

FECHA	14 de febrero de 2019
--------------	-----------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
BIBLIOTECA
Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
TIPO DE DOCUMENTO	Otro Auxiliar de investigación
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Electrónica

El Autor (Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
PEÑA CIFUENTES	OSCAR ANDRÉS	1014187089

Director (Es) y/o Asesor (Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
BARRERO SÁNCHEZ	FAIDER HUMBERTO
GARCÍA VERA	YIMY EDISSON

TÍTULO DEL DOCUMENTO
PROTOTIPO DE UN CARGADOR SOLAR FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA DISPOSITIVOS MÓVILES EN LA "FINCA LA ESPERANZA" DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Ingeniero electrónico

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
06/02/2019	143

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Renovables	Renewables
2. Cargador	Charger
3. Fotovoltaica	Photovoltaic
4. Conversor	Converter
5. Prototipo	Prototype
6. Solar	Solar

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Las energías renovables son una de las mejores opciones para proporcionar alternativas diferentes de energía al pequeño o mediano productor agropecuario de la Provincia de Sumapaz, contribuyendo a mitigar los efectos del calentamiento global. Para este proyecto se diseña un cargador eléctrico para dispositivo móvil utilizando energía solar fotovoltaica, prototipo implementado en la finca la Esperanza de la Universidad de Cundinamarca.

La investigación comprende tres fases principales donde cada una tiene una serie de actividades. La PRIMERA FASE realiza un estado del arte de la eficiencia energética, unas jornadas de sensibilización sobre el cambio climático. La SEGUNDA FASE consistió en el diseño e implementación del prototipo de cargador, del cual consta de un sistema fotovoltaico aislado con una estructura. En la TERCERA FASE se implementa y diseña una etapa de adquisición de datos del sistema fotovoltaico, de la cual fue necesario la elaboración de una tarjeta electrónica que integra una serie de sensores de instrumentación calibrados con el fin de leer las diferentes variables que el panel presenta.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación,

teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	x	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ NO ___x_.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



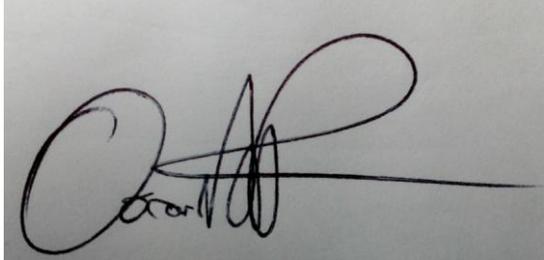
Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1.	
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Peña Cifuentes Oscar Andrés	

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).

PROTOTIPO DE UN CARGADOR SOLAR
FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA DISPOSITIVOS
MÓVILES EN LA “FINCA LA ESPERANZA” DE LA
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

Auxiliar de investigación

OSCAR ANDRÉS PEÑA CIFUENTES
Estudiante Ingeniería Electrónica

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE ELECTRÓNICA
FUSAGASUGÁ
2019

PROTOTIPO DE UN CARGADOR SOLAR FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA DISPOSITIVOS MÓVILES EN LA “FINCA LA ESPERANZA” DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

Proyecto informe de investigación presentado como requisito parcial para optar
por el título de Ingeniero Electrónico

OSCAR ANDRÉS PEÑA CIFUENTES
Estudiante Ingeniería Electrónica

Director:
ING. FAIDER HUMBERTO BARRERO SÁNCHEZ

Codirector externo:
ING. YIMY EDISSON GARCÍA VERA

Línea de investigación:
ENERGIAS ALTERNATIVAS

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE ELECTRÓNICA
FUSAGASUGÁ
2019

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Febrero de 2019

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre Miryam Cifuentes, por ser el pilar más importante de mi vida, por entregar siempre su cariño y apoyo incondicional, por ser la persona que me motiva cada día de mi vida a ser lo que soy, en ayudarme siempre aun cuando se presentan problemas, con la paciencia y mente clara para lograr mis metas. A mi padre Miguel Antonio Peña donde a pesar de la distancia sé que está conmigo, sé que su mayor deseo es verme más que una persona profesional, una persona sencilla humilde y honrada. A mis hermanas y sobrinos que han compartido conmigo toda mi infancia y adolescencia y que a pesar de la distancia espero seguir contando con ellos en todos momentos de mi vida.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme salud, por brindarme sabiduría y entendimiento, por ayudarme a salir de todos los momentos difíciles y a tener fe y esperanza. Agradezco de manera incondicional a las personas que más quiero en este mundo y que siempre han estado conmigo apoyándome, en los todos los momentos buenos y malos, ellos son mi familia, porque sin ellos no tendría la fuerza, la voluntad y deseos de formarme como persona profesional y aceptar el reto de tener una visión nueva de la vida.

Agradezco de manera sincera al profesor Yimy Edison García Vera por creer en mí y ayudarme a realizar este trabajo de grado bajo su codirección, apoyo y confianza fue pieza importante para motivarme en continuar mis estudios y el facilitarme siempre el tiempo y los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de este trabajo.

Al profesor Faider Humberto por sus consejos y enseñanzas que permitieron generar entusiasmo y comunicación clara de las cosas. Su dirección en este proyecto no se hubiera podido realizar por completo, gracias por la confianza ofrecida desde que llegué a esta facultad. A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia enseñanza y dedicación permitieron de forma directa o indirecta lograr mis objetivos.

Agradezco a mis amigos y compañeros, que formaron parte de este largo camino transcurrido, con los cuales logre compartir incontables experiencias, unas buenas y otras malas, pero que con cada una de ellas logre crecer como persona, y por hacer este duro recorrido más agradable. De forma especial agradezco a los compañeros Neil Gutiérrez, Sindi Rojas, Karen Andrea y Alex Escobar que fueron aquellos que siempre me brindaron más que su amistad, su apoyo incondicional.

RESUMEN

Las energías renovables son una de las mejores opciones para proporcionar alternativas diferentes de energía al pequeño o mediano productor agropecuario de la Provincia de Sumapaz, contribuyendo a mitigar los efectos del calentamiento global. Para este proyecto se diseña un cargador eléctrico para dispositivo móvil utilizando energía solar fotovoltaica, prototipo implementado en la finca la Esperanza de la Universidad de Cundinamarca.

La investigación comprende tres fases principales donde cada una tiene una serie de actividades. La PRIMERA FASE realiza un estado del arte de la eficiencia energética, unas jornadas de sensibilización sobre el cambio climático. La SEGUNDA FASE consistió en el diseño e implementación del prototipo de cargador, del cual consta de un sistema fotovoltaico aislado con una estructura. En la TERCERA FASE se implementa y diseña una etapa de adquisición de datos del sistema fotovoltaico, de la cual fue necesario la elaboración de una tarjeta electrónica que integra una serie de sensores de instrumentación calibrados con el fin de leer las diferentes variables que el panel presenta.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	22
2. PROBLEMÁTICA	23
3. JUSTIFICACIÓN	24
4. OBJETIVOS	25
4.1 Objetivos generales	25
4.2 Objetivos específicos	25
5. ESTADO DEL ARTE	26
5.1 Eficiencia de las energías convencionales	26
5.1.1 Carbón	26
5.1.2 Petróleo	28
5.2 Eficiencia Energética en Colombia	30
5.3 Energías renovables	32
5.3.1 Situación actual de las energías renovables	32
5.4 Eficiencia fotovoltaica	34
6. MARCO CONCEPTUAL	36
6.1 Energía solar:	36
6.2 Energía fotovoltaica:	36
6.3 Sistemas fotovoltaicos.	36
6.4 Sistemas fotovoltaicos de conexión aislada.	37
6.5 Sistemas fotovoltaicos de conexión a red eléctrica convencional.	38
6.6 Componentes de un sistema fotovoltaico	39
6.6.1 Panel solar	39
6.6.2 Regulador de carga.	41
6.6.3 Baterías	42
6.6.4 Inversor	43
6.6.5 Factores de eficiencia de un panel fotovoltaico	44
6.6.6 Factores que afectan el rendimiento de un panel fotovoltaico	45
6.6.7 Sistemas de seguimiento solar	46

6.6.8	Altura y azimut.....	47
7.	DISEÑO METODOLÓGICO	49
7.1	Primera fase: Recolección de información y adquisición de datos.....	49
7.2	Sensibilización a colegio Calandaima y finca de la universidad de Cundinamarca" La Esperanza" (visita).....	50
7.3	Diseño de sistema fotovoltaico de acuerdo con diagnostico energético realizado en finca de la universidad de Cundinamarca" La Esperanza"	52
7.3.1	Cuadro de cargas.....	53
7.3.2	Cálculos de sistema fotovoltaico aislado.....	54
7.4	Diseño de inversor DC a AC 110v	57
7.4.1	Esquema.....	58
7.5	Construcción de inversor DC a AC 110V	62
7.5.1	Medición de pruebas inversor	64
7.6	Digitalización de las señales adquiridas por medio de los sensores.....	67
7.6.1	Sensores, dispositivos e instrumentos a implementar para el prototipo... ..	69
7.6.2	Sistema fotovoltaico.....	69
7.7	Verificar y calibrar el funcionamiento de parámetros y requerimientos técnicos de los sensores.	71
7.7.1	Calibración sensor de voltaje FZ0430.	71
7.7.2	Calibración sensor de corriente ACS712.....	73
7.7.3	Calibración sensor de humedad y temperatura DHT11.....	74
7.8	Diseño de aplicación en Android para encendido de iluminación a través de Android, App Inventor, y Arduino.	75
7.8.1	Conexiones para encendido y apagado de reflector.....	79
8.	DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO EN FINCA LA ESPERANZA DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA.	82
8.1	Pruebas de aplicación y adquisición de datos en sensores en tiempo real.	82
8.1.1	Pruebas de aplicación.	82
8.1.2	Pruebas de adquisición de datos en sensores en tiempo real.....	84
8.2	Realización manual técnico del prototipo a comunidad de la finca "La Esperanza" de la universidad de Cundinamarca.	87
8.3	Almacenamiento de datos en Shield, SD Card de Arduino.	87
8.4	Instalación de prototipo en finca "La esperanza" de la universidad de Cundinamarca. (visita).....	90

8.5 Búsqueda de fallas errores o solución de posibles inconvenientes (visita). ...	90
9. Tercera fase: Análisis de información y búsqueda de la mejor optimización de potencia en el panel fotovoltaico.....	92
9.1 Capacitación técnica a personal, estudiantes de finca la Esperanza, del prototipo instalado (visita).	92
9.2 Pruebas optimas del panel fotovoltaico (visita).....	94
9.3 Análisis de la eficiencia del panel (visita).....	96
9.4 Realización y postulación de un artículo.....	99
10. Costo de elementos del sistema implementado.....	99
11. CONCLUSIONES.....	101
12. REFERENCIAS.....	102
13.ANEXOS	118
13.1 Anexo 1 Características técnicas de materiales.....	118
13.1.1 Características generales de Arduino Uno.....	118
13.1.2 Características generales módulo de reloj RTC DS3231.	118
13.1.4 Características sensor de voltaje FZ0430.....	119
13.1.5 Características sensor de corriente ACS712 de 20A.	119
13.1.6 Características placa I2C adaptadora LCD1602.	119
13.1.7 Características generales modulo bluetooth maestro/esclavo HC-05.	120
13.1.8 Características Modulo Relé de un canal.....	120
13.1.9 Características modulo slot o adaptador de SD.....	120
13.1.10 Características generales modulo slot o adaptador de SD.....	121
13.1.11 Características Conversor DC - DC 18W	121
13.1.12 Características regulador MPPT 20A 12V-24V	122
13.1.13 Características panel fotovoltaico 40W	122
13.1.14 Características batería 18A 12V/20AH	123
13.1.15 Características reflector 10W.....	123
13.2 Anexo 2 Estructura.....	123
13.3 Anexo 3 Tarjeta adquisición de datos.....	126
13.3.1 Módulos, sensores y dispositivos implementados.	127
13.3.2 Conexiones de módulos y sensores a puertos de Arduino Uno.	129
13.3.3 Diseño y construcción de tarjeta.....	130

13.4 Anexo 4 Presentación de artículo.....	137
13.4.2 Artículo presentado por semilleros de investigación en IV congreso de ingeniería 2016.	138
Participación jornada proyectos de tecnología en parque central de Fusagasugá.	139
13.4.4 Sustentación de proyecto en VI Encuentro de semilleros de investigación 2017.....	139
13.4.5 Certificación Curso diseño y montaje de sistemas fotovoltaicos básicos. SENA 2015.	140
13.4.6 Presentación de artículo en 18 convención científica de ingeniería y arquitectura Habana Cuba 2016.....	141
13.5 ANEXO 5. MANUAL TECNICO.....	142
13.5.1 Introducción	142
13.5.2 Descripción de teclas y componentes externos	142
13.5.3 Modo de uso.....	144
13.6 Anexo 6 Código general del prototipo.	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Demanda de carbón en miles de toneladas 1970-2015.....	27
Figura 2	Consumidores de carbón en porcentaje 2000-2015.....	27
Figura 3	Evolución anual en el precio del petróleo 2003-2015.....	28
Figura 4	Costo de los principales productores de petróleo, en US\$.....	29
Figura 5	Emisiones de efecto invernadero en Colombia 2015.	31
Figura 6	Países con mayor capacidad renovable en MW por tecnología 2017.....	34
Figura 7	Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1000 W/m ² y 25 °C.....	35
Figura 8	Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico.....	37
Figura 9	Composición de un sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica convencional.	38
Figura 10	Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica convencional.	39
Figura 11	Estructura de un panel solar.....	39
Figura 12	Transformación de radiación solar en corriente eléctrica.	40
Figura 13	Regulador de carga solar.....	42
Figura 14	Consideraciones al flujo de energía de un inversor.....	44
Figura 15	Fases principales del proyecto.....	49
Figura 16	Capacitación, sensibilización a estudiantes de Colegio Calandaima. (Tibacuy).	50
Figura 17	Galpón del colegio Calandaima.	51
Figura 18	Salones y Quiosco de Colegio Calandaima.....	52
Figura 19	Simulación de oscilador astable.	59
Figura 20	Señal cuadrada en modo astable simulada.....	60
Figura 21	Salida de señales cuadradas del CD4017.	61
Figura 22	Señal semi-senoidal modificada simulada.	61
Figura 23	Esquema de circuito completo simulado del inversor.	62
Figura 24	Esquema del inversor en software ISIS para su impresión.....	63
Figura 25	Montaje de componentes y soldado de Baquela.	63
Figura 26	Montaje inversor en la caja metálica, en modo de prueba.	64
Figura 27	Pruebas de inversor con carga resistiva.	65
Figura 28	Señal de salida en inversor con una carga resistiva de 60 W.	65
Figura 29	Prueba de inversor con cargas inductivas-resistivas.	66
Figura 30	Señal de salida en inversor con dos cargadores.	66
Figura 31	Señal de salida en inversor con cuatro cargadores.....	67
Figura 32	Esquema general de componentes del prototipo.....	68
Figura 33	Conexión del sistema fotovoltaico.	71
Figura 34	Forma física del sensor FZ0430	72
Figura 35	Código calibración de voltaje para ACS712	74
Figura 36	Entorno de diseño para en encendido de iluminación.	75
Figura 37	Diseño de aplicación para encendido de reflector en Appinventor.	77

Figura 38	Entorno de bloques de aplicación para en encendido de iluminación.....	78
Figura 39	Código en Arduino UNO para detección de modulo Bluetooth y Relé.	79
Figura 40	Circuito de conexiones para encendido de reflector.	80
Figura 41	Conexiones de reflector con conversor DC- DC.	81
Figura 42	Encendido de modulo bluetooth.	83
Figura 43	Ingreso a aplicación.....	83
Figura 44	Emparejamiento de aplicación con modulo.	84
Figura 45	Datos visualizados en LCD.....	84
Figura 46	Datos visualizados en LCD.....	85
Figura 47	Termómetro análogo adicional en panel fotovoltaico.	86
Figura 48	Margen de error en sensor de corriente.	86
Figura 49	Solicitud de memoria SD en LCD.	87
Figura 50	Confirmación de ingreso de memoria SD a tarjeta.....	88
Figura 51	Archivo generado en memoria SD.	88
Figura 52	Lista de datos en Bloc generado.	89
Figura 53	Visualización de datos en Monitor serie de IDE de Arduino.	89
Figura 54	Pruebas del prototipo en Finca la Esperanza.....	90
Figura 55	Oxidación y filtración en estructura por lluvia.	91
Figura 56	Capacitación a personal de la finca La Esperanza.....	93
Figura 57	Pruebas de radiación en finca La Esperanza.	93
Figura 58	Pruebas del impulsor para cerca eléctrica con batería.	94
Figura 59	Brújula en prototipo.....	95
Figura 60	Adecuación para cálculo de inclinación en prototipo.....	95
Figura 61	Potencia obtenida por día en ángulos de 20°, 40°, 60° y 80°.....	96
Figura 62	Temperatura obtenida por día en ángulos de 20°, 40°, 60° y 80°.....	97
Figura 63	Humedad relativa obtenida por día en ángulos de 20°, 40°, 60° y 80°.	98
Figura 64	Dimensiones del grosor de tubería rectangular y de tornillos en la estructura.	124
Figura 65	Dimensiones de caja plástica para componentes.....	125
Figura 66	Dimensiones de estructura para prototipo	126
Figura 67	Conexiones de sensores y módulos a tarjeta Arduino Uno.	130
Figura 68	Esquema de conexiones de sensores y módulos a tarjeta Arduino Uno en Proteus.....	131
Figura 69	Esquema circuito realizado de tarjeta en software ISIS de Proteus.	132
Figura 70	Tarjeta impresa y soldada con sus componentes.....	132
Figura 71	Montaje de componentes en tarjeta.....	133
Figura 72	Montaje de tarjeta en la caja con conectores externos.....	134
Figura 73	Conexiones finales de todo el sistema.	135
Figura 74	Tablero principal del prototipo.....	135
Figura 75	Conectores externos adicionales del tablero.....	136
Figura 76	Descripción general externa del prototipo.....	142
Figura 77	Componentes del teclado principal.	143
Figura 78	Componentes laterales del teclado principal.	143

Figura 79 Circuito eléctrico del prototipo..... 144
Figura 80 Uso de tomacorrientes en cargadores..... 145

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Producción y consumo de petróleo por países, en términos de porcentaje.	30
Tabla 2	Distribución de consumo de energía final en Colombia 2015.	32
Tabla 3	Top de los 10 países con mayor capacidad renovable en MW 2017.	33
Tabla 4	Cuadro comparativo células monocristalinas y policristalinas.	41
Tabla 5	Tipos de baterías.	43
Tabla 6	Promedio de radiación mensual en finca La Esperanza.	53
Tabla 7	Cuadro de cargas calculadas.	54
Tabla 8	Parámetros para diseño del inversor.	58
Tabla 9	Características calculadas en cada componente para sistema fotovoltaico.	69
Tabla 10	Descripción general de las características técnicas de dispositivos utilizados en sistema fotovoltaico.	70
Tabla 11	Actividades de la fase dos del proyecto.	82
Tabla 12	Corrección de errores más comunes encontrados en prototipo.	90
Tabla 13	Actividades fase tres del proyecto.	92
Tabla 14	Resultados del estudio de inclinación.	98
Tabla 15	Actividades presentadas del proyecto y en semillero de investigación.	99
Tabla 16	Costos del proyecto en materiales.	100
Tabla 17	Características generales de los sensores y módulos.	128
Tabla 18	Conexiones de módulos y sensores a puertos de Arduino Uno.	129

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia el uso de la demanda de energía consumida está constituida cerca de un 78% proveniente de fuentes fósiles como el carbón, petróleo, gas y el bagazo, el 22% restante proviene de fuentes renovables (UPME-2015). La no participación considerable de las energías renovables dentro de la demanda total energética del país ha puesto que el ingreso de energías renovables como lo es la fotovoltaica en el mercado nacional sea casi nula.

Actualmente el uso de las energías alternativas ha presentado un importante crecimiento en todo el mundo como fuente de energía. Su rápido crecimiento, particularmente en el sector eléctrico, representa la segunda fuente de energía renovable de mayor penetración en el mundo, después de la eólica, con una producción que equivale entre 0,85% y 1% de la demanda mundial de electricidad (IEA, 2014).

El interés de este proyecto de investigación es fomentar el uso de energías renovables y más exactamente por Colombia contar con una irradiación promedio de 4,5 kWh/m²/d (UPME, IDEAM, 2005), la cual supera el promedio mundial de 3,9 kWh/m² /d, y estar muy por encima del promedio recibido de otros países líderes en la implementación de energías renovables.

Para lograr este interés y reducir el uso de energía proveniente de la red eléctrica, el prototipo tiene tres fines, **el primero** como punto de carga para cuatro dispositivos móviles a estudiantes y personal de la finca “La esperanza” ubicada en la vereda Tierra Negra de Fusagasugá, **el segundo** fin usarlo como punto de encuentro ante cortes de energía en horas de la noche, y **el tercero** estudiar el ángulo óptimo de inclinación ideal que garantice la máxima eficiencia del sistema. Para su desarrollo, se diseñaron y implementaron algunos de los elementos del sistema como fue el inversor, módulo de adquisición de datos (temperatura, humedad, voltaje y corriente del panel, encendido del reflector por bluetooth), estructura para ubicar todos los elementos adicionales como son la batería, regulador, toma para conectar cargadores, reflector y el panel ajustable a diferentes ángulos.

2. PROBLEMÁTICA

Desde 1750 el planeta está experimentando un calentamiento, constante y que durante el presente siglo continuará aumentando su temperatura a consecuencia de las emisiones en gases efecto de invernadero (GEI) producidas por la acción humana, en particular procedentes del consumo de petróleo y carbón. Actualmente a ver sus efectos en el ambiente de todo el planeta.

El calentamiento global es sin duda alguna una de las mayores consecuencias ante la dependencia mundial del petróleo, el carbón, y el gas natural entre otros recursos fósiles donde se consideran abundantes, pero donde en algún momento del tiempo se verán limitados y traerá consecuencias secundarias en la parte económica y geopolítica. Según datos de la (UPME) Aproximadamente el 81% de la energía consumida a nivel mundial proviene de fuentes fósiles, mientras que el 19% restante proviene de fuentes renovables.

En una menor medida, se aprovecha la energía proveniente de fuentes como el sol, la geotérmica y la biomasa para su conversión en energía eléctrica. Ante esta problemática algunos países como China, Alemania y España están optando por el aprovechamiento de la energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica y de las biomásas, como fuentes de energía renovable, donde inician una transición hacia el uso de recursos energéticos de carácter no convencionales, que a su vez contribuyan a la reducción de emisiones de efecto invernadero y a la mitigación del cambio climático que viene experimentando el planeta.

En el área agrícola las emisiones de metano se producen principalmente a consecuencia de diversas actividades como el cultivo del arroz procesos de descomposición orgánica en las aguas de inundación y la cría del ganado, la emisión producida por el proceso digestivo y las heces. su abundancia relativa en la atmósfera y su incremento exponencial en los últimos cincuenta años explican por qué los (GEI) son el principal responsable del incremento de la temperatura en nuestro planeta.

La Finca la Esperanza ubicada en la vereda Tierra Negra (Fusagasugá, Cundinamarca) no es ajena a la problemática de disminución de la reserva de combustibles fósiles e hídricos para la producción de la energía eléctrica limpia, y por otra parte no se han desarrollado proyectos que empleen fuentes de energías alternativas para la producción de electricidad. El proyecto propone diseñar un CARGADOR ELÉCTRICO PARA DISPOSITIVO MÓVIL UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, prototipo implementado en la finca la Esperanza de la Universidad de Cundinamarca.

3. JUSTIFICACIÓN

El cambio climático es un problema de tendencia global, las huellas que se presentan involucran todos los procesos naturales, sociales, económicos y políticos. Dada la importancia del tema, los tratados internacionales y las naciones, tienen la función de enriquecer las actividades mundiales encaminadas a mitigar el cambio climático y adaptarse al mismo. Así mismo las comunidades están entendiendo y comenzando a adquirir el significado del cambio climático y la urgencia de responder ante sus efectos.

Para lograr una reducción en el efecto de invernadero generado por el uso de recursos fósiles y el depender de actividades sensibles al clima, como la agricultura y la pesca entre otras, el desafío del proyecto está en adoptar en nuestro país un desarrollo tecnológico y científico con el fin de frenar los efectos del calentamiento global. El proyecto gira en torno al ahorro y uso energético, la investigación formación, sensibilización y el uso de energías renovables.

Colombia como muchos otros países en desarrollo, se enfrentan a decisiones estratégicas muy importantes en relación con su sector energético. Nuestro país cuenta con abundantes recursos como carbón, posee un alto potencial hidroeléctrico donde es la energía que más se utiliza en el país, sin embargo, Colombia posee limitadas reservas de gas y de crudo y el uso de ellas hace un uso racional, de estos recursos, sin duda es un contexto que Colombia necesita abordar y reducir con el fin de minimizar el riesgo de escases de recursos, pero con más prevalencia de abordar un contexto del cambio climático y de los tratados multilaterales encaminados a frenar los gases de efecto de invernadero.

El alcance del uso de energía solar en Colombia es el interés del proyecto, ya que posee un potencial energético solar a lo largo de todo el territorio nacional, con un promedio diario multianual cercano a 4,5 kWh/m² y de 5,0 y 6,0 kWh/m² en regiones costeras, según los datos proporcionados por la UPME.

Por lo tanto, Colombia es un país potencial donde se puede implementar energía solar casi en todo el territorio nacional, y donde podría convertirse en la mayor fuente renovable que genere energía en el país, sin tener que darle un uso racional al ser casi inagotable, limpia y productiva.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Proporcionar alternativas de generación de energía renovable (solar fotovoltaica) a 1 pequeño o mediano Productor Agropecuario de la Provincia de Sumapaz y a la Granja Académica “La Esperanza” de la Universidad de Cundinamarca – UdeC.

4.2 Actividades del auxiliar de investigación

4.2.1 Diseño de un cargador eléctrico para dispositivo móvil utilizando energía solar fotovoltaica, prototipo implementado en la finca la Esperanza de la Universidad de Cundinamarca.

4.2.2 Diseño e implementación de un inversor de onda modificada para suministro de energía a teléfonos móviles.

4.2.3 Diseño y construcción de una plataforma que permite variar el ángulo de inclinación del panel y que sirve de estructura de soporte al prototipo.

4.2.4 Diseño, Implementación y calibración de un sistema de adquisición de datos de voltaje, corriente, y temperatura que permite determinar la eficiencia del prototipo.

5. ESTADO DEL ARTE

5.1 Eficiencia de las energías convencionales

El hombre ha evolucionado drásticamente y permitido tener grandes progresos considerables, pero todo adelanto tiene un precio, hoy en día la demanda energética en el mundo crece y existe la posibilidad de que se genere un colapso no muy lejos.

La demanda de energía inicia a través del uso de los siguientes recursos convencionales.

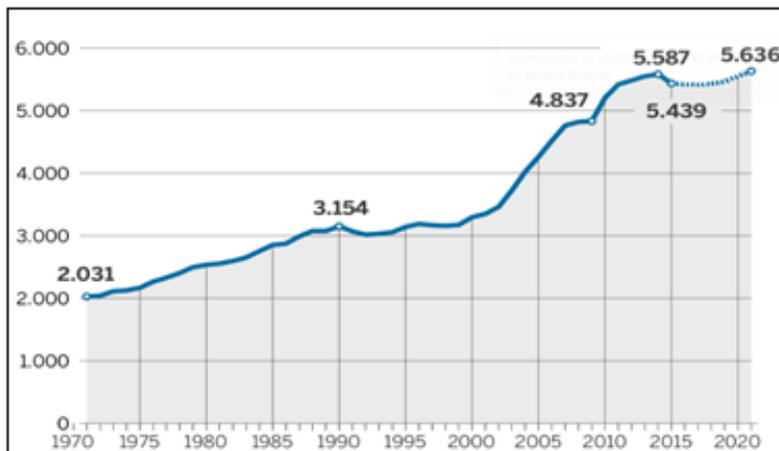
5.1.1 Carbón

Es el primer recurso energético utilizado en gran demanda en el mundo, no fue sino hasta mitad del siglo XX donde era el principal recurso energético durante la revolución industrial como elemento energético básico, empleado en la máquina de vapor, como materia prima para la siderurgia y para uso doméstico.

A pesar de que el carbón libera sustancias contaminantes que se vierten al medioambiente y que genera efectos nocivos al ser humano aún se sigue utilizando. De acuerdo con datos suministrados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación que genera el uso de carbón provoca el 5 por ciento de las muertes y enfermedades en 21 países del mundo, la mayor parte de ellos del África.

El análisis del informe generado por el consejo mundial de energía (World Energy Council) de recursos energéticos globales del año 2013 presenta que la participación actual de carbón en la producción global de energía es más del 40%, pero se espera que disminuya en los próximos años, mientras que el consumo de carbón crecerá en términos absolutos. Igualmente, de un análisis de los datos suministrados por la Agencia Internacional de LA Energía (AIE- 2015), la demanda global de carbón presento una caída del 2,7% respecto al año anterior, donde pasó de 5.588 millones de toneladas equivalentes de carbón a 5.440 en 2015 como lo muestra la Figura 1.

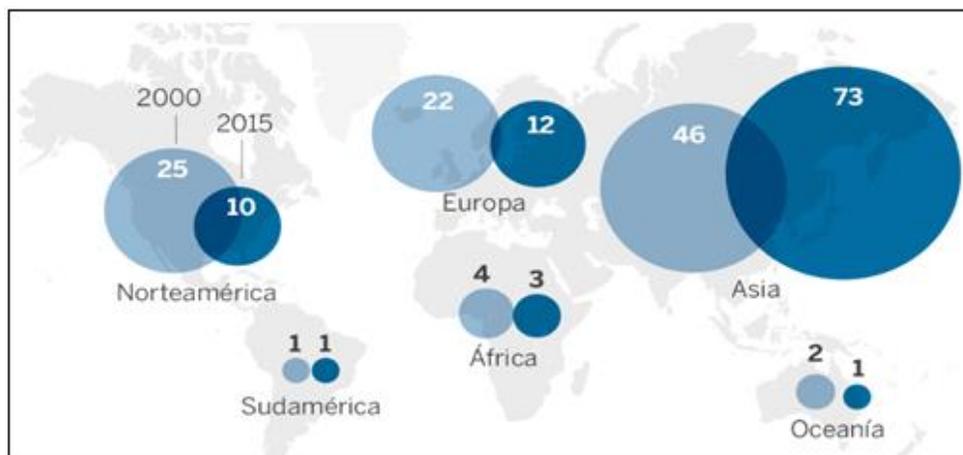
Figura 1 Demanda de carbón en miles de toneladas 1970-2015



Fuente. (AIE, 2015.)

El análisis de la demanda de carbón del 2015 con los datos suministrados por la Agencia Internacional de La Energía (AIE- 2015), como lo ilustra la Figura 2, muestra donde China a pesar de ser el mayor consumidor del mundo presenta una reducción tras presentar un cambio a sus políticas y que han hecho que se desarrolle más la nuclear y las renovables, en el resto del mundo países como Estado Unidos presentan una caída del 15% de su demanda. En países como India presenta una subida de 2,7% y Rusia un 8,9% mostrando que el uso del carbón ha viajado desde Occidente a Asia en los últimos tres años. En 2000, Norteamérica y Europa consumían el 47% del total. En 2015, había bajado hasta el 22%. Mientras, Asia ha pasado en 15 años del 46% al 73% de la demanda mundial.

Figura 2 Consumidores de carbón en porcentaje 2000-2015.

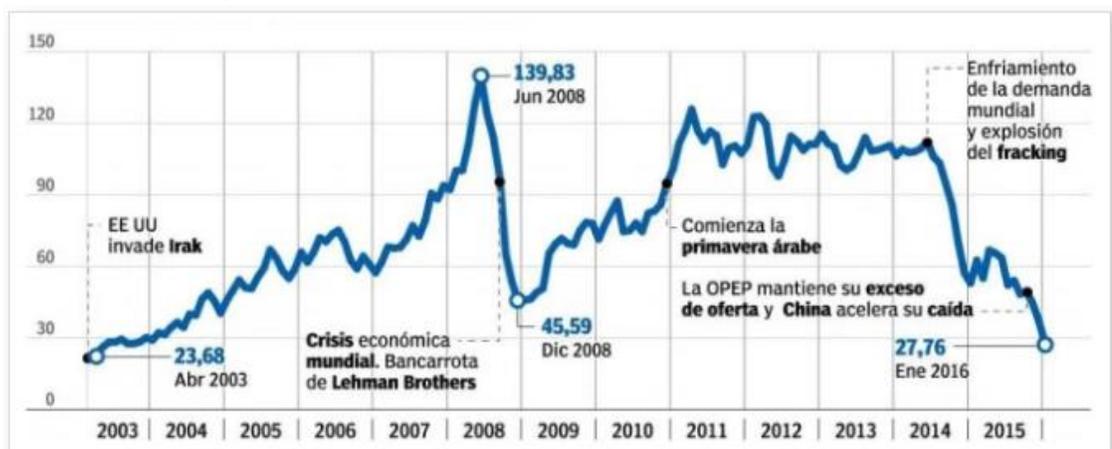


Fuente: (AIE, 2015.)

5.1.2 Petróleo

El panorama presentado ante la dependencia del oro negro y su demanda ha puesto a los hidrocarburos líquidos y gaseosos a un plano preponderante. Las razones de tal situación se derivan de varios factores contaminantes, donde entre los más graves que atentan contra la biodiversidad se encuentran los derrames. Se estima según datos suministrados por la Greenpeace que, de tres mil, a ochocientos millones de litros entran cada año a los océanos como resultado de las actividades humanas, de estos solo el ocho por ciento se debe a fuentes naturales. La situación actual del petróleo presenta una baja sostenibilidad en su precio, durante los tres años anteriores ha presentado oscilaciones menores a los 40 US\$, no se puede estimar exactamente si su precio baje o aumente si presenta alguna recuperación. Como se observa en la Figura 3, datos suministrados por el periódico global El País, el precio del petróleo desde mediados de junio a diciembre del 2008 presento una caída muy relevante, entre el 2011 a 2014 presento altos y bajos muy impredecibles, pero a partir del 2014 se ve muy evidente su caída drástica casi el doble a la del 2008, se cual es evidente de estimar que el petróleo está pasando actualmente a ser un recurso secundario del cual se está sustituyendo por recursos más amigables con el medio ambiente que impidan en el avance del cambio climático. Para detener el cambio climático, los países deben sustituir progresivamente el uso de combustibles fósiles, como petróleo y carbón, por energías renovables (eólica, termo solar, fotovoltaica, geotérmica).

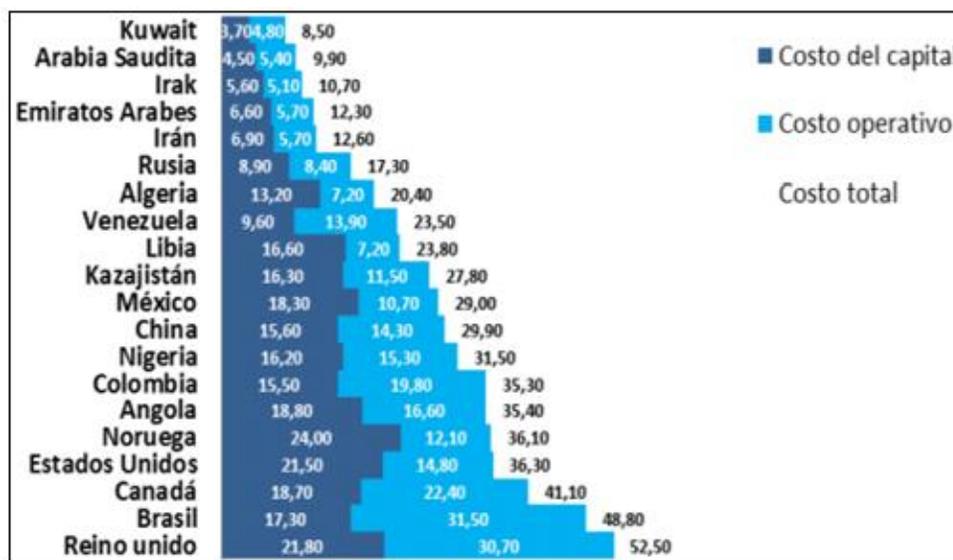
Figura 3 Evolución anual en el precio del petróleo 2003-2015.



Fuente: (Periódico El País, 2015)

Para tener una idea global actual de los principales productores mundiales de petróleo, como se observa en la Figura 4, los países del Golfo Pérsico cuentan con recursos naturales que le permiten obtener los costos más bajos del mercado menores a los 10 US\$, mientras que Estados Unidos junto con otros países requieren una mayor inversión en tecnología aumentan los precios en producción. La estimación en Estados Unidos tiene un costo promedio de 40US\$. América latina, por su parte, cuenta con vastos recursos naturales que le dan un importante valor en el mercado internacional, Venezuela cuenta con las mayores reservas probadas de petróleo en 2014 a nivel mundial; al mismo tiempo que Brasil, México y Ecuador se encuentran entre los primeros veinte de la misma lista. Los principales productores de la región son México, Brasil y Venezuela, seguidos por Colombia, Argentina y Ecuador.

Figura 4 Costo de los principales productores de petróleo, en US\$.



Fuente: (CEI, Marzo - 2016)

En la Tabla 1, se observa en términos de porcentaje en producción y consumo Arabia Saudita y Rusia son los principales productores de petróleo, en cuanto al consumo EE. UU. y China son los principales consumidores de petróleo, el resto de los países representa el 41,7% del consumo. Colombia ocupa el puesto 20 en cuanto a producción con el 1,2% y el puesto 48 en cuanto a consumo con 0,3% a nivel mundial.

Tabla 1 Producción y consumo de petróleo por países, en términos de porcentaje.

	Producción	Porcentaje	Consumo	Porcentaje
1	Saudí Arabia	13,2	US	20,5
2	Rusia Federación	12,8	China	11,4
3	US	8,8	Japón	5
4	Irán	5,2	India	4
5	China	5,1	Federación Rusa	3,4
6	Canadá	4,3	Arabia Saudí	3,1
7	Emiratos Árabes Unidos	3,8	Brasil	3
8	México	3,6	Alemania	2,7
9	Kuwait	3,5	Corea del Sur	2,6
10	Venezuela	3,5	Canadá	2,5

Fuente: (Static Review Of world Energy, junio 2012)

La eficiencia energética como se observó a través de la situación del petróleo y del carbón para cada país se está convirtiendo en una prioridad política, actualmente la prioridad en cuanto a eficiencia energética se le está dando al sector de transporte. A través de los datos suministrados por la Agencia Internacional de la Energía (IEA) en el documento *World Energy Outlook 2014* (WEO 2014), la agencia expone que hoy en día más del 75% de las ventas mundiales de autos, se reflejan a esquemas de eficiencia energética, por lo tanto, se estima que la demanda de petróleo en el sector del transporte tan solo aumentará un 25%, a pesar de que el número de coches y camiones en circulación por las carreteras del mundo se habrán duplicado, de igual forma que la sustitución de energías convencionales en énfasis al petróleo, a renovables reducirán el crecimiento total de la demanda mundial de petróleo en 23 millones de barriles diarios.

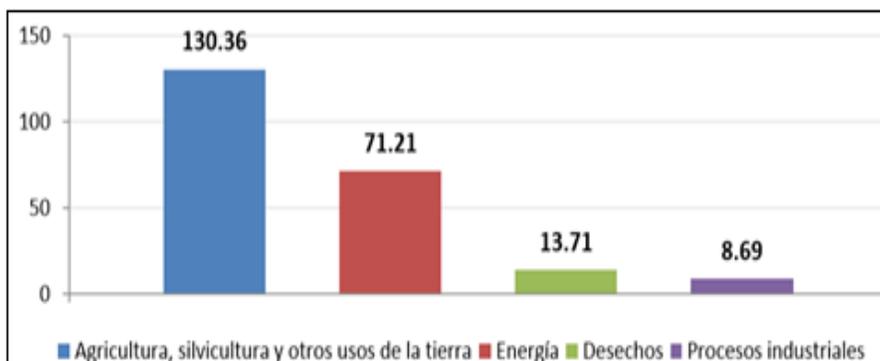
5.2 Eficiencia Energética en Colombia

En Colombia el consumo energético ha aumentado en relación con su crecimiento poblacional y a su sector de producción. En el 2010 Colombia producía 224Mton de CO2 equivalentes al 0.4% de las emisiones equivalentes totales del mundo, y presento efectos climáticos en gran medida por la reducción de las lluvias que afectaron severamente el suministro de energía. Como se observa en la figura 6 en el 2015, la agricultura y otros usos de la tierra equivalieron al 58% del total de

emisiones de carbono, en el 2012 el sector energético fue la primera causante del total de las emisiones nacionales.

Las emisiones de carbono podrían aumentar en un 50% para 2020, así lo afirma el (IDEAM,2015) teniendo en consideración que en el 2012 el sector energético fue la mayor fuente de efecto invernadero donde el sector de transporte fue el mayor consumidor de energía y el mayor generador de emisiones CO2 producto de la combustión. Como se observa en la Figura 5, el sector residencial consumió el 20% del total de energía, en 2013 el sector industrial constituyó el 23.7% del consumo final de energía. La mayoría de las ineficiencias están relacionadas con tecnologías obsoletas y la falta de buenas prácticas de operación.

Figura 5 Emisiones de efecto invernadero en Colombia 2015.



Fuente. (IDEAM, 2015)

De acuerdo con la revisión del Balance Energético Colombiano BECO4, en el año 2015 el país consumió 1.219.827 TJ de energía final. En la Tabla 2 se presenta el consumo de los sectores transporte, industrial y residencial donde, el sector terciario presenta un consumo al 5.32%, el cual, a pesar de ser bajo, presenta importantes oportunidades de mejoramiento de la eficiencia energética en áreas como el comercial.

Si se enfatiza en el sector residencial, los principales consumos de energía se dan por refrigeración, televisión, iluminación y cocción. En las áreas urbanas los energéticos más empleados son electricidad y gas natural, con participaciones del 55% y 35% respectivamente, mientras que, en zonas rurales, la leña sigue siendo un energético con muy alta demanda seguida del GLP y la electricidad.

Tabla 2 Distribución de consumo de energía final en Colombia 2015.

	Porcentaje %
Transporte	40,9
Industrial	29,36
Residencial	16,72
No identificado	6,31
Comercial y publico	5,32
Minero	1,2
Agropecuario	0,17
Construcciones	0,03

Fuente: (UPME, 2017)

5.3 Energías renovables

El mercado global de las energías renovables está experimentando un gran crecimiento, y se llega a la conclusión de que las energías renovables podrían aportar hasta el 35% de las necesidades energéticas mundiales para el año 2030 (Greepeace,2011), todo esto se lograría si los gobiernos promovieran un desarrollo a gran escala en todos los sectores y dependencias de las industrias. Se observa que no hay escases de energía, solo hay que saber utilizar las tecnologías existentes para aprovechar la energía de forma eficiente y eficaz. La energía renovable y la eficiencia energética son económicamente viables y cada vez más competitiva, son una manera de mitigar el cambio climático, viviendo las catastróficas consecuencias de la alteración del clima y el único modo de mitigar estos cambios es empezar a utilizar inmediatamente energías limpias y renovables. Se ha explorado bastante en el área de energías alternativas como uno de los medios para proveer un desarrollo sostenible a nivel mundial, específicamente en los sistemas de energía solar fotovoltaica, los cuales se han convertido en foco de investigación en los últimos años. (Faider Humberto B, 2015).

5.3.1 Situación actual de las energías renovables

En el 2015 en París, tras la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (UNFCCC por sus siglas en inglés), 195 países acordaron limitar el calentamiento global muy por debajo de los 2 grados centígrados. La gran mayoría de países se comprometió a incrementar el uso de energías renovables y la eficiencia energética a través de las contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional. De los 189 países que presentaron sus propuestas, 147 mencionaron las energías renovables, y 167 mencionaron la eficiencia energética, algunos países se comprometieron en cambiar el uso de los combustibles fósiles.

En el 2016 ha presentado un aumento de las energías renovables con una capacidad a 167 GW, representando un crecimiento anual de alrededor del 8,3%, del promedio de siete años consecutivos, según los nuevos datos publicados por la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA).

La energía solar fotovoltaica creció un 32% en 2017, seguida de la energía eólica, que creció un 10%, tras presentarse reducciones de costos sustanciales en la electricidad generada, contra los precios de la energía generada por otras fuentes. Como se observa en la Tabla 3, se encuentra una tabla con los 10 países que para el año 2017 presento mayor capacidad global, en MW instalada. El 10% de todas las nuevas incorporaciones de capacidad provinieron de India, principalmente en solar y eólica. Asia representó el 64% adicional de capacidad en el 2017, frente al 58% del año pasado. Europa agregó 24 GW de nueva capacidad en 2017, seguida de América del Norte con 16 GW. Brasil se puso en camino de un despliegue acelerado de energías renovables, instalando 1 GW de generación solar, potencia diez veces superior a la instalada el año anterior.

Las energías renovables no conectadas a la red eléctrica también presentaron un crecimiento en el 2017, con una cifra estimada de 6,6 GW representando un crecimiento del 10% respecto del año pasado, con alrededor de 146 millones de personas que ahora usan energías renovables fuera de la red.

Tabla 3 Top de los 10 países con mayor capacidad renovable en MW 2017.

Top	País	Capacidad (MW)
1	China	618,803
2	US	229,913
3	Brasil	128,293
4	Alemania	113,058
5	India	106,282
6	Canadá	98,697
7	Japón	82,695
8	Italia	51,951
9	Rusia	51,779
10	España	47,989

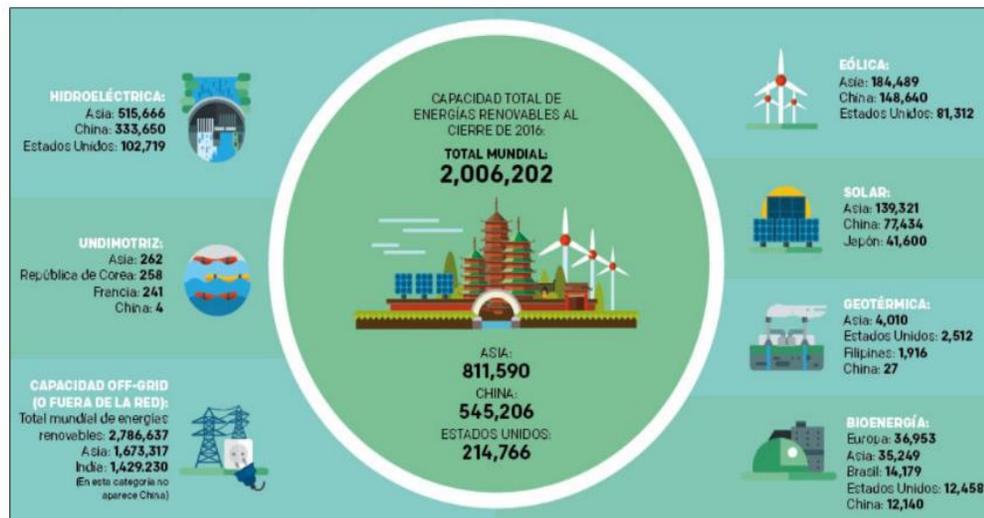
Fuente: (REN, 2015)

Realizando una evaluación general de las diferentes fuentes de energía renovables actuales, la Figura 6 presenta el reporte suministrado por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) del 2017.

La energía hidroeléctrica presento una caída respecto a los demás años anteriores, Brasil y China continúan liderando esta tecnología con una expansión de 12,4 GW o 60% de toda la nueva capacidad. La capacidad hidráulica también aumentó en

más de 1 GW en Angola e India. En Energía eólica: tres cuartas partes de la nueva capacidad de energía eólica se instaló en cinco países: China (15 GW); EE. UU. (6 GW); Alemania (6 GW); Reino Unido (4 GW); e India (4 GW). Brasil y Francia también instalaron más de 1 GW.

Figura 6 Países con mayor capacidad renovable en MW por tecnología 2017.



Fuente: (REN, 2015)

5.4 Eficiencia fotovoltaica.

La eficiencia de un sistema fotovoltaico depende de la cantidad de radiación solar que cae sobre la superficie de los paneles solares. Al aumentar la eficiencia mediante la maximización de la cantidad de energía solar que incidente sobre el panel. Sin embargo, el uso del sistema fotovoltaico es limitado debido a su costo comparativo al comercial, aunque el costo de la electricidad generado por sistemas fotovoltaicos ha disminuido gradualmente en las últimas dos décadas.

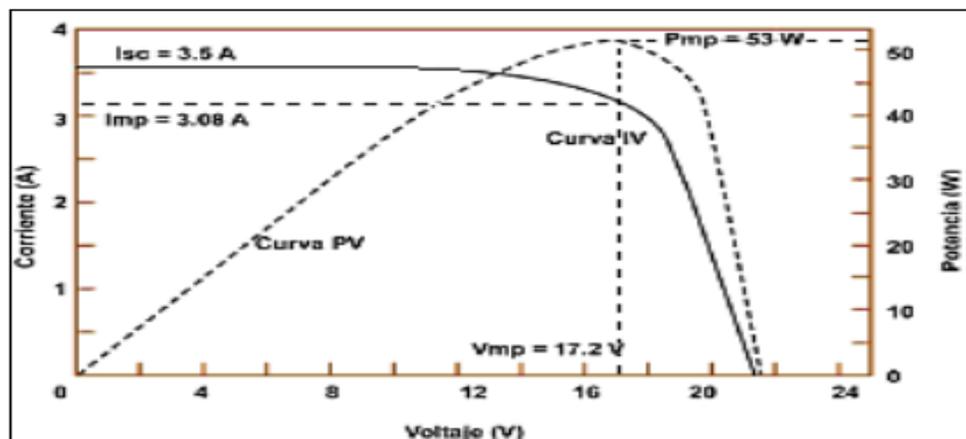
Existen muchos factores como la climatología de la zona a estudiar, la radiación, la orientación y la inclinación de la superficie expuesta y las características de la reflexión de tierra, que afectan el funcionamiento de un panel. La elección del ángulo de inclinación para un panel solar es fundamental para su funcionamiento eficiente, ya que la colocación incorrecta del panel solar provoca una pérdida innecesaria de potencia.

Por lo tanto, es conveniente colocar los paneles solares en un ángulo de inclinación óptimo y orientación. Es necesario medir el ángulo de inclinación óptimo de la ubicación en particular para maximizar el potencial de energía solar obtenido de esa zona, ya que el ángulo de inclinación óptimo es una función de la climatología local,

la altitud, etc. La orientación óptima está orientada al sur y el ángulo de inclinación óptimo depende únicamente de la latitud.

El comportamiento eléctrico de los paneles está dado por las curvas de corriente v/s voltaje (curva IV) o potencia v/s voltaje (curva PV). La curva de potencia está dada por el producto entre la corriente y el voltaje en cada punto de la curva IV. La Figura 7 muestra las curvas IV y PV características de un panel típico. Bajo las condiciones estándares de prueba mencionadas anteriormente, cada modelo de panel tiene una curva IV o PV característica. La corriente nominal (I_{mp}) y el voltaje nominal (V_{mp}) del panel se alcanzan en el punto de máxima potencia. Mientras el panel opere fuera del punto de máxima potencia, la potencia de salida será significativamente más baja.

Figura 7 Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1000 W/m^2 y $25 \text{ }^\circ\text{C}$.



Fuente: (SIMEC, 2015)

6. MARCO CONCEPTUAL

6.1 Energía solar: La energía solar está constituida por una porción de luz que emite el sol y que es interceptada por la tierra. Esta llega a la tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente), donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico). Una aplicación cotidiana, es el secado de la ropa y algunos productos en procesos de producción con tecnología simple. Hay otras formas de aprovechar la energía proveniente del sol, en conjunción con otras técnicas, como por ejemplo la energía solar térmica. Cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio, y es utilizado en aplicaciones térmicas de climatización de viviendas, refrigeración, secado, etc. Otra forma es la denominada energía solar fotovoltaica, en la cual se centra, este proyecto, y consiste en el aprovechamiento de la radiación solar incidente sobre celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz solar recibida en un potencial eléctrico.

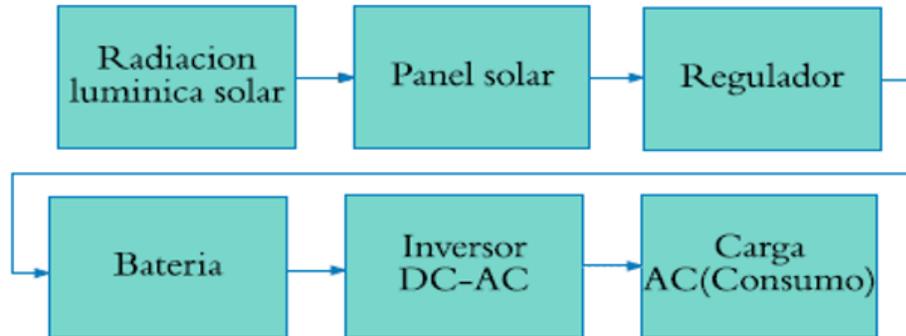
6.2 Energía fotovoltaica: La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Este tipo de energía, a menudo se la denomina directamente energía fotovoltaica. Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para la fabricación de paneles fotovoltaicos suele ser el silicio. Cuando la luz del Sol (fotones) incide en una de las caras de la célula solar genera una corriente eléctrica. La fabricación de células fotovoltaicas es un proceso costoso, tanto económicamente como en tiempo. El silicio con el que se fabrican las células fotovoltaicas es un material muy abundante en la Tierra. Sin embargo, el procesamiento del silicio es laborioso y complicado.

6.3 Sistemas fotovoltaicos.

En términos generales, se define como sistema fotovoltaico, al conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos utilizados en el aprovechamiento de la energía solar disponible para transformarla en energía eléctrica. Estos sistemas, dependiendo de su configuración y de la potencia producida, se dividen en dos categorías: Sistemas Aislados. Sistemas de conexión a red. La Figura 8 representa un diagrama de bloques que presenta los elementos que componen un

sistema fotovoltaico para la producción de energía eléctrica.

Figura 8 Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico.

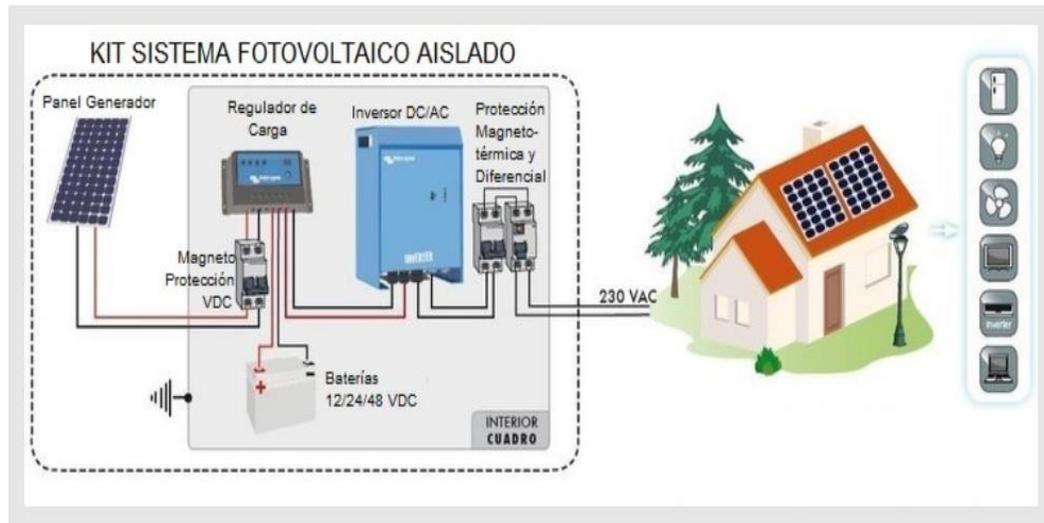


Fuente: Autor.

6.4 Sistemas fotovoltaicos de conexión aislada.

Utilizados para proveer electricidad a sitios lejanos, que por su ubicación geográfica y de difícil acceso no compensa pagar el coste de la conexión a la red convencional. Los sistemas aislados al no estar conectados a la red eléctrica normalmente están equipados con baterías de acumulación para la energía producida. La acumulación es necesaria, porque el sistema fotovoltaico depende de la insolación captada durante el día, y a menudo la demanda de energía por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y nocturnas. Es necesario dimensionar la instalación de manera que durante el periodo de insolación permita la carga de la batería y a su vez sea capaz de alimentar las cargas conectadas al sistema. Como se observa en la Figura 9, en estos sistemas la energía producida por los módulos solares es almacenada en las baterías a través de un sistema regulador de carga, los cuales están preparados para alimentar pequeños consumos en corriente directa. El inversor va conectado a las baterías y es el encargado de transformar la energía almacenada en los acumuladores en corriente alterna para alimentar los diferentes consumos.

Figura 9 Composición de un sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica convencional.



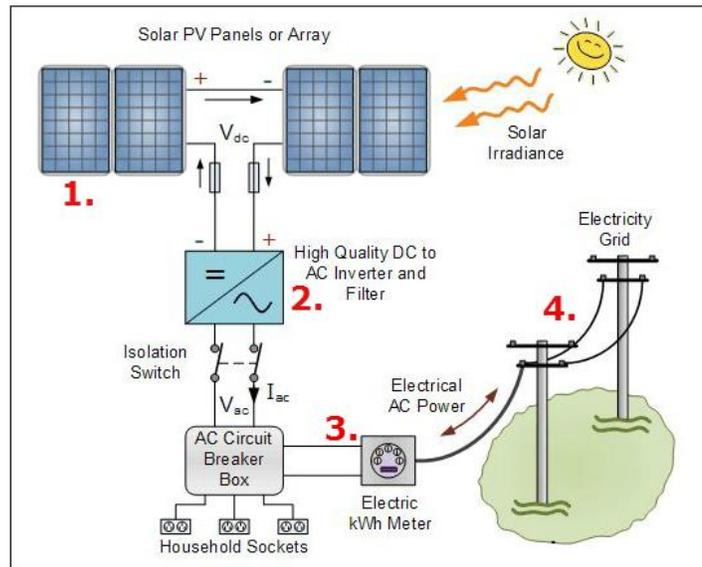
Fuente: (quetzalingeneria, 2015)

6.5 Sistemas fotovoltaicos de conexión a red eléctrica convencional.

A diferencia de los sistemas aislados, este tipo de sistemas no tienen baterías de acumulación para la energía producida por el sistema, ya que la energía producida durante las horas de insolación es dirigida a la red eléctrica y la carga es alimentada directamente por la red. Una instalación de este tipo resulta más viable desde el punto de vista de continuidad energética, que una instalación no conectada a la red, que en caso de avería y de no disponer de un grupo eléctrico de apoyo, no tendría posibilidad de alimentación. En los sistemas de conexión a red, es necesario cumplir los requisitos técnicos demandados por la compañía eléctrica a la cual está conectado el sistema.

De igual manera se debe incluir dentro del sistema fotovoltaico, como se observa en la Figura 10, un conjunto de medición, para contabilizar la energía producida por el sistema fotovoltaico durante su periodo de funcionamiento. Como principio general se ha de asegurar un aislamiento eléctrico mínimo de clase I en lo referente a módulos, inversores, como al resto de los materiales de la instalación (cajas, armarios, conexiones, cableado, exceptuando el de DC que será de doble aislamiento). El funcionamiento de la instalación no debe provocar en la red a la cual se conecte, averías, disminuciones de las condiciones de seguridad, ni alteraciones superiores a las permitidas por la normativa vigente.

Figura 10 Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica convencional.



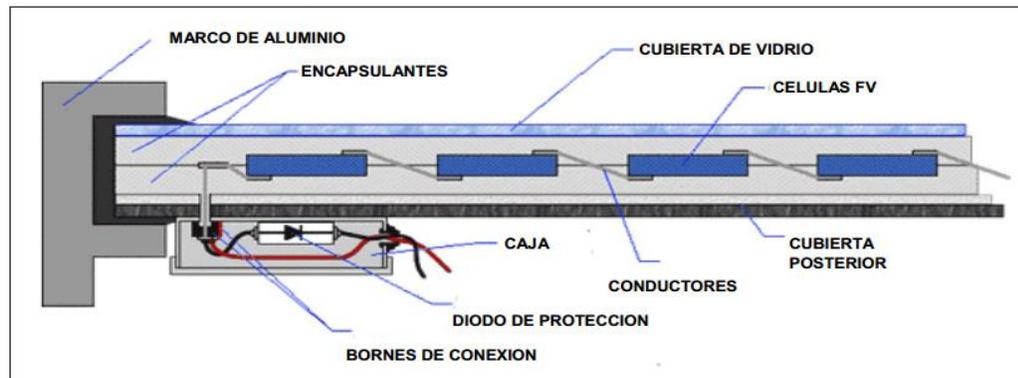
Fuente: (sebastian, 2018)

6.6 Componentes de un sistema fotovoltaico.

6.6.1 Panel solar

Los paneles solares son los encargados principalmente del proceso de conversión de energía solar a energía eléctrica, en otras palabras, de energía lumínica a energía voltaica. Para esta transformación el panel cuenta con un conjunto de elementos como se observa en la Figura 11, en donde, la célula fotovoltaica es la primordial responsable de este proceso.

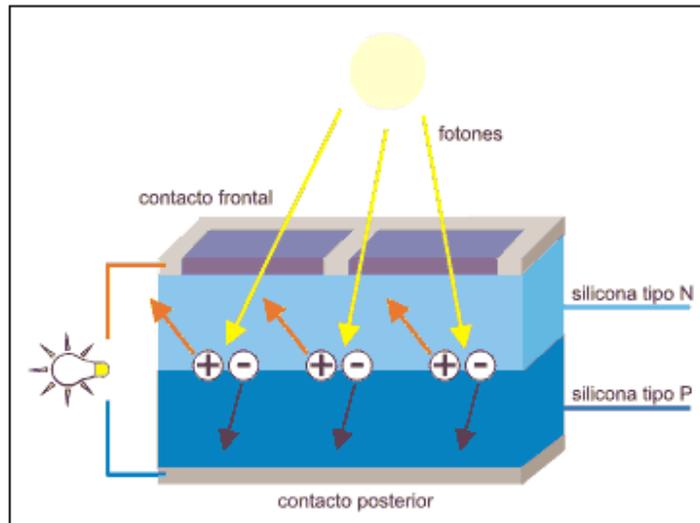
Figura 11 Estructura de un panel solar.



Fuente: (Biotec energias, 2017)

La transformación fotovoltaica se centra en la capacidad del silicio para generar energía eléctrica al ser expuesto a la radiación solar. En la Figura 12 se aprecia cómo, los fotones encontrados en el haz de luz y que transportan la energía del sol, chocan con la célula lo que produce una excitación en el semiconductor, el cual, a su vez, libera electrones que circulan libremente por medio de la capa conductora de la célula, de este modo, cuanto mayor sea la cantidad de fotones que golpeen la celda mayor será la cantidad de corriente producida.

Figura 12 Transformación de radiación solar en corriente eléctrica.



Fuente: (Ecsite, 2016)

El silicio se emplea como materia prima en la fabricación, tanto en tecnología cristalina, como en los receptores de lámina delgada basados en silicio amorfo. Para la fabricación de los paneles solares fotovoltaicos, es el silicio utilizado para la industria fotovoltaica como materia prima para producir silicio cristalino de grado solar. A pesar de que su proceso de fabricación sea más costoso, con el uso del silicio cristalino se obtiene mayor eficiencia que el caso del silicio monocristalino y policristalino. No obstante, se prevé que las tecnologías vayan evolucionando en un futuro inmediato hacia una reducción de costos basado en tres factores fundamentales:

- ✓ La disminución en la aplicación de materias primas y energía.
- ✓ La mejora de la eficiencia.
- ✓ La optimización.

Hasta el momento las células fotovoltaicas existentes en el mercado suelen estar construidas en base al silicio. Los cristales de silicio pueden estar en diferentes configuraciones.

- ✓ Silicio Monocristalino.
- ✓ Silicio Policristalino.
- ✓ Silicio Mono-policristalino.

Las diferencias entre las células mono y policristalinas es notable, cabe resaltar, que la más destacada es el costo de elaboración, puesto que, en el momento de realizar un complejo ciclo de pureza la cantidad de silicio desperdiciado es bastante lo que incrementa su costo de fabricación. Otras características se enfocan en la eficiencia, absorción de luz en días nublados, vida útil y comportamiento frente a los cambios de temperatura para cada tipo de célula. La Tabla 4 presenta una descripción de ventajas y desventajas de los dos tipos de tecnologías de células solares.

Tabla 4 Cuadro comparativo células monocristalinas y policristalinas.

	Célula Monocristalina	Célula Policristalina
η Célula	14% - 17%	12% - 14%
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - η constante - Mayor tiempo de vida útil - Superficie uniforme - Mayor absorción de luz en días nublados 	<ul style="list-style-type: none"> -Menor precio -Mayor tolerancia a los cambios de temperatura -Fabricación con menos desperdicios
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Más susceptibles a cambios drásticos de temperatura - Mayor precio - Mas perdida de silicio en su fabricación 	<ul style="list-style-type: none"> -Menor tiempo de vida útil - η reducida - Superficie sin uniformidad

Fuente: Autor.

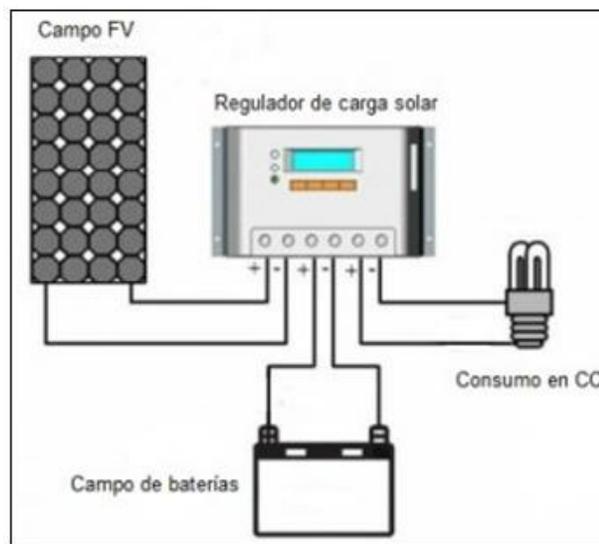
6.6.2 Regulador de carga.

Los reguladores de carga se encargan de la protección de los acumuladores frente a sobrecargas y descargas profundas, ya que puede ocurrir que la potencia requerida por el usuario no sea proporcional a la energía acumulada en la batería o a la radiación solar incidente sobre los módulos fotovoltaicos. Durante la noche el voltaje de salida de los paneles solares fotovoltaicos es nulo, al amanecer, atardecer, o en días nublados, el nivel de insolación es bajo y los paneles no pueden cargar las baterías; en este caso el regulador cumple un rol pasivo, aislando el

banco de acumulación del sistema de generación, evitando su descarga. Cuando la insolación aumenta, el voltaje de los paneles supera al del banco de acumulación, iniciándose nuevamente el proceso de carga; es entonces cuando el regulador de carga tiene un rol activo, evitando una sobrecarga. En términos generales la misión del regulador de carga es la de contrarrestar la estabilidad de la fuente primaria. El regulador de carga funciona como un servomecanismo en el que se compara en valor deseado en la carga con uno de referencia, y efectúa los cambios necesarios para compensar las variaciones de la fuente primaria y las debidas al consumo o carga conectada a nuestro sistema fotovoltaico. Existen tres estados de carga posibles: Bulk, Absorción y Flotación.

En la Figura 13 se puede observar como un regulador de carga está conectado a los paneles fotovoltaicos y al banco de baterías que suministra la carga, también hay reguladores con salida de carga en corriente directa suministrada por la batería.

Figura 13 Regulador de carga solar.



Fuente: (Monsolar, 2018)

6.6.3 Baterías.

Es un sistema de acumulación formado por un conjunto de acumuladores recargables, dimensionados de forma que garanticen la suficiente autonomía al sistema. Las características que idéntica una batería solar respecto a las baterías comunes utilizadas en otros sistemas son su mayor profundidad de descarga PD y su alto valor para el ciclaje.

La Tabla 5 presenta una descripción detallada de los tipos de baterías disponibles para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos.

Tabla 5 Tipos de baterías.

Tipo de batería	Descripción	Ventajas	Desventajas
<i>Estacionarias monobloc</i>	Un solo bloque, no necesitan asociarse para obtener 12 V, son de menor capacidad, se utilizan en instalaciones de poca potencia.	Son más económicas y recomendadas en instalaciones de baja y media potencia donde se utilizan aparatos eléctricos sencillos sin picos de arranque.	Necesitan de un mantenimiento periódico anual aproximadamente.
<i>Estacionarias translúcidas o transparentes</i>	Se encuentran separadas en células, pero el material que lo cubre permite ver el interior de la batería. Su tensión es de 2,2 V por lo que se debe de utilizar en serie.	Facilidad de sustitución de esta en situaciones de averías, así como mayor capacidad de reserva de electrolito.	Permite observar su interior sin embargo no hace robusto ni solido la estructura externa.
<i>Estacionarias herméticas</i>	Son las denominadas también como sin mantenimiento; no se tiene acceso a su interior, aunque sus características son las mismas, en relación de materiales activos y a las reacciones de carga y descarga.	No derraman ni vaporizan electrolitos, lo cual las hace confiables para uso continuo del sistema.	La descarga profunda de manera frecuente produce un deterioro significativo en la vida útil de la misma.

Fuente: Autor.

Para instalaciones solares de baja potencia, donde se hace el uso de electrodomésticos e iluminación que no requieran picos de arranque, se utilizan baterías estacionaria monobloc de ciclo profundo, puesto que están diseñadas para la alimentación de equipos de baja potencia, es decir que un arranque de motor es imposible y solo ocasionara daños permanentes en la batería.

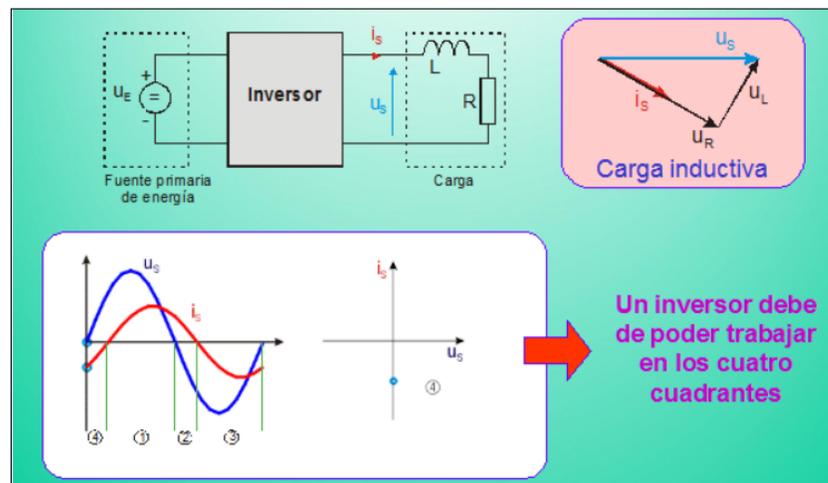
6.6.4 Inversor.

El inversor es un dispositivo de potencia encargado de la transformación de la energía continúa producida por los módulos solares en energía alterna para consumo, Éste debe poseer ciertas características técnicas que evitan inconvenientes de funcionamiento e incompatibilidad con el sistema, debe estar dimensionado y ser capaz de alimentar directamente los consumos que pretendan conectarse al sistema. Un inversor simple consta de transistores controlados por oscilación, el cual es utilizado para interrumpir la corriente entrante y generar una onda cuadrada, esta onda cuadrada que alimenta a un transformador que suaviza su forma, haciéndola un poco más una onda sinusoidal y produciendo el voltaje de salida necesario. La forma de onda de salida de un inversor ideal debería ser sinusoidal.

Lo que se pretende es obtener un sistema de oscilación que sea estable y periódico,

manteniendo una frecuencia y forma de onda constante; esta señal se va amortiguando en el tiempo, hasta que acaba extinguiéndose transcurrido un periodo de tiempo bastante corto. El circuito electrónico de ser capaz de volver a cargar eléctricamente uno de los componentes y permitir hacer un proceso de oscilación constante. En un sistema fotovoltaico de conexión a red eléctrica, la potencia en corriente continua DC generada por el conjunto de paneles solares, debe convertirse en corriente alterna AC para poder ser inyectada a la red eléctrica. Este requisito hace imprescindible la utilización de un inversor que se encargue de dicha conversión, con la tonalidad de conseguir la conversión de corriente DC a AC, como muestra la Figura 14.

Figura 14 Consideraciones al flujo de energía de un inversor.



Fuente: (Monografias.com, s.f.)

6.6.5 Factores de eficiencia de un panel fotovoltaico

Punto de máxima potencia (Pmp): Corresponde a la máxima potencia que el panel puede entregar, la cual se da cuando el voltaje y la corriente alcanzan sus valores máximos en forma simultánea, representa el valor de máxima potencia. Este valor se consigue de acuerdo con la Ecuación 1.

$$P_{mp} = V_{mp} \times I_{mp}$$

Ecuación 1.

Eficiencia en la conversión de energía: La eficiencia de un panel fotovoltaico, corresponde al porcentaje de energía eléctrica generada en relación con la cantidad de energía luminosa recibida desde el sol, cuando el panel se encuentra conectado

a un circuito eléctrico. La Ecuación 2 define la eficiencia.

$$\eta = \frac{PMP}{EXAC} = \frac{VMPXIMP}{PI}$$

Ecuación 2.

Donde:

η : representa a la eficiencia de la conversión de la energía.

Pmp: punto de potencia máxima (W).

E: nivel de radiación solar en la superficie del panel (W/m²), bajo condiciones STC.

Ac: Superficie del panel fotovoltaico (m²).

Pi: Potencia Recibida por el panel.

Factor de forma (FF) define la eficacia de un panel solar, relacionando el punto de máxima potencia (Pm), dividido por el producto entre el voltaje a circuito abierto (Voc) y la corriente de cortocircuito (Isc). Esto se muestra en la Ecuación 3.

$$FF = \frac{PMP}{VOCXISC} = \frac{\eta XACXE}{VOCXISC}$$

Ecuación 3.

6.6.6 Factores que afectan el rendimiento de un panel fotovoltaico

Energía de la luz incidente: Debido a que la luz incidente tiene distintas longitudes de onda, cerca del 50% de la radiación recibida no está dentro del margen aceptado por los paneles solares disponibles comercialmente y se pierde, ya sea por poca o demasiada energía. Por otro lado, la corriente es directamente proporcional a la radiación incidente y aceptada por el panel, por lo que un bajo nivel de energía radiante provocará que la corriente generada también sea baja.

Reflexión: Este tipo de pérdidas se produce en la superficie del panel, debido a la reflexión de los rayos incidentes. Para disminuir este tipo de pérdidas, en el proceso de fabricación se están utilizando capas antirreflejo y superficies rugosas.

Efecto de la Sombra: El efecto de sombras sobre los paneles solares, afecta notoriamente el rendimiento de estos, es por esto por lo que se debe procurar al momento de diseñar una instalación fotovoltaica, situar los paneles en lugares donde no sufran este tipo de interferencias.

Efecto de la orientación e inclinación: Los paneles solares trabajarán en forma óptima cuando su orientación sea directa hacia el sol, es decir, que el panel se sitúe perpendicularmente hacia el sol. Según el Pliego de Condiciones del IDAE, la inclinación de los módulos solares se define mediante el ángulo de inclinación β , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su

valor es 0° para módulos horizontales y 90° para módulos verticales.

Según el IDAE, la orientación se define por el ángulo llamado azimut α , que es el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Los valores típicos son 0° para los módulos al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste [9] En instalaciones fijas, es imposible mantener el panel perpendicular al sol, por lo cual, el sistema se debe diseñar de tal forma que su instalación permita aprovechar la mayor cantidad de luz posible y en los periodos de mayor radiación.

Para las instalaciones con sistema de seguimiento, este problema tiene menor incidencia, ya que el panel tiende a mantener la perpendicularidad hacia el sol.

Efecto de la Temperatura: Al aumentar la temperatura, la corriente también tiende a aumentar, pero el voltaje cae notablemente, lo que provoca una disminución de la potencia entregada por el panel, en cambio, al disminuir la temperatura el voltaje tiende a aumentar, pero la corriente disminuye, aumentando en una fracción el nivel de potencia entregada. Se estima que la potencia nominal se reduce aproximadamente un 0.5% por cada grado por sobre de 25°C .

6.6.7 Sistemas de seguimiento solar

Un sistema de seguimiento solar es un dispositivo capaz de orientar los paneles solares de forma perpendicular a los rayos solares para un mejor aprovechamiento de la radiación solar, ya sea siguiendo al sol desde el Este al amanecer hasta el Oeste en la puesta o bien empleando el punto de máxima potencia.

Existen tres tipos de seguidores solares:

Estructuras fijas: son las más robustas y flexibles del mercado y permiten adaptarse a cualquier tipo de terreno con desniveles superiores al 5%.

Seguidores de un eje: El seguidor solar estacional de un eje incrementa la producción de energía eléctrica en un 28% más respecto a una instalación fija.

Seguidores de dos ejes: Los seguidores de dos ejes permiten incrementar aproximadamente la eficiencia hasta un 35% la producción de energía eléctrica de los paneles solares fotovoltaicos.

Angulo de los trópicos:

Se refiere a la latitud de los trópicos en valor absoluto, es de $23^\circ 5'$ Norte.

Angulo de declinación:

La declinación define la posición angular del sol al mediodía solar, es decir en el momento en que el sol está más alto en el firmamento con respecto al plano ecuatorial, en la figura 2 se muestra el ejemplo de ángulo de declinación solar hacia el norte.

La declinación es un índice del alejamiento que experimenta el sol hacia el norte o

hacia el sur del ecuador. Este parámetro, depende del día y del año, y puede calcularse con la Ecuación 4.

$$\Delta = 23.45 \text{SEN}\left(360 \frac{284+N}{365}\right)$$

Ecuación 4.

Donde n es el día del año. Cada grado se divide en 60° minutos y cada minuto en 60° segundos.

Angulo horario ω : por otra parte, el ángulo horario es igual a cero al medio día solar y adquiere un valor de 15° de longitud por cada hora, siendo positivo en las mañanas y negativo por las tardes, así $\omega=30^\circ$ a las 10:30 y $\omega= 15^\circ$ alas 13:00

Una forma de calcular el ángulo horario considerando que a las 6:00,12:00 y 18:00 horas se tiene $90^\circ,0^\circ$ y -90° respectivamente, es por medio de la Ecuación 5 que se obtiene.

$$W = -\left(\frac{15'}{\text{HR}}\right) * (\text{HORA SOLAR}) + 180'$$

Ecuación 5.

6.6.8 Altura y azimut

Los movimientos del sol y la tierra son relativos entre sí, el sol está restringido a moverse con dos grados de libertad en la esfera celeste. en consecuencia, su posición con el firmamento queda descrita mediante dos variables angulares, la altura solar α y el azimut solar γ . Estos dos parámetros son muy importantes ya que estos definen los movimientos. la primera variable define el ángulo que la visual al sol forma con el horizonte, en tanto que la segunda define la desviación que tiene los rayos del sol con respecto al norte verdadero. el cálculo preciso de estas variables depende fundamentalmente de tres parámetros: la latitud del lugar ϕ y la declinación δ y el ángulo horario una vez determinada la latitud del lugar ϕ , la declinación δ y el ángulo horario ω , la altura solar α y el azimut solar γ se puede calcular por medio de las siguientes relaciones trigonométricas.

$$\text{SIN } A = \text{COS } \Phi * \text{COS } \delta * \text{COS } W + \text{SIN } \Phi * \text{SIN } \delta$$

Ecuación 6.

$$\text{SIN } \Phi = \frac{\text{COS } \delta * \text{SIN } W}{\text{COS } A}$$

Ecuación 7.

Finalmente debe aplicarse una función inversa cuando el ángulo azimut es mayor a 90° , lo cual ocurre cuando la posición del sol rebasa el eje o plano vertical este-oeste, bajo el siguiente razonamiento:

$$\text{SI } \cos W < \frac{\tan \delta}{\tan \Phi} \text{ Entonces } \Phi = \sin^{-1} \frac{\cos \delta * \sin W}{\cos A}$$

Ecuación 9.

Por otro lado,

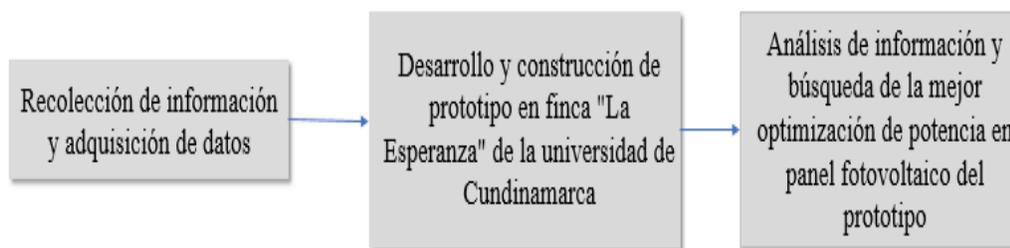
$$\Phi < 0, \text{ Entonces } \Phi = 360^\circ + \Phi$$

Ecuación 10.

7. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología empleada para el desarrollo del proyecto fue experimental y se desarrolló en tres fases principales, cada fase comprende una serie de actividades de las cuales están basadas en los tiempos estimados. El orden que se emplea para realizar el proyecto se evidencia mediante el diagrama de bloques ilustrado en la Figura 15.

Figura 15 Fases principales del proyecto.



Fuente: Autor

7.1 Primera fase: Recolección de información y adquisición de datos.

Para la primera fase se plantearon 8 actividades específicas dentro de las cuales se evidencian en la Tabla 6 y que se presentaran sus resultados.

Tabla 6. Actividades de la primera fase.

Actividad general del proyecto	N*	Subactividades por realizar
Recolección de información y adquisición de datos	1	Estado del arte eficiencia de las energías convencionales -eficiencia de un panel fotovoltaico
	2	Sensibilización a colegio Calandaima y finca de la universidad de Cundinamarca" La Esperanza" (visita).
	3	Diseño de sistema fotovoltaico de acuerdo con diagnostico energético realizado en finca de la universidad de Cundinamarca" La Esperanza"
	4	Diseño de inversor DC a AC 110v
	5	Construcción de inversor DC a AC 110v
	6	Digitalización de las señales adquiridas por medio de los sensores
	7	Verificar y calibrar el funcionamiento de parámetros y requerimientos técnicos de los sensores
	8	Diseño de aplicación en Android para encendido de iluminación a través de Android, App Inventor, y Arduino.

Fuente: Autor.

Las actividades inician con el estado del arte del cual se presentó en el capítulo 2.

7.2 Sensibilización a colegio Calandaima y finca de la universidad de Cundinamarca " La Esperanza" (visita).

Como propósito general, el proyecto enfoca su objetivo en el proporcionar alternativas diferentes en generación de energía renovable al municipio de Fusagasugá, para nuestro caso fue la solar fotovoltaica.

Sin embargo, antes fue necesario comprender la situación energética que presenta las diferentes veredas cercanas a Fusagasugá y estimar el grado de conocimiento que la gente tiene frente a las energías renovables. De tal modo que mediante herramientas pedagógicas y metodológicas que incentiven las buenas prácticas en el uso de la energía y el cuidado de los recursos naturales, tanto al interior de las instituciones educativas como en su entorno familiar y social, se realizó una visita a un grupo de estudiantes del colegio Calandaima ubicado en la vereda Calandaima del municipio de Tibacuy.

Como se observa en la Figura 16 la capacitación se realizó a estudiantes desde 4 a 9 grado en dos sesiones diferentes.

Figura 16 Capacitación, sensibilización a estudiantes de Colegio Calandaima. (Tibacuy).



Fuente: Autor.

Dentro de la capacitación se presentaron temas y actividades puntuales como son:

- ✓ Energías convencionales.
- ✓ Energías No convencionales.
- ✓ Cambio climático.
- ✓ Sopa de letras.

Tras la capacitación y sensibilización se realizó una serie de conversatorio del cual

como conclusión se evidencio un desconocimiento por parte de la comunidad académica en el uso de energías alternativas y renovables, lo cual se percibió como “oportunidad” para fomentar su conocimiento y uso.

Se realizó una visita a toda la instalación del plantel, encontrando que, por ser un colegio rural, cuenta con instalaciones agrónomas dentro de las cuales a los estudiantes se le enseña al cultivo de café, la crianza de animales como el cerdo, y el pollo. En la Figura 17 se ilustra el galpón que el plantel cuenta para la crianza de pollos. El galpón no cuenta con red eléctrica para su iluminación, evidenciando esto como una oportunidad para motivar a los estudiantes en crear pequeños proyectos que suplan este problema con el uso de energías renovables y no convencionales.

Figura 17 Galpón del colegio Calandaima.



Fuente: Autor.

En la Figura 18 se muestra los salones y kiosco del plantel, recalcando de igual manera que en estos dos sitios no cuenta con red eléctrica funcional, algunos salones cuentan con el cableado, pero no cuentan con la iluminación suficiente, y en el kiosco durante las horas de descanso los estudiantes opinaron que podría ser un punto para la carga de diferentes dispositivos, entre ellos para celulares y computadores.

Figura 18 Salones y kiosco de Colegio Calandaima.



Fuente: Autor.

7.3 Diseño de sistema fotovoltaico de acuerdo con diagnostico energético realizado en finca de la universidad de Cundinamarca" La Esperanza"

El paso inicial para la realización del diseño fotovoltaico de forma efectiva es considerar el promedio de radiación en la zona y determinar el tiempo para su máxima y mínima utilización. Para este caso los datos no son exactos ya que no hay un estudio determinado; por tal motivo es necesario trabajar con los extraídos de la base de datos de la NASA ya que es una fuente confiable y por poseer más de 20 años obteniendo datos.

Según los datos extraídos de la NASA en esta zona el promedio anual de radiación en $\text{KWh/m}^2/\text{día}$ es de 4.82, como se observa en la Tabla 7, para el diseño del sistema toma el mes con menor radiación con el fin de estimar el peor evento y realizar los correctos cálculos, en nuestro caso el peor mes es de diciembre con una radiación $\text{KWh/m}^2/\text{día}$ de 4,6 de la cual se confirma que es una zona en muy buenas condiciones aptas para un sistema fotovoltaico.

La posición geográfica de la finca es la siguiente:

- Latitud: 4.27627876
- Longitud: -74.38663468
- Elevación: 1556 m

Si se compara la radiación promedio del menor mes de la finca con la posición geográfica de Fusagasugá en el menor mes también de radiación, la diferencia es de solo $0.2 \text{ KWh/m}^2/\text{día}$.

Tabla 6 Promedio de radiación mensual en finca La Esperanza.

MES	Radiación solar KWh/m ² /d
Enero	4.86
Febrero	4.83
Marzo	4.91
Abril	4.65
Mayo	4.72
Junio	4.83
Julio	5.0
Agosto	5.07
Septiembre	5.03
Octubre	4.70
Noviembre	4.60
Diciembre	4.60
ANUAL	4.82

Fuente:(NASA),2018.

7.3.1 Cuadro de cargas

Para el diseño del sistema se establece la potencia que el sistema consumiría diario, mensual y anual. Se diseña el sistema para la carga de cuatro dispositivos móviles, una lámpara led de 10w y para un módulo de adquisición de datos diseñado.

El consumo de energía que se estima para el reflector led es de máximo una hora de la cual su consumo no sobrepasa los 10w.

Para determinar la carga de los cuatro cargadores que pueden consumir por día, se establece determinando la potencia promedio consumida por un cargador durante un periodo de dos horas que es el tiempo frecuente de carga de un dispositivo móvil. Como referencia para estimarla, la tensión de salida de cualquier referencia de cargador móvil no sobrepasa los 5V, lo que varía es el amperaje que admiten. Deben estar entre 500 mA y 1.5 A, mientras mayor sea este valor, más rápido se cargará el equipo, aclarando que cada referencia de cargadores tiene un tiempo de cargar útil para garantizar el ciclo de vida útil de la batería. Si ese valor es mayor a 1.5 A y el dispositivo lo admite, ajustará el ritmo de carga, si es menor al rango detallado, sólo tardará más en reponer la energía de la batería. En general, los celulares admiten cargas de hasta 1 A, de lo cual al multiplicar por el voltaje máximo de 5V confirmaría que la potencia máxima consumida de cada cargador es de 5w. Para determinar la carga de consumo del módulo de adquisición de datos estableciendo la cantidad de sensores o módulos a utilizar y el tipo de Arduino a utilizar.

También se usa un Arduino Uno donde dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que se puede conectar cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 a 5V, cada uno de los 14 pines digitales puede suministrar hasta 40mA máximo. Se estima el uso de los catorce pines que el Arduino Uno ofrece. De tal modo que para calcular la potencia consumida por hora máxima se multiplica los 40mA de cada pin por los 14 pines que máximo tiene el Arduino UNO y por el voltaje máximo que soporta obteniendo la Ecuación 11.

$$\text{POTENCIA MODULO} = 40\text{MA} \times 14 = 0.56\text{W/H}$$

Ecuación 11.

A partir de las cargas de cada elemento estimado, la cantidad y horas de uso, se procede a realizar el cuadro de cargas correspondientes para el sistema fotovoltaico como lo muestra la Tabla 8, donde se estima un consumo de 63.44W diarios.

Tabla 7 Cuadro de cargas calculadas.

Elemento	Cantidad	Potencia	Horas uso	Consumo
Cargador	4	5	2	40
Reflector led	1	10	1	10
Modulo adquisición de datos	1	0,56	24	13,44
			Día	63,44w
			Mes	1.9 KW

Fuente: Autor.

7.3.2 Cálculos de sistema fotovoltaico aislado

Para la realización del sistema fotovoltaico es necesario determinar cuál va a ser la potencia mínima que se necesita para adquirir un panel fotovoltaico comercial, el amperaje del regulador, la potencia mínima para el inversor y la corriente mínima que la batería debe generar en usos por hora.

Se establece el voltaje nominal (V_n) a 12V por ser el más común al momento de la compra de los elementos.

Se calcula la potencia nominal general a partir de la Ecuación 12:

$$PN = \frac{FS * C}{R}$$

Ecuación 12.

Donde:

PN= Potencia nominal general

FS = Factor de seguridad

$FS = \frac{1}{PR}$ PR = Rendimiento energético de la instalación.

En este caso se toma un rendimiento energético de 0,8 obteniendo un FS de 1,25

C= Consumo obtenido del cuadro de cargas

R = Radiación del mes con menor.

$$PN = \frac{1,25 * 63.44w}{4,6} = 17.24W$$

Ecuación 13.

7.3.2.1 Baterías

Se calcula la capacidad de la batería a partir de la Ecuación 14:

$$CB = \frac{PN*AT}{PD}$$

Ecuación 14.

Donde:

CB= Capacidad de la batería.

C= Consumo.

AT=Días de Autonomía.

PD=Profundidad de descarga de la batería.

Para este proyecto se toma AT de un día, y PD de 0,8

$$CB = \frac{17.24*1}{0,8} = 21.55W$$

Ecuación 15.

Se calcula la corriente mínima de la batería a utilizar dividiendo el CB con el VN de la Ecuación 15.

$$\frac{21.55W}{12V} = 1.8Ah$$

Ecuación 16.

La batería que se requiere para el sistema debe ser una batería de ciclo profundo de 12V. Comercialmente se dispone en adquirir una batería de 18 Ah donde sobrepasa la corriente mínima calculada, con características para el proyecto (Ver anexo 13.1.14).

7.3.2.2 Panel

El arreglo de paneles en serie para este proyecto se obtiene a partir de la ecuación 17.

$$N \text{ Serie} = \frac{VN}{VNPAPPEL}$$

Ecuación 17.

Tras haber establecido el voltaje nominal, el panel que se propone usar es de tipo monocristalino. (13.1.13). A partir de la ecuación 17 se revisa si cumple con la cantidad mínima comprobando que se necesita solo un panel como lo muestra la Ecuación 18.

$$\frac{12V}{17.6V} = 0.68$$

Ecuación 18.

Para confirmar el uso de solo un panel, se calcula el arreglo en paralelo aplicando la ecuación a partir de la Ecuación 19.

$$N \text{ Paralelo} = \frac{PN}{N \text{ SERIE} * \text{POTENCIA PANEL}}$$

Ecuación 19.

El resultado es menor a uno como lo ilustra la Ecuación 20.

$$\frac{17.24W}{0.68 * 40W} = 0.63$$

Ecuación 20.

7.3.2.3 Regulador

Corriente del regulador en generación:

IRG= FS* N paralelo* ISC panel

ISC= Corriente en corto circuito del panel

1,25* 1* 2.54 A= 3.17 A

IRG = 3.17 A

La corriente del regulador en consumos se obtiene a partir de la Ecuación 21.

$$IRC = \frac{FS * C}{VN}$$

Ecuación 21.

La corriente calculada a través de la ecuación 21 y reemplazando los valores fue de 6.6 A como lo ilustra la Ecuación 22.

$$\frac{1,25 * 63.44}{12} = 6.6A$$

Ecuación 22.

El controlador que se propone usar es de referencia AM145D02-MG de 20 A (ver anexo 2).

7.3.2.4 Inversor

Para calcular la corriente del inversor se aplica la Ecuación 23.

Donde:

AC: voltaje consumido en alterna.

E: Eficiencia del inversor.

$$I. \text{ inv} = \frac{FSXAC/E}{VN}$$

Ecuación 23.

Como se muestra en la Ecuación 23 se obtiene una corriente máxima del inversor de 8.10 A.

$$\frac{1.25X(70/0.8)}{12} = 8.10 A$$

Ecuación 23.

7.4 Diseño de inversor DC a AC 110v

El inversor tiene como principio el suministro de cuatro cargadores para dispositivos móviles con un promedio de uso de tres horas para cada uno, el inversor debe tener una alimentación de 12V generada por la batería, que contiene una corriente continua para convertir su tensión de salida en una corriente alterna, con base en los parámetros de la ecuación 23, se opta por rediseñar un inversor DC/AC de onda sinusoidal modificada simple de 12V a 110V que utiliza un cronómetro IC555 y CD4017 de capacidad de 40W, por lo tanto, la consideración

del diseño del inversor está a 40W la cual es la potencia delimitada para el prototipo. No obstante, con base en la potencia del sistema, se determina una impedancia de 100Ω, la cual es sobredimensionada con un valor superior, debido a que la impedancia puede llegar a variar según el tipo de cargador que se conecte al sistema, esta misma impedancia será utilizada para las validaciones del prototipo, por lo tanto, los parámetros del inversor se definen en la Tabla 9.

Tabla 8 Parámetros para diseño del inversor.

Vcc	12V
Vo	110V
R	100Ω
Po	40W
F	60 Hz
I-Max	8.10A

Fuente: Autor.

7.4.1 Esquema

El temporizador 555 genera impulsos a una frecuencia de cuatro veces la frecuencia de salida deseada. Para el diseño se toma una frecuencia de salida a 60Hz, por lo tanto, la frecuencia del temporizador debe ser igual a 240Hz (4 * 60Hz). Para calcular los valores de las resistencias se aplica la ecuación 24, donde se calcula el valor de frecuencia comportándose el 555 como oscilador de modo astable.

$$F_{req} = \frac{1.44}{(R_A + 2 * R_B) * C}$$

Ecuación 24.

Donde:

Freq: Frecuencia de salida

Ra: Resistencia variable RV4

Rb: Resistencia variable RV2

C: Valor de los condensadores C4 y C1.

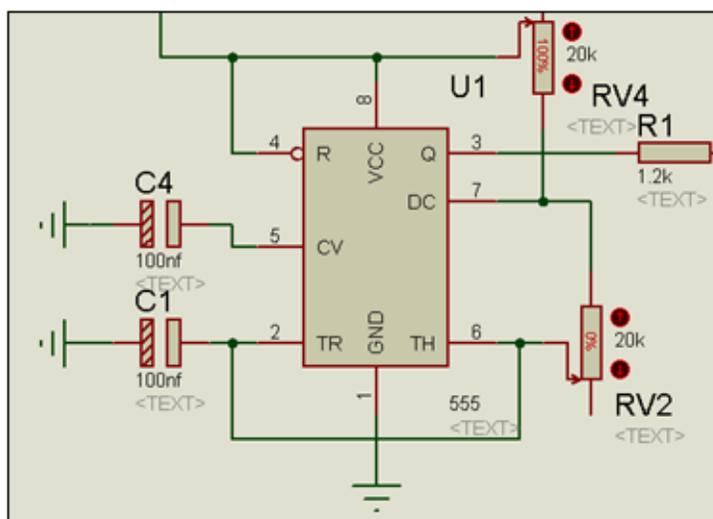
Los valores de Ra, Rb y C se establecieron primero despejando Rb obteniendo un valor de 20 KΩ y estableciendo C con un valor de 100nf y Ra con un valor comercial de 2 KΩ. El resultado esperado fue de 240Hz como lo ilustra la Ecuación 25.

$$\text{Freq} = \frac{1.44}{(20\text{k}\Omega + 2 * 20\text{k}\Omega) * 100\text{NF}} = 240\text{Hz}$$

Ecuación 25.

A partir de la ecuación 25 después de determina el uso de resistencias variables de 20kΩ para RV4 y RV2 como se muestra en la Figura 19, se procedió a realizar una simulación a través del software Proteus con el fin de aprobar la configuración calculada para el oscilador.

Figura 19 Simulación de oscilador astable.



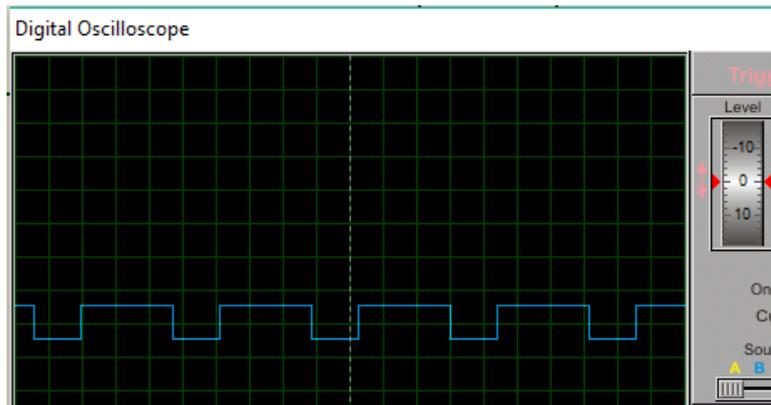
Fuente: Autor.

De este modo se genera una señal cuadrada oscilante de frecuencia a 240Hz, la cual se calcula su periodo en nivel bajo y alto. Se realizo la simulando y comprobando su periodo como se muestra en la Figura 20.

Salida a nivel alto: $T1 = 0.693 * (Ra + Rb) * C = 0.63 * (20\text{k}\Omega * 20\text{k}\Omega) * 100\text{nf} = 25.2$ segundos.

Salida a nivel bajo: $T2 = 0.693 * Rb * C = 0.63 * 20\text{k}\Omega * 100\text{nf} = 1.26\text{ms}$.

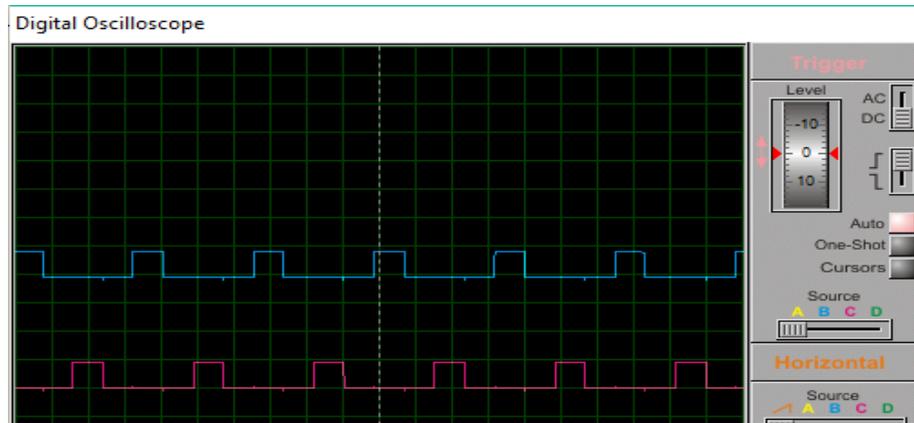
Figura 20 Señal cuadrada en modo estable simulada.



Fuente: Autor.

La entrada de alimentación del circuito es de 12V de tal manera, se ve necesario el uso del regulador LM7809 para proteger el LM555 y alimentarlo a un voltaje estable de 9V al igual que el CD4017 de picos de tensión y transitorios que pueden influir en su funcionamiento y estabilidad, al igual que para garantizar la conducción de los dos transistores de potencia Mosfet IRFZ44N. Observando su hoja de datos se determina que son indicados para soportar la operación del puente inversor. La función de estos transistores es la de oscilar en una configuración conocida como push-pull, y de esta forma hacer trabajar el bobinado del transformador, cada transistor hace trabajar a media parte del bobinado de 12+12 mediante sus terminales Drain y Source. Dado que el TAP se encuentra conectado a positivo, al oscilar lo que se obtiene es una onda de forma cuadrada de continua pulsante. Posteriormente se utiliza el contador CD4017, donde este debe recibir un tren de pulsos por el pin14, del cual es generado por la salida 3 del oscilador Lm555. Cada vez que reciba un flanco positivo, el CD4017 avanzara una posición en su contador y al llegar al final, activara el pin 14. El pin 13 se conecta a tierra para garantizar no detener el conteo. El pin 15 es llevado al pin 10 limitando el conteo a menos de 10 salidas, entonces se debe llevar el ultimo pin de la cuenta hacia el pin de Reset. La Figura 21, muestra las señales cuadradas simuladas, generadas por los pines 2 y 7 que posteriormente se conectaran con los IRFZ44N de la cual se evidencia una diferencia en el periodo de las salidas complementarias en las que se presenta dicha frecuencia. Esto quiere decir que una de las salidas está desfasada 180° respecto a la otra, por lo tanto, cuando una se encuentra en nivel alto, la otra lo estará en nivel bajo y viceversa.

Figura 21 Salida de señales cuadradas del CD4017.

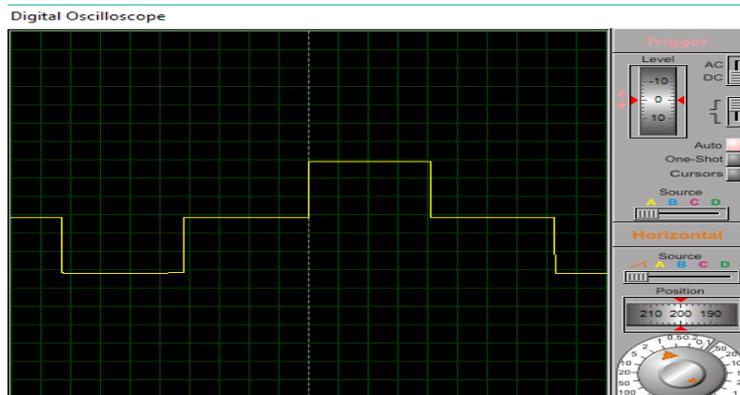


Fuente: Autor.

La etapa final es el acople del transformador a los transistores en sus respectivas salidas conectando el transformador para este caso en modo elevador de tensión de 12V a 110V, en su devanado de baja tensión y en su bobinado de alta tensión. Se diseño con un transformador de 5A con Tap central, gracias a la relación de transformación, una tensión de onda modificada de 110 VAC.

En la Figura 22 se muestra la señal simulada obtenida, de la cual es una señal senoidal modificada de forma cuadrada, en la cual funciona a través de una carga resistiva de 100ohms y a 110V como se estimó en los parámetros del diseño.

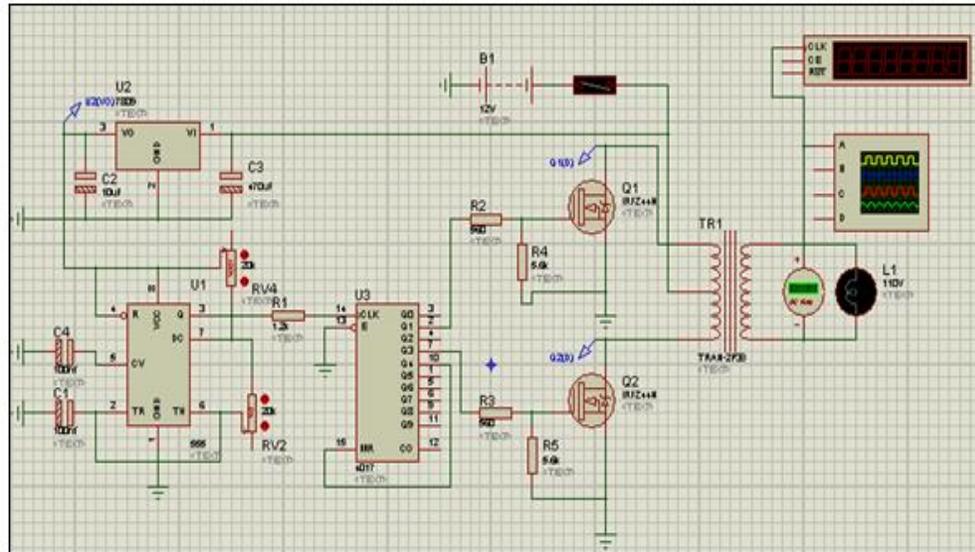
Figura 22 Señal semi-senoidal modificada simulada.



Fuente: Autor.

La Figura 23 muestra el esquema completo del circuito obtenido del inversor a través de la simulación, donde el siguiente paso es su implementación y pruebas.

Figura 23 Esquema de circuito completo simulado del inversor.



Fuente: Autor.

7.5 Construcción de inversor DC a AC 110V

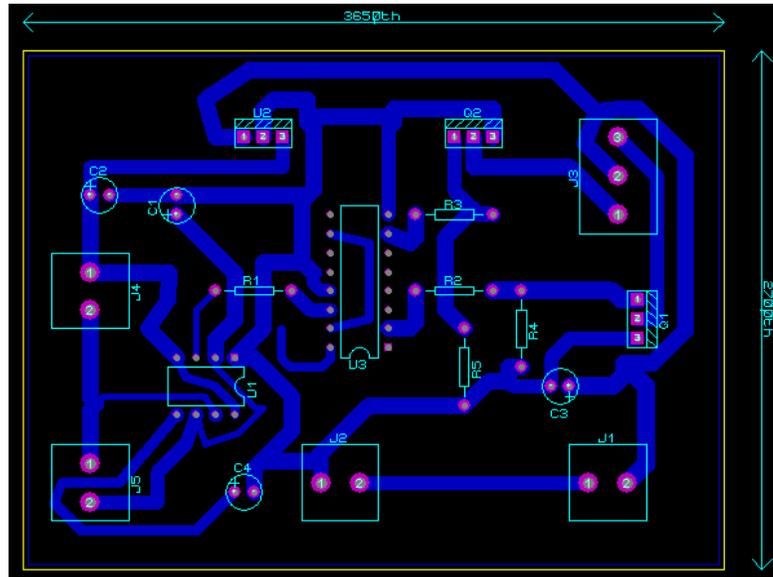
Para la construcción del inversor es necesario primero el diseño del circuito impreso en la Baquela a usar, y establecer sus dimensiones. Para su diseño se realizó a través del software ISIS de Proteus. Una vez diseñado el esquema electrónico, en ISIS se genera automáticamente la lista de redes (NETLIST). Donde ARES es capaz de recibir esta lista de redes para diseñar, a partir de ella, la placa del circuito impreso. De esta forma se asegura que la placa tenga unidos entre sí los pines de forma idéntica a como está definido en el esquema electrónico.

Cualquier modificación que se realice en el esquema, podrá ser reenviado desde ISIS a ARES, donde aparecerán resaltados los cambios que se hayan producido. De esta forma la modificación y rediseño de la placa se realizará de forma mucho más simple y segura.

En la Figura 24, se observa la PCB con todos los componentes completos del circuito y con los pines establecidos al momento de su construcción. Se toma en cuenta las normas mínimas que toda PCB debe tener. Se aplica la Norma IPC 2220, 2221B, 222A y 2224 que establece la IPC (Association Connecting Electronics Industries) para placas electrónicas o circuitos impresos. Las pistas se diseñaron de forma que soportaran una corriente máxima de 7A con un grosor de 0.4 milímetros

en la parte de potencia y a 0.2 en el resto del circuito y que sus bordes no estimen un ángulo no mayor a 45 grados de inclinación.

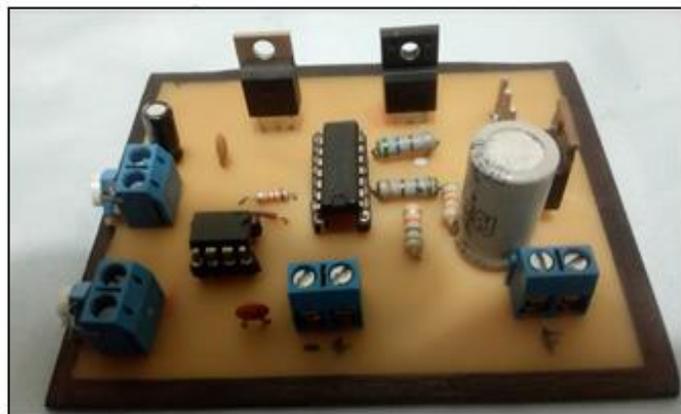
Figura 24 Esquema del inversor en software ISIS para su impresión.



Fuente: Autor.

El siguiente paso para la elaboración de la PCB fue estimar sus dimensiones de forma que no generar inconvenientes al momento del montaje completo como se observa en la Figura 25. Se agregan los componentes y se procedió a soldar.

Figura 25 Montaje de componentes y soldado de Baquelita.



Fuente: Autor.

Los componentes externos de la PCB como son el transformador, las bananas de alimentación de entrada y salida, los disipadores de calor, un pequeño ventilador de

12V, y un fusible de protección fue necesario situar todos sus componentes en una caja metálica como se ilustra en la Figura 26, todo con el fin de poder realizar pruebas en el laboratorio de electrónica de la universidad de Cundinamarca para determinar si cumple con las características mínimas para su correcto funcionamiento.

Las conexiones se realizaron a través de borneras donde fuera fácil su conexión y desconexión.

Figura 26 Montaje inversor en la caja metálica, en modo de prueba.



Fuente: Autor.

7.5.1 Medición de pruebas inversor

Para comprobar el funcionamiento del inversor, se realizaron una serie de pruebas a través de cargas resistivas como lo fue un bombillo de 60W y cuatro cargadores de diferentes marcas en las cuales se conectaron uno a uno para confirmar que el inversor genere la suficiente potencia y voltaje para su correcto funcionamiento.

La Figura 27 muestra la conexión del inversor a una fuente DC de 3A a 12V, para su alimentación. Como primera prueba de cargas se conectó un bombillo de 60W a la salida del inversor obteniendo un funcionamiento del bombillo alrededor del 60% del cual no se ilumina completamente. El resultado se esperaba ya que el inversor está diseñado para soportar una potencia de 40W y la fuente de alimentación no suministra la potencia suficiente.

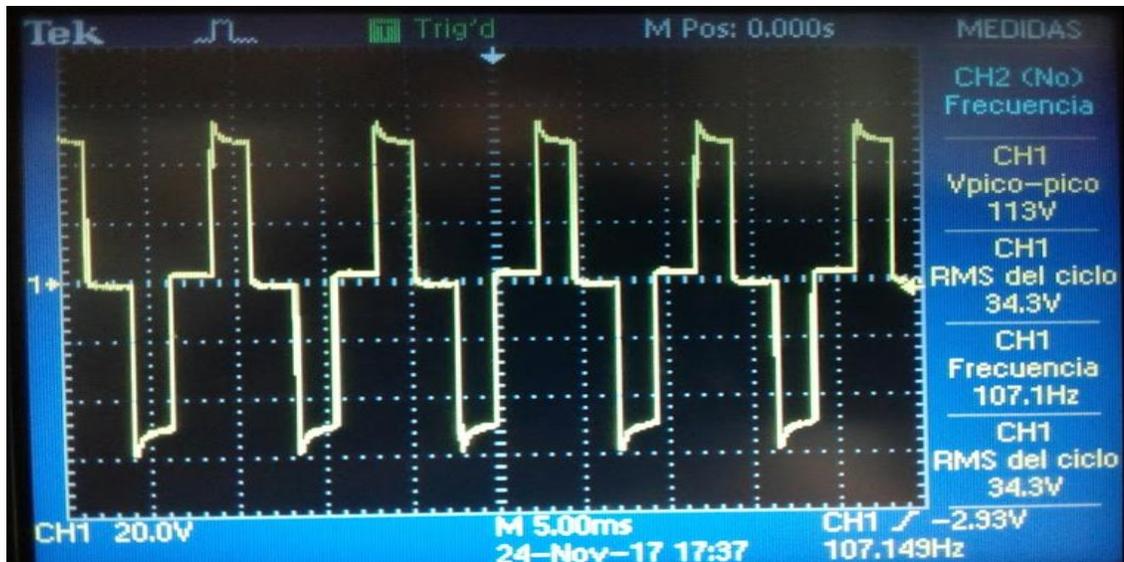
Figura 27 Pruebas de inversor con carga resistiva.



Fuente: Autor

Al revisar en el osciloscopio el comportamiento de la señal de salida se encontró que su funcionamiento está a una frecuencia de 59.6Hz, un voltaje RMS de 94.3V muy cercano al valor calculado, en la señal se evidencia un pequeño sobre pico, pero que no afecta en gravedad la señal. La Figura 28 muestra el comportamiento de la señal con la carga resistiva.

Figura 28 Señal de salida en inversor con una carga resistiva de 60 W.



Fuente: Autor.

La siguiente prueba se realizó con dos cargadores de celular conectados directamente al inversor como lo ilustra la Figura 29, se evidencio un perfecto funcionamiento de los cargadores conectados a cada dispositivo móvil cargándose correctamente.

Figura 29 Prueba de inversor con cargas inductivas-resistivas.



Fuente: Autor.

Para confirmar su funcionamiento se mide voltajes en cada cargador obteniendo una medida de 109.8 Voltios RMS cercana a la calculada.

En la Figura 30 se observa la señal de salida del inversor con una carga inductiva-resistiva generada por los cargadores a una frecuencia de 58.4Hz, un voltaje RMS de 109.6 cercano al medido con el multímetro y un ciclo de trabajo del 20% del cual confirma que el inversor no está funcionando al 100% solo suministrando el 20% de su potencia.

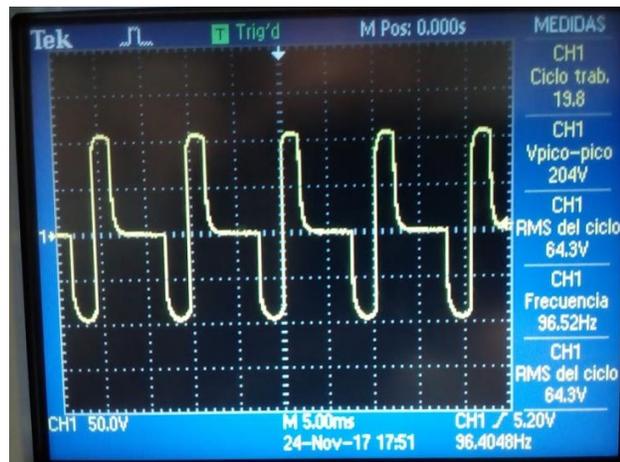
Figura 30 Señal de salida en inversor con dos cargadores.



Fuente: Autor.

La siguiente prueba se realizó con cuatro cargadores de celular conectados directamente al inversor. Se evidencio un perfecto funcionamiento de los cargadores conectados a cada dispositivo móvil cargándose correctamente. Para confirmar su funcionamiento se mide voltajes en cada cargador obteniendo una medida de 109.8 Voltios RMS cercana a la calculada. En la Figura 31 se observa la señal de salida del inversor con una carga inductiva-resistiva generada por los cargadores a una frecuencia de 59.4Hz, un voltaje RMS de 113V cercano al medido con el multímetro y un ciclo de trabajo del 80% del cual confirma que el inversor no está funcionando al 100% solo suministrando el 80% de su potencia.

Figura 31 Señal de salida en inversor con cuatro cargadores.



Fuente: Autor.

7.6 Digitalización de las señales adquiridas por medio de los sensores.

En esta actividad abarca toda una serie de subactividades, donde comprende la razón principal del proyecto y donde realmente se construye todo el prototipo, por tal motivo fue la actividad que abarco un mayor tiempo para realizar. El prototipo abarca una serie de componentes y materiales de los cuales cada uno cumple una función específica. La Figura 32 comprenden un esquema general de los componentes principales que el prototipo utiliza y como están enlazados.

El esquema inicia con el sistema fotovoltaico, del cual está compuesto por un panel solar monocristalino de 40W que alimenta todo el sistema y está conectado al regulador MPPT de 20A. Este regulador posteriormente se conecta con la batería, determinando el flujo de energía que debe ingresar para garantizar al mismo tiempo un cuidado óptimo de ella.

La batería tiene como función alimentar el inversor diseñado, el reflector de 10W, y

toda la tarjeta de adquisición de datos de la cual abarca una serie de componentes. La tarjeta está compuesta generalmente por un microcontrolador ATmega328, de software libre que comprende una serie de 14 pines digitales de I/O, 6 salidas PWM, 6 entradas análogas, estos pines son conectados a la tarjeta elaborada. La tarjeta elaborada está diseñada para ubicar los sensores, módulos, conectores y regulador de forma que pueda ser ubicada en una caja plástica y reduzca espacios que pueden ser utilizados para los demás componentes.

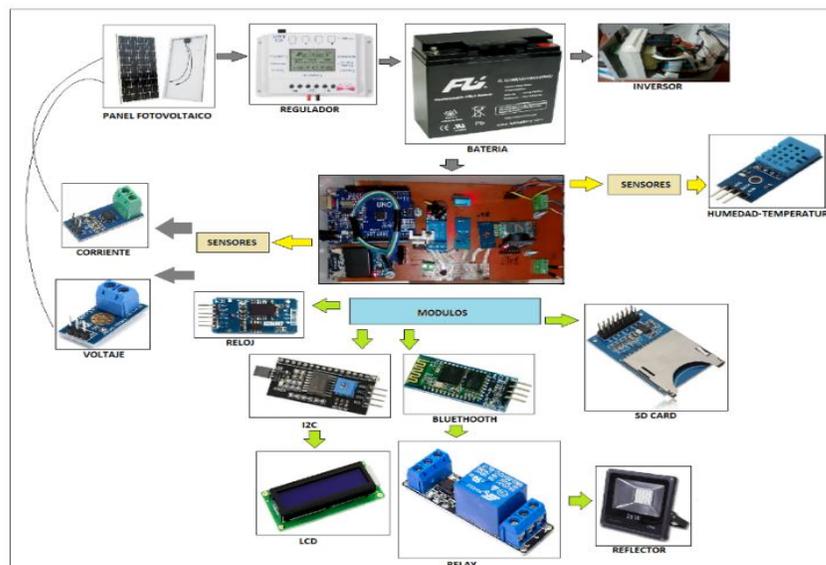
Cada sensor y modulo cumple una función dentro de la tarjeta. La LCD permite visualizar los datos obtenidos a través de un módulo I2C que reduce el uso de pines del microcontrolador, estima si se está realizando su almacenamiento en el módulo SD o si hay algún problema de energía en la tarjeta.

El módulo bluetooth permite la conexión inalámbrica de la aplicación realizada, con un dispositivo móvil y posteriormente este con el módulo relé que es el encargado de activar o desactivar la alimentación del reflector conectado a la batería.

El módulo de reloj permite guardar los datos en el tiempo real de su captura, sin presentar interrupciones, durante la activación o desactivación de todo el sistema, garantizando la hora, día, mes, año en que se realizó.

Los sensores implementados son de corriente, voltaje, humedad y temperatura conectados a la tarjeta elaborada y al panel fotovoltaico para estimar la potencia generada durante el día. Antes de ser utilizados fue necesario establecer la referencia de los módulos y sensores a utilizar, entender su funcionamiento y establecer cual en el mercado adquirir para la construcción de la tarjeta.

Figura 32 Esquema general de componentes del prototipo.



Fuente: Autor.

7.6.1 Sensores, dispositivos e instrumentos a implementar para el prototipo.

El prototipo está dividido en tres grandes grupos que son:

- ✓ Sistema fotovoltaico.
- ✓ Estructura. (ver anexo 2)
- ✓ Tarjeta de adquisición de datos. (ver anexo 3)

7.6.2 Sistema fotovoltaico

Para la instalación del sistema fotovoltaico, a través de los cálculos obtenidos de la actividad tres de la primera fase, fue necesario encontrar comercialmente los componentes que cumplan con sus características generales para que el prototipo funcione en óptimas condiciones. La Tabla 10 recopila las características calculadas para cada componente.

Tabla 9 Características calculadas en cada componente para sistema fotovoltaico.

Componente	Característica calculada
Batería	1.8 Ah - 12V
Panel	1 arreglo - 40W
Regulador	6,6 Ah
Inversor	8,10Ah- 40W

Fuente: Autor.

Tras revisar comercialmente los componentes que cumplan con las características mencionadas en la Tabla 10 y su compra, la Tabla 11 muestra las particularidades de los componentes adquiridos. Se evidencia que el panel cumple exactamente con las condiciones ya que se diseñó el sistema bajo sus características de potencia. El regulador sobrepasa la corriente calculada de 6.6 Ah a 20 Ah con la que soporta el regulador, permitiendo si se desea aumentar la capacidad del prototipo. La batería cumple exactamente con la capacidad de voltaje y corriente calculada. El inversor se diseñó para que supla los 8.6 Ah máximos y una potencia de 40W superior a la calculada con el fin de prevenir sobrecargas.

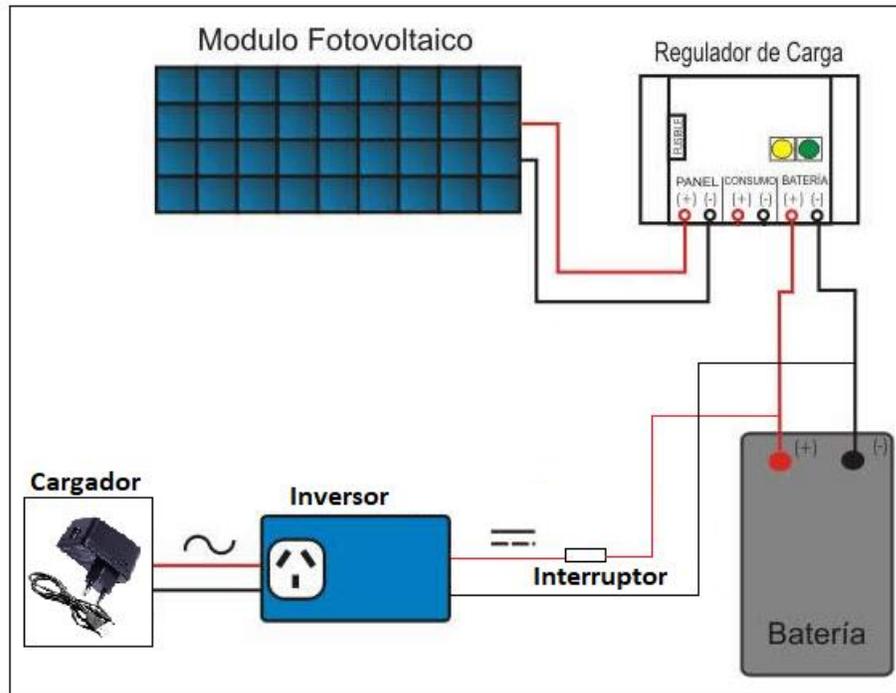
Tabla 10 Descripción general de las características técnicas de dispositivos utilizados en sistema fotovoltaico.

Sistema fotovoltaico		
Dispositivo Ref.	Funcionalidad	Características
Panel monocristalino 17V 40W	Suministrar energía eléctrica a todo el sistema	Potencia máxima: 40W voltaje en Pmax:17,6V. Corriente P Max: 2,273 A. Voltaje de circuito abierto 21,8V. Corriente de corto circuito 2,548 A. Tolerancia en Max: +- 5%. Peso:4,4Kg. Dimensiones: 630x545x28 MM. Tensión maxima:1000V. Temperatura de operación: -40 C a 85 C
Regulador Controlador Carga Para Batería 12v - 24v Mppt 20a	Puede ajustar automáticamente el voltaje de trabajo de los paneles solares, que pueden hacer que los paneles solares trabajen constantemente en el punto máximo de la curva característica de V-A en un día entero.	Categoría: Controlador solar MPPT Tensión nominal: 12V / 24V Gama del voltaje de entrada: 12V ~ 20V / 24V ~ 40V Longitud=1m Caída del lazo de carga: <0.25V Longitud=1m Caída del lazo de descarga: <0.05V Corte de la carga total: 13.7V ~ 14.4V / 27.4V ~ 28.8V Corte de baja tensión: 10.5V ~ 11V / 21V ~ 22V Compensación de la temperatura: -3mv /cell Sin pérdida de carga: =10mA Temperatura ambiente: -25 - + 55
Batería Fulibattery 12v 18ah	Alimentación de voltaje para reflector y tarjeta	Voltaje Nominal: 12 V Capacidad Nominal: 18 AH Longitud: 181,5 mm Ancho: 77 mm Altura total (con conector): 167 mm Peso: 5,5 kg Tipo Terminal: M5 O12

Fuente: Autor.

Las conexiones del sistema se muestran en la Figura 33. El panel se conecta directamente a los bornes del regulador respetando sus polaridades. De igual manera la batería al regulador. El inversor se activa y desactiva a través de un interruptor ubicado en el tablero del prototipo y conectado su alimentación en DC directamente a la batería. En algunos sistemas la conexión se realiza en las salidas de corriente continua del regulador, pero es aconsejable su conexión directamente a la batería, ya que cuando la batería alcanza un valor bajo de carga, el regulador también corta el circuito de carga de continua. Normalmente, el inversor se conecta directamente a los bornes de la batería porque éstos ya disponen de protección de bajo voltaje en batería y no acortaría la entrada de alimentación del inversor.

Figura 33 Conexión del sistema fotovoltaico.



Fuente: Autor.

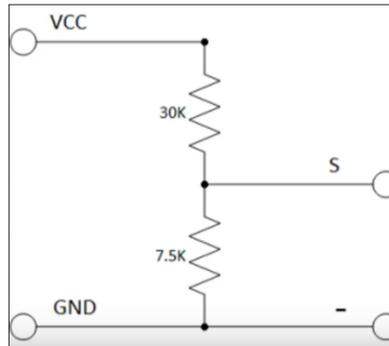
7.7 Verificar y calibrar el funcionamiento de parámetros y requerimientos técnicos de los sensores.

Para el correcto funcionamiento y medición de los sensores implementados, se realizó una serie de técnicas usadas en el código, con el fin de establecer el margen de error en un rango de funcionamiento determinado. El método es sencillo y sobre todo visual lo que obliga al uso de medios de medición adicionales y de un portátil para calibrar los sensores.

7.7.1 Calibración sensor de voltaje FZ0430.

El sensor de voltaje es básicamente un divisor de tensión donde permite medir voltajes hasta los 25V. Un circuito divisor de tensión toma voltajes altos y los convierte en voltajes más bajos usando un par de resistencias. El sensor de voltaje funciona con una resistencia de 30 K Ω y una de 7.5 K Ω en serie, y a un voltaje de entrada de 5V como se observa en la Figura 34.

Figura 34 Forma física del sensor FZ0430



Fuente: (Ilamas, 2018)

En los modelos de Arduino que incorporan un ADC de 10 bits alimentados a 5V, la resolución normal es de 4.88mV. Tras el FZ0430 la resolución de la medición es de 24.41mV. Cuando el voltaje de entrada alcanza los 25V, la corriente que atraviesa el divisor es de 0.7mA, y las pérdidas del divisor 16.67mW.

Arduino Uno lee una unidad de 0 a 1023 que se correlaciona con un voltaje de 0 a 5, por lo tanto, el valor de un voltaje leído en Arduino se obtiene de multiplicar el dato leído en el puerto análogo por 5 que es el voltaje máximo en lecturas, dividido en 1023 que es la unidad en la que mide el Arduino como se observa en la Ecuación 25.

$$\text{Voltaje de Arduino} = \frac{5}{1024} * \text{VALOR DEL SENSOR}$$

Ecuación 25.

Si se desea conocer el voltaje leído por el sensor se debe hacer un trabajo matemático; en primer lugar, se puede saber el voltaje leído por el Arduino a través de la resistencia R2 del sensor, haciendo el divisor de voltaje de la Ecuación 26, donde el voltaje leído por el sensor se multiplica por la resistencia R2 y se divide por la suma de las resistencias R1 y R2.

$$\text{Voltaje de Arduino} = \frac{\text{VOLTAJE MEDIDO} * 7.5 \text{ K}\Omega}{30\text{K}\Omega + 7.5\text{K}\Omega}$$

Ecuación 26.

Con la información previa de la Ecuación 25 donde se halla el voltaje que lee el Arduino empleando un módulo sensor de voltaje, se obtiene la Ecuación (26), para la cual se reemplaza la ecuación y se despeja la variable del voltaje que lee el módulo sensor voltaje, obteniendo la Ecuación 27, donde finalmente es el valor real del voltaje leído por el sensor.

$$\text{Voltaje leído} = \frac{5}{1023} * \text{VALOR DEL SENSOR} * \frac{(30\text{K}\Omega + 7.5 \text{K}\Omega)}{7.5\text{K}\Omega}$$

Ecuación 27.

7.7.2 Calibración sensor de corriente ACS712

El sensor de corriente ACS712, internamente trabaja con un sensor de efecto Hall que detecta el campo magnético que se produce por inducción de la corriente que circula por la línea que se está midiendo. El sensor entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente, para nuestro caso se utiliza el ACS712 con un rango de corriente de -20A a 20A con una sensibilidad de 100 mV/A.

El sensor entrega un valor de 2.5 Voltios para una corriente de 0A ya partir de allí incrementa proporcionalmente de acuerdo a la sensibilidad, teniendo una relación lineal entre la salida de voltaje del sensor y corriente. Dicha relación es una línea recta en una gráfica Voltaje vs Corriente donde la pendiente es la sensibilidad y la intersección en el eje Y es 2.5 voltios. La ecuación de la recta está dada por la ecuación 28, donde M es la sensibilidad del sensor y I la corriente a partir de la lectura del sensor.

$$\text{Voltaje} = MI + 2.5$$

Ecuación 28.

Despejando I la ecuación para hallar la corriente a partir de la lectura del sensor, se muestra en la Ecuación 29.

$$I = \frac{\text{VOLTAJE} - 2.5}{\text{SENSIBILIDAD}}$$

Ecuación 29.

Las lecturas de voltaje del sensor se realizaron mediante la ecuación 29 donde solo se tiene dos constantes, los 2.5 que es el voltaje del sensor cuando la corriente es 0V y la sensibilidad, que equivale a la pendiente de la recta Voltaje Vs Corriente; se tiene que calcular los valores reales de estas dos constantes.

Al ser una recta, basta con obtener dos puntos y con estos se puede calcular constantes. Para lograrlo se necesita un multímetro, el cual debe ser de buena precisión, ya que este será la herramienta para calibrar. El amperímetro, el ACS712 y la carga deben de conectarse en serie. Las lecturas de voltaje del sensor se realizaron mediante un programa en Arduino y con ayuda de un multímetro, cuando

la corriente que pasaba por el sensor ACS712 era 0A se tomó el voltaje obteniendo el primer punto (I1, V1), posteriormente y con ayuda de un circuito en el cual la corriente medida era de 1A se tomó el segundo voltaje para el punto (I2,V2), de esta forma se completó la Ecuación 30, obteniendo las constantes y calibrando el sensor de corriente.

$$\text{Sensibilidad del sensor} = \frac{V2 - V1}{I2 - I1}$$

Ecuación 30.

El código utilizado para la calibración del sensor se observa en la Figura 35 Tener en cuenta que cada sensor tiene su propia característica. Otra forma puede ser en tomar varios puntos y al final aplicar regresión y hallar la ecuación de la recta.

Figura 35 Código calibración de voltaje para ACS712

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  
  float voltajeSensor =get_voltage(10000);//obtenemos  
  Serial.print("Voltaje del sensor: ");  
  Serial.println(voltajeSensor ,3);  
}  
  
float get_voltage(int n_muestras)  
{  
  float voltage=0;  
  
  for(int i=0;i<n_muestras;i++)  
  {  
    voltage =voltage+analogRead(A0) * (5.0 / 1023.0);  
  }  
  voltage=voltage/n_muestras;  
  return(voltage);  
}
```

Fuente: (naylampmechatronics, 2015)

7.7.3 Calibración sensor de humedad y temperatura DHT11

Los sensores DHT11 son sensores digitales de Temperatura y Humedad, fáciles de implementar con cualquier microcontrolador. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante y solo un pin para la lectura de los datos. Tal vez la desventaja de estos es la velocidad de las lecturas y el tiempo que hay que esperar para tomar nuevas lecturas después de 2 segundos, pero esto no es tan importante puesto que la Temperatura y Humedad son variables que no cambian muy rápido en el tiempo.

Este sensor trabaja con un rango de medición de temperatura de 0 a 50 °C con precisión de ± 2.0 °C y un rango de humedad de 20% a 90% RH con precisión de 4% RH. Los ciclos de lectura deben ser como mínimo 1 o 2 segundos.

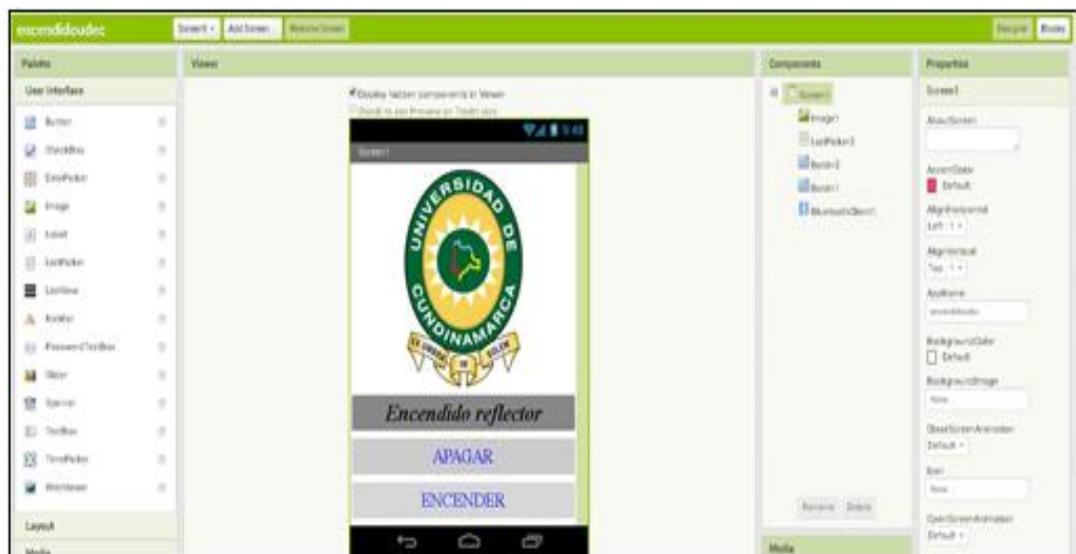
El rango de medición de temperatura es de -40°C a 80 °C con precisión de ± 0.5 °C y rango de humedad de 0 a 100% RH con precisión de 2% RH, el tiempo entre lecturas debe ser de 2 segundos.

7.8 Diseño de aplicación en Android para encendido de iluminación a través de Android, App Inventor, y Arduino.

App Inventor es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. El usuario puede, de forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, ir enlazando una serie de bloques para crear un entorno de acuerdo a la necesidad del usuario.

Al construir las aplicaciones para Android, se trabaja con tres herramientas: App Inventor Designer y App Inventor Blocks Editor, y gestor de proyectos. En Designer se construirá la Interfaz de Usuario, eligiendo y situando los elementos con los que interactuará el usuario y los componentes que utilizará la aplicación. La Figura 36 muestra la realización de la aplicación en el entorno de diseño que se instalara en el dispositivo móvil.

Figura 36 Entorno de diseño para en encendido de iluminación.



Fuente: Autor.

En la parte izquierda se puede seleccionar los componentes en la paleta y arrastrarlos al visor para incluir en la APP. Posee la disposición de los componentes en el visor para establecer el aspecto de tu APP. En el panel media ubicado en el costado inferior parte derecha se puede agregar imágenes, sonidos o videos a la APP, en el caso del proyecto se ubicó una imagen del logo de la Universidad de Cundinamarca. En el costado derecho se selecciona un componente en la lista de componentes para cambiar sus propiedades en el panel.

En el Blocks Editor se realiza el comportamiento de APP, se programa mediante bloques o piezas de editor de bloques, arrastrando los bloques que el usuario necesite. Existe de uso general y los correspondientes a los componentes incluidos en la APP.

Para el proyecto se realiza una conexión a través del módulo bluetooth y después de estar conectado, se pueda encender y apagar un relé de forma remota que active y desactive la alimentación del reflector generado por la batería a través del convertor DC-DC al mismo reflector. Se necesita la activación y desactivación del puerto 3 digital de Arduino conectado al relé, y tres botones, uno de encendido, otro de apagado y otro de conexión al módulo bluetooth para configurarse.

A través del entorno de diseño se busca el módulo bluetooth cliente, en la interfaz de usuario se busca la opción ListPicker donde a partir de ahí se puede jugar con el color aspecto, tamaño, letra etc. de cada uno de los botones que se necesiten y seleccionar la imagen del logo de la Universidad de Cundinamarca y agregar la letra de texto que se necesita en todo el ancho de la pantalla del dispositivo móvil. En la Figura 37 se puede observar el entorno de diseño terminado, compuesto por un botón de encendido, un botón de apagado, un botón de activación del módulo bluetooth.

Figura 37 Diseño de aplicación para encendido de reflector en Appinventor.

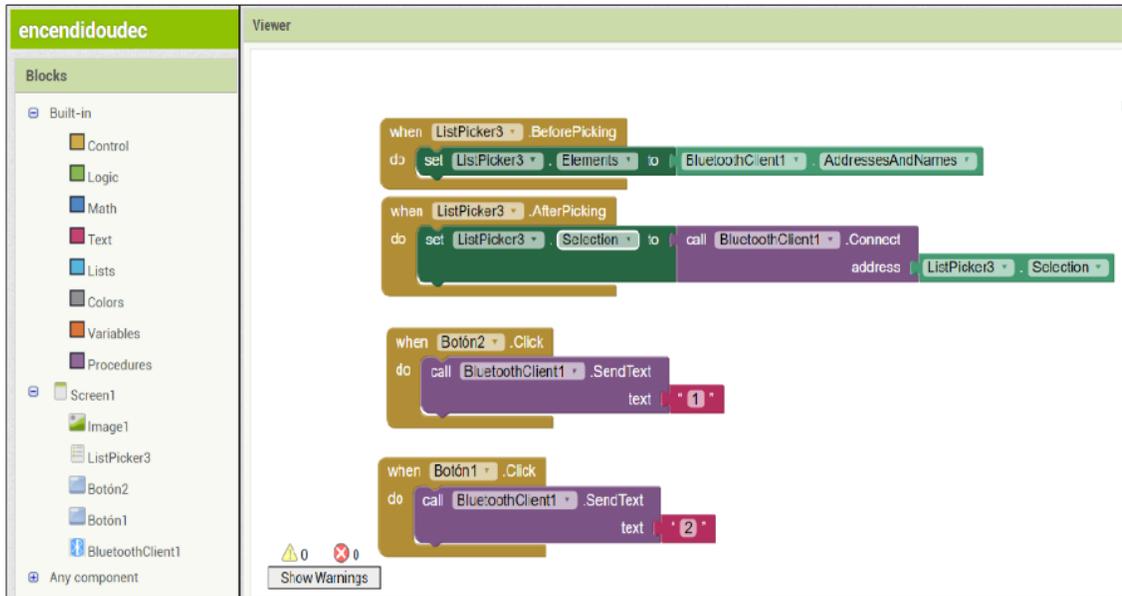


Fuente: Autor.

En el entorno de bloques, se busca en la parte inferior izquierda el nombre de los botones generados, se extrae el bloque a la parte derecha, cuando este sea oprimido se le indicara que inicia con un estado 1. De igual manera se busca el módulo bluetooth y la instrucción cliente que envíe un texto, se agrega dentro del segundo bloque y cuando sea oprimido se envía un estado 1 y llamara al módulo bluetooth. Luego se dirige a opción de textos agregando el bloque, con el bloque bluetooth, y se selecciona escribiendo el número 1. Para el segundo botón se copia los bloques anteriores y se modifica el número del botón a indicar que no envíe el texto 1 sino el texto 2. Antes es necesario activar el módulo bluetooth haciendo dos procedimientos para que el módulo este correctamente. Al dirigirse a ListPiker y cuando se presione, se realiza primero con el bloque Before que es antes y extrae el siguiente programando dos cosas antes de que sea oprimido. En Set ListPiker se coloca el bloque dentro de los bloques extraídos anteriormente, y se cambia BackgroundColor por Elements. Se busca el bloque Bluetooth cliente e ingresa la dirección y el nombre del módulo Bluetooth, así que antes de que sea oprimido, él botón se coloque en la lista un elemento llamado Bluetooth y valla colocando los nombres de los módulos Bluetooth que se encuentran sincronizados al teléfono Android alistando solo esos, los que haya sincronizado. Vuelvo a la lista y descargo donde dice Set, busco y escojo la parte de selección, busco el llamado del cliente punto de conexión y la dirección lo agrega. Al dirigirse al módulo bluetooth se agrega el bloque ListPicker para que entonces deje la selección. La Figura 38 muestra el diagrama de bloques mencionado. Básicamente antes de

ser oprimido alguno de los botones el programa sitúa en una lista llamada Bluetooth los nombres de los módulos Bluetooth que se han encontrado y antes de este paso él va alistando los que contenga sincronizados al dispositivo Android solo mostrando esos. Después cuando esté conectado, al oprimir el botón Encender, se envía el número 1, y cuando oprima Apagar se envía el número 2.

Figura 38 Entorno de bloques de aplicación para en encendido de iluminación.



Fuente: Autor.

En la opción de construcción se procede a realizar el instalador que se genera como una APK y al presionar clic donde dice generar como una APK en mi ordenador. Ese archivo generado es el que finalmente es copiado y agregado en el dispositivo móvil a través de un cable de datos USB.

En el entorno IDE de Arduino Uno, se crea una variable llamada led2 y asigna el pin 3 digital de Arduino. Luego se genera una variable tipo entero llamada estado 0. En Void Loop, revisando que el puerto serial este habilitado y que tenga por lo menos un dato en el Buffer, es decir que sea mayor que cero, si es así almacene a la variable estado y que lea por el puerto serial conectado al módulo bluetooth, y realice lo previamente mencionado en el diagrama de bloques de App inventor. Se crea un condicional donde si la variable es 1, se ordena a encender el pin 3D de Arduino, y si es 2 se ordena apagar. La Figura 39 muestra el código realizado en la IDE de Arduino Uno.

Figura 39 Código en Arduino UNO para detección de modulo Bluetooth y Relé.

```
int led2=3;
int estado=0;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(led2,OUTPUT);
}
void loop(){
  if(Serial.available()>0){
    estado = Serial.read();
  }
  if(estado =='1'){
    digitalWrite(led2,HIGH);
  }
  if(estado =='2'){
    digitalWrite(led2,LOW);
  }
}
```

Fuente: Autor.

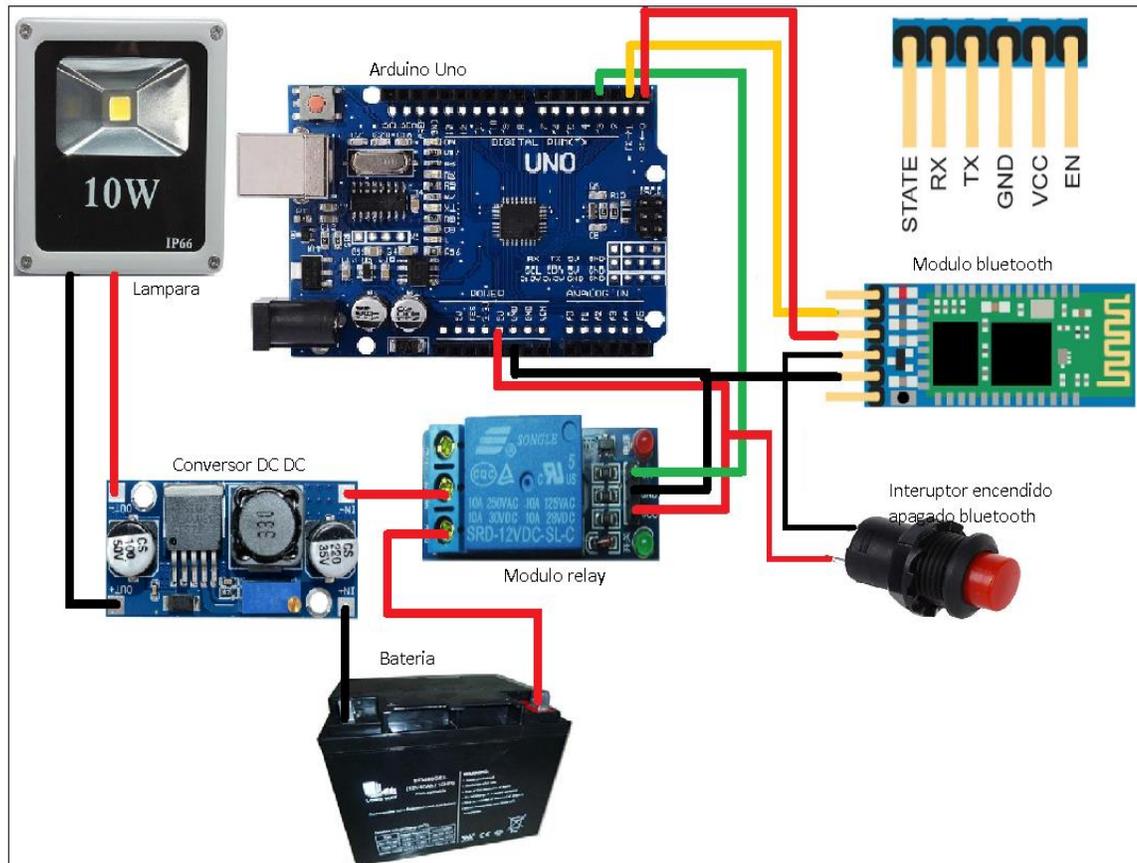
7.8.1 Conexiones para encendido y apagado de reflector.

Para la realización de las conexiones del reflector, se necesita básicamente de siete componentes dentro de los cuales están acoplados directamente a la tarjeta elaborada como es el caso del Arduino Uno, el módulo relé, y el módulo bluetooth. Dentro de la tarjeta se encuentra un conector para la conexión de un interruptor externo que tiene la función de activar y desactivar el módulo bluetooth en caso de compilación en la IDE de Arduino de la tarjeta. Esto se debe a que cuando no ha establecido conexión bluetooth con ningún otro dispositivo el led del módulo está parpadeando y en este modo el módulo lo reconoce como momento de enviar los comandos AT en caso de que se quiera configurar, si se envía otros datos diferentes a los comandos AT el módulo los ignorara y genera error de compilación en el entorno IDE de Arduino Uno.

Dentro de los componentes externos del sistema del reflector se encuentran la batería de todo el sistema que cumple la función de alimentar el reflector y demás componentes. Antes debe pasar por el módulo relé que se comporta con un interruptor normalmente abierto y al recibir un estado 1 del módulo bluetooth, el puerto 3 digital de Arduino genera un estado de voltaje de 5V. El módulo relé pasa a un estado normalmente cerrado y completando el circuito como se ilustra en la Figura 40. Tras estar cerrado el circuito la batería alimenta al convertor DC-DC de 18W. El uso de este convertor tiene la función de regulador, lo que quiere decir que,

a cambios de voltaje por la batería, la salida permanecerá constante. Para el caso se necesita un voltaje de salida fijo de 18V en DC para el encendido completo del reflector.

Figura 40 Circuito de conexiones para encendido de reflector.



Fuente: Autor.

En la Figura 41 se ilustra el cambio que se realizó en el reflector dentro de sus componentes. Se reemplazó el módulo interno que contenía, este era alimentado en AC a 120V y su salida de 18V DC. Para el proyecto no era conveniente su alimentación en AC por que el inversor diseñado debería estar acoplado con el sistema del reflector y aparte con la alimentación de los dispositivos móviles, en momentos de uso de cualquiera de ellos, el gasto de energía sería mayor y no de forma eficiente. La solución más adecuada fue el uso del convertidor DC-DC donde se acopló perfectamente internamente dentro del reflector garantizando un consumo de energía menor, más eficiente e independiente del inversor.

Figura 41 Conexiones de reflector con conversor DC- DC.



Fuente: Autor.

8. DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO EN FINCA LA ESPERANZA DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA.

En la fase dos del proyecto tiene como fin la realización de cinco actividades principales como se ilustra en la Tabla 14. El propósito general de la fase es la terminación del prototipo y sus respectivas pruebas de funcionamiento al aire libre en finca de la Universidad de Cundinamarca.

Tabla 11 Actividades de la fase dos del proyecto.

Actividad general del proyecto	N*	Subactividades por realizar
Desarrollo y construcción de prototipo en finca "La Esperanza" de la universidad de Cundinamarca.	1	Pruebas de aplicación y adquisición de datos en sensores en tiempo real. (visita)
	2	Realización manual técnico del prototipo a comunidad de la finca "La Esperanza" de la universidad de Cundinamarca.
	3	Almacenamiento de datos en Shield, SD Card de Arduino
	4	Instalación de prototipo en finca "La esperanza" de la universidad de Cundinamarca. (visita)
	5	Búsqueda de fallas errores o solución de posibles inconvenientes (visita).

Fuente: Autor.

8.1 Pruebas de aplicación y adquisición de datos en sensores en tiempo real.

8.1.1 Pruebas de aplicación.

Para la comprobación de la aplicación previamente se debió encender el módulo bluetooth HC05 que se encuentra insertada en la tarjeta.

A través de un dispositivo móvil con bluetooth y con la aplicación instalada se procede a activarlo en la opción de ajustes del dispositivo ingresando en bluetooth como se muestra en la Figura 42. Automáticamente el dispositivo detecta en modulo y muestra un listado de los dispositivos disponibles o cercanos activados. Se selecciona el que se muestra como Udec, y solicita una clave de comprobación. La clave correcta es 1234.

Figura 42 Encendido de modulo bluetooth.



Fuente: Autor.

Tras estar activado y emparejado el módulo con el dispositivo, se ingresa a la aplicación con el nombre de (encendido Udec) como lo ilustra la Figura 43.

Figura 43 Ingreso a aplicación.

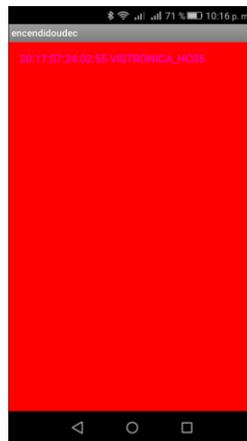


Fuente: Autor.

Tras ingresar a la aplicación se abre el panel principal de la aplicación como se ilustra en la Figura 44. Ingresando al botón (Encender) y nos abre a otro panel de color rojo como lo ilustra la Figura 56. Este panel muestra los dispositivos emparejados con el dispositivo móvil. Al oprimir Clic y tardar unos segundos en buscar el dispositivo y enlazarlo. Al enlazar se devuelve al panel principal para ya poderlo utilizar.

Al activar alguno de los botones de APAGAR o ENCENDER respectivamente el relé pasa de posición de normalmente cerrado a normalmente abierto, activando respectivamente el reflector.

Figura 44 Emparejamiento de aplicación con modulo.

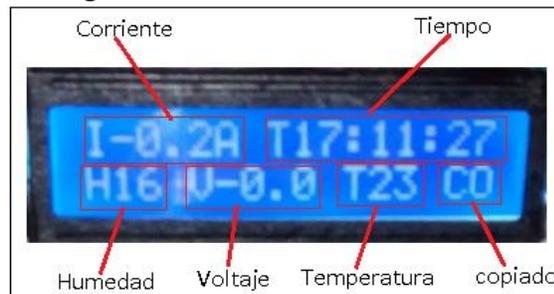


Fuente: Autor.

8.1.2 Pruebas de adquisición de datos en sensores en tiempo real.

Para la comprobación del estado del panel. El prototipo cuenta con una LCD donde visualiza las mediciones en tiempo real de corriente, tiempo, humedad relativa, voltaje, temperatura como se muestra en la Figura 45.

Figura 45 Datos visualizados en LCD.



Fuente: Auto

Estas mediciones se realizan cada dos segundos con el fin de la captura de los datos en un tiempo más exacto.

Para comprobar las mediciones de los sensores, se toma un multímetro y se mide el voltaje del panel a través de las conexiones externas del regulador con el panel como se ilustra en la Figura 46. Se evidencia una diferencia de 0.03V ya que el programa para la visualización de los datos en la LCD toma solo dos decimales del dato real y promedia el dato a la decena más significativa.

Figura 46 Datos visualizados en LCD.



Fuente: Autor.

Para tener una fuente de información adicional sobre la temperatura del panel a la del sensor DHT11, se instaló un termómetro análogo como se ilustra en la Figura 47, con el fin de corroborar los datos del sensor. Este tiene un rango de 0 a 40 grados Celsius suficientes a los 35 grados Celsius máxima tomada del panel. Dentro de las especificaciones del sensor DHT11 se advierte una precisión de medición de la temperatura en 2 grados Centígrados, dato que se corrobora con el termómetro análogo donde este tiene un tiempo de respuesta más rápido al dato en tiempo real, la solución a este inconveniente fue dentro del código realizar un ajuste de -2 grados al valor que se está sumando y así obtener un valor más exacto al promediado con el termómetro análogo.

En la visualización de la hora en la LCD, se presenta un cambio de tiempo cada dos segundos y no cada segundo por el hecho de que programo la tarjeta para la captura de los datos cada dos segundos. Sin embargo, esto no ocasiona ningún atraso o adelanto en la visualización del tiempo.

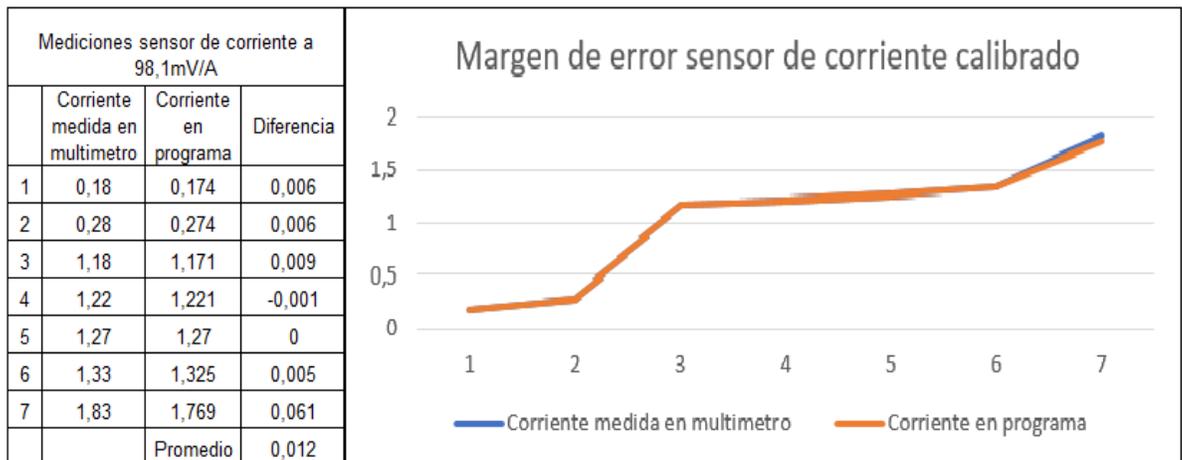
Figura 47 Termómetro análogo adicional en panel fotovoltaico.



Fuente: Autor.

El sensor de corriente de la misma manera que para corroborar los datos visualizados en la LCD y guardados en la memoria SD, se utiliza un multímetro en modo de amperímetro y se realiza mediciones obteniendo valor con un margen de error de 0.012 A por medición como se muestra en la Figura 48.

Figura 48 Margen de error en sensor de corriente.



Fuente: Autor.

8.2 Realización manual técnico del prototipo a comunidad de la finca "La Esperanza" de la universidad de Cundinamarca.

De acuerdo a los requerimientos mínimos que los estudiantes de la Finca la Esperanza solicitaron para conocer y poder manejar el prototipo, se realizó un manual básico que comprende los siguientes pasos:

- ✓ Introducción
- ✓ Descripción de teclas y componentes externos
- ✓ Modo de uso
- ✓ Circuito eléctrico del prototipo
- ✓ Encendido e inicio de tarjeta.
- ✓ Encendido y apagado de reflector.
- ✓ Reset de tarjeta en caso de inconvenientes.
- ✓ Modo de programación del prototipo.
- ✓ Recomendaciones.

El manual se puede observar en el (anexo 5)

8.3 Almacenamiento de datos en Shield, SD Card de Arduino.

Antes de realizar el almacenamiento de los datos en la memoria SD es necesario aclarar que la tarjeta no funciona desde que la memoria se encuentre insertada. De lo contrario se generará en la LCD un texto indicando que debe insertar la tarjeta SD como se observa en la Figura 49 y los datos no serán guardados ni visualizados.

Figura 49 Solicitud de memoria SD en LCD.



Fuente: Autor.

Al ingresar la memoria SD y oprimir el botón Reset, el sistema detecta la memoria y genera el texto en la LCD (UDEC INICIANDO) como se observa en la Figura 50, en la parte de abajo aparece las letras CO indicando que ya se comenzó a guardar datos en la memoria. En caso de que se formatee la memoria el sistema genera un nuevo archivo y guarda la información sin generar inconveniente.

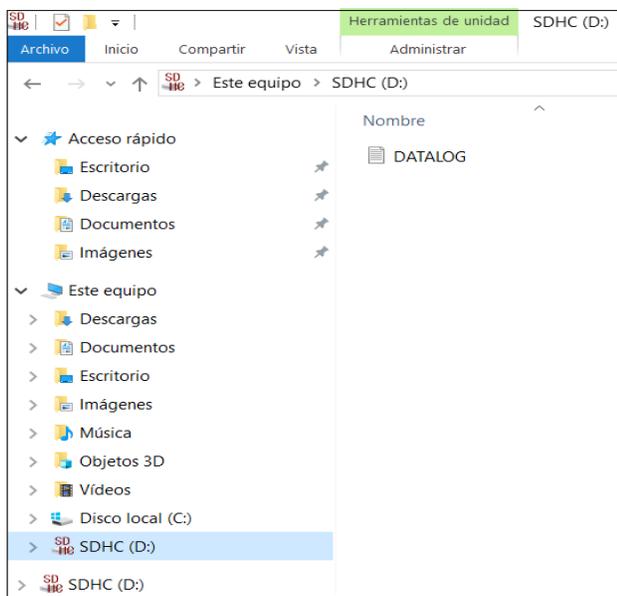
Figura 50 Confirmación de ingreso de memoria SD a tarjeta.



Fuente: Autor.

El sistema genera un archivo de tipo (datalog.txt) como se ilustra en la Figura 51, simplemente basta con extraer la memoria SD, insertarla en una PC y copiar el archivo.

Figura 51 Archivo generado en memoria SD.



Fuente: Autor.

Dentro del Bloc de notas se encuentra toda la información guardada, en la parte izquierda aparecen las iniciales (V, H, T, D, Ho) indicando las mediciones de cada sensor, en forma horizontal como se muestra en la Figura 52. Dentro del mismo margen, de forma separada aparece también el año, mes, día en que se capturo la información. Y al final aparece la hora en formato de 24 horas.

Figura 52 Lista de datos en Bloc generado.

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
V,H,T,D,Ho	. 13.17	. 10.00	. 34.00	. 1.918 . 2018/9/30 . 14:58:10
V,H,T,D,Ho	. 13.08	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:11
V,H,T,D,Ho	. 13.06	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:13
V,H,T,D,Ho	. 13.15	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:15
V,H,T,D,Ho	. 13.07	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:17
V,H,T,D,Ho	. 13.16	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:18
V,H,T,D,Ho	. 13.17	. 10.00	. 34.00	. 1.819 . 2018/9/30 . 14:58:20
V,H,T,D,Ho	. 13.16	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:22
V,H,T,D,Ho	. 13.16	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:23
V,H,T,D,Ho	. 13.16	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:25
V,H,T,D,Ho	. 13.16	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:27
V,H,T,D,Ho	. 13.17	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:28
V,H,T,D,Ho	. 13.17	. 10.00	. 34.00	. 1.819 . 2018/9/30 . 14:58:30
V,H,T,D,Ho	. 13.16	. 10.00	. 34.00	. 1.918 . 2018/9/30 . 14:58:32
V,H,T,D,Ho	. 13.07	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:33
V,H,T,D,Ho	. 13.25	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:35
V,H,T,D,Ho	. 13.25	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:37
V,H,T,D,Ho	. 13.19	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:38
V,H,T,D,Ho	. 13.16	. 10.00	. 34.00	. 1.868 . 2018/9/30 . 14:58:40

Fuente: Autor.

La visualización de los datos en tiempo real también se puede realizar en forma directa en el PC a través del monitor serial de la IDE de Arduino como se observa en la Figura 53. Pero primero es necesario desactivar la alimentación de la tarjeta hacia el regulador con el interruptor de seguridad.

Figura 53 Visualización de datos en Monitor serie de IDE de Arduino.

```
SD: volts: 23.80 , 2018/9/28 , 21:55:54
SD: volts: 23.86 , 2018/9/28 , 21:55:55
SD: volts: 23.55 , 2018/9/28 , 21:55:57
SD: volts: 23.52 , 2018/9/28 , 21:55:59
SD: volts: 23.51 , 2018/9/28 , 21:56:0
SD: volts: 23.50 , 2018/9/28 , 21:56:2
SD: volts: 23.49 , 2018/9/28 , 21:56:4
SD: volts: 23.47 , 2018/9/28 , 21:56:5
SD: volts: 23.36 , 2018/9/28 , 21:56:7
SD: volts: 23.35 , 2018/9/28 , 21:56:9
SD: volts: 23.35 , 2018/9/28 , 21:56:10
SD: volts: 23.35 , 2018/9/28 , 21:56:12
SD: volts: 23.35 , 2018/9/28 , 21:56:14
SD: volts: 23.31 , 2018/9/28 , 21:56:15
SD: volts: 22.88 , 2018/9/28 , 21:56:17
SD: volts: 22.88 , 2018/9/28 , 21:56:19
SD: volts: 22.89 , 2018/9/28 , 21:56:20
SD: volts: 22.79 , 2018/9/28 , 21:56:22
SD: volts: 22.80 , 2018/9/28 , 21:56:24
SD: volts: 22.79 , 2018/9/28 , 21:56:26
SD: volts: 22.79 , 2018/9/28 , 21:56:27
SD: volts: 22.52 , 2018/9/28 , 21:56:29
SD: volts: 22.52 , 2018/9/28 , 21:56:31
SD: volts: 22.50 , 2018/9/28 , 21:56:32
SD: volts: 22.50 , 2018/9/28 , 21:56:34
SD: volts: 22.11 ,
```

Fuente: Autor.

8.4 Instalación de prototipo en finca "La esperanza" de la universidad de Cundinamarca. (visita)

Dentro de la Finca la Esperanza se realizó pruebas del prototipo como se observa en la Figura 54. De igual manera se realizó las capacitaciones al personal de la finca con el fin de explicar su funcionamiento.

Figura 54 Pruebas del prototipo en Finca la Esperanza.



Fuente: Autor.

8.5 Búsqueda de fallas errores o solución de posibles inconvenientes (visita).

La Tabla 15 resume una serie inconvenientes encontrados y solucionados de forma que no perjudicaran el funcionamiento del prototipo.

Tabla 12 Corrección de errores más comunes encontrados en prototipo.

ERROR / posibles causas	SOLUCIÓN
Textos diferentes al normal en la pantalla LCD	Reiniciar sistema
Tiempo de Visualización Actualización de datos demasiado lenta en la pantalla. El sistema no detecta la memoria SD.	Comprobar si hay tarjeta SD en la Shield data Logging. Comprobar el correcto ingreso de la tarjeta SD. Comprobar capacidad de la memoria, y suficiente capacidad de almacenamiento.
Batería baja.	Si el error persiste, verificar voltaje de la batería DC interna, si es baja (<9V) sustituir por una nueva de las mismas características.
Aplicación no responde	Cerrar aplicación y abrirla nuevamente.
El inversor no carga	Revisar fusible. Revisar carga de la batería
Datos de temperatura y humedad sin coherencia	Revisar las conexiones del sensor ubicado en la parte trasera del panel
Confirmar carga del panel	Revisar en la pantalla del regulador si el diagrama del panel indica pardeo y corriente

Fuente: Autor.

Como se observa en la Figura 55, la estructura presento oxidación al estar expuesta un prolongado tiempo a la intemperie, la solución fue aplicar varias capas de pintura en aerosol. De igual manera en los interruptores se evidencio el ingreso de agua. La solución fue agrega protectores externos.

Figura 55 Oxidación y filtración en estructura por lluvia.



Fuente: Autor.

9. Tercera fase: Análisis de información y búsqueda de la mejor optimización de potencia en el panel fotovoltaico.

En la tercera etapa del proyecto tenía como fin la culminación del proyecto y el análisis de la información y búsqueda de la mejor optimización de potencia en el panel fotovoltaico del prototipo. Como se observa en la Tabla 16, la tercera fase comprende 6 actividades.

Tabla 13 Actividades fase tres del proyecto.

Actividad general del proyecto	N*	Sub-actividades a realizar
Análisis de información y búsqueda de la mejor optimización de potencia en panel fotovoltaico del prototipo	1	Capacitación técnica a personal, estudiantes de finca la Esperanza, del prototipo instalado (visita)
	2	Pruebas optimas del panel fotovoltaico (visita).
	3	Análisis de la eficiencia del panel (visita)
	4	Realización y postulación de un articulo
	5	Socialización de resultados
	6	Entrega de informe y resultados final.

Fuente: Autor.

9.1 Capacitación técnica a personal, estudiantes de finca la Esperanza, del prototipo instalado (visita).

En la finca la Esperanza de la universidad de Cundinamarca se realizó una serie de visitas dentro de las cuales tenía como objetivos:

- ✓ Encontrar oportunidades para implementar y suplir la utilización de energías convencionales por renovables.
- ✓ Realizar pruebas de radiación y diagnostico energético de la finca.
- ✓ Conocer, capacitar y estimar el grado de conocimiento que el personal, estudiantes evidencia frente al uso de las energías renovables.

En Figura 56, se evidencia la capacitación que se realizó a los diferentes estudiantes, y personal de la finca La Esperanza. La capacitación tenía como fin mostrar la situación energética que presenta Colombia y como el sector agroindustrial está impulsando el acelere del cambio climático en el país. Dentro de las conclusiones la que más fue evidente, es que algunos equipos que cuenta la

finca podrían usarse a través de energía solar todo con el fin de reducir el consumo de energía, reduciendo así costos de la red eléctrica que posee la finca. También hay muchas oportunidades en la creación de proyectos agroecológicos donde su uso sea a través de energía renovables.

Figura 56 Capacitación a personal de la finca La Esperanza.



Fuente: Autor.

En la Figura 57, se evidencia una serie de visitas que se realizó a la finca dentro de las cuales su propósito fue realizar pruebas técnicas para estimar la radiación promedio durante un día normal, evidenciar las zonas de la finca donde no se presentara sombras y donde fuera más adecuado situar el prototipo.

Figura 57 Pruebas de radiación en finca La Esperanza.



Fuente: Autor.

En la Figura 58 se muestra la realización de una práctica secundaria en las instalaciones de la finca donde con el uso de algunos equipos de un sistema fotovoltaico de la Universidad de Cundinamarca se carga una batería convencional y se utiliza para remplazar la carga de un impulsor conectado a la red eléctrica convencional. El fin de la practica fue mostrar al personal y estudiantes de la universidad como proyectos de menor grado pueden implementarse en la finca y remplazarse algunos equipos que usan energía de la red eléctrica convencional.

Figura 58 Pruebas del impulsor para cerca eléctrica con batería.



Fuente: Autor.

9.2 Pruebas optimas del panel fotovoltaico (visita).

La orientación del panel es clave para obtener el sistema fotovoltaico eficiente y obtener la mayor radiación del sol. La orientación e inclinación son las dos variables fundamentales al momento de optimizar un panel fotovoltaico.

La posición del panel está relacionada directamente con la posición del sol. Debido al cambio de posición del sol durante el año, la inclinación ideal del panel varía en función de la latitud de la finca, pero Colombia al ser un país muy privilegiado al no presentar estaciones se estima la inclinación para los sistemas solares de 10° pero la inclinación puede variar en $\pm 5^{\circ}$.

Para su ubicación el prototipo cuenta con una brújula como lo ilustra la Figura 59. Como Colombia se encuentra ubicada más en el hemisferio Norte del planeta se recomienda que el panel este dirigido al Sur. A través de la brújula se orienta el panel.

Figura 59 Brújula en prototipo.



Fuente: Autor.

Para estimar el Angulo de inclinación òptimo del panel, como se observa en la Figura 60. Se realizo adecuando en el prototipo un transportador centrado a un costado del panel y ubicado en posición horizontal. El transportador permite realizar mediciones de 10° grados hasta 180° en total.

Figura 60 Adecuación para cálculo de inclinación en prototipo.



Fuente: Autor.

La latitud de la finca es de 4.27 grados Norte, por lo tanto, se mantiene en el rango de 0 a 15 grados que establece la Nasa. Para nuestro caso el panel se ubica fijo a un ángulo de 15 grados ya que el uso es durante todos los meses del año

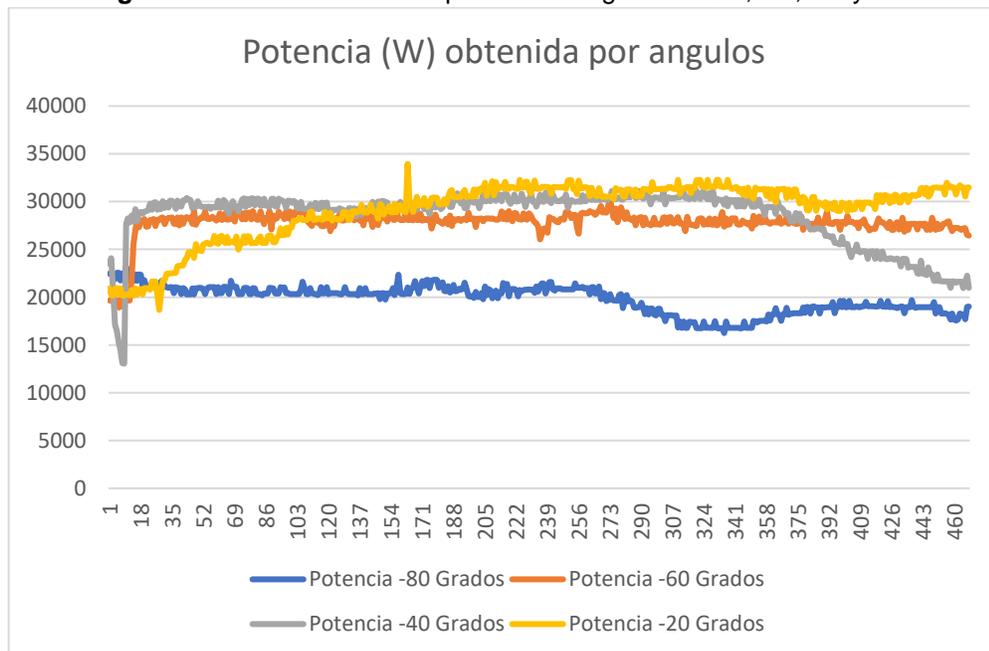
9.3 Análisis de la eficiencia del panel (visita).

Para estimar la eficiencia del panel, y de acuerdo a las pruebas óptimas del prototipo, se realizó una captura de datos en una muestra.

La muestra consistió en tomar los datos de potencia, humedad y temperatura del panel en cuatro ángulos establecidos. Los ángulos establecidos fueron de 20°, 40° y 80° grados con dirección al Sur y donde cada ángulo se tomó datos por día. Para la captura de los datos por grado, se realizó en un horario de 1 a 5 pm y con un tiempo de captura y almacenamiento de los datos en la memoria de dos minutos. Durante las cuatro horas por día se guardaron en promedio 460 muestras o más exactamente 4 muestras por cada dos minutos.

En la Figura 61, se observa los datos obtenidos en potencia (W) de los cuatro ángulos establecidos. Se evidencia un aumento de la potencia generada por el panel en el ángulo de 20 grados de forma ascendente y estabilizándose en un promedio a 29 W. El ángulo con menor generación de potencia le corresponde al de 80 grados, con un promedio de generación de potencia de 19.78 W. El ángulo de 40 grados fue el que presentó una respuesta más estable durante un tiempo, pero después su potencia cae casi a la potencia mínima del ángulo de 80 grados.

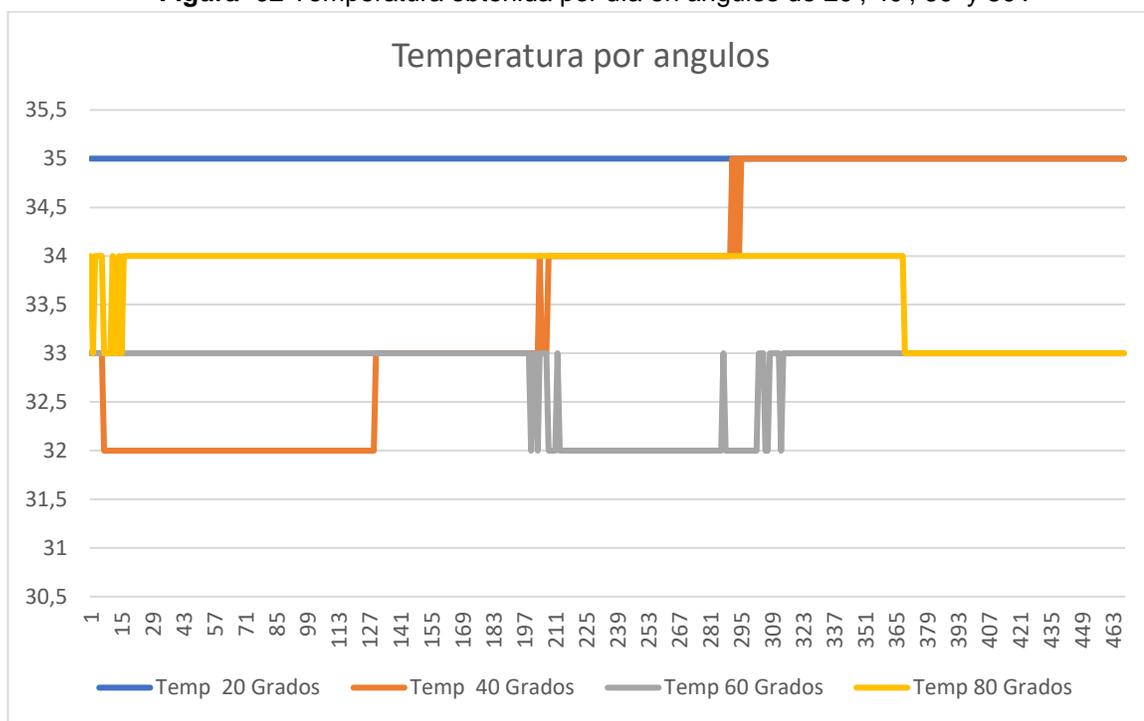
Figura 61 Potencia obtenida por día en ángulos de 20°, 40°, 60° y 80°.



Fuente: Autor.

En la Figura 62 evidenciando el comportamiento en la temperatura del panel de acuerdo a los cuatro grados de inclinación mencionados. El comportamiento en la temperatura vario entre 32 a 35 grados evidenciando cambios aleatorios de acuerdo al ángulo. A 40 grados se presenta la mayor variación de temperatura aumentado en 4 intervalos durante el tiempo. A 60 grados al principio mostro una estabilidad, pero como se observa cayo hasta 32 grados y después se estabilizo nuevamente hasta los 33 grados. A los 80 grados vario entre 33 y 34 grados sin presentar tantos intervalos, aunque al final decae. A 20 grados como se observa es el ángulo con mayor estabilidad durante la toma de la muestra, pero así mismo es la que se evidencio la mayor elevación de temperatura.

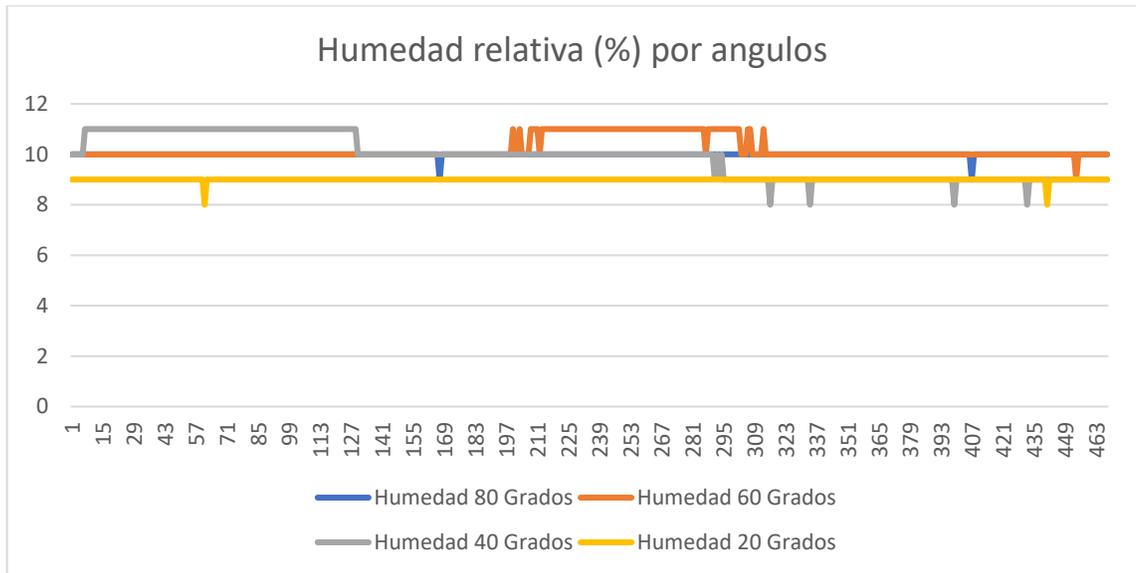
Figura 62 Temperatura obtenida por día en ángulos de 20°, 40°, 60° y 80°.



Fuente: Autor.

En la Figura 63, se evidencia los cambios de humedad relativa capturados por día de acuerdo a los 4 ángulos establecidos. A 40 grados se presentó la mayor variación en cambio de humedad relativa, iniciando con el 11% y terminando en intervalos hasta el 8%. A 80 grados de inclinación la humedad relativa no vario sino solo entre 8% y 9% y presentando una estabilidad casi constante. A 60 grados se presentó un cambio entre 9% y 11% de humedad relativa. A 20 grados la humedad relativa se mantuvo casi al 9% presentando el mayor tiempo de estabilidad durante el tiempo de muestreo y la menor humedad relativa de los demás ángulos hasta el 8%.

Figura 63 Humedad relativa obtenida por día en ángulos de 20 ; 40 ; 60 y 80 :



Fuente: Autor.

La Tabla 17, resume los datos obtenidos de la muestra mostrando la potencia máxima, mínima por ángulo, y su promedio. De igual manera presenta el promedio de la temperatura y humedad relativa por ángulo. A través de esta tabla se confirma que el ángulo óptimo para el prototipo en potencia esta entre 0 a 20 gados de inclinación, pero presentando el mayor índice de temperatura y el más mínimo índice de humedad relativa.

Tabla 14 Resultados del estudio de inclinación.

Angulo Grados (C)	Potencia Máxima (W)	Potencia Mínima (W)	Promedio de la Potencia Entregada (W)	Promedio Temperatura	Promedio Humedad Relativa
20	33,94	18,658	29.106,24	35	8,99
40	31,14	13,04	28.472,18	33,67	9.87
60	30,26	18,91	27.805,98	32,79	10,2
80	23,17	16,24	19.787,25	33,76	9,99

Fuente: Autor.

9.4 Realización y postulación de un artículo.

El proyecto de investigación al estar vinculado con los semilleros de investigación de la Universidad de Cundinamarca en especial con los semilleros SIAMEL-GIGAT-SISPROS. Durante su vinculación se realizó una serie de actividades dentro de ellas la presentación de varios artículos referentes al proyecto. Las actividades realizadas se resumen en la Tabla 18, y el número del anexo con su evidencia.

Tabla 15 Actividades presentadas del proyecto y en semillero de investigación.

Actividad	Fecha	Anexo
Artículo titulado (Prototipo de un cargador solar fotovoltaico autónomo para dispositivos móviles en "Finca la Esperanza" de la Universidad de Cundinamarca) sustentado en V congreso de ingeniería	2017	4.1
Presentación de prototipo en Feria Expo educación, organizada por la alcaldía de Fusagasugá	2017	4.2
Sustentación de proyecto en VI Encuentro de semilleros de investigación.	2017	4.3
Artículo titulado (Sistema de energía renovable a partir de la implementación de paneles solares dirigido al sector rural de la provincia del Sumapaz) por semilleros de investigación en IV congreso de ingeniería 2016.	2016	4.4
Presentación de artículo en 18 convención científica de ingeniería y arquitectura Habana Cuba	2016	4.5
Curso diseño y montaje de sistemas fotovoltaicos básicos. SENA	2015	4.6

Fuente: Autor.

10. Costo de elementos del sistema implementado.

La Tabla 19, detalla una lista de cada uno de los materiales que se utilizaron para el diseño y construcción del prototipo dentro de los cuales se encuentra sus precios netos por cantidad determinada y por elemento de dispositivo que se construyó. Dentro de ellos están el inversor, el módulo de adquisición de datos, la estructura y gabinete, y aparte los elementos comprados como son el panel, batería, regulador. A partir de los materiales analizados previamente, se escoge la mejor opción a consideración de variables tomadas en cuenta como fue determinar los materiales que la universidad podía proveer, como es el caso del préstamo del laboratorio de electrónica, y el aula de telemática entre u otros, también se estimó los materiales que ya se tenían, y que no eran necesarios comprar. Dentro de los materiales que si eran necesarios comprar se realizó previamente una serie de cotizaciones a las diferentes empresas o negocios que proveen estos materiales, y optando por la que garantizara proveer todos los materiales y un menor costo.

Tabla 16 Costos del proyecto en materiales.

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO
INVERSOR		
Regleta	2	2.000
Transformador 12V - 110AC con Tab central, 5ª	1	45.000
Banana conectora	2	2.000
Conector atornillable	2	1.800
Porta fusible	1	1.500
Fusible	10	3.000
Resistencias de 1/4 W	7	3.000
Condensadores electrolíticos 16V	4	5.000
IRFZ44N	2	5.000
LM7809	1	2.000
LM555	1	2.500
CD4017B	1	2.000
Baquelita Virgen 150MMX200MMx1.2MM	1	7.000
Estaño	1	10.710
Pasta para soldar	1	6.154
Ácido clorhídrico 20%	1	4.000
Cautín	1	15.000
	39	117.664
ADQUISICIÓN DE DATOS		
Cable DuPont Macho Hembra	1	5.355
Arduino Uno 2560 con CH340	1	26.460
LCD 12x6	3	8.500
Conectores atornillables	10	8.000
Módulo Bluetooth Maestros/Esclavo HC-05	1	25.647
Sensor de Temperatura y Humedad DHT22	1	18.978
Módulo Sensor de Voltaje	1	5.950
Módulo Sensor de Corriente ACS712 de 20ª	1	14.250
ProtoBoard SYB-120 de 700 Puntos	1	8.000
Reflector led de 10W	2	30.000
Multímetro	1	18.000
Módulo Relé de 1 Canal 5V	1	6.000
Convertor DC-DC Buck-Boost LM2577 de 18W	1	22.773
Baquelita Virgen 150MMX200MMx1.2MM	1	9.000
Regulador 9V 1.5A L7809CV	1	1.500
Interruptor Redondo 20MM Con LED Rojo	5	9.750
Placa I2C adaptadora LCD1602	1	6.426
Modulo reloj de precisión RTC DS3231	1	8.500
Módulo Slot o Adaptador de SD	1	5.100
Regleta	4	4.000
Conector Hembra-Cable numero 15	15	14.500
	54	230.229
Visitas a finca la Esperanza de Universidad de Cundinamarca - Pruebas. Toma y adquisición de datos	5	60.000
	SUBTOTAL	407.893
Regulador Controlador Panel Solar 10 A 12V-Estructura Gabinete	1	380.000
Batería 12V 35Ah Ciclo profundo	1	280.000
Panel solar 12v - 40W Policristalino	1	180.000
	TOTAL	1.247.893

Fuente: Autor.

11. CONCLUSIONES

Con respecto al parámetro de potencia obtenido, se confirma el ángulo de inclinación óptimo en la Finca la Esperanza necesario para ser implementado el prototipo, evidenciando una máxima transferencia de potencia del panel a un ángulo de 20 grados. Dato confirmado por la medida de radiación suministrado por la base de datos de la NASA y SWERA.

Como resultado de los parámetros de humedad y temperatura, obtenidos, se manifestó una elevación de la temperatura en 2 grados centígrados por cada 20 grados de inclinación y una reducción en la humedad relativa del 1.2% por cada 20 grados de inclinación menores al de 80 grados. A pesar de resaltar este comportamiento se logra una potencia en promedio de 29.1 W equivalente al 72.5% de la potencia máxima del panel.

En relación al inversor se demuestra un comportamiento en la señal de onda modificada con una corriente de 2A suficientes para garantizar la carga correcta de cada dispositivo sin importar la referencia. A través de una carga inductiva-resistiva generada por los cargadores se evidencio una frecuencia de 58.4Hz, y un voltaje RMS de 109.6 logrando una exactitud del 97.3%

A lo largo del proyecto de grado se logró la implementación del prototipo de forma funcional que permite variar el ángulo de inclinación del panel de 0 a 85 grados, con orientación por brújula. De igual manera se obtiene la implementación del sistema de iluminación con activación y desactivación por bluetooth a través de una aplicación en Android y la incorporación del sistema fotovoltaico aislado para una carga diaria de 63W. Mediante el diseño y calibración de los sensores empleados en las diferentes mediciones del sistema de adquisición de datos, se realizaron registros automáticos de las variables y su consolidación en bases de datos que permitieron obtener un margen de error no mayor a 0.03V en voltaje y 0.01A en corriente.

Se concluye en primer lugar, que es necesario plantearse un cambio en el sistema energético actual de Colombia para eliminar de forma ascendente el uso de combustibles fósiles y los problemas que trae consigo, a través de la implementación de alternativas tecnológicas como fue el proyecto de investigación, para el aprovechamiento de la energía solar que pueden permitir la diversificación de las fuentes de energía. El principal inconveniente que se opone a la utilización a gran escala de estas energías renovables es de tipo económico.

12. REFERENCIAS.

- AIE. (2015). *Informe anual de energia renovable*.
- ANDI. (2017). *Informe balance 2017, perspectivas 2018*. Bogota-Colombia.
- Barberan, A. S. (2016). *Estudio y prototipado de la eficiencia energetica de un panel solar auto ajustable*. Valencia España.
- BIODIESEL. (2015). *La evolucion de las fuentes de energia: DEl convencional al surgimiento de las energias renovables*. Brasil.
- biotec energias. (2017). Obtenido de www.biotecenergiasfv.com.mx/nosotros/
- Biotec energias. (2017). Obtenido de www.biotecenergiasfv.com.mx/nosotros/
- Carlos Alberto Toledo Arias, D. A. (Septiembre 2013). *Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia*. Cartagena-Colombia.
- CEI. (Marzo - 2016). *El derrumbe del precio del petroleo y sus consecuencias para America Latina*. Argentina.
- Cerro, B. M. (2011). *Proyecto fin de carrera*. Leticia - Colombia.
- Colegio oficial ingenieros de telecomunicacion. (2002). *Energia Solar Fotovoltaica*. Madrid España: Ibergraphi.
- Corporacion Universitaria Lasallista. (Septiembre 2015). *Sistema electrico para estacion de carga de baterias de celulares mediante el aprovechamiento de nergias alternativas usando paneles solares*. Caldas Colombia.
- DNO. (s.f.).
- DNP Direccion Nacional de Planeacion. (2017). *Energy Demand Situation in Colombia*. Colombia.
- Ecsite. (2016). *Descubre la nueva energia*. Obtenido de descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/
- Energy Charter Secretariat. (2016). *Reporte de inversion Energetica en Colombia*. Bruselas.
- Faider Humberto B, C. a. (2015). *contribuciones a la mitigacion del cambio climatico mediante el uso de energias alternativas y Tics en el proceso de produccion de panela del bajo magdalena*. Habana Cuba.
- Fundación Friedrich Ebert. (2010). *MATRIZ ENERGÉTICA EN EL PERÚ Y ENERGÍAS RENOVABLE*. Lima Peru: Corporación Gráfica + Media S.A.C.
- GreenPeace. (Enero 2012). *Impactos ambientales del petroleo*. Mexico.

H, V. I. (2005). *Desenvolvimiento de un sistema de medicion de radaiacon solar*. Mexico.

IDEAM. (2015). *Reporte Energetico de Colombia*. Bogota -Colombia.

IEE power and energy magazine . (Junio 2013). *The vulnerable Amazon* . IEE.

Karacsonyi, J. G. (2010). *PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL UN DESAFIO PARA LA INGENIERIA*.

llamas, I. (2018). *Como medir voltajes de hasta 25V con Arduino y FZ0430*. Obtenido de www.luisllamas.es

Makaran, J. (2009). *Design of solar powered Battery Charger*. Beijin China: IEE.

Mayerlab. (2018). *Ds3231*. Obtenido de www.makerlab-electronics.com

Mercado libre. (2018). Obtenido de www.mercadolibre.com

Monografias.com. (s.f.). *Inversor de onda cuadrada*. Obtenido de www.monografias.com

Monsolar. (2018). *Que es y que hace un regulador de carga solar*. Obtenido de www.monsolar.com

naylampmechatronics. (2015). *Sensor de voltaje*. Obtenido de naylampmechatronics.com

Ortiz, A. M. (Abril 2016). *Impacto de un nuevo panorama de los precios del petroleo en las diferentes egiones de Colombia*. Bogota Colombia.

P, G. (2002). *Investment in Renewable Energy: Accounting for Climate change*. Edinburgo.

Periódico El País. (2015). *Evolución anual en el precio del petróleo 2003-2015*. Madrid-España.

quetzalingeneria. (2015). *Composicion de un sistema fotovoltaico aislado de la red electrica convencional*. Obtenido de www.quetzalingeneria.es

REN. (2015). *Reporte de la situacion mundial de las energias renovables 2015*. España.

Repsol YTF. (2002). *EL petroleo - El recorrido de la Energia*. Mdrid- España.

Repsol, YTF. (2007). *El carbon, el recorrido de los minerales*. Madrid España.

Rincón, P. C. (Diciembre 2010). *Fuentes convencionales y no convencionales de energía: estado actual y perspectivas* . Bogota Colombia.

Sebastian. (s.f.). *Arduino UNO*. Obtenido de www.robotistan.com

sebastian, e. (2018). *Eliseo sebastian*. Obtenido de Consultor de medio ambiente: <http://eliseosebastian.com/>

simbaqueda, I. R. (2009). *Modelo de estudio de la radiacion solar, para diseño de sistemas de generacion de energia soalr fotovoltaica*. Bogota Colombia.

SIMEC. (2015). *Sistemas fotovoltaicos*. España.

Static Review Of world Energy. (junio 2012). *El petroleo en el mundo*.

Todo proyectos. (s.f.). *evolucion industrial* .

UPME. (2017). *PLAN DE ACCIÓN INDICATIVO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2017 - 2022*. Colombia.

Vistronica. (2018). Obtenido de www.vistronica.com

WORD ENERGY COUNCIL . (2013). *Recursos energeticos globales*. Londres.

APENDICE A: Tabla de mediciones sensor de corriente a 98,1mV/A

	Corriente medida en multímetro	Corriente en programa	Diferencia
1	0,18	0,174	0,006
2	0,28	0,274	0,006
3	1,18	1,171	0,009
4	1,22	1,221	-0,001
5	1,27	1,27	0
6	1,33	1,325	0,005
7	1,83	1,769	0,061
		Promedio	0,012

APENDICE B: Tabla de mediciones sensor de corriente a 98,3mV/A

	Corriente medida en multímetro	Corriente en programa	Diferencia
1	0,1	0,075	0,025
2	0,2	0,175	0,025
3	0,3	0,275	0,025
4	1,22	1,22	0
5	1,24	1,226	0,014
6	1,26	1,226	0,034
7	1,57	1,526	0,044
		Promedio	0,023

APENDICE C: Tabla de mediciones sensor de corriente a 100mV/A

Mediciones sensor de corriente a 100mV/A			
	Corriente medida en multímetro	Corriente en programa	Diferencia
1	0,15	0,122	0,028
2	0,27	0,269	0,001
3	0,42	0,415	0,005
4	0,43	0,415	0,015
5	1,19	1,149	0,041
6	1,3	1,295	0,005
7	1,86	1,784	0,076
		Promedio	0,024

APENDICE D: Tabla de mediciones de potencia por grados.

Potencia -80 Grados	Potencia -60 Grados	Potencia -40 Grados	Potencia -20 Grados
22450,14	19668,8	23483,29	20914,77
22570,47	19668,8	24097,2	20246,4
22518,9	19684	20674,63	20140
21897,28	19036,5	17125	20883,39
22553,28	19668,8	16420,8	20961,84
22536,09	18918,9	15177,03	20292
21763,76	19684	14473,56	20930,46
22415,76	19036,5	13087,62	20200,8
22398,57	19668,8	13044,78	20185,6
23173,9	19668,8	27690,52	20276,8
22415,76	19653,6	28240,78	20276,8
21747,07	19668,8	27793,92	20200,8
21613,55	21763,76	28558,33	20757,87
21730,38	25566,94	27918	20185,6
22381,38	27041,2	29211,16	20930,46
21730,38	28104,12	27918	20261,6
22381,38	27323,72	28854,71	20852,01
22364,19	28000,72	28918,22	20852,01
21063,19	27980,04	28748,86	20292
21797,14	28186,84	28939,39	20961,84
21047	27364,08	29002,9	20961,84
21030,81	27404,44	29066,41	20883,39
20917,48	28062,76	29774,58	20789,25
21014,62	28062,76	29151,09	21646,03
21127,95	28166,16	29882,93	20993,22
21111,76	27444,8	29947,94	21662,22
21030,81	28104,12	29129,92	20261,6
20998,43	28083,44	29752,91	18658,8
21630,24	28290,24	29214,6	20185,6
21747,07	28331,6	30056,29	21726,98
21095,57	27646,6	29341,62	21775,55
21047	28145,48	29882,93	22448,05
20982,24	28310,92	29383,96	22481,43
21063,19	28269,56	30099,63	22498,12
21063,19	28352,28	30077,96	22514,81
20412,69	27666,78	29731,24	22514,81
21063,19	27666,78	29235,77	22548,19
20949,86	28352,28	30121,3	23240,88

20949,86	27505,34	29595,66	23275,26
20302,86	28331,6	29468,64	23309,64
20949,86	27666,78	30142,97	23326,83
20820,34	28290,24	30121,3	23899,19
20287,17	28372,96	30381,34	24040,71
20302,86	28207,52	30229,65	24720,21
20287,17	28352,28	30164,64	24665,64
20933,67	27666,78	29320,45	24702,02
20287,17	29045,24	29468,64	24129,16
20933,67	27565,88	29447,47	25535,56
20949,86	28042,08	30034,62	24902,11
20982,24	28186,84	29574,49	24920,3
20949,86	28372,96	29468,64	24811,16
20836,53	28310,92	29426,3	25498,2
20302,86	28960,56	29447,47	25610,28
20933,67	28207,52	29426,3	25703,68
21047	28166,16	29489,81	25572,92
21063,19	28207,52	29235,77	25535,56
21063,19	28393,64	29447,47	25703,68
21063,19	28228,2	29405,13	26410,86
20318,55	28021,4	29362,79	25722,36
21063,19	28228,2	30121,3	25591,6
20412,69	28770,03	29426,3	26334,14
20428,38	28062,76	29383,96	26410,86
21079,38	28145,48	30186,31	25815,76
21095,57	28812,37	29969,61	25666,32
20852,72	28124,8	29002,9	26314,96
20318,55	28145,48	28745,2	25666,32
21730,38	28186,84	29574,49	25797,08
21079,38	28833,54	30056,29	25797,08
21095,57	27918	29405,13	25685
21095,57	28812,37	29553,32	26353,32
20334,24	28812,37	28931,32	24993,06
20334,24	28791,2	29426,3	25479,52
20334,24	28145,48	30207,98	25666,32
20966,05	28812,37	30338	26372,5
20982,24	28145,48	29426,3	25666,32
20966,05	28854,71	30272,99	26372,5
20302,86	28833,54	29638	26353,32

20302,86	28145,48	30338	25647,64
20949,86	29002,9	30338	25685
20933,67	28331,6	29595,66	25666,32
20302,86	28104,12	30316,33	25666,32
20302,86	28124,8	30316,33	26180,7
20302,86	28960,56	29574,49	26334,14
20193,03	28310,92	29574,49	25685
20397	27646,6	30294,66	25666,32
20397	28269,56	29574,49	25685
20381,31	28228,2	29574,49	26372,5
20982,24	29002,9	29426,3	26449,22
20949,86	27081,56	30272,99	26410,86
20933,67	28537,16	30316,33	25741,04
20381,31	28186,84	29510,98	25741,04
20397	28269,56	29426,3	26257,42
20397	28939,39	30316,33	26449,22
21063,19	28600,67	30186,31	27197,76
20933,67	28579,5	30099,63	26487,58
21030,81	28186,84	29882,93	26525,94
20412,69	28960,56	29383,96	27237,12
20412,69	28290,24	30121,3	26545,12
20302,86	28960,56	30077,96	27315,84
20302,86	27980,04	29861,26	27296,16
20302,86	28124,8	30077,96	28009,84
20318,55	28960,56	29991,28	27969,48
20302,86	28918,22	29278,11	28030,02
20302,86	28875,88	29320,45	28231,82
20836,53	28812,37	29969,61	28211,64
21613,55	28960,56	29235,77	28090,56
20949,86	29002,9	29235,77	28090,56
20318,55	28494,82	29235,77	28090,56
20318,55	27793,92	29278,11	28252
20966,05	27690,36	29709,57	28952
20428,38	27442,36	29235,77	28952
20349,93	28050,25	29214,6	28070,38
20334,24	27923,23	29882,93	28110,74
20224,41	27775,04	29235,77	28252
20318,55	28071,42	29214,6	28231,82
21063,19	27483,72	29861,26	28130,92
20397	27421,68	29882,93	28110,74
20412,69	27463,04	29172,26	28931,32

21063,19	28113,76	29904,6	28252
20334,24	28177,27	28960,56	28272,18
20412,69	26925,36	28476,36	28807,24
20412,69	27521	29151,09	28009,84
20412,69	27421,68	29151,09	28211,64
20428,38	28240,78	29151,09	28211,64
20412,69	28304,29	29108,75	28130,92
20318,55	28621,84	29320,45	28070,38
20287,17	28042,08	29172,26	28211,64
20412,69	28021,4	29129,92	28910,64
21063,19	28062,76	28662,48	28952
20412,69	28473,65	28662,48	28827,92
20318,55	28062,76	29299,28	28090,56
20302,86	28207,52	29299,28	28191,46
20302,86	28727,69	28600,44	28972,68
20318,55	28042,08	29299,28	28993,36
20302,86	28875,88	28435	28827,92
20193,03	28207,52	29256,94	28972,68
20949,86	28021,4	29278,11	28993,36
20302,86	28431,31	28600,44	29680,34
20318,55	27505,34	29278,11	28910,64
20949,86	28685,35	29299,28	28889,96
20302,86	28166,16	29299,28	28827,92
20302,86	28854,71	29193,43	29034,72
20302,86	28207,52	29193,43	29722,68
20302,86	27343,9	29969,61	29034,72
20397	28770,03	29362,79	28869,28
20381,31	28875,88	29383,96	28869,28
20412,69	27545,7	30012,95	28211,64
19775,2	28228,2	29904,6	29743,85
20412,69	28897,05	30077,96	29574,49
20412,69	28248,88	30056,29	28641,8
19760	29492,87	29991,28	29034,72
20397	27897,32	29904,6	29055,4
20412,69	28897,05	29193,43	29553,32
20412,69	28918,22	29320,45	28889,96
20966,05	28104,12	29256,94	28889,96
20208,72	28083,44	29214,6	29765,02
20966,05	28960,56	29193,43	28889,96
22364,19	28248,88	29447,47	29553,32
20428,38	28083,44	29991,28	29638

20334,24	28083,44	29214,6	29055,4
20334,24	28062,76	29024,07	29076,08
20349,93	28939,39	29193,43	28869,28
21014,62	28083,44	30077,96	33944,8
20365,62	28062,76	29214,6	29743,85
20901,29	29384,52	29214,6	29595,66
21030,81	28042,08	29882,93	28910,64
21680,31	28748,86	29193,43	29680,34
21030,81	28062,76	29151,09	30511,36
20381,31	28062,76	29904,6	29616,83
21047	28727,69	29666,23	29595,66
21697	28021,4	30056,29	29680,34
21160,33	28207,52	29193,43	30381,34
21797,14	28083,44	29926,27	29659,17
21830,52	28062,76	29214,6	29447,47
20966,05	28346,63	28703,84	29680,34
21713,69	27194,2	30077,96	30381,34
21830,52	27855,96	29882,93	30424,68
21813,83	28643,01	29383,96	30403,01
21830,52	28021,4	30056,29	30403,01
20982,24	28021,4	29904,6	29722,68
21463,34	27814,6	29193,43	29722,68
21563,48	27690,52	29405,13	29743,85
20642,25	27902,06	30121,3	30229,65
20626,06	28219,61	29904,6	29743,85
21146,23	27607,8	30099,63	30446,35
20480,35	28558,33	29426,3	31060,17
20658,44	27444,8	29426,3	31193,19
21279,75	28166,16	30121,3	30468,02
20609,87	28000,72	30121,3	30446,35
20642,25	28186,84	30860,64	30489,69
20885,1	28186,84	30099,63	30511,36
20771,77	27980,04	29796,25	30489,69
20868,91	28186,84	30164,64	30949,32
21530,1	28207,52	29320,45	31215,36
20852,72	28042,08	29299,28	30489,69
20114,58	28833,54	29991,28	30533,03
20059,41	28186,84	29991,28	30533,03
20114,58	28166,16	30207,98	30511,36
19910,61	28228,2	29861,26	31281,87
20545,11	27343,9	30012,95	30554,7

20036,13	28207,52	30012,95	31259,7
20036,13	28207,52	29299,28	31015,83
20415,59	28228,2	30012,95	31392,72
19800,78	27938,68	30749,79	31326,21
21129,54	28207,52	30034,62	31964,7
20224,41	28228,2	30056,29	30598,04
20852,72	28228,2	30727,62	31304,04
20723,2	28207,52	30034,62	31281,87
19894,92	28228,2	30616,77	32146,06
20098,89	28186,84	30749,79	30684,72
20690,82	28124,8	30077,96	32055,38
19894,92	28104,12	30705,45	31281,87
20512,73	28207,52	30749,79	31547,91
20399,4	28960,56	30056,29	31547,91
21480,03	28186,84	30749,79	31392,72
20852,72	28791,2	30771,96	32078,05
21379,89	28124,8	30749,79	31348,38
20083,2	29002,9	30034,62	31348,38
20820,34	28166,16	29774,58	31547,91
20836,53	27959,36	30056,29	31547,91
20836,53	28812,37	30749,79	31437,06
20739,39	28791,2	30012,95	31326,21
20098,89	28186,84	30034,62	31348,38
20739,39	28145,48	30099,63	32259,41
20626,06	28124,8	30838,47	31525,74
20755,58	28791,2	30164,64	31459,23
20771,77	28186,84	29426,3	32078,05
20787,96	28124,8	30142,97	32078,05
20804,15	28791,2	30142,97	31126,68
20771,77	28558,33	30838,47	30836,41
20787,96	28104,12	29991,28	31547,91
20447,97	27835,28	30012,95	32191,4
21112,85	27752,56	29489,81	31370,55
20577,49	27393,98	30012,95	31348,38
21229,68	26032,2	30705,45	31326,21
21463,34	26635,84	30012,95	31525,74
21413,27	27182,28	29991,28	31525,74
20399,4	27224,62	30927,15	31525,74
20929,26	26759,92	30099,63	31547,91
21580,17	28367,8	30056,29	31481,4
21580,17	28219,61	29839,59	30814,74

20820,34	28219,61	30727,62	31503,57
20690,82	28029,08	30229,65	31525,74
20917,48	27880,89	30034,62	31503,57
20917,48	27835,28	30056,29	31503,57
20917,48	28166,16	30034,62	31481,4
20820,34	28207,52	30251,32	31525,74
20820,34	28124,8	30056,29	31547,91
20820,34	28897,05	30749,79	31304,04
20820,34	28918,22	29341,62	32214,07
20804,15	28791,2	29774,58	32236,74
20820,34	28269,56	30186,31	32236,74
20820,34	28600,67	30056,29	31304,04
21463,34	28600,67	29991,28	31481,4
20998,43	27288,13	30012,95	30771,4
20998,43	26656,52	30034,62	32214,07
20982,24	28706,52	29991,28	31525,74
21079,38	28833,54	30683,28	31370,55
20868,91	28791,2	30056,29	31503,57
20949,86	28770,03	30034,62	31503,57
20949,86	28770,03	30638,94	31437,06
20287,17	29002,9	30229,65	30576,37
21063,19	28875,88	30186,31	31437,06
21047	28854,71	30904,98	30749,73
20397	28621,84	30186,31	30771,4
20412,69	28854,71	30207,98	30554,7
21111,76	29066,41	30186,31	31414,89
19790,4	29536,21	30186,31	30706,39
20428,38	28875,88	30403,01	30489,69
20428,38	28875,88	30229,65	30533,03
19577,6	28854,71	30164,64	30511,36
19684	29579,55	30207,98	30554,7
20318,55	30262,05	30381,34	30533,03
19760	29232,83	31104,51	30511,36
19668,8	28283,12	30927,15	30272,99
19668,8	29264,4	30229,65	31392,72
19608	27838,55	30338	31259,7
20224,41	28452,71	30424,68	31215,36
20318,55	29419,59	30229,65	31237,53
18845,4	28799,43	30207,98	30533,03
19577,6	28177,27	31148,85	30511,36
20208,72	28886,11	30446,35	31281,87

19562,4	28219,61	31148,85	31259,7
19653,6	28219,61	30424,68	31259,7
19547,2	28029,08	31126,68	31015,83
18904,2	28344,36	31082,34	30554,7
18889,5	27499,83	30359,67	31281,87
18963	28192,67	30424,68	30533,03
18963	28344,36	31104,51	30576,37
19410,4	28366,03	30468,02	30576,37
18874,8	27521	30316,33	31348,38
18218,6	28301,02	30424,68	31304,04
18845,4	27690,36	31148,85	31281,87
18204,4	27690,36	30446,35	31281,87
18830,7	27499,83	29722,68	31038
18816	27626,85	30207,98	32032,71
18176	28322,69	30424,68	31326,21
18090,8	27605,68	30424,68	31281,87
18801,3	27690,36	30403,01	31304,04
18801,3	27563,34	30316,33	31304,04
18147,6	27648,02	30251,32	31326,21
18147,6	28344,36	31082,34	31348,38
17494,9	28344,36	29722,68	31348,38
18133,4	27690,36	30424,68	31326,21
18133,4	28344,36	30424,68	31547,91
18119,2	28366,03	30338	31547,91
18105	27732,7	30381,34	31370,55
18019,8	27711,53	30359,67	31304,04
18090,8	28149,33	30424,68	31348,38
16816,8	28366,03	30424,68	32259,41
17440,1	27711,53	30424,68	30814,74
16803,6	27732,7	30927,15	31370,55
17440,1	27584,51	31104,51	31370,55
16790,4	26904,68	30359,67	31348,38
16777,2	28409,37	30468,02	31547,91
17412,7	27626,85	30251,32	31547,91
17412,7	27584,51	30446,35	30858,08
17330,5	27563,34	30446,35	31525,74
17399	27478,66	30272,99	31392,72
16750,8	27457,49	31126,68	32236,74
16750,8	28192,67	30446,35	32236,74
16750,8	28236,01	30272,99	32282,08
16750,8	28236,01	30949,32	31570,08

17467,5	27584,51	31104,51	31592,25
16803,6	28019,31	30446,35	31437,06
16816,8	27605,68	30251,32	32259,41
16803,6	28257,68	30904,98	31547,91
16790,4	27605,68	30207,98	31525,74
16790,4	27584,51	31082,34	31570,08
17481,2	28214,34	29680,34	31525,74
16777,2	27521	30316,33	32282,08
16711,2	27605,68	30207,98	32282,08
16764	28236,01	30186,31	31570,08
16764	28909,68	30164,64	31525,74
16243,3	27372,81	29659,17	31525,74
17453,8	28236,01	30338	31525,74
16803,6	27584,51	29510,98	32282,08
16803,6	27605,68	30186,31	31570,08
16803,6	28236,01	30186,31	31326,21
16790,4	28236,01	29947,94	31348,38
16803,6	28236,01	30186,31	31503,57
16803,6	27690,36	29468,64	31503,57
16803,6	27584,51	30164,64	31082,34
16724,4	27605,68	29510,98	31304,04
16790,4	28019,31	30186,31	30749,73
17440,1	27796,21	29489,81	31326,21
16803,6	27817,38	29947,94	30598,04
16803,6	27626,85	30186,31	31481,4
16803,6	27817,38	30207,98	30598,04
16803,6	27173,52	29468,64	30576,37
17522,3	28496,05	29489,81	30316,33
17440,1	27626,85	29489,81	31459,23
17371,6	27817,38	30142,97	31259,7
17522,3	28452,71	30207,98	31281,87
17522,3	27796,21	29489,81	31281,87
17536	27859,72	29447,47	31259,7
17549,7	28474,38	28559,08	31348,38
17467,5	27838,55	29426,3	30598,04
18176	27859,72	29489,81	31304,04
17549,7	27690,36	29405,13	30338
18190,2	27838,55	29426,3	31281,87
18204,4	27838,55	29405,13	30554,7
18860,1	27859,72	28703,84	29892,04
18218,6	27817,38	30121,3	31304,04

18133,4	28366,03	29405,13	31281,87
17508,6	27690,36	29383,96	31281,87
18218,6	27859,72	29172,26	31348,38
18218,6	27880,89	28662,48	31304,04
18889,5	28387,7	28848,6	30381,34
18161,8	27690,36	28765,88	31281,87
18261,2	27902,06	27949,3	30554,7
18289,6	27880,89	27949,3	30468,02
18332,2	27732,7	27908,94	31281,87
18318	27690,36	28807,24	31259,7
18332,2	27690,36	28070,38	30511,36
18332,2	28539,39	28745,2	29807,36
18318	28409,37	27767,68	29913,21
18904,2	27049,44	27868,58	30511,36
18346,4	27690,36	27848,4	30316,33
18992,4	27690,36	27929,12	29096,76
18918,9	27753,87	27276,48	29076,08
18275,4	27070,12	27138,72	29765,02
19007,1	27690,36	27099,36	30489,69
19021,8	27690,36	27079,68	30468,02
18933,6	27690,36	27217,44	29034,72
18918,9	28344,36	27197,76	29934,38
18275,4	27711,53	27158,4	29786,19
18963	27711,53	27040,32	29765,02
18933,6	27690,36	27158,4	29553,32
18933,6	28344,36	26410,86	29934,38
18948,3	28954,02	26449,22	29179,48
18948,3	27711,53	26410,86	29722,68
18948,3	27711,53	26257,42	29743,85
19501,6	27648,02	26372,5	29220,84
18318	27880,89	25666,32	29892,04
18963	27880,89	25666,32	29076,08
18963	27880,89	25591,6	29055,4
19608	27049,44	25498,2	29014,04
18948,3	27880,89	26295,78	29892,04
19608	27838,55	25554,24	29743,85
18963	27690,36	25591,6	29743,85
18963	28496,05	25572,92	28993,36
19608	27880,89	24756,59	29870,87
18963	27880,89	24182,23	29179,48
18963	27880,89	24847,54	29179,48

18963	27690,36	24829,35	29200,16
19051,2	27817,38	25516,88	29913,21
18963	27214,88	24829,35	29870,87
18963	27859,72	24683,83	29892,04
19051,2	27817,38	24811,16	29200,16
19051,2	28127,66	24811,16	29892,04
19516,8	27499,83	24829,35	29870,87
19051,2	27372,81	24005,33	29892,04
19051,2	26987,4	24792,97	29892,04
19051,2	27152,84	24792,97	29765,02
19051,2	27173,52	24811,16	29743,85
19036,5	27132,16	24005,33	29220,84
19036,5	27690,36	24811,16	30663,05
19051,2	28236,01	24665,64	29976,72
19623,2	27859,72	23969,95	30684,72
19036,5	27838,55	24774,78	29955,55
19036,5	27711,53	24093,78	30684,72
18977,7	27521	23969,95	30684,72
19592,8	27235,56	23969,95	30533,03
18948,3	27880,89	24076,09	29828,53
19036,5	27028,76	24040,71	30533,03
18963	27049,44	23952,26	30019,06
18948,3	27669,19	23934,57	30749,73
18845,4	27859,72	24040,71	30598,04
18948,3	27070,12	23916,88	29913,21
19036,5	27690,36	23223,69	29913,21
19036,5	28322,69	24005,33	30598,04
18318	26842,64	24005,33	30684,72
18948,3	27690,36	23987,64	30663,05
18948,3	27049,44	23068,98	29934,38
18948,3	27690,36	23189,31	30424,68
19699,2	27690,36	23172,12	30663,05
18992,4	27690,36	23154,93	30663,05
18874,8	27690,36	23189,31	30576,37
18948,3	27090,8	22481,43	30706,39
18948,3	27690,36	22464,74	30706,39
18963	27690,36	23810,74	31392,72
18963	27478,66	22448,05	31392,72
18963	27711,53	22431,36	30771,4
18948,3	27049,44	22314,53	31437,06
18948,3	27626,85	23103,36	30511,36

18963	27028,76	22414,67	30706,39
18948,3	28301,02	22397,98	31414,89
19501,6	27669,19	21710,79	31481,4
18303,8	27049,44	21726,98	31459,23
18948,3	27669,19	22381,29	31459,23
18948,3	27152,84	21694,6	31437,06
18289,6	27235,56	21678,41	31437,06
18275,4	27690,36	21662,22	31481,4
18332,2	27669,19	21662,22	30728,06
18247	27859,72	21662,22	31964,7
18147,6	27944,4	21646,03	31459,23
17645,6	27318,28	20977,53	31614,42
18289,6	26925,36	21646,03	31437,06
17645,6	27256,24	21646,03	31481,4
17563,4	27235,56	21516,51	30749,73
17645,6	27235,56	21613,65	31437,06
18303,8	27132,16	21613,65	31703,1
18232,8	27049,44	21613,65	31525,74
18147,6	27214,88	20946,15	31481,4
17686,7	27214,88	21597,46	30554,7
18992,4	26496,34	22247,77	31459,23
19021,8	26455,98	20977,53	31459,23

13.ANEXOS

13.1 Anexo 1 Características técnicas de materiales.

13.1.1 Características generales de Arduino Uno.

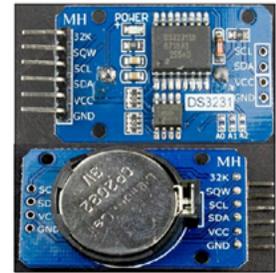
Microcontrolador	ATMEGA328
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7V-12V
Voltaje de entrada (límites)	6V-20V
Pines digitales entradas/salidas	14 (de los cuales 6 proporcionan PWM)
Pines analógicos de entrada	6
Corriente de salida DC total de todas las líneas de entradas/salidas	40mA
Corriente DC por el pin de 3.3V	50mA
Memoria Flash	32KB (0.5KB para el arranque)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Frecuencia de reloj	16MHz



Fuente: (Sebastian, s.f.)

13.1.2 Características generales módulo de reloj RTC DS3231.

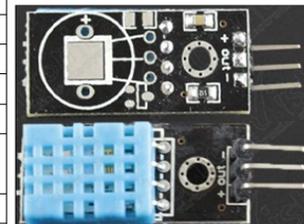
Voltaje de entrada	3.3V-5V
Chip	DS3231
Onda de salida	Cuadrada programable
Soporte calendario	Hasta el año 2100
Precisión del sensor de temperatura	± 3 grados
Chip de memoria	AT24C32
Capacidad chip de memoria	32K



Fuente: (Mayerlab, 2018)

13.1.3 Características generales Sensor de temperatura y humedad DHT11.

Sensor de temperatura	100K 1% termistor
Sensor de humedad	HR202 resistencia a la humedad
Voltaje de operación	3V~5.5V
Corriente de operación	0.2mA~0.5mA
Rango Humedad	20%~95% de Humedad Relativa
Rango temperatura	0°C~50°C
Resolución Humedad	1RH / 8 bits
Resolución Temperatura	1°C / 8 bits
Precisión de medición de humedad	0.5%RH
Precisión de medición temperatura	2°C
Tiempo de respuesta	< 5 segundos



Fuente: (Vistronica, 2018)

13.1.4 Características sensor de voltaje FZ0430.

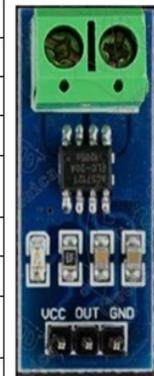
Voltaje de entrada	0V~25V
Voltaje de detección de gama	0.02445V~25V
Resolución de voltaje analógico	0.00489V



Fuente: (naylampmechatronics, 2015)

13.1.5 Características sensor de corriente ACS712 de 20A.

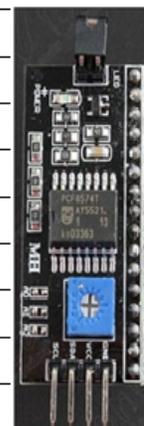
Voltaje de alimentación	5V
Máximo voltaje inverso	0.1V
Corriente de salida	3mA (Fuente) 10mA (inversa)
Voltaje de salida	0V~5V
Rangos disponibles (Capacidad de corriente)	20A
Sensibilidad	20A (a una salida de 180mV/A)
Salida cuando no detecta corriente	VCC / 2
Aislamiento eléctrico total	Entre el sensor de efecto Hall y la salida de voltaje
Error máximo de linealidad a la salida	1.5% a 25°C



Fuente: (naylampmechatronics, 2015)

13.1.6 Características placa I2C adaptadora LCD1602.

Voltaje de entrada	5V~9V
Voltaje de salida	3.3V/5V
Pines digitales entradas/salidas	14
Pines analógicos entradas/salidas	6
Interfaz (protocolo)	I2C/TWI/SPI
Potenciómetro	Ajustar contraste y luz de fondo
Líneas de salida	4
Dirección del dispositivo	0x20/0x27
Tamaño	5.4cm x 1.9cm



Fuente: (Vistronica, 2018)

13.1.7 Características generales modulo bluetooth maestro/esclavo HC-05.

Chip	BC417143
Voltaje de entrada	3.6V-6V
Corriente de entrada	8mA
Temperatura de operación	-20°C~75°C
Frecuencia	2.4GHz banda ISM
Modulación	GFSK
Tipo Asíncrono	2.1Mbps(Max)/160kbps
Tipo Síncrono	1Mbps/1Mbps
Funciones de seguridad	Autenticación y encriptación
Interfaz serial	TTL
Protocolo Bluetooth	Bluetooth v2.0+EDR
Potencia de transmisión	4dBm, Clase 2
Sensibilidad	-84dBm a 0.1% VER
Velocidad	1Mbps
Antena	Integrada
Alcance	10 metros
Perfil	Wireless serial port
Tamaño	2.7cm x 1.3cm



Fuente: (Vistronica, 2018)

13.1.8 Características Modulo Relé de un canal.

Canal de salida	1
Voltaje de funcionamiento	24V
Relé de tensión de carga	125VAC/250VAC 28VDC/30VDC
Corriente de operación	10A
Voltaje de la bobina (relé)	5V
Modo de disparo	Bajo nivel de disparo
Diodo de protección	En cada bobina
Diodo LED indicador Consumo de corriente (bobina)	Estado para cada canal 20mA
Tamaño	4.0cm x 1.5cm x 2.0cm
Peso	14 gramos



Fuente: (naylampmechatronics, 2015)

13.1.9 Características modulo slot o adaptador de SD

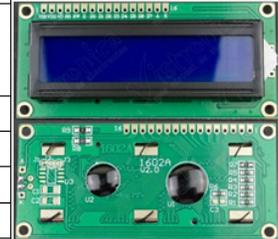
Soporta	Reproducción MP3 Sistemas de control MCU/ARM
Voltaje de entrada	3.3V/5V
Pines de salida	SD y SPI MOSI SCK MISO y CS
Tamaño	5.1cm x 3.1cm



Fuente: (Vistronica, 2018)

13.1.10 Características generales modulo slot o adaptador de SD

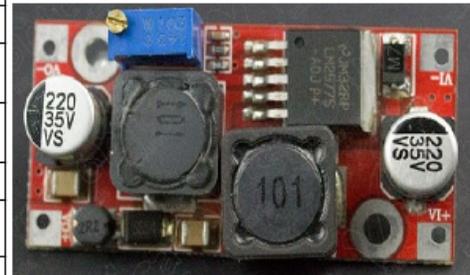
Construcción	COB (Chip-on-Board)
Formato de presentación	Carácter 16x2
Tipo de pantalla	STN, Reflective, Azul Negativo
Controlador	SPLC780D1 o controlador equivalente
Fuente	5x7, 5x8
Interfaz	4-bit 8-bit de interfaz paralelo
Color carácter	Blanco
Dirección de la vista	6:00
Esquema de conducción	1/16 Ciclo de trabajo, 1/5 Bias
Voltaje de alimentación	5V
Voltaje LCD ajustable para el mejor contraste	5V
Temperatura de funcionamiento	-10°C a +60°C
Temperatura de almacenamiento	-20°C a +70°C



Fuente: (Vistronica, 2018)

13.1.11 Características Conversor DC - DC 18W

Chip	LM2577
Voltaje de entrada	3V~35V
Voltaje de salida	1.25V~30V
Voltaje de rizado	40mVpp
Corriente de salida máxima	2A
Potencia de salida	18W
Eficiencia	~92%
Frecuencia de conmutación	50KHz
Regulación de carga	± 0.5%
Regulación de voltaje	± 2.5%
Temperatura de operación	40°C~+85°C
Tamaño	4.8cm x 2.3cm x 1.4cm



Fuente: (Vistronica, 2018)

13.1.12 Características regulador MPPT 20A 12V-24V

Corriente máxima	20Amperios
Potencia máxima del panel solar WP: Con sistema 12V - 24V	260W-560W
Cable recomendado	4mm o 10 AWG
Medidas	Medidas sin caja: 14.3x8.5x3.7centímetros Peso: 260 gramos. Medidas con caja: 16.6x9.5x5centímetros Peso: 295 gramos. Producto nuevo, 6 meses de garantía.
Características técnicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pantalla LCD, fácil interfaz de operación. 2. Función de seguimiento del punto de Máxima potencia MPPT. 3. Reset para restaurar la configuración de fábrica. 4. Protección de reversa en descarga de la batería. 5. Protección contra polaridad inversa de la batería. 6. Protección contra bajo voltaje en batería. 7. Protección contra cortocircuitos. 8. Función de compensación automática de temperatura. 9. Mantiene siempre la batería en carga completa.



Fuente: (Mercado libre, 2018)

13.1.13 Características panel fotovoltaico 40W

Marca	Erasmus
Referencia	EPS-40
Potencia maxima	40W
Voltaje en P max	17,6V
Corriente P max	2,273A
Voltaje de circuito abierto	21,8V
Corriente de corto circuito	2,548A
Tolerancia en P max	(+- 5%)
Peso	4,4Kg
Dimensiones	630x545x28 (mm)
Tension maxima	DC 1000V
Tempertura de operacion	Desde (-40 A 85) Grados celcius



Fuente: (Mercado libre, 2018)

13.1.14 Características batería 18A 12V/20AH

Descripción	
Largo	181 mm
Ancho	76 mm
Alto	167 mm
Peso	5,5 kg
Voltaje	AH:12V/20AH



Fuente: (Mercado libre, 2018)

13.1.15 Características reflector 10W.

Voltaje	86V -256V AC
Wattios	10
Horas de vida	30000 H
Indice de color	70
Temperatura de operación	50 C
Lumenes por vatio	70Lm/W



Fuente: (Mercado libre, 2018)

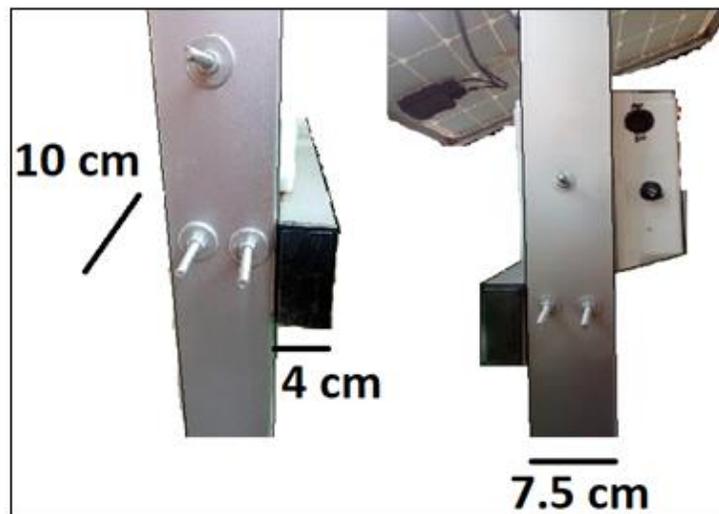
13.2 Anexo 2 Estructura.

Para la elaboración de la estructura fue necesario inicialmente establecer las dimensiones de los componentes más grandes, el tipo de material a utilizar y su forma. El panel fotovoltaico sus dimensiones son de 55.5x63x3 Cm, es el componente más grande, y seguido esta la batería donde su dimensión es de 18x8x20 Cm, por lo tanto, se necesitaba una estructura que se acomodara cerca a esas medidas. La otra característica para tener en cuenta fue determinar el tipo de material, capaz de soportar todo el peso de los componentes, también que no se deteriore tan rápido al estar en la intemperie y que se pudiera transportar sin presentar daños. La mejor opción fue el hierro este material no es tan pesado, es rígido, económico y aunque al estar sometido a la intemperie presenta oxidación, su solución a este inconveniente fue aplicar aerosol dándole un color aluminio agradable y duradero.

Tras revisar diferentes opciones de hierro la opción a tomar fue, tubería rectangular 4x7.5 Cm calibre 18 como ilustra la Figura 64, esta le brindaría la rigidez necesaria al prototipo sin que con el movimiento se doble.

El siguiente inconveniente fue establecer la forma de unir los componentes y la misma estructura entre sí, y que se pudiera desarmar, ya que, al ser un prototipo, era necesario realizar varias pruebas de arme y desarme. La solución más efectiva fue utilizar tornillos de 10 Cm de largo con cabeza hexagonal de acero cincado, ideales para unir materiales de hierro y con un cierto grado de movimiento entre ellos.

Figura 64 Dimensiones del grosor de tubería rectangular y de tornillos en la estructura.

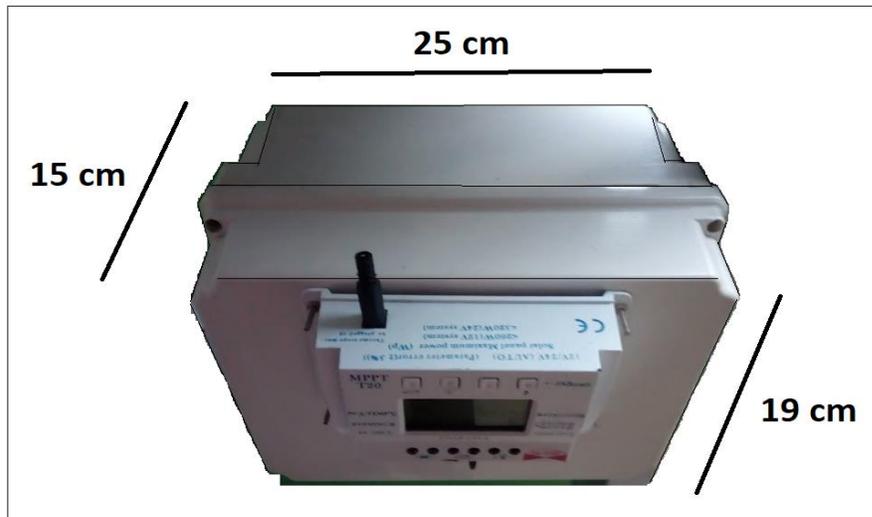


Fuente: Autor.

El siguiente paso fue encontrar el cajón, para ubicar el tablero, el regulador, y los componentes internos, entre ellos la batería donde debía cumplir con las dimensiones mencionadas. La caja no podía ser metálica, al ser conductora de electricidad, podría generar cortos y daños graves al sistema eléctrico. Debía ser sellable desde su interior, ya que al estar el prototipo en la intemperie no puede ingresar humedad, polvo, y soportar temperaturas altas sin deteriorarse fácilmente. Tras revisar comercialmente la mejor opción fue una caja de paso plástica para instalaciones eléctricas grande donde su nivel de estanqueidad proporciona protección fuerte contra polvo, no penetra agua en ninguna circunstancia. En la Figura 65 se ilustra la caja plástica con unas dimensiones de 15x25x19 Cm perfecta para ubicar la batería y elementos externos como el regulador. Ofrece protección UV del sol con una resistencia al hilo incandescente hasta los 650 grados Celsius con un grado de protección IP65. Contiene un cuerpo y tapa de polipropileno

reforzado con antillana blanco y un Burlete de caucho EPDM para su sellado.

Figura 65 Dimensiones de caja plástica para componentes.



Fuente: Autor.

Para el armado general de la estructura se realizaron los siguientes pasos:

Plantillaje: Consistió en realizar las plantillas a tamaño natural de todos los elementos que lo requieren para revisar sus dimensiones y confirmar si encajan con los demás elementos.

Marcado de ejecución: Antes de realizar los cortes, se traza cada componente con las dimensiones ilustradas en la Figura 66, con el fin de copiar las medidas realizadas y agujeros necesarios para la conexión eléctrica.

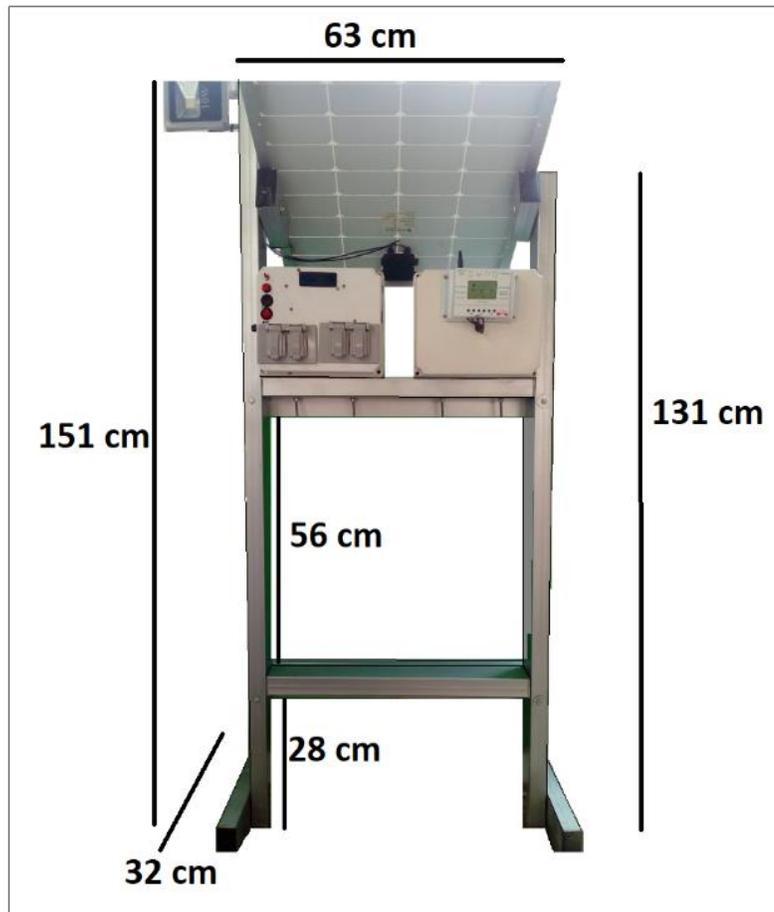
Cortes y perforaciones: Para el corte de los tubos se realizó con sierra, para los agujeros de los tornillos, se realizó con taladro percutor broca de ½ pulgada.

Armado: Se realizó de abajo hacia arriba, armando primero las bases y posteriormente las dos bases principales como se muestran en la Figura 36, a través de los tornillos con arandelas que evitaran torceduras del tubo al atornillarse. Los demás componentes a excepción del panel se agregaron durante el armado final.

Preparación de superficies y pintura: Se limpió la estructura, lijó y pintó con aerosol.

Marcado e identificación de elementos: Tras el secado de la estructura se agregan las cajas plásticas con los tornillos. El paso final fue agregar la lámpara, y demás componentes electrónicos, donde se necesitó de mayor tiempo para su ubicación en las cajas.

Figura 66 Dimensiones de estructura para prototipo



Fuente: Autor.

13.3 Anexo 3 Tarjeta adquisición de datos.

Para la construcción y elaboración de la tarjeta de adquisición de datos, es necesario conocer las características de cada módulo y sensor que se utilizó, y el código de ejemplo para poder aplicarlo en la tarjeta a través de la plataforma de hardware y lenguaje propio basado en el lenguaje de programación IDE de Arduino Uno.

La tarjeta se basa en una tarjeta de desarrollo de un Arduino Uno que no utiliza el chip FTDI USB/serie como controlador. Para el proyecto se usa la versión que, en su lugar cuenta con un chip CH340 convertidor de USB a serie. Este permite velocidades de transferencia más rápidas. Y cuenta con el nuevo chip Atmega328 de AVR con 32 KB de memoria de programa en lugar de 16 KB de la anterior versión. La otra ventaja de esta versión es que en los puertos me permite el soldado

de nuevos conectores dentro de cada puerto permitiendo soldar la tarjeta en otra y mantener los puertos libres. Para la programación de los módulos y sensores se utilizó el entorno IDE de Arduino donde es un entorno de desarrollo libre. Tiene como base el entorno de Processing al igual que un lenguaje de programación fundamentado en Wiring. Además, tiene instalado como base el cargador de arranque (bootloader), el cual se ejecuta en el microcontrolador. Es importante aclarar que el microcontrolador de este hardware es programado por medio de un ordenador y para ello se hace uso de la comunicación serial que se establece por medio del convertidor RS-232 a TTL serial.

13.3.1 Módulos, sensores y dispositivos implementados.

La Tabla 20 resume las características de cada uno de los sensores implementados en la tarjeta de adquisición de datos. El módulo DS3231 tiene como fin el almacenamiento en segundos, minutos, hora, día, mes y año de los datos obtenidos por los sensores para ser almacenados en la memoria y mantener el conteo aun así la tarjeta sea desconectada. El modulo DHT11 realiza medición de temperatura y humedad en tiempo real del panel fotovoltaico donde se ubica en un costado y detrás del panel. El sensor FZ0430 mide el voltaje generado del panel conectado con todo el sistema, este módulo fue implementado ya que es de bajo costo y soporta voltajes hasta 24V suficiente al voltaje máximo que el panel podría generar en un día muy soleado. El sensor ACS712 mide la corriente producida por el panel fotovoltaico en tiempo real, donde a pesar de ser un sensor muy pequeño soporta corrientes de hasta 20A suficiente comparado a la corriente máxima del panel que es de 2.27 A. La placa I2C se implementó con el fin de realizar la conexión a la LCD y a los puertos del Arduino, utilizando solo cuatro, en vez de los 8 puertos que normalmente se tendría que utilizar para realizar la conexión de la LCD. El módulo HC05 tiene como fin la conexión inalámbrica de algún dispositivo móvil con el programa de encendido del reflector a la tarjeta. El módulo relé es utilizado en modo interruptor para activar y desactivar el reflector bajo la orden de la tarjeta y del módulo HC05. El módulo adaptador SD me permite guardar los datos de los diferentes sensores en una memoria microSD. La LCD 16x2 se utilizó para la visualización de los datos en tiempo real y estimar el estado de los datos.

Tabla 17 Características generales de los sensores y módulos.

SENSOR	Características
Modulo reloj de precisión RTC DS3231	Este módulo incorpora una batería para alimentar el dispositivo de forma independiente, es decir que se puede desconectar la fuente de alimentación principal y el dispositivo seguirá funcionando sin perder el conteo, además incorpora un oscilador interno el cual hace que la precisión no se vea afectada a largo plazo, por lo cual puede mantener segundos, minutos, hora, día, mes y año con una muy buena precisión.
Módulo Sensor de Temperatura y Humedad DHT11	El DHT11 es un sensor básico digital de medición de temperatura y humedad. Este sensor está basado en un termistor que sirve para medir el aire circundante (temperatura) e implementa un sensor interno capacitivo para la medición de humedad. Se requiere una cuidadosa sincronización para la toma de datos, es usado para aplicaciones en las que necesita medir los niveles de temperatura y humedad de ciertos ambientes.
Sensor de voltaje FZ0430	Este módulo sensor de tensión puede detectar voltaje de 5V. El valor de tensión de entrada es de carácter analógico de 5V, entonces el voltaje de entrada del módulo de tensión es de no más de 25V (si el voltaje de entrada es de 3.3V utiliza sistemas de voltaje de entrada no más de 16.5V). Utiliza tecnología AVR de microchip de 10 Bits AD, por lo que la resolución de este módulo es de aproximadamente 0.00489V (5V/1023), por lo que el mínimo valor de tensión a detectar es de 0.02445V.
Módulo Sensor de Corriente ACS712 de 20A	Este módulo de corriente provee una solución económica y precisa para la medición de corriente AC y DC. Este módulo es muy fácil de utilizar. Este dispositivo funciona en base al chip ACS712 el cual permite el censado de niveles de corriente de hasta 20A. Este módulo cuenta con un LED testigo, es decir, este se enciende para validar que la alimentación que le llega al módulo sea la que este necesita y así funcione correctamente. Su funcionamiento es a base del efecto Hall por lo que no existe ningún tipo de interferencia con el circuito que se está midiendo.
Placa I2C adaptadora LCD1602	Esta placa adaptadora permite la comunicación entre la Board Arduino y una LCD, mediante interfaz I2C, lo cual posibilita la facilidad de conexiones a la hora de llevar a cabo cualquier tipo de aplicación acorde. Este adaptador permite administrar de una manera óptima, la distribución de puertos (conjunto la librería del Arduino), por lo que se pueden llevar a cabo la presentación de datos a través de solamente dos cables.
Módulo Bluetooth Maestros/Esclavo HC-05	Este módulo es apto para conectar como esclavo a un adaptador Bluetooth al teléfono Bluetooth. Al ser maestro/esclavo también se puede utilizar como maestro de otro adaptador. Pueden ajustarse los parámetros del módulo mediante comandos de control emitidos a través de comandos AT. Dispone de dos conexiones de salida para indicar el estado: no conectado, conectado, así mismo se puede conectar a diodos LED o a un pin de entrada de un microcontrolador y analizar su estado.
Modulo Relé 1 cana	Este módulo relé de un canal dispone de un transistor para su activación, lo que quiere decir que no es optoacoplado posee dos indicadores LED los cuales iluminan dependiendo del estado lógico suministrado a la entrada, el módulo puede ser accionado por una Board Arduino. Permite controlar el encendido y apagado de cualquier aparato que se conecte a una fuente de alimentación eléctrica externa. El relé hace de interruptor y se activa y desactiva mediante una entrada de datos. Gracias a esto se puede controlar el encendido de cualquier aparato.
Módulo Slot o Adaptador de SD	Este módulo de tarjeta SD permite llevar a cabo aplicaciones de manera mucho más dinámica y de una forma sencilla. Se conecta fácilmente como un periférico a la Board Arduino. A través de códigos de programación se puede leer y escribir en la tarjeta SD usando el Arduino. Puede ser usado para sistemas de control ARM/MCU, reproducción de MP3. Esta pequeña Board permite el almacenamiento extra a sus aplicaciones, tiene todas las conexiones necesarias para su correcto funcionamiento.
LCD 16x2 Back light Azul	Display LCD de 16 caracteres x 2 líneas. Posee el controlador SPLC780D1 o equivalente (como HD44780), el más usado en este tipo de dispositivo. Back light azul. Esta LCD es usada en copadoras, máquinas de fax, impresoras láser, equipos de prueba industrial, equipos de red, tales como Reuters y dispositivos de almacenamiento. Puede mostrar dos líneas x16 caracteres de operación con 5V. Esta pantalla es compatible con Arduino o cualquier Microcontrolador, compatible al 100% con cualquier Librería LCD de los compiladores del mercado, ya que cuenta con el controlador SPLC780D1 (HD44780) para LCD alfanuméricas.

Fuente: Autor.

13.3.2 Conexiones de módulos y sensores a puertos de Arduino Uno.

Para la realización de las conexiones de los sensores y módulos a la tarjeta, fue necesario determinar la cantidad de puertos de entrada y salida que la tarjeta Arduino Uno contiene, y de igual manera estimar si la cantidad de módulos y sensores a utilizar sus entradas y salidas son suficientes y compatibles. La alimentación de los módulos y sensores se debió establecer si eran de 5V, voltaje del cual funciona normalmente la tarjeta de Arduino Uno, encontrando que el único sensor con alimentación de voltaje diferente es el módulo SD, donde funciona con una alimentación de 3.3V. Este voltaje de alimentación se toma de una de las salidas de alimentación del Arduino Uno donde su voltaje de salida es de 3.3V adecuada para el módulo SD.

La Tabla 21 muestra los puertos de cada uno de los sensores, módulos utilizados, y su correspondiente compatibilidad con los puertos de Arduino Uno evidenciando que algunos puertos como son la alimentación GND y VCC son los que más se repiten por tal motivo es necesario la realización de una tarjeta que incorpore todas las conexiones entre sensores módulos con su alimentación directa de Arduino Uno.

Tabla 18 Conexiones de módulos y sensores a puertos de Arduino Uno.

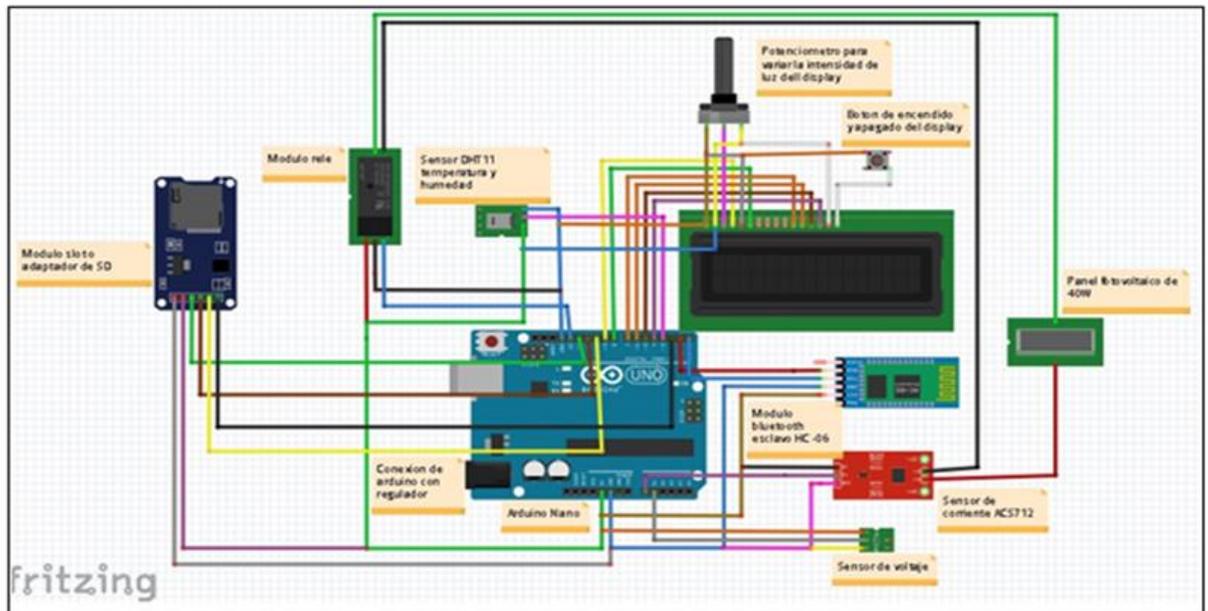
SENSOR	PUERTOS					
DS3231	SCL/SCL	SDA/SDA	VCC/VCC	GND/GND		
DHT11	GND/GND	OUT/2D	VCC/VCC			
FZ0430	S/A1	VCC/VCC	GND/GND			
ACS712	VCC/VCC	OUT/A0	GND/GND			
I2C	GND/GND	VCC/VCC	SDA/SDA	SCL/SCL		
HC-06	RXD/TXT	TXD/RXD	GND/GND	VCC/VCC		
RELAY	IN/3D	GND/GND	VCC/VCC			
SD CARD	GND/GND	MISO/12D	SCK/13D	MOSI/11D	SDC/10D	3,3/VCC

Fuente: Autor.

Antes de realizar una conexión de los diferentes módulos y sensores, se debió estimar la ubicación y dimensión máxima que la tarjeta contaba dentro la caja plástica encontrando una dimensión de 13x20 Cm. A partir de esta dimensión se procedió a realizar una simulación de los componentes básicos en el programa Fritzing. La Figura 67 muestra la simulación realizada de los componentes

principales, sin contar con las conexiones externas que la tarjeta se previó. Se evidencio el uso del módulo I2C para la LCD de 16x2 ya que redujo la cantidad de pines y permitió ser usados para el módulo DS3231. También se previó el uso de un regulador de voltaje para la alimentación del Arduino Uno ya que de él se alimenta todos los módulos y sensores correspondiente.

Figura 67 Conexiones de sensores y módulos a tarjeta Arduino Uno.

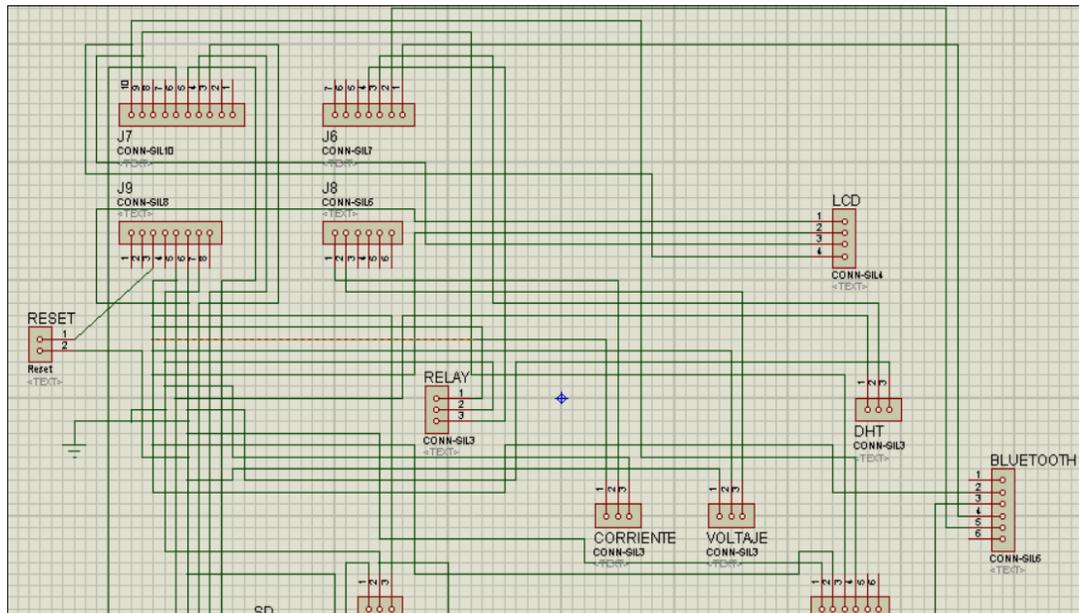


Fuente: Autor.

13.3.3 Diseño y construcción de tarjeta.

Tras establecer las conexiones, conectores, módulos y sensores a implementar, el siguiente paso fue realizar el circuito con las dimensiones establecidas. Para su diseño se realizó a través del software Proteus como lo ilustra la Figura 68. El software no cuenta con algunas de las características de los componentes utilizados, pero cuenta con un diseñador de nuevos componentes, del cual se utilizó bajo las dimensiones de cada uno de los componentes, y sus conexiones entre ellos.

Figura 68 Esquema de conexiones de sensores y módulos a tarjeta Arduino Uno en Proteus.

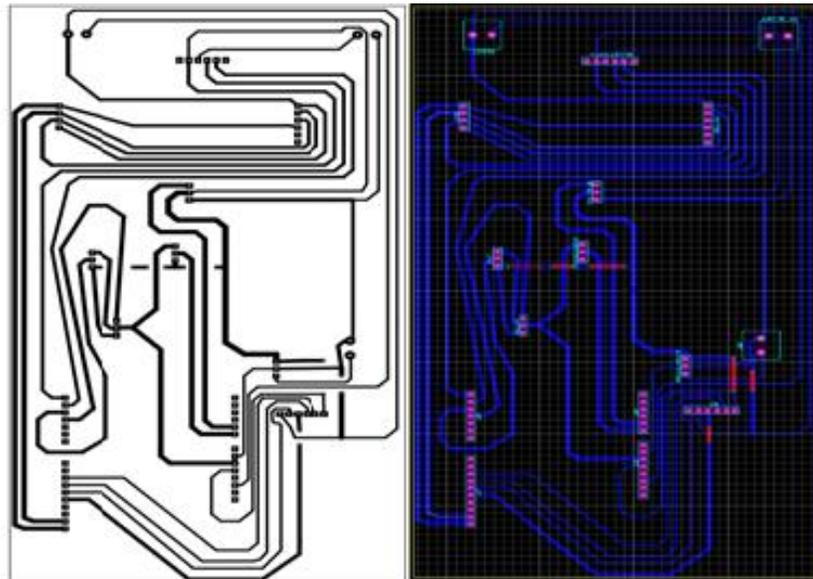


Fuente: Autor.

Para su diseño se realizó a través del software ISIS de Proteus. Una vez diseñado el esquema electrónico, en ISIS se genera automáticamente la lista de redes (NETLIST). Donde ARES es capaz de recibir esta lista de redes para diseñar, a partir de ella, la placa del circuito impreso. De esta forma se asegura que la placa tenga unidos entre sí los pines de forma idéntica a como está definido en el esquema electrónico.

En la Figura 69, se observa la PCB con todos los componentes completos del circuito y con los pines establecidos al momento de su construcción. Se toma en cuenta las normas mínimas que toda PCB debe tener. Se aplica la Norma IPC 2220, 2221B, 222A y 2224 que establece la IPC (Association Connecting Electronics Industries) para placas electrónicas o circuitos impresos. Las pistas se diseñaron de forma que soportaran una corriente máxima de 7A con un grosor de 0.4 milímetros en la parte de potencia y a 0.2 en el resto del circuito y que sus bordes no estimen un ángulo no mayor a 45 grados de inclinación. Los sensores de corriente ACS712, y el sensor de voltaje FZ0430 no cuentan con conexiones en acople directo, con conectores. La solución fue invertir los sensores para acoplarlos a la tarjeta y sujetarlos a través de tornillos, también sus salidas añadirlas a unas bananas para posteriormente poder ser conectadas a los componentes externos.

Figura 69 Esquema circuito realizado de tarjeta en software ISIS de Proteus.



Fuente: Autor.

La Figura 70 muestra la tarjeta impresa con el circuito establecido terminada con cada uno de los conectores soldados y con las ranuras necesarias para ser atornillada a la caja plástica donde se debe acoplar.

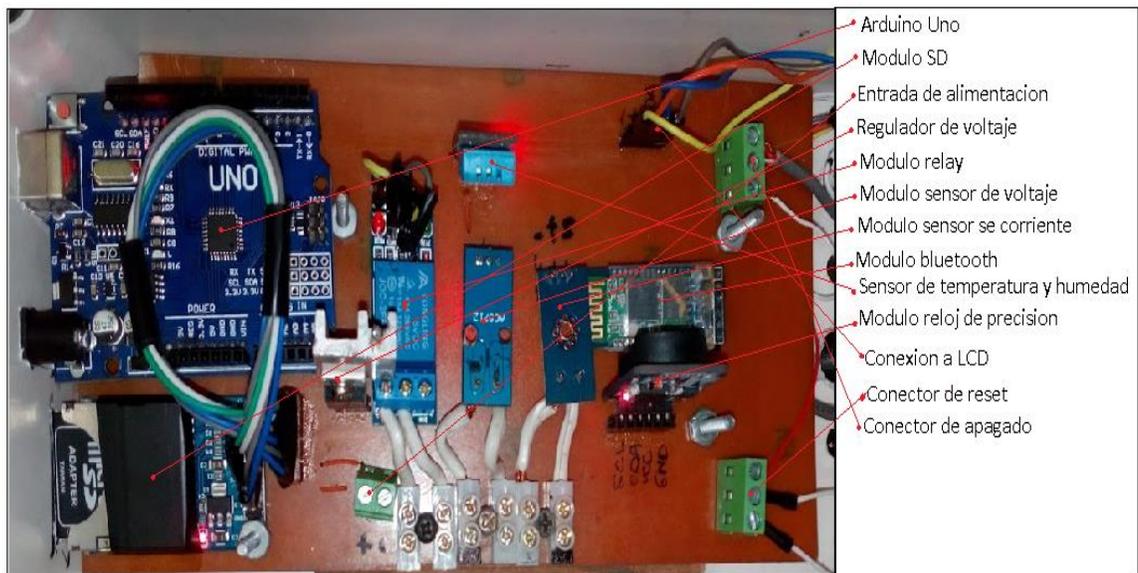
Figura 70 Tarjeta impresa y soldada con sus componentes.



Fuente: Autor.

La tarjeta acopla toda la serie de módulos, sensores y conectores. La Figura 71 ilustra la tarjeta terminada con todos los componentes instalados y funcionando. El acople de la tarjeta con la caja se realiza a través de tornillos separadores, donde está ubicado el circuito por la parte trasera de los componentes y de la LCD para ser adaptada en la caja en la parte delantera.

Figura 71 Montaje de componentes en tarjeta.



Fuente: Autor.

Los componentes externos de la tarjeta conectada a ella son los que se encuentran en el tablero principal y el que es visible al usuario para controlar el prototipo. La Figura 72, ilustra los conectores externos del tablero. El tablero cuenta con 5 interruptores, de los que sus funciones son, apagado y encendido de iluminación en LCD para ahorrar energía en horas donde no se necesite visualizar los datos, conector Reset de tarjeta Arduino cuando el sistema presente fallas, conector apagado y encendido de toda la tarjeta cuando no se esté utilizando y cuando se desee conectar directamente al puerto USB de un computador con fines de conexión al entorno IDE de Arduino, conector apagado y encendido de inversor para la carga de los diferentes dispositivos móviles, conector apagado encendido modulo bluetooth con el fin de apagar durante momentos de compilación del programa si se desea actualizar, porta fusible de protección para sobrecarga del inversor, y las tomas corrientes que están conectadas a la salida de voltaje AC del inversor para la alimentación de los dispositivos.

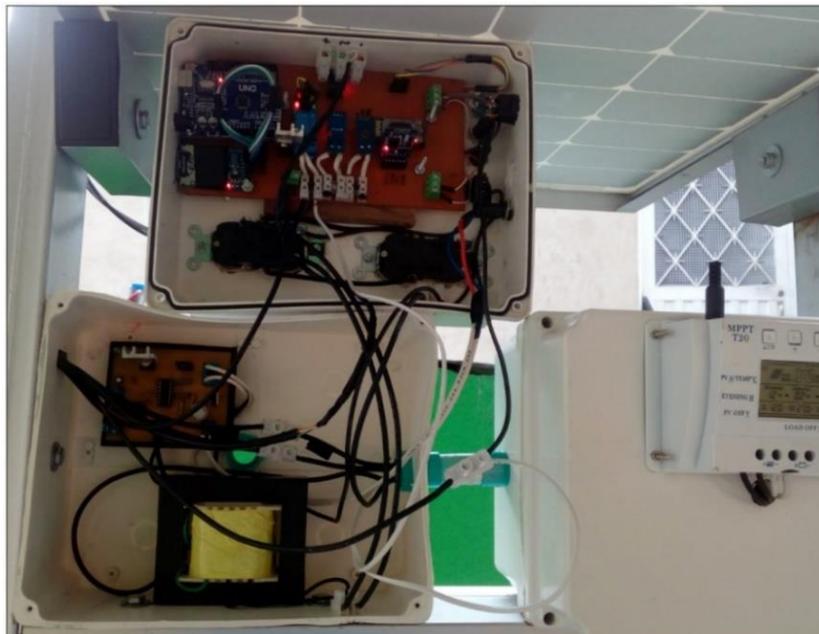
Figura 72 Montaje de tarjeta en la caja con conectores externos.



Fuente: Autor.

El prototipo está basado principalmente en cuatro subsistemas, donde cada uno se enlaza con el otro a través de la tarjeta principal. El inversor se instaló en la parte trasera de la caja como se observa en la Figura 73, con el fin de ubicar su transformador y la tarjeta cerca a la salida de ventilación. Del costado izquierdo se deriva los cables que alimentan el reflector, y que proceden de la tarjeta. De igual manera se derivan las conexiones del sensor de humedad y temperatura al panel, y de el mismo la alimentación de voltaje suministrada por el panel que es monitoreada por los sensores de voltaje y corriente. La caja plástica lateral es donde se encuentra la batería y el regulador enlazadas las dos cajas para su alimentación de la tarjeta a través de la batería y para la alimentación del inversor y del reflector de forma simultánea. Para las conexiones mencionadas fue necesario el uso de bananas conectoras donde permite realizar una conexión de forma más simple y segura.

Figura 73 Conexiones finales de todo el sistema.



Fuente: Autor.

Tras la realización de las conexiones el paso final, del prototipo es el atornillado de los tableros y revisar las conexiones y su respectivo funcionamiento. En la Figura 74 se observa el tablero ya puesto y funcionando de forma correcta.

Figura 74 Tablero principal del prototipo.



Fuente: Autor.

En los costados laterales del tablero principal se encuentran los conectores externos adicionales que el usuario necesita. En la Figura 75 se observa que en uno de los costados está el interruptor de encendido y apagado del módulo bluetooth y la porta fusible de protección para el inversor en caso de cortocircuito y ser remplazado sin necesidad de destapar toda la caja principal del tablero. En el otro costado del tablero principal se encuentran los conectores de la tarjeta de Arduino Uno como es el puerto USB estándar B que tiene como fin ubicarlo en la parte externa para realizar cambios de programación si se requieren y el Plug de alimentación externo cuando se aislé de la alimentación generada por la batería. También se encuentra la ranura de expansión del módulo SD, donde los datos obtenidos se almacenan en una memoria SD y donde al momento de extraer los datos simplemente se procede a retirar la memoria SD.

Figura 75 Conectores externos adicionales del tablero.



Fuente: Autor.

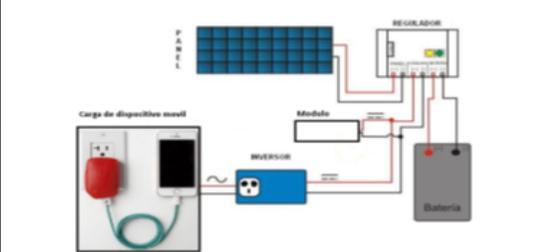
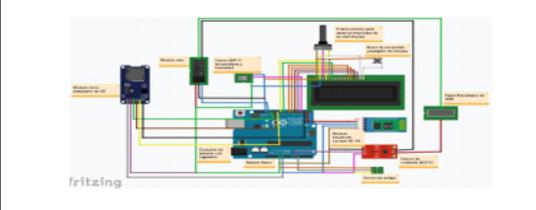
13.4 Anexo 4 Presentación de articulo.

13.4.1 Artículo del proyecto sustentado en V congreso de ingeniería 2017.

PROTOTIPO DE UN CARGADOR SOLAR FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA DISPOSITIVOS MÓVILES EN "FINCA LA ESPERANZA" DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

Oscar Peña Cifuentes, Yimy García Vera, Faidier Barrero Sánchez



Introducción	Proceso de diseño		
<p>Las energías renovables cada vez cobran mayor importancia debido principalmente al problema del cambio climático y calentamiento global que enfrenta la humanidad en el presente y que se convertirá en un problema de futuro, son fuentes que usan recursos inagotables como el sol o el viento y que por consiguiente tienen bajas emisiones de gases efecto invernadero y que además debido a la disminución de costos, han hecho que comiencen a ser competitivos respecto a las energías convencionales provenientes de gas, carbón o petróleo.</p> <p>Una de las energías renovables que mayor desarrollo ha tenido en los últimos años es la energía solar fotovoltaica. Colombia cuenta con promedios de radiación solar por encima de muchos países del mundo, este hecho permite que los proyectos de este tipo de energía tengan viabilidad prácticamente en toda la territorio del país. La energía solar fotovoltaica es comúnmente usada como fuente de suministro de energía en zonas de difícil acceso o donde habitualmente no existen fuentes convencionales, se usan en muchos casos como sistemas autónomos ya que cuentan con baterías encargadas de almacenar energía y soportar la carga durante horas de baja radiación o durante la noche.</p> <p>En este trabajo se presenta un prototipo de cargador solar fotovoltaico que tiene tres funcionalidades: la primera como punto de carga para cuatro dispositivos móviles a estudiantes y personal de la finca "La esperanza" ubicada en la vereda Tierra Negra de Fusagasugá, la segunda como punto de iluminación usado como sitio de encuentro ante cortes de energía en horas de la noche, y por último analizar la eficiencia teniendo en cuenta parámetros como voltaje, corriente, temperatura e irradiación y con ello determinar la eficiencia del mismo.</p> <p>Para lograr estos objetivos se diseñó e implementó un inversor, un módulo de adquisición de datos (temperatura, voltaje y corriente del panel, encendido del reflector por bluetooth), el prototipo consta de una estructura de soporte que permite variar el ángulo de inclinación del panel, y en el se ubican elementos tales como: batería, regulador, toma para conectar cargadores y un reflector tipo led como punto de iluminación.</p>	 <p style="text-align: center;">Inversor Estructura Tablero</p>		
Esquema general de sistema fotovoltaico			
			
Objetivos			
<p>Objetivo general: Proporcionar alternativas de generación de energía renovable (solar fotovoltaica) a 1 pequeño o mediano Productor Agropecuario de la Provincia de Sumapaz y a la Granja Académica "La Esperanza" de la Universidad de Cundinamarca - UdeC.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño e implementación de un inversor de onda modificada para suministro de energía a teléfonos móviles • Diseño y construcción de una plataforma que permite variar el ángulo de inclinación del panel y que sirve de estructura de soporte al prototipo. • Implementación y calibración de un sistema de adquisición de datos de voltaje, corriente, y temperatura que permite determinar la eficiencia del prototipo. 			
Cuadro de actividades			
<p>Estado del arte eficiencia de las energías convencionales - eficiencia de un panel fotovoltaico</p>	<p>Sensibilización a colegio Calandaina y finca de la universidad de Cundinamarca "La Esperanza" (visita).</p>	<p>Diseño de sistema fotovoltaico de acuerdo a diagnóstico energético realizado en finca de la universidad de Cundinamarca "La Esperanza"</p>	<p>Diseño de inversor DC a AC 110v</p>
<p>Construcción de inversor DC a AC 110v</p>	<p>Digitalización de las señales adquiridas por medio de los sensores</p>	<p>Verificar y calibrar el funcionamiento de parámetros y requerimientos técnicos de los sensores</p>	<p>Diseño de aplicación en Android para encendido de iluminación a través de Android, App Inventor, y Arduino.</p>
<p>Pruebas de aplicación y adquisición de datos de los sensores en tiempo real. (visita)</p>	<p>Realización manual técnico del prototipo a comunidad de la finca "La Esperanza" de la universidad de Cundinamarca.</p>	<p>Almacenamiento de datos en Shield, SD Card de Arduino</p>	<p>Instalación de prototipo en finca "La esperanza" de la universidad de Cundinamarca. (visita)</p>
<p>Búsqueda de fallas errores o solución de posibles inconvenientes (visita).</p>	<p>Capacitación técnica a personal, estudiantes de finca la Esperanza, del prototipo instalado (visita)</p>	<p>Pruebas optimas del panel fotovoltaico (visita).</p>	<p>Análisis de la eficiencia del panel (visita)</p>
<p>Realización y postulación de un artículo</p>	<p>Socialización de resultados</p>	<p>Entrega de informe y resultados final.</p>	
Esquema general del modulo			
			
Conclusiones			
<p>En este trabajo se presenta una fase preliminar del proyecto "prototipo de un cargador solar fotovoltaico autónomo para dispositivos móviles en "finca la Esperanza" de la universidad de Cundinamarca. Se realizó una sensibilización sobre el cambio climático, calentamiento global, conocimiento y uso de energías renovables, enfatizando en la energía solar fotovoltaica debido a que es un recurso abundante en todo el territorio nacional, que puede ser usado mediante sistemas autónomos con independencia de la red eléctrica, y versátiles para el suministro de energía en cargas de bajo consumo.</p> <p>Se presenta el prototipo de un sistema de suministro de energía solar fotovoltaico autónomo (ya que cuenta con batería de almacenamiento) para carga de dispositivos móviles de baja potencia e iluminación con lámpara de bajo consumo, que incorpora un sistema inalámbrico de encendido y apagado haciéndolo eficiente y de bajo costo.</p> <p>El prototipo tiene como segunda función captura de datos del panel como son (voltaje, corriente, humedad, temperatura) con el fin de estudiar el ángulo óptimo de inclinación ideal que me garantice la máxima eficiencia del sistema.</p>			
REFERENCIAS			
<p>[1] <<UPME>>Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia.>>2015.[En línea]. Available:http://www1.upme.gov.co</p> <p>[2] <<B.Akin>>Solar Power Charger with Universal USB Output>>. 2012. IEEE</p> <p>[3] <<Sensores para Arduino>>2015.[En línea]. Available:http://www.naylampmechatronics.com</p> <p>[4] <<Datos>>2015.[En línea]. Available:http://www.worldenergy.org/data/resources/region/europe/solar/</p> <p>[5] <<A Castejón>>Instalaciones solares fotovoltaicas >>.2013.España</p>			

Fuente: Autor

13.4.2 Artículo presentado por semilleros de investigación en IV congreso de ingeniería 2016.



SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES DIRIGIDO A SECTOR RURAL DE LA PROVINCIA DEL SUMAPAZ

Semillero (SIAMEL) Grupos de investigación GIGATT-SISPROS.



<p style="text-align: center;">Introducción</p> <p>La incorporación gradual de las energías renovables en el sector rural contribuye a la mitigación del cambio climático, al usar un tipo de energía renovable, respetable con el medio ambiente y baja en emisiones de gases de efecto invernadero, como lo es la energía solar fotovoltaica. En los últimos años ha aumentado el uso de ellas, debido a factores como la volatilidad en los precios de los combustibles, y a su vez la disminución exponencial de los precios de materiales tales como celdas solares.</p> <p>El uso de combustibles fósiles (gas, carbón y petróleo) como fuente primaria de energía siguen siendo los principales responsables del cambio climático y calentamiento global, pese a sus efectos negativos por la emisión de gases efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO₂) [1].</p> <p>La energía solar fotovoltaica es una alternativa para la carga de dispositivos móviles de uso masivo tales como PCs, Smartphones, Tablets, etc además para alimentar circuitos de iluminación de baja potencia (principalmente LEDs y lámparas ahorradoras).</p> <p>Para resolver el problema de carga de la baterías de una manera fácil y barata, se propone el uso de fuentes de energía renovable como la solar, para proporcionar la energía suficiente a dispositivos portátiles, a través del puerto USB disponible en cualquier tipo de estos dispositivos para la recarga de su batería [2].</p> <p>El fin del proyecto busca beneficiar a una comunidad estudiantil en la vereda Calandata ubicada en el municipio de Tibacuy, Cundinamarca.</p>	<p style="text-align: center;">Proceso de diseño</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>País</th> <th>kWh/m²/año</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Brasil</td><td>4.84</td></tr> <tr><td>Francia</td><td>4.83</td></tr> <tr><td>Italia</td><td>4.73</td></tr> <tr><td>Japón</td><td>4.63</td></tr> <tr><td>USA</td><td>4.71</td></tr> <tr><td>Austria</td><td>4.63</td></tr> <tr><td>India</td><td>5.39</td></tr> <tr><td>Reino Unido</td><td>5.13</td></tr> <tr><td>Canadá</td><td>5.10</td></tr> <tr><td>Colombia</td><td>4.88</td></tr> <tr><td>Chile</td><td>4.60</td></tr> <tr><td>Argentina</td><td>4.63</td></tr> </tbody> </table> <p>Fig.8 Datos de radiación. (Fuente NASA)</p> <p>Fig.9 Ubicación geográfica de panel.</p> <p>Fig.10 Diseño de regulador.</p>	País	kWh/m ² /año	Brasil	4.84	Francia	4.83	Italia	4.73	Japón	4.63	USA	4.71	Austria	4.63	India	5.39	Reino Unido	5.13	Canadá	5.10	Colombia	4.88	Chile	4.60	Argentina	4.63
País	kWh/m ² /año																										
Brasil	4.84																										
Francia	4.83																										
Italia	4.73																										
Japón	4.63																										
USA	4.71																										
Austria	4.63																										
India	5.39																										
Reino Unido	5.13																										
Canadá	5.10																										
Colombia	4.88																										
Chile	4.60																										
Argentina	4.63																										
<p style="text-align: center;">Objetivo general</p> <p>Contribuir a la mitigación del cambio climático por medio del uso de energías renovables en el sector rural.</p>	<p style="text-align: center;">Actividades a desarrollar</p> <p>Fig.11 Actividades a implementar en la escuela.</p>																										
<p style="text-align: center;">Uso de energía solar y calentamiento en el mundo</p> <p>Fig. 1. Porcentaje de uso de energía solar en el mundo desde 1885 hasta 2015 (Fuente W.E.C.)</p> <p>Fig. 2. Evolución de cambio de temperatura global desde 1885 hasta 2015 (Fuente NOAA).</p>	<p style="text-align: center;">Esquema general de sistema</p> <p>Fig.12 Elementos básicos del sistema a implementar en escuela.</p>																										
<p style="text-align: center;">Fase de diagnóstico y sensibilización</p> <p>Fig. 3. Estudiantes de escuela Calandata</p> <p>Fig.6 Grupo SIAMEL.</p> <p>Fig.4 Preparación de auditorio.</p> <p>Fig.5 Presentación a estudiantes.</p> <p>Fig.7 Escuela Calandata.</p>	<p style="text-align: center;">Conclusiones</p> <p>En este trabajo se presenta una fase preliminar del proyecto "Sistema de energía renovable a partir de la implementación de paneles solares dirigido a sector rural de la provincia del Sumapaz", localizado en vereda Calandata, ubicada en el municipio de Tibacuy - Cundinamarca. Se realizó una sensibilización sobre el cambio climático, calentamiento global, conocimiento y uso de energías renovables, enfatizando en la energía solar fotovoltaica debido a que es un recurso abundante en todo el territorio nacional, que puede ser usado mediante sistemas autónomos con independencia de la red eléctrica, y versátiles para el suministro de energía en cargas de bajo consumo.</p> <p>Se presenta el diseño preliminar de un sistema de suministro de energía solar fotovoltaico autónomo (ya que cuenta con batería de almacenamiento) para carga de dispositivos móviles de baja potencia e iluminación con lámpara de bajo consumo, que incorpora un sistema inalámbrico de encendido y apagado haciéndolo eficiente y de bajo costo.</p> <p>El uso de energías renovables en la escuela Calandata pretende generar conciencia ciudadana a los futuros ciudadanos del Sumapaz, donde con el tiempo ellos puedan tener conocimientos básicos de los tipos de energías alternativas que existen y las puedan utilizar en sus comunidades, en zonas rurales donde posiblemente no se tenga acceso a la red eléctrica convencional.</p>																										
<p>REFERENCIAS</p> <p>[1] << Ecociencias >> 2015. [En línea]. Available: www.ecociencias.com/co2/.</p> <p>[2] B. Aktin << Solar Power Charger with Universal USB Output >>. 2012. IEEE</p> <p>[3] C. Naranjo, J. D. Alzate, J. Salazar << Future scenarios of Smart Grids in Colombia and their impact on Climate Change >> 2011. IEEE</p> <p>[4] << Datos >> 2015. [En línea]. Available: http://www.worldenergy.org/data/resources/region/europe/solar/</p> <p>[5] Y. García, V. Moreno, O. Díaz, O. Peña << Cambio climático y energías renovables: hacia un modelo de desarrollo sustentable perspectivas y retos >> 2016</p>																											

Participación jornada proyectos de tecnología en parque central de Fusagasugá.



Fuente: Autor.

13.4.4 Sustentación de proyecto en VI Encuentro de semilleros de investigación 2017.



UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA
Generación Siglo 21



PROYECTO DEL DESARROLLO DE LA
INVESTIGACIÓN FORMATIVA A TRAVÉS DE
LOS SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN
VI ENCUENTRO DE SEMILLEROS DE
INVESTIGACIÓN

PROTOTIPO DE UN CARGADOR SOLAR FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA DISPOSITIVOS MÓVILES EN “FINCA LA ESPERANZA” DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

Oscar Andrés Peña C

Trabajo de grado en modalidad auxiliar de investigación
Semillero (SIAMEL).

Línea de investigación: Transformación de energías: Energías alternativas

VI Encuentro de semilleros de investigación 2017



Acreditación
de alta calidad

Generación S21
www.unicundi.edu.co



UDEEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

13.4.5 Certificación Curso diseño y montaje de sistemas fotovoltaicos básicos. SENA 2015.



Fuente: <http://oferta.senasofiaplus.edu.co>

13.4.6 Presentación de artículo en 18 convención científica de ingeniería y arquitectura
Habana Cuba 2016



18 del 21 al 25 de noviembre de 2016
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA

52 ANIVERSARIO
cujae

**CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍAS RENOVABLES: HACIA UN MODELO DE
DESARROLLO SUSTENTABLE PERSPECTIVAS Y RETOS**

Yimy García Vera¹, Vilma Moreno Melo², Oscar Díaz Castillo³, Oscar Peña⁴

¹ Profesor Ingeniería Electrónica Universidad de Cundinamarca
yegarcia@mail.unicundi.edu.co

² Profesora Zootecnia Universidad de Cundinamarca,
vilma@mail.unicundi.edu.co

³ Estudiante de doctorado Universidad Nacional de Colombia,
odanieldiaz@mail.unicundi.edu.co

⁴ Estudiante de Ingeniería Electrónica Semillero Siamel Grupo GIGATT
oscarpena@mail.unicundi.edu.co

RESUMEN

La demanda de energía y de servicios se encuentran ligados al desarrollo humano con el propósito de suministrar bienestar y lograr un desarrollo sostenible, la sociedad moderna depende de estos servicios energéticos para cubrir sus necesidades (alumbrado, cocina, comunicaciones, movilidad etc.) a su vez el éxito de los procesos productivos depende en gran medida del suministro ininterrumpido de energía, con miras al desarrollo social y económico y a la mejora del bienestar y la salud de las personas que va en aumento conforme crece la población mundial y los países en vía de desarrollo aumentan sus procesos industriales y en proporción igual el uso de combustibles fósiles como carbón, gas y petróleo para generar energía aumentando de esta manera las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) que son las principales fuentes causantes del cambio climático. Surge entonces un interrogante clave y es ¿cómo garantizar el abastecimiento mundial de energía sin incrementar las emisiones de gases efecto invernadero y por ende del cambio climático mundial? Las energías renovables emergen entonces como una posible contribución a la mitigación de este fenómeno. En este trabajo se presenta una análisis comparativo de la incorporación de las energías renovables en el mix energético de muchos países a nivel mundial, sus tendencias y como estas alternativas pueden desempeñar un papel importante en la mitigación al cambio climático teniendo en cuenta que muchos de los países son dependientes energéticamente de otros, y que la disponibilidad del recurso sea hídrico, carbón, gas o nuclear es determinante en la política energética de cada país, siendo el cambio climático un problema de actualidad ya que existe un alto consenso respecto a su causas y efectos tal como reposa en los informes sobre el grupo intergubernamental sobre cambio climático de la ONU (IPCC), es interesante analizar qué papel tendrán las energías renovables como alternativa a la mitigación de este efecto.

13.5 ANEXO 5. MANUAL TECNICO

13.5.1 Introducción

El prototipo está diseñado para controlarse totalmente de forma externa, sin la necesidad de desarmar algún componente para su uso. El prototipo se divide en tres funciones generales. La primera función del prototipo es alimentar dispositivos móviles sin la necesidad de conexión a la red eléctrica convencional. La segunda función es ser un punto de iluminación controlado de forma inalámbrica. Y la tercera función controlar y medir el estado de eficiencia del panel.

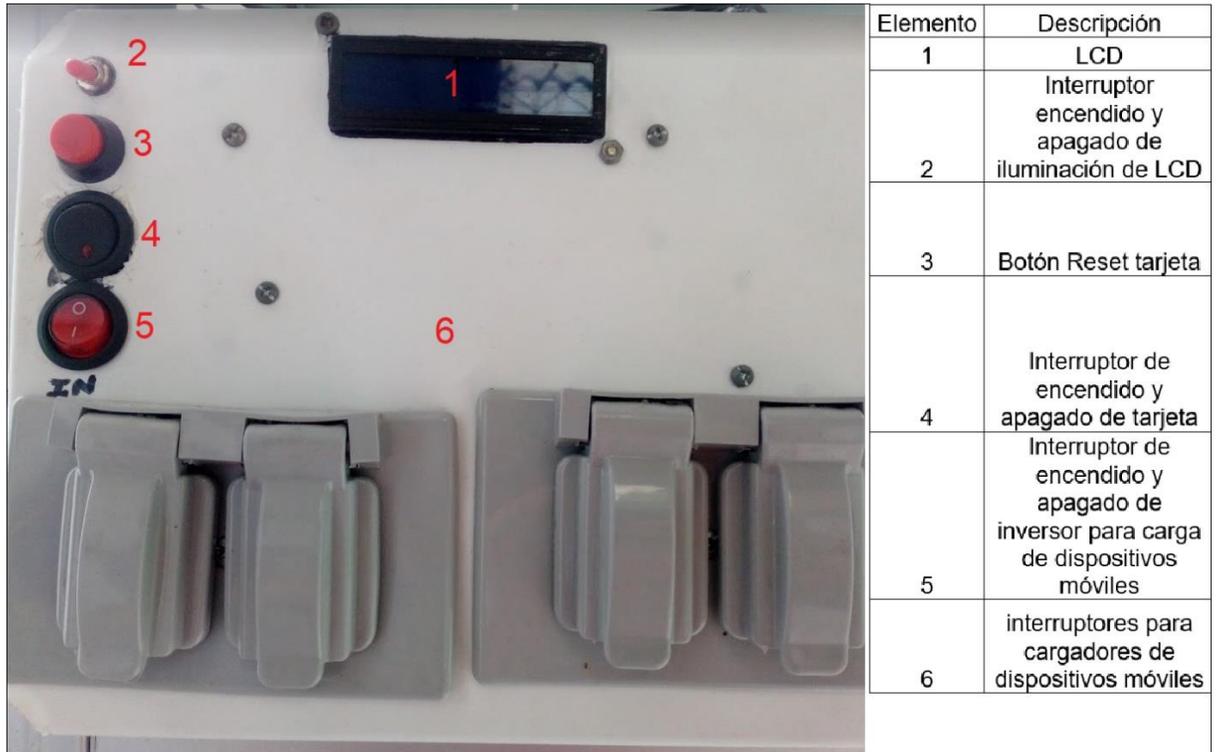
13.5.2 Descripción de teclas y componentes externos

Figura 76 Descripción general externa del prototipo.

Elemento	Descripción
1	Panel fotovoltaico de 40W
2	Reflector led
3	Sensor de humedad temperatura y cable del panel
4	Caja de almacenamiento de batería
5	Regulador Mppt de 20A
6	Caja con tablero principal
7	Estructura metálica del prototipo
8	salidas de ventilación traseras

Fuente: Autor.

Figura 77 Componentes del teclado principal.



Fuente: Autor

Figura 78 Componentes laterales del teclado principal.

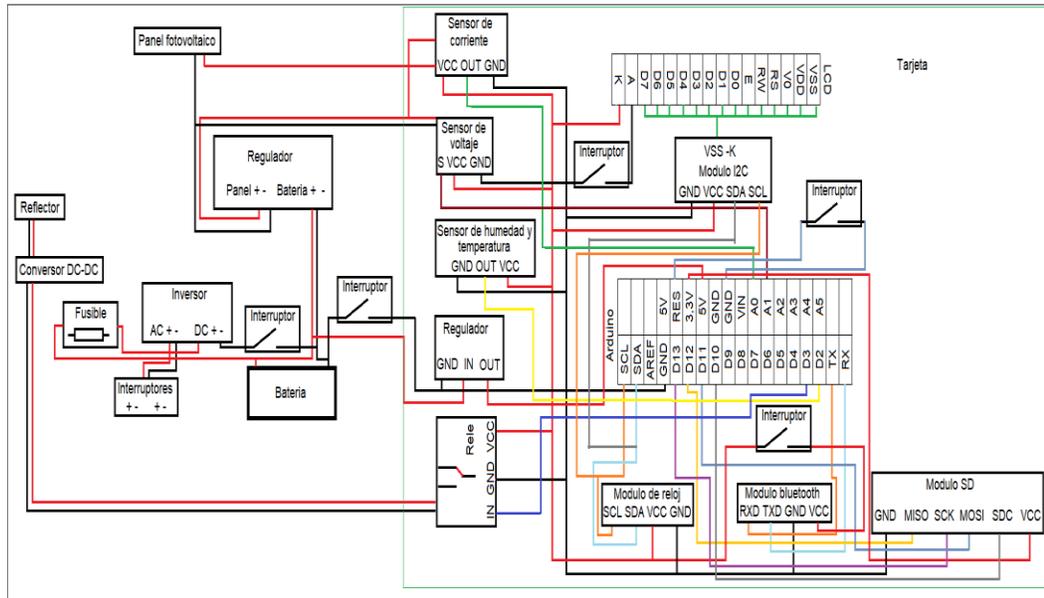


Fuente: Autor.

13.5.3 Modo de uso

13.5.3.1 Circuito eléctrico del prototipo

Figura 79 Circuito eléctrico del prototipo.



Fuente: Autor.

13.5.3.2 Encendido e inicio de tarjeta.

Al activar el interruptor 4 de la Figura 78 enciende toda la tarjeta completa activando cada uno de los sensores y módulos. La LCD comienza a reconocer si la memoria se encuentra insertada en la ranura de expansión SD, en caso de no encontrarse la memoria el sistema generara un texto diciendo (Error en tarjeta- Reinicie), la manera correcta en este caso es insertar la memoria y activar el botón (Reset), para reiniciar el sistema y que este mismo la detecte. Al reconocer la memoria el programa envía una visualización en un texto de confirmación a la LCD diciendo (Bienvenidos UDEC), tras dos segundos, el sistema comienza a mostrar cada uno de los datos en la LCD como son la hora, la humedad la temperatura, la corriente, y el voltaje del panel en tiempo real. De igual manera muestra un texto con las iniciales (CO) parpadeante indicando que el sistema está guardando la información en la memoria SD.

Tras la activación del sistema de la tarjeta el módulo relé pasa al estado normalmente cerrado activando el reflector. Para su desactivación ir al paso (Encendido y apagado de reflector)

13.5.3.3 Encendido y apagado de inversor.

Para el encendido y apagado del inversor solo hay que activar el interruptor 5 como lo ilustra la Figura 78, este permite la alimentación del inversor a través de la batería, y la salida en AC para los dispositivos móviles. Solo es necesario correr hacia la parte de arriba el protector del tomacorriente que se desea usar, y conectar el cargador original de su dispositivo móvil en el punto 6 de la Figura 77.

Se recomienda tras el uso del cargador apagar el inversor y bajar el protector del tomacorriente que uso con el fin de ahorro de energía y proteger la instalación en caso de entradas de agua como se muestra en la Figura 80.

Figura 80 Uso de tomacorrientes en cargadores.



Fuente: Autor

13.5.3.4 Encendido y apagado de reflector.

Para el encendido y apagado del reflector de forma inalámbrica es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Descargar e instalar la aplicación en su dispositivo móvil a utilizar. La aplicación la puede encontrar dentro de la memoria SD, y será necesario copiar el software a través del uso de un PC y de un cable de datos a su dispositivo.
2. Activar el módulo bluetooth de su dispositivo móvil.
3. Activar el módulo bluetooth del prototipo del punto 1 que se muestra en la Figura 78.

4. En las opciones de bluetooth de su dispositivo enlazar el módulo con el nombre de (Vistrónica) e ingresar el código 1234 que solicita.
5. Abrir la aplicación.
6. Dar Clic en el botón que dice (inicio de reflector).
7. Asignar el módulo bluetooth que esta enlazado para nuestro caso debe detectar el que dice (Vistronica) y aceptarlo.
8. Tras aceptarlo la aplicación me devuelve a la pantalla principal y en el prototipo se debe escuchar la activación o desactivación del relé, de acuerdo si se reinició el sistema el reflector permanecerá encendido. Si el sistema está ya activado el reflector se encenderá. Tras estar activado usted puede elegir si apagarlo o encenderlo a través de los botones de la aplicación.
9. Si usted cierra la aplicación el reflector permanecerá en la última opción en que lo ha establecido. Si desea cambiarlo de estado, es necesario repetir los pasos mencionados anteriormente desde el punto dos.

13.5.3.5 Reset de tarjeta en caso de inconvenientes.

El uso del botón Reset es solo para casos en que el sistema no detecte la memoria SD o cuando se presentó apagado total de la tarjeta y no muestre datos en la LCD. El botón 3 de Figura 78, muestra el botón de Reset donde en caso de su uso es necesario oprimir fuerte soltar y volver a oprimir al mismo tiempo para que la tarjeta reinicie al Arduino Uno. De oprimir solo una vez el pulsador permanece en modo cerrado y el Arduino lo reconoce como un pulso de voltaje continuo y mantiene el programa desactivado.

13.5.3.6 Modo de programación del prototipo.

Si es programador y desea realizar cambios en el código general de la interfaz compilada,

Es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Descargar el programa del prototipo guardado en la memoria SD.
2. Apagar el modo bluetooth
3. Apagar la tarjeta.
4. Insertar nuevamente la memoria SD.
5. Tener instalado Arduino Uno en su PC
6. Instalar el controlador CH340 para Arduino Uno
7. Tener instalado las librerías correspondientes en el entorno IDE de Arduino.
8. Conectar el PC con el prototipo en el conector USB 3 como se ilustra en la

Figura 78 a través de un cable USB estándar B.

9. Está listo para programar.

13.5.3.7 Recomendaciones.

1. No conectar dispositivos diferentes a cargadores, en el tomacorriente. La conexión de dispositivos diferentes podría ocasionar sobrecargar en el inversor, y ocasionar su daño, en caso de sobrecarga, el solo remplazo del fusible permite continuación del dispositivo.
2. El reflector para su encendido y apagado con el móvil, tiene un alcance máximo de 20 metros a la redonda del módulo bluetooth.
3. El prototipo funciona idealmente cuando se está realizando un solo uso, ya sea como carga, o como iluminación o toma de datos. El uso de los tres modos reduce el tiempo de uso de la carga de la batería y más cuando el día de carga no presento día soleado.
4. El prototipo requiere de una limpieza frecuente, en especial al panel para garantizar una generación de energía máxima.
5. Se aconseja cambiar la batería promedio cada 5 años, ya que esta va perdiendo su eficiencia y por lo tanto el prototipo.
6. No se aconseja agregar circuitos o cargas adicionales a las del propio sistema, el uso de cargas adicionales perjudica la eficiencia del sistema y su funcionamiento.
7. En días de lluvia es aconsejable realizar una inspección del prototipo, todo con el fin de encontrar posibles filtraciones internas.
8. La memoria SD tiene una cierta capacidad de memoria, es aconsejable la extracción de los datos cada 5 días o menos con el fin de garantizar su uso.
9. Se aconseja desactivar el módulo bluetooth cuando solo se está utilizando el inversor.
10. El panel debe permanecer con un ángulo de inclinación estimada de 15 grados, con el fin obtener la máxima carga por día.
11. La pantalla LCD tiene un interruptor de apagado en su iluminación, con el fin de obtener un ahorro cuando no se está visualizando los datos.
12. Se recomienda copiar la información adicional (programa, manual, librerías, software) almacenada en la memoria SD en otra unidad en caso de avería de esta.

13.6 Anexo 6 Código general del prototipo.

```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
_02_06_2018 $
1
2
3 //
4 // UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
5 // FACULTAD DE INGENIERIA
6 // INGENIERIA DE ELECTRONICA
7 // FUSAGASUGA-2018
8 //PROYECTO:Prototipo de un dispositivo movil para la finca la Esperanza de la Universidad de Cundinamarca.
9 //Autor: Oscar Andres Peña Cifuentes.
10 //
11 // LIBRERIAS
12 #include <SD.h>
13 #include <Wire.h>
14 #include <RTClib.h>
15 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
16 #include "DHT.h"
17 DHT dht;
18 LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
19 RTC_DS1307 RTC;
20 File myFile;
21
22 int led2=3;
23 int estado=0;
24 // VARIABLES PARA SENSOR DE VOLTAJE
25 int value,val=0;
26 int analogInput = A1;
27 float vout = 0.0;
28 float vin = 0.0;
29 float R1 = 30000.0;
30 float R2 = 7500.0;
31 /// VARIABLES PARA SENSOR DE CORRIENTE
32 float Sensibilidad=0.100; //sensibilidad en Voltios/Amperio para sensor de 10A
33
34 void setup() {
35   Serial.begin (9600);
36
37   pinMode(analogInput, INPUT);//Establecemos entrada para sensor de voltaje
38   dht.setup(2); // data pin 2
39   pinMode(led2,OUTPUT);
40   Wire.begin(); // Inicia el puerto I2C
41   RTC.begin(); // Inicia la comunicaci3n con el RTC
42   RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); // Establece la fecha y hora (Comentar una vez establecida la hora)
43   //el anterior se usa solo en la configuracion inicial
44   lcd.init();
45   lcd.backlight();
46   lcd.clear();
47
48   Serial.println("Iniciando SD ...");
49   if (!SD.begin(10)) {
50     Serial.println("No se pudo inicializar");
51     return;
52   }
53   Serial.println("inicio correcto");
54   lcd.setCursor(0,0);
55   lcd.print("UDEC INICIANDO");
56   if(!SD.exists("datalog.txt"))
57   {
58     myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
59     if (myFile) {
60       Serial.println("Archivo nuevo, Escribiendo encabezado(filas 1)");
61       myFile.close();
62     } else {
```

```

63     Serial.println("Error creando el archivo datalog.txt");
64     }
65     }
66 }
67 void loop(){
68     myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);//abrimos el archivo
69     if (myFile) {
70         Serial.print("SD:");
71         Serial.print(" ");
72     }
73     lcd.setCursor(14,1);
74     lcd.print("CO");
75     if(Serial.available()>0){
76         estado = Serial.read();
77     }
78     if (estado == '1'){
79         digitalWrite(led2,HIGH);
80     }
81     if(estado=='2'){
82         digitalWrite(led2,LOW);
83         delay (10);
84     }
85     DateTime now = RTC.now();
86     delay(dht.getMinimumSamplingPeriod());
87     float humedad = dht.getHumidity();
88     float temperature = dht.getTemperature();
89     float voltajeSensor= analogRead(A0)*(5.0 / 1023.0); //lectura del sensor
90     float I=(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; //EcuaciÃ³n para obtener la corriente
91
92     /// SENSOR DE VOLTAJE ///
93     float sampleBVal = 0;
94     for (int x = 0; x < 500; x++){
95         val = analogRead(analogInput);
96         sampleBVal = sampleBVal + val;
97     }
98     float value = sampleBVal/500;
99     float vout = ((value * 5.0)) / 1024.0; // see text
100    float vin = vout / (R2/(R1+R2));
101
102    //
103
104    delay(500);
105    myFile.print("V,H,T,D,Ho");
106    myFile.print(" . ");
107    myFile.print(vin-(0.65),2);
108    myFile.print(" . ");
109    myFile.print(humedad);
110    myFile.print(" . ");
111    myFile.print(temperature);
112    myFile.print(" . ");
113    myFile.print(I-(0.068));
114    myFile.print(" . ");
115    myFile.print(now.year(), DEC); // AÃ±o
116    myFile.print("/");
117    myFile.print(now.month(), DEC); // Mes
118    myFile.print("/");
119    myFile.print(now.day(), DEC); // Dia
120    myFile.print(" . ");
121    myFile.print(now.hour(), DEC); // Horas
122    myFile.print(":");
123    myFile.print(now.minute(), DEC); // Minutos
124    myFile.print(":");
125    myFile.println(now.second(), DEC); // Segundos
126    myFile.close(); //cerramos el archivo
127

```

```

128 Serial.print("volts: ");
129 Serial.print(vin-(0.65),2);
130 Serial.print(" , ");
131 Serial.print("Humd %: ");
132 Serial.print(humedad);
133 Serial.print(" , Temp C: ");
134 Serial.print(temperature);
135 Serial.print(" , ");
136 Serial.print("Current: ");
137 Serial.print(I-(0.068),3);
138 Serial.print(" , ");
139 Serial.print(now.year(), DEC); // Año
140 Serial.print("/");
141 Serial.print(now.month(), DEC); // Mes
142 Serial.print("/");
143 Serial.print(now.day(), DEC); // Dia
144 Serial.print(" , ");
145 Serial.print(now.hour(), DEC); // Horas
146 Serial.print(":");
147 Serial.print(now.minute(), DEC); // Minutos
148 Serial.print(":");
149 Serial.println(now.second(), DEC); // Segundos
150
151 lcd.clear();
152 lcd.setCursor(10,1);
153 lcd.print("T");
154 lcd.print(temperature,0);
155 lcd.setCursor(0,1);
156 lcd.print("H");
157 lcd.print(humedad,0);
158 lcd.setCursor(4,1);
159 lcd.print("V");
160 lcd.print(vin-(0.65),2);
161 lcd.setCursor(0,0);
162 lcd.print("I");
163 lcd.print(I-(0.068),1);
164 lcd.print("A");
165 lcd.setCursor(7,0);
166 lcd.print("T");
167 lcd.print(now.hour(), DEC);
168 lcd.print(":");
169 lcd.print(now.minute(), DEC);
170 lcd.print(":");
171 lcd.print(now.second(), DEC);
172
173 } else
174 {
175     Serial.println("Error al abrir el archivo");
176     lcd.setCursor(0,0);
177     lcd.print("Inserte SD");
178     lcd.setCursor(0,1);
179     lcd.print("Reinicie");
180     delay(125);
181 }
182
183 }

```