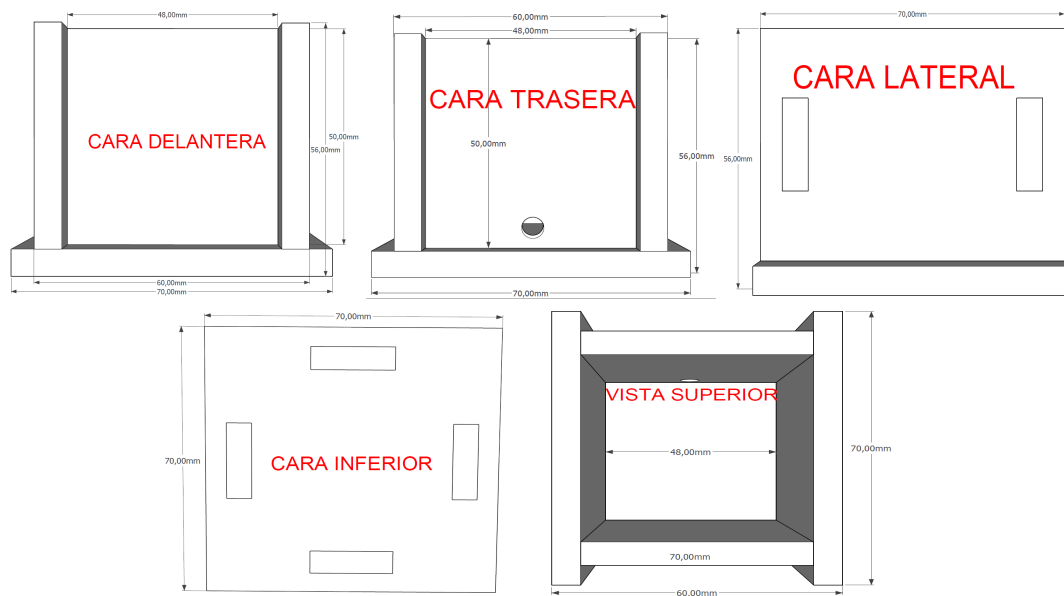


Figura 4.12: Diseño de la caja para el sensor Zopt2201
Fuente: Autor

Cada una de las piezas que conforman la estructura de la caja están diseñadas para que calcen perfectamente unas con otras como se visualiza en la Figura 4.13 lo cual ayuda a obtener una mayor robustez y facilidad en el armado y pegado del mismo.

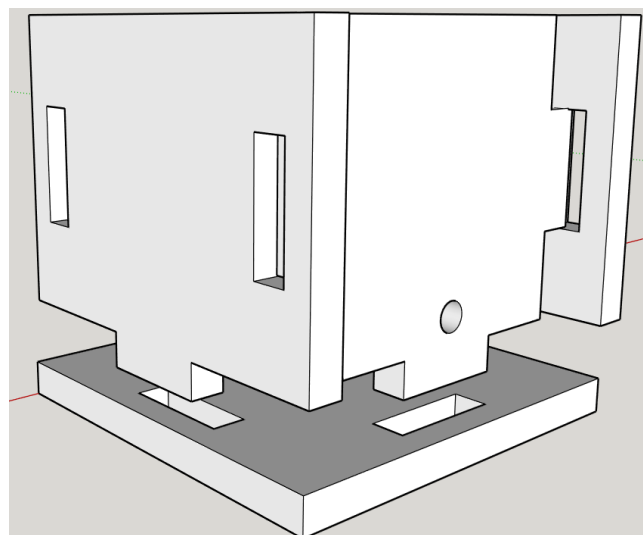


Figura 4.13: Estructura de la caja para el sensor Zopt2201
Fuente: Autor

4.3.2 Diseño de la caja para el semáforo UV

El semáforo es la parte más importante del diseño mecánico debido que esté se encontrará a la vista de las personas por lo cual se busca realizar un diseño llamativo elaborado en acrílico de color negro de 3mm de espesor. Este se encuentra asegurado mediante pernos y tuercas con la finalidad de obtener una estructura más sólida. El diseño final se lo visualiza en la Figura 4.14, mientras que en el Anexo C.2.1 se adjunta el diseño con sus respectivas dimensiones.

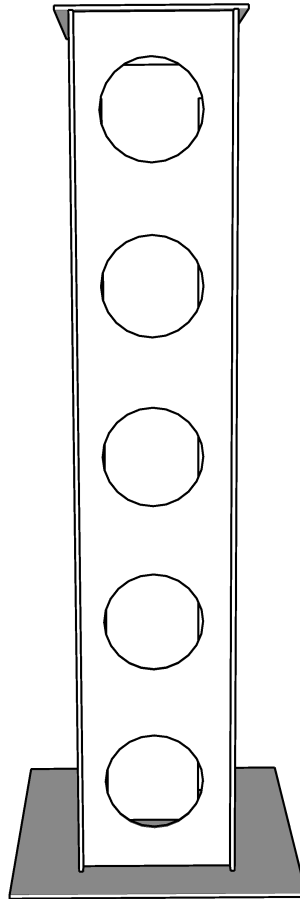


Figura 4.14: Estructura del semáforo UV
Fuente: Autor

El diseño de la parte posterior del semáforo que se observa en la Figura 4.15 y en los anexos C.2.2, C.2.3 y C.2.4 están constituidos por tres partes, la primera que es la estructura general, la segunda un soporte en la cual se sujetaran los indicadores leds para mantenerlos fijos y la tercera la tapa posterior que está pensada para montarla y desmontarla fácilmente para acceder a los leds además de un agujero para la utilización de cable "UTP" usado para la activación de cada uno de los colores del semáforo los cuales serán controlados por el microcontrolador y accionados por la etapa de potencia.

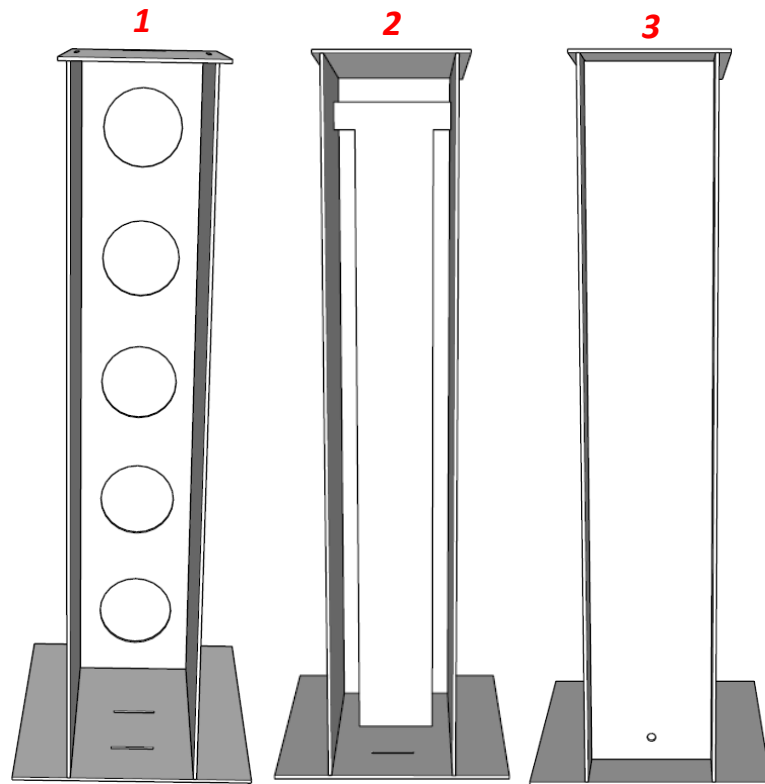


Figura 4.15: Diseño posterior del semáforo
Fuente: Autor

Para conocer las dimensiones de los agujeros donde se colocarán los indicadores lumínicos se vuelve necesario realizar un cálculo que nos permita definir con exactitud el radio que es requerido por el software de diseño, teniendo en cuenta que ya se conoce la longitud de la circunferencia de los leds como se vio anteriormente en la Figura 4.10.

La fórmula utilizada para el cálculo es:

$$C = 2\pi * r \quad (4.3)$$

Donde:

C=Longitud de la circunferencia (23cm)

r=radio (?)

Despejando "r" y reemplazando los valores en la ecuación 4.3 se obtiene:

$$r = \frac{C}{2\pi} = \frac{23cm}{2\pi} = 3.6cm \quad (4.4)$$

Luego de realizar el cálculo correspondiente se ha demostrado en la ecuación 4.4 que el radio de los indicadores lumínicos es de 3.6cm, sin embargo, a esta medida se le incrementara un milímetro para lograr encajar de forma adecuada cada uno de los leds.

4.3.3 Diseño de la caja para el sistema de control

Es indispensable contar con una caja o carcasa que proteja los elementos más importantes del sistema como la placa de control y potencia, la cual cuenta con orificios en la parte posterior para la salida del cableado “UTP” y la alimentación, mientras que en la parte superior cuenta con una tapa constituida por bisagras para la fácil abertura de la misma y con un orificio que permitirá utilizar un candado que protegerá a los elementos para que estos no sean manipulados garantizando un correcto funcionamiento y seguridad del mismo. A breves rasgos se visualiza el diseño en la Figura 4.16, mientras que en el Anexo C.3 se presenta cada una de las partes que conforman la caja con sus respectivas dimensiones.

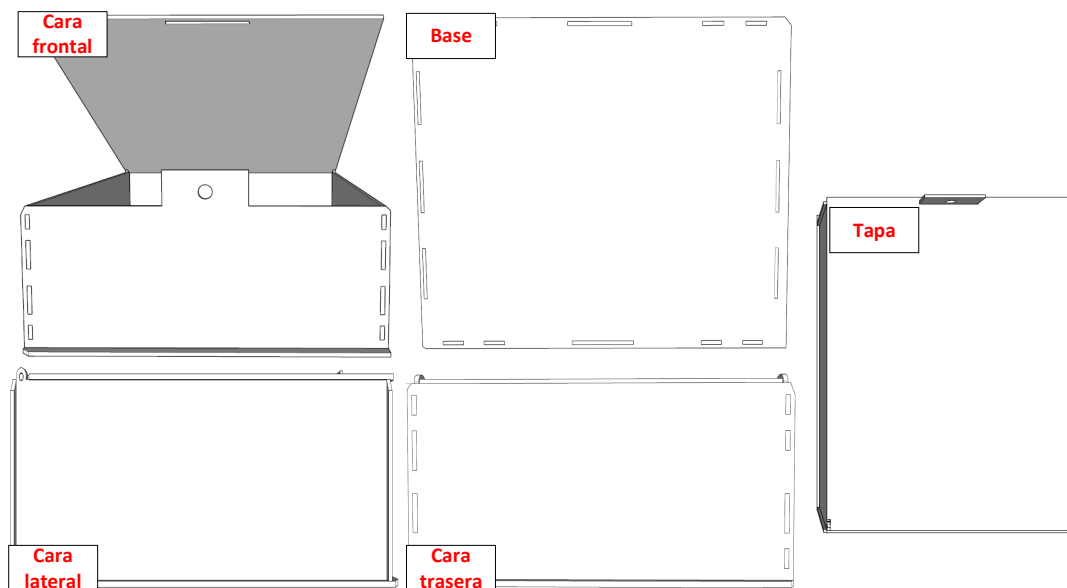


Figura 4.16: Diseño de la caja de control
Fuente: Autor

4.4 Construcción del sistema

En la presente sección se detallarán las etapas más importantes del proceso de construcción de la parte electrónica y mecánica del sistema.

4.4.1 Construcción de la etapa electrónica

Luego de haber diseñado las placas PCB de control y potencia detallados en los puntos 4.2.3 y 4.2.4 respectivamente, se puede observar el proceso de construcción de los mismo en los siguientes párrafos.

En la Figura 4.17 observamos las placas PCB de control y potencia con sus respectivos agujeros para la colocación de cada uno de sus componentes y posterior proceso de soldado. La placa de control es la parte más importante del sistema por lo cual requiere ser elaborada con la mayor precisión y para lograrlo ha sido realizada en una maquina CNC e introducida en pintura antisoldear que cumple la función de proteger las pistas y evitar que las mismas lleguen a deteriorarse u oxidarse garantizando así un funcionamiento óptimo del sistema evitando la perdida de datos, mientras que la placa de potencia ha sido realizada mediante el método tradicional denominado “método del planchado”; mientras que las placas con sus componentes ya soldados se visualiza en la Figura 4.18.

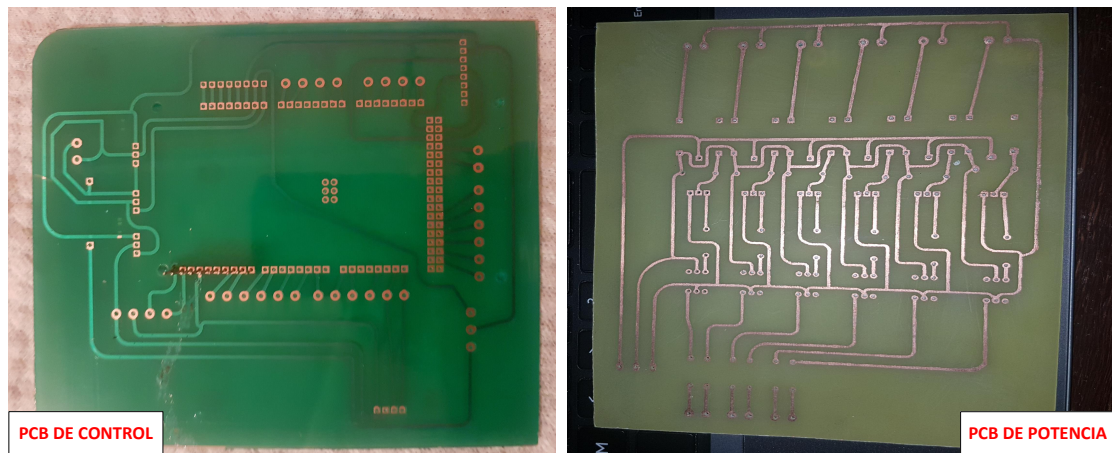


Figura 4.17: Placas PCB de control y potencia
Fuente: Autor

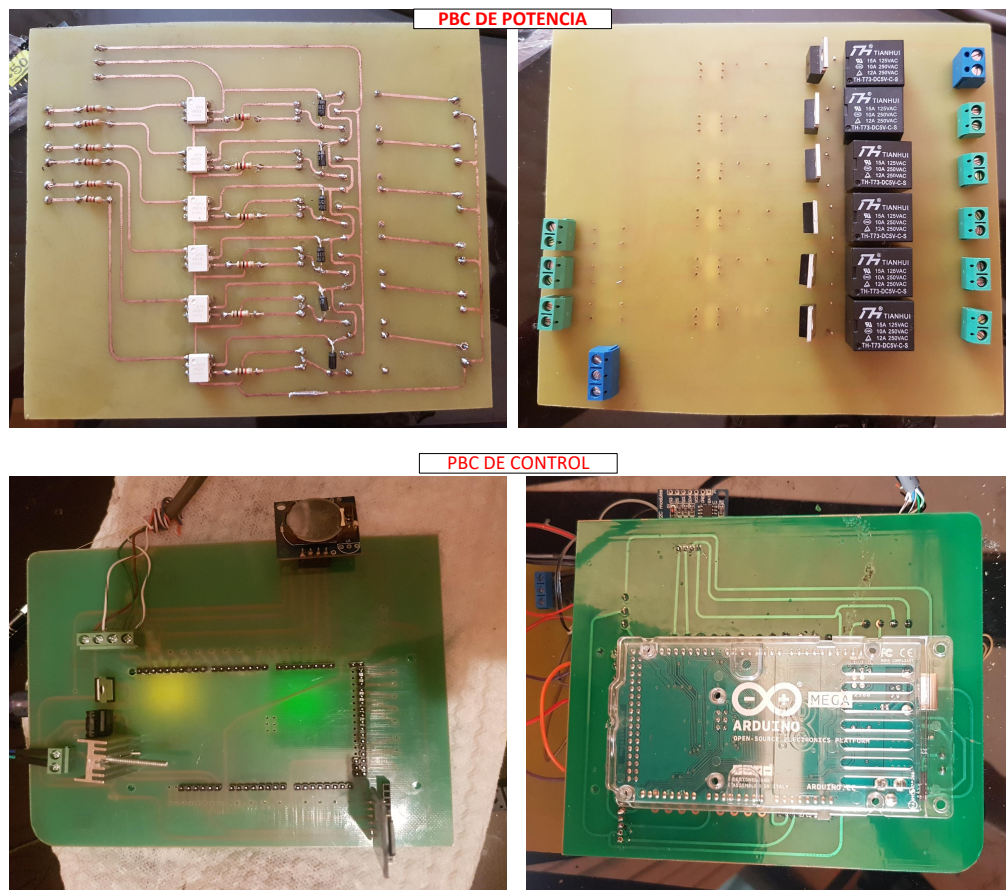


Figura 4.18: Placas PCB de control y potencia soldada
Fuente: Autor

4.4.2 Construcción de la etapa mecánica

Para realizar el corte de cada una de las partes del diseño mecánico mencionadas en la sección 4.3, es indispensable usar el software RDWorks que permite realizar operaciones de corte y grabado por láser, dicho programa convierte las piezas en un archivo con la extensión “.rd” la misma extensión que es soportada por la máquina de corte láser.

El software RDWorks trabaja con los contornos de cada una de las piezas para que la maquina láser pueda realizar los cortes, los archivos necesarios para el corte de la caja para el sensor, la caja de control y el semáforo se muestra en la Figura 5.1.

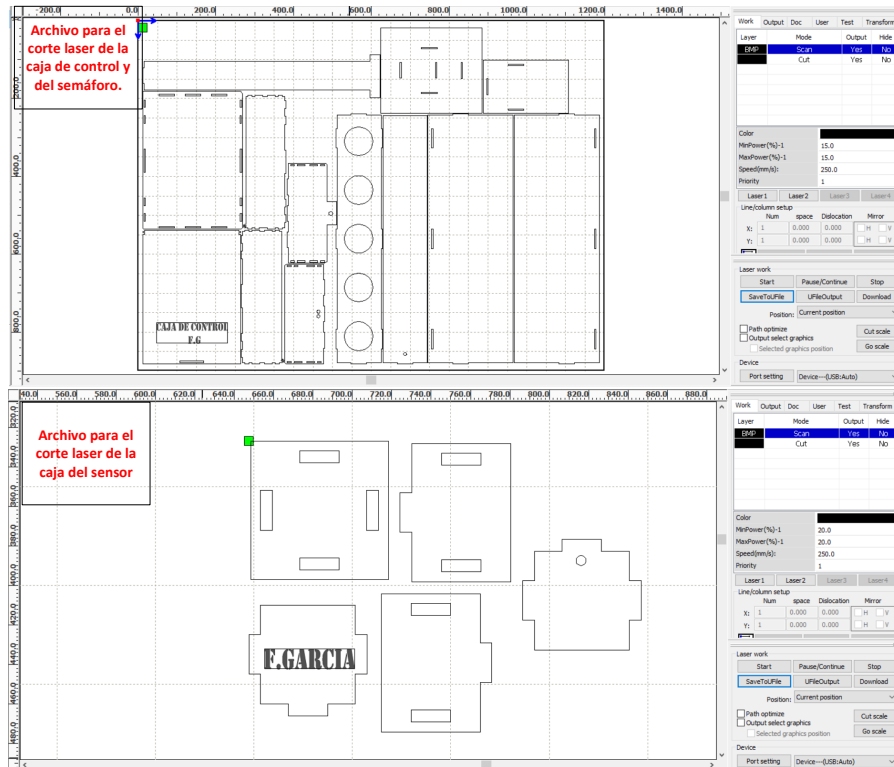


Figura 4.19: Archivos de corte láser para la máquina
Fuente: Autor

La máquina de corte láser usada en el presente proyecto se puede visualizar en la Figura 4.20



Figura 4.20: Máquina de corte láser
Fuente: Autor

La implementación del sensor Zopt2201 se presenta en la Figura 4.21, en la cual se observa la caja sin el vidrio y con el vidrio de protección de 2mm adherido a la carcasa mediante cinta doble faz y silicona con la finalidad de asegurar que este no se desprenda.

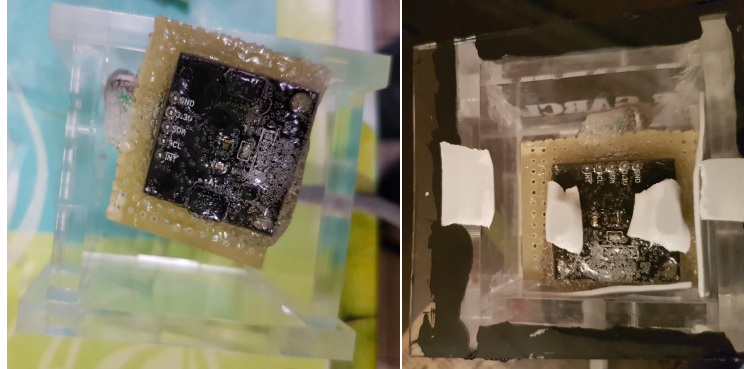


Figura 4.21: Implementación de la caja del sensor Zopt2201
Fuente: Autor

Por otra parte en la Figura 4.22 se visualiza la caja de control ya armada.



Figura 4.22: Caja de control armada
Fuente: Autor

Una vez armada la caja se procede a colocar las placas de control y potencia con sus respectivas conexiones así como también a verificar su peso que es de 3,2 libras tal como se puede visualizar en la Figura 4.23, .

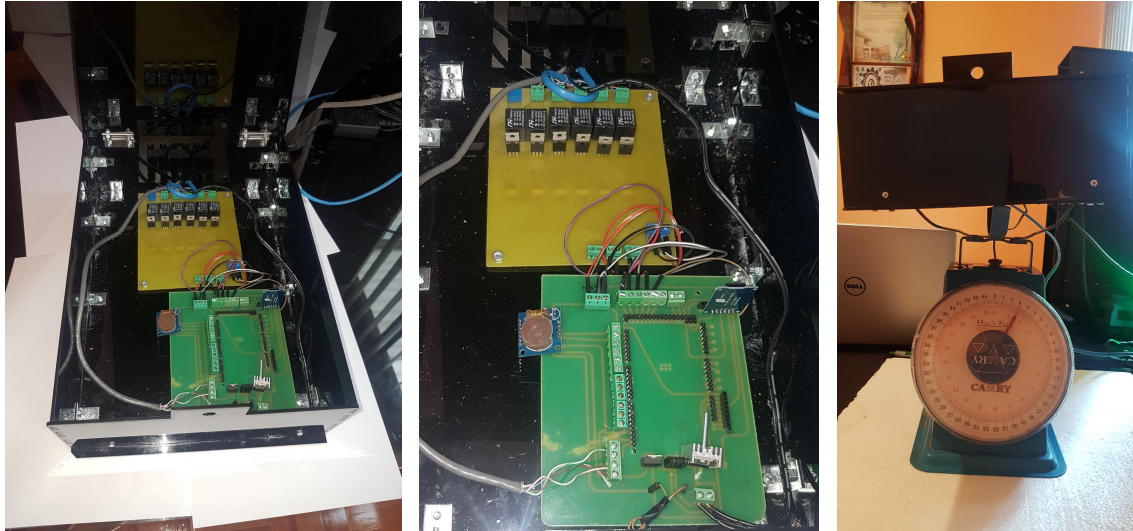


Figura 4.23: Peso y caja de control implementado
Fuente: Autor

En la Figura 4.24 siguiendo un proceso similar al de la construcción de la caja de control se puede observar un breve recuento del armado del semáforo y su respectivo peso que es de 7 libras.



Figura 4.24: Peso y semáforo implementado
Fuente: Autor

Una vez finalizada la construcción de toda la parte mecánica del proyecto, este se encuentra listo para ser ubicado en cualquier lugar. Con el objetivo de obtener unas

estructuras más rígidas cada una de las piezas están sujetadas con platinas metálicas en forma de “L” las cuales se encuentran aseguradas mediante pernos y tuercas.

4.5 Diagrama de flujo de programación

Un diagrama de flujo como punto de partida es de vital importancia para ordenar tanto lógica como cronológicamente las ideas de la programación para el correcto desarrollo y funcionamiento del sistema, debido a que el algoritmo es el cerebro del microcontrolador por lo tanto no debe contener errores esto con la finalidad de evitar la pérdida de datos, ya que el objetivo de la presente tesis es contar con lecturas consecutivas de todo el día lo que nos permitirá observar el comportamiento del índice UV en la ciudad.

En la Figura 4.25 se presenta el diagrama de flujo correspondiente al presente proyecto, en el cual podemos observar el proceso que seguirá el microcontrolador Arduino mediante la programación adjuntada en el Anexo D, a rasgos generales se observa que el monitoreo UV empieza desde las 7AM hasta las 7PM, solo si la hora se encuentra dentro de este rango el sistema estará en funcionamiento caso contrario no realiza ninguna acción; todos los datos monitoreados son almacenados en el módulo micro SD.

Dentro de la programación se ha incluido un algoritmo que realice la acción de parpadear el indicador lumínico verde con la finalidad de poder identificar errores en el almacenamiento de los datos. Las lecturas del índice UV constan de dos etapas: la primera en la cual el sensor realiza lecturas cada segundo por el lapso de un minuto y en la segunda etapa este se encarga de controlar que los datos promediados de cada minuto sean almacenadas al cumplirse cinco minutos de monitoreo, es decir que por cada minuto se obtendrá una lectura existiendo cinco lecturas que son promediadas para conocer así el índice UV, con esto se garantiza que el sensor se encuentre funcionando todo el tiempo o cada segundo sin perder ninguna lectura.

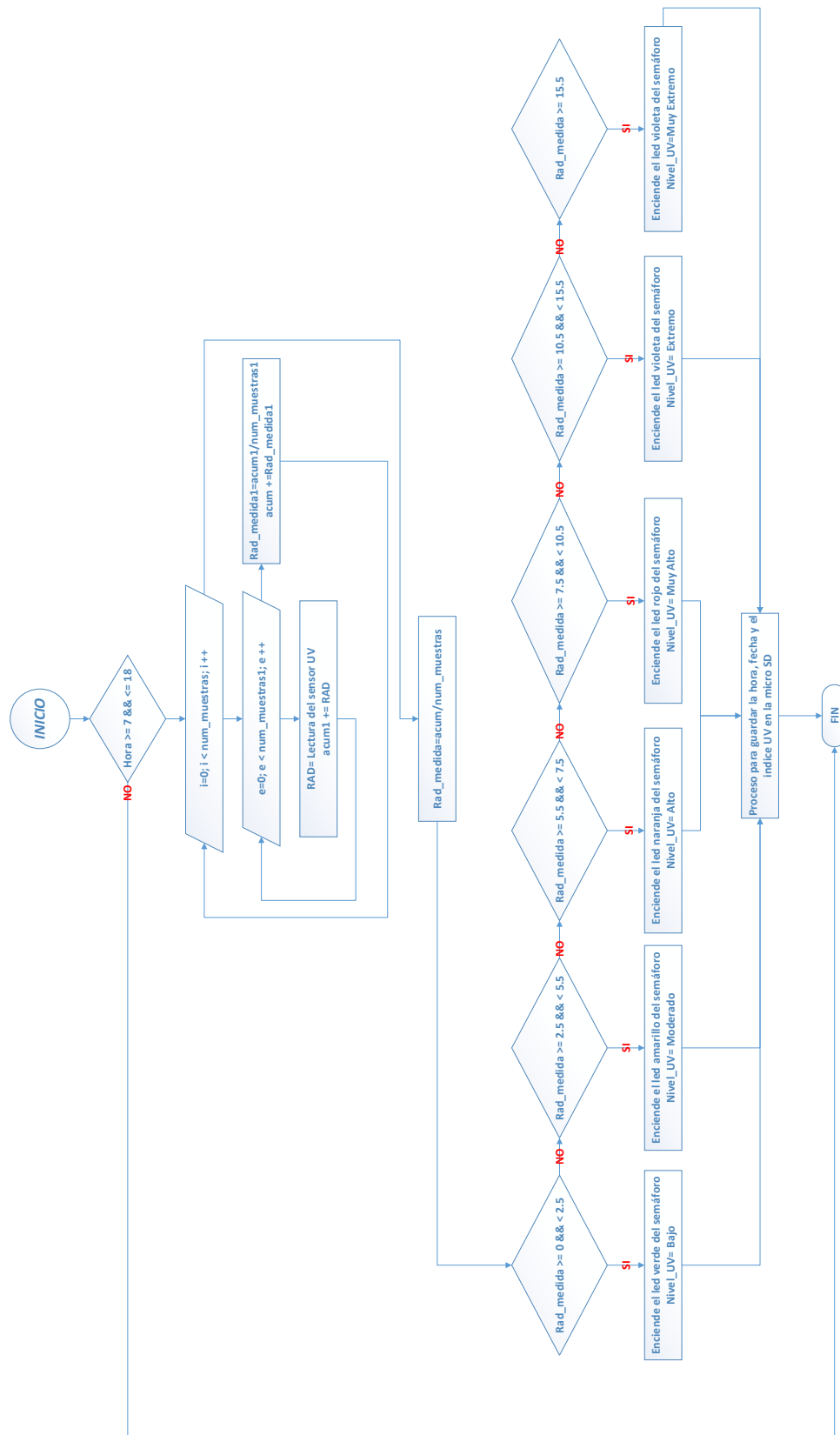


Figura 4.25: Algoritmo de programación del sistema
Fuente: Autor

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La investigación sobre la radiación “UV” y la búsqueda constante de métodos que faciliten la obtención de información sobre el índice solar, es una preocupación constante para la sociedad y entidades que tienen relación a la problemática, ya que la sobre exposición a los rayos solares es la causa de múltiples lesiones causadas en la piel. Por ende, este capítulo pretende validar el sistema de monitoreo e indicador visual “UV” mediante el análisis de diversos aspectos como la determinación de la ubicación del equipo a ser implementado, las variables que se ven inmiscuidas dentro de la toma de muestras, para finalmente analizar la información recolectada por el equipo en un lapso de seis meses.

5.1 Determinación de la ubicación del equipo

Para determinar el lugar más adecuado en el momento de ubicar el equipo se han considerado aspectos puntuales como: la ubicación del sensor en un lugar despejado de sombras debido que éstas pueden alterar la recolección de datos, el semáforo estará ubicado en un lugar visible para las personas, la caja de control se ubicará en un sitio donde este no pueda ser manipulado y bajo candado para su mayor seguridad, además es necesario que en el sitio exista una toma de corriente cercana para la alimentación del equipo.

El edificio del Hospital Universitario ubicado en la AV. 16 de Abril y Av. Ernesto Che Guevara la cual que se observa en las Figuras 5.1 y 5.2, cumple con los requisitos mencionados anteriormente ya que la edificación es la más grande del lugar y por ende no existe sombra alguna que pueda impedir el normal funcionamiento del sensor. Mientras que la caja de control se ha ubicado en los cubículos destinados para los profesores en la planta baja, desde ahí hasta la cima de la edificación se ha realizado el cableado utilizando cable UTP para la alimentación y comunicación del sensor Zopt2201, y de la misma manera para el semáforo ubicado en las afueras del edificio.



Figura 5.1: Hospital Universitario Católico
Fuente: Google Maps

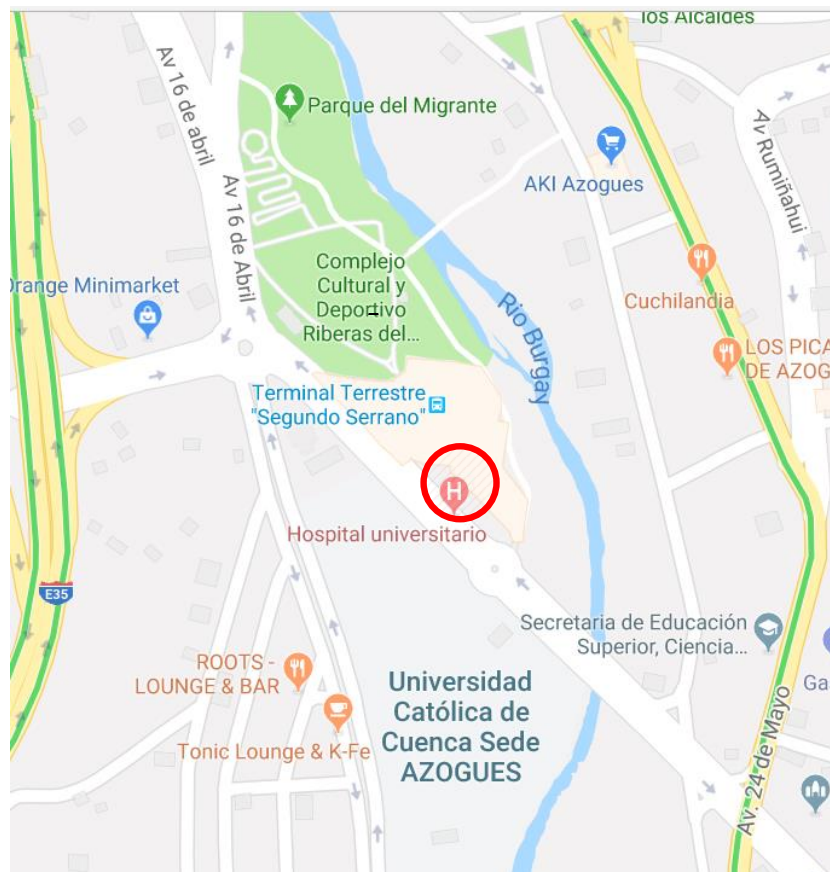


Figura 5.2: Ubicación del Hospital Universitario Católico
Fuente: Google Maps

5.1.1 Implementación del semáforo UV en el Campus Universitario

El semáforo UV ha sido ubicado en la salida del Campus Universitario siendo este un lugar de fácil visibilidad para las personas que frecuentan el lugar.

El día 3 de agosto del 2018 se registró un índice UV dentro del rango de EXTREMO a las 12:41, considerado de alto riesgo para las personas por lo que es recomendable no exponerse al sol o tomar medidas de protección extremas según la [World Health Organization, 2003]. Este dato se lo puede confirmar en el Anexo E.6 y corroborar en la Figura 5.3, misma que fue tomada a la fecha y hora antes ya expuesta.



Figura 5.3: Semáforo UV implementado indicando un nivel extremo el 03-08-2018 a las 12:41

Fuente: Autor

En la Figura 5.4 se visualiza el semáforo UV indicando un NIVEL BAJO por lo

cual se deduce que la radiación solar no es dañina para el ser humano, la fotografía corresponde al día 6 de agosto del 2018, a las 15:40 lo cual se puede verificar en el Anexo E.6.



Figura 5.4: Semáforo UV. Indica: NIVEL BAJO. Fecha: 06-08-2018. Hora: 15:40
Fuente: Autor

5.2 Toma de muestras

Definir las variables que formarán parte del estudio es vital en la toma de muestras, la información obtenida será almacenada en una micro SD para su posterior análisis, las variables que se tomaron en consideración son las que se detallan a continuación:

- **Fecha:** Es una variable imprescindible puesto que de esta manera se puede verificar a que día mes y año pertenece una “X” lectura, así como también permite ordenar cronológicamente las lecturas. El formato utilizado es el si-

guiente: “dd/mm/aaaa”.

- **Hora:** Esta información permitirá realizar un análisis más exhaustivo de las horas de menor y mayor intensidad iniciando a las 7AM y finalizando a las 7PM, el formato utilizado para el almacenamiento de esta información es “hh/mm/ss”.
- **Índice UV:** Para el índice UV es indispensable tomar como punto de partida lo mencionado por la [World Health Organization, 2003] en la sección 2.4 la cual recomienda que los valores del índice UV deben ser redondeados y mayores a “0”, siendo de esta manera como es almacenada dicha información para ser complementada con la fecha y hora.
- **Nivel UV:** Además del índice “UV” se almacenara en la micro SD el nivel en forma textual: “Nivel Bajo, Nivel Moderado, Nivel Alto, Nivel Muy Alto, Nivel Extremo”.
- **Valores del sensor:** El sensor Zopt2201 tiene la característica de entregar el nivel “UV” de forma automática y en valores enteros con decimales, estos valores también son almacenados en la micro SD.
- **Intervalo de muestreo:** Como se vio anteriormente en la sección 2.4.1 se recomienda por la [World Health Organization, 2003] entregar valores medios de cinco minutos con la finalidad de observar los cambios a corto plazo de la radiación solar, por ende este ha sido el tiempo definido para las lecturas del presente proyecto obteniendo un promedio de todas las lecturas tomadas cada segundo en el transcurso de los cinco minutos.

En la Figura 5.5 se muestra un fragmento del archivo de texto generado por el microcontrolador y almacenado en el módulo micro SD, donde se puede apreciar todas las variables y el tiempo de muestreo mencionados en el apartado anterior.

```

15/4/2018,9:52:53,5,Nivel Moderado,5.04
15/4/2018,9:57:57,5,Nivel Moderado,5.22
15/4/2018,10:3:0,5,Nivel Moderado,5.26
15/4/2018,10:8:4,5,Nivel Moderado,4.93
15/4/2018,10:13:8,5,Nivel Moderado,4.96
15/4/2018,10:18:12,5,Nivel Moderado,5.09
15/4/2018,10:23:16,5,Nivel Moderado,4.98
15/4/2018,10:28:20,5,Nivel Moderado,5.13
15/4/2018,10:33:24,6,Nivel Alto,5.64
15/4/2018,10:38:28,6,Nivel Alto,6.31
15/4/2018,10:43:32,7,Nivel Alto,6.90
15/4/2018,10:48:36,7,Nivel Alto,6.85
15/4/2018,10:53:40,9,Muy Alto,8.52
15/4/2018,10:58:43,7,Nivel Alto,7.16
15/4/2018,11:3:47,9,Muy Alto,9.00
15/4/2018,11:8:51,10,Muy Alto,9.68
15/4/2018,11:13:56,12,N Extremo,12.10
15/4/2018,11:19:0,8,Muy Alto,7.60
15/4/2018,11:24:4,7,Nivel Alto,6.64
15/4/2018,11:29:8,6,Nivel Alto,5.87
15/4/2018,11:34:12,6,Nivel Alto,5.59
15/4/2018,11:39:16,10,Muy Alto,10.07
15/4/2018,11:44:20,14,N Extremo,14.00
15/4/2018,11:49:24,8,Muy Alto,8.17
15/4/2018,11:54:28,6,Nivel Alto,5.66
15/4/2018,11:59:32,8,Muy Alto,7.72
15/4/2018,12:4:36,7,Nivel Alto,7.21
15/4/2018,12:9:40,7,Nivel Alto,6.85
15/4/2018,12:14:44,6,Nivel Alto,5.84

```

Figura 5.5: Fragmento del archivo almacenado en la micro SD
Fuente: Autor

5.3 Análisis de resultados

Los datos son almacenados en un archivo de texto en la memoria micro SD para su posterior traspaso a Excel para que estos puedan ser analizados de la mejor manera posible; los archivos que contienen las lecturas utilizados para el análisis de la presente sección se los encuentran en el Anexo E.

En las Figura 5.6 se observan los valores correspondientes a la fecha en la cual se han registrado los índices más altos durante el periodo de monitoreo. Gracias a las Figuras mencionadas se puede visualizar que las horas de mayor intensidad se encuentran entre las 09:05 Am a 14:47 Pm, siendo valores que corresponden a las categorías de Muy Alto y Extremo, llegando hasta un preocupante nivel 19 de radiación UV.

En las figuras presentadas a continuación se visualiza el promedio de cada uno de los meses en los cuales se realizó el monitoreo de la radiación solar.

En el gráfico correspondiente al mes de Marzo el cual se encuentra representado en la Figura 5.7 se observa que las horas de mayor intensidad fueron de 11:00AM a 13:30PM con valores que corresponden al nivel alto.

En la Figura 5.8 que corresponde al mes de abril se observa un leve aumento en la variación UV con respecto al mes de marzo alcanzando niveles que oscilan entre los rangos de alto y muy alto este último siendo un único pico de índice 8 registrado a las 12:18 PM, las horas de mayor intensidad del mes en cuestión se dieron de 10:20 AM a 13:40 PM.

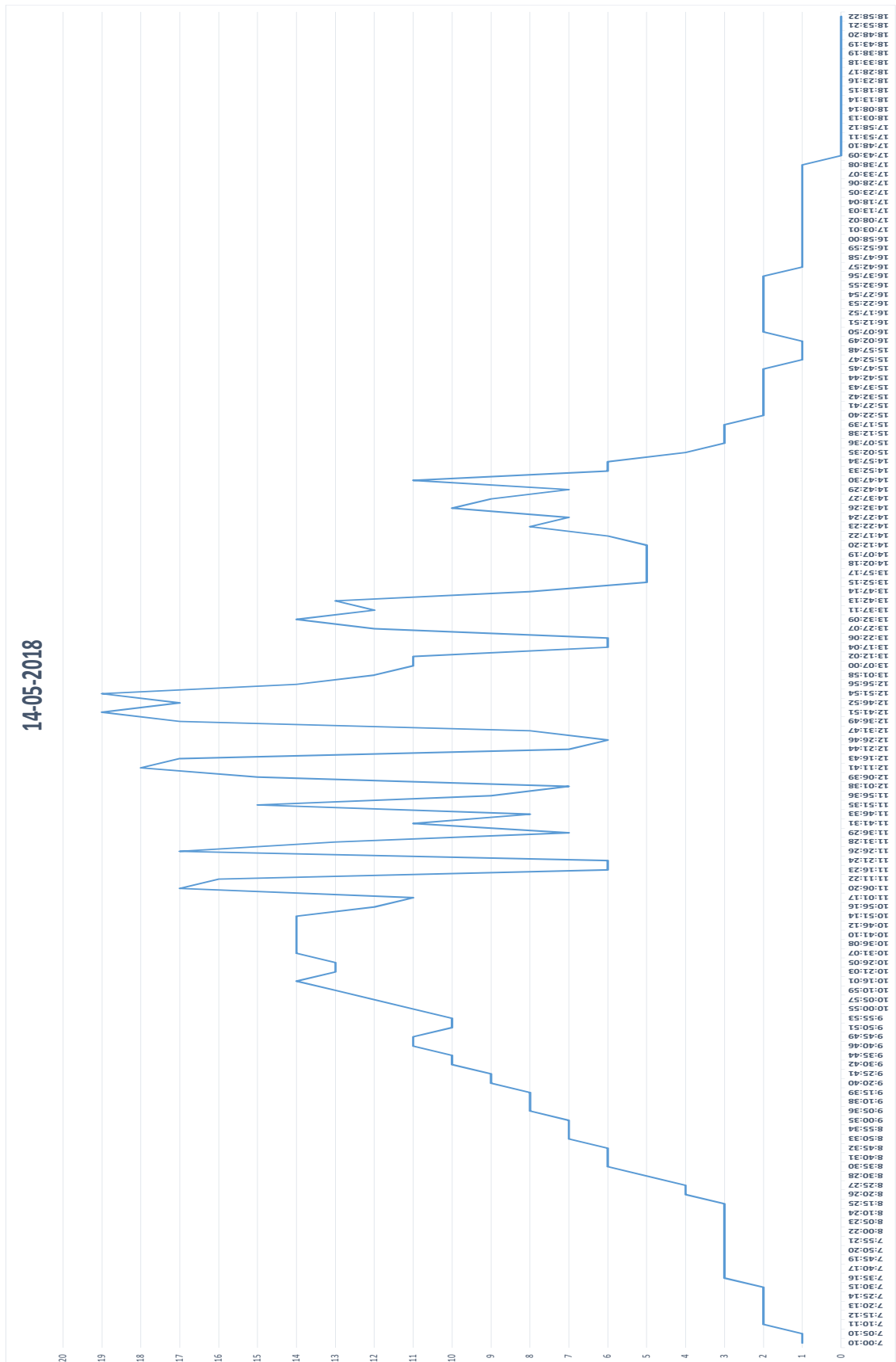
La Figura 5.9 representa el promedio mensual de mayo en el cual observamos una gran similitud con el mes de abril con un único pico de índice 8 correspondiente al rango de muy alto, mientras que el resto de lecturas denominadas altas varían entre las 10:30 PM a 14:15PM.

En la Figura 5.10 se observa que el mes de junio presenta un ligero decrecimiento en comparación a los meses pasados, dichos valores representan al rango de nivel alto en el horario de 11:40 AM a 13:20 PM.

La figura 5.11, representa al mes de julio que al igual que junio ha llegado únicamente a un índice de 6 que se encuentra dentro del rango de alto, y en cuanto a las horas de mayor intensidad registrado es de 11:20AM a 12:55 PM.

El último mes monitoreado corresponde al mes de agosto (Figura 5.12), en el cual se registran niveles altos en un horario comprendido de 11:45 a 13:40; es importante mencionar que los niveles UV pueden variar de acuerdo al mes y en el transcurso de todo el día.

Una vez concluido el análisis del índice UV del periodo marzo - agosto se busca dar contestación a la interrogante planteada en la sección 3.2.5, con relación a las horas de mayor intensidad, llegando a la conclusión que el horario de mayor irradiación solar se presenta comúnmente al medio iniciando aproximadamente a las 10:20 y culminando a las 14:30, coincidiendo con el 70,4% de encuestados que afirman los resultados del presente estudio.



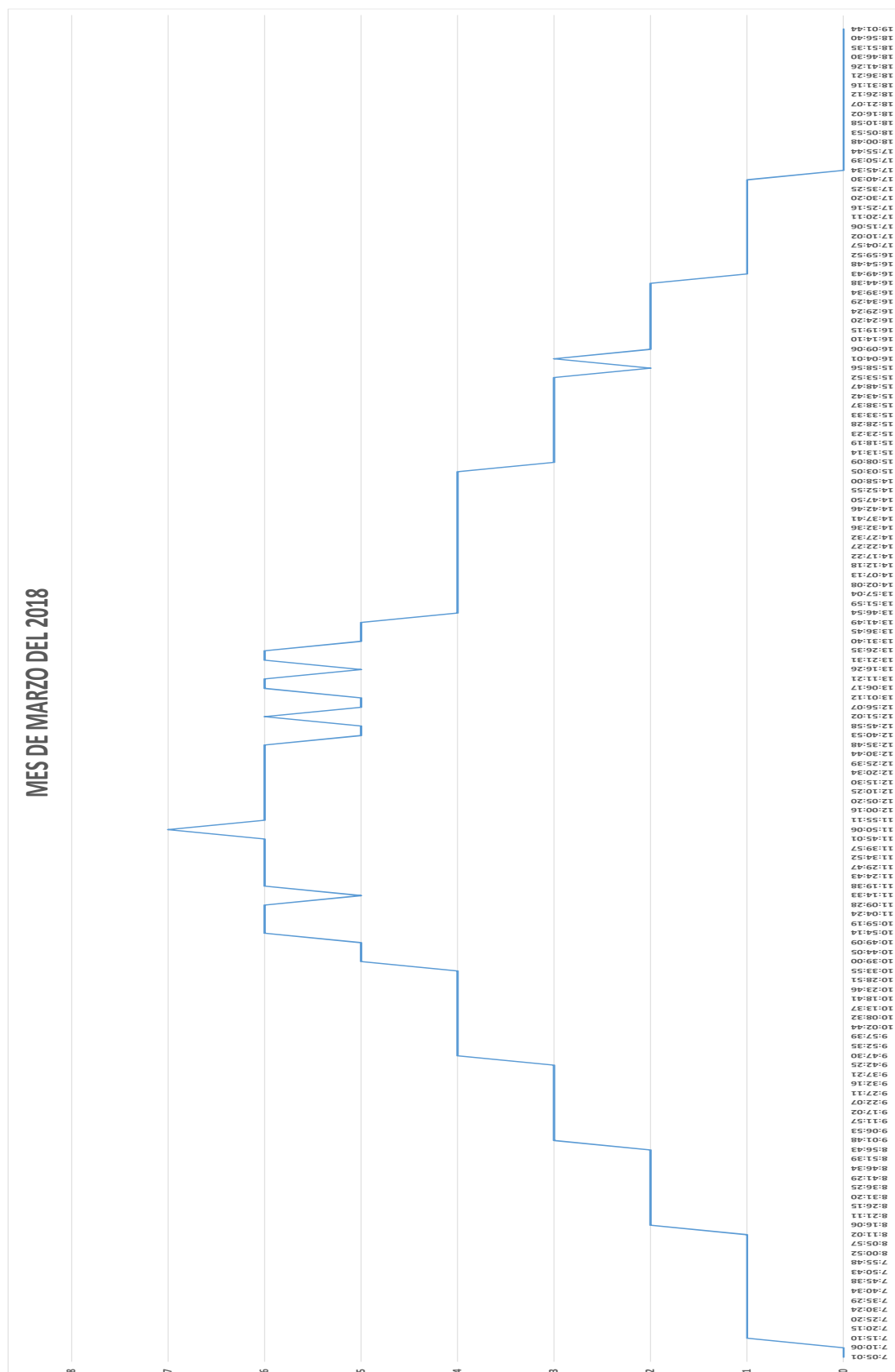


Figura 5.7: Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de marzo del 2018
Fuente: Autor

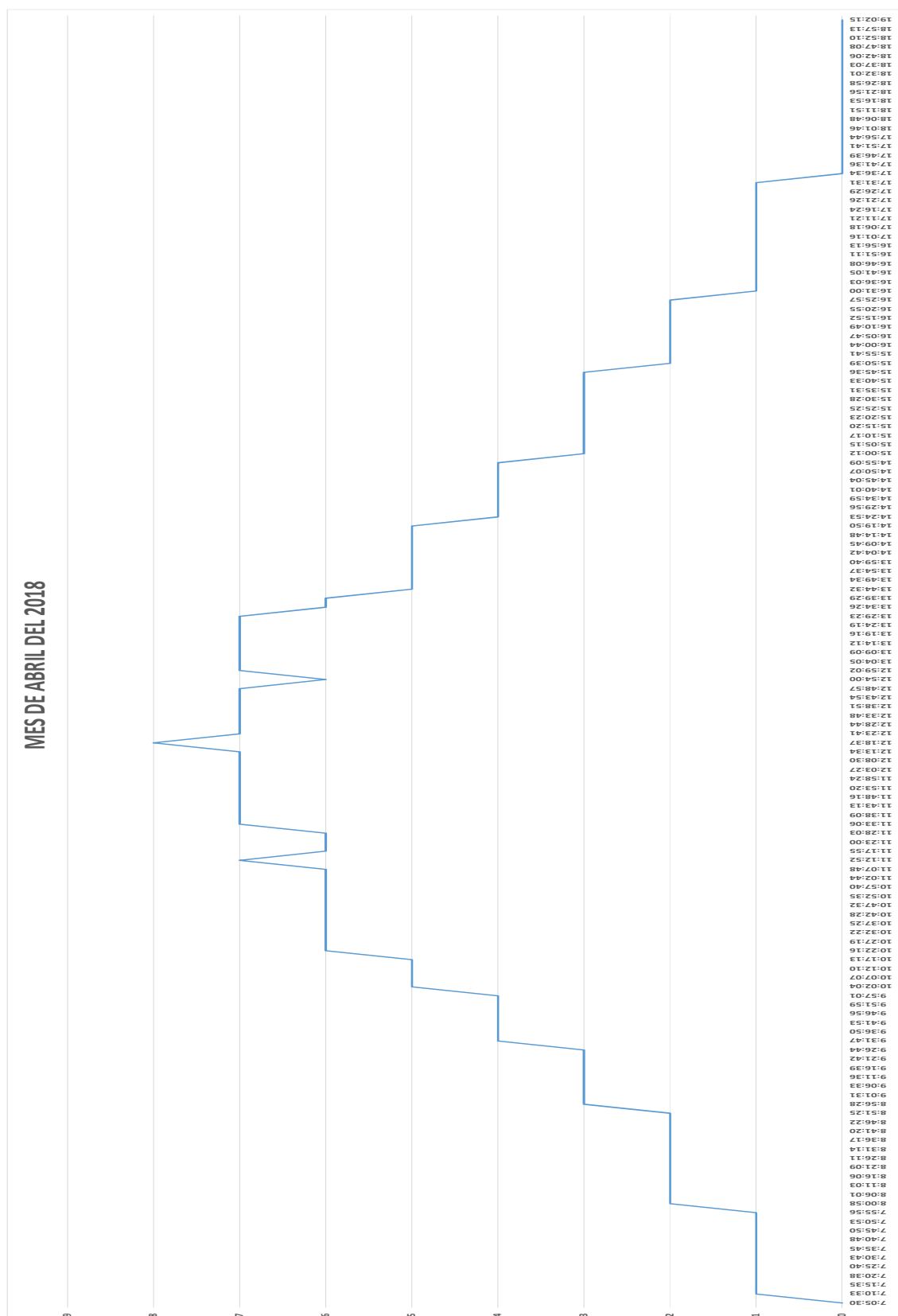


Figura 5.8: Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de abril del 2018
Fuente: Autor

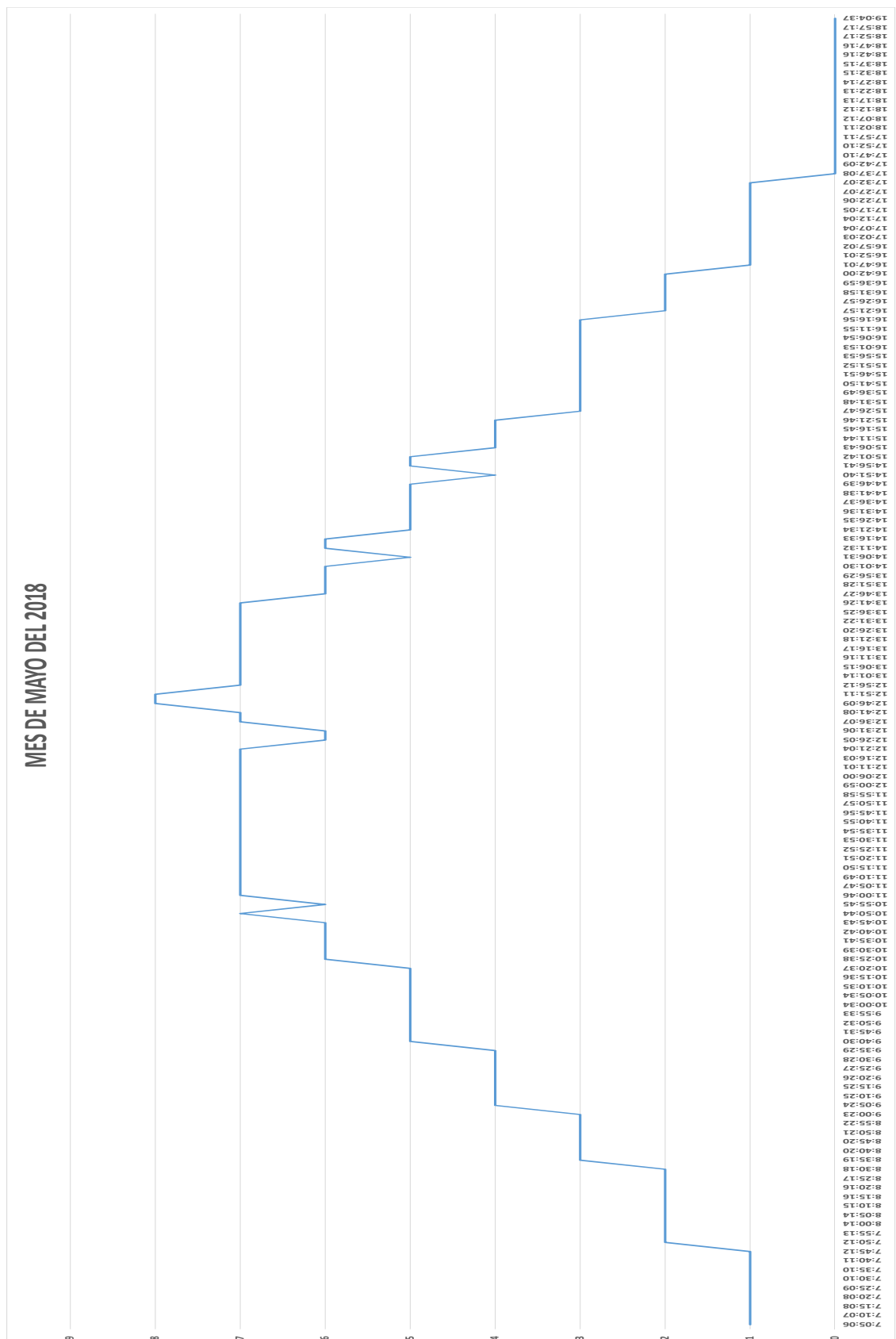


Figura 5.9: Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de mayo del 2018

Fuente: Autor

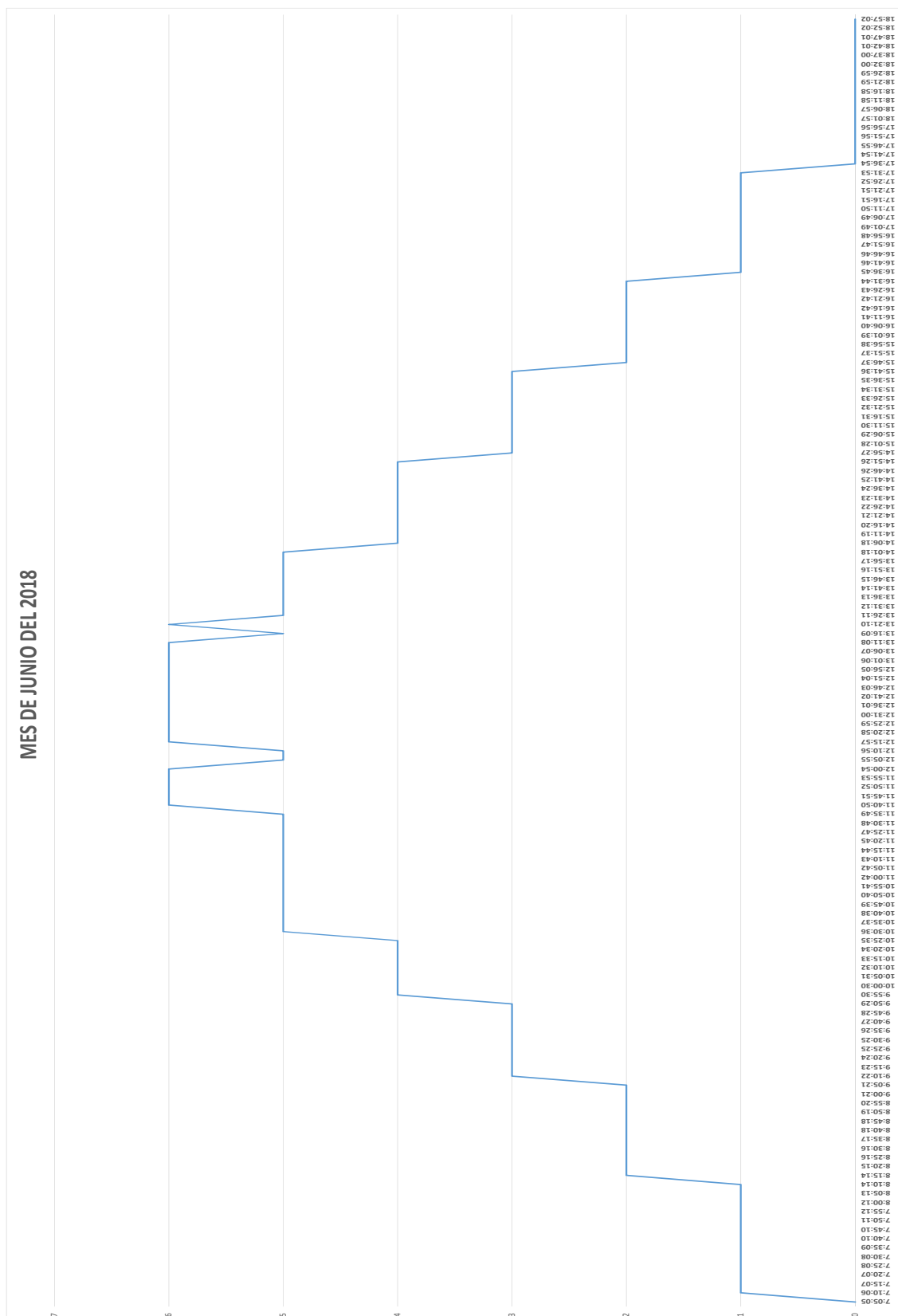


Figura 5.10: Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de junio del 2018
Fuente: Autor

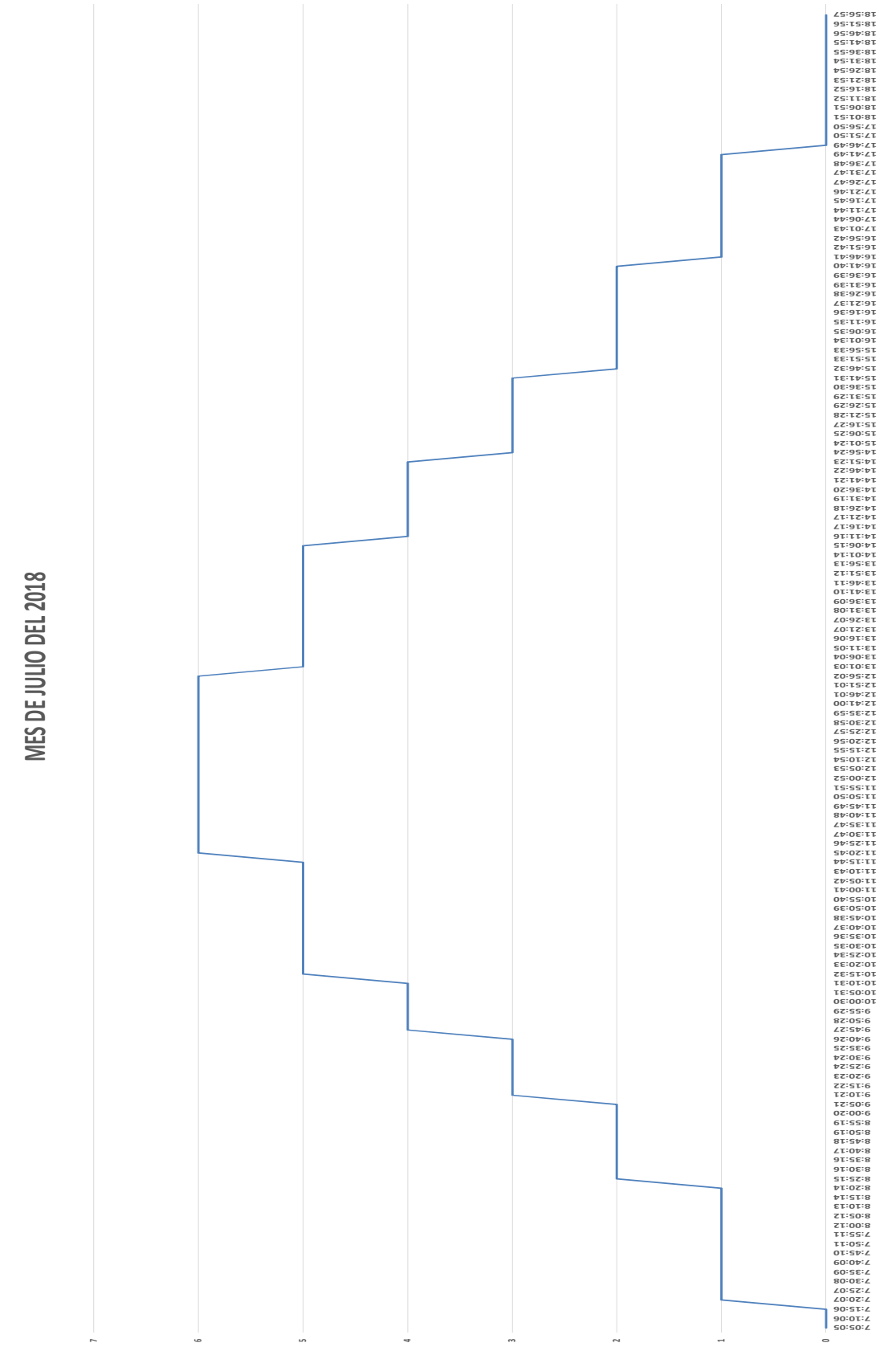


Figura 5.11: Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de julio del 2018
Fuente: Autor

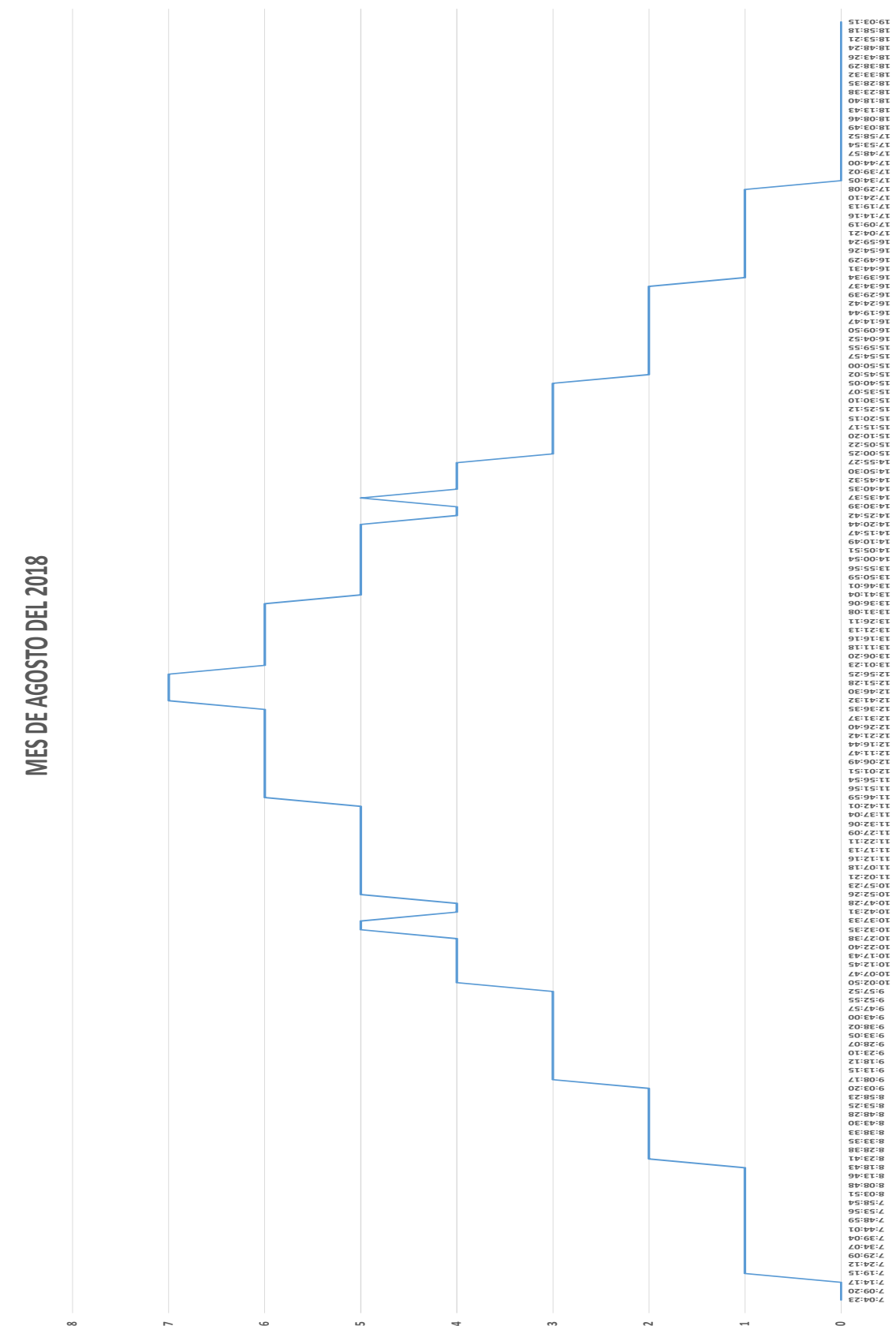


Figura 5.12: Gráfica de valores secuenciales de la radiación UV correspondiente al mes de agosto del 2018

Fuente: Autor

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1 Conclusiones

Que los sistemas de monitoreo sean autónomos es importante ya que permiten llevar un registro confiable de las variables físicas en tiempo real para su posterior análisis.

El ZOPT2201 es un excelente sensor automático con comunicación I2C, capaz de detectar la luz ultravioleta con gran precisión sin la necesidad de consultar complicadas tablas o procesos tediosos de calibración, por estos motivos lo hace diferente a muchos sensores que se los encuentra comúnmente en el mercado los cuales pueden llegar a presentar diferentes problemas de precisión debido a la luz ambiental o dificultades de calibración.

El sensor ZOPT2201 requiere ser protegido mediante un vidrio transparente con un espesor de 2mm esto debido a que la lluvia puede provocar un cortocircuito ya que parte de su circuiteria se encuentra desprotegido. Con la finalidad de que el vidrio no altere la detección del índice UV la ganancia del sensor ha sido aumentada mediante la programación de 4 que viene por defecto a 3 (mientras menor sea este valor mayor será su ganancia).

Se puede concluir, a partir de los datos recolectados que las horas de mayor intensidad oscila aproximadamente entre las 10:20AM hasta las 14:30PM, siendo estas las horas que se requiere un mayor hábito de protección solar.

Es necesario considerar que el punto de partida del presente estudio es la población estudiantil de la ciudad de Azogues, con la finalidad de determinar las horas de mayor intensidad para que conociendo esta variable las instituciones educativas puedan definir un horario más adecuado para dictar las clases de cultura física o a

su vez definir medidas de protección solar en el alumnado.

Es de vital importancia recalcar que durante cada uno de los días monitoreados en distintas horas del día la radiación UV ha llegado a niveles realmente alarmantes los cuales no se evidencia en las gráficas mensuales debido a que durante el cálculo del promedio mensual se considera los datos registrados en todos los días que conforman este mes los cuales varían de un día a otro.

Finalmente se puede deducir que según los datos obtenidos y analizados han existido días en los cuales los niveles UV han llegado a ser alarmantes llegando a radiaciones de hasta 19 el cual según la OMS es un nivel que va más allá del extremo y por lo tanto es perjudicial para la salud. Dicha información queda disponibilidad del lector en los anexos del presente trabajo de titulación ya que el análisis de cada uno de ellos haría que el documento se torne muy extenso.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda a las Instituciones Educativas que de ser posible incrementen en su kit de uniformes artículos indispensables para la protección solar como puede ser una gorra y protector solar. Además de evitar que los horarios tanto de cultura física como de receso coincidan con las horas de mayor intensidad (10:20 a 14:30).

Tomando como punto de partida las encuestas realizadas en el presente estudio se ha deducido que en la población estudiantil existe desconocimiento en cuanto a ciertos aspectos relacionados con la radiación solar, por lo que se recomienda a las autoridades educativas realizar diversas actividades con la finalidad de crear conciencia y hábitos de protección en el alumnado.

Se recomienda verificar las hojas técnicas de cada uno de los elementos a ser usados con la finalidad de conocer su funcionamiento para realizar sus respectivas conexiones.

Realizar un mantenimiento periódico del dispositivo con la finalidad de asegurar un funcionamiento óptimo.

Con la finalidad de evitar la pérdida de datos en caso de perder el suministro eléctrico se pueden tomar opciones alternas como por ejemplo paneles solares o baterías auxiliares entre otros.

Para obtener datos con mayor precisión se recomienda usar un sensor industrial denominado piranómetro que por cuestiones de su excesivo costo no se ha podido implementar en el presente proyecto.

Cuando en las placas PCB existen una cantidad considerable de pistas no es recomendable construirlas con los conocidos métodos tradicionales ya que las mismas pueden llegar a desprenderse con facilidad y perder continuidad cortando los circuitos después de un tiempo predeterminado, por esta razón los agujeros de la placa de control fueron realizados en una maquina CNC, el revelado de la placa mediante el método de insolación que es el que más se asemeja a una placa profesional y de calidad, además con la finalidad de proteger las vías de la PCB fue recubierta con antisolder de color verde.

6.3 Trabajos futuros

Como trabajos futuros, se proponen desarrollar una versión mejorada del sistema con acceso a la red con la finalidad de que los datos sean enviados directamente a una página web y almacenadas en una base de datos, además de una aplicación móvil gratuita disponible para el público en general para obtener información y recomendaciones en tiempo real. La ubicación del dispositivo en varios lugares estratégicos de la ciudad ayudaría a realizar un análisis más exhaustivo del comportamiento del índice UV.

Partiendo del mismo equipo se puede aumentar una serie de sensores que permitan medir diferentes magnitudes físicas ambientales obteniendo así otros valores de interés, como, por ejemplo: temperatura, CO, CO₂, presión atmosférica, etc.

Este proyecto ha arrojado preguntas que la comunidad científica debe resolver si se pretende inmiscuirse más en el tema desde diferentes áreas como por ejemplo en el área de la medicina concretamente en la dermatología realizando un análisis de los efectos producidos en la piel debido a los rayos solares partiendo de los datos almacenados en el presente documento de titulación. Otra de las áreas que puede formar parte del presente estudio son las organizaciones destinadas al cuidado del medio ambiente como por ejemplo el Ministerio Del Ambiente.

Bibliografía

- [A., Guzmán and T., Quizhpe, 2016] A., Guzmán, R. B. and T., Quizhpe, R. A. (2016). Asociación entre el nivel de radiación solar ultravioleta y la incidencia de lesiones dermatológicas actínicas agudas en el hospital Vicente Corral Moscoso durante 2011 y 2014 .
- [ADAFRUIT, 2017] ADAFRUIT (2017). Micro SD Card Breakout Board Tutorial.
- [Alquinga Arequipa, 2017] Alquinga Arequipa, F. C. (2017). Desarrollo e implementación de un dispositivo “Wearable” para el análisis de temperatura, humedad, incidencia de rayos ultravioletas (UV) y presión atmosférica para personas que realizan montañismo.
- [ARDUINO, 2018] ARDUINO (2018). Arduino Mega 2560 Rev3.
- [Barbosa Alvez, 2017] Barbosa Alvez, D. (2017). *MODELAGEM MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA CULTURA DIGITAL: UMA PERSPECTIVA DE EDUCAR PELA PESQUISA NO CURSO DE TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO*. PhD thesis.
- [Cabrera Fragiel, 2016] Cabrera Fragiel, J. F. (2016). Desarrollo de una simulación básica de una caldera de vapor mediante Arduino.
- [Crespo, 2016] Crespo, J. E. (2016). Alimentación Arduino | Aprendiendo Arduino.
- [DatasheetCatalog, 2012] DatasheetCatalog (2012). LM78XX/LM78XXA-Contek Microelectronics.
- [Enviromental Health Perspectives, 2013] Enviromental Health Perspectives (2013). Las radiaciones ultravioleta y el cáncer de piel. Salud Publica de Mexico. page 21.

- [Esquivel Silva, 2017] Esquivel Silva, D. Y. (2017). Estimación del Potencial Energético Solar para la Sede Macarena A de la Universidad Distrital, a Partir de Medidas de Radiación Solar Global.
- [Franco Pallo, 2017] Franco Pallo, K. P. (2017). ANÁLISIS COMPARATIVO DE RADIACIÓN SOLAR VS. ACTIVIDAD SOLAR EN QUITO Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD EN EL PERIODO 2007-2016.
- [González Ruelas et al., 2014] González Ruelas, M. E., Higuera Espinoza, S. A., Hostein, N., and Carrillo González, F. M. (2014). Estudio de los parámetros y factores que modifican los niveles de radiación ultravioleta. page 15.
- [Guamán et al., 2017] Guamán, J. F., Página, C., Guadalupe, G., and Rivera, O. (2017). Universidad de Cuenca, Propuesta de creación de una ruta turística para potenciar Las Minas de El Salado de la parroquia Luis Cordero, del Cantón Azogues.
- [Guerra Tapia, 2018] Guerra Tapia, A. (2018). Indicaciones y aplicaciones de la fotoprotección. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 12(47):2811–2814.
- [Herrador, 2009] Herrador, R. E. (2009). Guía de Usuario de Arduino. *Universidad de Córdova*, page 49.
- [INAMHI, 2015] INAMHI (2015). Situación Actual del Estado Operativo de los Sistemas de Observación y de información Hidrometeorológicas en el Ecuador. page 77.
- [Lema and Zuleta, 2015] Lema, C. and Zuleta, D. (2015). Solmáforo(Semáforo Slar): Modelo ambiental de alerta por exposición a la radiación solar en Quito.
- [López and Mancheno, 2016] López, C. and Mancheno, J. (2016). Implementación de un Sistema Electrónico de Monitoreo Autosustentable para la Difusión de Índices de Radiación Solar en la Epoch.
- [Marenco Moreira et al., 2017] Marenco Moreira, F. A., Merino Ruano, H. A., and Orellana Castillo, M. E. (2017). Monitoreo de irradiancia solar en los diferentes campus de la Universidad de El Salvador.
- [Organización de Salud Panamericana et al., 2011] Organización de Salud Panamericana, Matthews, G., Zaim, M., Yadav, R. S., Soares, A., Hii, J., Ameneshewa, B., Mnzava, A., Dash, A. P., Ejov, M., Tan, S. H., and van den Berg, H. (2011). Status of Legislation and Regulatory Control of Public Health Pesticides in Countries Endemic with or at Risk of Major Vector-Borne Diseases. *Environmental Health Perspectives*, 119(11):1517–1522.
- [Rashid, 2004] Rashid, M. H. (2004). *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones*. Pearson.

- [S., Olarte et al., 2016] S., Olarte, M., R., Sánchez, S. H., F., Aréchiga, C. F., V., Bañuelos, R., A., Ramírez, E. D., and L., López, A. (2016). Daño y respuesta celular en piel por exposición prolongada a radiación UV. *ANACEM*, page 8.
- [Santa Anna Zamudio, 2015] Santa Anna Zamudio, J. R. (2015). Tutorial DS1307 Tiny RTC con Arduino - Geek Factory.
- [Secretaría de Ambiente, 2018] Secretaría de Ambiente (2018). Radiación Ultravioleta.
- [SOLCA Matriz Guayaquil, 2011] SOLCA Matriz Guayaquil (2011). Tasas Estandarizadas, los 10 tipos de cáncer más frecuentes.
- [SOLCA Núcleo de Cuenca, 2015] SOLCA Núcleo de Cuenca (2015). Instituto del Cáncer SOLCA Núcleo de Cuenca.
- [SOLCA Núcleo de Quito, 2017] SOLCA Núcleo de Quito (2017). Hospital Oncológico Solca Núcleo de Quito - Cáncer en Quito 2010 - 2013. page 2017.
- [Sparkfun, 2017] Sparkfun (2017). UV Sensor (Qwiic) - ZOPT2201 - SPX-14264 - SparkFun Electronics.
- [Susaeta Chamorro, 2017] Susaeta Chamorro, X. (2017). Diseño y construcción de circuitos ejemplo para electrónica de potencia.
- [TEXAS INSTRUMENTS, 2000] TEXAS INSTRUMENTS (2000). LM1117 Space Saving 800mA Low-Dropout Linear Regulator with Internal Current Limit | TI.com.
- [Utande Estallo, 2017] Utande Estallo, N. (2017). *Diseño y construcción de un conmutador programable de efectos de guitarra mediante un microcontrolador*. PhD thesis, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona.
- [Utilcell, 2016] Utilcell (2016). GRADOS DE PROTECCION IP.
- [World Health Organization, 2003] World Health Organization (2003). Global Solar UV Index A Practical Guide. *World Health Organization*, page 18.
- [World Health Organization, 2012] World Health Organization (2012). Globocan 2012 - Home.
- [Yepes Valencia and Fernández Mesa, 2016] Yepes Valencia, J. C. and Fernández Mesa, M. A. (2016). PMITO-Plataforma móvil para investigación de técnicas de ODOMETRÍA.
- [Zaragozano et al., 2016] Zaragozano, J. F., Lozano, M. B., and Moreno Aznar, L. (2016). Quemadura solar y fotodermatosis. page 11.
- [ZOPT2201 Datasheet, 2016] ZOPT2201 Datasheet (2016). ZOPT2201 Datasheet, Datasheet - alldatasheet.

ANEXO A

Encuestas

A.1 Formulario utilizado para las encuestas

El presente formulario va dirigido a estudiantes de Educación General Básica y Bachillerato de las instituciones Educativas centrales de la ciudad de Azogues, con la finalidad de recolectar información sobre sus conocimientos y hábitos de protección solar.

1. ¿Institución educativa a la que pertenece?

2. ¿Escriba su edad en años?

 años

3. ¿Escoja su género?

☐ Hombre

☐ Mujer

4. ¿Conoce qué es la Radiación Ultra Violeta (UV) emitida por el Sol? Si su respuesta es "NO" pasé a la pregunta 5, si su respuesta es "SI" continué a la pregunta 4.1?

☐ SI

☐ NO

4.1. ¿Cree que la radiación solar UV emitida por el Sol afecta a los ojos?

☐ SI

☐ NO

4.2. ¿Cree que la radiación solar UV afecta a la piel?

☐ SI

☐ NO

5. ¿En qué horario cree usted que el sol quema más? (Escoja solo una opción)

- ☐ De 8:00 AM a 10:00 AM
- ☐ De 10:00 AM a 12:00 PM
- ☐ De 12:00 PM a 2:00 PM
- ☐ De 2:00 PM a 4:00 PM
- ☐ De 4:00 PM a 6:00 PM
- ☐ Todos queman igual
- ☐ No lo sé

6. ¿Cree que sus hábitos con respecto al cuidado del Sol son los correctos?

☐ SI

☐ NO

7. ¿Cree que en un día nublado se queme la piel estando al aire libre?

☐ SI

☐ NO

8. ¿Con qué frecuencia realiza ejercicio al aire libre? (Escoja solo una opción)

- ☐ Diariamente.
- ☐ Una o dos veces a la semana.
- ☐ De vez en cuando.
- ☐ Nunca.

9. ¿Con qué frecuencia utiliza protector solar? (Escoja solo una opción)

- ☐ Más de una vez al día
- ☐ Sólo cuando voy a estar expuesto al sol
- ☐ Una vez al día
- ☐ Nunca

10. ¿Qué tipo de protección usa para protegerse del sol? (Escoja la(s) opciones)

 ☐ gorra	 ☐ gafas	 ☐ Nada
 ☐ Protector solar	 ☐ Sombrilla	

11. ¿Evita salir o exponerse al Sol en las horas de mayor intensidad?

SI

NO

Algunas veces

12. ¿Cree que exponerse al Sol mucho tiempo es?

Sano

Peligroso

No lo sé

13. Cuándo está mucho tiempo expuesto al Sol. ¿Cómo reacciona su piel? (Escoja solo una opción)

- ☐ Se quema
- ☐ Se broncea
- ☐ No lo sé

14. ¿Ha sufrido quemaduras solares graves alguna vez?

SI

NO

No recuerdo

15. ¿Con qué frecuencia acude al dermatólogo? (Escoja solo una opción)

- ☐ Regularmente
- ☐ Al menos una vez al año.
- ☐ Cada dos, tres años.
- ☐ Nunca he ido al dermatólogo.

16. ¿Ha recibido información acerca de la importancia de la protección solar en el último año? Si su respuesta es "NO" pase a la pregunta 17, si su respuesta es "SI" continúe a la pregunta 16.1?

SI

NO

a. 16.1 ¿Cómo se ha informado sobre la importancia de la protección solar? (Escoja la(s) opciones)

- ☐ Internet
- ☐ Alguien se lo comentó
- ☐ Su médico
- ☐ Su dermatólogo
- ☐ Televisión
- ☐ Mi profesor(a)

17. ¿Le gustaría contar en su establecimiento con un Equipo que le muestre la Radiación UV del Sol y cómo debería protegerse?

Nivel de Radiación - Índice UV	ÍNDICE UV	RIESGO	TME*	PROTECCIÓN SUGERIDA
0-2 Bajo	0 a 2	BAJO	60+	[Iconos: sombrero, gafas, crema]
3-5 Moderado	3 a 5	MODERADO	45	[Iconos: sombrero, gafas, crema]
6-7 Alto	6 a 7	ALTO	30	[Iconos: sombrero, gafas, crema]
8-10 Muy alto	8 a 10	MUY ALTO	25	[Iconos: sombrero, gafas, crema]
11+ Extremo	11 o +	EXTREMO	10	[Iconos: sombrero, gafas, crema]

*TME: Tiempo Máximo Recomendado de Exposición (expresado en minutos).

SI

NO

18. Si tuviera información del daño que pueda hacer el Sol cuando su nivel sea peligroso. ¿Qué haría?

- ☐ Evitaría exponerse al Sol
- ☐ Igual se expondría
- ☐ Usaría la protección adecuada antes de exponerse

Gracias por su colaboración



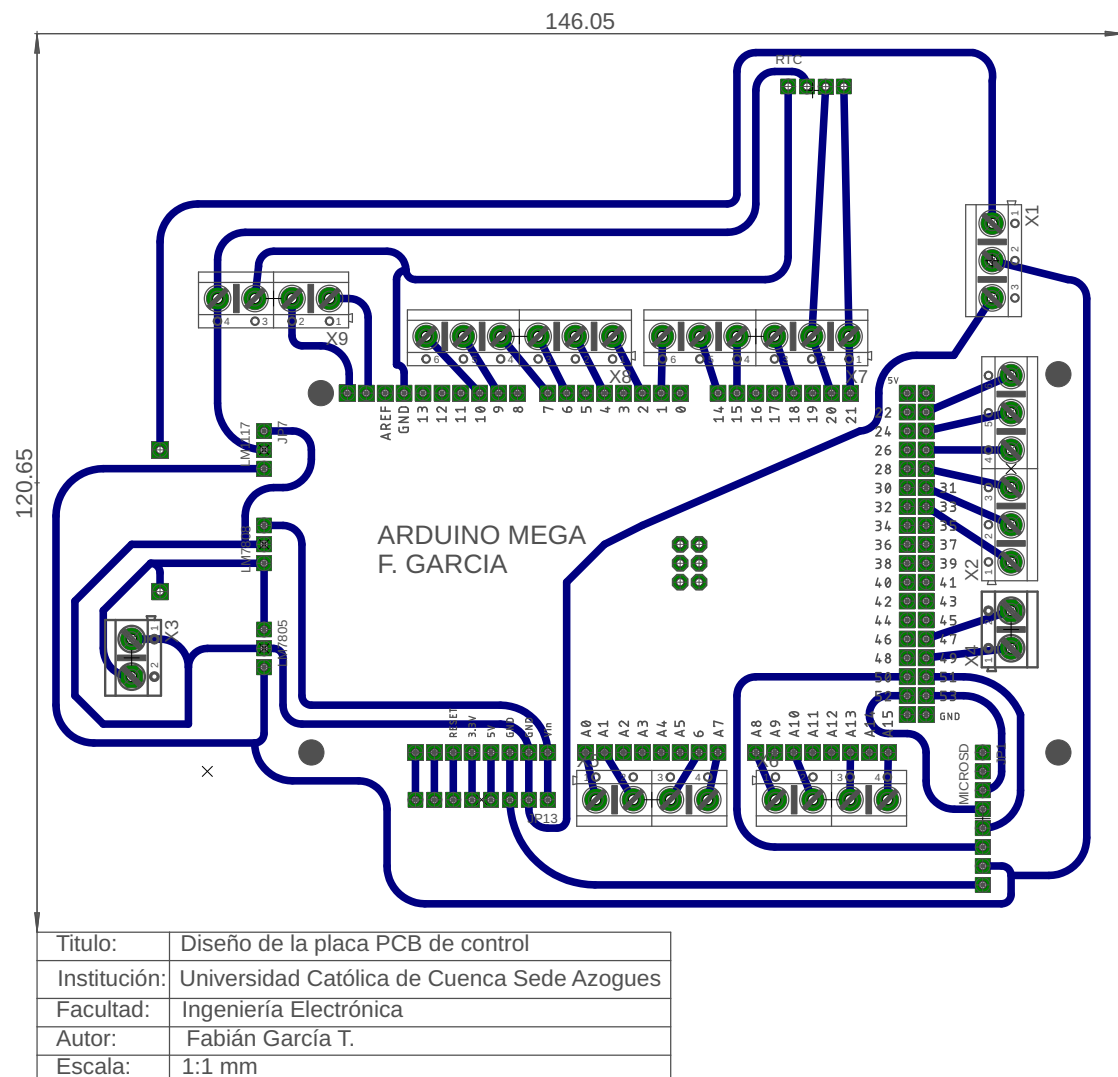
A.2 Fotografías de la aplicación de las encuestas



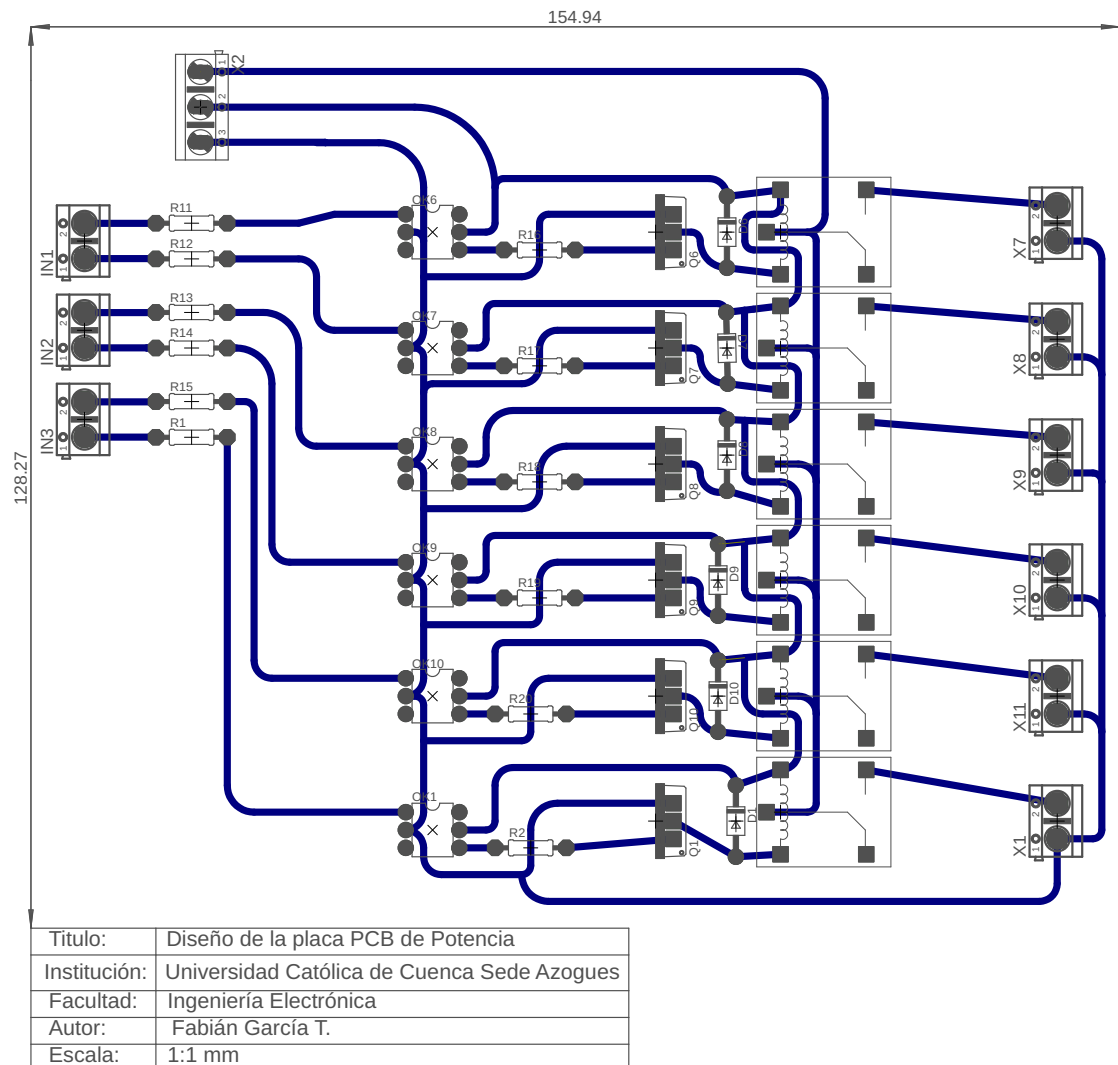
ANEXO B

Diseño de las placas PCB

B.1 Diseño y dimensiones de la placa PCB de control



B.2 Diseño y dimensiones de la placa PCB de Potencia

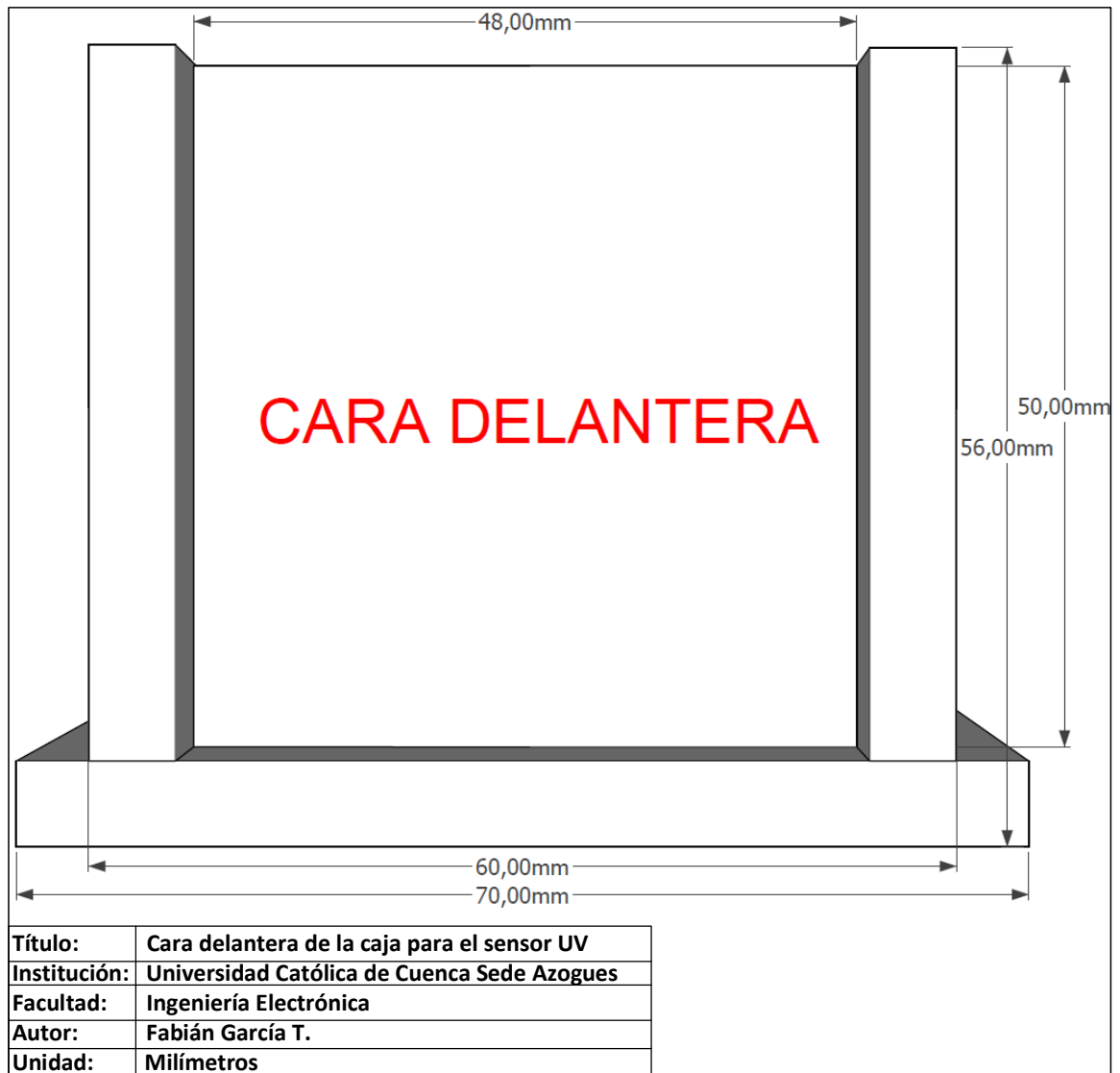


ANEXO C

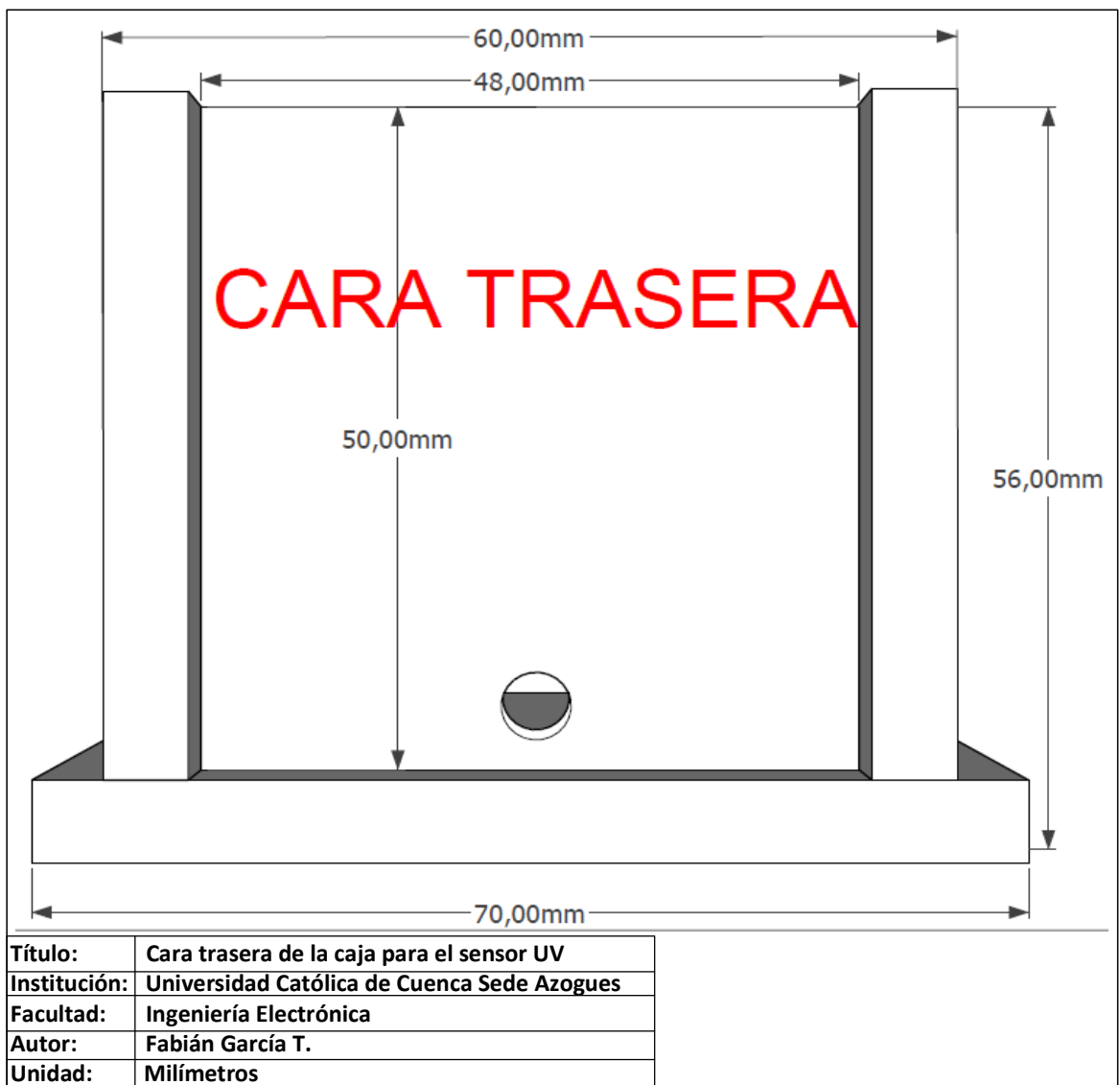
Diseño mecánico

C.1 Diseño de la caja para el sensor Zopt2201

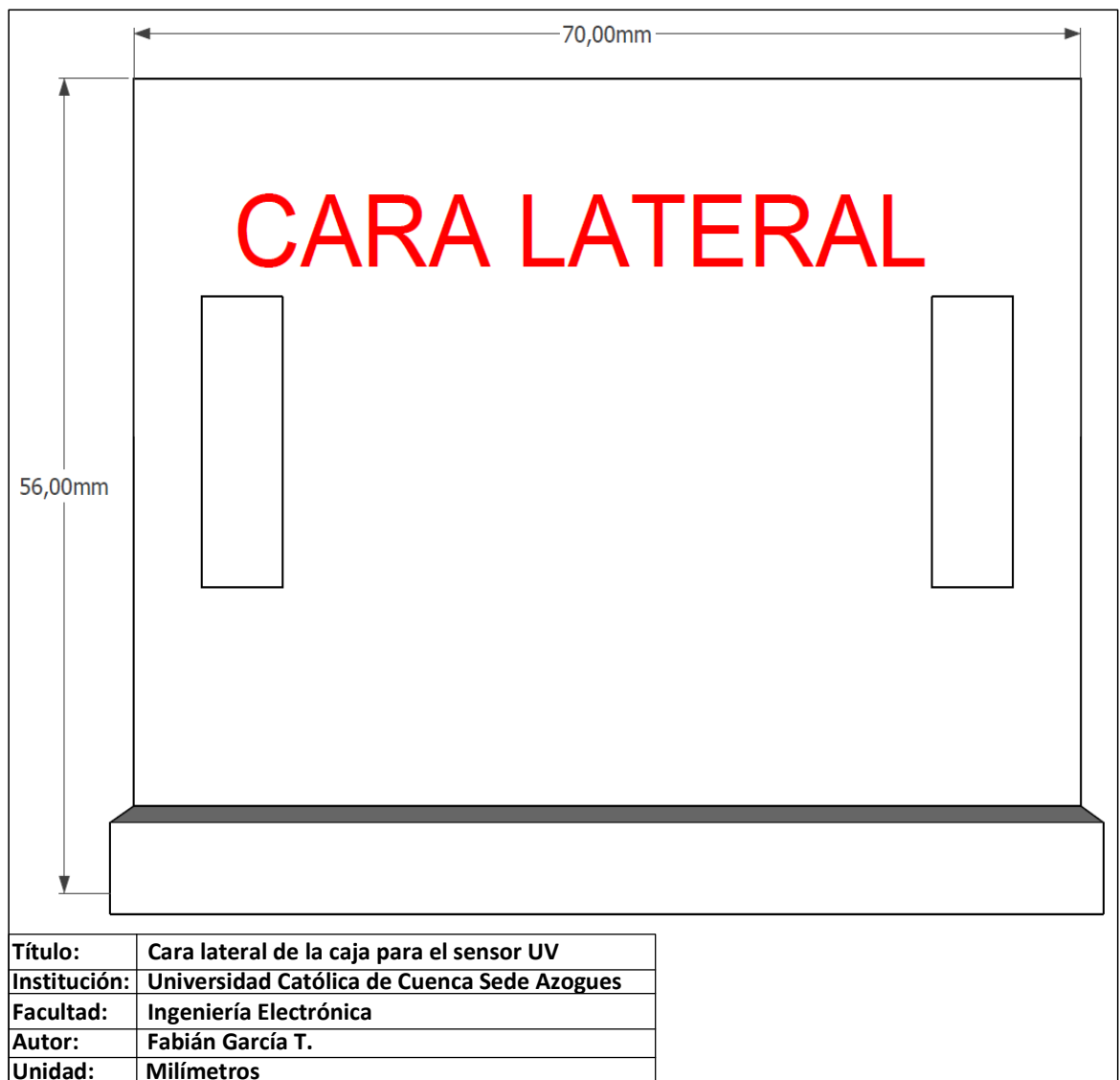
C.1.1 Cara delantera de la caja para el sensor Zopt2201



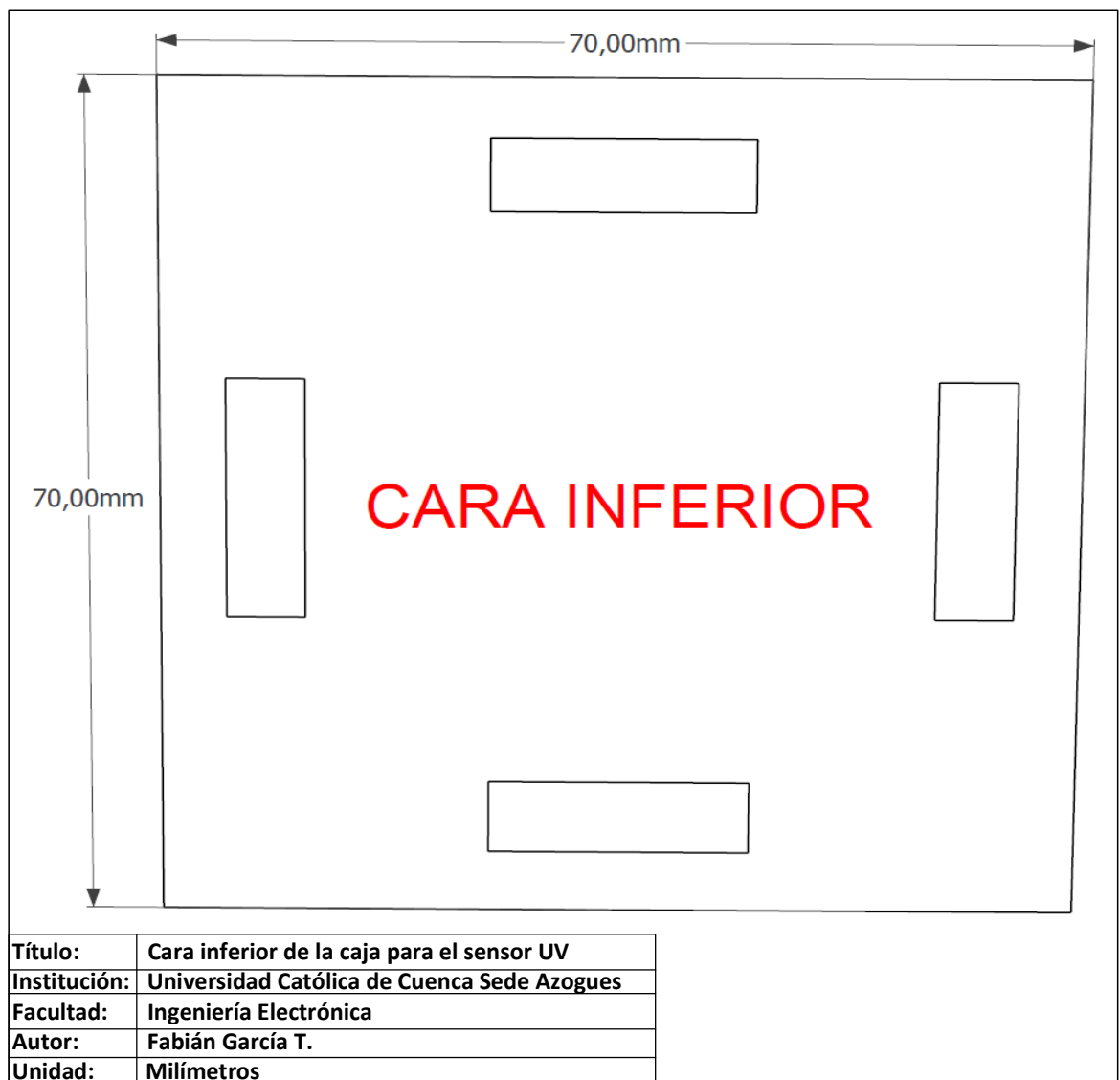
C.1.2 Cara trasera de la caja para el sensor Zopt2201



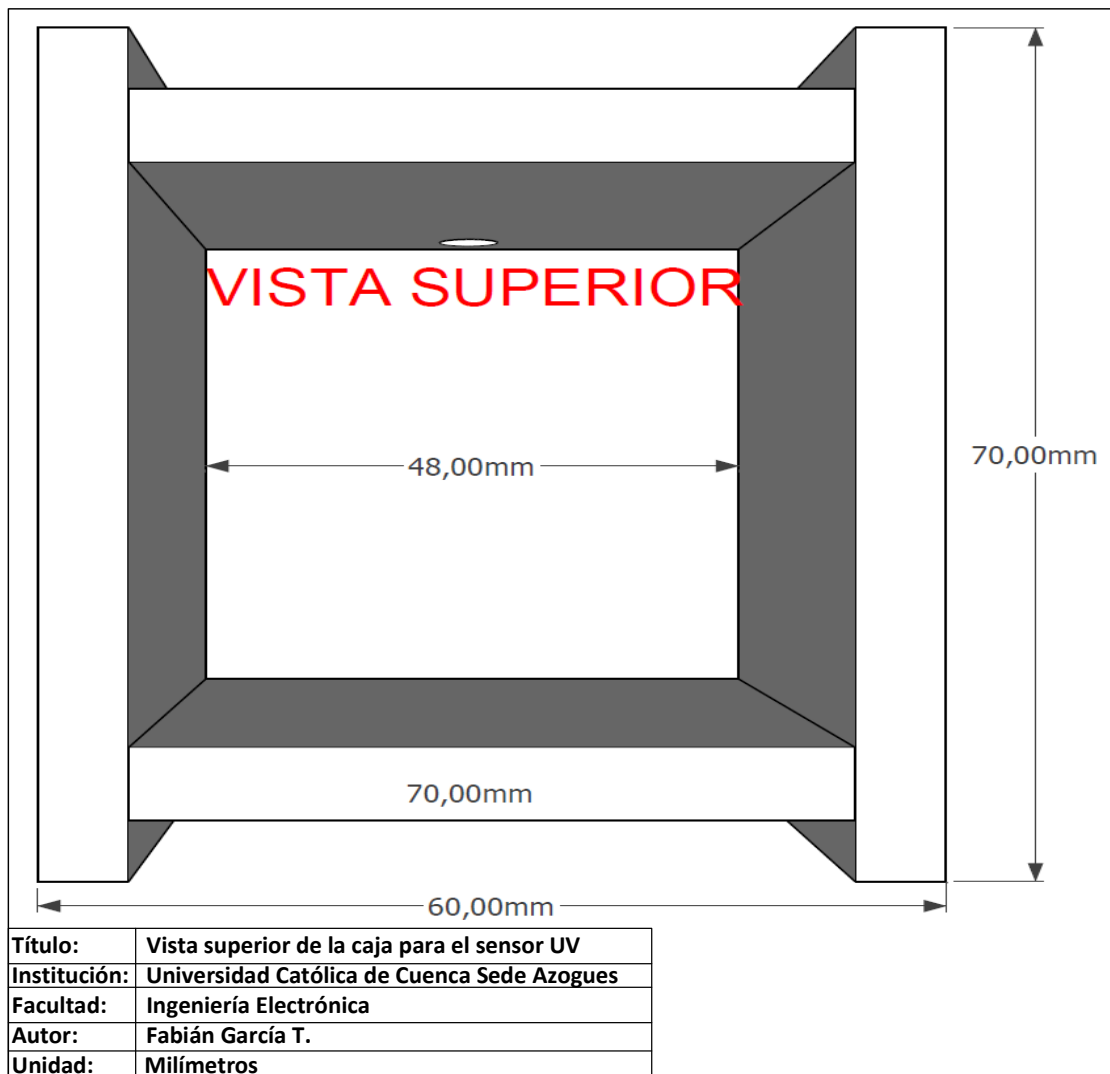
C.1.3 Cara lateral de la caja para el sensor Zopt2201



C.1.4 Cara inferior de la caja para el sensor Zopt2201

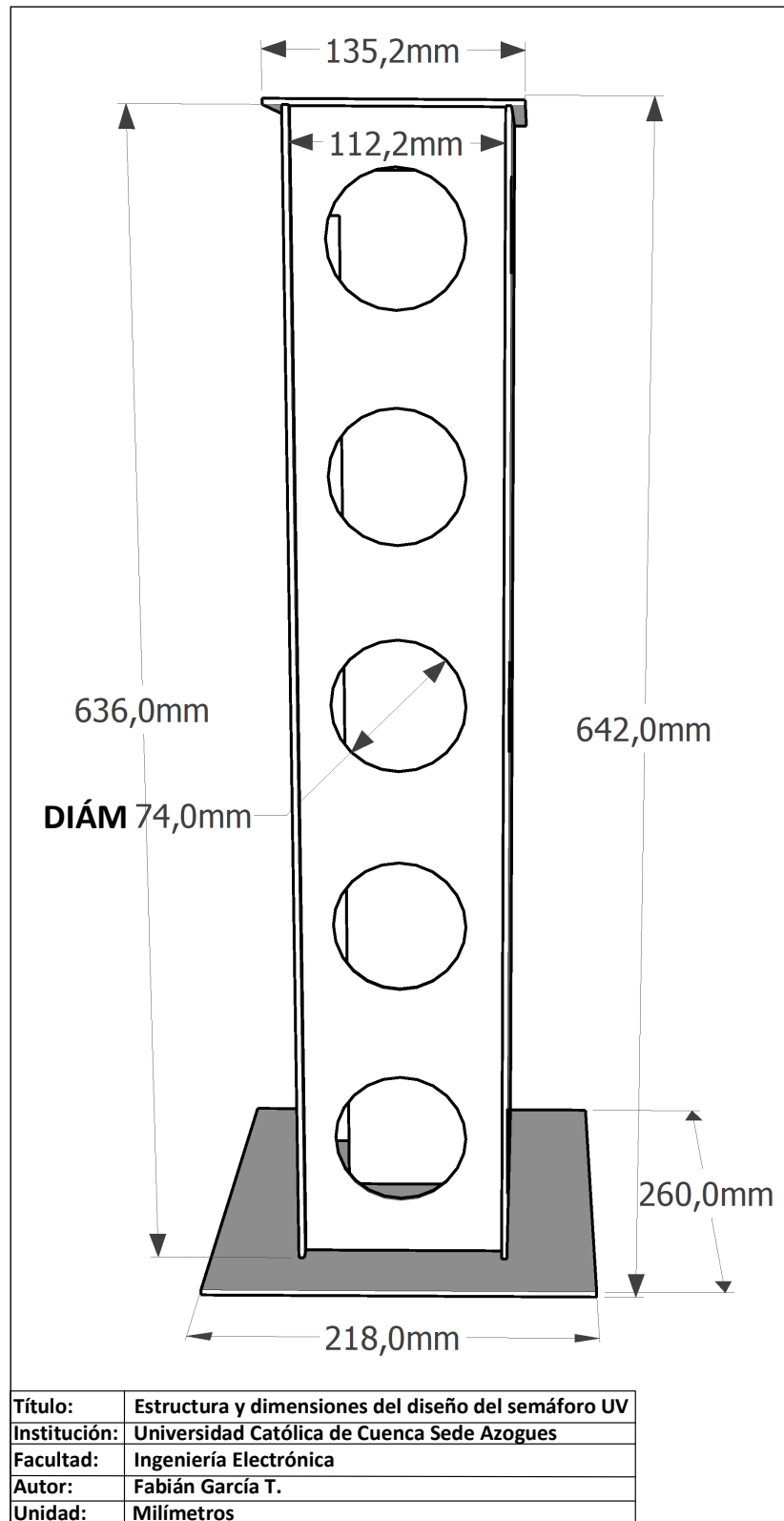


C.1.5 Vista superior de la caja para el sensor Zopt2201

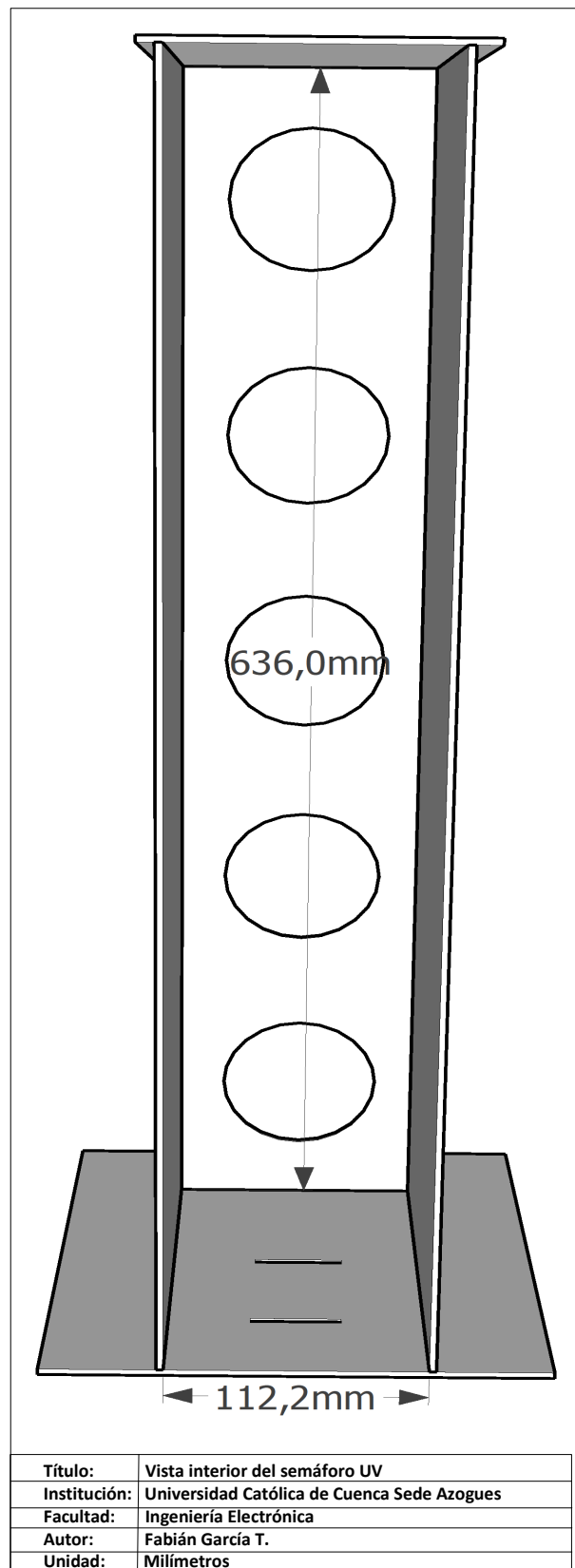


C.2 Diseño del semáforo UV

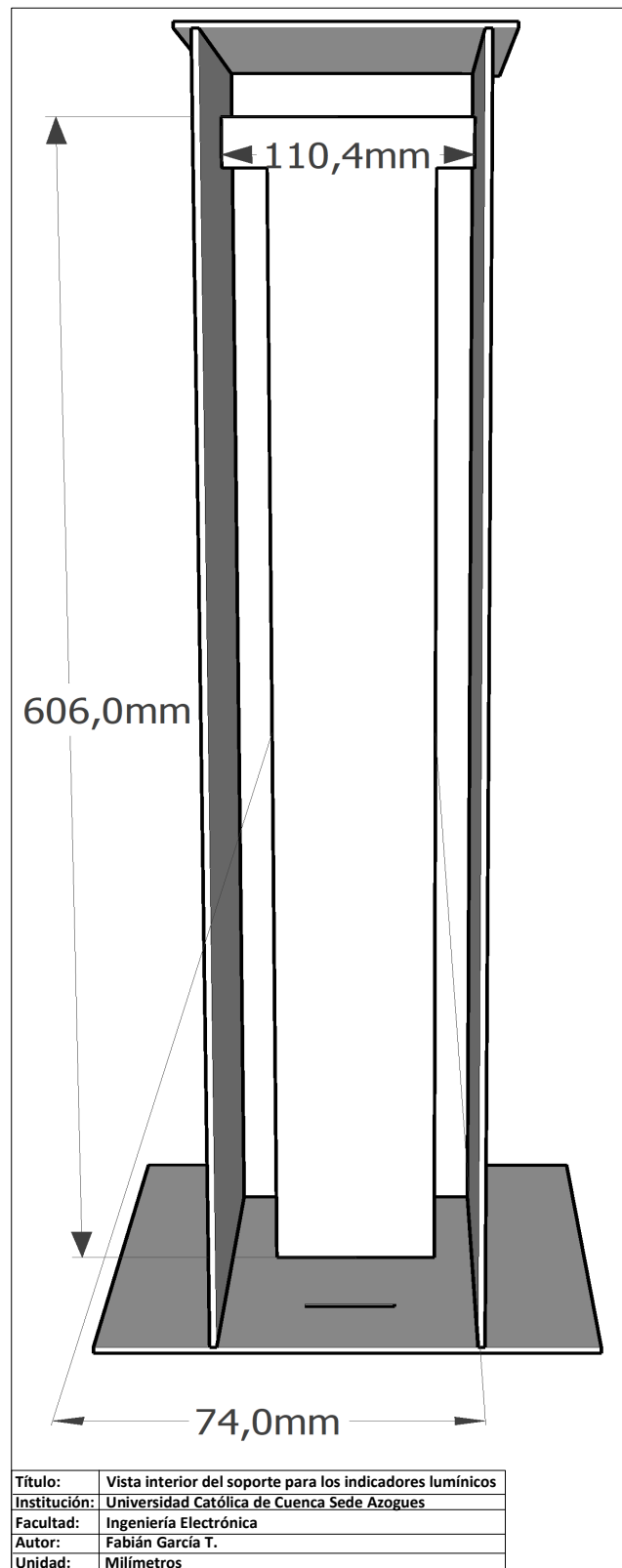
C.2.1 Estructura y dimensiones del diseño del semáforo UV



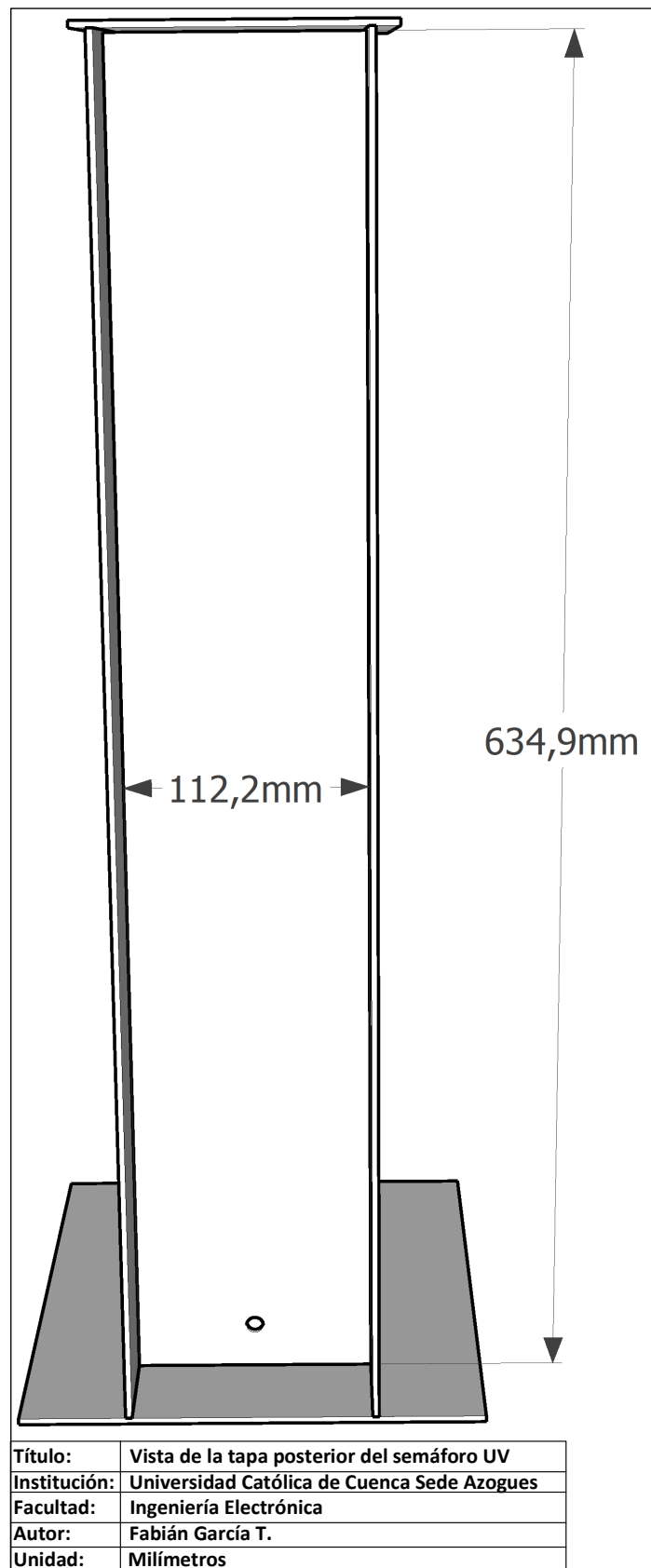
C.2.2 Estructura y dimensiones interior del diseño del semáforo UV



C.2.3 Estructura y dimensiones interior del soporte para los indicadores lumínicos del diseño del semáforo UV

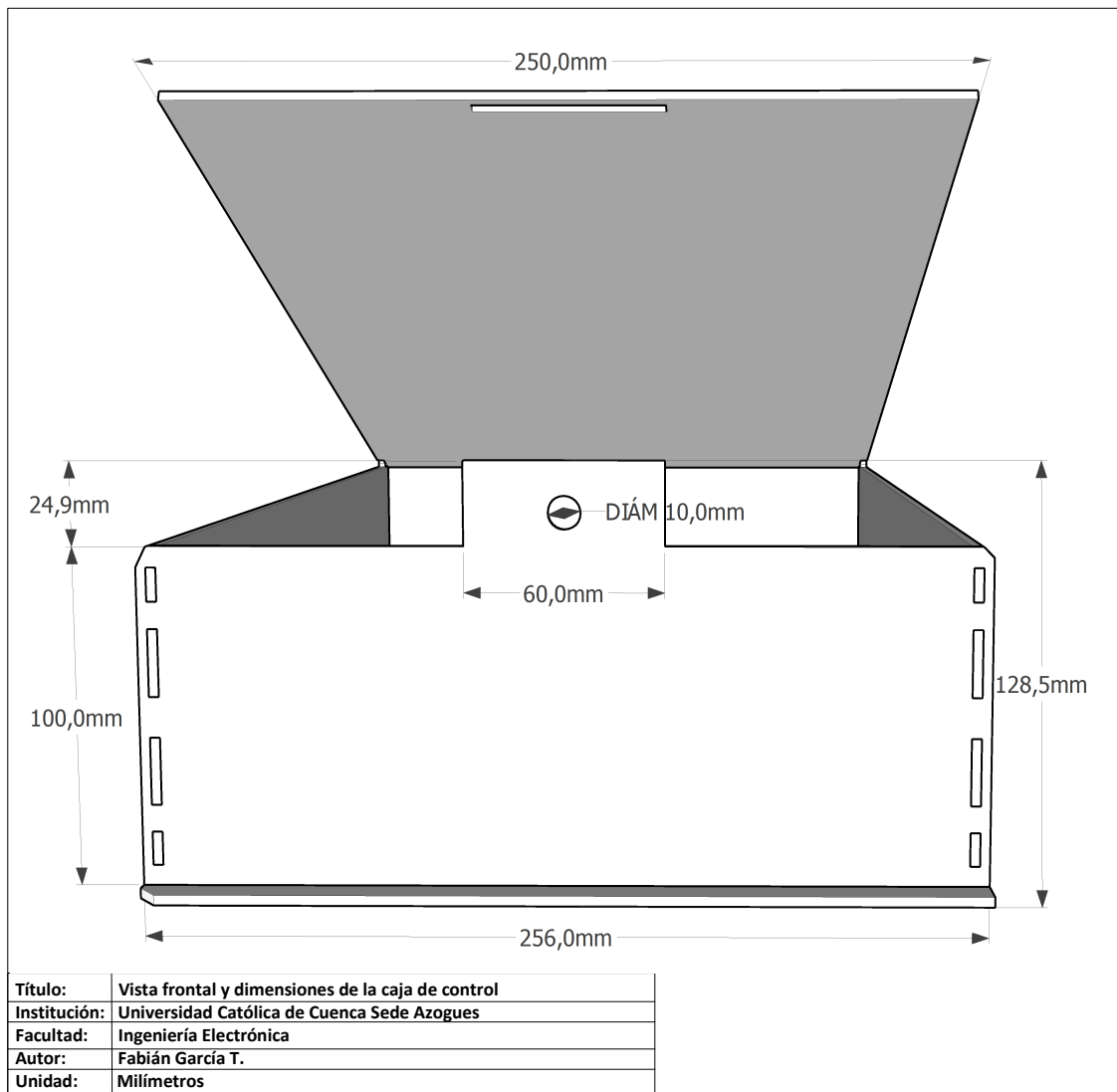


C.2.4 Vista de la tapa posterior del semáforo UV

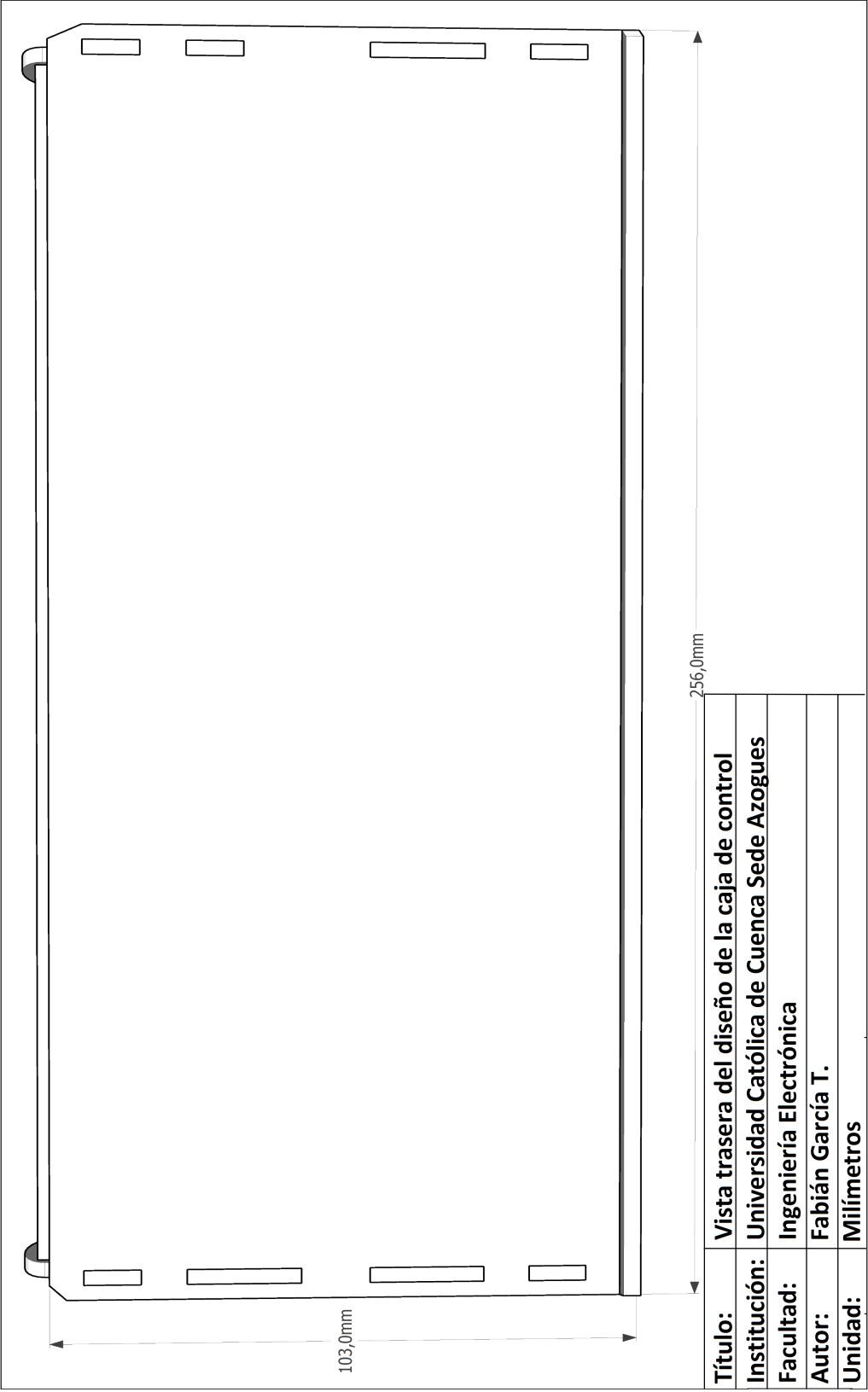


C.3 Estructura y dimensiones del diseño de la caja de control

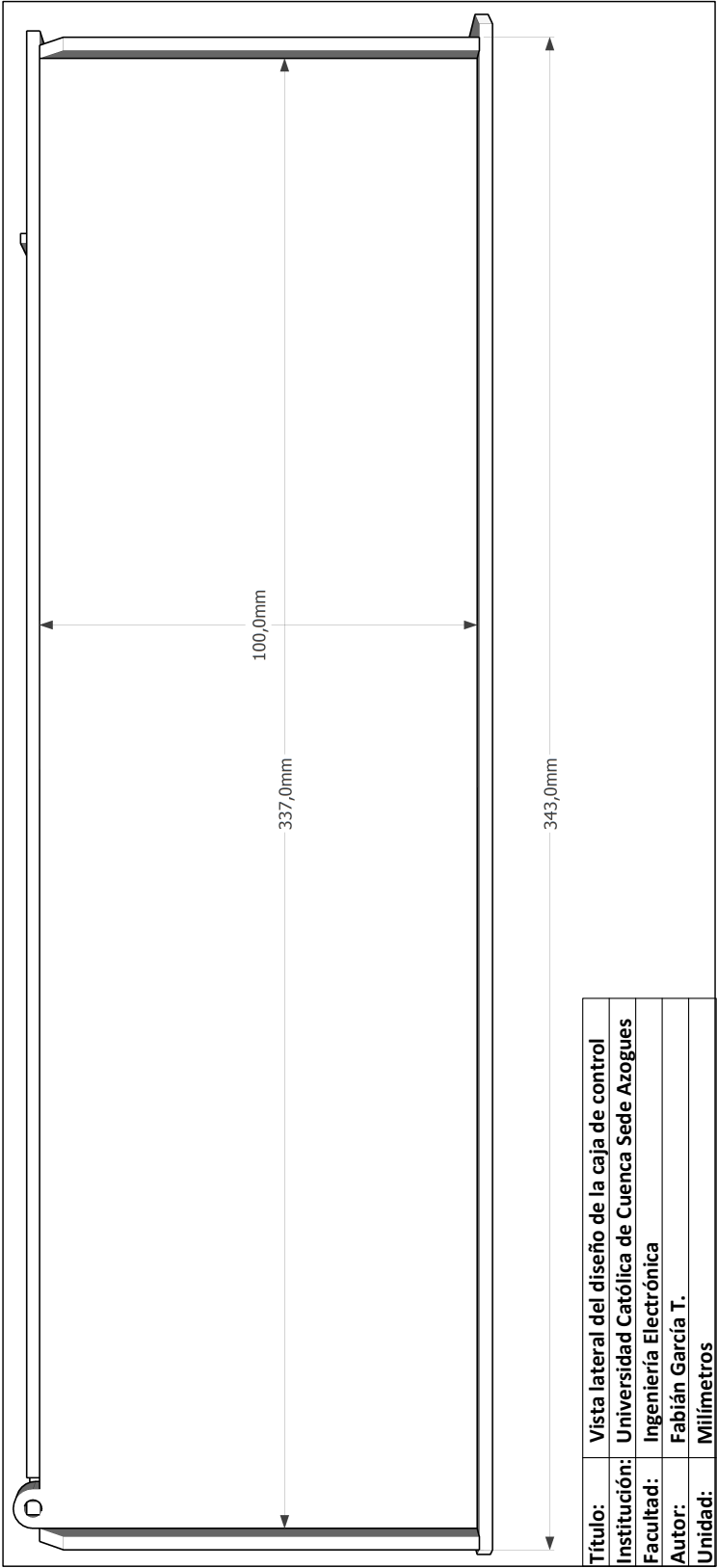
C.3.1 Vista del diseño y dimensiones de la parte delantera de la caja de control



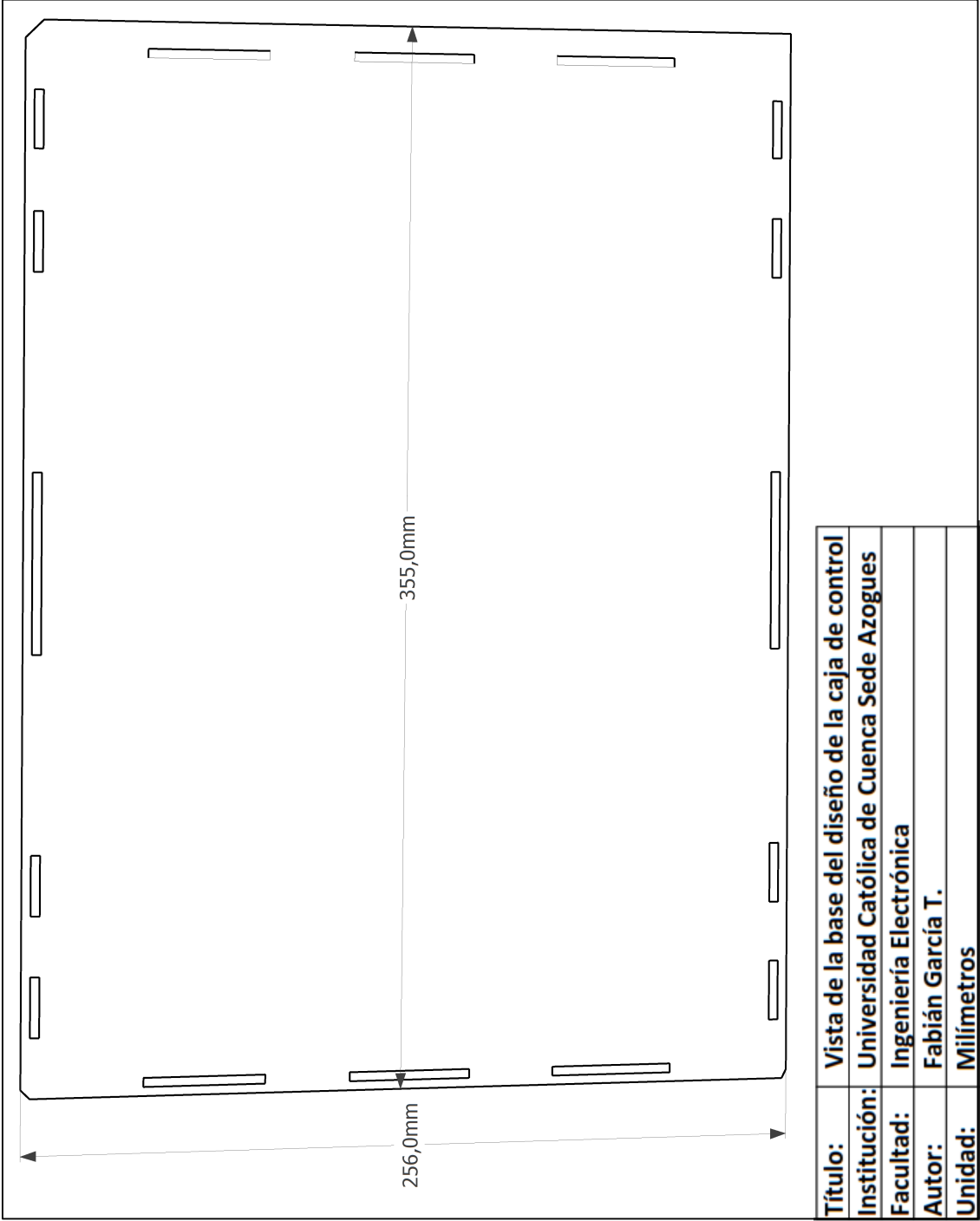
C.3.2 Vista del diseño y dimensiones de la parte trasera de la caja de control



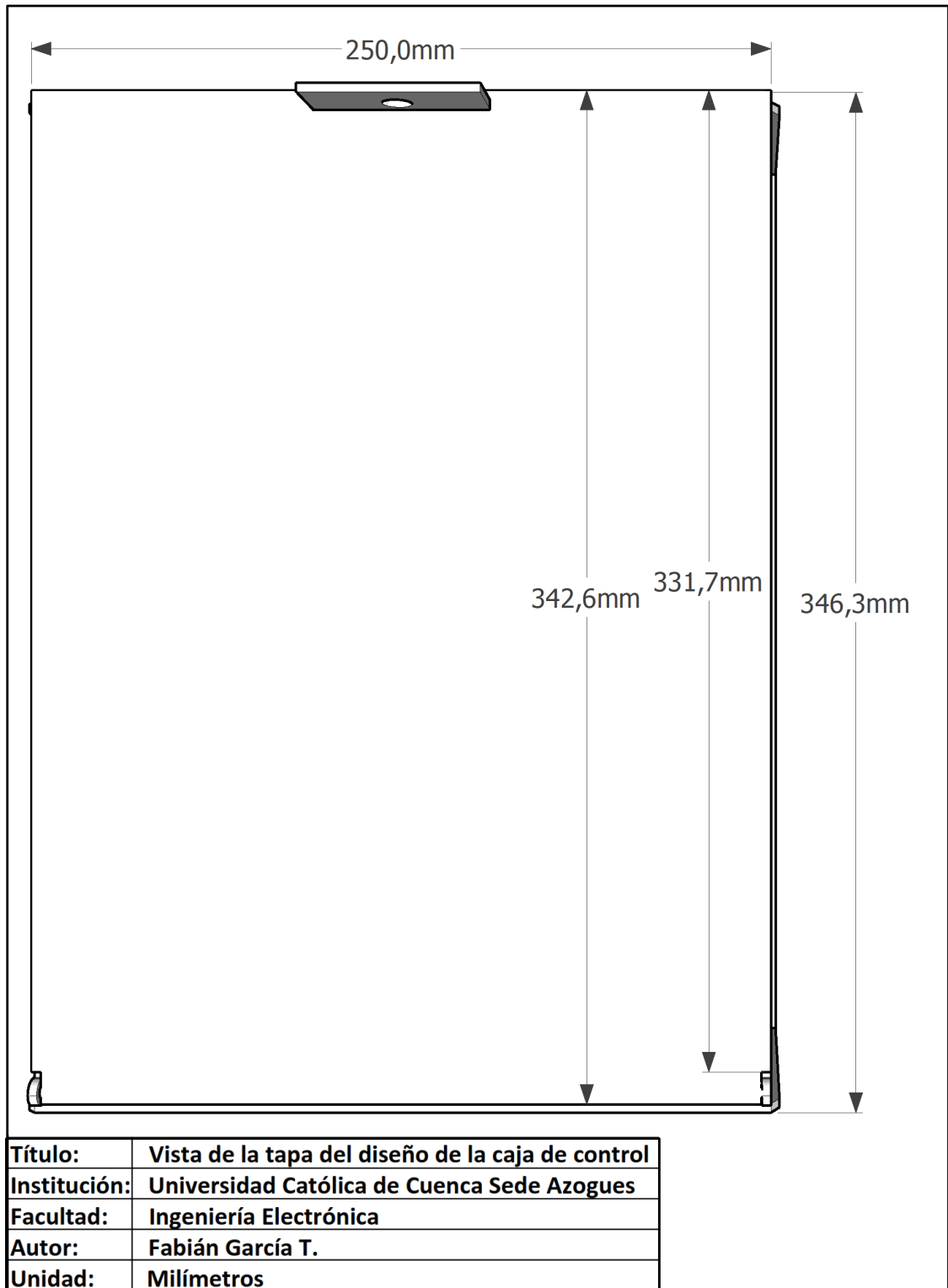
C.3.3 Vista del diseño y dimensiones de la parte lateral de la caja de control



C.3.4 Vista del diseño y dimensiones de la base de la caja de control



C.3.5 Vista de la tapa del diseño y dimensiones de la base de la caja de control



ANEXO D

Programación de Arduino

D.1 Programa principal de Arduino

Parte principal de la programación en la cual se definen las librerías y variables a ser usadas a lo largo del proceso, además del void principal que se encarga de llamar al resto de subprogramas.

```
1 #include <Wire.h>
2 #include "RTClib.h"
3 #include <SD.h>
4 RTC_DS1307 rtc;
5 const int chipSelect = 53;
6 int segundo, minuto, hora, dia, mes;
7 long anio;
8 DateTime HoraFecha;
9 float uvIndex;
10 int nivelUV;
11 int sumaUV;
12 int i, num_muestras = 5;
13 int e = 0;
14 int num_muestras1 = 60;
15 float RAD;
16 float acum;
17 float acum1;
18 float RAD_MED = 0;
19 float RAD_MED1 = 0;
20 int NIVEL = 0;
21 int NBAJO = 23;
22 int NMODERADO = 25;
23 int NALTO = 27;
24 int NMALTO = 29;
25 int NEXTREMO = 31;
26 String a;
27 void setup()
28 {
29   Serial.begin(9600);
30   while (!Serial);
31   Serial.println("ZOPT220x_UV_Index_Example");
32   Wire.begin();
33   if (zopt220xSetup() == false)
34   {
35     Serial.println("Sensor_failed_to_respond._Check_wiring.");
36     while (1);
37   }
38   Serial.println("ZOPT220x_online!");
```

```

39 enableUVBSensing();
40 pinMode(ONOF, OUTPUT);
41 pinMode(NBAJO, OUTPUT);
42 pinMode(NMODERADO, OUTPUT);
43 pinMode(NALTO, OUTPUT);
44 pinMode(NMALTO, OUTPUT);
45 pinMode(NEXTREMO, OUTPUT);
46 Serial.print("Inicializando_SD...");
47 if (!SD.begin(chipSelect)) {
48   Serial.println("Fallo_o_tarjeta_no_presente");
49   for (int error = 0; error <= 5; error++) {
50     digitalWrite (NBAJO, HIGH);
51     delay(2000);
52     digitalWrite (NBAJO, LOW);
53     delay(2000);
54   }
55   void(* resetFunc) (void) = 0;
56   resetFunc();
57   return;
58 }
59 Serial.println("Tarjeta_SD_OK");
60 digitalWrite (NBAJO, LOW);
61 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
62 digitalWrite (NALTO, LOW);
63 digitalWrite (NMALTO, LOW);
64 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
65 }
66 void loop()
67 {
68   horayfecha();
69   if (hora >= 6 && hora <= 18) {
70     delay(2);
71     sensorUV ();
72     delay(1);
73     nivelesUV();
74     delay(1);
75     MICROSD();
76   }
77   else {
78     digitalWrite (NBAJO, LOW);
79     digitalWrite (NMODERADO, LOW);
80     digitalWrite (NALTO, LOW);
81     digitalWrite (NMALTO, LOW);
82     digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
83   }

```

84 }

Subprograma encargado de controlar el funcionamiento y los intervalos de las lecturas del sensor Zopt2201.

```
1 void sensorUV() {
2   int UV_Val;
3   int UV;
4   acum = 0;
5   horayfecha ();
6   for (i = 0; i < num_muestras; i++) {
7     Serial.print("NLECTURA=");
8     Serial.println(i);
9     acum1 = 0;
10    for (e = 0; e < num_muestras1; e++) {
11      delay(985);
12      uvIndex = getUVIndex();
13      RAD = uvIndex;
14      acum1 += RAD;
15      horayfecha ();
16    }
17    RAD_MED1 = acum1 / num_muestras1;
18    acum += RAD_MED1;
19    Serial.print("acumulador=");
20    Serial.println(acum);
21    horayfecha ();
22  }
23  RAD_MED = acum / num_muestras;
24  Serial.print("RADIACION_medida=");
25  Serial.print( RAD_MED);
26  Serial.print(      "ACU=");
27  Serial.println(acum);
28 }
```

El subprograma mostrado a continuación controla los indicadores lumínicos encendiéndolos según el nivel monitoreado por el sketch anterior, así como también generando la variable del nivel UV para que sea almacenado posteriormente.

```
1 void nivelesUV() {
2   NIVEL = 0;
3   if ( RAD_MED >= 0 && RAD_MED < 0.5) {
4     NIVEL = 0;
5     a = "Nivel_Bajo";
6     digitalWrite (NBAJO, HIGH);
7     digitalWrite (NMODERADO, LOW);
```

```

8 digitalWrite (NALTO, LOW);
9 digitalWrite (NMALTO, LOW);
10 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
11 }
12 if ( RAD_MED >= 0.5 && RAD_MED < 1.5) {
13 NIVEL = 1;
14 a = "Nivel_bajo";
15 digitalWrite (NBAJO, HIGH);
16 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
17 digitalWrite (NALTO, LOW);
18 digitalWrite (NMALTO, LOW);
19 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
20 }
21 if ( RAD_MED >= 1.5 && RAD_MED < 2.5) {
22 a = "Nivel_bajo";
23 NIVEL = 2;
24 digitalWrite (NBAJO, HIGH);
25 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
26 digitalWrite (NALTO, LOW);
27 digitalWrite (NMALTO, LOW);
28 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
29 }
30 if ( RAD_MED >= 2.5 && RAD_MED < 3.5) {
31 NIVEL = 3;
32 a = "Nivel_Moderado";
33 digitalWrite (NBAJO, LOW);
34 digitalWrite (NMODERADO, HIGH);
35 digitalWrite (NALTO, LOW);
36 digitalWrite (NMALTO, LOW);
37 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
38 }
39
40 if ( RAD_MED >= 3.5 && RAD_MED < 4.5) {
41 NIVEL = 4;
42 a = "Nivel_Moderado";
43 digitalWrite (NBAJO, LOW);
44 digitalWrite (NMODERADO, HIGH);
45 digitalWrite (NALTO, LOW);
46 digitalWrite (NMALTO, LOW);
47 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
48 }
49 if ( RAD_MED >= 4.5 && RAD_MED < 5.5) {
50 NIVEL = 5;
51 a = "Nivel_Moderado";
52 digitalWrite (NBAJO, LOW);

```

```

53 digitalWrite (NMODERADO, HIGH);
54 digitalWrite (NALTO, LOW);
55 digitalWrite (NMALTO, LOW);
56 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
57 }
58 if ( RAD_MED >= 5.5 && RAD_MED < 6.5) {
59 a = "Nivel_Alto";
60 NIVEL = 6;
61 digitalWrite (NBAJO, LOW);
62 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
63 digitalWrite (NALTO, HIGH);
64 digitalWrite (NMALTO, LOW);
65 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
66 }
67 if ( RAD_MED >= 6.5 && RAD_MED < 7.5) {
68 a = "Nivel_Alto";
69 NIVEL = 7;
70 digitalWrite (NBAJO, LOW);
71 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
72 digitalWrite (NALTO, HIGH);
73 digitalWrite (NMALTO, LOW);
74 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
75 }
76 if ( RAD_MED >= 7.5 && RAD_MED < 8.5) {
77 NIVEL = 8;
78 a = "Muy_Alto";
79 digitalWrite (NBAJO, LOW);
80 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
81 digitalWrite (NALTO, LOW);
82 digitalWrite (NMALTO, HIGH);
83 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
84 }
85 if ( RAD_MED >= 8.5 && RAD_MED < 9.5) {
86 NIVEL = 9;
87 a = "Muy_Alto";
88 digitalWrite (NBAJO, LOW);
89 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
90 digitalWrite (NALTO, LOW);
91 digitalWrite (NMALTO, HIGH);
92 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
93 }
94 if ( RAD_MED >= 9.5 && RAD_MED < 10.5) {
95 NIVEL = 10;
96 a = "Muy_Alto";
97 digitalWrite (NBAJO, LOW);

```

```

98 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
99 digitalWrite (NALTO, LOW);
100 digitalWrite (NMALTO, HIGH);
101 digitalWrite (NEXTREMO, LOW);
102 }
103 if ( RAD_MED >= 10.5 && RAD_MED < 11.5) {
104 a = "Extremo";
105 NIVEL = 11;
106 digitalWrite (NBAJO, LOW);
107 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
108 digitalWrite (NALTO, LOW);
109 digitalWrite (NMALTO, LOW);
110 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
111 }
112 if ( RAD_MED >= 11.5 && RAD_MED < 12.5) {
113 a = "N_Extremo";
114 NIVEL = 12;
115 digitalWrite (NBAJO, LOW);
116 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
117 digitalWrite (NALTO, LOW);
118 digitalWrite (NMALTO, LOW);
119 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
120 }
121
122
123 if ( RAD_MED >= 12.5 && RAD_MED < 13.5) {
124 a = "N_Extremo";
125 NIVEL = 13;
126 digitalWrite (NBAJO, LOW);
127 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
128 digitalWrite (NALTO, LOW);
129 digitalWrite (NMALTO, LOW);
130 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
131 }
132
133 if ( RAD_MED >= 13.5 && RAD_MED < 14.5) {
134 a = "N_Extremo";
135 NIVEL = 14;
136 digitalWrite (NBAJO, LOW);
137 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
138 digitalWrite (NALTO, LOW);
139 digitalWrite (NMALTO, LOW);
140 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
141
142 }

```

```

143
144
145
146 if ( RAD_MED >= 14.5 && RAD_MED < 15.5) {
147 a = "N_Extremo";
148 NIVEL = 15;
149 digitalWrite (NBAJO, LOW);
150 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
151 digitalWrite (NALTO, LOW);
152 digitalWrite (NMALTO, HIGH);
153 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
154 }
155 if ( RAD_MED >= 15.5 && RAD_MED < 16.5) {
156 a = "N_Extremo";
157 NIVEL = 16;
158 digitalWrite (NBAJO, LOW);
159 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
160 digitalWrite (NALTO, LOW);
161 digitalWrite (NMALTO, HIGH);
162 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
163 }
164 if ( RAD_MED >= 16.5 && RAD_MED < 17.5) {
165 a = "N_Extremo";
166 NIVEL = 17;
167 digitalWrite (NBAJO, LOW);
168 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
169 digitalWrite (NALTO, LOW);
170 digitalWrite (NMALTO, HIGH);
171 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
172 }
173 if ( RAD_MED >= 17.5 && RAD_MED < 18.5) {
174 a = "N_Extremo";
175 NIVEL = 18;
176 digitalWrite (NBAJO, LOW);
177 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
178 digitalWrite (NALTO, LOW);
179 digitalWrite (NMALTO, HIGH);
180 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
181 }
182 if ( RAD_MED >= 18.5 && RAD_MED < 19.5) {
183 a = "N_Extremo";
184 NIVEL = 19;
185 digitalWrite (NBAJO, LOW);
186 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
187 digitalWrite (NALTO, LOW);

```

```

188 digitalWrite (NMALTO, HIGH);
189 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
190 }
191
192 if ( RAD_MED >= 19.5 && RAD_MED < 20.5) {
193 a = "N_Extremo";
194 NIVEL = 20;
195 digitalWrite (NBAJO, LOW);
196 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
197 digitalWrite (NALTO, LOW);
198 digitalWrite (NMALTO, HIGH);
199 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
200 }
201 if ( RAD_MED >= 20.5 ) {
202 a = "Extremo_+20";
203 digitalWrite (NBAJO, LOW);
204 digitalWrite (NBAJO, LOW);
205 digitalWrite (NMODERADO, LOW);
206 digitalWrite (NALTO, LOW);
207 digitalWrite (NMALTO, HIGH);
208 digitalWrite (NEXTREMO, HIGH);
209 String dataString = "";
210 File dataFile = SD.open("tesis.txt", FILE_WRITE); // abre el
    archivo
211 dataString += String (dia) + String ("/") + String (mes) +
    String ("/") + String (anio) + String (",") + String (
    hora) + String (":") + String (minuto) + String (":") +
    String (segundo) + String (",") + String ("+20") +
    String (",") + String (a) + String (",") + String (
    RAD_MED);
212 if (dataFile) {
213 dataFile.println(dataString);
214 dataFile.close();
215 Serial.println(dataString);
216 }
217 else {
218 Serial.println("error_abriendo_logTemp.txt");
219 }
220 }
221 }

```

El siguiente fragmento se encarga de mantener siempre sincronizada la fecha y la hora del reloj RTC con el microcontrolador Arduino.

```

1 void horayfecha () {
2 HoraFecha = rtc.now();

```



```

3 segundo = HoraFecha.second();
4 minuto = HoraFecha.minute();
5 hora = HoraFecha.hour();
6 dia = HoraFecha.day();
7 mes = HoraFecha.month();
8 anio = HoraFecha.year();
9 delay(2);
10 }

```

Uno de los subprogramas más importantes es el mostrado a continuación ya que el mismo es el encargado de reunir todas las variables necesarias a lo largo del proceso para ser almacenadas en una memoria micro SD.

```

1 void MICROSD() {
2     String dataString = "";
3     File dataFile = SD.open("tesis.txt", FILE_WRITE); // abre
        el archivo
4     dataString += String (dia) + String ("/") + String (mes)
        + String ("/") + String (anio) + String (",") + String
        (hora) + String (":") + String (minuto) + String (":")
        ) + String (segundo) + String (",") + String (NIVEL) +
        String (",") + String (a) + String (",") + String (
        RAD_MED);
5     if (dataFile) {
6         dataFile.println(dataString);
7         dataFile.close();
8         Serial.println(dataString);
9     }
10    else {
11        Serial.println("error_abriendo_raddic.txt");
12        void(* resetFunc) (void) = 0; // esta es la funcion
13        resetFunc(); // la llamo con esto
14        Serial.println("error_abriendo_tesis.txt");
15        delay(100);
16    }

```

D.2 Programa secundario de Arduino

El programa secundario para la lectura del índice UV se encuentra en la documentación correspondiente del sensor Zopt2201, ya que este viene ya configurado y calibrado, pero en caso de ser necesario cambiar o modificar alguna variable como la ganancia y sensibilidad se lo puede realizar dentro del mismo.

```

1 byte zoptAddress = 0x53; //Default I2C address. Can be
  changed via software.
2 // #define ZOPT220X_ADDR 0x53 //7-bit unshifted default I2C
  Address
3 // #define ZOPT220X_ADDR 0x52 //7-bit unshifted programmed
  NVM I2C Address (in case you need multiple on same bus)
4
5 //Register addresses
6 #define ZOPT220x_MAIN_CTRL 0x00
7 #define ZOPT220x_LS_MEAS_RATE 0x04
8 #define ZOPT220x_LS_GAIN 0x05
9 #define ZOPT220x_PART_ID 0x06
10 #define ZOPT220x_MAIN_STATUS 0x07
11 #define ZOPT220x_ALS_DATA 0x0D
12 #define ZOPT220x_UVB_DATA 0x10
13 #define ZOPT220x_UV_COMP_DATA 0x13
14 #define ZOPT220x_COMP_DATA 0x16
15 #define ZOPT220x_INT_CFG 0x19
16 #define ZOPT220x_INT_PST 0x1A
17 #define ZOPT220x_DEVICE_CONFIG 0x2F
18 #define ZOPT220x_SPECIAL_MODE_1 0x30
19 #define ZOPT220x_SPECIAL_MODE_2 0x31
20
21 #define SENSORTYPE_ZOPT2201 0xB2
22 #define SENSORTYPE_ZOPT2202 0xB2 //Really IDT!? You didn't
  use a different part number for different parts?
23
24 //Setup the sensor with default settings
25 //Assume we are using the default zopt address of 0x53
26 boolean zopt220xSetup()
27 {
28 boolean result = zopt220xSetupWithAddress(zoptAddress); //
  Assume the default address
29 return (result);
30 }
31
32 //Attempts to talk to sensor. Returns false if sensor is
  not found
33 //If found, sets the sensor up with default UVB settings
34 //Call this function if you've changed the zopt I2C address
35 boolean zopt220xSetupWithAddress(byte address)
36 {
37 zoptAddress = address; //Do all the zopt I2C communications
  at this address
38

```

```

39 byte deviceID = zoptReadRegister(ZOPT220x_PART_ID);
40 if (deviceID != 0xB2)
41 {
42     Serial.print("ID_should_be_0xB2._We_heard_0x");
43     Serial.println(deviceID, HEX);
44     return (false);
45 }
46
47 checkPowerOnStatus(); //Read the POS bit to clear it
48
49 setMeasurementRate(2); //100ms default
50 setResolution(0); //20 bit, 400ms, needed for best UVI
    calculations
51 setGain(4); //Default for UVB
52
53 return (true);
54 }
55
56 //Return the current UV index
57 //Assumes UVB sensor has been setup with default settings
58 float getUVIndex(void)
59 {
60     byte counter = 0;
61     while(!dataAvailable())
62     {
63         delay(10);
64         if(counter++ > 50) //We should have a reading in 400ms
65         {
66             //We've timed out waiting for the data. Return error
67             return(-1.0);
68         }
69     }
70
71     long uvb = getUVB(); //Get new data
72     float uvIndex = getAdjustedUVIndex(uvb, 3,0); //Assumes
        default for UVI of gain:4, resolution:0
73     return(uvIndex);
74 }
75
76 //Given UVB reading, and gain and resolution settings,
    outputs UV index
77 //From App note UV Index Calculation from IDT
78 float getAdjustedUVIndex(long UVB, byte gain, byte
    resolution)
79 {

```

```

80 byte gainMode = 0; //gain is 0 to 4, gainMode is mapped 1
    to 18
81 byte resolutionMode = 0; //resolution is 0 to 5,
    resolutionMode is mapped 20bit to 13bit
82
83 //Convert the 5 gain settings to gainMode
84 switch (gain)
85 {
86 case 0: gainMode = 1; break;
87 case 1: gainMode = 3; break;
88 case 2: gainMode = 6; break;
89 case 3: gainMode = 9; break;
90 case 4: gainMode = 18; break;
91 default: gainMode = 18; break; //Unknown state
92 }
93
94 //Convert the 6 resolution settings to resolutionMode
95 switch (resolution)
96 {
97 case 0: resolutionMode = 20; break; //20-bit
98 case 1: resolutionMode = 19; break;
99 case 2: resolutionMode = 18; break;
100 case 3: resolutionMode = 17; break;
101 case 4: resolutionMode = 16; break;
102 case 5: resolutionMode = 13; break; //13-bit
103 default: resolutionMode = 20; break; //Unknown state
104 }
105
106 long uvAdjusted = 18 / gainMode * pow(2, 20 -
    resolutionMode) * UVB;
107
108 //The correction value is default 1. If you want to
    calculate the actual
109 //solar angle you'll need lat/long/day/hh/mm
110 float uviCorrection = 1.0;
111
112 //First we need to calculation the elevation angle
113 /*float elevationAngle =
114
115 //Let's calculate the correction!
116 float c0 = 3.1543;
117 float c1 = -0.06204;
118 float c2 = 0.0002186;
119 float c3 = 0.0000035516;
120 uviCorrection = c0 * pow(elevation, 0);

```

```

121 uviCorrection += c1 * pow(elevation, 1);
122 uviCorrection += c2 * pow(elevation, 2);
123 uviCorrection += c3 * pow(elevation, 3);*/
124
125 float uvIndex = uvAdjusted / (5500.0 * uviCorrection);
126
127 return(uvIndex);
128 }
129
130 //Returns the current UV data with temp compensation
    applied
131 //Assumes LS data bit 3 has been set (MAIN_STATUS)
132 //Poll dataAvailable() before calling this function
133 long getUVB()
134 {
135     return (zoptRead3Registers(ZOPT220x_UVB_DATA));
136 }
137
138 //Returns the current Ambient Light data with temp
    compensation applied
139 //Assumes data is available (LS data bit 3 has been set in
    MAIN_STATUS)
140 //Poll dataAvailable() before calling this function
141 long getALS()
142 {
143     return (zoptRead3Registers(ZOPT220x_ALS_DATA));
144 }
145
146 //Set the measurement rate
147 //0 = 25ms per measurement
148 //1 = 50ms
149 //2 = 100ms (default)
150 //3 = 200ms
151 //4 = 500ms
152 //5 = 1000ms
153 //6 = 2000ms
154 //7 = 2000ms
155 void setMeasurementRate(byte rate)
156 {
157     if (rate > 7) rate = 7; //Error check
158
159     //Read, set, write
160     byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_LS_MEAS_RATE); //
        Read
161     value &= ~(0b00000111); //Clear bits 2/1/0

```

```

162 value |= rate; //Mask in rate
163 zoptWriteRegister(ZOPT220x_LS_MEAS_RATE, value); //Write
164 }
165
166 //Set the measurement resolution
167 //0 = 20 bit / 400ms
168 //1 = 19 bit / 200ms
169 //2 = 18 bit / 100ms (default)
170 //3 = 17 bit / 50ms
171 //4 = 16 bit / 25ms
172 //5 = 13 bit / 3.125ms
173 void setResolution(byte resolution)
174 {
175     if (resolution > 5) resolution = 5; //Error check
176
177     //Read, set, write
178     byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_LS_MEAS_RATE); //
        Read
179     value &= ~(0b01110000); //Clear bits 6/5/4
180     value |= (resolution << 4); //Mask in resolution
181     zoptWriteRegister(ZOPT220x_LS_MEAS_RATE, value); //Write
182 }
183
184 //Set the gain for the sensor
185 //Different for ALS and UVB. It depends which mode you're
        in. See datasheet for info.
186 //0 = Gain 1
187 //1 = Gain 3 (default)
188 //2 = Gain 6
189 //3 = Gain 9
190 //4 = Gain 18 (recommended for UVB)
191 void setGain(byte gain)
192 {
193     if (gain > 4) gain = 4; //Error check
194
195     //Read, set, write
196     byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_LS_GAIN); //Read
197     value &= ~(0b00000111); //Clear bits 2/1/0
198     value |= gain; //Mask in gain
199     zoptWriteRegister(ZOPT220x_LS_GAIN, value); //Write
200 }
201
202 //Returns true if Bit 5 is set
203 boolean checkPowerOnStatus()
204 {

```

```

205 byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_MAIN_STATUS); //Read
206 if (value & 1 << 5) return (true);
207 return (false);
208 }
209
210 //Check if new data is available
211 //Returns true if Bit 3 is set
212 boolean dataAvailable()
213 {
214 byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_MAIN_STATUS); //Read
215 if (value & 1 << 3) return (true);
216 return (false);
217 }
218
219 //Turns on sensor
220 //Sets LS_EN bit
221 void enableSensor(void)
222 {
223 //Read, set, write
224 byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_MAIN_CTRL); //Read
225 value |= (1 << 1); //Set LS_EN bit
226 zoptWriteRegister(ZOPT220x_MAIN_CTRL, value); //Write
227 }
228
229 //Turns off sensor
230 //Clears LS_EN bit
231 void disableSensor(void)
232 {
233 //Read, set, write
234 byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_MAIN_CTRL); //Read
235 value &= ~(1 << 1); //Clear LS_EN bit
236 zoptWriteRegister(ZOPT220x_MAIN_CTRL, value); //Write
237 }
238
239 void standby() {
240 setMode(1); //Turn off everything and standby for I2C
241 }
242 void enableALSSensing() {
243 setMode(2); //ALS + COMP channels activated
244 }
245 void enableUVBSensing() {
246 setMode(3); //UVB + UV_COMP channels activated
247 }
248 void enableRawSensing() {
249 setMode(4); //Special mode: ALS+UVB+UV_COMP+COMP channels

```

```

    activated
250 }
251
252 //Sets the mode of the sensor
253 //Mode 1: Standby (power on default)
254 //Mode 2: Ambient light sensing w/ compensation
255 //Mode 3: UVB sensing w/ compensation
256 //Mode 4: ALS/UVBS_Raw
257 void setMode(byte mode)
258 {
259 //Read, set, write
260 byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_MAIN_CTRL); //Read
261
262 if (mode == 0) value &= ~(1 << 1); //Not a valid mode.
    Standby. Clear LS_EN bit
263 else if (mode == 1) value &= ~(1 << 1); //Standby. Clear
    LS_EN bit
264 else if (mode == 2) //ALS
265 {
266 value |= (1 << 1); //Set LS_EN bit
267 value &= ~(1 << 2); //Clear RawMode_SEL bit
268 value &= ~(1 << 3); //Clear LS_Mode bit for ALS
269 }
270 else if (mode == 3) //UVB
271 {
272 value |= (1 << 1); //Set LS_EN bit
273 value &= ~(1 << 2); //Clear RawMode_SEL bit
274 value |= (1 << 3); //Set LS_Mode bit for UVB
275 }
276 else if (mode == 4) //RawMode
277 {
278 //Send magic twiddly bytes
279 zoptWriteRegister(ZOPT220x_SPECIAL_MODE_2, 0xB5); //Write
    first special byte
280 zoptWriteRegister(ZOPT220x_SPECIAL_MODE_1, 0xDF); //Write
    second special byte
281 zoptWriteRegister(ZOPT220x_SPECIAL_MODE_2, 0x04); //Write
    third special byte
282
283 value |= (1 << 1); //Set LS_EN bit
284 value |= (1 << 2); //Set RawMode_SEL bit
285 value &= ~(1 << 3); //Clear LS_Mode bit
286 }
287
288 zoptWriteRegister(ZOPT220x_MAIN_CTRL, value); //Write

```



```

289 }
290
291 //Sets the I2C address to 0x53 (default)
292 void setI2CAdr53()
293 {
294 //Read, set, write
295 byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_DEVICE_CONFIG); //
    Read
296 value &= ~(1 << 1); //Clear I2C address bit = 0x53
297 zoptWriteRegister(ZOPT220x_DEVICE_CONFIG, value); //Write
298 }
299
300 //Sets the I2C address to 0x52
301 void setI2CAdr52()
302 {
303 //Read, set, write
304 byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_DEVICE_CONFIG); //
    Read
305 value |= (1 << 1); //Set I2C address bit = 0x52
306 zoptWriteRegister(ZOPT220x_DEVICE_CONFIG, value); //Write
307 }
308
309 //Does a soft reset
310 //Give sensor at least 1000ms to reset
311 void softReset()
312 {
313 //Read, set, write
314 byte value = zoptReadRegister(ZOPT220x_MAIN_CTRL); //Read
315 value |= (1 << 4); //Set RST bit
316 zoptWriteRegister(ZOPT220x_MAIN_CTRL, value); //Write
317 }
318
319 //The ALS and UVB data come in three byte pack: low/mid/
    high
320 //Read all three and store in long
321 //Returns -1 if times out
322 //Max size is 20 bits so signed long is ok
323 long zoptRead3Registers(byte addr)
324 {
325 Wire.beginTransmission(zoptAddress);
326 Wire.write(addr);
327 Wire.endTransmission();
328
329 Wire.requestFrom(zoptAddress, 3);
330

```

```

331 //Non-blocking wait for 3 bytes
332 byte counter = 0;
333 while (Wire.available() < 3)
334 {
335   delay(1);
336   if (counter++ > 25) return (-1); //Error
337 }
338
339 byte lowValue = Wire.read();
340 byte midValue = Wire.read();
341 byte highValue = Wire.read();
342
343 long value = (long)highValue << 16 | (long)midValue << 8 |
              lowValue;
344
345 return (value);
346 }
347
348 //Reads from a give location from the ZOPT220x
349 byte zoptReadRegister(byte addr)
350 {
351   Wire.beginTransmission(zoptAddress);
352   Wire.write(addr);
353   Wire.endTransmission();
354
355   Wire.requestFrom(zoptAddress, 1);
356   if (Wire.available()) return (Wire.read());
357
358   Serial.println("I2C_Error");
359   return (0xFF); //Error
360 }
361
362 //Write a value to a spot in the ZOPT220x
363 void zoptWriteRegister(byte addr, byte val)
364 {
365   Wire.beginTransmission(zoptAddress);
366   Wire.write(addr);
367   Wire.write(val);
368   Wire.endTransmission();
369 }

```

ANEXO E

Lecturas diarias del periodo de monitoreo
Marzo - Agosto

E.1 Lecturas diarias del mes de marzo

31 03 2018	11	11	11	4	13	12	10	8	5	7	5	4	4	4	6	6	5	4	4	4	4	5	12	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0			
30 03 2018	6	8	6	8	5	4	4	8	10	9	10	9	8	8	8	11	12	16	6	13	11	9	9	14	16	9	12	6	8	6	4	4	8	7	10	11	6	6	7	6	7	7	9	9	9	7	9
29 03 2018	6	8	6	9	13	8	10	9	13	15	15	15	15	14	16	16	16	7	7	11	15	12	16	16	14	14	11	11	8	9	6	9	5	5	5	4	6	4	3	3	3	2	3	2	3	2	2
28 03 2018	4	5	6	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	6	5	7	5	5	5	8	10	5	6	12	8	10	14	8	8	11	13	12	12	12	8	7	10	9	9	8	8	7	
27 03 2018	12	12	14	12	12	11	15	9	9	9	10	7	7	10	8	9	7	10	7	7	7	9	13	9	10	7	11	10	10	10	10	8	8	8	8	7	6	6	6	6	6	5	5	4	5		
26 03 2018	16	11	7	8	17	19	16	15	17	15	10	13	18	18	14	15	15	15	7	7	4	2	2	3	3	3	3	3	4	6	5	4	5	5	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
25 03 2018	9	7	5	3	7	7	8	7	11	7	9	7	6	6	5	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	2	3	3	2	2	3	4	4	4	5	7	8	10	14	15		
24 03 2018	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	9	8	9	5	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
23 03 2018	4	4	6	4	6	6	4	4	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	5	6	4	
22 03 2018	6	5	8	6	4	5	7	6	5	8	4	6	3	3	4	4	5	5	8	3	3	3	3	4	4	4	7	5	5	3	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	4	4	4	3	2	2	
21 03 2018	5	6	9	9	7	8	5	5	10	6	6	5	4	4	5	7	5	5	5	5	5	5	4	9	10	7	8	7	6	5	5	6	6	7	7	7	8	7	7	5	4	5	7	5	5	6	
20 03 2018	4	3	2	2	3	3	4	4	4	3	4	4	4	5	5	4	4	6	5	4	5	6	7	8	7	8	6	6	5	5	4	4	4	4	4	4	7	5	7	7	4	5	6	7	6	5	
19 03 2018	1	3	1	1	2	2	2	2	3	4	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3	4	6	4	4	5	4	3	1	1	1		
18 03 2018	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	6	6	6	4	4	7	7	11	2	5	6	5	6	9	8	5	4	7	7	8	6	6	6	6	6	4	5	5	5	
17 03 2018	4	3	4	4	4	4	4	5	5	5	4	3	3	3	3	3	3	5	5	6	8	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
16 03 2018	4	2	3	3	4	6	5	7	6	6	7	7	7	9	6	7	10	5	6	6	3	4	7	9	8	10	7	5	4	4	4	4	4	4	6	7	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	
15 03 2018	5	5	8	8	10	9	10	7	9	10	9	7	8	7	8	11	11	10	10	11	11	11	10	8	5	5	7	8	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
14 03 2018	6	7	6	5	4	4	4	5	6	8	9	9	9	10	10	9	7	6	5	4	4	7	7	7	7	7	6	6	7	6	6	7	6	4	4	5	6	4	7	5	5	5	4	5	5	5	
13 03 2018	6	7	6	5	4	4	4	5	6	8	9	9	10	10	9	7	6	5	4	4	4	7	7	7	7	7	6	6	7	6	6	7	6	4	4	5	5	6	4	7	5	5	5	4	5	5	
12 03 2018	4	5	5	9	7	6	7	8	4	8	8	3	4	5	7	3	7	5	4	4	7	5	4	3	4	4	4	5	4	6	3	2	3	3	3	3	3	3	4	6	4	3	2	3	2	1	
11 03 2018	3	5	10	9	9	5	6	10	9	7	4	3	3	3	5	4	4	3	2	2	3	3	4	3	3	3	3	2	2	4	4	3	2	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
10 03 2018	7	9	8	6	10	8	6	6	8	8	9	9	13	11	9	10	6	10	10	9	11	9	7	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	5	4	4	5	6	7	6	6	4	3	3	3	
9 03 2018	4	3	4	5	4	4	4	3	4	4	4	4	5	5	7	11	12	13	7	7	11	10	7	7	8	8	8	7	8	11	7	9	7	8	8	8	7	5	4	4	3	3	4	4	4	4	
8 03 2018	7	7	4	5	5	5	6	4	3	3	3	3	4	5	4	4	3	3	5	4	3	4	5	5	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	2	2	2	3	3	
7 03 2018	4	4	4	7	8	5	7	14	9	8	7	8	7	4	6	5	5	4	4	4	5	4	2	3	5	5	5	3	2	2	2	2	3	4	5	4	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
6 03 2018	5	5	7	6	8	6	7	4	3	7	3	4	4	5	5	6	4	4	7	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	4	3	4	4	2	1	1	1	
5 03 2018	4	4	5	4	4	3	3	6	9	4	5	5	5	5	4	3	3	5	7	4	3	3	3	3	4	9	11	10	8	8	5	4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
4 03 2018	5	5	4	4	4	3	4	4	5	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	6	6	6	5	4	4	4	4	4	3	4	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
3 03 2018	3	4	3	2	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2	3	3	4	4	5	6	5	5	5	5	4	3	2	2	2	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2 03 2018	5	6	5	4	4	4	3	3	3	2	3	4	4	5	5	5	5	5	5	6	5	5	3	3	3	4	4	3	4	3	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
1 03 2018	8	9	5	5	4	3	4	6	7	4	3	3	3	3	3	3	4	6	5	5	8	9	6	5	5	7	9	6	9	12	7	5	5	5	5	5	6	6	5	6	6	6	5	4	6		
Hora	11:04:24	11:09:28	11:19:38	11:24:43	11:29:47	11:34:52	11:39:57	11:45:01	11:50:06	11:55:11	12:00:16	12:05:20	12:10:25	12:15:30	12:20:34	12:25:39	12:30:44	12:35:48	12:40:53	12:45:58	12:51:02	12:56:07	13:01:12	13:06:17	13:11:21	13:16:26	13:21:31	13:26:35	13:31:40	13:36:45	13:41:49	13:46:54	13:51:59	13:57:04	14:02:08	14:07:13	14:12:18	14:17:22	14:22:27	14:27:32	14:32:36	14:37:41	14:42:46	14:47:50	14:52:55	14:58:00	15:03:05
31 03 2018	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	4	5	5	4	6	6	4	4	4	5	5	4	3	4	5	12	
30 03 2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	5	5	4	6	6	4	4	4	5	5	4	3	4	6	5	4	5	5	
29 03 2018	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	5	6	5	4	5	4	3	2	2	2	3	3	4	5	12	
28 03 2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	
27 03 2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	4	5	6	6	5	6	6	6	7	8	8	9	9	9	9	10	11	12	12	12	
26 03 2018	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	5	5	4	4	4	2	3	2	3	3	4	5	4	3	3	3	3	3	4	6	7	9	14	
25 03 2018	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	2	4	3	5	5	4	4	5	5	4	5	7	7	7	8
24 03 2018	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	5	6	7	6	7	7	8

[illegible]

30 04 2018	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	7	6	5	4	2	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	5	5	5	5	4	4	3	3	3	4	6	7	5	2
29 04 2018	8	8	7	5	7	8	10	6	5	5	7	6	4	4	4	4	5	5	6	3	3	3	4	4	4	4	3	5	6	9	6	6	11	6	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5	6	5	6	8
28 04 2018	2	3	3	3	3	4	3	2	3	4	5	5	5	4	4	5	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	2	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	
27 04 2018	4	4	4	4	4	4	6	5	6	7	8	8	10	10	7	9	9	10	8	13	12	11	12	13	11	10	10	9	7	6	7	10	9	9	9	7	5	5	5	5	5	4	5	4	5	3	3	
26 04 2018	2	2	2	2	2	3	4	4	4	5	4	4	4	4	6	6	7	10	9	8	6	4	4	5	7	6	4	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	3	3	3	3		
25 04 2018	5	4	4	5	5	5	8	9	6	7	5	8	13	13	6	13	11	13	7	15	6	8	5	6	8	6	4	3	6	5	5	8	7	5	6	6	6	5	4	4	4	4	3	3	3	3		
24 04 2018	10	8	9	7	6	6	7	5	5	5	5	5	4	3	4	5	5	6	5	4	3	4	4	4	4	6	7	6	6	7	6	5	5	4	3	5	7	6	5	5	5	7	5	4	5	6		
23 04 2018	9	7	6	7	8	10	11	9	8	8	6	4	5	6	6	7	6	6	7	6	4	2	2	3	4	4	4	4	3	6	5	4	4	4	6	8	9	8	6	6	4	3	5	3				
22 04 2018	3	3	4	3	6	4	6	6	3	4	4	3	5	6	8	9	8	3	3	2	2	2	2	3	4	4	4	3	6	5	4	4	6	5	4	6	5	5	6	4	4	4	4	5	4	4		
21 04 2018	10	6	8	11	9	8	10	10	5	6	7	10	10	11	9	11	11	11	9	5	6	7	8	9	10	11	10	10	10	9	5	6	5	5	5	6	6	4	3	4	4	4	5	4	3			
20 04 2018	6	6	8	12	11	9	9	9	9	8	6	6	6	6	7	10	7	7	7	10	8	7	7	6	7	6	5	6	7	8	7	6	9	8	8	8	7	7	8	7	7	7	4	3	4	3		
19 04 2018	5	6	7	7	10	9	12	11	10	9	9	9	7	10	8	8	8	6	6	6	6	6	6	5	7	7	7	11	11	10	10	9	9	8	9	6	5	4	4	8	5	5	6	6	6			
18 04 2018	5	6	6	6	7	7	11	12	11	10	7	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	5	5	5	5	5	4	4	5	6	4	5	5	5	5	5	6	6	5	6	7	7	5			
17 04 2018	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2																		

[illegible]

E.3 Lecturas diarias del mes de mayo

31 05 2018	9	4	8	10	9	9	10	10	9	9	11	9	10	11	11	9	9	8	6	7	10	9	10	10	8	7	10	7	9	8	9	9	8	8	8	9	8	8	8	7	7	7	6	6	6			
30 05 2018	4	5	7	4	4	4	4	5	4	4	9	4	4	4	3	4	4	4	6	5	5	5	4	5	4	5	7	8	10	10	9	10	4	8	8	4	4	9	7	6	5	4	3	3	2	2	2	
29 05 2018	8	7	7	6	6	5	6	4	4	4	7	11	4	3	3	4	5	4	3	5	5	5	5	6	6	8	10	8	7	9	9	10	8	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	6			
28 05 2018	9	9	9	8	5	5	4	5	5	5	5	7	12	12	7	7	5	6	8	10	12	12	10	10	7	5	9	11	11	10	6	5	5	7	7	5	4	5	8	8	5	4	4	4	5	6		
27 05 2018	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	3	3	5	5	7	8	8	6	5	5	4	5	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	3	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4			
26 05 2018	7	6	6	10	12	11	13	8	9	10	10	6	4	4	3	4	5	5	5	5	6	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4			
25 05 2018	8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	6	7	6	6	6	5	5	5	5	5	5	6	5	5	4	5	6	6	6	6	6	6	6	5	4	4	5	5	4	5	
24 05 2018	6	6	10	11	9	14	12	13	10	7	6	8	5	5	6	5	6	8	7	6	4	3	3	4	3	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
23 05 2018	7	8	9	7	7	7	9	9	8	8	8	7	6	7	7	7	5	5	14	13	13	7	6	7	6	6	6	8	6	6	7	8	9	7	7	8	6	6	8	8	3	4	5	5	5	5		
22 05 2018	6	7	10	8	10	9	10	10	12	13	13	14	15	12	13	8	9	8	9	9	7	9	9	12	8	8	6	6	6	8	6	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	7	
21 05 2018	8	8	7	6	6	6	6	6	6	7	9	11	13	13	13	9	7	7	7	7	6	6	8	12	15	12	12	13	13	14	13	13	11	10	8	8	8	8	7	5	4	4	5	6	6	8		
20 05 2018	7	10	12	9	12	13	12	8	7	7	8	9	14	12	14	11	12	13	12	13	12	7	7	10	13	12	9	9	9	11	11	13	12	12	10	10	10	10	10	10	10	10	8	6	6	8		
19 05 2018	4	4	3	3	4	5	3	2	3	5	6	7	5	5	3	4	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2		
18 05 2018	12	12	11	11	10	11	11	11	11	11	11	11	12	12	11	11	11	10	11	11	10	11	10	12	10	12	12	11	12	12	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	10	11	11	12		
17 05 2018	8	13	6	4	4	5	5	6	6	7	6	7	6	7	7	10	7	7	7	7	7	7	8	7	6	6	5	5	7	7	7	6	6	5	5	5	5	6	9	4	4	6	4	4	6			
16 05 2018	5	8	7	4	4	5	6	6	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	5	7	10	15	12	9	11	9	6	5	6	6	4	4	4	3	6	8	5	4	4	4	3	3	4		
15 05 2018	10	13	13	12	9	10	8	12	15	13	12	10	6	5	3	3	6	8	10	8	12	14	11	12	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	12	12	11	11	11	11	6	5	5	6	6
14 05 2018	17	16	6	6	17	13	7	11	8	15	9	7	15	18	17	7	6	8	17	19	17	19	14	12	11	11	6	6	12	14	12	13	8	5	5	5	5	5	6	8	7	10	9	7	11	6	6	
13 05 2018	7	7	9	11	8	11	8	5	6	6	10	8	10	10	7	5	5	6	7	6	6	7	6	6	7	6	8	10	10	9	10	10	9	8	6	6	7	16	3	3	3	5	4	3	3			
12 05 2018	8	9	8	9	9	9	9	7	5	6	7	5	9	9	10	11	11	4	5	10	11	11	7	6	5	5	6	8	5	5	4	4	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	4	2	4		
11 05 2018	5	5	6	6	6	6	6	5	4	4	5	4	4	4	3	3	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	4	3	2	2	1	2	3	4	4	4		
10 05 2018	3	3	3	3	3	3	4	5	6	8	6	8	5	4	3	2	3	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	4	4	5			
9 05 2018	7	6	6	9	8	6	6	6	6	8	4	5	7	5	6	4	3	3	3	4	4	6	9	12	10	6	6	6	4	3	3	3	2	2	3	5	5	5	5	7	5	4	4	4	3			
8 05 2018	4	3	3	4	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	2	1	2	3	4	3	3	5	5	5	5	4	5	4	4	5	4	4	3	3	5	5	5	3	3	5	3	3	3	4	4	3		
7 05 2018	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5	4	3	3	2	2	2		
6 05 2018	4	4	5	5	5	6	7	6	8	7	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4	4	4	4	3	4	4	5	7	6	7	8	11	7	4	4	4	5	5	7	8	6	4		
5 05 2018	9	6	5	4	4	4	4	3	3	3	3	4	6	6	6	8	6	9	8	6	11	11	12	11	5	7	9	8	7	8	9	8	10	9	10	6	7	6	5	5	3	3	4	4	6	5	4	
4 05 2018	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	8	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	8	8	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6		
3 05 2018	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	12	11	11	10	11	11	11	12	11	12	12	12	11	11	11	11	11	11	10	11	10	10	10	9	9	7	9	8	9	6	5	4	4	3	3	2	2
2 05 2018	10	11	11	11	10	11	11	11	9	11	9	8	6	7	10	12	6	10	10	8	7	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	6	8	7	8	8	6	5	4	5	7	6	5	6	
1 05 2018	6	6	5	5	5	4	5	5	6	6	6	6	7	6	4	5	6	5	6	5	6	8	9	7	7	4	4	4	6	10	10	9	8	6	4	6	4	4	8	7	7	5	6	5	4	3	4	
HORA	11:00:46	11:05:47	11:10:49	11:15:50	11:20:51	11:25:52	11:30:53	11:35:54	11:40:55	11:45:56	11:50:57	11:55:58	12:00:59	12:06:00	12:11:01	12:16:03	12:21:04	12:26:05	12:31:06	12:36:07	12:41:08	12:46:09	12:51:11	12:56:12	13:01:14	13:06:15	13:11:16	13:16:17	13:21:18	13:26:20	13:31:21	13:36:22	13:41:26	13:46:27	13:51:28	14:01:30	14:06:31	14:11:32	14:16:33	14:21:34	14:26:35	14:31:36	14:36:37	14:41:38	14:46:39	14:51:40		
31 05 2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	5	5	5	4	4	4	5	6	6	7	6	6	7	
30 05 2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	2	3	2	3	3	3	4	4	4	4	5	7	5	4	
29 05 2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5	6	9	8	7		
28 05 2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	6	8	8	5	5	6	6	6	7	6	6	6	9	9	9	8	7		
27 05 2018	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	5	5	6	7	7	5	5	4	5	7	5	5	4	4	5	4	
26 05 2018	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	7	5	5	5	
25 05 2018	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	8	10	9	7	8	8	7	8	8
24 05 2018	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4																		

132

E.4 Lecturas diarias del mes de junio

30 06 2018	6	5	4	5	9	9	9	7	7	6	4	7	7	6	7	5	10	9	9	5	6	4	4	3	3	3	3	4	4	6	4	8	6	3	3	4	3	3	3	4	3	2	2	2			
29 06 2018	4	3	2	3	4	6	5	6	8	10	8	8	7	6	5	6	7	5	6	7	5	8	6	7	5	6	9	8	9	8	5	6	8	4	6	5	5	5	4	3	3	4	4	3	3	4	
28 06 2018	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	6	5	6	8	6	6	10	9	10	9	6	6	4	5	5	6	4	4	7	7	7	5	5	5	6	4	4	5	6	5	
27 06 2018	5	5	5	4	5	4	4	5	6	7	7	8	7	5	6	6	7	8	5	8	6	5	4	3	3	4	4	5	4	3	2	2	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3		
26 06 2018	3	3	3	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	3	4	4	4	5	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2			
25 06 2018	6	8	8	7	7	7	7	9	8	7	4	6	7	7	6	5	5	7	8	10	10	10	10	6	8	10	9	8	10	9	9	8	7	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
24 06 2018	4	4	5	6	6	7	5	4	4	3	3	5	4	3	3	4	9	6	9	9	9	10	10	9	8	10	9	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	6	5	5	6	6	5		
23 06 2018	4	4	3	3	3	4	5	5	5	5	4	4	5	7	5	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3	5	5	4	5	5	5	4	4	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	3			
22 06 2018	4	5	3	3	5	6	6	4	5	5	9	10	8	4	3	3	3	3	4	6	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	3	3	2	2	3	2	2	2	2	3	3			
21 06 2018	4	4	4	5	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
20 06 2018	7	7	8	7	6	7	7	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	6	6	9	8	8	8	7	7	7	7	6	7	7	6	5		
19 06 2018	7	5	6	5	4	4	4	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
18 06 2018	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	3	3			
17 06 2018	5	5	4	3	3	2	3	5	7	8	8	4	2	2	3	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	5	4	5	4	5	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2		
16 06 2018	10	9	9	11	11	9	8	6	7	7	5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7	6	6	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	
15 06 2018	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4	3	4	5	4	4	3	3	3			
14 06 2018	6	7	5	6	6	6	7	7	7	6	7	7	7	7	6	6	6	8	8	6	8	9	9	11	9	7	8	7	8	7	6	4	4	8	8	6	5	6	5	4	5	5	5	6	5	4	
13 06 2018	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	8	9	9	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7	6	5	6	6	
12 06 2018	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	4	4	4	4	3	4	6	5	8	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	7	6	4	5	8	6	7	4	4	5	4	4	4	4	3	3
11 06 2018	6	8	7	7	7	6	7	7	8	8	6	7	6	6	6	6	5	5	5	6	6	7	7	7	9	9	6	6	5	7	9	10	7	6	9	8	6	8	8	8	7	6	6	6	6	6	
10 06 2018	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	7	5	6	6	5	6	5	5	9	6	5	4	4	4	4	8	5	5	5	4	5	4	5	5	7	7	7	7	7	6	6	5	
9 06 2018	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	7	5	6	6	9	5	5	6	4	6	7	9	11	12	7	7	8	9	9	8	6	9	9	9	9	9	9	8	8	5	6	6	6	4	4	
8 06 2018	4	5	5	4	4	4	6	8	7	8	9	9	9	10	8	8	8	6	5	5	5	5	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	
7 06 2018	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	9	10	10	10	8	8	8	8	7	5	5	5	5	8	8	5	7	8	5	4	4	4	3	4	3	5	
6 06 2018	5	4	5	5	4	4	5	5	4	4	4	6	6	8	8	7	5	5	4	6	9	9	9	7	9	9	6	3	6	8	6	4	5	5	5	7	4	4	4	5	5	6	4	4	4	5	
5 06 2018	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
4 06 2018	5	4	4	5	5	5	6	6	5	5	5	6	8	5	4	6	5	5	9	9	5	8	8	7	11	9	7	10	10	8	7	10	8	5	4	5	5	7	6	4	3	3	3	3	4	6	5
3 06 2018	5	5	5	4	5	4	4	5	7	6	5	5	4	4	5	6	5	6	5	5	9	9	7	6	5	6	6	7	8	7	5	6	4	4	4	5	5	3	3	2	2	2	2	3	3	2	
2 06 2018	3	3	2	2	3	3	4	4	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	4	5	4	3	3	2	2	3	3	3	3		
1 06 2018	7	8	8	8	10	9	9	10	11	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	9	9	10	10	10	8	8	9	8	6	5	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6			
Hora	11:00-42	11:05-42	11:10-43	11:15-44	11:20-45	11:25-47	11:30-48	11:35-49	11:40-50	11:45-51	11:50-52	11:55-53	12:00-54	12:05-55	12:10-56	12:15-57	12:20-58	12:25-59	12:31-00	12:36-01	12:41-02	12:46-03	12:51-04	12:56-05	13:01-06	13:06-07	13:11-08	13:16-09	13:21-10	13:26-11	13:31-12	13:36-13	13:41-14	13:46-15	13:51-16	14:01-17	14:06-18	14:11-19	14:16-20	14:21-21	14:26-22	14:31-23	14:36-24	14:41-25	14:46-26	14:51-26	
30 06 2018	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	4	4	3	3	4	3	6	3	2	3	3	4	4	4	4	6
29 06 2018	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	5	6	5	5	4	4	4	5	4	4	4	3	4
28 06 2018	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3	3
27 06 2018	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	6	7	6	5	7	6	5
26 06 2018	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	3	3	2	3	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3
25 06 2018	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	2	3	3	3	5	3	3	4	6	7	5	6	7	7	5	7
24 06 2018	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	5	5	5	6	5	6	6	5	6	6	4	6	6	4	
23 06 2018	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	6	5
22 06 2018	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	2	3	4	2	2	3	3	3	2	3	3	4	
21 06 2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	4	3	3	4	5	4	5	5	6	4	6
20 06 20																																															

134

E.5 Lecturas diarias del mes de julio

31 07 2018	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3	2	2	2	2	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	5	5	4	4										
30 07 2018	4	5	3	4	4	7	8	4	9	11	9	7	8	9	8	5	4	8	6	5	7	8	5	5	3	5	4	4	6	8	9	9	7	8	6	7	7	7	5	7	7	5	5	4	6								
29 07 2018	4	4	5	5	5	6	6	5	5	5	6	7	7	6	5	5	4	6	9	9	11	7	5	7	7	6	8	10	4	4	8	10	8	5	3	3	3	5	4	4	4	4	3	3	2	2							
28 07 2018	7	8	9	9	9	9	9	8	6	7	5	7	9	6	3	5	9	6	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	4	5	5	3	3	5	3	6	3	3	5	7								
27 07 2018	5	5	5	4	4	4	4	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	4	4	5	7	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	6	5	3	2	2	2	2	2									
26 07 2018	4	5	4	7	7	6	6	6	7	6	8	8	7	7	7	6	6	6	6	7	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	3	4	5	4	4	4	4	5	4	3	2							
25 07 2018	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	4	3	4								
24 07 2018	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2								
23 07 2018	5	5	5	5	5	6	6	8	10	8	10	8	9	6	4	4	5	3	8	9	10	7	6	5	4	5	5	4	5	8	10	9	7	7	8	5	5	5	5	4	6	6	4	4	3	7							
22 07 2018	9	7	11	6	8	10	9	6	5	5	5	6	5	6	5	6	6	6	6	5	6	6	5	5	5	5	4	5	7	8	6	6	8	8	6	7	5	5	5	5	6	5	5	5	5								
21 07 2018	3	4	4	3	3	3	4	6	4	4	5	4	6	6	4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	5	5	3	3	3	3	4	5	3	3	3	4	5	5							
20 07 2018	4	6	5	4	4	4	4	5	4	4	3	3	4	4	3	3	4	5	4	3	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	4							
19 07 2018	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	9	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3							
18 07 2018	4	8	6	3	6	8	4	4	3	8	8	6	5	4	5	5	4	3	3	4	5	7	6	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	4	3	3	2							
17 07 2018	3	4	4	4	4	5	5	6	6	7	9	6	5	5	5	5	6	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	5	4	3	5	6	5							
16 07 2018	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	9	8	8	10	10	10	10	9	8	7	10	9	8	8	7	6	6	3	4	4	3	2	3	4	2					
15 07 2018	2	3	4	4	4	4	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	7	7	5	8	10	9	11	10	4	4	5	4	4	4	4	4	5	6	7	5	6	3	2	2	3	2	2	2						
14 07 2018	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	6	5	7	7	6	6	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	3	5	4	4							
13 07 2018	6	5	5	6	6	4	5	7	4	4	5	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	3	3							
12 07 2018	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	3	4	5	5	5	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	3							
11 07 2018	6	6	7	7	7	7	8	7	9	9	8	8	6	7	11	11	12	11	13	12	10	9	7	10	11	7	8	8	8	8	6	8	9	10	9	7	8	8	6	7	6	7	7	6	4	3	3						
10 07 2018	6	5	5	6	8	8	6	6	5	8	5	4	5	7	7	6	6	7	9	5	5	6	6	7	9	12	7	5	5	5	4	4	4	8	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5						
9 07 2018	5	7	9	6	5	5	5	4	5	5	5	5	6	7	9	11	6	6	6	5	5	5	6	7	8	12	8	7	6	7	6	8	8	8	8	10	9	6	8	10	7	6	7	7	6	6	7						
8 07 2018	4	4	3	4	5	5	4	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	3	3	5	6	6	7	8	9	5	4	5	6	8	9	7	8	9	7	6	5	5	4	5	5	4	3	2						
7 07 2018	4	6	4	7	7	7	9	10	11	11	11	10	8	11	7	6	5	4	7	9	10	7	7	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	5	5	3	4	4	4	2	2	2	2						
6 07 2018	9	9	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	6	9	10	6	9	8	9	5	4	5	5	5	4	4	3	6	4	3	4	6	5
5 07 2018	5	5	6	5	5	5	6	6	8	6	4	4	3	4	5	5	5	7	6	5	4	5	5	6	8	8	6	5	5	5	5	7	4	5	5	6	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	2	3	2				
4 07 2018	3	4	4	5	5	5	6	4	4	4	3	3	4	5	4	6	5	5	4	4	4	11	12	10	9	4	3	3	5	5	7	6	7	7	6	5	4	4	3	2	2	2	2	1	1	2	3	2					
3 07 2018	3	4	4	4	5	5	5	6	5	5	5	4	5	5	5	5	5	6	6	7	6	4	3	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	3	3	2	2	2	1	1						
2 07 2018	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	7	7	7	6	7	7	7	7	7	6	6	6							
1 07 2018	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	8	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	6	9	9	9	8	6	3	5	5	4	5	9	8	8	8	7	6	6	6				
HORA	11:00-41	11:05-42	11:10-43	11:15-44	11:20-45	11:25-46	11:30-47	11:35-48	11:40-48	11:45-49	11:50-50	11:55-51	12:00-52	12:05-53	12:10-54	12:15-55	12:20-56	12:25-57	12:30-58	12:35-59	12:40-00	12:46-01	12:51-01	12:56-02	13:01-03	13:06-04	13:11-05	13:16-06	13:21-07	13:26-07	13:31-08	13:36-09	13:41-10	13:46-11	13:51-12	13:56-13	14:01-14	14:06-15	14:11-16	14:16-17	14:21-17	14:26-18	14:31-19	14:36-20	14:41-21	14:46-22	14:51-23						
31 07 2018	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	6	5	6	6	6	6	6						
30 07 2018	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	5	5	4	3	3	4						
29 07 2018	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	5	5	7	7	6	5	4	4	5					
28 07 2018	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	6	6	7	6	5					
27 07 2018	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	5						
26 07 2018	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
25 07 2018	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	6	4	4	3	2	2	2				
24 07 2018	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	6	7	7	5	5	4	4	3	3					
23 07 2018	0	1	1																																																		

136

E.6 Lecturas diarias del mes de Agosto

31.08.2018	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4	3	3	4	4	4	4	3	3	2	3	3	4	4	3	3	3	5	4	3	
30.08.2018	4	5	5	4	4	4	4	5	6	8	7	6	6	5	5	5	6	7	7	6	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	
29.08.2018	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	8	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	5	
28.08.2018	2	2	2	1	1	2	2	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	5	5	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	5	5	4	4	4		
27.08.2018	5	4	4	6	8	6	6	7	7	7	9	8	5	5	6	5	5	5	4	4	5	5	9	7	4	6	5	6	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3	3	3	
26.08.2018	6	7	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	3	1	1	1	2	3	3	4	3	3	2	2	2	3	3	3	3		
25.08.2018	5	4	3	2	3	4	3	5	8	6	9	7	7	5	4	3	2	3	4	3	3	7	11	12	9	9	7	10	10	9	8	9	7	8	7	8	8	7	8	5	
24.08.2018	8	8	8	8	9	8	7	8	8	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	9	7	7	7	8	2	
23.08.2018	7	8	6	5	4	5	4	5	4	5	10	9	11	10	9	9	11	10	7	7	7	10	11	10	11	11	10	10	4	9	10	10	9	6	6	5	4	7	4	6	
22.08.2018	6	4	4	4	4	5	6	8	7	10	10	8	10	10	9	9	11	12	10	10	9	8	10	11	9	6	3	3	5	4	4	7	10	9	9	9	9	8	4	5	
21.08.2018	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	5	6	4	5	2	3	4	9	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	6	6	
20.08.2018	6	7	5	4	4	7	8	9	6	5	5	5	6	10	12	11	12	12	12	10	10	10	11	11	8	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	
19.08.2018	4	4	4	4	4	4	3	2	2	3	4	5	5	5	8	6	5	4	4	4	4	5	9	6	6	4	3	3	3	3	3	4	4	5	8	6	5	6	4	7	
18.08.2018	4	4	4	3	4	4	4	4	4	5	5	4	7	6	4	7	7	8	5	4	6	11	8	12	11	6	6	11	11	12	9	6	4	5	4	4	4	3	4	5	
17.08.2018	4	6	8	7	7	6	6	6	7	6	6	5	6	5	4	6	6	6	5	5	6	6	6	8	5	5	5	4	5	5	5	6	5	4	4	5	4	5	4	3	
16.08.2018	6	5	6	6	9	10	11	9	6	6	7	6	10	11	11	5	9	7	10	9	7	10	10	13	13	9	9	7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3	4
15.08.2018	5	6	6	5	4	3	3	4	3	4	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	5	4	6	6	6	9	7	5	4	5	5	4	4	4	4	4	3	3	2	
14.08.2018	4	4	4	4	4	5	5	6	5	4	4	3	3	3	5	5	4	3	7	10	6	7	7	5	4	3	3	4	6	9	5	4	4	4	3	2	3	5	5		
13.08.2018	4	5	5	4	4	4	6	6	5	5	6	5	7	8	5	6	6	6	6	5	4	5	5	7	7	8	9	10	7	8	8	8	8	7	9	5	4	4	4		
12.08.2018	5	4	6	6	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	7	7	6	6	5	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	5	7	7	7	6	6	4	4		
11.08.2018	3	3	3	6	6	5	6	7	5	7	6	5	8	10	10	11	7	7	8	7	7	6	5	5	5	10	6	5	5	4	6	10	7	7	8	6	4	4	5		
10.08.2018	6	7	3	6	4	4	3	2	2	4	7	9	9	9	12	11	9	7	9	9	6	11	9	6	5	4	7	10	9	10	7	5	6	5	4	6	6	7	6		
9.08.2018	3	4	4	6	6	5	7	4	4	5	9	8	8	7	4	4	3	3	2	2	2	3	9	6	3	4	4	4	5	7	8	4	4	4	6	5	6	7	5		
8.08.2018	4	4	5	5	6	5	4	4	5	4	8	5	4	5	6	6	4	4	5	4	5	5	6	8	8	8	5	4	5	7	6	5	5	5	5	5	5	5	6	5	
7.08.2018	7	7	7	7	7	8	8	8	6	6	5	4	4	5	4	5	4	5	4	3	6	8	9	10	5	6	6	10	7	3	4	4	6	5	4	3	3	3	3	3	
6.08.2018	5	7	4	5	3	5	6	7	8	6	6	4	3	3	3	4	3	2	3	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	6	6	5	7		
5.08.2018	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	3	4	5	5	4	3	3	5	4	3	5	5		
4.08.2018	2	3	3	4	4	4	5	6	6	8	8	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
3.08.2018	4	4	5	4	4	8	8	6	5	4	6	8	6	8	5	4	4	3	6	9	10	12	7	11	11	8	9	10	10	10	10	9	8	8	8	7	7	7	6	7	
2.08.2018	4	5	7	8	8	9	9	10	9	8	7	10	10	10	10	9	10	11	11	11	11	12	12	12	11	10	10	9	10	10	10	10	10	9	8	8	8	8	5		
1.08.2018	4	4	4	5	5	4	6	8	3	4	4	6	7	6	5	5	5	5	6	7	6	7	8	8	8	10	7	7	8	10	10	10	8	8	4	3	2	2	2		
Hora	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:32:06	0	11:37:04	0	11:42:01	0	11:46:59	0	11:51:56	0	11:56:54	0	12:01:51	0	12:06:49	0	12:11:47	0	12:16:44	0	12:21:42	0	12:26:40	0	12:31:37	
31.08.2018	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:32:06	0	11:37:04	0	11:42:01	0	11:46:59	0	11:51:56	0	11:56:54	0	12:01:51	0	12:06:49	0	12:11:47	0	12:16:44	0	12:21:42	0	12:26:40	0	12:31:37	
30.08.2018	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:32:06	0	11:37:04	0	11:42:01	0	11:46:59	0	11:51:56	0	11:56:54	0	12:01:51	0	12:06:49	0	12:11:47	0	12:16:44	0	12:21:42	0	12:26:40	0	12:31:37	
29.08.2018	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:32:06	0	11:37:04	0	11:42:01	0	11:46:59	0	11:51:56	0	11:56:54	0	12:01:51	0	12:06:49	0	12:11:47	0	12:16:44	0	12:21:42	0	12:26:40	0	12:31:37	
28.08.2018	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:32:06	0	11:37:04	0	11:42:01	0	11:46:59	0	11:51:56	0	11:56:54	0	12:01:51	0	12:06:49	0	12:11:47	0	12:16:44	0	12:21:42	0	12:26:40	0	12:31:37	
27.08.2018	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:32:06	0	11:37:04	0	11:42:01	0	11:46:59	0	11:51:56	0	11:56:54	0	12:01:51	0	12:06:49	0	12:11:47	0	12:16:44	0	12:21:42	0	12:26:40	0	12:31:37	
26.08.2018	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:32:06	0	11:37:04	0	11:42:01	0	11:46:59	0	11:51:56	0	11:56:54	0	12:01:51	0	12:06:49	0	12:11:47	0	12:16:44	0	12:21:42	0	12:26:40	0	12:31:37	
25.08.2018	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:32:06	0	11:37:04	0	11:42:01	0	11:46:59	0	11:51:56	0	11:56:54	0	12:01:51	0	12:06:49	0	12:11:47	0	12:16:44	0	12:21:42	0	12:26:40	0	12:31:37	
24.08.2018	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:32:06	0	11:37:04	0	11:42:01	0	11:46:59	0	11:51:56	0	11:56:54	0	12:01:51	0	12:06:49	0	12:11:47	0	12:16:44	0	12:21:42	0	12:26:40	0	12:31:37	
23.08.2018	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:32:06	0	11:37:04	0	11:42:01	0	11:46:59	0	11:51:56	0	11:56:54	0	12:01:51	0	12:06:49	0	12:11:47	0	12:16:44	0	12:21:42	0	12:26:40	0	12:31:37	
22.08.2018	0	10:57:23	0	11:02:21	0	11:07:18	0	11:12:16	0	11:17:13	0	11:22:11	0	11:27:09	0	11:																									

ANEXO F

Abstract emitido por el Centro de Idiomas
de la Universidad Católica De Cuenca

CENTRO DE IDIOMAS

ABSTRACT

The purpose of this present investigation is to expound the design - construction and implementation of a data acquisition system which allows analyzing the Ultra Violet (UV) radiation emitted by the sun over the city-Azogues, as well as visualize it by means of using a visual indicator (solar-traffic light). In order to monitor the solar activity in an arranged period of time, from 7:00 am to 19:00 pm, a system which consists of a Zopt2201 radiation sensor is used. This settled period of time is controlled by using a RTC clock module that is synchronized with an Arduino microcontroller, which is the brain of the process. The obtained data is stored in a micro SD memory in a text file. Once the monitored index data has been obtained, the microcontroller activates itself the accurate light indicator according to the color scale established by the World Health Organization (WHO).

For six months in a roll the solar radiation has been monitored, an analysis of the variations that the UV index showed throughout the day with a time interval of five minutes between each sample is done, as well as the average of the data collected in every single month respectively, these variations are being represented using graphs of sequential values.

The process of the designing detail, construction, implementation and outcomes are presented in the content of this document and in the respective Annexes that prove the process carried out and the data acquisition as reliable. Finally, the conclusions, recommendations and future work are presented, the prior one being one of the most important aspects, thus being recommended the continuance of the present project either short or long term, with all the aforementioned, the achievement of the proposed objectives is clear.

Keywords: UV radiation, UV traffic light, Arduino, Eagle, SketchUp.

Azogues, 14 de septiembre de 2018

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA SEDE AZOGUES, CERTIFICA
QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO
CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.



LCD.A. GABRIELA ESTRELLA G. MST.
COORDINATOR



ANEXO G

Informe final de tutoría de tesis

Azogues, a 25 de septiembre de 2018

Asunto: Informe final de tutoría de tesis

Señora Economista
Nancy Peralta.

**SECRETARIA DE LA UNIDAD ACADEMICA DE INGENIERIA INDUSTRIA Y
CONSTRUCCION.**

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA.

Ciudad.

De mi consideración.

Por medio del presente me permito saludarle, a la vez que es menester indicarle que una vez culminada la revisión del trabajo de titulación del alumno Fabián Antonio García Tarqui, con C.I. 0302365549, es mi deber conferir la nota de 50/50 al trabajo de titulación en mención, cumpliendo de esta manera con los parámetros establecidos por parte de nuestra Alma Mater como tutor de la misma, dentro de la unidad de titulación.

Dicho proyecto lleva por nombre **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN UV. CASO DE ESTUDIO: AZOGUES”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico, de la Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción.

Es menester informar que el presente trabajo de titulación tiene una coincidencia del 3% de similitud en contenidos con otras fuentes, según reporte del sistema anti plagio (Turnitin) de nuestra Universidad.

Por la atención que dé a la presente suscribo de Ud. Agradecido.

Atentamente.

Ing. Jean Paul Mata Quevedo
TUTOR

ANEXO H

Permiso del autor de tesis para subir al
repositorio institucional

PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, FABIAN ANTONIO GARCIA TARQUI, portador (a) de la cédula de ciudadanía Nro., 0302365549. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN UV. CASO DE ESTUDIO: AZOGUES”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de Los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, 02 de octubre de 2018.

F: 

ANEXO I

Certificado del Bibliotecario de la Sede
Azogues

El Bibliotecario de la Sede Azogues

CERTIFICA:

Que, FABIAN ANTONIO GARCIA TARQUI

Con cédula de ciudadanía Nro. 0302365549 de la Carrera de INGENIERÍA
ELECTRÓNICA

No adeuda libros, a esta fecha, 02 de octubre de 2018



Firma del Bibliotecario

Sello

Biblioteca Universitaria
MONS. "FROILAN POZO QUEVEDO"

ANEXO J

Informe de originalidad emitido por la
Universidad Católica de Cuenca por el
sistema anti plagio (Turnitin)

Tesis Rev2 Fabian Garcia

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

docplayer.es

Fuente de Internet

<1%

2

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

3

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

4

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

<1%

5

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

6

Submitted to Universidad de Valladolid

Trabajo del estudiante

<1%

7

www.aimme.es

Fuente de Internet

<1%

8

www.seminarios-coch.cl

Fuente de Internet

<1%

9

Huddleston, . "Appendix A: ActionScript Class

<1%