



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA PÚBLICO DE ILUMINACIÓN LED  
CON PANEL SOLAR ISOTRÓPICO AUTOMATIZADO.**

**AUTOR: ESTALIN MATIAS PESANTEZ ESPINOZA**

**TUTOR: Ing. RENÉ ERNESTO CORTIJO LEYVA, Mg**

**QUITO- ECUADOR**

**AÑO: 2019**

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

## DECLARACIÓN

Yo, Estalin Matias Pesantez Espinoza, con cedula de identidad 172020061-5, en calidad de estudiante de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, declaro que los contenidos de este trabajo de titulación, requisito previo a la obtención del Grado de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, son absolutamente originales, auténticos y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito D.M. Febrero del 2019

.....

Estalin Matias Pesantez Espinoza  
CC: 172020061-5

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de diseño electrónico **“IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA PÚBLICO DE ILUMINACIÓN LED CON PANEL SOLAR ISOTRÓPICO AUTOMATIZADO”**. Presentado por el **Estalin Matias Pesantez Espinoza**, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Aprobación que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. Febrero del 2019

TUTOR

.....  
Ing. René Ernesto Cortijo Leyva, Mg

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a dios por darme salud y bienestar para poder seguir adelante en la vida profesional, por darme muchas oportunidades de superarme y poner en alto el nombre de la facultad de ingeniería eléctrica y telecomunicaciones.

Gracias a mis padres y hermanos por darme el cariño incondicional y apoyo en los momentos más difíciles, por darme esa oportunidad de superarme tanto en lo económico como en lo personal.

Por ultimo agradezco a mis amigos, profesores y todas las personas que supieron ayudarme en los momentos más difíciles durante esta vida estudiantil.

Gracias a todos.

## **DEDICATORIA**

El trabajo está dedicado a mi madre que con su amor y cariño, dándome el ejemplo de superación me ha dado su apoyo incondicional y gracias a ella he podido culminar satisfactoriamente uno de mis sueños.

A todos mis hermanos que han sido parte principal en mi vida estudiantil con sus consejos de vida, les doy gracias de todo corazón.

A todos los ingenieros de mi trabajo que supieron motivarme a seguir con mis estudios y darme cuenta que nada es imposible en esta vida solo con esfuerzo y humildad se pueden cumplir los sueños

A todos los profesores, compañeros y amigos que formaron parte de mi vida estudiantil.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURA	xi
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes de la situación objeto de estudio	1
Planteamiento del problema	3
Justificación	3
Objetivos	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
Alcance	4
Descripción de los capítulos	5
CAPÍTULO I	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
1.1 Luz	6
1.1.1 Lámparas incandescentes	6
1.1.2 Lámparas fluorescentes	7

1.1.3 Lámparas LED	7
1.2 Métodos de energía para la iluminación	8
1.2.1 Energía hidroeléctrica	8
1.2.2 Energía eólica	9
1.2.3 Energía solar	10
1.2.3.1 Energía solar térmica	10
1.2.3.2 Energía solar fotovoltaica	11
1.2.4 Panel solar	11
1.2.4.1 Partes de un panel solar	12
1.2.4.2 Composición interna de un panel solar	12
1.2.4.3 Tipos de paneles solares	13
1.2.4.4 Curva característica de un panel solar	14
1.2.5 Baterías	15
1.2.6 Tipos de baterías	15
1.2.6.1 Baterías de Níquel – Cadmio	15
1.2.6.2 Baterías de Plomo-Ácido	15
1.2.6.3 Baterías de ion - litio	16
1.2.6.4 Capacidad de una batería de ion - litio	17
1.2.6.4.1 Capacidad de descarga de una batería de ion - litio	17
1.2.6.4.2 Vida útil de una batería de ion - litio	17
CAPÍTULO II	19
MARCO METODOLÓGICO	19
2.1 Metodología de trabajo	19
2.2 Tipo de investigación	19

a.	Corriente de especificación	20
b.	Corriente de desarrollo	21
c.	Corriente de pruebas	21
2.2	Recolección de información	21
2.2.1	Organización, revisión y análisis de la información	21
2.2.2	Solución al problema	22
2.2.3	Desarrollo del proyecto	22
CAPÍTULO III		23
PROPUESTA		23
3.1	Conformación del sistema de iluminación	23
3.2	Diseño de la estructura mecánica	24
3.3	Diseño electrónico	26
3.3.1	Sensor de voltaje de la batería	26
3.3.2	Sensor de voltaje para el panel solar	27
3.3.3	Sensor de corriente	28
3.3.4	Activación del sistema de iluminación	29
3.3.5	Circuito para el actuador lineal	31
3.3.6	Selección del microcontrolador	31
3.3.7	Sistema de almacenamiento de la información	32
3.3.8	Módulo Bluetooth	33
3.3.9	Módulo Real Time Clock	34
3.3.10	Sensor de temperatura	35
3.3.11	Elevador de voltaje	35
3.3.12	Cálculos de tiempo de funcionamiento del sistema	36

3.3.13	Cálculos de tiempo de carga de la batería	38
3.3.14	Diseño de la placa PCB	39
3.3.15	Funcionamiento del sistema	45
3.3.16	Análisis de costos	45
CAPÍTULO IV		47
IMPLEMENTACIÓN		47
4.1	Implementación	47
4.1.1	Implementación de la estructura	47
4.1.2	Panel de información	49
4.1.3	Implementación del circuito impreso	49
4.1.4	Implementación de la aplicación móvil	52
4.1.4.1	Diseño del entorno de la aplicación.	52
4.1.5	Implementación del entorno web	57
4.2	Pruebas y resultados	61
4.2.1	Pruebas del panel solar	61
4.2.2	Pruebas de la batería	62
4.2.3	Pruebas del consumo de corriente del sistema de medición	64
4.2.4	Pruebas de funcionamiento del sistema de iluminación	65
CONCLUSIONES		68
RECOMENDACIONES		69
Bibliografía		70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del actuador lineal .....	26
Tabla 2. Características del sensor de corriente .....	28
Tabla 3. Características del puente h.....	31
Tabla 4. Características del módulo SD .....	33
Tabla 5. Características del módulo Bluetooth .....	34
Tabla 6. Características del módulo RTC.....	34
Tabla 7. Características del sensor de temperatura .....	35
Tabla 8. Características del elevador de voltaje.....	36
Tabla 9. Tabla de costos por elemento .....	46
Tabla 10. Características del material para la estructura .....	47
Tabla 11. Característica de los tornillos utilizados .....	47

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Sistema para la inclinación del panel solar .....	1
Figura 2. Sistema de seguimiento con Matlab .....	2
Figura 3. Simulación de la irradiación .....	2
Figura 4. Formación de imágenes en el ojo .....	6
Figura 5. Bombillo incandescente .....	7
Figura 6. Lámpara fluorescente .....	7
Figura 7. Lámpara LED .....	8
Figura 8. Ciclo hidrológico del agua .....	9
Figura 9. Planta hidroeléctrica .....	9
Figura 10. Partes de un sistema eólico .....	10
Figura 11. Placa usando el método de planchado .....	11
Figura 12. Funcionamiento sistema fotovoltaico .....	11
Figura 13. Comportamiento de las células en un panel solar .....	12
Figura 14. Partes de un panel solar .....	12
Figura 15. Composición interna de un panel solar .....	13
Figura 16. Panel mono cristalino .....	13
Figura 17. Panel policristalino .....	14
Figura 18. Curva característica de un panel solar .....	14
Figura 19. Partes de una batería de Ni-Cd .....	15
Figura 20. Partes de una batería de plomo-ácido .....	16
Figura 21. Batería de ion-litio .....	16
Figura 22. Curva de descarga de una batería .....	17
Figura 23. Curva de vida útil de una batería .....	18

Figura 24. Metodología de desarrollo - Método en V .....	20
Figura 25. Diagrama de elementos del sistema de iluminación.....	23
Figura 26. Sistema de iluminación.....	24
Figura 27. Componentes del sistema de iluminación.....	24
Figura 28. Movimientos del mecanismo para el panel solar .....	25
Figura 29. Actuador lineal .....	25
Figura 30. Diagrama de divisor de tensión.....	27
Figura 31. Sensor de corriente .....	28
Figura 32. Partes del MOSFET.....	29
Figura 33. Zonas de trabajo del MOSFET.....	30
Figura 34. Temperatura de funcionamiento del MOSFET.....	30
Figura 35. Puente H.....	31
Figura 36. Esquema de comunicación entre los microcontroladores.....	32
Figura 37. Arduino Mega 2560.....	32
Figura 38. Nodemcu ESP8266.....	32
Figura 39. Módulo SD.....	33
Figura 40. Módulo Bluetooth HC-05 .....	33
Figura 41. Módulo RTC .....	34
Figura 42. Sensor de temperatura LM35 .....	35
Figura 43. Elevador de voltaje Lm2577 .....	36
Figura 44. Conexión a banco de baterías .....	36
Figura 45. Diseño del circuito electrónico.....	40
Figura 46. Arduino Mega .....	40
Figura 47. Borneras de conexión .....	41

Figura 48. LEDs indicadores .....	41
Figura 49. Sensor de temperatura, puente h, y botón de reset .....	42
Figura 50. Circuito para medir voltajes del panel solar y la batería .....	42
Figura 51. Circuito MOSFET para los LEDs .....	43
Figura 52. Módulos adicionales .....	43
Figura 53. Ubicación de elementos y módulos.....	44
Figura 54. Diseño de la PCB .....	44
Figura 55. Funcionamiento del sistema de iluminación.....	45
Figura 56. Aplicación del actuador lineal.....	48
Figura 57. Aplicación del panel al mecanismo.....	48
Figura 58. Características de los LEDs informativos.....	49
Figura 59. Construcción del circuito impreso.....	50
Figura 60. Soldadura de los elementos a la placa .....	50
Figura 61. Elementos y módulos aplicados sobre la placa .....	51
Figura 62. Conexión de los elementos al sistema de iluminación .....	51
Figura 63. Sistema de iluminación terminado .....	52
Figura 64. Diagrama de flujo de App inventor 2 .....	52
Figura 65. Partes del entorno para el diseño de la aplicación móvil.....	53
Figura 66. Variables de la aplicación móvil .....	54
Figura 67. Conexión del módulo Bluetooth .....	54
Figura 68. Activación de botones.....	54
Figura 69. Modo manual y automático.....	55
Figura 70. Botones de encendido y apagado .....	55
Figura 71. Configuración del tiempo de recepción de datos .....	55

Figura 72. Recepción de datos de la placa de control .....	56
Figura 73. Interfaz de la aplicación móvil.....	56
Figura 74. Programación en código HTML .....	57
Figura 75. Vista previa del diseño web .....	58
Figura 76. Librerías usadas para la programación del entorno web .....	58
Figura 77. Llamado de las funciones en el entorno web.....	59
Figura 78. Creación de los botones en el entorno web.....	59
Figura 79. Programación del texto insertado en el entorno web.....	60
Figura 80. Programación de mensajes de error en el entorno web .....	60
Figura 81. Entorno web terminado.....	61
Figura 82. Medición de voltaje en el panel.....	61
Figura 83. Comparación de voltaje entre el sistema y un multímetro.....	62
Figura 84. Medición de voltaje en la batería .....	63
Figura 85. Medición del consumo de corriente .....	64
Figura 86. Medición del consumo de corriente apagando el sistema.....	65
Figura 87. Control diario del voltaje de la batería .....	66
Figura 88. Control diario de la corriente consumida.....	66
Figura 89. Control diario del voltaje de panel solar.....	67
Figura 90. Control diario de temperatura en la batería.....	67

## RESUMEN

En el presente proyecto se diseñó y construyó un sistema público de iluminación LED con panel solar isotrópico automatizado, para así proporcionar iluminación y controlar varios parámetros tanto desde una aplicación móvil, como desde un entorno web. Durante la investigación se analizará el Arduino el cual va ser uno de los elementos principales para lograr el funcionamiento del presente proyecto, Primeramente, está configurado para realizar el control de energía que va desde el panel fotovoltaico hacia un banco de baterías para lograr la iluminación LED mediante un monitoreo en dos versiones, tanto vía Bluetooth como también por una página web.

La metodología que se uso fue la experimental de campo, al realizar pruebas en el entorno sometiendo al sistema a condiciones ambientales tanto de luz intensa, frio y lluvia, de esta manera se consiguió comprobar la eficiencia de la estructura diseñada

En el informe se explica el proceso de selección y diseño tanto de los módulos electrónicos utilizados como de la estructura diseñada, además se implementó un mecanismo de seguimiento de luz del sol por medio de un actuador lineal y un mecanismo para conseguir aprovechar al máximo la energía proporcionada por el sol.

Finalmente se realizan pruebas para corroborar el funcionamiento del sistema obteniendo una autonomía de aproximadamente 11 horas

**Palabras Claves:** Arduino, panel solar, banco de baterías, LED, Bluetooth, pagina web.

## **ABSTRACT**

In the present project, a public LED lighting system with an automated isotropic solar panel was designed and built, in order to provide lighting and control several parameters both from a mobile application and from a web environment. During the investigation the Arduino will be analyzed, which will be one of the main elements to achieve the functioning of the present project. Firstly, it is configured to perform the energy control that goes from the photovoltaic panel to a battery bank to achieve LED lighting by monitoring in two versions, both via Bluetooth and also by a web page.

The methodology that was used was the experimental field, when performing tests in the environment subjecting the system to environmental conditions of both intense light, cold and rain, thus was able to verify the efficiency of the designed structure

The report explains the process of selection and design of both the electronic modules used and the structure designed, also implemented a mechanism for tracking sunlight through a linear actuator and a mechanism to get the most out of the energy provided by the sun.

Finally, tests are carried out to corroborate the operation of the system, obtaining an autonomy of approximately 11 hours

**Keywords:** Arduino, solar panel, battery bank, LED, Bluetooth, web page.

# INTRODUCCIÓN

## Antecedentes de la situación objeto de estudio

Hoy en día, debido al crecimiento poblacional y la urbanización de ciudades y terrenos, existen gran cantidad de lámparas en las calles de toda Latinoamérica que cumplen la función de luminarias para carreteras y zonas de tránsito peatonal. Dichas luminarias en su mayoría son focos de alta potencia que trabajan con 120vac y 220vac, dependiendo directamente del suministro de la empresa eléctrica generando un gasto impactante en la economía local, ya que éste tipo de tecnología, requiere de gran potencia para lograr la iluminación que se requiere y la misma no cuenta con sistemas de monitoreo sobre el consumo energético de cada luminaria y del tiempo de vida restante para los equipos; por lo que se propone realizar un sistema de iluminación pública mediante el empleo de tecnología LED de baja potencia que serán alimentados por medio de un banco de baterías que obtiene su energía de un panel solar isotrópico, de ésta manera se logra preservar el medio ambiente mediante la utilización de energía solar que es la forma de energía renovable más abundante sobre la tierra.

A nivel mundial se han realizado varios estudios sobre los paneles isotrópicos como México donde (Iram, 2017), realiza un estudio de la productividad de los paneles solares monocristalinos tomando en cuenta parámetros como voltaje, corriente e iluminación que proporciona el sistema, también en el dicho estudio se realizan varias pruebas modificando la posición y el Angulo de inclinación del panel para conseguir la máxima energía, en la figura se puede observar el sistema implementado.



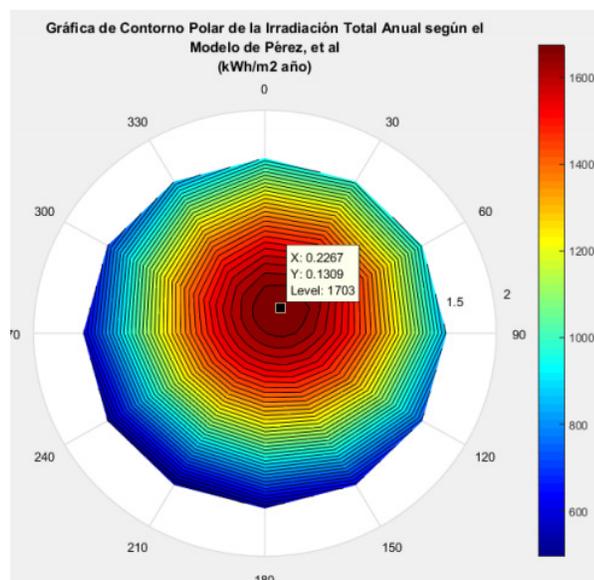
**Figura 1.** Sistema para la inclinación del panel solar

En la Universidad Nacional de Perú también se han realizado estudios sobre el ángulo de inclinación que debe tener el panel para conseguir una mayor eficiencia energética, como lo explica (Camarena & Lozano, 2016), donde se realizó una simulación con la ayuda de la herramienta simulink de Matlab para así mover el sistema, en la figura se encuentra el sistema.



**Figura 2.** Sistema de seguimiento con Matlab

En Ecuador también se han realizado estudios para determinar la posición y el Angulo del panel para adquirir la máxima energía y como lo indica (Lozano, 2017), se realiza un análisis con la ayuda de ArcMap y de IBM SPSS para la resolución de modelos matemáticos para establecer el comportamiento en función de condiciones ambientales variables, en la figura se puede observar el resultado de la simulación realizada.



**Figura 3.** Simulación de la irradiación

Se pretende construir un sistema de iluminación el cual será energizado por medio de un banco de baterías que a su vez se alimenta de la energía solar convertida en energía eléctrica por medio de un panel solar isotrópico, el cual contará con un sistema de un actuador lineal que ajustará el ángulo de inclinación respecto a la luz, con la finalidad de obtener en todo momento la mayor cantidad de radiación solar sobre el panel.

El monitoreo, se encontrará disponible en dos versiones, una local con la posibilidad de conectarse mediante Bluetooth al sistema y de esta forma obtener los parámetros de carga, voltaje actual del panel solar, voltaje del banco de baterías, tiempo promedio de capacidad de iluminación y horas de uso de la batería. Al mismo tiempo, dichos datos se podrán observar de forma remota mediante un acceso web que permitirá al usuario visualizar en todo momento el comportamiento del sistema.

### **Planteamiento del problema**

En el Ecuador existen gran cantidad de luminarias tanto en carreteras y zonas de tránsito peatonal en su mayoría son lámparas que consumen mucha energía por lo tanto trabajan con voltajes de 120vac y 220vac, éste tipo de tecnología no es renovable provocando el calentamiento global, a esto se puede añadir que no cuenta con un sistema de control y monitoreo de voltaje, corriente y temperatura.

En la ciudad de Quito la mayoría de alumbrados públicos no tienen un sistema de iluminación LED con paneles fotovoltaicos que ayuden al ahorro energético y económico como también a cuidar el ambiente a través de energía limpia y renovable como lo es la energía solar.

### **Justificación**

Este proyecto tiene un gran impacto ya que abarca tres diferentes aspectos a tener en cuenta al momento de poder ejecutarlo. La primera de ellas es de tipo tecnológico e innovador, ya que se está implementando un sistema de iluminación LED con energía limpia y renovable. La segunda es de tipo económico, ya que si se logra implementar un proyecto de esta magnitud, se podrá economizar los costos a largo plazo en materia de ahorro de energía eléctrica en el país. La tercera es de carácter ambiental, ya que el

proyecto requiere enfocar al cuidado del medio ambiente con una buena iluminación sin contaminar el planeta ni causar ningún impacto que modifique nuestro ecosistema.

La energía solar fotovoltaica es una energía limpia y renovable la cual es una de las soluciones para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que presenta nuestra sociedad, cada kilovatio de energía solar generada deja de emitir 0,311 Kg de CO<sub>2</sub> en la atmosfera, una vez comprobado los gobiernos a nivel local y mundial están apoyando a los proyectos que usen la energía renovable, la más difundida en nuestro país es la fotovoltaica. Debido a las condiciones geográficas favorables que se encuentran en el Ecuador, la energía fotovoltaica resulta conveniente ya que el promedio de incidencia del sol es muy bueno, particularmente en la ciudad de Quito hay mayor incidencia de irradiación.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Desarrollar un sistema de iluminación LED con panel solar isotrópico y monitoreo mediante WEB para el ahorro de energía eléctrica.

### ***Objetivos específicos***

- Establecer los parámetros y dispositivos para construir el panel fotovoltaico.
- Diseñar la tarjeta de control del sistema mediante controlador Arduino.
- Desarrollar la programación para controlar automáticamente el sistema de iluminación.
- Programar la página web donde se mostrarán los valores del sistema de iluminación LED.
- Construir la estructura metálica tipo poste para el sistema de iluminación LED.
- Diseñar una aplicación móvil para obtener acceso mediante conectividad Bluetooth a la visualización de los valores de funcionamiento del sistema de iluminación LED.
- Realizar las pruebas de funcionamiento y validación.

## **Alcance**

El sistema de alumbrado público se podrá instalar en cualquier parte fija, mientras tanto en la parte del funcionamiento será de manera automática y manual, estará controlada, monitoreada a través de una App Android y una página web el cual permitirá

ver los valores reales del voltaje del panel solar, voltaje, temperatura y porcentaje de la batería como también la corriente total consumida, mediante un actuador lineal se controlara el posicionamiento del panel solar de forma automática el cual ayudara aprovechar lo mejor posible los rayos del sol y reducir el tiempo de carga del banco de baterías, se contara con los planos del diseño del armado estructural y electrónico, también se entregara un manual de usuario.

### **Descripción de los capítulos**

A continuación, se describe brevemente el contenido de los capítulos.

**Capítulo 1:** Contiene la investigación realizada para desarrollar el presente trabajo, en este capítulo se encuentran todos los conceptos para el desarrollo del sistema de iluminación, comenzando con una breve explicación de los métodos de iluminación, continuando con los tipos generaciones de energía, y los principales que son paneles solares, baterías y LEDs.

**Capítulo 2:** Corresponde al marco metodológico del presente proyecto, donde se describen los métodos y los pasos para desarrollar el presente proyecto.

**Capítulo 3:** Explica la propuesta del proyecto, y posteriormente el desarrollo y justificación matemática tanto para la parte mecánica como también a la parte electrónica del sistema de iluminación.

**Capítulo 4:** Describe el proceso de implementación del sistema de iluminación, se detallan las pruebas y procesos de verificación para analizar los datos obtenidos al observar el funcionamiento del sistema.

Finalmente se presentan las conclusiones del presente trabajo y se mencionan algunas recomendaciones para trabajos futuros.

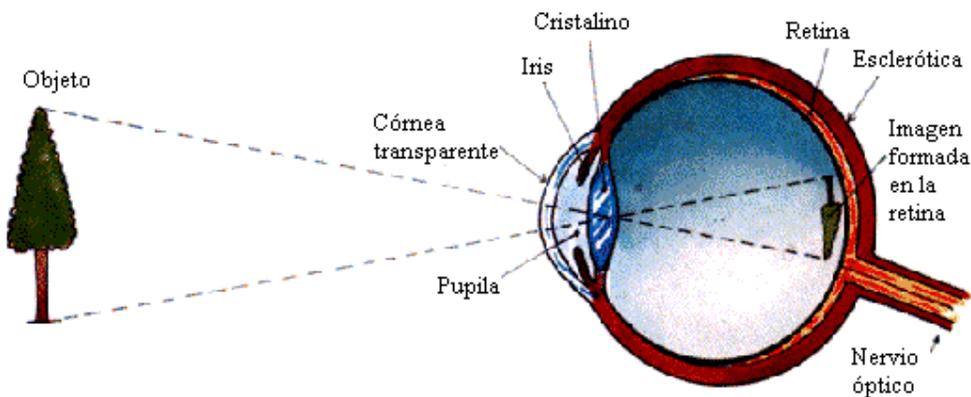
# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo, se describen los aportes teóricos más relevantes que serán utilizados para el desarrollo del proyecto.

### 1.1 Luz

La luz es un factor importante y necesario en el diario vivir, la luz rebota en los objetos y esta señal al llegar a los ojos permite saber la forma, y color de cualquier objeto, como lo indica la Figura 4 gracias a la luz se puede percibir objetos y así realizar las tareas diarias.



**Figura 4. Formación de imágenes en el ojo**

Fuente: (Dimieri, 2015)

Al no disponer de luz natural el hombre se ha visto obligado a diseñar sistemas de iluminación artificiales no solo para realizar actividades en ausencia de luz, sino también para proporcionarle seguridad mientras se transita por lugares con poca iluminación y también para tener comodidad al instalar sistemas en sus domicilios, o lugares de trabajo (Rivas M. , 2005).

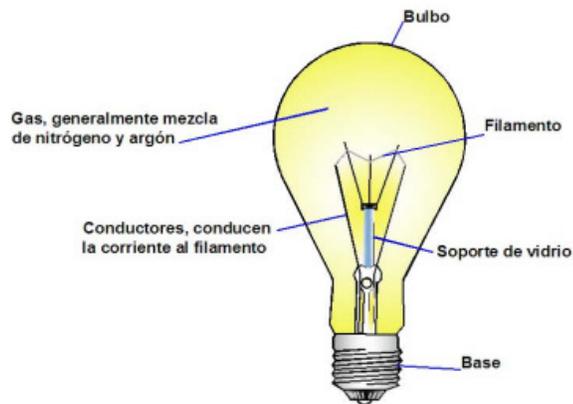
Para la iluminación existen diferentes dispositivos como son las lámparas incandescentes, y las lámparas con tecnología LED.

#### 1.1.1 Lámparas incandescentes

Las lámparas de incandescencia producen luz cuando la energía pasa a través de un filamento conductor que generalmente es tungsteno o wolframio, el filamento tiene una alta resistencia, llegando a temperaturas de trabajo mayores a 2.500 °C, esta temperatura produce un efecto de incandescencia en el filamento, y es ahí donde entra en acción la bombilla, cuya función es aislar al bombillo del aire, ya que al entrar en contacto con el

filamento se produce combustión, por lo tanto se genera un vacío dentro del bombillo y se rellena con un gas inerte, donde se utiliza nitrógeno con argón y en casos especiales se utiliza kriptón, (Soto, 2009).

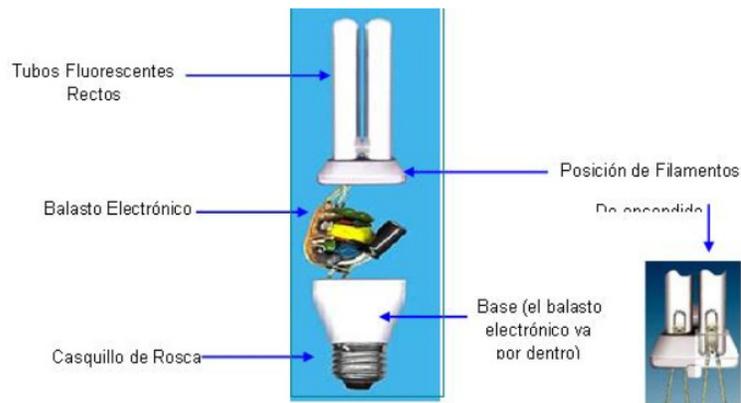
Además, para aumentar la vida útil del filamento, se enrolla en forma de espiral, las partes del bombillo incandescente se puede observar en la Figura 5.



**Figura 5.** Bombillo incandescente  
Fuente: (Soto, 2009)

### 1.1.2 Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes producen luz a través de la formación de un arco eléctrico que se genera entre dos terminales de un conductor que generalmente es tungsteno, este arco pasa por un gas inerte que se encuentra a baja presión, y finalmente produce luz, en la Figura 6 se puede observar las partes de una lámpara fluorescente (Farrás, 2009).



**Figura 6.** Lámpara fluorescente  
Fuente: (Farrás, 2009)

### 1.1.3 Lámparas LED

Los LEDs son diodos emisores de luz, por sus siglas en inglés, estos elementos son pequeños focos que funcionan con corriente directa, y por esa razón son más eficientes que

los focos incandescentes, además, son más económicos y producen menos temperatura, por lo tanto, su vida útil llega a ser 10 veces mayor que los focos convencionales, en la Figura 7 se puede observar las partes de una lámpara LED (Miranda & Martínez, 2014).



**Figura 7.** Lámpara LED

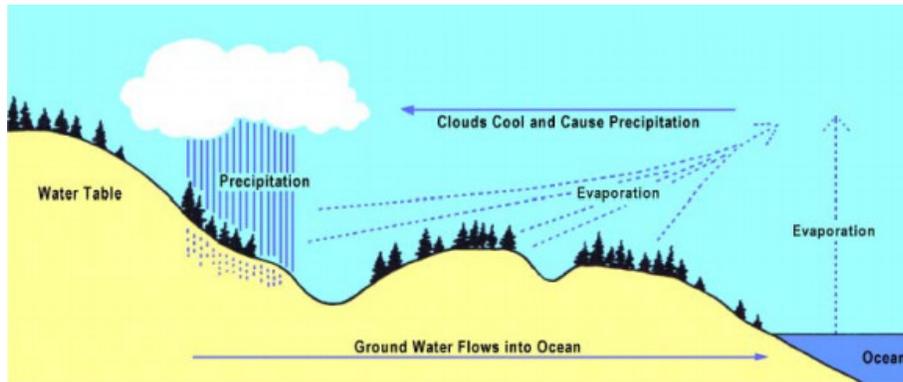
Fuente: (Miranda & Martínez, 2014).

## 1.2 Métodos de energía para la iluminación

Para cubrir la necesidad de iluminar entornos que carecen de luz, el ser humano ha buscado y desarrollado métodos cada vez más ingeniosos y con un menor impacto en el ambiente, comenzando desde una simple antorcha hasta los actuales bombillos eléctricos, pero estos dispositivos utilizan energía eléctrica, por lo tanto, a continuación, se detallan los métodos de generación de energía eléctrica.

### 1.2.1 Energía hidroeléctrica

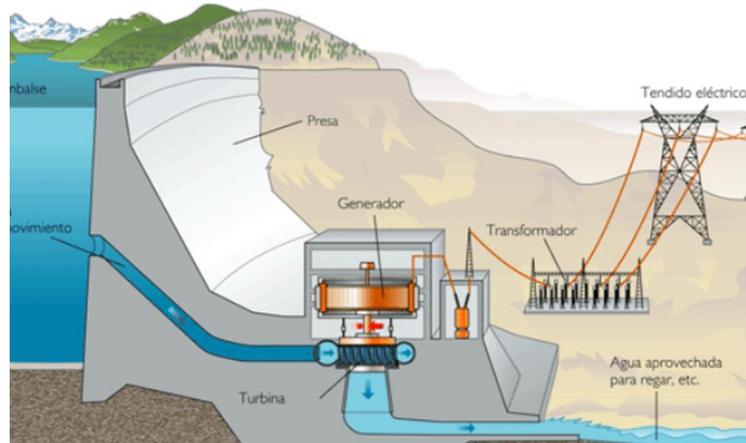
La energía hidroeléctrica son centrales que permiten aprovechar la fuerza del agua, y transformar la misma en energía eléctrica, (Alvarez, 2012). Pero lo importante para la energía hidroeléctrica es justamente que exista un caudal, y para ello es importante conocer el ciclo hidrológico del agua, donde primeramente el sol calienta las masas de agua existentes para después evaporarlas de esta manera se forman nubes, que al acumularse formarán tormentas para volver a generar agua que al fluir por caudales llegará a ríos que son el lugar perfecto para construir plantas hidroeléctricas, en la Figura 8 se puede observar el ciclo y su funcionamiento.



**Figura 8.** Ciclo hidrológico del agua

Fuente: (Alvarez, 2012)

Al conocer los lugares más apropiados se construyen plantas, recolectando el agua y aprovechando las propiedades de la energía potencial, se logra aplicar la fuerza del agua para mover turbinas que son las que transforman el movimiento en energía, esta energía se transmite por cables a cada estación y después a cada hogar (Durán, 2017), este proceso se lo puede observar en la Figura 9.



**Figura 9.** Planta hidroeléctrica

Fuente: (Durán, 2017)

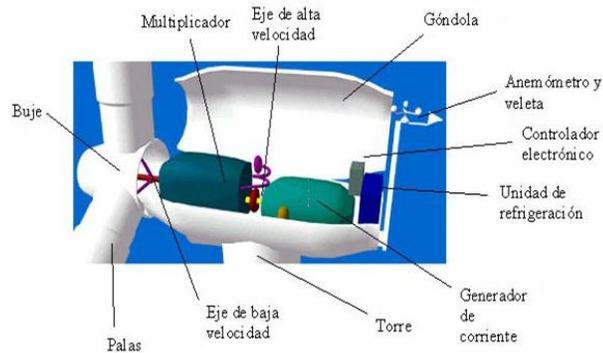
### 1.2.2 Energía eólica

En el caso de la energía eólica lo que se aprovecha es la fuerza que provoca el viento para así transformarla en energía eléctrica. Se puede pensar que el viento no puede ser capaz de generar energía, pero en la actualidad existen lugares donde la fuerza del viento se utiliza como uno de los métodos de generación de energía. Por tanto para instalar centrales eólicas se deben cumplir algunas variables que son.

- Situación geográfica

- Características climáticas
- Estructura topográfica
- Irregularidades del terreno
- Altura sobre el nivel del suelo

Tomando en cuenta estas variables, se puede instalar varias estaciones eólicas, estas estaciones son infraestructuras de grandes dimensiones que permiten aprovechar al máximo la fuerza del viento, además cuentan con una estructura vertical que sostiene el sistema de control y el sistema mecánico, donde cuentan con 3 aspas, estas aspas giran y transmiten este movimiento a un circuito multiplicador para después pasar al generador de corriente, que es la encargada de acumular y generar la energía, al ser un sistema que por el movimiento genera calor dispone de una unidad de refrigeración para evitar problemas de calentamiento, y también un sistema de frenado, ya que en ocasiones puede girar a velocidades peligrosas y por tal motivo se debe frenar el sistema por seguridad, en la Figura 10 se puede ver las partes que componen un sistema de energía eólica.



**Figura 10.** Partes de un sistema eólico  
Fuente: (Durán, 2017)

### 1.2.3 Energía solar

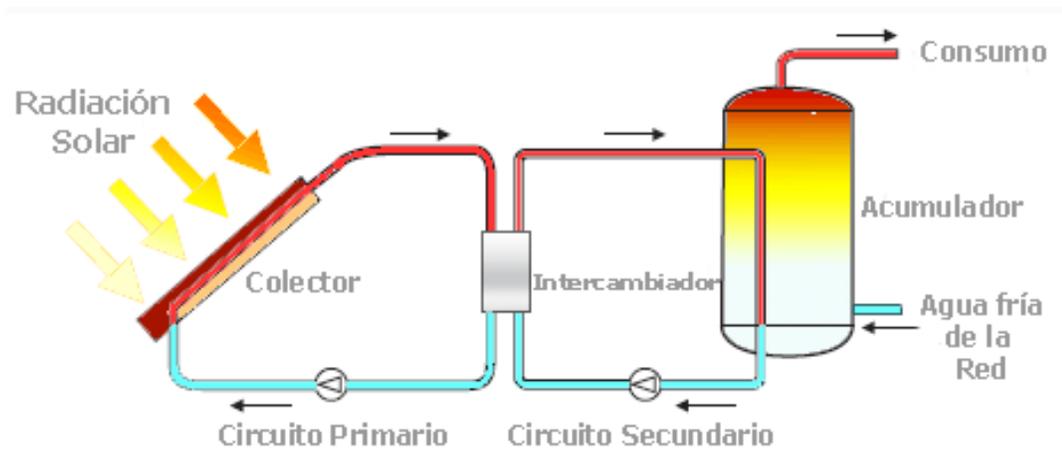
El sol es un elemento de energía finita, este elemento emite energía que puede ser aprovechada de dos formas para transformarla, estos métodos son.

- Energía solar térmica
- Energía eléctrica fotovoltaica

#### 1.2.3.1 Energía solar térmica

La energía solar aplicando el método térmico utiliza el calor que genera el sol para transmitir el mismo a un fluido y dependiendo de la temperatura que logre alcanzar puede ser utilizado para producir agua caliente para uso doméstico, o si esta temperatura es muy

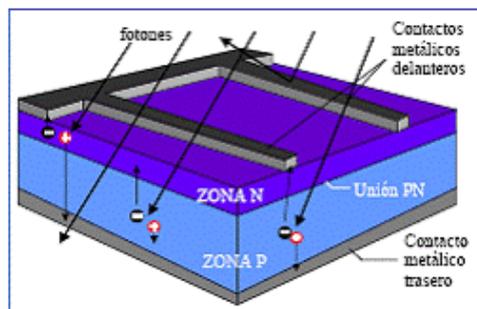
elevada puede ser transformada en vapor, en la Figura 11 se puede observar cómo funciona el proceso para aprovechar la energía del sol y transformarla en energía solar.



**Figura 11.** Placa usando el método de planchado  
Fuente: (Dominicana, 2014)

### 1.2.3.2 Energía solar fotovoltaica

La energía solar aplicando el método fotovoltaico, funciona al tener placas fotoeléctricas conectadas entre si y cuando la luz incide sobre ellas genera una diferencia de potencial entre las dos placas, esta diferencia de potencial obliga a que los electrones se muevan entre las placas generando así corriente eléctrica, en la Figura 12 se puede observar el funcionamiento de una placa fotovoltaica.

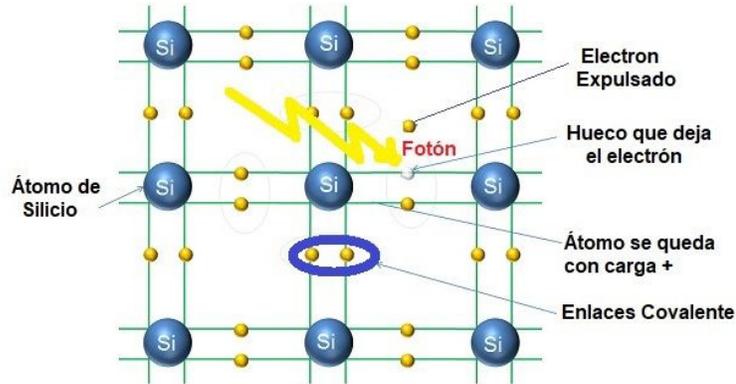


**Figura 12.** Funcionamiento sistema fotovoltaico  
Fuente: (Roberto, 2012)

### 1.2.4 Panel solar

El panel solar es un sistema que contiene varias placas que se encuentran conectadas en una configuración para adquirir la energía que proviene del sol, las placas fotovoltaicas funcionan como un semiconductor al producir cargas tanto positivas como negativas en las placas contiguas, de esta manera se genera una excitación de los electrones por efecto del

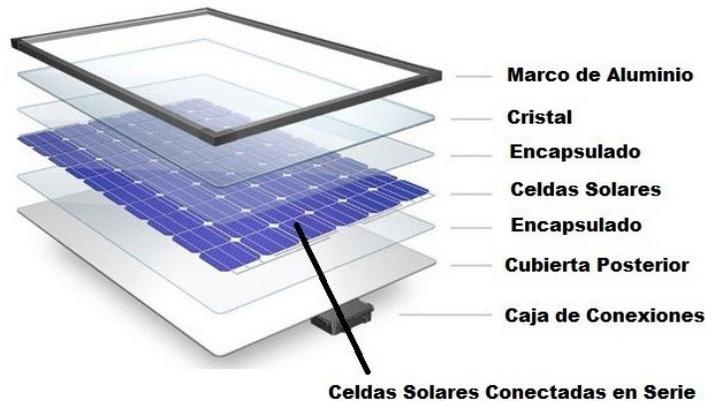
campo magnético generado que obliga a moverse y por ende generar energía eléctrica, en la Figura 13 se puede observar el efecto fotovoltaico.



**Figura 13.** Comportamiento de las células en un panel solar  
Fuente: (TecnoEdu, 2018)

#### 1.2.4.1 Partes de un panel solar

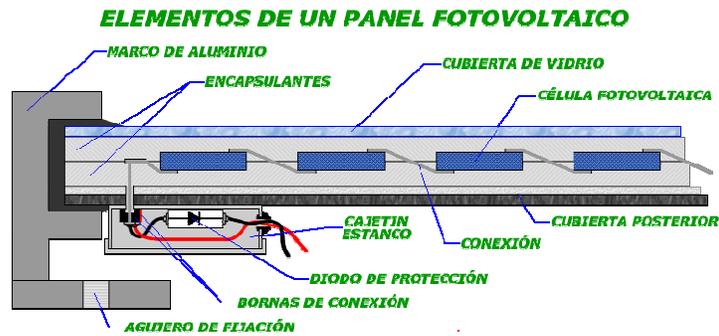
Un panel solar como ya se explicó es la unión de dos materiales de silicón, uno de tipo n, y otro de tipo p, con uno que va en el medio llamado unión (Miranda A. , 2018), ahora los paneles disponen de más elementos que ayudan a su mejor mantenimiento y mejor protección, en la Figura 14 se puede observar las partes que conforman un panel solar.



**Figura 14.** Partes de un panel solar  
Fuente: (Miranda A. , 2018)

#### 1.2.4.2 Composición interna de un panel solar

Como se puede ver en la figura se dispone de varias celdas solares cubiertas por un encapsulado y capas superiores e inferiores de protección y un cristal, ahora en la Figura 15 se puede observar la composición interna en una vista lateral del panel solar.



**Figura 15.** Composición interna de un panel solar  
Fuente: (UJAEN, 2018)

En la figura se puede observar la conexión de cada celda solar llamada también célula fotovoltaica las células se conectan en serie y/o en paralelo con la idea de conseguir el valor de voltaje y corriente deseado, por el cliente. (UJAEN, 2018). Además, un panel siempre dispone de un diodo de protección el cual evita que la corriente circule en el sentido contrario protegiendo a las células fotovoltaicas.

#### 1.2.4.3 Tipos de paneles solares

Con el incremento en la demanda en la última década los paneles solares han cambiado algunas de sus características con el uso de nuevos materiales, los paneles que existen en la actualidad son.

- Panel de silicio mono cristalino
- Panel de silicio poli cristalino

##### **Panel de silicio monocristalino**

Estos paneles vienen compuestos por varias barras de silicio de color azul oscuro aunque este color parece negro, en los bordes se recorta formando un chaflán, Previamente este material es cristalizado y gracias a esto se obtiene un rendimiento de casi un 20%, En la Figura 16 se puede observar un ejemplo del panel mono cristalino (sfe, 2018).



**Figura 16.** Panel monocristalino  
Fuente: (sfe, 2018)

### Panel de silicio policristalino

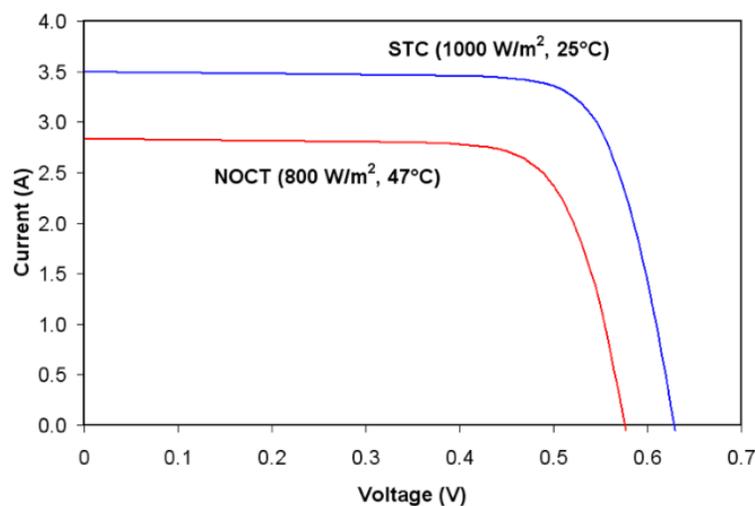
El panel policristalino, tiene materiales similares al caso anterior, la diferencia es el proceso de cristalización donde las láminas se ubican de manera desordenada. Este tipo de panel presenta una mayor velocidad en adquirir la señal del sol, además su fabricación es más económica que el mono cristalino, en este caso el color de las láminas tiende a azul marino (Morán & León , 2015), un ejemplo se puede observar en la Figura 17.



**Figura 17. Panel policristalino**  
Fuente: (Morán & León , 2015)

#### 1.2.4.4 Curva característica de un panel solar

Para ver el comportamiento de un panel solar, se utiliza la curva característica de su corriente en función del voltaje, donde la curva está en función de variables como la radiación, la temperatura de las celdas y el espectro de luz entre otras, en la Figura 18 se puede observar su comportamiento (Rivas M. , 2005).



**Figura 18. Curva característica de un panel solar**  
Fuente: (Rivas M. , 2005)

### 1.2.5 Baterías

Las baterías son elementos que almacenan energía en forma química, y la descargan en función del elemento que se conecte a sus terminales, mientras mayor carga requiera el dispositivo, menor tiempo durara la batería, a las baterías también se las conoce como acumuladores, por el motivo anteriormente explicado. (Morán & León , 2015)

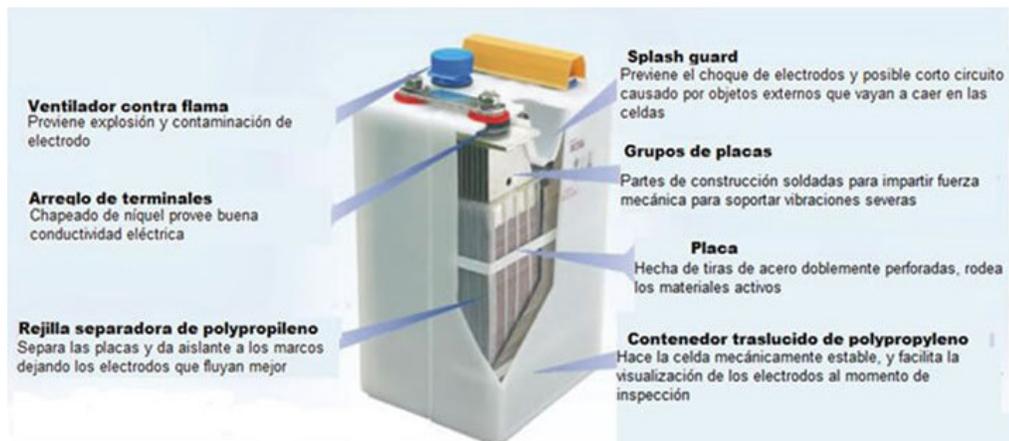
Para elegir una batería se debe tener en mente 3 conceptos básicos que son la capacidad, la profundidad de descarga y la vida útil.

### 1.2.6 Tipos de baterías

En el mercado existen diferentes tipos de baterías, cada una se utiliza dependiendo la aplicación y el entorno en la que se va a utilizar.

#### 1.2.6.1 Baterías de Níquel – Cadmio

Las baterías de Níquel-Cadmio, llevan ese nombre debido a los materiales utilizados para el mismo sistema de almacenamiento, en estas baterías. Se componen de dos placas, donde la placa positiva está compuesta de hidróxido de Níquel y en cambio las placas negativas están compuestas por óxido de Cadmio, en la Figura 19 se tiene un ejemplo de una batería de Níquel-Cadmio.

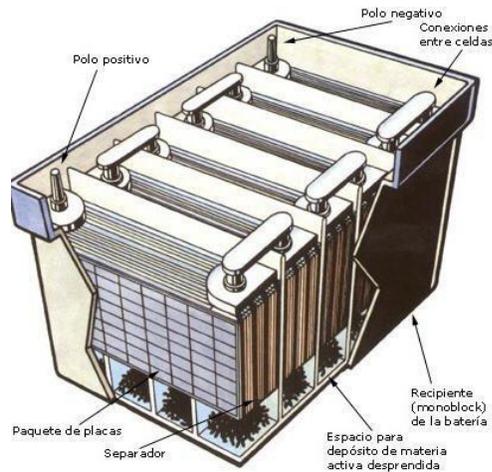


**Figura 19.** Partes de una batería de Ni-Cd

Fuente: (SmartGrids, 2015)

#### 1.2.6.2 Baterías de Plomo-Ácido

Las baterías de plomo ácido tienen en su interior varias placas de plomo sumergidas en ácido sulfúrico, generalmente las baterías consisten de 6 placas de 2V cada una, teniendo en total 12V, en la Figura 20 se puede observar las partes de una batería de plomo-ácido.

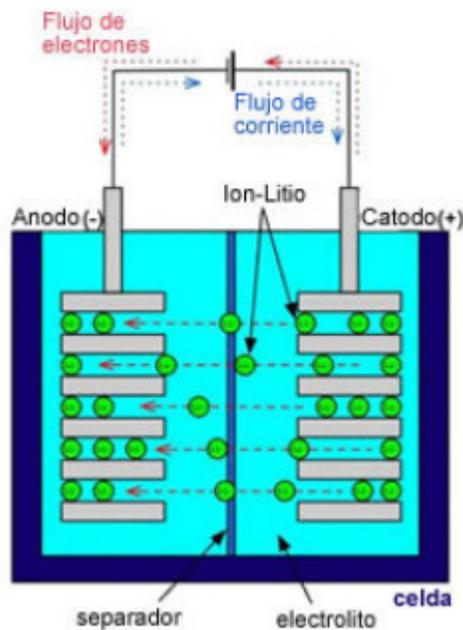


**Figura 20.** Partes de una batería de plomo-ácido  
Fuente: (SmartGrids, 2015)

### 1.2.6.3 Baterías de ion - litio

Las baterías tienen su nombre por la sal de litio que se utiliza para sus celdas, estas baterías por el componente utilizado al tener un bajo peso atómico, su peso se reduce a 3 veces en relación a las materias de plomo – ácido, una característica relevante es su alto voltaje por celda, que es de 3.5v, lo que permite usar menos celdas para alcanzar voltajes más altos, y al mismo tiempo un menor costo de fabricación.

En la Figura 21 se puede observar una batería de ion – litio con sus partes.



**Figura 21.** Batería de ion-litio  
Fuente: (Bolufer, 2014)

#### 1.2.6.4 Capacidad de una batería de ion - litio

La capacidad de una batería es un parámetro que permite determinar el tiempo que puede proporcionar energía una batería a una carga de manera constante, por lo tanto, la unidad de este parámetro se encuentra en los amperios sobre hora “A/h”, por lo tanto, este parámetro indica la capacidad de corriente que el dispositivo puede almacenar en su interior y en cuanto tiempo puede entregar la energía almacenada. (Rivas M. , 2005).

##### 1.2.6.4.1 Capacidad de descarga de una batería de ion - litio

La capacidad de descarga de una batería viene a ser el porcentaje en el cual una batería puede descargar en cada ciclo, en el mercado existen diferentes tipos de baterías, existen las baterías de ciclo poco profundo, a estas baterías se las conoce ya que tienen un nivel de descarga del 20% y también del 10%, así que tienen más ciclos para poder descargar toda su energía, también existen las baterías de ciclo profundo, las mismas se utilizan en elementos donde se requiere en ocasiones descargas repentinas por lo tanto generalmente vienen desde el 50% o el 80% de descarga, por lo tanto se requiere menos ciclos de descarga, En la Figura 22 se encuentra un ejemplo de la curva de descarga de una batería en función del tiempo.

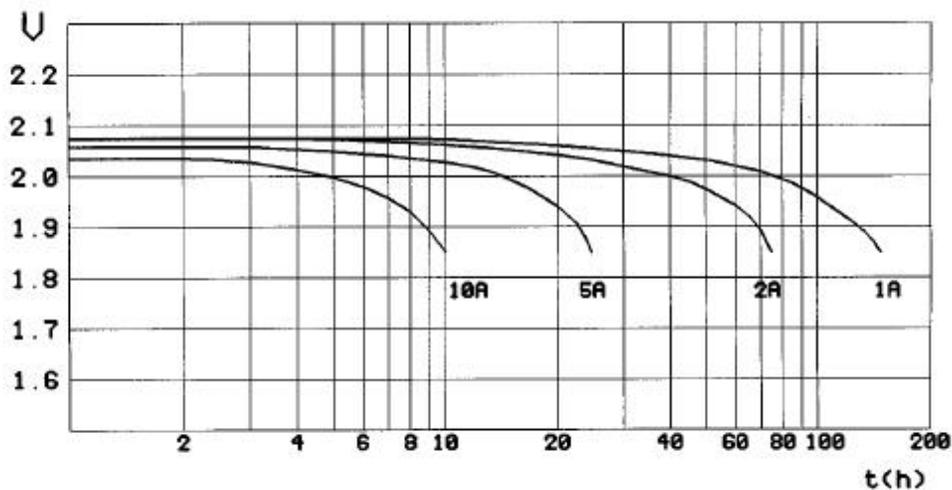


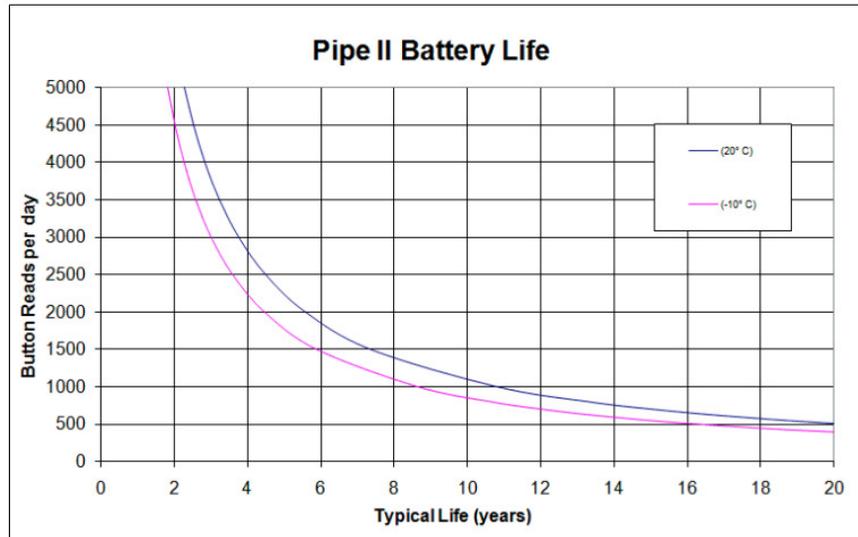
Figura 22. Curva de descarga de una batería

Fuente: (Navegar, 2013)

##### 1.2.6.4.2 Vida útil de una batería de ion - litio

La vida útil de una batería es uno de los parámetros más importantes ya que informa el número de ciclos que puede tener, para proporcionar el mejor servicio al entregar

energía a un sistema, se debe tomar en cuenta que al tener cargada la batería, después de descargarla, en ese instante se considera culminado un ciclo completo de su vida útil. (Morán & León , 2015)



**Figura 23.** Curva de vida útil de una batería  
Fuente: (GUARD1, 2016)

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El presente capítulo describe los procesos sistemáticos que se van a desarrollar, así como también el proceso utilizado para desarrollar el proyecto de titulación.

Para el presente proyecto se debe desarrollar una placa PCB, que va a contener sensores, módulos y placas dedicadas a tareas específicas, por lo cual es necesario realizar un análisis previo del consumo de energía y del tipo de microcontrolador que se debe utilizar para que permita el uso de las diferentes placas antes mencionadas, tomando los conocimientos adquiridos durante el proceso académico y también una investigación profunda.

#### **2.1 Metodología de trabajo**

Para el presente proyecto se aplicó la metodología experimental de campo ya que se debió realizar varias pruebas del sistema en diferentes condiciones ambientales para determinar los materiales óptimos para la construcción tanto de la estructura, como para la caja de control del sistema.

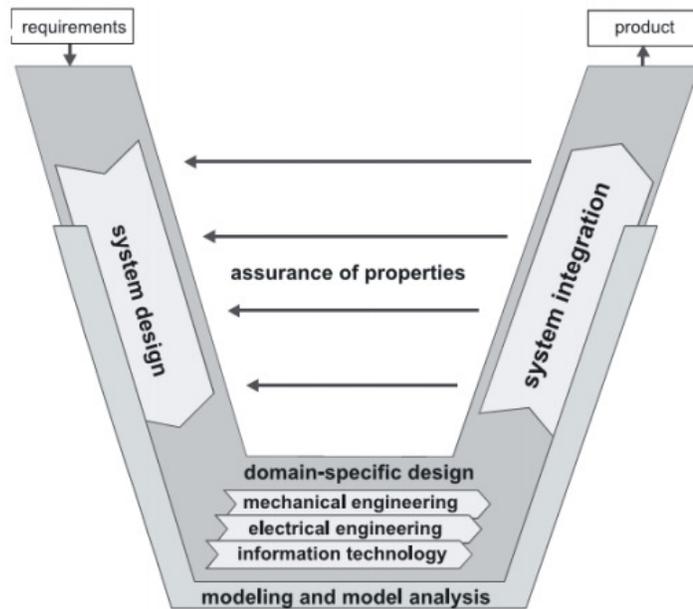
Además se realizaron pruebas de la autonomía del sistema para verificar el funcionamiento del sistema de seguimiento del sol con el mecanismo diseñado.

#### **2.2 Tipo de investigación**

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizará el método en V (Norma VDI 2206, 2003) esta metodología ayuda al desarrollo del sistema de iluminación. La metodología en V consta de tres partes:

- Corriente de especificación
- Corriente de desarrollo
- Corriente de pruebas.

El sistema de iluminación se desarrolla en función de la metodología como lo muestra la Figura 24.



**Figura 24.** Metodología de desarrollo - Método en V  
 Fuente: Metodología de desarrollo - Método en V (Norma VDI 2206, 2003)

**a. Corriente de especificación**

***Requerimientos***

La arquitectura se basará en diseños ya existentes de sistemas de iluminación, los cuales disponen de una estructura para sujetar la luminaria, además en el presente proyecto se elabora también un sistema automático para mover el panel solar y realizar el seguimiento de la posición del sol, este sistema cuenta con un actuador y un mecanismo, además el sistema debe contar con diferentes módulos encargados de adquirir datos como son temperatura de la caja de control, además se mide el voltaje tanto de la batería como del panel, y la corriente que consume el sistema.

***Sistema de diseño***

El diseño del sistema de iluminación, consta de tres subsistemas que son:

1. Subsistema mecánico: en el sistema consta de la estructura mecánica que sirve de soporte para la luminaria y el sistema de sujeción que se conecta al alumbrado público, también en el subsistema consta del mecanismo para permitir el movimiento del panel solar.
2. Subsistema electrónico/eléctricos: consta de los diferentes sensores y módulos encargados de tareas como medición tanto de voltaje como de corriente y

temperatura, y en el caso de los módulos se encargan de adquirir los datos y guardarlos en un dispositivo de almacenamiento de datos, y un módulo de medición de tiempo real, para programar el movimiento del mecanismo y la activación del sistema de iluminación.

3. Subsistema de intercambio de datos: este sistema es el encargado del envío y recepción de datos, tanto desde el entorno web, como para el entorno de la aplicación móvil donde se enviarán los comandos de control del sistema de iluminación y también se van a recibir los datos que envían los sensores.

#### **b. Corriente de desarrollo**

Implementación: una vez realizado los cálculos de cada etapa se procederá a la construcción de las mismas.

#### **c. Corriente de pruebas**

##### ***Sistema de integración***

Integración de las diferentes partes, se realizan las pruebas correspondientes de cada etapa, y comprobando su funcionamiento se realiza la unión de cada una de ellas.

Verificación y validación del sistema en conjunto: El sistema consta tanto de componentes electrónicos como mecánicos por tanto al disponer del sistema ensamblado se realizan pruebas del sistema total.

Mantenimiento del sistema: el diseño del sistema se lo realiza para permitir al técnico, realizar el mantenimiento respectivo.

Previo el desarrollo de la metodología se realizan procesos previos que se detallan continuación.

## **2.2 Recolección de información**

En la recolección de datos se realiza una investigación profunda de las características de cada módulo para el desarrollo de la PCB, para ello se siguen los siguientes pasos.

### ***2.2.1 Organización, revisión y análisis de la información***

Después de realizar la investigación, se tiene como resultado una gran cantidad de información, por lo cual se debe clasificar, según su estructura en función del desarrollo

del proyecto, para después clasificarla por importancia y de esa manera comenzar a discretizar la información.

### ***2.2.2 Solución al problema***

Solventar y justificar por métodos matemáticos la aplicación de los diferentes módulos y sensores que van a ser utilizados en el presente proyecto, por lo cual se desarrolla un análisis electrónico de los componentes a utilizar y se realiza un análisis mecánico de la estructura.

### ***2.2.3 Desarrollo del proyecto***

Para desarrollar el presente proyecto es necesario seguir los siguientes procesos.

- Diseño de la estructura mecánica
- Diseño y selección de los componentes electrónicos
- Diseño del entorno web y entorno para la aplicación móvil
- Implementación y resultados.

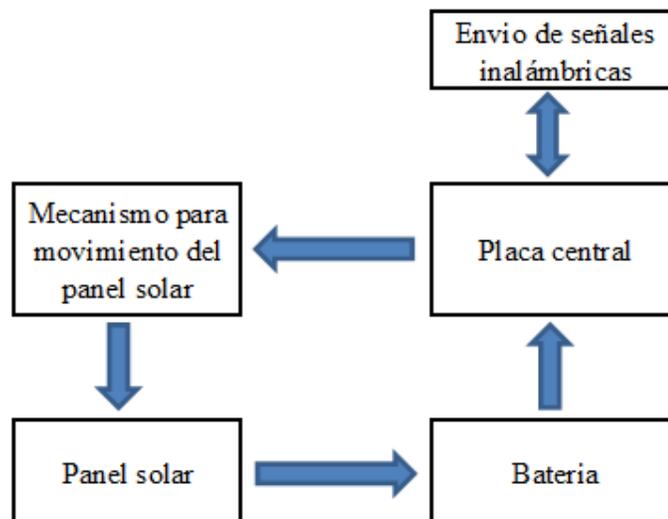
## CAPÍTULO III

### PROPUESTA

Se desarrolló la propuesta del sistema de iluminación utilizando la metodología en V (Norma VDI 2206, 2003) y el método experimental de campo el cual describe el proceso de diseño y selección de los diferentes componentes electrónicos y mecánicos para posteriormente implementar en el trabajo de titulación.

#### 3.1 Conformación del sistema de iluminación

En la Figura 25 se puede observar un diagrama de bloques de los elementos que intervienen en el funcionamiento del sistema para iluminación.



**Figura 25.** Diagrama de elementos del sistema de iluminación

Como se puede observar en el diagrama el presente proyecto consta de 5 módulos perfectamente definidos, el primero consta del envío bidireccional de los comandos de control para el encendido y apagado del sistema de iluminación y las señales de los sensores de medición se envían tanto a la aplicación móvil como a la página web.

La segunda etapa es la placa de control, esta se encarga del control de todo el sistema, al disponer del microcontrolador y de los sensores y módulos dedicados a diferentes procesos.

La tercera etapa se encarga de alimentar a todo el sistema electrónico, para esto se utiliza una batería que se carga mediante un panel solar, el sistema de iluminación cuenta

además con un mecanismo para el movimiento del panel solar por lo tanto el sistema recibe la energía del sol de una manera más eficiente.

### 3.2 Diseño de la estructura mecánica

El sistema es el encargado de entregar luz a entornos de poca iluminación, de manera manual y automática, con la capacidad de seguir el movimiento del sol, para ello se adquirió un módulo de iluminación que cuenta con dos LEDs de alto brillo y lupas para aumentar la intensidad de la luz, en la Figura 26 se puede observar el sistema de iluminación adquirido.



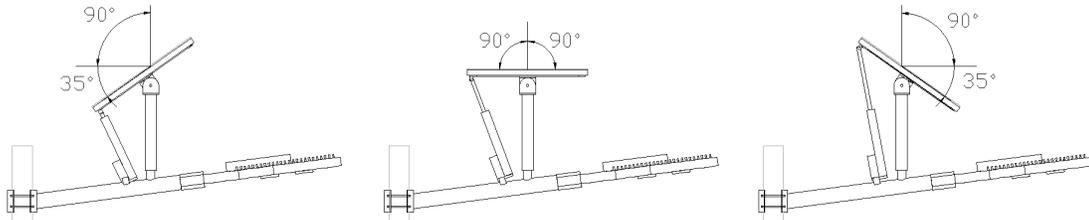
**Figura 26.** Sistema de iluminación  
Fuente: (soluciones, 2018)

El sistema de iluminación no dispone de una estructura que permite sujetar el sistema a un poste, pero si dispone de un panel solar encargado de cargar la batería, en la Figura 27 se muestra el esquema de las partes de un sistema de iluminación convencional.



**Figura 27.** Componentes del sistema de iluminación  
Fuente: (Group, 2017)

El sistema de iluminación no dispone de un mecanismo que permita el movimiento del panel solar, por lo tanto, este sistema se mantiene fijo al soporte, esto puede causar problemas para cargar la batería en determinados horarios del día, por lo tanto, se desarrolla un mecanismo que permita este proceso, el mecanismo se describe en la Figura 28, gracias a un software de simulación se puede ver el movimiento del sistema.



**Figura 28.** Movimientos del mecanismo para el panel solar

Para conseguir el movimiento del panel solar el mecanismo permite el movimiento gracias a un actuador lineal que empuja al panel hacia arriba y también hacia abajo, dependiendo de la posición del sol, el panel tiene un peso aproximado de 10 kg así que al aplicar el mecanismo se aprovecha el torque que genera el motor y sin problemas puede mover el panel, en la Figura 29 se puede observar el actuador lineal que se va a utilizar, y en la tabla 1 se detalla sus características.



**Figura 29.** Actuador lineal  
Fuente: (Pololu, 2018)

**Tabla 1.** Características del actuador lineal

Descripción	Valor
Voltaje de operación	12 V
Potencia de salida	20 W
Corriente de consumo	2 A
Recorrido	350mm

Fuente: (Pololu, 2018)

### 3.3 Diseño electrónico

Al disponer de la estructura mecánica el siguiente paso consiste en realizar el diseño electrónico de los sensores y módulos que intervienen en el presente proyecto.

#### 3.3.1 Sensor de voltaje de la batería

El sistema de iluminación cuenta con un medidor del voltaje conectado a la batería, este sistema envía una señal del valor de tensión que dispone la batería para alertar al usuario y evitar un apagado total del sistema.

El circuito que se va a utilizar es un divisor de tensión que da como resultado el voltaje que tiene la batería, aplicando la ecuación (3.1) se encuentra el valor que deben tener las resistencias del circuito.

$$V_{out} = V_{in} * \frac{I \cdot R_2}{I \cdot (R_1 + R_2)}$$

$$V_{out} = \frac{V_{in} \cdot R_2}{(R_1 + R_2)}$$

$$R_1 = 33k\Omega$$

$$R_2 = 8.2k\Omega$$

$$\text{Voltaje de Bateria } V_{in} = 6V$$

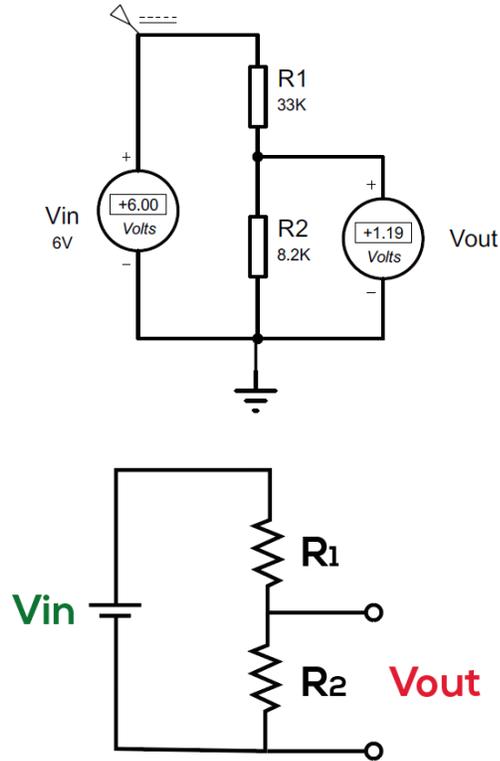
$$\text{Voltaje de Salida } V_{out} = V_{in} \cdot 0,19903$$

$$\text{Voltaje de Salida } V_{out} = 1,19418 V$$

$$\text{Ecuación para obtener el Voltaje de Bateria} = \frac{V_{out}}{0,19903}$$

**Ecuación 3.1.** Fórmula para obtener el voltaje de la batería

En la Figura 30 se puede observar el esquema del circuito divisor de tensión que se aplica en la batería.



**Figura 30.** Diagrama de divisor de tensión

### 3.3.2 Sensor de voltaje para el panel solar

De la misma manera se realiza un circuito divisor de voltaje para poder obtener el voltaje que dispone el panel solar, esto permite conocer si está funcionando eficientemente, de lo contrario no cargará la batería, se aplica las ecuaciones y como se puede observar los valores de las resistencias son idénticos a los obtenidos en el apartado anterior.

$$V_{out} = V_{in} * \frac{I \cdot R_2}{I \cdot (R_1 + R_2)}$$

$$V_{out} = \frac{V_{in} \cdot R_2}{(R_1 + R_2)}$$

$$R_1 = 33k\Omega$$

$$R_2 = 8.2k\Omega$$

$$\text{Voltaje de Panel Solar } V_{in} = 9V$$

$$\text{Voltaje de Salida } V_{out} = V_{in} \cdot 0,19903$$

$$\text{Voltaje de Salida } V_{out} = 1,79418 V$$

$$\text{Ecuación para obtener el Voltaje del Panel Solar} = \frac{V_{out}}{1,79418}$$

**Ecuación 3.2.** Fórmula para obtener el voltaje del panel solar

### 3.3.3 Sensor de corriente

El sistema de iluminación cuenta con un sensor de corriente que se conecta en serie al panel, de esta manera se puede conocer si el panel proporciona energía, tomando en cuenta la corriente que suministra al sistema, para ello se utilizó el módulo ACS712, en la tabla 2 se especifica las características más relevantes del sensor, y en la Figura 31 se puede observar el sensor.

**Tabla 2.** Características del sensor de corriente

Nombre	Rango de medición	Resolución
ACS712ELCTR-20A-T	-20 a 20 A	100 mV/A

Fuente: (Sparkfun, 2018)



**Figura 31.** Sensor de corriente

Fuente: (Sparkfun, 2018)

El sensor tiene el siguiente funcionamiento, para una corriente de entrada de 0A entrega una señal de 2.5 voltios, pero en función del incremento de la corriente esta señal de salida va incrementando en función de la sensibilidad.

La sensibilidad mencionada en la tabla indica que existe una relación entre el voltaje y la corriente, por lo tanto, el sensor responde a esta ecuación.

$$V = mI + 2.5$$

Donde la pendiente es m y equivale a la Sensibilidad

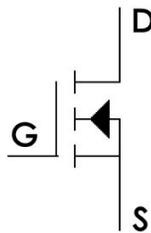
Pero si se despeja la variable I, se puede hallar la corriente a partir de la lectura del sensor, aplicando la ecuación 3.3:

$$I = \frac{V - 2.5}{\text{Sensibilidad}}$$

**Ecuación 3.3.** Fórmula para obtener la corriente

### 3.3.4 Activación del sistema de iluminación

El MOSFET es un transistor que tiene varias aplicaciones, dentro de la más importante es el proceso de conmutar para permitir o impedir el paso de una señal o energía elevada. Para el presente proyecto se utiliza para encender las luminarias que como ya se explicó manejan corrientes elevadas. En la Figura 32 se puede observar las partes que dispone un MOSFET.



**Figura 32. Partes del MOSFET**

Fuente: (Electronics, 2018)

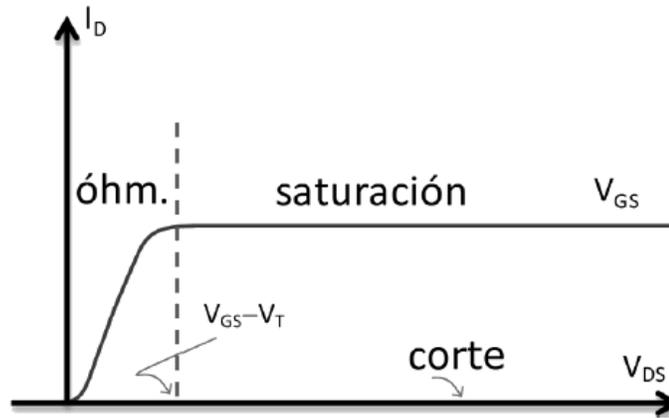
Cuando el voltaje medido entre el puerto drenador y el puerto surtidor sobrepasa un valor establecido, se puede decir que el MOSFET se encuentra en la zona de funcionamiento, a este estado se lo conoce como tensión de saturación.

El MOSFET mantiene la corriente constante independientemente del valor de voltaje que se encuentre en el drenador o el surtidor, entonces el MOSFET es considerado un generador de corriente continua.

Por lo tanto, para estar en la región de saturación se debe cumplir lo siguiente.

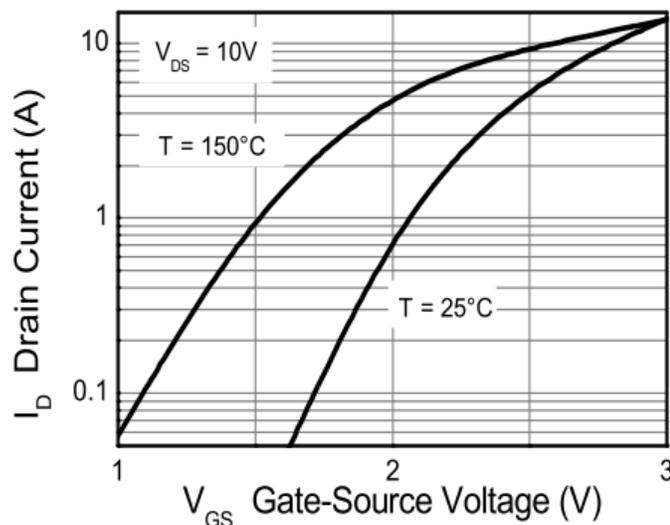
$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_T \rightarrow \text{Región de saturación}$$

Es importante conocer la curva característica del MOSFET para conocer los valores de voltaje que deben ser considerados para evitar problemas en el módulo, en la Figura 33 se puede observar el comportamiento del MOSFET, donde se puede observar la zona óhmica, donde con un pequeño voltaje entre el drenaje y el surtidor se puede obtener un valor máximo de corriente, pero al realizar esto, el elemento se puede calentar peligrosamente, así que es recomendable trabajar en la zona de saturación.



**Figura 33.** Zonas de trabajo del MOSFET  
Fuente: (Electronics, 2018)

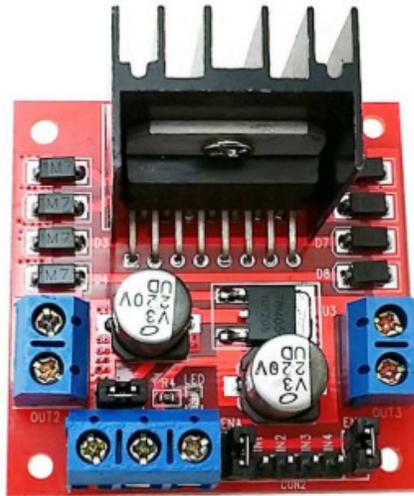
Como ya se explicó antes, al trabajar en la región óhmica es muy peligroso, ya que tiene relación directa con la temperatura que va alcanzar el MOSFET en la Figura 34 se puede observar la relación que tiene el MOSFET y la temperatura que alcanza al trabajar en las dos zonas.



**Figura 34.** Temperatura de funcionamiento del MOSFET  
Fuente: (Electronics, 2018)

### 3.3.5 Circuito para el actuador lineal

El actuador que se va a utilizar requiere 12 v y consume como máximo 2 amperios, para lo cual es necesario el uso de un driver que facilite el control del sentido de giro del actuador lineal. En la Figura 35 se puede observar el módulo que se va a utilizar y en la tabla 3 se pueden observar las características del módulo antes mencionado.



**Figura 35. Puente H**  
Fuente: (AllDatasheet, 2018)

**Tabla 3.** Características del puente h

Descripción	Valor
Voltaje de operación	5 – 35V
Corriente de salida	4 A
Valor lógico	5V
Potencia máxima	25W

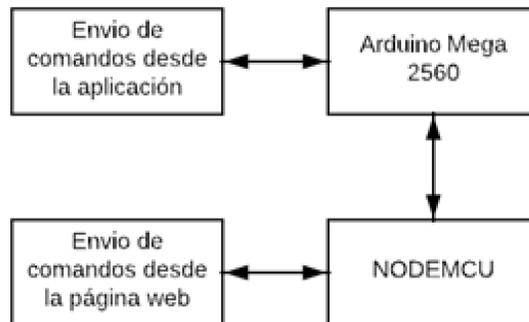
Fuente: (AllDatasheet, 2018)

### 3.3.6 Selección del microcontrolador

El microcontrolador es el cerebro del sistema de iluminación, pero la solicitud se fundamenta en controlar tanto desde una aplicación como desde un entorno web.

Para cumplir con este requisito sin tener inconvenientes en el intercambio de señales y comandos, se utilizan dos microcontroladores uno para la comunicación exclusiva con el entorno web y otro para la comunicación de la aplicación y control de iluminación, en el

diagrama esquemático se muestra el intercambio de comandos y datos entre los microcontroladores y los diferentes entornos de comunicación.



**Figura 36.** Esquema de comunicación entre los microcontroladores

En la Figura 37 se puede ver el microcontrolador Arduino Mega 2560, que es el encargado del control de iluminación y la comunicación con la aplicación móvil, y en la se puede observar el microcontrolador NODEMCU que se encarga de la comunicación por medio Figura 38 de redes inalámbricas con el entorno web.



**Figura 37.** Arduino Mega 2560  
Fuente: (PanamaHitek, 2017)



**Figura 38.** Nodemcu ESP8266  
Fuente: (PanamaHitek, 2017)

### 3.3.7 Sistema de almacenamiento de la información

El sistema de iluminación cuenta con un módulo encargado de almacenar la información del sistema, tanto del voltaje de la batería como del panel, además almacena el

valor de la corriente que tiene el panel, para ello se utiliza el módulo MOD-MSDS que se lo puede observar en la Figura 39, y cuyas características se pueden observar en la tabla 4.



**Figura 39.** Módulo SD  
Fuente: (Mecatronic, 2017)

**Tabla 4.** Características del módulo SD

Descripción	Valor
Voltaje de operación	3.3 – 5 V
Interfaz	SPI
Puertos	MOSI, MISO, SCK, CS

Fuente: (Mecatronic, 2017)

### 3.3.8 Módulo Bluetooth

El módulo Bluetooth es el encargado de realizar la comunicación bidireccional entre el celular y el sistema de iluminación, ya que envía los comandos seriales de manera inalámbrica y también recibe comandos de control para activar las luces.

Existen en el mercado diferentes dispositivos de comunicación inalámbrica por Bluetooth, pero el más usado y económico es el HC-05, ya que tiene la posibilidad de trabajar como maestro y esclavo, es por esta característica que se ha seleccionado, en la Figura 40 se puede observar el módulo y en la tabla 5 se puede observar sus características.



**Figura 40.** Módulo Bluetooth HC-05  
Fuente: (Sigma, 2018)

**Tabla 5.** Características del módulo Bluetooth

<b>Protocolo Bluetooth</b>	v1.1 / 2.0
<b>Frecuencia</b>	banda ISM de 2,4 GHz
<b>Modulación</b>	GFSK
<b>Alimentación</b>	3.3 - 6VDC 50mA
<b>Temperatura de Trabajo</b>	-5 ° C a 45 ° C

Fuente: (Sigma, 2018)

### 3.3.9 Módulo Real Time Clock

El módulo RTC, que son las siglas de reloj en tiempo real, es un dispositivo que permite conocer el tiempo, tanto la fecha como la hora con gran exactitud, y además permite usar el tiempo como una variable para trabajar en diferentes tipos de control y activación de actuadores, para el presente trabajo, se utiliza el módulo para la activación y movimiento del panel solar.

Inicialmente se trabajó con sensores dependientes de luz “LDR”, pero estos módulos son muy sensibles y por lo tanto es difícil trabajar con ellos, por lo que al utilizar el módulo RTC, se programa al sistema para que mueva el panel solar en ciertos horarios, cumpliendo el movimiento normal del sol, en la Figura 41 se puede observar el módulo, y en la tabla 6 se puede ver las características más relevantes.



**Figura 41.** Módulo RTC

Fuente: (Afel, 2017)

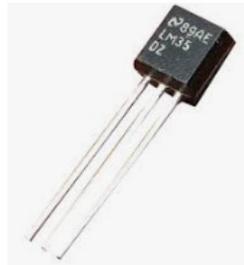
**Tabla 6.** Características del módulo RTC

<b>Tensión de funcionamiento</b>	3.3 – 5VDC
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	0 ~ 70°c.
<b>Corriente de consumo</b>	300nA

Fuente: (Afel, 2017)

### 3.3.10 Sensor de temperatura

El sensor de temperatura permite conocer la temperatura interna de la caja de control que dispone el sistema de iluminación, este parámetro es relevante al proyecto ya que el mismo se encuentra al aire libre soportando muy altas temperatura, lo que puede incidir en el funcionamiento del sistema, para comprobar esta variable, se utilizó el sensor LM35, que es un sensor analógico, en la Figura 42 se puede observar el dispositivo, y en la tabla 7 se detallan sus características.



**Figura 42.** Sensor de temperatura LM35  
Fuente: (Hetpro, 2018)

**Tabla 7.** Características del sensor de temperatura

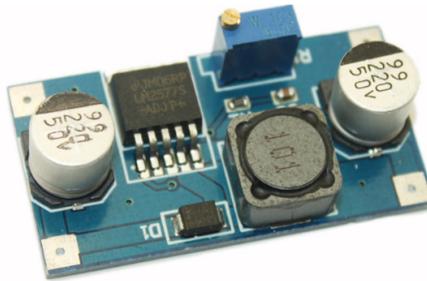
<b>Resolución</b>	<b>10mV</b>
<b>Voltaje de alimentación</b>	4 – 20VDC
<b>Consumo de corriente</b>	60 $\mu$ A
<b>Tipo de salida</b>	Analógica
<b>Precisión</b>	$\pm 1/4^{\circ}$ C
<b>Calibrado</b>	$^{\circ}$ C
<b>Impedancia de salida</b>	0.1 $\Omega$ por 1 mA

Fuente: (Hetpro, 2018)

### 3.3.11 Elevador de voltaje

El sistema cuenta con una batería que proporciona 6v DC, este voltaje no es suficiente para el alimentar el controlador y al motor, ya que al conectar todos los componentes el voltaje desciende a un valor estimado de 5V causando un reinicio del microcontrolador, por lo tanto, se utiliza el elevador de voltaje LM2577.

De esta manera se puede elevar el voltaje a 9Vdc, que son suficientes para alimentar al controlador y al actuador lineal, en la Figura 43 se puede observar el elevador y en la tabla 8 sus características.



**Figura 43.** Elevador de voltaje Lm2577  
Fuente: (Instruments, 2019)

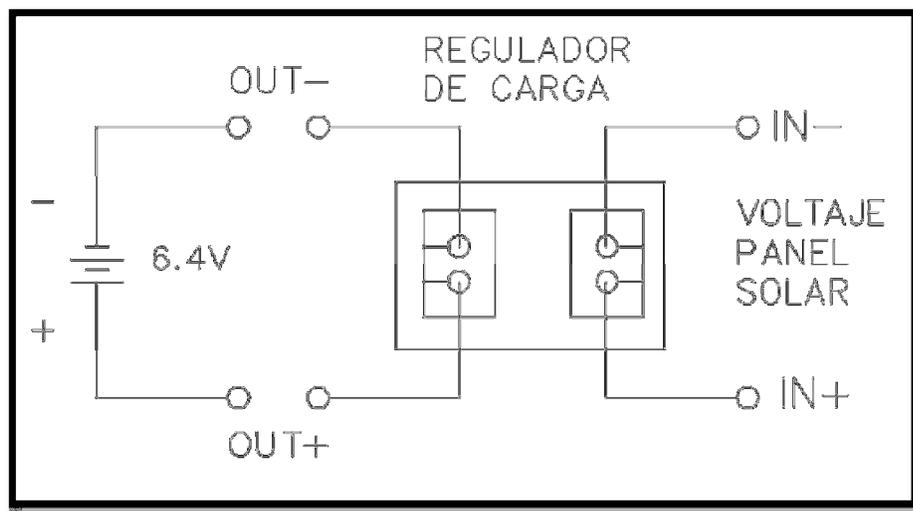
**Tabla 8.** Características del elevador de voltaje

<b>Voltaje de entrada</b>	3.5 – 40 V
<b>Voltaje de salida</b>	65V
<b>Corriente de salida</b>	6 A
<b>Temperatura de trabajo</b>	-65°C / +150°C
<b>Oscilador</b>	52KHz
<b>Chip</b>	NPN 3A

Fuente: (Instruments, 2019)

### 3.3.12 Cálculos de tiempo de funcionamiento del sistema

El sistema de iluminación dispone de un panel solar de 9V encargado de alimentar la batería que está incorporada como también se necesita regular el voltaje que llega al banco de baterías, mediante un regulador de carga ayuda a que no se dañe el acumulador de energía, el diagrama de conexión de la batería se muestra en la Figura 44.



**Figura 44.** Conexionado a banco de baterías

Para conocer el tiempo de funcionamiento del sistema se debe partir de las especificaciones de la batería como son el voltaje total y la potencia que proporciona.

Se conoce por datos del fabricante que la batería proporciona 6.4 V y tiene 96 Wh, por lo tanto, el paso corresponde al cálculo de la corriente proporcionada por la batería en función del voltaje.

$$P = V * I$$

$$I = \frac{96 Wh}{6.4V}$$

$$I = 15Ah$$

Finalmente, se estima el tiempo de uso a máxima consumo del sistema en función de la corriente que consume el sistema, que es de 1.4 A.

$$t = \frac{I_{total}}{I_{consumo}}$$

$$t = \frac{15 Ah}{1.4A}$$

$$t = 10.71 \text{ Horas}$$

Como se puede observar el sistema es auto sustentable en un periodo aproximado de 10.71 horas, lo que indica que el sistema tanto de los controladores Arduino y la parte mecánica puede estar en funcionamiento durante la noche para así proporcionar energía e iluminación al entorno ya sea en las vías públicas o en espacios creativos donde transcurra más personas teniendo en cuenta donde se lo va a instalar.

### 3.3.13 Cálculos de tiempo de carga de la batería

El sistema de iluminación dispone de una batería que proporciona energía al sistema, la batería tiene un tiempo de duración de carga de 6 a 8 horas, este dato el proporcionado por el fabricante.

Los sistemas de iluminación generalmente al disponer de un sistema fijo para la conexión del panel, tienen el problema de no aprovechar el máximo la energía solar, se estima que el número de horas que el sol entrega energía en su máxima potencia es de 4.5 horas, por lo tanto, al disponer de un sistema de seguimiento del sol, se aprovechará de mejor manera la energía del sistema, por lo tanto, se realiza el cálculo del tiempo de carga de la batería.

Para comenzar se calcula la corriente máxima que proporciona el panel solar.

$$P = V * I$$

$$I_p = \frac{40W}{9V}$$

$$I_p = 4.44 A$$

Después se realiza el cálculo de la corriente que proporciona la batería

$$I_b = \frac{96Wh}{6.4V}$$

$$I_b = 15Ah$$

Finalmente se divide el valor de la corriente que proporciona la batería por el valor de la corriente que proporciona el panel, donde se tiene.

$$t = \frac{15Ah}{4.44A}$$

$$t = 3.37 h$$

El tiempo de carga es de 3.37h por lo tanto se evidencia que el tiempo de carga es menor que los sistemas convencionales.

### 3.3.14 Diseño de la placa PCB

Al disponer de todos los elementos y módulos, el siguiente paso consiste en diseñar el circuito impreso que contiene a todos los elementos que intervienen en el funcionamiento de sistema de iluminación.

El primer paso consiste en realizar el cálculo del ancho de las pistas con el objetivo de que las mismas puedan transportar la energía y señales sin tener inconvenientes, para ello se deben tomar en cuenta parámetros como la corriente que va a soportar la paca, y la temperatura a la que se va a encontrar.

Donde:

- La corriente máxima 500mA
- Diferencia de temperatura con el ambiente 25°C
- Altura de 35 micras

$$\text{ancho de pista} = \frac{\left(\frac{1}{k1 \times \Delta T^{k2}}\right)^{\frac{1}{k3}}}{1.378 \times \text{altura}}$$

Al tener los parámetros se aplican las siguientes constantes.

$$K1=0.0647, K2=0.4281, K3=0.4281$$

Al sustituir los datos se tiene como resultado que el ancho de la pista es de 1.95 milésimas.

Con el cálculo listo se procede a realizar el diseño y para ello se utiliza el software PROTEUS para el diseño de placas PCB como lo muestra la Figura 45 la distribución de cada elemento en el programa y en el anexo se puede ver las conexiones del circuito.

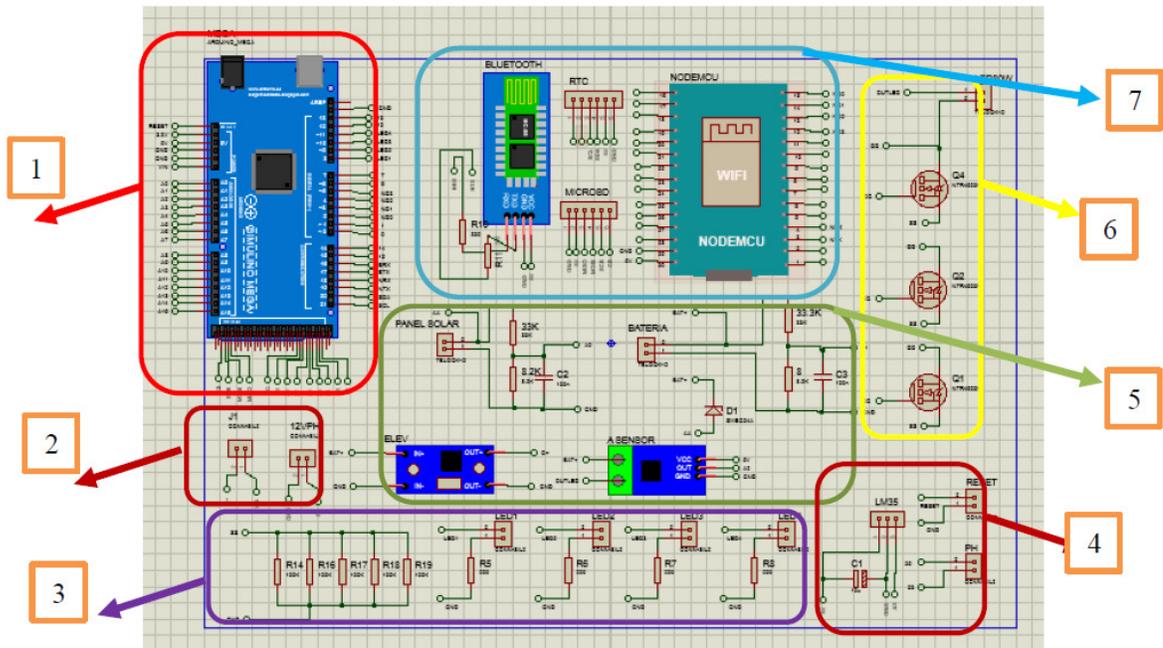


Figura 45. Diseño del circuito electrónico

### 1. Arduino Mega

El microcontrolador Arduino mega 2560, es el encargado del control del entorno móvil, a este controlador se conecta todos los módulos del sistema de iluminación, en la Figura 46, se puede observar el controlador y sus conexiones, usando el programa PROTEUS.

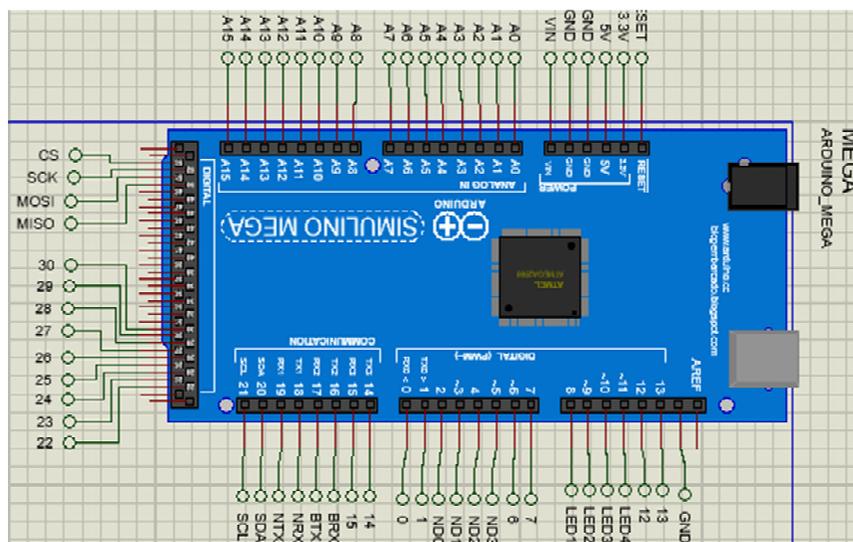


Figura 46. Arduino Mega

## 2. Borneras de conexión

Las borneras son elementos que permiten una conexión de los cables de poder o señal, de una manera más fácil, para el presente proyecto se utilizan tanto para el voltaje de entrada y para las salidas respectivamente, en la Figura 47 se puede observar la conexión realizada.

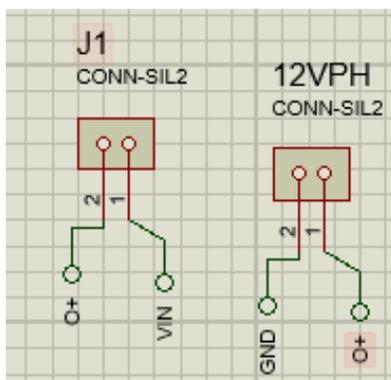


Figura 47. Borneras de conexión

## 3. Circuito de LEDs indicadores

En todo sistema se requiere LEDs indicadores, estos cumplen la función de proporcionar una alerta visual del estado del sistema, en la Figura 48 se puede ver los puertos utilizados.

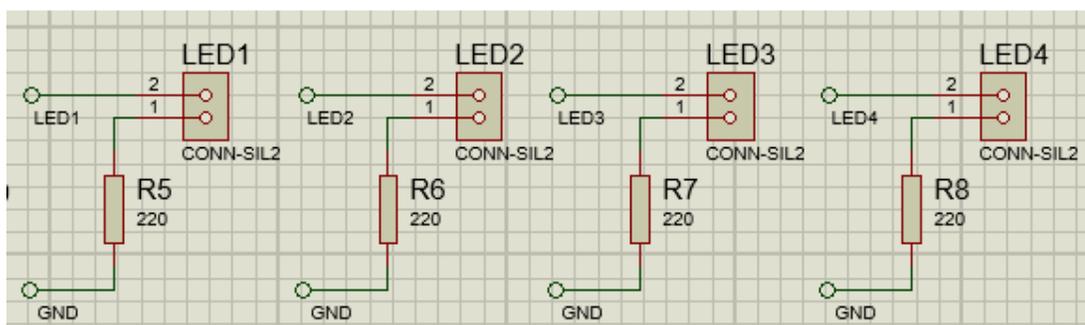
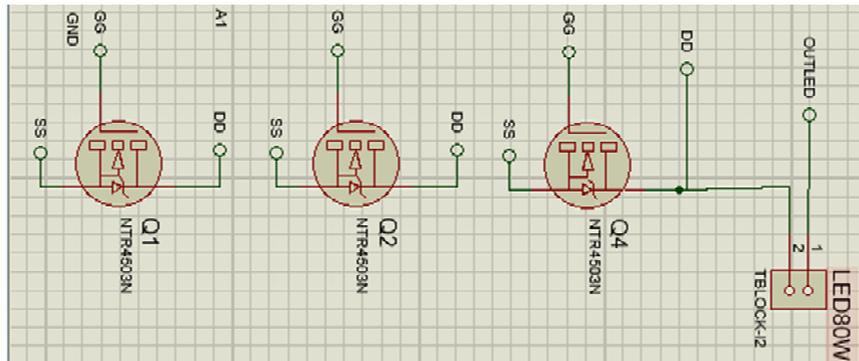


Figura 48. LEDs indicadores

## 4. Circuito del sensor de temperatura, puente h y botón de reset

El sistema cuenta con un sensor de temperatura, que alerta de la temperatura interna de la caja de control, además cuenta con un botón de reset para reiniciar el sistema en caso de fallas, y cuenta con las conexiones del puente h, encargado del movimiento del actuador lineal, los elementos se pueden observar en la Figura 49.



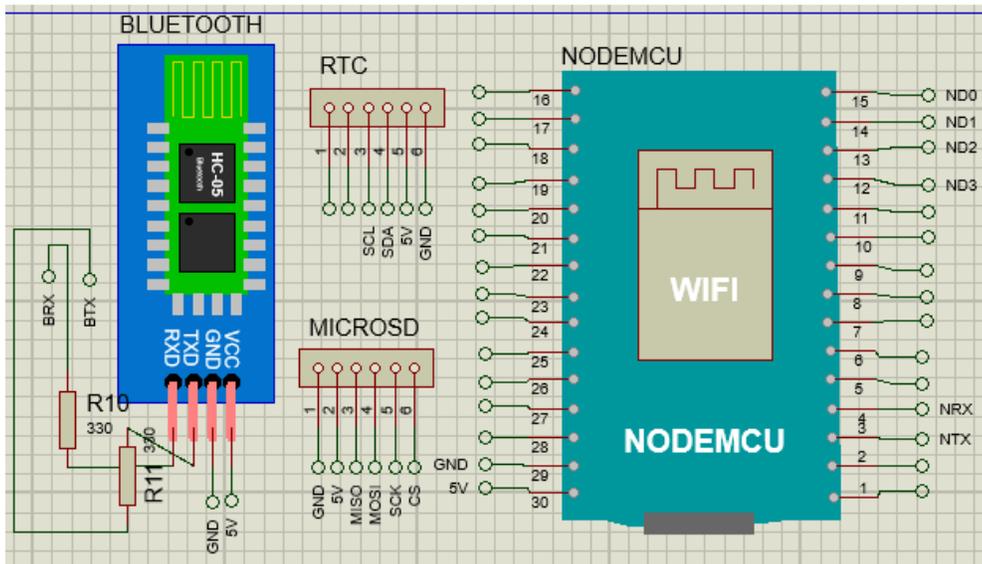


**Figura 51.** Circuito MOSFET para los LEDs

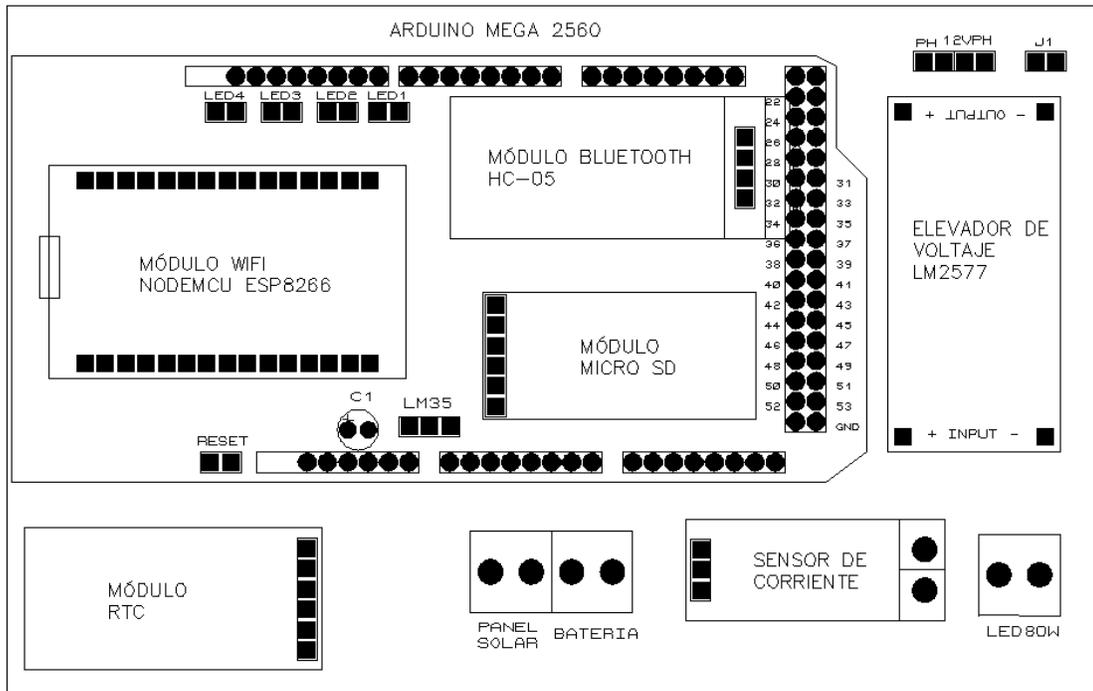
### 7. Nodemcu, módulo RTC, módulo Bluetooth y módulo SD card

Finalmente, el sistema cuenta con dos módulos adicionales, el módulo sd card, permite almacenar los datos obtenidos, como son, voltajes, corrientes, tiempo, etc.

Y el módulo RTC, que permite conocer el tiempo real y con este valor realizar el control de movimiento del sistema para el panel solar, además cuenta con el módulo Bluetooth para el envío de datos a la aplicación móvil y el controlador NODEMCU para el control desde el entorno web, los elementos se pueden observar en la Figura 52, y en la Figura 53 se puede observar una vista previa de la placa diseñada.

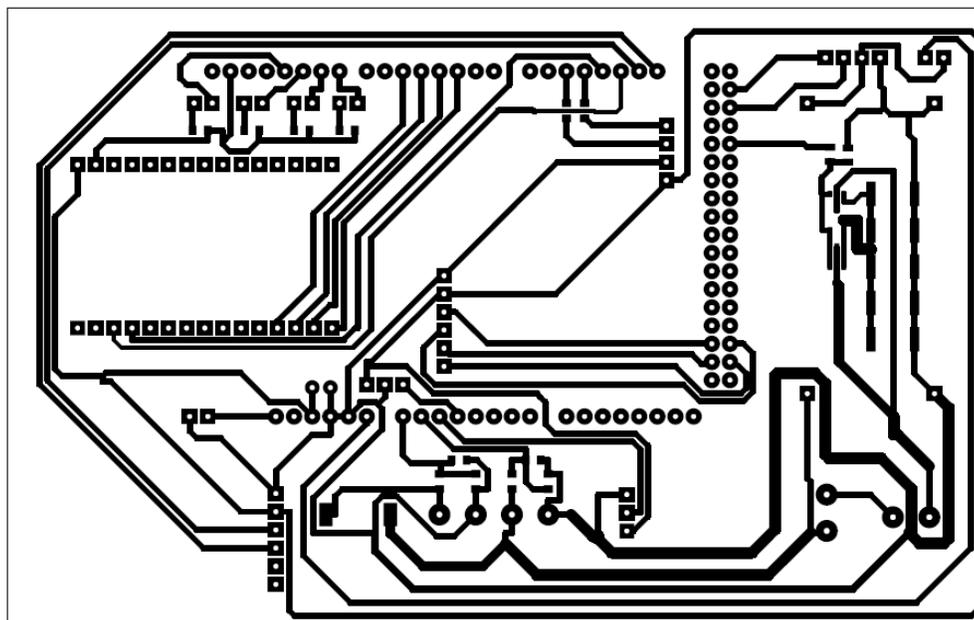


**Figura 52.** Módulos adicionales



**Figura 53.** Ubicación de elementos y módulos

El software para diseño de placas permite tener una vista previa del circuito impreso, en la Figura 54 se puede observar el diseño que genera el software PROTEUS, en el cual se puede observar la ubicación de cada elemento, pero lo que interesa de esta vista previa es la distribución de las pistas y su tamaño.



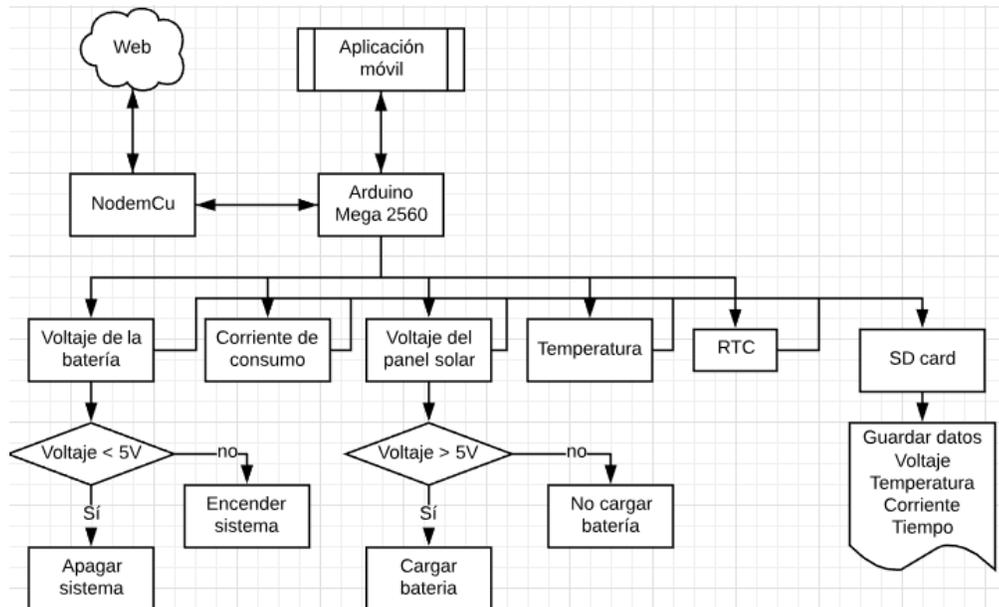
**Figura 54.** Diseño de la PCB

### 3.3.15 Funcionamiento del sistema

El funcionamiento del sistema consiste en recibir órdenes tanto del entorno web, como de la aplicación móvil, estas órdenes se envían a la Nodemcu, y al Arduino Mega para realizar la activación de las luminarias, y del actuador lineal.

El sistema cuenta con circuitos para medir voltaje tanto de la batería como del panel solar, si la batería tiene un valor menor a 5v, el sistema se apaga por seguridad, y si la batería tiene un voltaje mayor a 5v, el sistema realiza el proceso para cargar la batería.

Además, el sistema informa del consumo de corriente del sistema, y cuenta con un sensor de temperatura para alertar al usuario de la temperatura interna de la caja de control, dispone de un reloj en tiempo real para programar el movimiento del panel solar y finalmente dispone de un módulo SD, para almacenar los datos del sistema, el funcionamiento del sistema se puede observar en la Figura 55.



**Figura 55.** Funcionamiento del sistema de iluminación

### 3.3.16 Análisis de costos

El análisis de costos indica cuanto se ha invertido para el desarrollo del presente proyecto, previo al desarrollo de la planificación que se encuentra en el anexo, en la Tabla 9 se detalla los elementos que se utilizaron para desarrollar el sistema.

**Tabla 9.** Tabla de costos por elemento

LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO	TOTAL
1	1	Micro controlador Arduino AtMega 2560	14,74	14,74
2	1	Panel Solar 150w Policristalino	50	50
3	1	Actuador lineal	100	100
4	1	Batería 6,8V de Litio	80	80
5	1	Lámpara Led 80 Watts	100	100
6	1	Sensor de temperatura LM35	2	2
7	1	Sensor de Corriente (ACS712)	10,45	10,45
8	4	Diodos LEDs de 5mm	0,1	0,4
9	1	Módulo Micro SD para Arduino	3	3
10	1	Modulo Wifi Esp8266 Micro Usb Arduino Node Mcu Lua	10	10
11	1	Módulo Bluetooth HC-05 para Arduino	7,45	7,45
12	1	Tarjeta micro SD 2GB	4	4
13	1	Baquelita de 10x15cm	0,95	0,95
14	1	Estructura en aluminio para posicionamiento del panel solar	100	100
15	1	Módulo Puente H L298 L298n 2amp	3,5	3,5
16	1	Modulo Regulador Step Down Lm2596 3amp	2,25	2,25
17	1	Módulo Rtc Ds3231 + Pila At24c32 I2c	3,5	3,5
18	4	Espadines o pines para conexión	0,65	2,6
<b>TIEMPO DE ENTREGA:</b> INMEDIATO PREVIA ORDEN				
<b>FORMA DE PAGO:</b>			<b>SUBTOTAL</b>	494,84
			<b>IVA 12%</b>	59,38
<b>VIGENCIA DE LA OFERTA:</b> N/A			<b>TOTAL</b>	554,22

Para seleccionar cada elemento y adquirirlo se realizó un análisis entre dos proveedores existentes, los valores y las cotizaciones se pueden observar en los anexos.

## CAPÍTULO IV

### IMPLEMENTACIÓN

Se describe el proceso de implementación de cada subsistema que conforma el sistema de iluminación por medio de la energía solar, para ello se comienza con la descripción de la implementación del sistema, y después se describen las pruebas y los resultados obtenidos.

#### 4.1 Implementación

##### 4.1.1 Implementación de la estructura

Para el sistema de iluminación se diseñó una estructura para sujetar al poste y también se diseñó un mecanismo para el movimiento del panel solar con la ayuda de un actuador lineal para conseguir el movimiento del panel y de esta manera lograr seguir al movimiento del sol.

Para la construcción de la estructura, se utilizaron planchas de acero de 3mm de espesor y se realizó el proceso de soldadura.

En la tabla 11 se describen las características del material utilizado y del proceso de soldadura que se realizó.

**Tabla 10.** Características del material para la estructura

Material	Dimensiones
Espesor	3 mm
Diámetro	45mm
Longitud	300 mm

En todos los componentes del mecanismo se utilizó el mismo proceso de soldadura, para la unión de cada componente se utilizaron tornillos M8 con tuercas y tornillos M5 con tuercas, en la tabla 12 se detalla en tipo de tornillos utilizados.

**Tabla 11.** Característica de los tornillos utilizados

Tipo	Longitud
M5	20 mm
M8	45 mm
M5	15 mm

Después de realizar el proceso de soldadura y verificar que las piezas encajen a la perfección, se desarma el sistema para darle un proceso de pintura para proteger las piezas del ambiente y de esta manera se evitan problemas con oxidación de las piezas.

El siguiente paso consiste en colocar el actuador lineal en la estructura y sujetarlo al mecanismo antes conectado, el proceso se lo realizó con los tornillos de la tabla 6, y el proceso se lo puede observar en la Figura 56.



**Figura 56.** Aplicación del actuador lineal

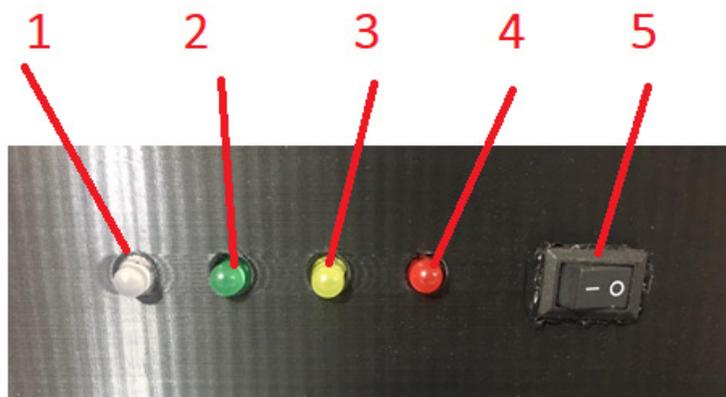
Finalmente se coloca el sistema de iluminación al soporte que previamente ya se sujetó al panel solar y al actuador lineal, el proceso se lo puede ver en la Figura 57.



**Figura 57.** Aplicación del panel al mecanismo

#### 4.1.2 Panel de información

El sistema de iluminación dispone de un panel informativo, el mismo sirve para ver el funcionamiento del sistema, de esta manera el técnico encargado del mantenimiento puede conocer si el sistema falla y donde se encuentra la falla, en la Figura 58 se puede observar las partes que lo conforman.



**Figura 58.** Características de los LEDs informativos

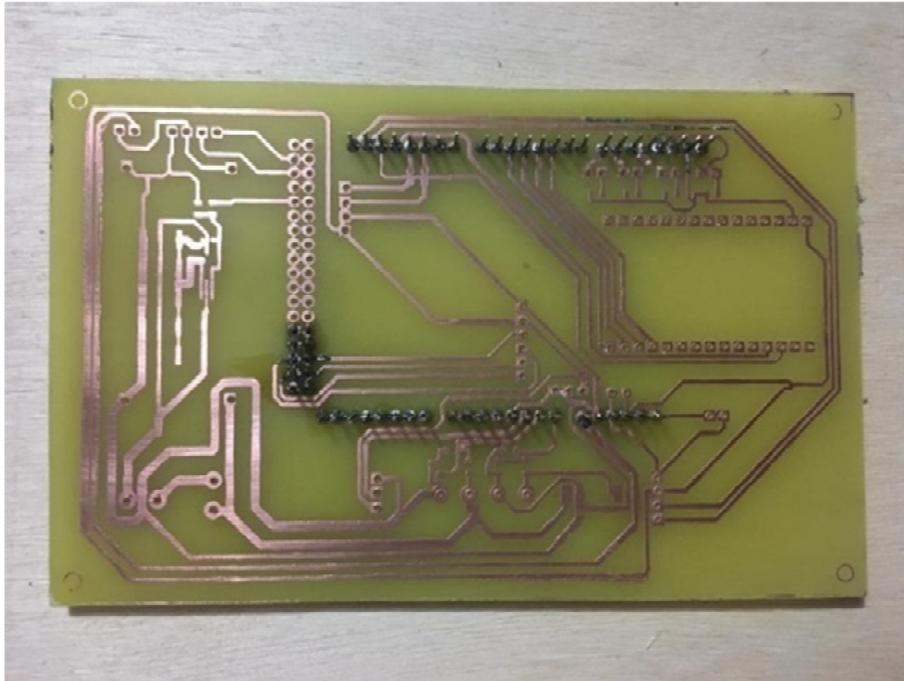
1. LED azul es un indicador de si la conexión por Bluetooth se ha realizado
2. LED verde es el indicador del encendido de la lámpara
3. LED amarillo indica que el panel entro en funcionamiento
4. LED rojo es un indicador de batería baja
5. Interruptor de encendido y apagado

#### 4.1.3 Implementación del circuito impreso

El circuito impreso es el cerebro del sistema de iluminación, el sistema contiene los sensores y módulos necesarios para realizar el proceso de control del sistema.

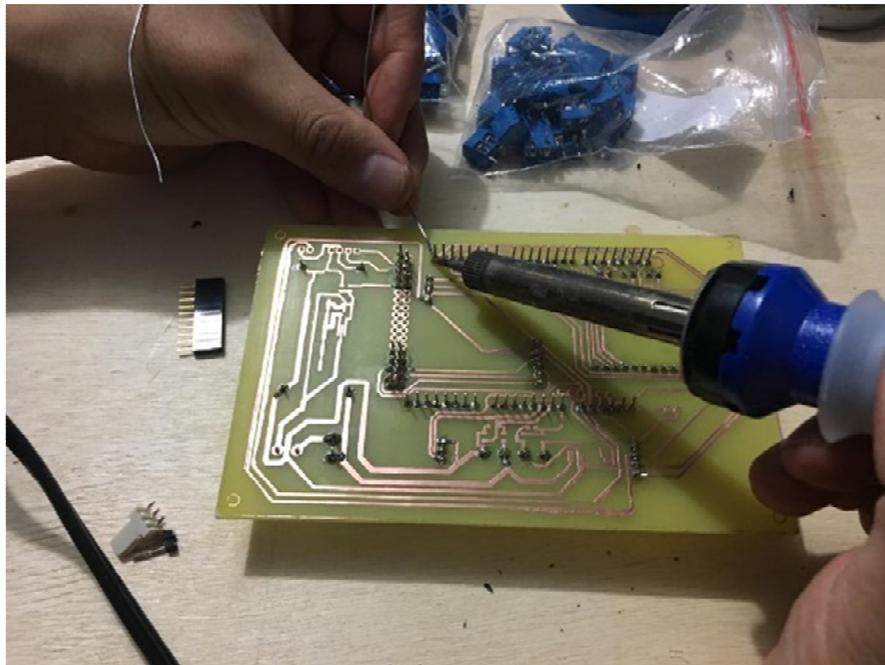
El primer paso consiste en imprimir el diseño del circuito impreso en una hoja especial. Para luego colocarlo sobre una lámina de cobre. Después se coloca una plancha para aplicar calor a la placa de cobre consiguiendo que el circuito se quede impregnado, luego se debe colocar la placa sobre el ácido sulfúrico, previamente diluido en agua, el ácido cumple la función de retirar el cobre de la placa, a excepción del lugar donde se encuentra el circuito diseñado.

Finalmente se limpia el material con alcohol y se limpia la placa, en la Figura 59 se puede observar el resultado del proceso de fabricación del circuito impreso.



**Figura 59.** Construcción del circuito impreso

Después de probar que las pistas no tengan ningún inconveniente como cortes o cortos se procede a soldar los elementos a la placa, se debe tener mucho cuidado en la ubicación de cada elemento, tomando en cuenta la polaridad de cada uno, en la Figura 60 se puede ver el proceso antes mencionado.



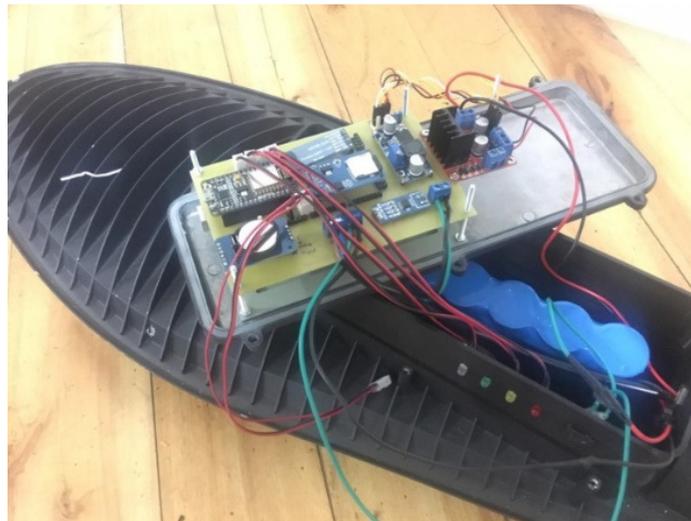
**Figura 60.** Soldadura de los elementos a la placa

Finalmente se colocan los módulos, para ello se realizan varios programas bases para comprobar que cada módulo funciona sin problemas, finalmente se tiene la placa electrónica con todos los componentes colocados y probados como lo muestra la Figura 61.



**Figura 61.** Elementos y módulos aplicados sobre la placa

Al realizar el proceso anterior el siguiente paso es probar la placa con el sistema de iluminación, por lo tanto, se conectan cada módulo como lo muestra la Figura 62.



**Figura 62.** Conexión de los elementos al sistema de iluminación

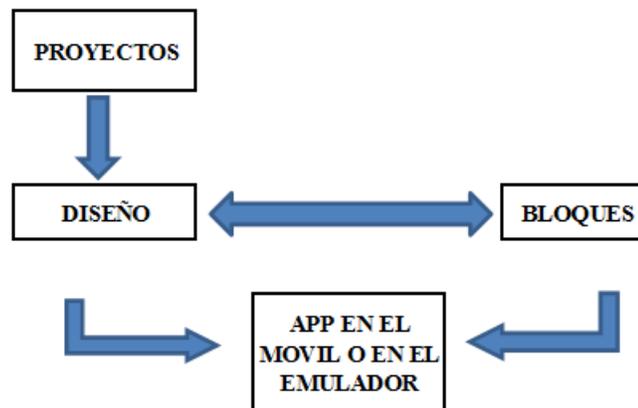
Finalmente se coloca el sistema de iluminación junto al circuito impreso sobre la estructura del panel solar anteriormente ensamblada. Como lo muestra la Figura 63.



**Figura 63.** Sistema de iluminación terminado

#### 4.1.4 Implementación de la aplicación móvil

La aplicación móvil se encarga de la comunicación bidireccional entre el sistema de iluminación y la aplicación y también del control del sistema a través de comandos enviados. Para la aplicación móvil se utilizó el programa App inventor debido a que su entorno permite diseñar aplicaciones de una manera intuitiva con la opción de descargar la misma y utilizarla de manera libre.



**Figura 64.** Diagrama de flujo de App inventor 2

##### 4.1.4.1 Diseño del entorno de la aplicación.

Para realizar el diseño de la aplicación en App inventor 2 se dispone de un entorno donde cada sección tiene su funcionamiento en específico, y se facilita el diseño de la aplicación móvil ya que la programación se realiza por medio de bloques, cada sección del entorno se detalla a continuación.



**Figura 65.** Partes del entorno para el diseño de la aplicación móvil

1. Paleta: es la sección que contiene elementos como figuras para insertar además de botones y secciones para insertar textos entre otras opciones
2. Visor: En esta sección que se encuentra en el centro del entorno gráfico se encuentra una vista previa de cómo queda el diseño de la aplicación con la ubicación de los botones figuras y textos, es evidente que previamente se debe seleccionar el tamaño de la pantalla para evitar problemas con la ubicación de los componentes.
3. Medios en esta sección se encuentran las distintas imágenes y los sonidos que se han insertado en la aplicación, para el presente proyecto no se insertaron sonidos por tal razón esta zona se encuentra vacía.
4. Componentes: Esta sección nos enseña todos los elementos que se han insertado en el diseño como son botones, listas desplegables entre otras.
5. Propiedades: En esta sección se puede editar parámetros de cada elemento insertado, primeramente, se debe seleccionar el elemento para configurar aspectos como tamaño, color tipo de letra, entre otros parámetros.
6. Diseñador: Este segmento sirve para diseñar y visualizar la aplicación, arrastrando los componentes que están ubicados en la sección de Paleta.
7. Bloques: En esta sección se declara las variables que se van a utilizar para la respectiva programación.
8. Proyectos: Esta pestaña sirve para guardar, crear, exportar e importar según su necesidad.
9. Generar: Una vez terminado el diseño y la programación, se convierte en formato APK el cual es compatible para cualquier dispositivo Android.
10. Español: En esta sección se elige el idioma el cual se quiere trabajar.

Para crear una aplicación, en la Figura 66 se puede observar las variables que se utilizan.

```
initialize global Received_data to " "
initialize global Lista to " "
initialize global Solicitar_data to "1"
initialize global Automatico to "1"
initialize global Manual to "2"
initialize global encender to "3"
initialize global apagar to "4"
```

**Figura 66.** Variables de la aplicación móvil

Para la comunicación por medio de Bluetooth, primero se debe realizar la configuración para conectarse con el módulo, el proceso inicia con el botón que permite ver los dispositivos disponibles y después se permite conectar un dispositivo, el método utilizado se puede ver en la Figura 67.

```
when ListaDispositivos .AfterPicking
do set ListaDispositivos . Selection to call BluetoothClient1 .Connect
address ListaDispositivos . Selection

when ListaDispositivos .BeforePicking
do set ListaDispositivos . Elements to BluetoothClient1 . AddressesAndNames
```

**Figura 67.** Conexión del módulo Bluetooth

En la aplicación se dispone de diferentes botones, los cuales se deben activar al momento de conectarse al módulo Bluetooth, caso contrario se encuentran deshabilitados, el proceso se lo realiza como lo indica la Figura 68.

```
when Screen1 .Initialize
do set SendButton . Enabled to false
set Automatico . Enabled to false
set Manual . Enabled to false
set apagar . Enabled to false
set encender . Enabled to false
```

**Figura 68.** Activación de botones

Para la habilitación del modo automático y del modo manual se utilizan dos botones, los cuales envían un mensaje emergente de información y envían un carácter que se encargara de dar la orden para activar el modo seleccionado.

```

when Automatico . Click
do
  set apagar . Enabled to false
  set encender . Enabled to false
  call BluetoothClient1 . SendText
  text " 1 "
  set Modo_de_operacion . Text to " MODO: AUTOMÁTICO "

when Manual . Click
do
  set apagar . Enabled to true
  set encender . Enabled to true
  call BluetoothClient1 . SendText
  text " 2 "
  set Modo_de_operacion . Text to " MODO: MANUAL "

```

**Figura 69.** Modo manual y automático

Par realizar el envío de datos por Bluetooth de los botones entender y apagar para el sistema de iluminación se lo realiza como lo muestra la Figura 70.

```

when encender . Click
do
  call BluetoothClient1 . SendText
  text " 3 "

when apagar . Click
do
  call BluetoothClient1 . SendText
  text " 4 "

```

**Figura 70.** Botones de encendido y apagado

Para realizar la comunicación de datos se realiza una previa configuración del tiempo de recepción de datos como lo muestra la Figura 71.

```

when Clock2 . Timer
do
  set Clock2 . TimerInterval to Clock2 . TimerInterval
  set global Received_data to " "
  set global Lista to " "

```

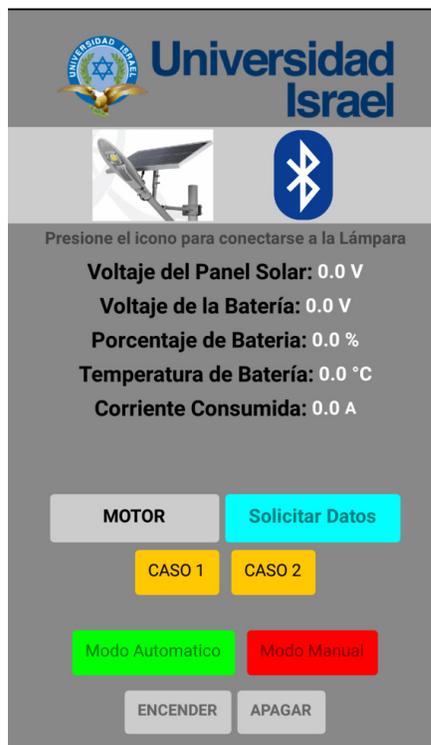
**Figura 71.** Configuración del tiempo de recepción de datos

También para visualizar los datos que envía la placa de control se realiza una programación para recibir y mostrar los valores en la aplicación, el proceso se realiza como lo muestra la Figura 72.



**Figura 72.** Recepción de datos de la placa de control

Finalmente se presenta la interfaz de la aplicación móvil desarrollada en el entorno de App inventor 2, con todos los botones y mensajes programados, en la Figura 73 se puede observar el diseño final de la aplicación



**Figura 73.** Interfaz de la aplicación móvil

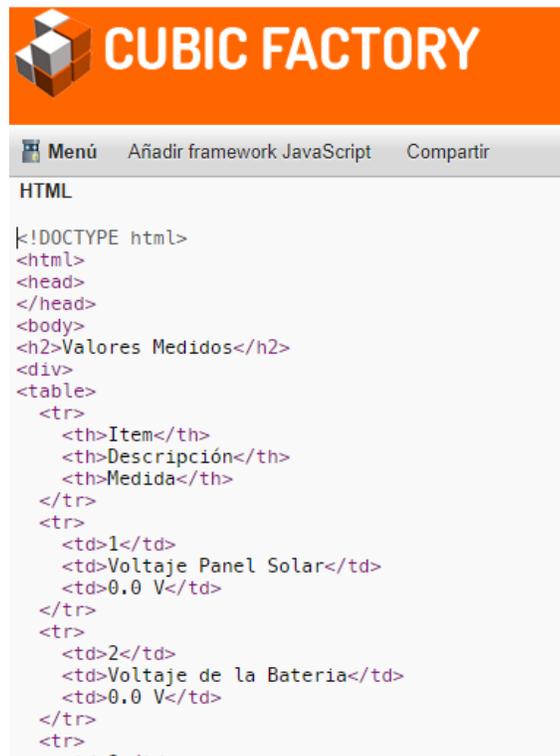
#### 4.1.5 Implementación del entorno web

El entorno web es otro método que ayuda a controlar al sistema de iluminación, y el mismo también tiene una comunicación bidireccional con el sistema de iluminación.

Para realizar el diseño del entorno web se utilizó el módulo NODEMCU ESP-8266 cuyas características se pueden observar en el capítulo 3.

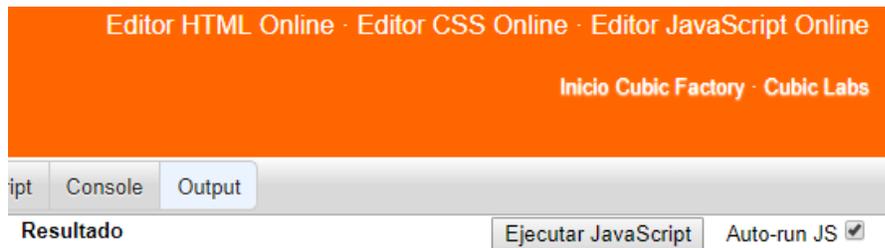
Dicho módulo permite diseñar entornos web por medio de programación en lenguaje C, lo cual ayuda con esta tarea, tomando en cuenta que generalmente para crear un entorno web dinámico, se debe programar en lenguaje HTML, este lenguaje es mucho más complejo, pero tiene una ventaja muy importante y es que permite entornos web abiertos o globales, al utilizar el módulo NODEMCU solo se pueden realizar entornos web de manera local.

La programación del entorno web se debe probar en un simulador online, para el presente proyecto se utilizó Cubic Factory, este entorno permite programar en código HTML, y tener una vista previa de cómo se encuentra el diseño de la página web, en la Figura 74 se encuentra el código HTML utilizado en el programa online, y en la Figura 75 se encuentra la vista previa que proporciona el programa.



```
HTML
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
</head>
<body>
<h2>Valores Medidos</h2>
<div>
<table>
<tr>
<th>Item</th>
<th>Descripción</th>
<th>Medida</th>
</tr>
<tr>
<td>1</td>
<td>Voltaje Panel Solar</td>
<td>0.0 V</td>
</tr>
<tr>
<td>2</td>
<td>Voltaje de la Bateria</td>
<td>0.0 V</td>
</tr>
</table>
</div>
</body>
</html>
```

Figura 74. Programación en código HTML



## Valores Medidos

Item	Descripción	Medida
1	Voltaje Panel Solar	0.0 V
2	Voltaje de la Bateria	0.0 V
3	Temperatura de la Bateria	0.0 °C
4	Corriente Consumida	0.0 A

**Figura 75.** Vista previa del diseño web

En la Figura 76 se puede observar la librería que se utilizó para poder programar el módulo NODEMCU, donde la variable SSID corresponde al nombre de la red donde se va a conectar, y la variable password es la contraseña de la red a la que se va a conectar.

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <ESP8266mDNS.h>

const char *ssid = "pontonet"; //NOMBRE DE LA RED
const char *password = "barcelona2016"; // PASSWOR DE LA RED

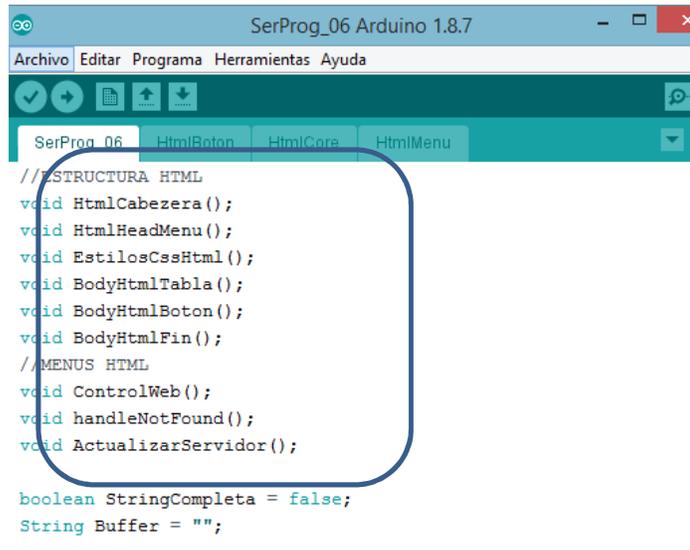
//const char *ssid = "iPhone"; //NOMBRE DE LA RED
//const char *password = "abcdefghijkl"; // PASSWOR DE LA RED

ESP8266WebServer server(80);

```

**Figura 76.** Librerías usadas para la programación del entorno web

Al tener la librería se puede abrir un ejemplo y generar el código que se puede ver en la Figura 77 donde se dispone de 4 pestañas, la primera se encarga del llamado de las 3 pestañas siguientes.

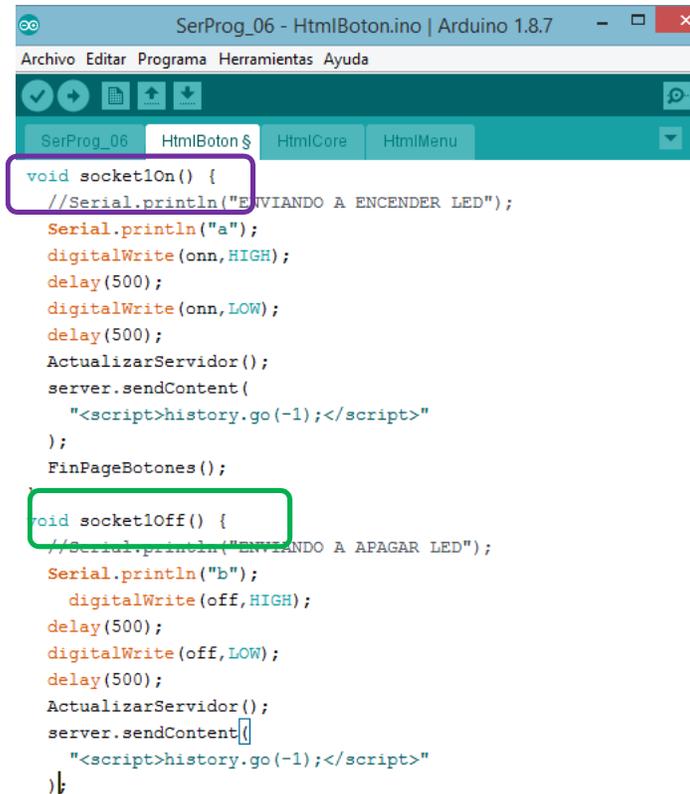


```
void HtmlCabezera();
void HtmlHeadMenu();
void EstilosCssHtml();
void BodyHtmlTabla();
void BodyHtmlBoton();
void BodyHtmlFin();
//MENUS HTML
void ControlWeb();
void handleNotFound();
void ActualizarServidor();

boolean StringCompleta = false;
String Buffer = "";
```

**Figura 77.** Llamado de las funciones en el entorno web

La segunda pestaña se encarga de la creación de los botones y la función que cumple cada uno, en esta pestaña se programa las acciones de control que desempeña cada botón, por lo tanto, los comandos programados son caracteres únicos que los interpreta el Arduino Mega para ejecutar la acción solicitada.

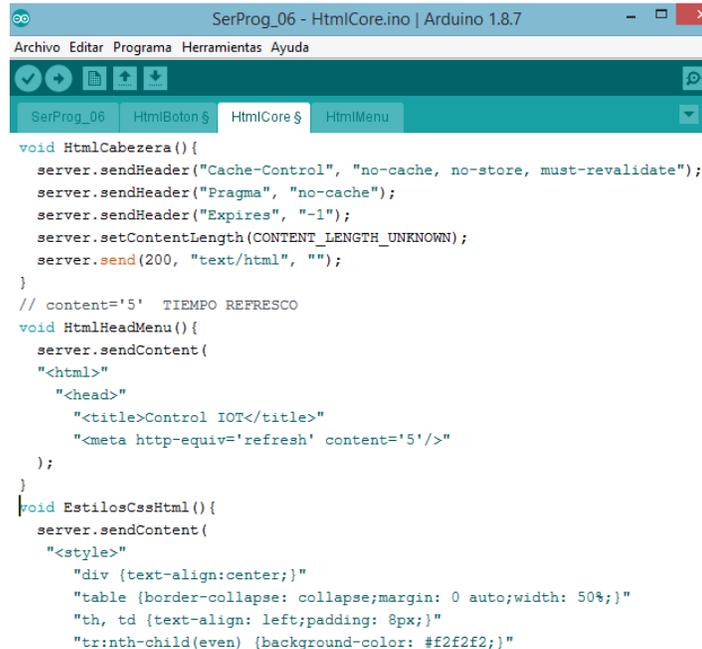


```
void socket1On() {
  //Serial.println("ENVIANDO A ENCENDER LED");
  Serial.println("a");
  digitalWrite(onn,HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(onn,LOW);
  delay(500);
  ActualizarServidor();
  server.setContent(
    "<script>history.go(-1);</script>"
  );
  FinPageBotones();
}

void socket1Off() {
  //Serial.println("ENVIANDO A APAGAR LED");
  Serial.println("b");
  digitalWrite(off,HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(off,LOW);
  delay(500);
  ActualizarServidor();
  server.setContent(
    "<script>history.go(-1);</script>"
  );
}
```

**Figura 78.** Creación de los botones en el entorno web

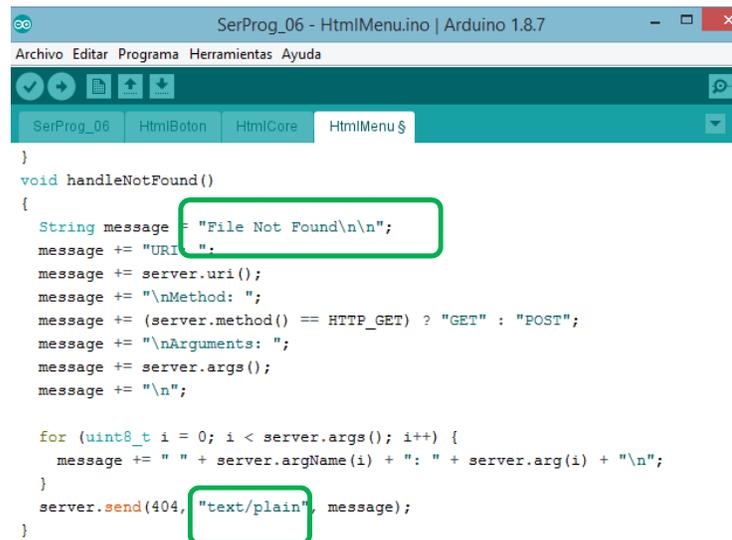
La tercera pestaña es la encargada de del diseño de la parte en modo texto, en esta sección se programa los textos que aparecerán en la interfaz gráfica, además en esta sección se configura el tipo y tamaño de letra, el proceso de programación se lo puede observar en la Figura 79.



```
void HtmlCabezera(){
  server.sendHeader("Cache-Control", "no-cache, no-store, must-revalidate");
  server.sendHeader("Pragma", "no-cache");
  server.sendHeader("Expires", "-1");
  server.setContentLength(CONTENT_LENGTH_UNKNOWN);
  server.send(200, "text/html", "");
}
// content='5' TIEMPO REFRESCO
void HtmlHeadMenu(){
  server.sendContent(
    "<html>"
    "<head>"
    "<title>Control IOT</title>"
    "<meta http-equiv='refresh' content='5'/>"
  );
}
void EstilosCssHtml(){
  server.sendContent(
    "<style>"
    "div {text-align:center;}"
    "table {border-collapse: collapse;margin: 0 auto;width: 50%;}"
    "th, td {text-align: left;padding: 8px;}"
    "tr:nth-child(even) {background-color: #f2f2f2;}"
  );
}
```

**Figura 79.** Programación del texto insertado en el entorno web

La cuarta pestaña es la encargada de la programación HTML del menú, en la aplicación no dispone de un menú, pero en esta sección se encarga de la programación de mensajes emergentes y mensajes de error.



```
}
void handleNotFound()
{
  String message = "File Not Found\n\n";
  message += "URI: ";
  message += server.uri();
  message += "\nMethod: ";
  message += (server.method() == HTTP_GET) ? "GET" : "POST";
  message += "\nArguments: ";
  message += server.args();
  message += "\n";

  for (uint8_t i = 0; i < server.args(); i++) {
    message += " " + server.argName(i) + ": " + server.arg(i) + "\n";
  }
  server.send(404, "text/plain", message);
}
```

**Figura 80.** Programación de mensajes de error en el entorno web

Finalmente al ejecutar el código el usuario se debe conectar a la red local, y como lo muestra la Figura 81 se pueden ver los datos del sistema de iluminación tales como los voltajes tanto del panel como de la batería, además de la temperatura y la corriente que se consume, y en la parte inferior se dispone de los botones de control tanto para el modo manual como para el modo automático.



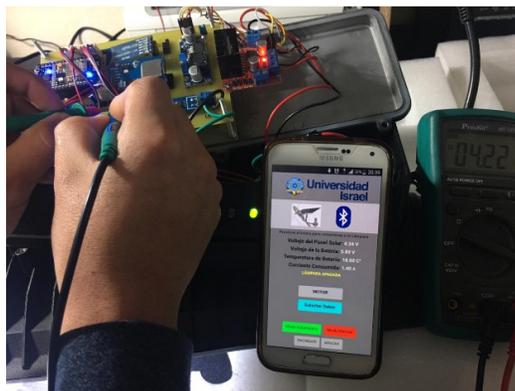
**Figura 81.** Entorno web terminado

## 4.2 Pruebas y resultados

En la presente sección se detallan las pruebas que se realizaron al sistema de iluminación con el fin de verificar su funcionamiento o corregir posibles fallas.

### 4.2.1 Pruebas del panel solar

En esta sección se describe las pruebas realizadas al panel solar, el sistema entrega un voltaje en función de la energía solar adquirida, para realizar estas pruebas se realizaron mediciones de voltaje al panel tanto con un multímetro como con el sistema electrónico incorporado en la placa, en la Figura 82 se puede observar el proceso de medición, y en la Figura 83 se puede ver los datos que entregan los dos sistemas de medición.



**Figura 82.** Medición de voltaje en el panel



**Figura 83.** Comparación de voltaje entre el sistema y un multímetro

Como se puede observar en la figura 63 el multímetro da el valor de voltaje de 4.17 V, y el sistema de medición incorporado en la placa entrega un valor de 4.34, por lo tanto, se realiza un análisis del porcentaje de error en la medición, el mismo se ve a continuación.

$$\%E = \frac{|VM - VR|}{VR} \times 100$$

$$\%E = \frac{|4.34 - 4.17|}{4.17} \times 100$$

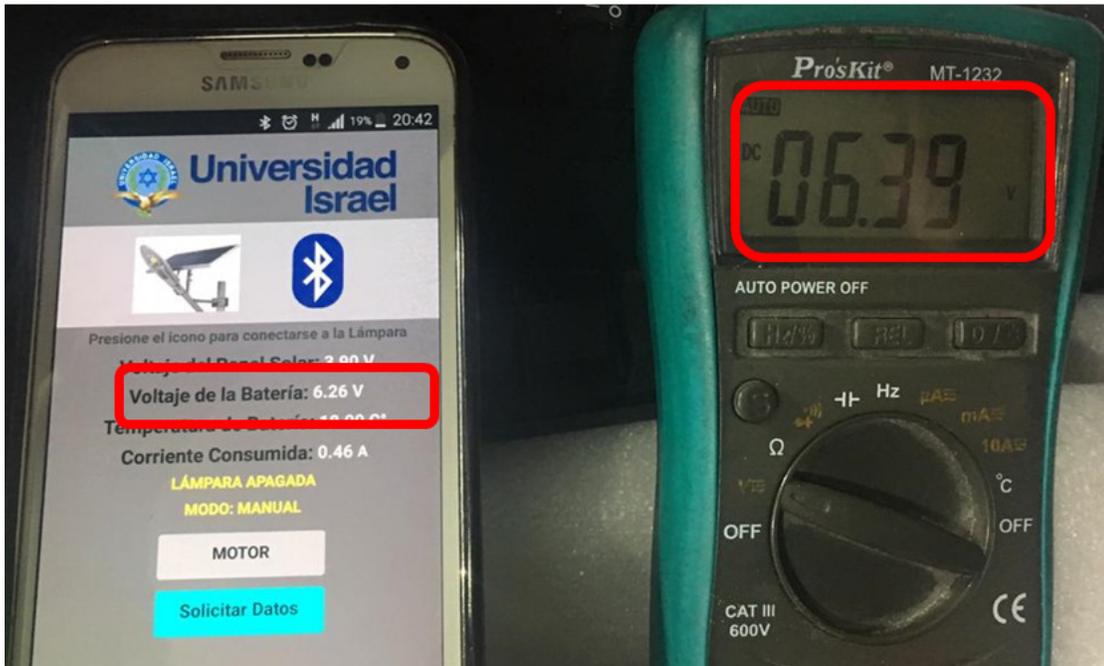
$$\%E = 4.07$$

Como se puede observar el porcentaje de error en la medición del voltaje tiene un error menor al 10%, por lo tanto, es un valor tolerable, este porcentaje de error corresponde a la tolerancia del sistema de medición.

#### **4.2.2 Pruebas de la batería**

Al igual que en el panel solar, la batería es uno de los elementos más importantes, el mismo proporciona energía a todo el sistema electrónico para realizar el control del sistema, la activación de la iluminación y también se encarga de energizar al actuador del mecanismo de movimiento para realizar el proceso de seguimiento de la posición del sol, por lo tanto, es importante conocer el voltaje del mismo.

Para verificar el funcionamiento se realizó mediciones tanto con un multímetro como con el sistema incorporado en la placa, en la Figura 84 muestra la medición realizada por los dos sistemas.



**Figura 84.** Medición de voltaje en la batería

En la figura 64 el multímetro da el valor de voltaje de 6.39 V, y el sistema de medición incorporado en la placa entrega un valor de 6.26, por lo tanto, de la misma manera se realiza un análisis del porcentaje de error en la medición, se ve a continuación.

$$\%E = \frac{|VM - VR|}{VR} \times 100$$

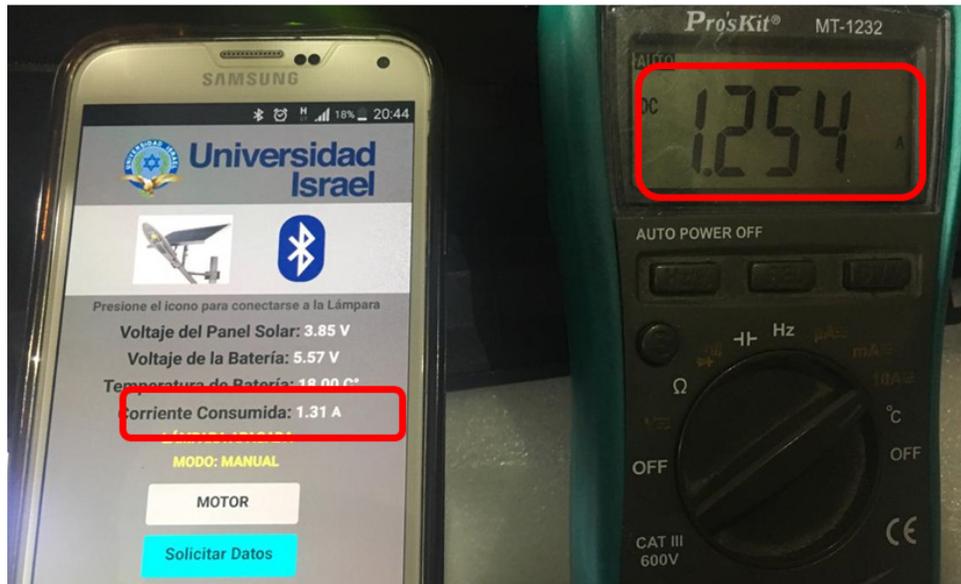
$$\%E = \frac{|6.26 - 6.39|}{6.39} \times 100$$

$$\%E = 2.03$$

Como se puede observar el porcentaje de error en la medida del voltaje de la batería es menor al 5%, por lo tanto, es un valor tolerable, el error corresponde al valor de las resistencias, ya que cada una tiene diferente tolerancia en su valor óhmico y cada una tiene un valor de error que se refleja en los resultados.

### 4.2.3 Pruebas del consumo de corriente del sistema de medición

El sistema de iluminación cuenta también con un dispositivo que permite dar a conocer el valor del consumo de energía total del sistema, gracias a este sistema se pudo concluir que la batería incorporada en el sistema es óptima para proporcionar energía a todos los componentes electrónicos, por lo tanto, se realizó una medición de la corriente utilizando un multímetro, como el sistema incorporado en la placa, el proceso y los datos obtenidos se pueden ver en la Figura 85.



**Figura 85.** Medición del consumo de corriente

Para evaluar el consumo de corriente se debe realizar una medición en serie utilizando el multímetro, en la figura 65 el multímetro da el valor de corriente de 1.254 A, y el sistema de medición incorporado en la placa entrega un valor de 1.31 A, por lo tanto, se realiza un análisis del porcentaje de error en la medición.

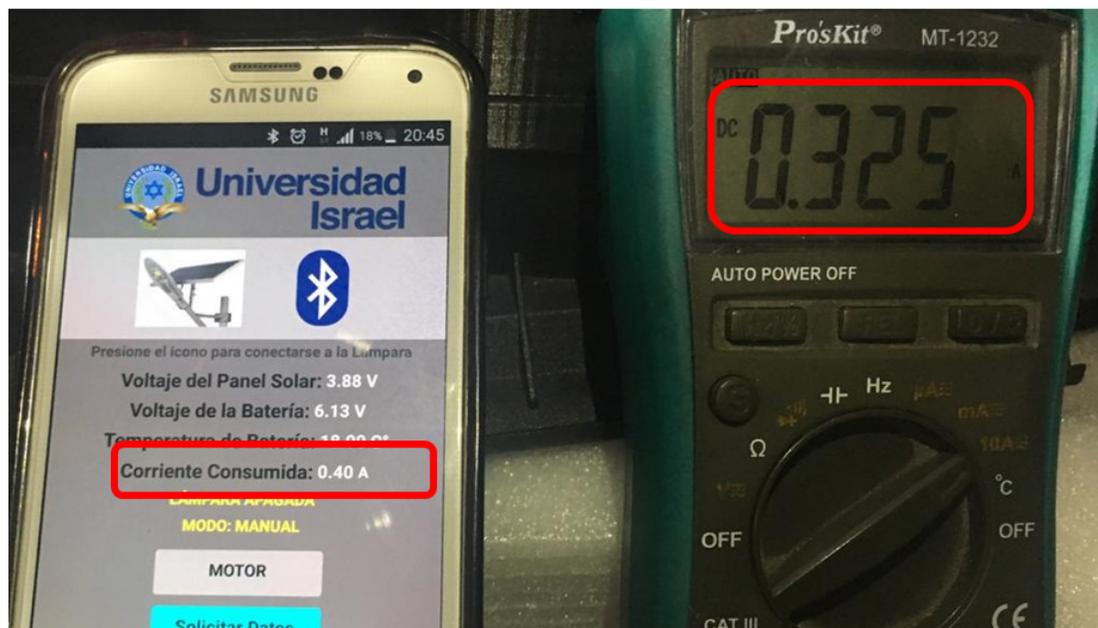
$$\%E = \frac{|VM - VR|}{VR} \times 100$$

$$\%E = \frac{|1.31 - 1.254|}{1.254} \times 100$$

$$\%E = 4.46$$

El porcentaje de error en la medida de la corriente de todo el sistema tiene un desacierto menor al 5%, por lo tanto, es un valor tolerable, el cual corresponde a la tolerancia del sensor de corriente.

Para el sensor de corriente también se realizó una verificación apagando el sistema, el proceso y verificación con el multímetro y el sistema se los puede ver en la Figura 86.

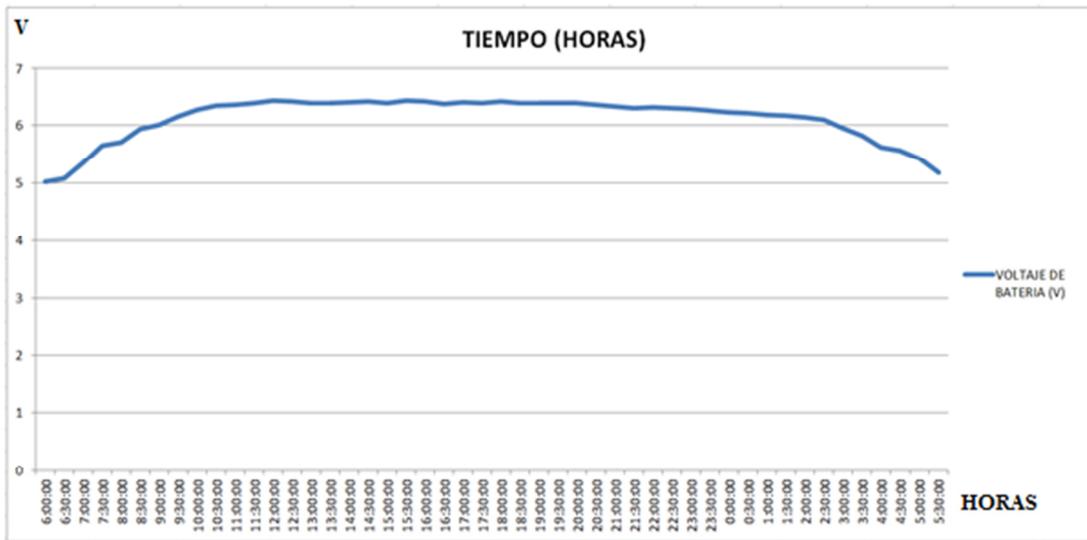


**Figura 86.** Medición del consumo de corriente apagando el sistema

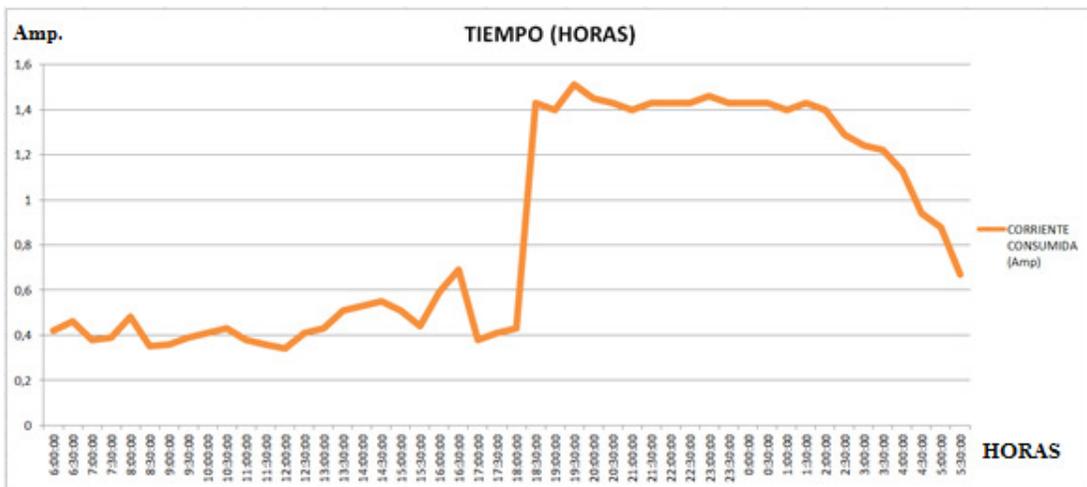
En la figura 66 se puede observar que el multímetro da un valor de 0.325 A como consumo en cero cargas, y el dispositivo entrega un valor de 0.4, lo cual indica que el sistema funciona perfectamente.

#### **4.2.4 Pruebas de funcionamiento del sistema de iluminación**

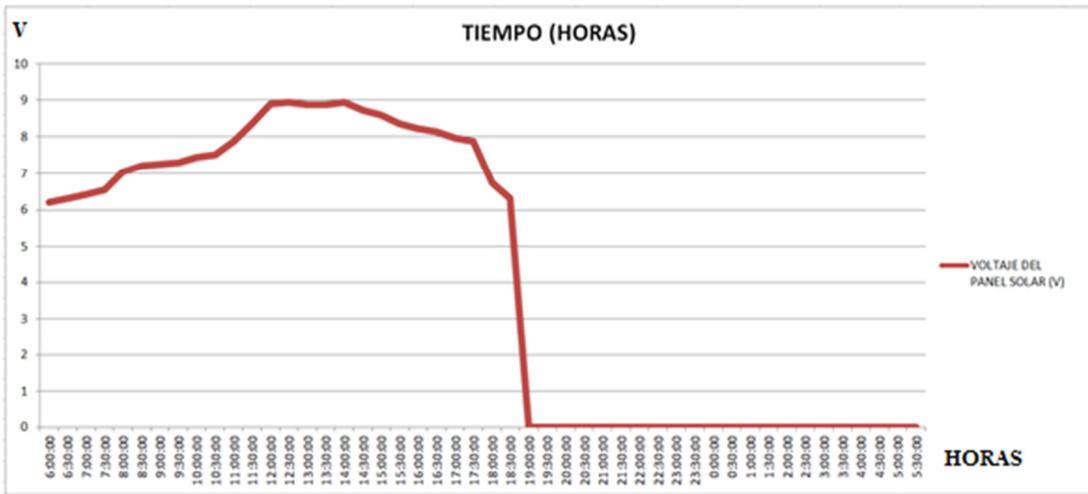
Para realizar las pruebas correspondientes, se instaló el sistema y se puso en funcionamiento 24 horas, donde durante el día el sistema a partir de las 6 de la mañana empieza a cargar la batería lentamente, pero al llegar al medio día, la carga se incrementa por la energía que proviene del sol, y a partir de las 6:30 de la tarde, el sistema enciende las luces y entra en funcionamiento todos los módulos, a partir de las 4 de la mañana se puede observar un decremento muy importante en la batería, y finalmente a las 6 am la batería se descarga cumpliendo con un ciclo de funcionamiento, estos cambios del nivel de la batería en función del tiempo se pueden observar en la Figura 87, y los datos obtenidos se pueden observar en los anexos.



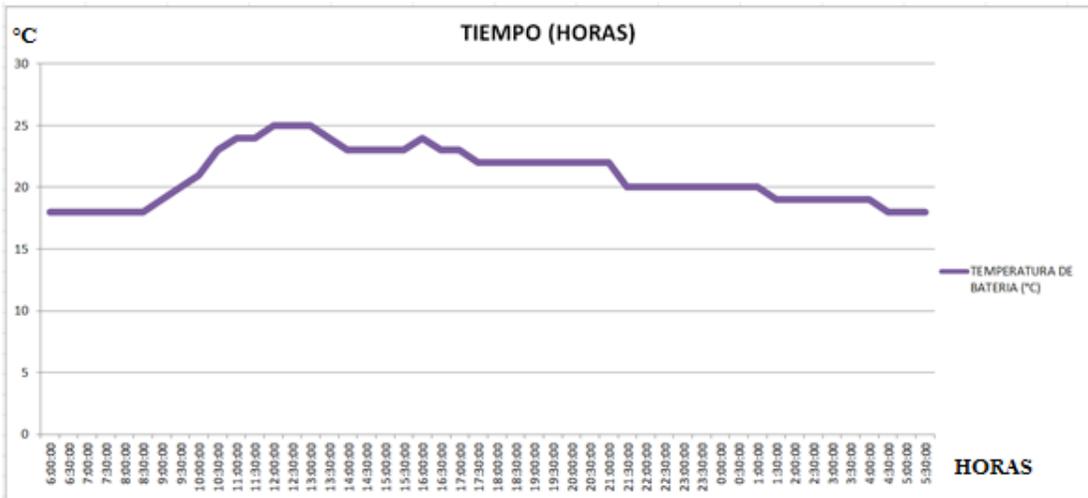
**Figura 87.** Control diario del voltaje de la batería



**Figura 88.** Control diario de la corriente consumida



**Figura 89.** Control diario del voltaje de panel solar



**Figura 90.** Control diario de temperatura en la batería

## CONCLUSIONES

- Se establecieron los parámetros y dispositivos del proyecto siendo estas las que influyen sobre el sistema, tomando en consideración que los aspectos más relevantes son el voltaje, la corriente y la temperatura.
- Se diseñó la tarjeta de control del sistema mediante controlador Arduino implementando al sistema electrónico un circuito impreso, sobre el cual se coloca todos los sensores, y módulos para el control del sistema de iluminación.
- Se desarrolló la programación para controlar automáticamente el sistema de iluminación mediante un microcontrolador Arduino Mega el cual enviara la señal de encender o apagar el sistema fotovoltaico de manera manual o automática.
- Se programó la página web donde se mostraran los valores del sistema de iluminación LED obteniendo un tiempo de latencia de 5 segundos para actualizar los datos, esto se debe a que el módulo envía y recibe información al mismo tiempo y se utilizan intervalos de tiempo para evitar problemas con el módulo.
- Se construyó la estructura metálica tipo poste para el sistema de iluminación LED, además se diseñó un mecanismo que ayuda al actuador lineal para el movimiento del panel solar.
- Se Diseñó una aplicación móvil para obtener acceso mediante conectividad Bluetooth a la visualización de los valores de funcionamiento del sistema de iluminación LED como también se puede manipular en forma manual o en modo automático ya sea la lámpara o el actuador lineal.
- Al realizar las pruebas de funcionamiento y validación tanto de voltaje como de corriente se obtuvo un error máximo de 4%, debido a la tolerancia de las resistencias para el circuito de medición de voltaje, y se obtuvo un error del 2% para la medida de corriente, tomando en cuenta que el error corresponde a la tolerancia del sensor.

## RECOMENDACIONES

- Se podría utilizar en futuras mejoras un microcontrolador más compacto y así utilizar menos espacio en la sección de acople para el control del sistema de iluminación.
- La comunicación y el intercambio de datos tiene un tiempo de latencia que depende de la conexión a internet que se disponga, para trabajos futuros se recomienda usar un servidor propio para el entorno web y darle más eficiencia al sistema.
- El sistema de iluminación tiene un tiempo de autonomía de aproximadamente 11 horas, lo que le permite funcionar sin problemas, pero al disponer de 12 horas de oscuridad se recomienda aplicar un sensor de movimiento para accionar el sistema solo cuando sea necesario y de esa manera ahorrar energía.
- Nunca instalar la lámpara solar en lugares con sombra como puede ser árboles o edificios los cuales impiden el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico.
- Se recomienda impulsar el uso de esta energía alternativa para concientizar a las personas y optar por este tipo de energía renovable.
- Se recomienda hacer un mantenimiento preventivo cada mes para así aumentar la vida útil de los módulos y del sistema fotovoltaico.

## Bibliografía

- AllDatashet. (2018). Obtenido de <http://html.alldatashet.com/html-pdf/22440/STMICROELECTRONICS/L298N/1619/1/L298N.html>
- Alvarez, R. (2012). *Energía Hidroeléctrica*. <http://www.revistaei.cl/wp-content/uploads/sites/5/2011/05/c2f14dfc8513b88a303e.pdf>.
- Cadena, & Corella. (2018). Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14853/T-ESPE-040372.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caldas, E. (2017). *Fresas en V*. <https://www.electronicoscaldas.com/herramientas-para-electronica/749-fresas-en-v-para-milling-de-pcb-y-grabado.html>.
- Canga, & Lamiña. (2016). Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5827/1/85T00409.pdf>
- Corella, J. (2018). *Diseño y Construcción de un equipo router cnc para fabricación de pcb*.
- Design, E. P. (2017). <https://www.electronics-project-design.com/PCB-Design.html>.
- Dimieri, L. (2015). *Aspectos físicos de la visión humana*.
- Dominicana, E. (2014). Obtenido de <http://dominicanelectronic.blogspot.com/2011/05/fabricacion-de-pcb.html>
- Durán, L. (30 de junio de 2017). Obtenido de <http://profesoressigloxxi.blogspot.com/2017/06/central-hidroelectrica.html>
- ElectrónicaGuaí. (2017). Obtenido de <http://electronicaguaiblogspot.com/2015/02/elaboracion-de-circuitos-impresos-con.html>

- Electronics, M. (2018). Obtenido de [https://www.mouser.com/Semiconductors/Discrete-Semiconductors/Transistors/MOSFET/Datasheets/\\_/N-ax1sf?P=1z0z5laZ1z0z7ptZ1z0y3zrZ1yw78ja](https://www.mouser.com/Semiconductors/Discrete-Semiconductors/Transistors/MOSFET/Datasheets/_/N-ax1sf?P=1z0z5laZ1z0z7ptZ1z0y3zrZ1yw78ja)
- ETSI. (2017). *Mecanizado por arranque de viruta*.  
[http://www.ehu.es/manufacturing/docencia/723\\_ca.pdf](http://www.ehu.es/manufacturing/docencia/723_ca.pdf).
- Farrás, J. G. (2009). *Iluminación*.
- Gaibor, & Carrión. (2015). Obtenido de  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4965>
- Group, C. (2017). Obtenido de <https://www.clevergroup.cl/producto/poste-solar-alumbrado-bateria-driver-panel-disponible-en-diversas-potencias/>
- GUARD1. (2016). Obtenido de <https://www.guard1.com/es/Equipos/Vida-de-la-bater%C3%ADa.aspx>
- IPC. (2013). [http://www.sphere.bc.ca/class/downloads/ipc\\_2221a-pcb%20standards.pdf](http://www.sphere.bc.ca/class/downloads/ipc_2221a-pcb%20standards.pdf).
- Kingsunpcb. (2014). *Printed circuits*.
- Lara, E. (11 de Abril de 2015). *hetpro*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/controlador-de-motor-pasos-drv8825en-construccion/>
- Mecatronic, N. (2017). Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/modulos/104-modulo-micro-sd-card.html>
- Miranda, A. (2018). *Panel solar*.  
<https://www.istockphoto.com/us/es/vector/gr%C3%A1fico-que-muestra-las-partes-de-un-panel-solar-energ%C3%ADas-renovables-gm913319388-251411238>.  
Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>
- Miranda, J., & Martínez, S. (2014). *Análisis del tratamiento actual de las lámparas fluorescentes, nivel de contaminantes y disposición final*.

- Morán, I., & León, K. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de Iluminación Fotovoltaico de respaldo para los Laboratorios de Electrónica de Potencia*.
- Navegar. (mayo de 2013). Obtenido de <http://www.navegar.com/baterias-capacidad-real/>
- Ortega, H. T. (15 de diciembre de 2014). *Guía de diseño de PCB con EAGLE*.  
[https://hetpro-store.com/images/Tutoriales/pcb\\_eagle/hetpro\\_tutorial\\_pcb\\_eagle.pdf](https://hetpro-store.com/images/Tutoriales/pcb_eagle/hetpro_tutorial_pcb_eagle.pdf). Obtenido de [https://hetpro-store.com/images/Tutoriales/pcb\\_eagle/hetpro\\_tutorial\\_pcb\\_eagle.pdf](https://hetpro-store.com/images/Tutoriales/pcb_eagle/hetpro_tutorial_pcb_eagle.pdf)
- PanamaHitek. (2017). Obtenido de <http://panamahitek.com/esp8266-y-nodemcu-la-nueva-generacion/>
- Peter. (2018). Obtenido de <http://www.justgeek.de/simple-silkscreen-reference-board/>
- Pololu. (2018). Obtenido de <https://www.pololu.com/category/228/glideforce-industrial-duty-id-linear-actuators>
- Rivas, M. (2005). <http://159.90.80.55/tesis/000130422.pdf>.
- Rivas, M. (2005). *Diseño e implementación de un sistema de iluminación autónomo para espacios exteriores con celdas solares*.
- Roberto. (31 de enero de 2012). *Twenergy*. Obtenido de <https://twenergy.com/a/como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica-339>
- sfe. (2018). Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/paneles-solares-monocristalinos/>
- SmartGrids. (01 de 15 de 2015). Obtenido de <https://www.smartgridsinfo.es/comunicaciones/ii-congreso-sg-baterias-para-almacenamiento-energetico>
- Solarbotics. (2015). *Solarbotics*. Obtenido de <https://solarbotics.com/product/sandpcb/>

soluciones, A. (2018). Obtenido de

[https://www.ambientesoluciones.com/sitio/productos\\_mo.php?it=3849](https://www.ambientesoluciones.com/sitio/productos_mo.php?it=3849)

Soto, A. J. (2009). *Análisis Didáctico de los diferentes tipos de lámparas incandescentes y descarga.*

Sparkfun. (2018). Obtenido de

<https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/0712.pdf>

TecnoEdu. (2018). Obtenido de <https://tecnoedu.com/CNC/PCBEngraverFull.php>

UJAEN. (2018). Obtenido de

[http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home\\_main\\_frame/04\\_componen/  
01\\_generador/01\\_basico/4\\_gene\\_01.htm](http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/04_componen/01_generador/01_basico/4_gene_01.htm)

# **ANEXOS**

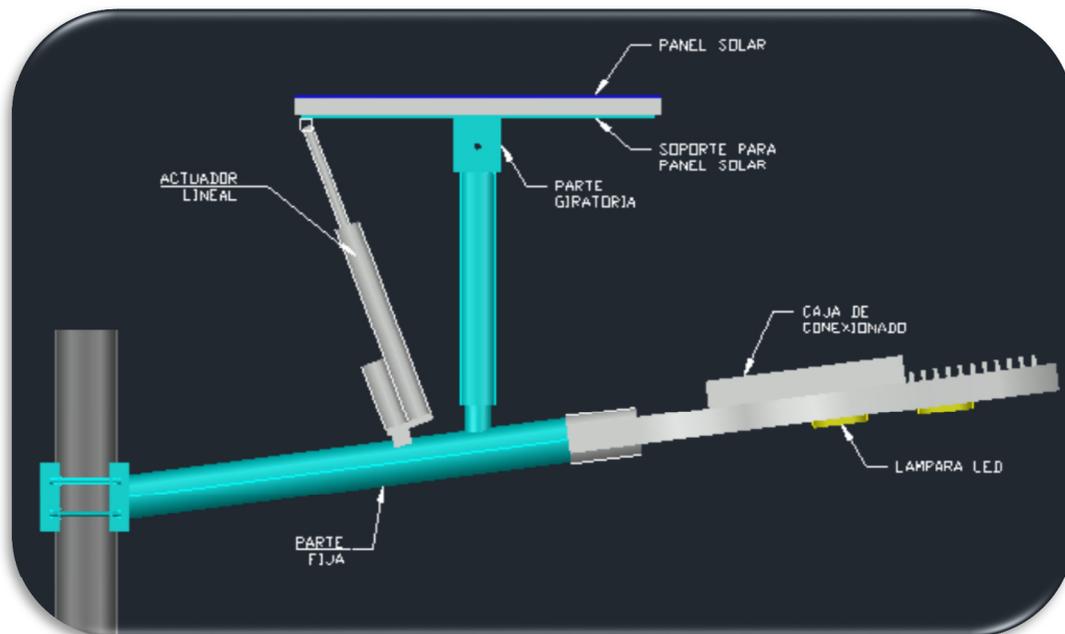
**ANEXO 1: Manual de usuario**

# MANUAL DE USUARIO PARA EL SISTEMA PÚBLICO DE ILUMINACIÓN LED CON PANEL SOLAR ISOTRÓPICO AUTOMATIZADO

## INTRODUCCIÓN

Este manual le permitirá aprender a utilizar todas las funcionalidades que tiene el sistema de alumbrado público automatizado, el cual se podrá manipular y monitorear de forma manual o automática mediante una aplicación y un también por una Pagina WEB.

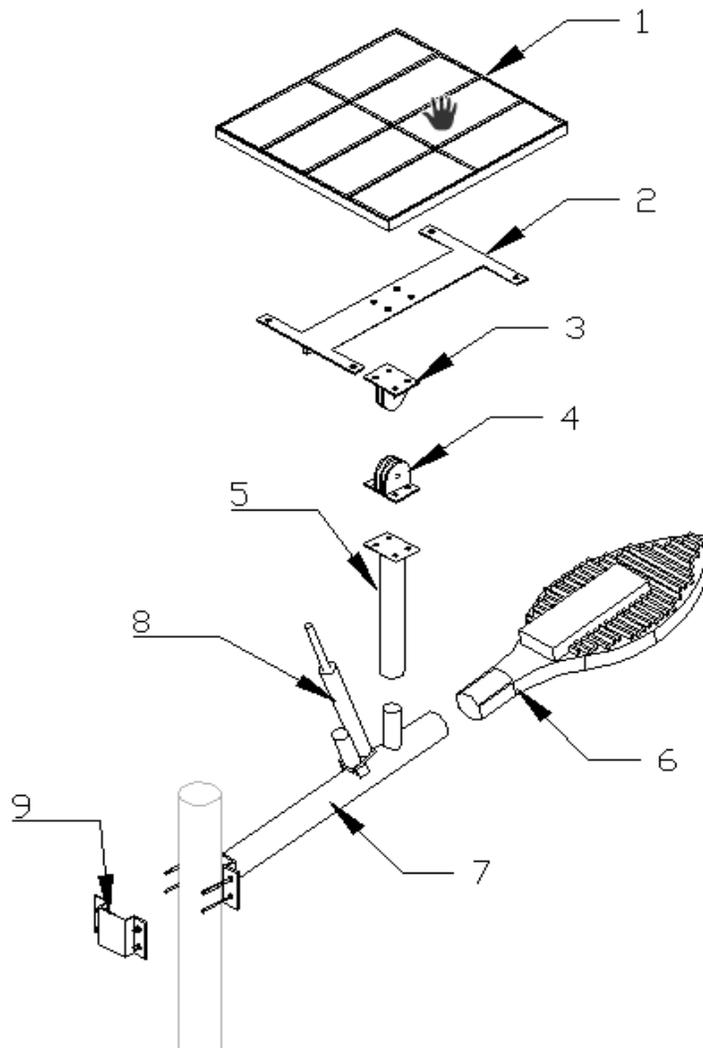
### Vista general del producto:



**Figura 1.** Lámpara solar

### Armado de la estructura:

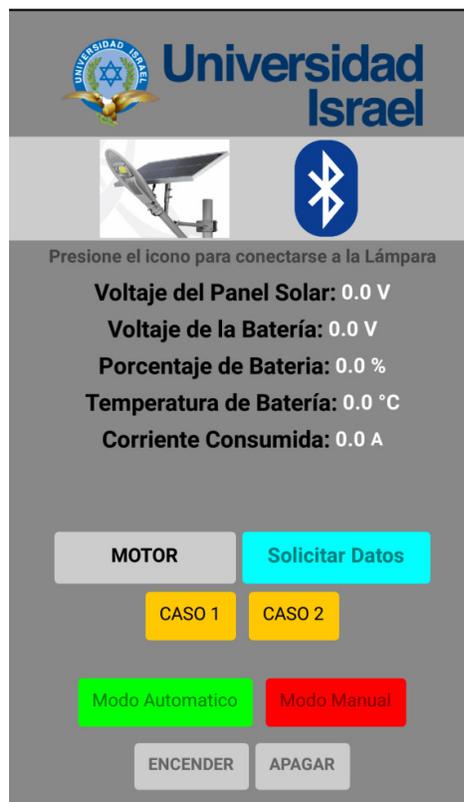
1. PANEL SOLAR
2. SOPORTE DEL PANEL SOLAR
3. PARTE GIRATORIA 1
4. PARTE GIRATORIA 2
5. UNIÓN PARA SOPORTAR EL PANEL SOLAR
6. LÁMPARA LED Y CAJA DE CONEXIONES
7. ESTRUCTURA PRINCIPAL
8. ACTUADOR LINEAL
9. ABRAZADERAS



**Figura 2.** Armado de Lámpara solar

## Aplicación para la LÁMPARA SOLAR

Esta aplicación sirve para monitorear de modo manual y automático los valores tales como voltaje del panel solar, voltaje de la batería, temperatura de la batería, la corriente total consumida y movimiento del actuador lineal para el sistema de alumbrado.



**Figura 3.** APP Lámpara solar

### Pasos para utilizar la aplicación

1. Tener un dispositivo Android.
2. descargar desde play store (<https://play.google.com/store/apps?hl=es>) y buscar con el nombre lámpara solar.



**Figura 4.** Icono de Lámpara solar

3. Una vez descargada la aplicación proceder a instalar en el teléfono Android.
4. Abrir la aplicación y también prender el Bluetooth del celular
5. Presionar en el símbolo de Bluetooth, para poder conectar con la lámpara.
6. Buscar el dispositivo **HC-05** y vincular con el teléfono
7. Para controlar de **MODO AUTOMÁTICO** presionar el botón antes mencionado, y después proceder a presionar el botón de **SOLICITAR DATOS**, el cual dará los valores medidos de la lámpara.
8. Para controlar de **MODO MANUAL** presionar el botón antes mencionado, con este botón se puede presionar el botón de **ENCENDER** y **APAGAR** de la lámpara LED, como también el actuador lineal.
9. Para controlar el actuador lineal se debe poner primeramente en estado de **MODO MANUAL**, después si se quiere que el motor suba presionar una sola vez y para bajar mantener presionado el botón de **MOTOR**.
10. Para el giro del panel solar de izquierda a derecha antes de una previa instalación presionar botón **CASO 1**, como también si se necesita en sentido inverso presionar el botón **CASO 2**.

## Página WEB

La página WEB sirve para monitorear de modo manual y automático los valores tales como voltaje del panel solar, voltaje de la batería, temperatura de la batería y la corriente total consumida, los valores se actualizan cada 5 segundos para tener una mejor precisión y monitoreo.



172.20.10.3

ITEM	DESCRIPCION	MEDIDA
1	Voltaje Panel Solar	3.51 V
2	Voltaje de la Bateria	6.33 V
3	Temperatura de la Bateria	17.00 °C
4	Corriente Consumida	0.34 mA

MODO AUTOMATICO MODO MANUAL

ENCENDER LED APAGAR LED

**Figura 5.** Página WEB

**Para poder ingresar a la página WEB primero se debe seguir unos pequeños pasos:**

1. Tener un router cercano a la lámpara o también un teléfono que sea exclusivamente para el control y monitoreo de la lámpara.
2. Descargar el programa arduino  
(<https://www.arduino.cc/en/main/software>)
3. Conectar el módulo NODEMCU, donde la variable ssid corresponde al nombre de la red donde se va a conectar, y la variable password es la

contraseña de la red a la que se va a conectar, puede ser la del router como también la del teléfono, como también en la figura siguiente se puede ver el proceso.

```
const char* ssid = "your-ssid";  
const char* password = "your-password";
```

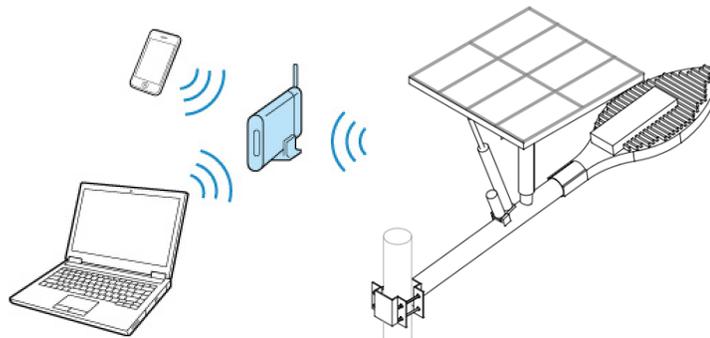
**Figura 6.** Usuario y contraseña

4. Una vez hecho los anteriores pasos el módulo NODEMCU se conecta automáticamente con el router antes configurado.
5. Buscar en el router la IP designada para el módulo NODEMCU, como se muestra en la figura.

172.20.10.3

**Figura 7.** Numero de IP automática

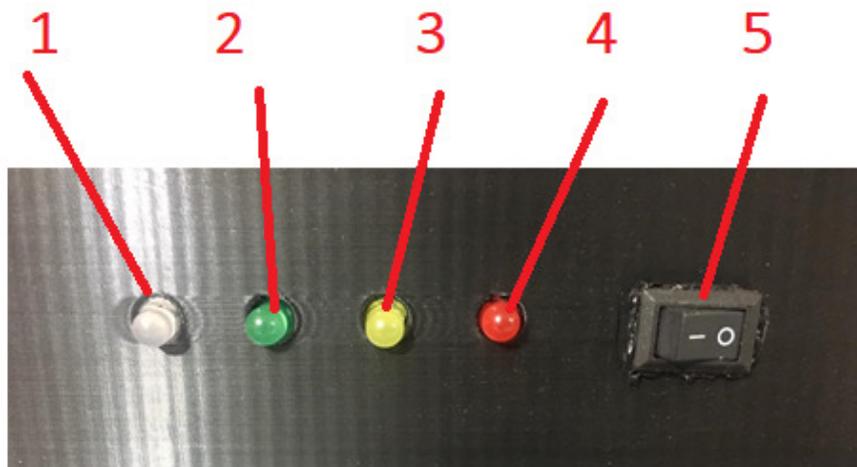
6. Como es una red local el teléfono o computadora que va a monitorear a la lámpara LED debe estar conectado también al router que está conectado el módulo NODEMCU como se indica en la figura.



**Figura 8.** Conexión de dispositivos

7. Sabiendo el número de IP que da automáticamente el router al modulo NODEMCU, entrar al navegador del dispositivo ya sea en la computadora o en el celular poner la IP designada por el router para la lámpara LED.
8. Se podrá ver los valores en tiempo real y controlar ya sea en modo manual o automático para la lámpara LED

### Indicadores LED



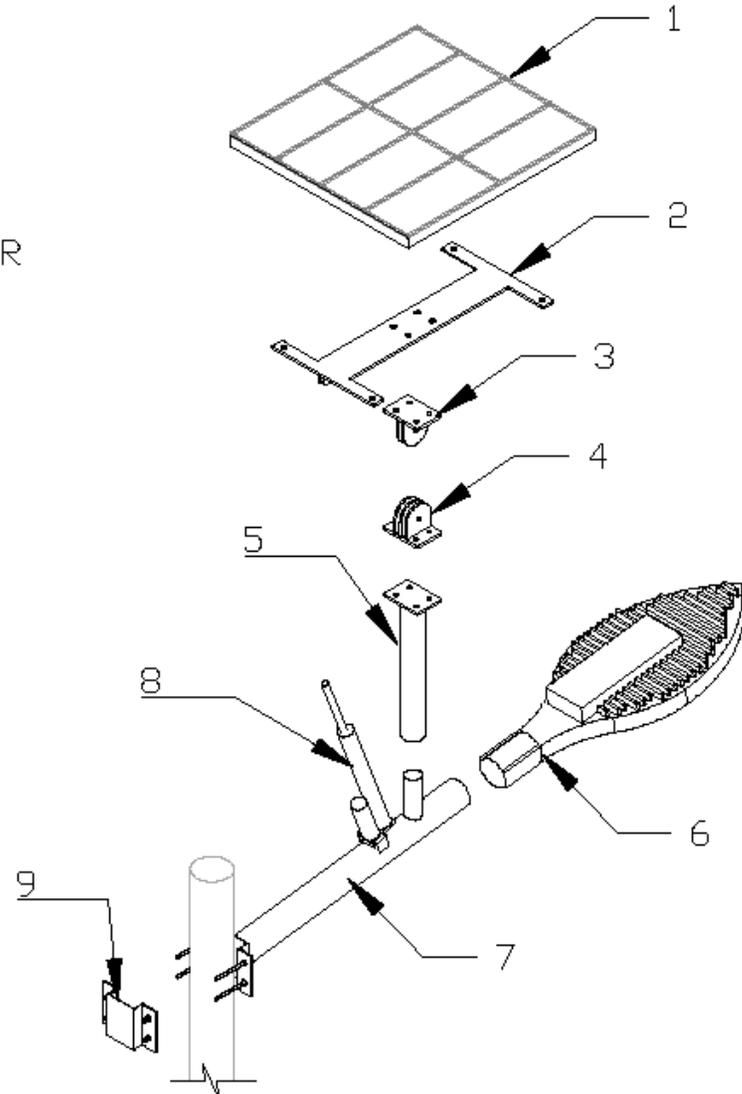
**Figura 9.** Características de los LEDs informativos

6. LED azul es un indicador de si la conexión por Bluetooth se ha realizado
7. LED verde es el indicador del encendido de la lámpara
8. LED amarillo nos indica que el panel entro en funcionamiento
9. LED rojo es un indicador de batería baja
10. Interruptor de encendido y apagado

## **ANEXO 2: Diseño de estructura metálica**

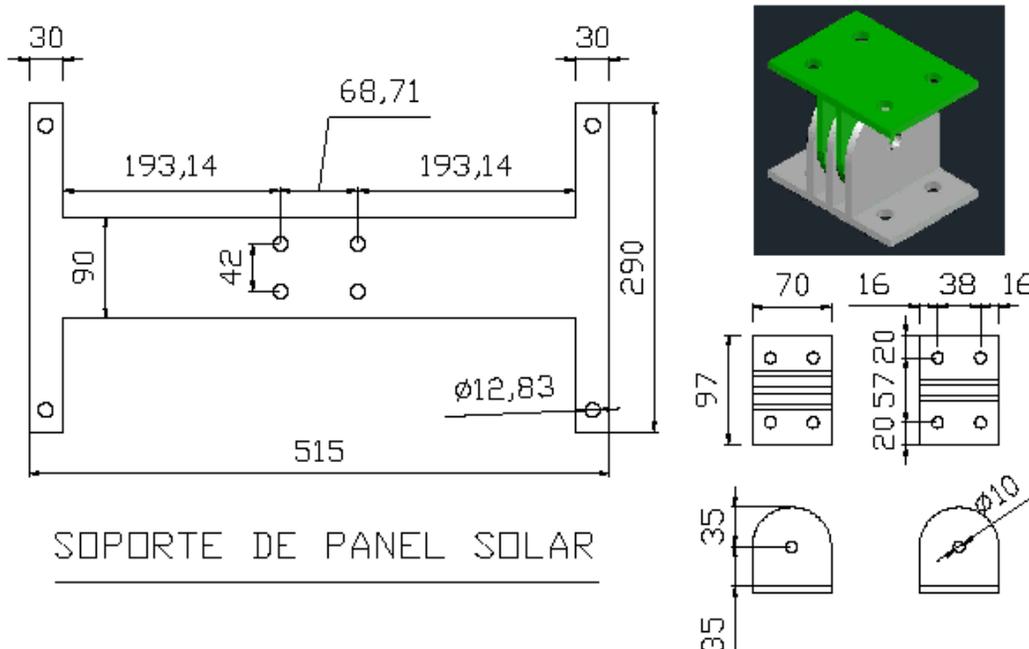
ARMADO DE LA ESTRUCTURA:

1. PANEL SOLAR
2. SOPORTE DEL PANEL SOLAR
3. PARTE GIRATORIA 1
4. PARTE GIRATORIA 2
5. UNIÓN PARA SOPORTAR EL PANEL SOLAR
6. LÁMPARA LED Y CAJA DE CONEXIONES
7. ESTRUCTURA PRINCIPAL
8. ACTUADOR LINEAL
9. ABRAZADERAS

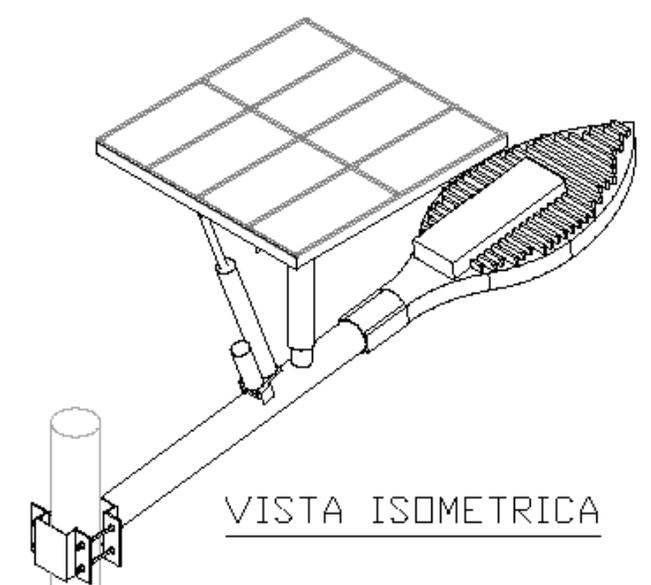


1 2 3 4 5 6 7 8

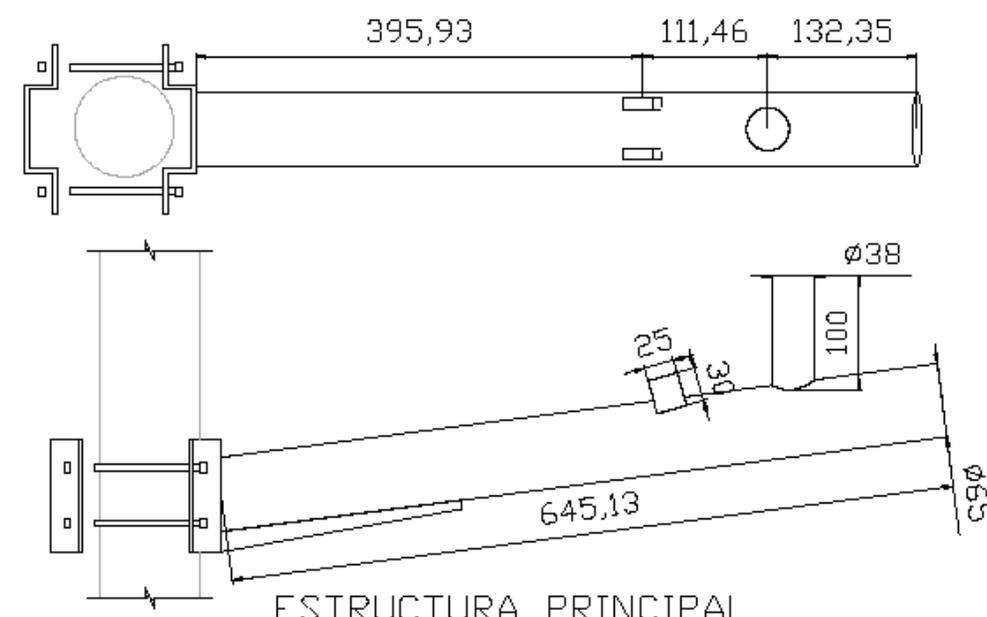
A  
B  
C  
D  
E  
F



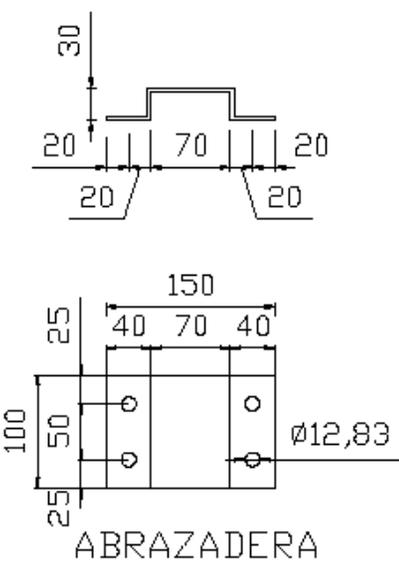
SOPORTE DE PANEL SOLAR



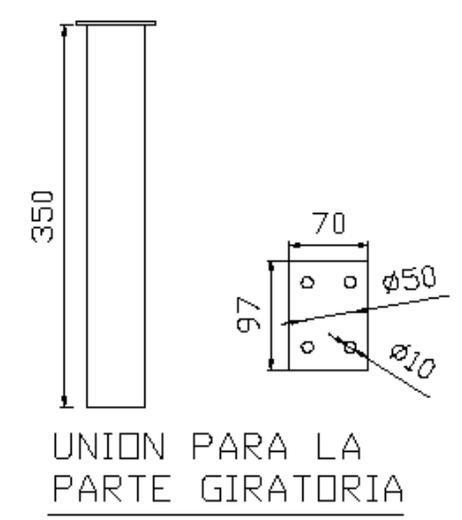
VISTA ISOMETRICA



ESTRUCTURA PRINCIPAL



ABRAZADERA



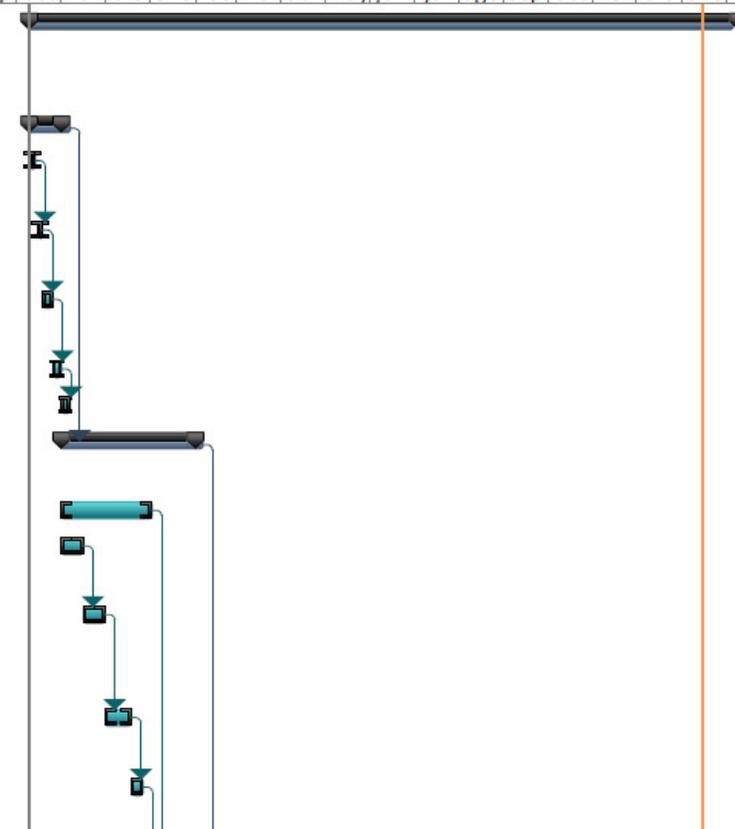
UNION PARA LA PARTE GIRATORIA

PROYECTO: LAMPARA SOLAR  
 ESTRUCTURA METÁLICA PARA LAMPARA SOLAR  
 AUTOR: PESANTEZ ESTALIN  
 REV. MG RENE CORTIJO

1 2 3 4 5 6 7 8

### **ANEXO 3: Cronograma de trabajo**

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	17	tri 4, 2017	tri 1, 2018	tri 2, 2018	tri 3, 2018	tri 4, 2018	tri 1, 2019							
						sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct
1		<b>Sistema Público de iluminación LED con panel solar isotrópico automatizado</b>	487 días	mar 10/10/17	vie 08/02/19														
2		<b>Investigación del proyecto</b>	22 días	mar 10/10/17	mar 31/10/17														
3		investigar los equipos adecuados para el proyecto	4 días	mar 10/10/17	vie 13/10/17														
4		investigar que tipos de paneles fotovoltaicos	3 días	lun 16/10/17	mié 18/10/17														
5		investigar que tipo de placas se van a utilizar	7 días	jue 19/10/17	mié 25/10/17														
6		Desarrollo del plan de Tesis	6 días	jue 26/10/17	mar 31/10/17														
7		Aprobación del plan de Tesis	6 días	mié 01/11/17	lun 06/11/17														
8		<b>Desarrollo del capítulo 1 y 2-construcción del proyecto</b>	92 días	mié 01/11/17	mié 31/01/18														
9		Desarrollo del Capítulo 1	62 días	mié 01/11/17	lun 01/01/18														
10		programacion de los indicadores LED	15 días	mié 01/11/17	mié 15/11/17														
11		programacion para correcto funcionamiento del actuador lineal	15 días	jue 16/11/17	jue 30/11/17														
12		programacion del RTC reloj de tiempo real	18 días	vie 01/12/17	lun 18/12/17														
13		programacion del sensor de corriente	8 días	mar 19/12/17	mar 26/12/17														



Proyecto: CRONOGRAMA DE TRAB Fecha: mar 15/01/19	Tarea		Hito externo		Informe de resumen manual	
	División		Tarea inactiva		Resumen manual	
	Hito		Hito inactivo		Sólo el comienzo	
	Resumen		Resumen inactivo		Sólo fin	
	Resumen del proyecto		Tarea manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Sólo duración		Progreso	

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	17	tri 4, 2017	tri 1, 2018	tri 2, 2018	tri 3, 2018	tri 4, 2018	tri 1, 2019						
						sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
14		programacion del sensor de temperatura para la bateria	8 días	mié 27/12/17	mié 03/01/18													
15		Desarrollo del Capitulo 2	33 días	jue 04/01/18	lun 05/02/18													
16		<b>Desarrollo del capitulo 3-construccion del proyecto</b>	<b>89 días</b>	<b>jue 01/02/18</b>	<b>lun 30/04/18</b>													
17		Desarrollo del Capitulo 3	89 días	jue 01/02/18	lun 30/04/18													
18		programacion del modulo bluetooth	19 días	vie 02/02/18	mar 20/02/18													
19		crear aplicación Android	15 días	mié 21/02/18	mié 07/03/18													
20		programacion del modulo wifi	20 días	jue 08/03/18	mar 27/03/18													
21		crear pagina WEB	21 días	mié 28/03/18	mar 17/04/18													
22		programacion del modulo M	13 días	mié 18/04/18	lun 30/04/18													
23		<b>Desarrollo del capitulo 4-construccion del proyecto</b>	<b>253 días</b>	<b>mar 01/05/18</b>	<b>mar 08/01/19</b>													
24		Desarrollo del capitulo 4	253 días	mar 01/05/18	mar 08/01/19													
25		diseño de la placa PCB	30 días	mié 02/05/18	jue 31/05/18													
26		construccion de la placa PCB	41 días	vie 01/06/18	mié 11/07/18													
27		diseño de la Estructura	49 días	jue 12/07/18	mié 29/08/18													
28		construccion de la estructura	21 días	jue 30/08/18	mié 19/09/18													

Proyecto: CRONOGRAMA DE TRAB Fecha: mar 15/01/19	Tarea		Hito externo		Informe de resumen manual	
	División		Tarea inactiva		Resumen manual	
	Hito		Hito inactivo		Sólo el comienzo	
	Resumen		Resumen inactivo		Sólo fin	
	Resumen del proyecto		Tarea manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Sólo duración		Progreso	

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	17																		
						tri 4, 2017	tri 1, 2018	tri 2, 2018	tri 3, 2018	tri 4, 2018	tri 1, 2019													
						sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar
29		Pruebas de funcionamiento del Proyecto Practico	111 días	jue 20/09/18	mar 08/01/19																			
30		<b>Presentacion del Escrito y Proyecto practico</b>	<b>11 días</b>	<b>mié 09/01/19</b>	<b>sáb 19/01/19</b>																			
31		Presentacion del Escrito	2 días	vie 11/01/19	sáb 12/01/19																			
32		Presentacion del Proyecto Practico	2 días	mié 09/01/19	jue 10/01/19																			
33		Correcciones del Escrito	7 días	dom 13/01/19	sáb 19/01/19																			
34		Correcciones del Proyecto Practico	5 días	lun 14/01/19	vie 18/01/19																			
35		Predefensa del Proyecto	8 días	lun 21/01/19	lun 28/01/19																			
36		Defensa del Proyecto	31 días	vie 04/01/19	lun 04/02/19																			

Proyecto: CRONOGRAMA DE TRAB  
Fecha: mar 15/01/19

Tarea		Hito externo		Informe de resumen manual	
División		Tarea inactiva		Resumen manual	
Hito		Hito inactivo		Sólo el comienzo	
Resumen		Resumen inactivo		Sólo fin	
Resumen del proyecto		Tarea manual		Fecha límite	
Tareas externas		Sólo duración		Progreso	

## **ANEXO 4: Programación Arduino Mega 2560**

```

#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Time.h>
#include <TimeAlarms.h>
#include <DS1307RTC.h>
int k=0;

File myFile;
String NombreFile;
int ContFile =0;
#define SOL_ADC A0 // Lectura del ADC para el panel solar
#define BAT_ADC A1 // Lectura del ADC para la bateria
#define CURRENT_ADC A2 // Lectura del ADC para la corriente ACS712
#define TEMP_ADC A3 // Lectura del ADC para el LM35 - Sensor de temperatura para
la bateria
#define BAT_MIN 5.0 // Valor minimo de la bateria
#define BAT_MAX 9.0 // Valor maximo de la bateria
#define BULK_CH_SP 11.4 // Set point para la etapa de Bulk // flooded type set it to
14.6V
#define FLOAT_CH_SP 10.6 // Float charge set point for lead acid battery
#define LVD 6.0 // Voltaje de desconexion para bateria de 12v
#define LOAD_PIN 29 // Pin Lampara Led -
#define BAT_RED_LED 8 // bateria baja (si el led esta encendida)
#define BAT_BLUE_LED 9 // BLUETOOTH STATUS
#define LAMP_GREEN_LED 10 // Led verde - indicador de lampara ON -OFF
#define SOL_YELL_LED 11 // SISMETA CARGANDO
#define Power_BT 7 // Encendido de BT

//////////////////////////////////Declaracion de Variables//////////////////////////////////

int manual=0;
float solar_volt=0;
float bat_volt=0;
float load_current=0;
int temperature=0;
int porcentaje=0;
//int temp_change=0;
float system_volt=6;
float bulk_charge_sp=11.4;
//float float_charge_sp=0;
float charge_status=0;
float load_status=0;
float error=0;
float Ep=0;
//int duty =0;
float lvd=11.6;
float mseg=0;
float last_mseg=0;

```

```

float elapsed_mseg=0;
float elapsed_time=0;
float ampSeg = 0;
float ampHoras=0;
float watts=0;
float wattSeg = 0;
float wattHoras=0;
float Serialmseg=0;
float NowSerialmseg=0;
float lastSerialmseg=0;
float SerialTemp=0;
char dato;
int autman=1;
int horario;
int minutos;
int segundos;
String readString;

//VARIABLES SAMT
int m=2;
int a=3;
int onn=4;
int off=5;

boolean BandEncender = false;
boolean BandApagar = false;
boolean BandAutomatico = false;
boolean BandManual = false;
char VarChar = ' ';

    * CONFIGURAR ESTO PARA CONECTARTE AL ROUTER

//const char* ssid = "SolarPanel"; //Define el el nombre (SSID) del router al que deseas
conectarte
//const char* password = "passolar"; //Define la contraseña del router
//ESP8266WebServer server(80); //Puerto HTTP 80
/*
***** EL programa comienza aqui*****
/
//Blink without delay
unsigned long interval = 5000;
unsigned long previousMillis;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(23, OUTPUT);
  pinMode(25, OUTPUT);

```

```

digitalWrite(23, LOW);
digitalWrite(25, LOW);

setSyncProvider(RTC.get);
if (timeStatus() != timeSet)
  Serial.println("Fallo de RTC");
else
  Serial.println("Sincronizado con RTC");
// Alarm.alarmRepeat(18, 21, 0, motor_on);
//Alarm.alarmRepeat(18, 21, 5, motor_off);
//Alarm.alarmRepeat(16, 14, 0, led_on); //ENCENDER LED
//Alarm.alarmRepeat(16, 16, 0, led_off); //APAGAR LED

Serial2.begin(9600); //Bluetooth Serial
Serial1.begin(115200);

pinMode(BAT_RED_LED,OUTPUT);
pinMode(SOL_YELL_LED,OUTPUT);

pinMode(BAT_BLUE_LED,OUTPUT);
pinMode(LAMP_GREEN_LED ,OUTPUT);
pinMode(LOAD_PIN,OUTPUT);
pinMode(Power_BT,OUTPUT);
pinMode(m,INPUT);
pinMode(a,INPUT);
pinMode(onn,INPUT);
pinMode(off,INPUT);
digitalWrite(LOAD_PIN,LOW);

// digitalWrite(Power_BT,HIGH);
// servo connections
// name.attach(pin);
// Serial.println("INICIANDO");
previousMillis = millis();

if (!SD.begin(53)) {
  Serial.println("No se pudo inicializar la MICRO SD");
  while (1); }}

void loop()
{
  Alarm.delay(1000);

  digitalClockDisplay();
  //Serial.println(autman);
  //Serial.println(" ");
  read_data(); // Lectura de Datos
  serialEvent3();

```

```

//charge_cycle();          // Ciclo de carga PWM
power();                   // Calculo del consumo
lampara_control();        //control de la lampara
led_indication();         // control de los leds
// EnviarEspMicroSD();

if ((minutos == 0 && segundos==0) || (minutos ==5 && segundos==0) || (minutos ==10
&& segundos==0) || (minutos ==15 && segundos==0)|| (minutos ==20 &&
segundos==0)|| (minutos ==25 && segundos==0)|| (minutos ==30 && segundos==0)||
(minutos ==35 && segundos==0)|| (minutos ==40 && segundos==0)|| (minutos ==45
&& segundos==0)|| (minutos ==50 && segundos==0)|| (minutos ==55 &&
segundos==0))
{
    EnviarEspMicroSD();
}
Web();
// Esta es la parte importante del ejemplo
unsigned long currentMillis = millis();
if ((unsigned long)(currentMillis - previousMillis) >= interval)
{
    // print_data();
    previousMillis = millis();
}

// print_data();          // SERIAL SERIAL Bluetooth

//Servos();              // Servo
BT();
if(manual==1)
{
    if(BandEncender==true)
    {
        VarChar ==' ';BandEncender=false;
        Serial.println("encender led*");
        digitalWrite(10,HIGH);
        digitalWrite(29,HIGH);
        delay(100);
    }

    if(BandApagar==true)
    {
        VarChar ==' ';BandApagar=false;
        Serial.println("apagar led*");
        digitalWrite(10,LOW);
        digitalWrite(29,LOW);
        Serial.println("bandApagar");
        delay(100);
    }
}

```

```

}
  if(BandAutomatico==true)
  { VarChar ==' ';BandAutomatico=false;
  Serial.println("modo automatico**");
  // digitalWrite(9,HIGH);
    manual=0;
    delay(100);
  }
  if(BandManual==true)
  { VarChar ==' ';BandManual=false;
  Serial.println("modo manual**");
  //digitalWrite(9,LOW);
    delay(100);
    manual=1;
  }
  if(manual==0) // sistema automatico de iluminacion
  {
  Serial.println("prueba manual ceroo");
  if ((horario>=16 && horario<=24)||(horario>=0 && horario<=8))
  { digitalWrite(29,HIGH);
  digitalWrite(10,HIGH);
  Serial.println("if highhh");
  }
  else{
  digitalWrite(29,LOW);
  digitalWrite(10,LOW);
  Serial.println("else lowww");
  }
  }
}

void serialEvent3() {
  while (Serial1.available())
  {
  VarChar = (char)Serial1.read();
  if(VarChar =='a'){BandEncender=true;}
  if(VarChar =='b'){BandApagar=true;}
  if(VarChar =='c'){BandAutomatico=true;}
  if(VarChar =='d'){BandManual=true;}
  }
}

/*
***** EL programa termina aqui*****
/

////////////////////////Entradas Analogicas////////////////////////////////*****

```

```

int read_adc(int adc_parameter) //Lee el parametro actual del ADC
{
  int sum = 0;
  int sample ;
  for (int i=0; i<10; i++)
  {
    // Bucle de lectura, sumatoria promedio de 10 lecturas.
    sample = analogRead(adc_parameter); // Lectura en el pin especificado
    sum += sample; // Archiva las lecturas
    delayMicroseconds(40); // pausa de 40 microsegundos
  }
  return(sum / 10); // Promedio de las lecturas.
}
//////////////////////////////////Lectura de Datos//////////////////////////////////

void read_data(void)
{
  #define SOL_ADC A0
  #define BAT_ADC A1
  //5V = A un valor de 1024 en el ADC => 1 ADC equivale a = (5/1024)=
  0.0048828Voltios
  //Para la lectura del voltaje tenemos que,  $V_{out}=V_{in} \cdot R_2 / (R_1+R_2) \Rightarrow V_{in} =$ 
   $V_{out} \cdot (R_1+R_2) / R_2$   $R_1=100$  and  $R_2=50$ 
  float R1 = 33000.0;
  float R2 = 8200.0;
  solar_volt = ((analogRead(A0) * 5.0) / 1023.0) / (R2 / (R1+R2));

  // solar_volt = read_adc(SOL_ADC)*0.00488*(150/50);

  // bat_volt = read_adc(BAT_ADC)*0.00488*(150/50);

  bat_volt = ((analogRead(A1) * 5.0) / 1023.0) / (R2 / (R1+R2));
  if(bat_volt<=5){Serial.println(" ALERTA ");}
  //float porcentaje=map(bat_volt,5,7,0,100);

  // long map(long x, long in_min, long in_max, long out_min, long out_max)
  //{
  // return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
  //}
  porcentaje=(bat_volt-5.00)*(100-0)/(7.0-5.0)+20.00;
  Serial.print("-----");
  Serial.println(porcentaje);

  //load_current = (read_adc(CURRENT_ADC)*.0488 -25);
  load_current = (((5.0 / 1023.0) * analogRead(A2))-0.49) / 0.6757)*-4.2;

  //temperature = read_adc(TEMP_ADC)*0.00488*100;
  temperature = read_adc(TEMP_ADC)/2.05;
}

```

```

//////////////////////////////////Calculos de Energia//////////////////////////////////

void power(void)
{
  mseg = millis();          //Temporizador
  elapsed_mseg = mseg - last_mseg;    //Calcula cuanto tiempo ha pasado desde la
  ultima vez que se llamo a la funcion
  elapsed_time = elapsed_mseg / 1000.0; // 1seg=1000 mseg
  watts = load_current * bat_volt;    //Vataje
  ampSeg = (load_current*elapsed_time); //Amp/Seg
  wattSeg = ampSeg * bat_volt;        // Watts/Seg
  ampHoras = ampHoras + ampSeg/3600;  // 1 hour=3600sec //Consumo total de amperios
  desde que inicio el programa
  wattHoras = wattHoras + wattSeg/3600; // 1 hour=3600sec //Consumo total en Vatios/Hora
  desde que inicio el programa
  last_mseg = mseg;                //Almacena el "Ahora" para la siguiente medicion
}

//////////////////////////////////Print en Serial//////////////////////////////////

void print_data(void)
{
  Serialmseg = mseg;
  NowSerialmseg = Serialmseg - lastSerialmseg;
  SerialTemp += NowSerialmseg;

  if (SerialTemp >= 100) //Pasaron 100mseg sin interrupcion
  {
    SerialTemp = 0;

    //Formato de Streaming de datos al Bluetooth
    //" voltaje del panel,
    // voltaje de bateria,
    // voltaje de carga,
    // temperatura,
    // corriente de carga,
    // porcentaje de carga,
    // estatus de lámpara"
    char str[1000];
    if (autman==1 and load_status==1)
    {

//carga bulk con lampara encendida

sprintf(str, "%d.%02d,%d.%02d,%d.%02d,%d.%02d,%s,%s,%d",
(int)solar_volt,
(int)(solar_volt*100)%100,

```

```

(int)bat_volt,
(int)(bat_volt*100)%100,
(int)temperature,
(int)(temperature*100)%100,
(int)load_current,
(int)(load_current*100)%100,"1", "1",
(int)porcentaje);

Serial2.println(str);
}

else if (autman==1 and load_status==0){
//carga bulk con lampara apagado
sprintf(str,"%d.%02d,%d.%02d,%d.%02d,%d.%02d,%s,%s,%d",
(int)solar_volt,
(int)(solar_volt*100)%100,
(int)bat_volt,
(int)(bat_volt*100)%100,
(int)temperature,
(int)(temperature*100)%100,
(int)load_current,
(int)(load_current*100)%100,"0", "1",(int)porcentaje);

Serial2.println(str);

EnviarEspMicroSD();
}
else if (autman==2 and load_status==1)
{
//carga flotante con lampara encendida
sprintf(str,"%d.%02d,%d.%02d,%d.%02d,%d.%02d,%s,%s,%d",
(int)solar_volt,
(int)(solar_volt*100)%100,
(int)bat_volt,
(int)(bat_volt*100)%100,
(int)temperature,
(int)(temperature*100)%100,
(int)load_current,
(int)(load_current*100)%100,"1","0",(int)porcentaje);

Serial2.println(str);
}
//carga flotante con lampara apagada
else if (autman==2 and load_status==0){

sprintf(str,"%d.%02d,%d.%02d,%d.%02d,%d.%02d,%s,%s,%d",
(int)solar_volt,

```

```

        (int)(solar_volt*100)%100,
        (int)bat_volt,
        (int)(bat_volt*100)%100,
        (int)temperature,
        (int)(temperature*100)%100,
        (int)load_current,
        (int)(load_current*100)%100,"0","0",(int)porcentaje);
Serial2.println(str);
    }
}
}
void EnviarEspMicroSD (void)
{
    char str[50];
    float randNumber;
    Serial.println(solar_volt);
    Serial.println(bat_volt);
    Serial.println(temperature);
    Serial.println(load_current);

    solar_volt = abs(solar_volt);
    bat_volt = abs(bat_volt);
    temperature = abs(temperature);
    load_current = abs(load_current);

    sprintf(str,"%03d.%02d,%03d.%02d,%03d.%02d,%03d.%02d",
        (int)solar_volt,(int)(solar_volt*100)%100,
        (int)bat_volt,
        (int)(bat_volt*100)%100,
        (int)temperature,
        (int)(temperature*100)%100,
        (int)load_current,
        (int)(load_current*100)%100);
    //Serial1.println(str);// SERIAL3
    Serial.println(str);
    myFile = SD.open("DATA.txt", FILE_WRITE);//abrimos el archivo

    if (myFile)
    {

        myFile.print( hour() );
        myFile.print(":");
        myFile.print( minute() );
        myFile.print(":");
        myFile.print( second() );
        myFile.print(",");
        myFile.println(String(str));
        myFile.close(); //cerramos el archivo
    }
}

```

```

    } else
    {
        Serial.println("Error al abrir el archivo INIT");
    }
}

void Web (void)
{
    char str[50];
    float randomNumber;
    Serial.println(solar_volt);
    Serial.println(bat_volt);
    Serial.println(temperature);
    Serial.println(load_current);

    solar_volt = abs(solar_volt);
    bat_volt = abs(bat_volt);
    temperature = abs(temperature);
    load_current = abs(load_current);

    sprintf(str, "#%03d.%02d,%03d.%02d,%03d.%02d,%03d.%02d&",
        (int)solar_volt,(int)(solar_volt*100)%100,
        (int)bat_volt,
        (int)(bat_volt*100)%100,
        (int)temperature,
        (int)(temperature*100)%100,
        (int)load_current,
        (int)(load_current*100)%100);
    Serial1.println(str);// SERIAL3
    Serial.println(str);
}void lampara_control(){ }

//////////Indicadores Leds//////////

void led_indication(void)
{

    if(solar_volt > 6)
    { digitalWrite(9,HIGH); }
    else
    { digitalWrite(9,LOW); }

    if(bat_volt>5){ digitalWrite(8,LOW);}
    else{ digitalWrite(8,HIGH);}

}

```

```
/** CONFIGURACION DE
BLUETOOTH**//
```

```
void BT(void)
{
  while (Serial2.available())//Declaramos un sentencia, Mientras el puerto Serial este
  disponible se empieza el ciclo
  {
    //Serial.println("cliente conectado");
    digitalWrite(11, HIGH); //Bluetooth en espera de conexión de cliente
    delay (20);
    digitalWrite(11
    , LOW);
    char dato= Serial2.read(); //Declaramos una variable de tipo carácter y Seo lee la
    variale enviada desde el Bluetooth.
    switch(dato)
    {
    case 'I': //Si en el caso de ser I la variable enviada, entonces:
    {
      print_data();
      //Console.println(dato);
      break;//El caso se detiene.
    }
    case '1': //Automatico
    {
      BandAutomatico=true;
      Serial.println("automatico bt");
      autman=1;
      //Serial2.print("EL sistema se encuentra en encendido de led automático.");
      //Console.println(dato);
      break;//El caso se detiene.
    }
    case '2': // Manual
    {
      Serial.println("manual bt");
      BandManual=true;
      autman=2;
      //Serial2.print("El sistema se encuentra en encendido de led Manual.");
      //Console.println(dato);
      break;//El caso se detiene
    }

    case '3': //Si en el caso de ser 3 la variable enviada, entonces enciende el LED
    {
      BandEncender=true;
      load_status=1;
      Serial.println("led on bt");
      break;//El caso se detiene.
    }
  }
}
```

```

    }
    case '4': //Si en el caso de ser 2 la variable enviada, entonces apaga el LED
    {
        Serial.println("led off bt");
        BandApagar=true;
        load_status=0;
        break;//El caso se detiene

    }
    default:
        // Si no es ningún carácter de comando regresamos el siguiente mensaje
        //Serial2.print(dato);
        //Serial2.println(": Comando no reconocido, debe escribir I,1,2,3,4 para recibir la
información");
        break;} }}

void motor_on(){ digitalWrite(23, HIGH); digitalWrite(25, LOW);}
void motor_off(){digitalWrite(23, LOW);digitalWrite(25, LOW);}
void led_on() {k=1;Serial.println("k=1");load_status=1;}
void led_off() {k=2;Serial.println("k=2");load_status=0;}
void digitalClockDisplay()
{
    // digital clock display of the time
    horario=hour();
    minutos=minute();
    segundos=second();

    Serial.println(horario);
    Serial.print(hour());
    printDigits(minute());
    printDigits(second());
    Serial.println();
}
void printDigits(int digits)
{
    Serial.print(":");
    if(digits < 10)
        Serial.print('0');
    Serial.print(digits);
}

```

## **ANEXO 5: Programación ESP8266 NODEMCU**

## Código 1

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <ESP8266mDNS.h>

const char *ssid = "pontonet"; //NOMBRE DE LA RED
const char *password = "barcelona2016"; // PASSWOR DE LA RED
//const char *ssid = "iPhone"; //NOMBRE DE LA RED
//const char *password = "abcdefghijkl"; // PASSWOR DE LA RED
ESP8266WebServer server(80);
//PUERTOS GPIO
int m=16;
int a=5;
int onn=4;
int off=2;
double VolPanSol = 0;
double VolBateri = 0;
double TempBater = 0;
double CorrConsd = 0;
String StrVolPanSol = "";
String StrVolBateri = "";
String StrTempBater = "";
String StrCorrConsd = "";
//ESTRUCTURA HTML
void HtmlCabezera();
void HtmlHeadMenu();
void EstilosCssHtml();
void BodyHtmlTabla();
void BodyHtmlBoton();
void BodyHtmlFin();
//MENUS HTML
void ControlWeb();
void handleNotFound();
void ActualizarServidor();
boolean StringCompleta = false;
String Buffer = "";
void setup(void) {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.println("");
  pinMode(m,OUTPUT);
  pinMode(a,OUTPUT);
  pinMode(onn,OUTPUT);
  pinMode(off,OUTPUT);
```

```

digitalWrite(m,LOW);
digitalWrite(a,LOW);
digitalWrite(onn,LOW);
digitalWrite(off,LOW);
delay(100);
// Wait for connection
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.print("Connected to ");
Serial.println(ssid);
Serial.print("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
if (MDNS.begin("esp8266")) {
  Serial.println("MDNS responder started");
}
server.on("/", ControlWeb);
server.on("/socket1On",socket1On);
server.on("/socket1Off", socket1Off);
server.on("/socket1Au", socket1Au);
server.on("/socket1Mn", socket1Mn);

server.on("/inline", []() {
server.send(200, "text/plain", "this works as well");
});
server.onNotFound(handleNotFound);
server.begin();
Serial.println("HTTP server started");
VolPanSol = 00.00;
VolBateri = 00.00;
TempBater = 00.00;
CorrConsd = 00.00;
}
void loop(void) {
server.handleClient();
if (Serial.available() > 0)
{
while (Serial.available())
{
char VarChar = (char)Serial.read();
Buffer += VarChar;
if (VarChar == '&') {StringCompleta = true;}
}
}
if (StringCompleta)
{

```

```

int MyChar = Buffer.indexOf('#');
int LyLengt = Buffer.length();
if ((MyChar==2)&&(LyLengt==31))
{
  // #003.050,003.050,003.050,003.050&
  String Str_1 = Buffer.substring(MyChar+1,MyChar+7);
  String Str_2 = Buffer.substring(MyChar+8,MyChar+14);
  String Str_3 = Buffer.substring(MyChar+15,MyChar+21);
  String Str_4 = Buffer.substring(MyChar+22,MyChar+28);
  VolPanSol = Str_1.toFloat();
  VolBateri = Str_2.toFloat();
  TempBater = Str_3.toFloat();
  CorrConsd = Str_4.toFloat();
  /*
  Serial.println(Buffer);
  Serial.println(MyChar);
  Serial.println(LyLengt);
  Serial.println(Str_1);
  Serial.println(Str_2);
  Serial.println(Str_3);
  Serial.println(Str_4);
  */
  /*
  Serial.println(VolPanSol);
  Serial.println(VolBateri);
  Serial.println(TempBater);
  Serial.println(CorrConsd);
  */

}
Buffer = "";
StringCompleta = false;
}
}

```

## Código 2

```

void socket1On() {
  //Serial.println("ENVIANDO A ENCENDER LED");
  Serial.println("a");
  digitalWrite(onn,HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(onn,LOW);
  delay(500);
  ActualizarServidor();
  server.sendContent(
    "<script>history.go(-1);</script>"
  );
}

```

```

    FinPageBotones();
}

void socket1Off() {
    //Serial.println("ENVIANDO A APAGAR LED");
    Serial.println("b");
    digitalWrite(off,HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(off,LOW);
    delay(500);
    ActualizarServidor();
    server.sendContent(
        "<script>history.go(-1);</script>"
    );
    FinPageBotones();
}

void socket1Au() {
    //Serial.println("CONFIGURANDO EN MODO AUTOMATICO");
    Serial.println("c");
    digitalWrite(a,HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(a,LOW);
    delay(500);
    ActualizarServidor();
    server.sendContent(
        "<script>history.go(-1);</script>"
    );
    FinPageBotones();
}

void socket1Mn() {
    //Serial.println("CONFIGURANDO EN MODO MANUAL");
    Serial.println("d");
    digitalWrite(m,HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(m,LOW);
    delay(500);
    ActualizarServidor();
    server.sendContent(
        "<script>history.go(-1);</script>"
    );
    FinPageBotones();
}

```

### Código 3

```
void HtmlCabezera(){
    server.setHeader("Cache-Control", "no-cache, no-store, must-revalidate");
    server.setHeader("Pragma", "no-cache");
    server.setHeader("Expires", "-1");
    server.setContentLength(CONTENT_LENGTH_UNKNOWN);
    server.send(200, "text/html", "");
}
// content='5' TIEMPO REFRESCO
void HtmlHeadMenu(){
    server.sendContent(
        "<html>"
        "<head>"
        "<title>Control IOT</title>"
        "<meta http-equiv='refresh' content='5'/>"
    );
}
void EstilosCssHtml(){
    server.sendContent(
        "<style>"
        "div {text-align:center;}"
        "table {border-collapse: collapse;margin: 0 auto;width: 50%;}"
        "th, td {text-align: left;padding: 8px;}"
        "tr:nth-child(even) {background-color: #f2f2f2;}"
        "button {background-color: #cccccc; border-radius: 20px;color: white;padding: 6px
20px; font-size: 20px;}"
        "</style>"
    );
}
void BodyHtmlTabla(){
    server.sendContent(
        "</head>"
        "<body>"
        "<br>"
        "<h2 align=center>VALORES MEDIDOS</h2>"
        "<br>"
        "<div>"
        "<table>"
        "<tr>"
        "    <th>ITEM</th>"
        "    <th>DESCRIPCION</th>"
        "    <th>MEDIDA</th>"
        "</tr>"
        "<tr>"
        "    <td>1</td>"
        "    <td>Voltaje Panel Solar</td>"
        "    <td>" + StrVolPanSol + " V </td>"
    );
}
```



## Código 4

```
void ControlWeb()
{
    //-----
    /*
    VolPanSol ++;
    VolBateri ++;
    TempBater ++;
    CorrConsd ++;
    */
    StrVolPanSol = String(VolPanSol);
    StrVolBateri = String(VolBateri);
    StrTempBater = String(TempBater);
    StrCorrConsd = String(CorrConsd);
    //-----
    ActualizarServidor();
    FinPagePrincipal();
}
void ActualizarServidor()
{
    HtmlCabezera();
    HtmlHeadMenu();
    EstilosCssHtml();
    BodyHtmlTabla();
    BodyHtmlBoton();
}
void FinPagePrincipal()
{
    BodyHtmlFin();
}
void FinPageBotones()
{
    BodyHtmlFin();
}
void handleNotFound()
{
    String message = "File Not Found\n\n";
    message += "URI: ";
    message += server.uri();
    message += "\nMethod: ";
    message += (server.method() == HTTP_GET) ? "GET" : "POST";
    message += "\nArguments: ";
    message += server.args();
    message += "\n";
    for (uint8_t i = 0; i < server.args(); i++) {
        message += " " + server.argName(i) + ": " + server.arg(i) + "\n";
    }
    server.send(404, "text/plain", message);
}
```

## **ANEXO 6: Diagrama de conexionado electrónico**



## **ANEXO 7: Programación App inventor 2**

```
cuando encender . Clic
ejecutar llamar BluetoothClient1 . EnviarTexto
        texto " 3 "
```

```
cuando Screen1 . Inicializar
ejecutar poner SendButton . Habilitado como falso
        poner Automatico . Habilitado como falso
        poner Manual . Habilitado como falso
        poner apagar . Habilitado como falso
        poner encender . Habilitado como falso
```

```
inicializar global Received_data como " 0 "
inicializar global Lista como " 0 "
inicializar global Solicitar_data como " 0 "
inicializar global Automatico como " 1 "
inicializar global Manual como " 2 "
inicializar global encender como " 3 "
inicializar global apagar como " 4 "
```

```
cuando ListaDispositivos . AntesDeSelección
ejecutar poner ListaDispositivos . Elementos como BluetoothClient1 . DireccionesYNombres
```

```
cuando ListaDispositivos . DespuésDeSelección
ejecutar poner ListaDispositivos . Selección como llamar BluetoothClient1 . Conectar
        dirección ListaDispositivos . Selección
```

```
cuando Button1 . ClicLargo
ejecutar llamar BluetoothClient1 . EnviarTexto
        texto " 6 "
```

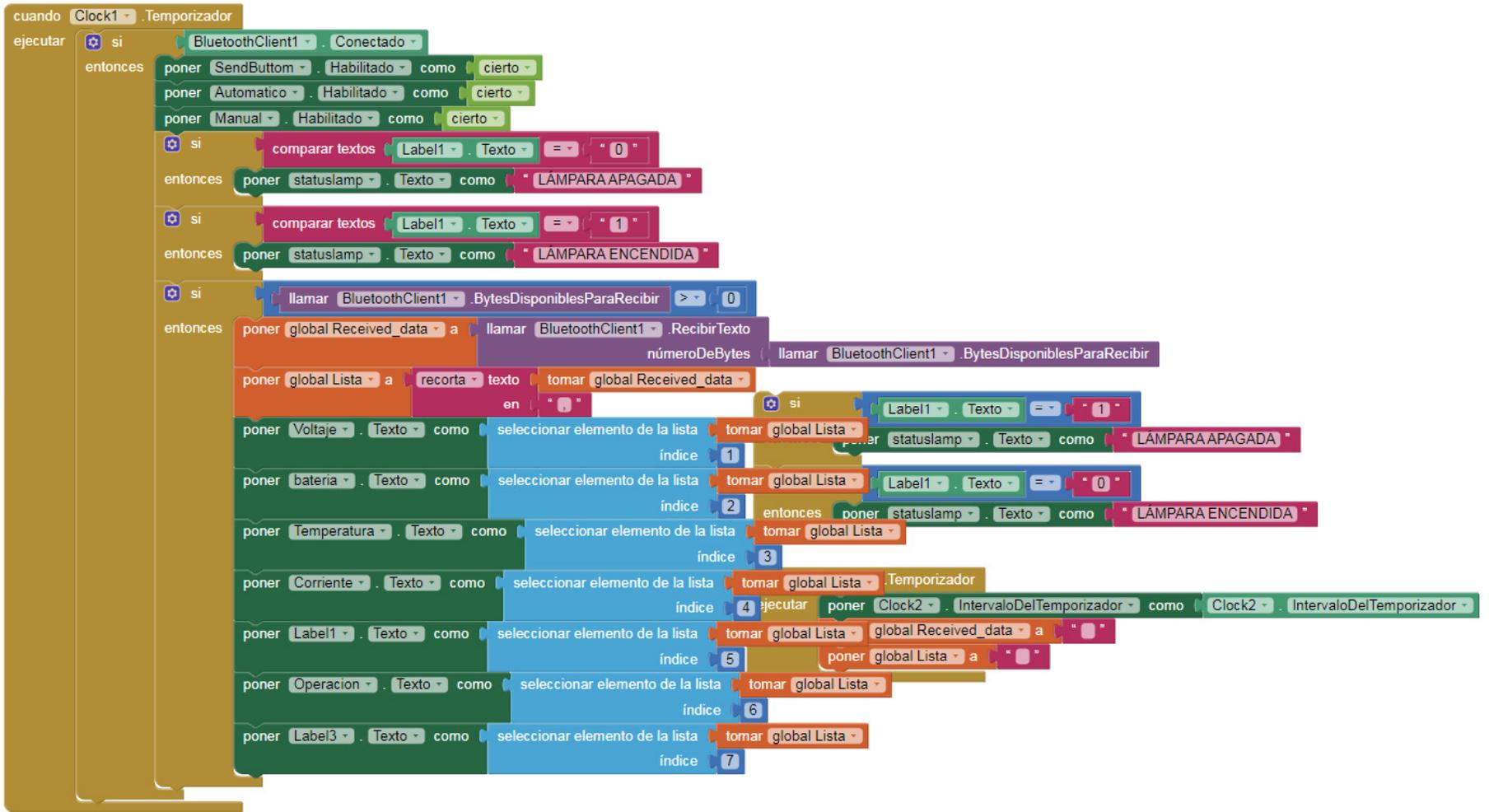
```
cuando Automatico . Clic
ejecutar poner apagar . Habilitado como falso
        poner encender . Habilitado como falso
        llamar BluetoothClient1 . EnviarTexto
                texto " 1 "
        poner Modo_de_operacion . Texto como " MODO: AUTOMATICO "
```

```
cuando SendButton . Clic
ejecutar llamar BluetoothClient1 . EnviarTexto
        texto " 1 "
```

```
cuando apagar . Clic
ejecutar llamar BluetoothClient1 . EnviarTexto
        texto " 4 "
```

```
cuando Manual . Clic
ejecutar poner apagar . Habilitado como cierto
        poner encender . Habilitado como cierto
        llamar BluetoothClient1 . EnviarTexto
                texto " 2 "
        poner Modo_de_operacion . Texto como " MODO: MANUAL "
```

```
cuando Button1 . Clic
ejecutar llamar BluetoothClient1 . EnviarTexto
        texto " 5 "
```



## **ANEXO 8: Cotizaciones**



## COTIZACIÓN

Dirección: ~~Av. Mariscal Valverde OE3398 y Av. Pumichaca~~  
 Quito, Pichincha  
 Mail: centroimt@hotmail.com  
 Teléfono: 022631631/ 0992563978

FECHA: 25/09/18  
 COTIZACIÓN #: 25/10/18  
 CLIENTE ID: 1724994684  
 VALIDO HASTA: RUC

### CLIENTE

Nombre: Teléfono:  
 Dirección: Ruc:

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	CANT.	TOTAL
SENSOR ULTRASONICO HC-SR04	14.74	1	\$ 14.74
Micro controlador Arduino AtMega 2560	50	1	\$ 50.00
Panel Solar 150w Policristalino	120	1	\$ 120.00
Actuador lineal		1	\$ -
Batería 6,8V de Litio	100	1	\$ 100.00
Lámpara Led 80 Watts	2	1	\$ 2.00
Sensor de temperatura LM35	10.45	1	\$ 10.45
Sensor de Corriente (ACS712)	0.1	4	\$ 3.00
Diodos LEDs de 5mm	3	1	\$ 10.00
Módulo Micro SD para Arduino	10	1	\$ 7.45
Modulo Wifi Esp8266 Micro Usb Arduino Node Mcu Lua	7.45	1	\$ 4.00
Módulo Bluetooth HC-05 para Arduino	4	1	\$ 0.95
Tarjeta micro SD 2GB	0.95	1	\$ 100.00
Baquelita de 10x15cm	100	1	\$ 3.50
Estructura en aluminio para posicionamiento del panel solar	3.5	1	\$ 2.25
Módulo Puente H L298 L298n 2amp	2.25	1	\$ 3.50
Modulo Regulador Step Down Lm2596 3amp	3.5	1	\$ 2.60
Módulo Rtc Ds3231 + Pila At24c32 I2c	0.65	4	\$ 1.00
Espadines o pines para conexión	\$ 1.00	1	\$ -

TÉRMINOS Y CONDICIONES		SUBTOTAL	\$ 435.84
		IVA	\$ 52.30
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 488.14</b>



## COTIZACIÓN

Dirección:  
 Quito, Pichincha  
 Sitio Web: easybot3d.com  
 Teléfono: 0990088745  
 Asesor de Venta: Santiago Medina

FECHA: 05/11/18  
 COTIZACIÓN #: 65  
 CLIENTE ID: KDCM  
 VALIDO HASTA: 05/12/18

### CLIENTE

### PRODUCTOS

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	CANT.	TOTAL
Micro controlador Arduino AtMega 2560	14.74	1	\$ 14.74
Panel Solar 150w Policristalino	50	1	\$ 50.00
Actuador lineal	100	1	\$ 100.00
Batería 6,8V de Litio		1	\$ -
Lámpara Led 80 Watts	100	1	\$ 100.00
Sensor de temperatura LM35	2	1	\$ 2.00
Sensor de Corriente (ACS712)	10.45	1	\$ 10.45
Diodos LEDs de 5mm	0.1	4	\$ 0.40
Módulo Micro SD para Arduino	3	1	\$ 3.00
Modulo Wifi Esp8266 Micro Usb Arduino Node Mcu Lua	10	1	\$ 10.00
Módulo Bluetooth HC-05 para Arduino	7.45	1	\$ 7.45
Tarjeta micro SD 2GB	4	1	\$ 4.00
Baquelita de 10x15cm	0.95	1	\$ 0.95
Estructura en aluminio para posicionamiento del panel solar	100	1	\$ 100.00
Módulo Puente H L298 L298n 2amp	3.5	1	\$ 3.50
Modulo Regulador Step Down Lm2596 3amp	2.25	1	\$ 2.25
Módulo Rtc Ds3231 + Pila At24c32 I2c	3.5	1	\$ 3.50
Espadines o pines para conexión	0.65	4	\$ 2.60
			\$ -
		Subtotal	\$ 414.84
		IVA 12%	\$ 49.78

### TÉRMINOS Y CONDICIONES

1. Al cliente se le cobrará después de aceptada esta cotización
2. El pago será debitado antes de la entrega de bienes y servicios

**TOTAL \$ 464.62**

**ANEXO 9: Datasheet**

# Technical Specification

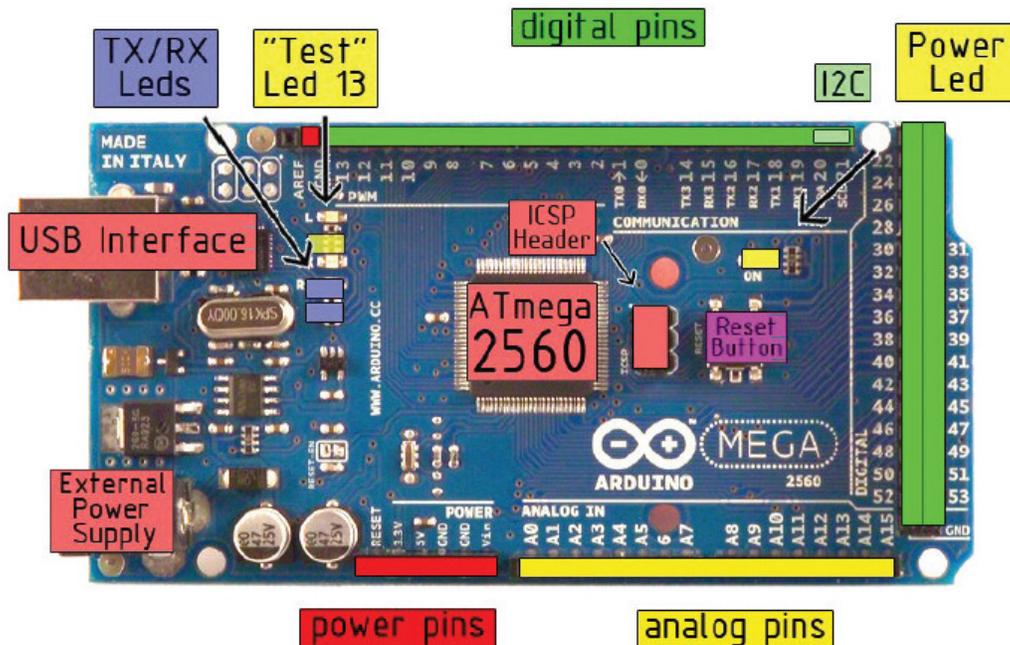


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

## Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

## the board

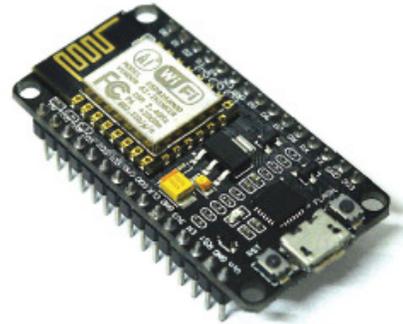


*radiospares* **RADIONICS**



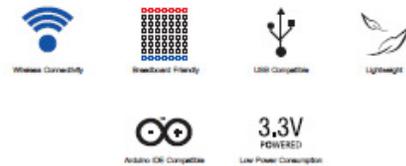
# NodeMCU ESP8266 ESP-12E Wifi Development Board

NodeMCU is an open source IoT platform. It includes firmware which runs on the ESP8266 Wi-Fi SoC from Espressif Systems, and hardware which is based on the ESP-12 module. The term "NodeMCU" by default refers to the firmware rather than the DevKit. The firmware uses the Lua scripting language. It is based on the eLua project, and built on the Espressif Non-OS SDK for ESP8266. It uses many open source projects, such as lua-cjson, and spiffs.



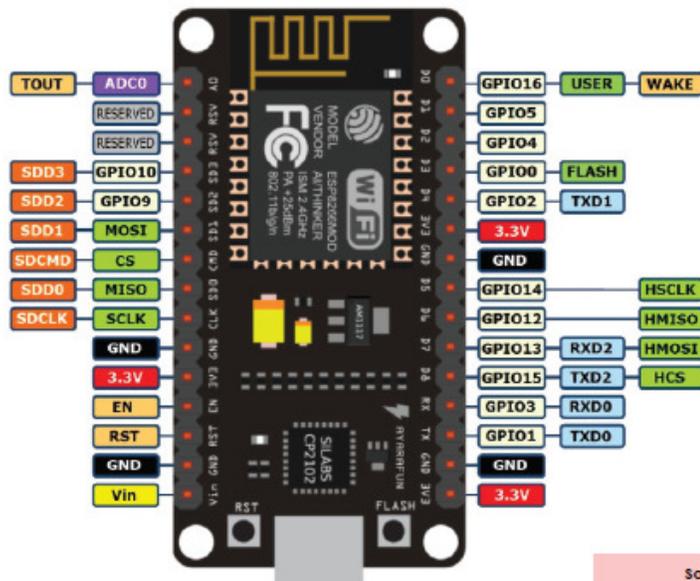
## Features

- ▶ Version : DevKit v1.0
- ▶ Breadboard Friendly
- ▶ Light Weight and small size.
- ▶ 3.3V operated, can be USB powered.
- ▶ Uses wireless protocol 802.11b/g/n.
- ▶ Built-in wireless connectivity capabilities.
- ▶ Built-in PCB antenna on the ESP-12E chip.
- ▶ Capable of PWM, I2C, SPI, UART, 1-wire, 1 analog pin.
- ▶ Uses CP2102 USB Serial Communication interface module.
- ▶ Arduino IDE compatible (extension board manager required).
- ▶ Supports Lua (alike node.js) and Arduino C programming language.



## PINOUT DIAGRAM

### NodeMCU ESP8266 v1.0



Source  
<https://iotbytes.wordpress.com/nodemcu-pinout/>

**Safety Precaution**  
 All GPIO runs at 3.3V !!



Front View



Front View

## Specifications of ESP-12E WiFi Module

<b>Wireless Standard</b>	IEEE 802.11 b/g/n
<b>Frequency Range</b>	2.412 - 2.484 GHz
<b>Power Transmission</b>	802.11b : +16 ± 2 dBm (at 11 Mbps) 802.11g : +14 ± 2 dBm (at 54 Mbps) 802.11n : +13 ± 2 dBm (at HT20, MCS7)
<b>Receiving Sensitivity</b>	802.11b : -93 dBm (at 11 Mbps, CCK) 802.11g : -85 dBm (at 54 Mbps, OFDM) 802.11n : -82 dBm (at HT20, MCS7)
<b>Wireless Form</b>	On-board PCB Antenna
<b>IO Capability</b>	UART, I2C, PWM, GPIO, 1 ADC
<b>Electrical Characteristic</b>	3.3 V Operated 15 mA output current per GPIO pin 12 - 200 mA working current Less than 200 uA standby current
<b>Operating Temperature</b>	-40 to +125 °C
<b>Serial Transmission</b>	110 - 921600 bps, TCP Client 5
<b>Wireless Network Type</b>	STA / AP / STA + AP
<b>Security Type</b>	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
<b>Encryption Type</b>	WEP64 / WEP128 / TKIP / AES
<b>Firmware Upgrade</b>	Local Serial Port, OTA Remote Upgrade
<b>Network Protocol</b>	IPv4, TCP / UDP / FTP / HTTP
<b>User Configuration</b>	AT + Order Set, Web Android / iOS, Smart Link APP

**Anexo 10: Datos del funcionamiento del sistema de iluminación**

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA				
HORA	VOLTAJE DEL PANEL SOLAR (V)	VOLTAJE DE BATERIA (V)	TEMPERATURA DE BATERIA (°C)	CORRIENTE CONSUMIDA (Amp)
DÍA 1				
6:00:00	6,21	5,03	18	0,42
6:30:00	6,31	5,08	18	0,46
7:00:00	6,42	5,36	18	0,38
7:30:00	6,55	5,65	18	0,39
8:00:00	7,05	5,71	18	0,48
8:30:00	7,22	5,94	18	0,35
9:00:00	7,26	6,01	19	0,36
9:30:00	7,31	6,15	20	0,39
10:00:00	7,46	6,27	21	0,41
10:30:00	7,52	6,34	23	0,43
11:00:00	7,88	6,36	24	0,38
11:30:00	8,35	6,38	24	0,36
12:00:00	8,89	6,42	25	0,34
12:30:00	8,94	6,41	25	0,41
13:00:00	8,87	6,38	25	0,43
13:30:00	8,86	6,39	24	0,51
14:00:00	8,93	6,4	23	0,53
14:30:00	8,72	6,41	23	0,55
15:00:00	8,59	6,39	23	0,51
15:30:00	8,35	6,42	23	0,44
16:00:00	8,22	6,41	24	0,59
16:30:00	8,13	6,37	23	0,69
17:00:00	7,96	6,4	23	0,38
17:30:00	7,89	6,39	22	0,41
18:00:00	6,75	6,41	22	0,43
18:30:00	6,32	6,38	22	1,43
19:00:00	0	6,39	22	1,4
19:30:00	0	6,38	22	1,51
20:00:00	0	6,39	22	1,45
20:30:00	0	6,35	22	1,43
21:00:00	0	6,33	22	1,4
21:30:00	0	6,3	20	1,43
22:00:00	0	6,31	20	1,43
22:30:00	0	6,3	20	1,43
23:00:00	0	6,29	20	1,46
23:30:00	0	6,25	20	1,43
0:00:00	0	6,23	20	1,43
0:30:00	0	6,21	20	1,43
1:00:00	0	6,19	20	1,4
1:30:00	0	6,17	19	1,43
2:00:00	0	6,14	19	1,4
2:30:00	0	6,1	19	1,29
3:00:00	0	5,95	19	1,24
3:30:00	0	5,82	19	1,22
4:00:00	0	5,62	19	1,13
4:30:00	0	5,34	18	0,55
5:00:00	0	5,11	18	0,36
5:30:00	0	5,08	18	0,35

DÍA 2				
6:00:00	6,22	5,04	19	0,41
6:30:00	6,34	5,19	19	0,38
7:00:00	6,41	5,36	19	0,39
7:30:00	6,57	5,62	18	0,42
8:00:00	7,08	5,73	18	0,41
8:30:00	7,29	5,97	18	0,36
9:00:00	7,29	6,03	19	0,37
9:30:00	7,33	6,17	20	0,41
10:00:00	7,49	6,29	21	0,41
10:30:00	7,53	6,35	23	0,43
11:00:00	7,87	6,39	24	0,38
11:30:00	8,36	6,41	24	0,36
12:00:00	8,79	6,43	25	0,34
12:30:00	8,96	6,43	25	0,41
13:00:00	8,89	6,38	25	0,43
13:30:00	8,87	6,39	24	0,48
14:00:00	8,94	6,38	23	0,43
14:30:00	8,73	6,4	23	0,41
15:00:00	8,62	6,42	24	0,42
15:30:00	8,36	6,39	23	0,4
16:00:00	8,24	6,38	24	0,43
16:30:00	8,14	6,39	23	0,41
17:00:00	7,93	6,4	23	0,38
17:30:00	7,91	6,39	22	0,39
18:00:00	6,32	6,41	22	0,36
18:30:00	6,23	6,38	22	0,37
19:00:00	0	6,39	22	1,38
19:30:00	0	6,38	22	1,42
20:00:00	0	6,39	22	1,39
20:30:00	0	6,34	22	1,43
21:00:00	0	6,33	22	1,4
21:30:00	0	6,3	20	1,43
22:00:00	0	6,32	20	1,43
22:30:00	0	6,34	20	1,42
23:00:00	0	6,28	20	1,43
23:30:00	0	6,27	20	1,39
0:00:00	0	6,21	20	1,38
0:30:00	0	6,22	20	1,41
1:00:00	0	6,18	20	1,42
1:30:00	0	6,15	19	1,38
2:00:00	0	6,13	19	1,39
2:30:00	0	6,11	19	1,28
3:00:00	0	5,94	19	1,26
3:30:00	0	5,72	19	1,21
4:00:00	0	5,63	19	1,14
4:30:00	0	5,55	18	0,95
5:00:00	0	5,12	18	0,32
5:30:00	0	5,09	18	0,33

DÍA 3				
6:00:00	6,21	5,12	17	0,42
6:30:00	6,24	5,16	17	0,46
7:00:00	6,29	5,52	17	0,38
7:30:00	6,33	5,65	17	0,39
8:00:00	6,38	5,71	17	0,48
8:30:00	6,43	5,94	17	0,35
9:00:00	6,46	6,01	17	0,36
9:30:00	6,51	6,15	19	0,39
10:00:00	6,62	6,27	19	0,41
10:30:00	6,53	6,34	22	0,43
11:00:00	6,64	6,36	22	0,38
11:30:00	6,68	6,38	22	0,36
12:00:00	7,02	6,42	23	0,34
12:30:00	7,62	6,53	25	0,41
13:00:00	7,56	6,62	25	0,43
13:30:00	7,48	6,65	24	0,51
14:00:00	7,03	6,63	23	0,43
14:30:00	7,06	6,73	23	0,5
15:00:00	7,07	6,72	23	0,41
15:30:00	6,97	6,76	23	0,44
16:00:00	6,99	6,75	22	0,39
16:30:00	7,07	6,77	23	0,38
17:00:00	6,97	6,71	23	0,38
17:30:00	6,9	6,58	22	0,41
18:00:00	6,75	6,38	22	0,43
18:30:00	0	6,04	22	1,43
19:00:00	0	5,96	22	1,4
19:30:00	0	6,01	22	1,42
20:00:00	0	6,04	22	1,38
20:30:00	0	5,96	22	1,36
21:00:00	0	6,04	22	1,42
21:30:00	0	5,99	20	1,36
22:00:00	0	6,04	20	1,37
22:30:00	0	6,01	20	1,36
23:00:00	0	6,01	20	1,39
23:30:00	0	5,96	20	1,4
0:00:00	0	5,96	20	1,41
0:30:00	0	5,96	20	1,36
1:00:00	0	5,96	20	1,35
1:30:00	0	5,91	19	1,42
2:00:00	0	5,96	19	1,4
2:30:00	0	5,79	19	1,29
3:00:00	0	5,67	19	1,24
3:30:00	0	5,64	19	1,22
4:00:00	0	5,62	19	1,13
4:30:00	0	5,57	18	0,94
5:00:00	0	5,13	18	0,34
5:30:00	0	5,11	18	0,37