

**Sistema de suministro energético de respaldo basado en energías  
renovables y en sistemas de automatización comerciales para  
viviendas estándar**

**KENNETH ROMERO IBAÑEZ  
JEFFERSON BOLAÑOZ RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECATRÓNICA  
BOGOTÁ D.C.**

**2016**

**Sistema de suministro energético de respaldo basado en energías renovables y en sistemas de automatización comerciales para viviendas estándar.**

**KENNETH ROMERO IBAÑEZ  
JEFFERSON BOLAÑOZ RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR DE PROYECTO  
ING. Marco Antonio Jinete Gómez  
ING. Luis Carlos Meneses Silva**

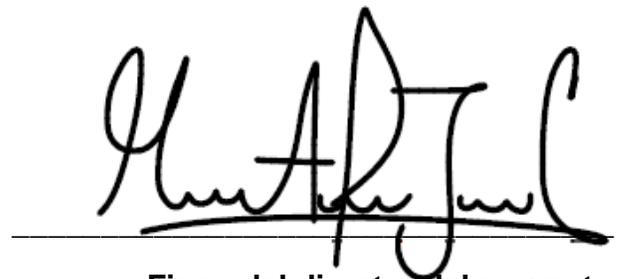
**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO  
MECATRÓNICO**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECATRÓNICA  
BOGOTÁ D.C.**

**2016**

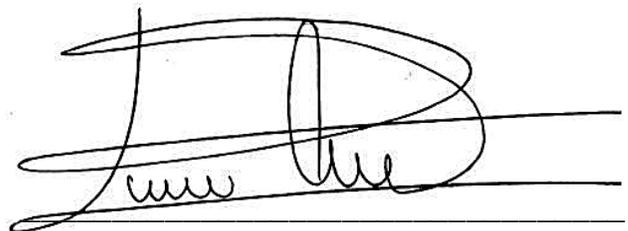
**Nota de Aceptación:**

El trabajo de grado, titulado “**SISTEMA DE SUMINISTRO ENERGÉTICO DE RESPALDO BASADO EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EN SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN COMERCIALES PARA VIVIENDAS ESTÁNDAR.**” elaborado y presentado por los estudiantes Kenneth Romero Ibañez y Jefferson Bolaños Rodríguez, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecatrónico, fue aprobado por el Jurado Calificador.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Marco Antonio Jinete', written over a horizontal line.

**Firma del director del proyecto**

**Marco Antonio Jinete**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Carlos Meneses', written over a horizontal line.

**Firma del codirector del proyecto**

**Luis Carlos Meneses**

**Bogotá D.C. (26/09/16)**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dirigido a mi madre, Sandra Rodríguez, mis hermanos, Karen Bolaños, Valentina Díaz, Ricardo Díaz Jr. A Ricardo Díaz, todas estas personas fueron testigos del trabajo pero lo que con mucho trabajo se obtiene, es lo que más se ama; testigos de la dedicación y perseverancia, ya que las grandes obras no son hechas con fuerza, las grandes obras son hechas con perseverancia, testigos de la fatiga pero el placer que acompaña a el trabajo, pone en olvido la fatiga; testigos de la paciencia, paciencia que tuvo más poder que la fuerza, pero fue necesaria también una fuerza motriz: el deseo de seguir adelante, de dar lo mejor de mí mismo y de estos deseos el joven muestra las futuras virtudes del hombre. Por todo esto, todos ustedes y un gran esfuerzo fue posible este gran trabajo, ya que la vida no regala nada a los mortales, sin un gran esfuerzo. Esto es por ustedes y para ustedes.

### **JEFFERSON BOLAÑOS RODRIGUEZ**

Dedico este proyecto a mis padres Giovanni Romero Muñoz, Letty Ibáñez Suarez, a mi hermana Dayanna Romero Ibáñez y a mi hija Luciana Romero Pues sin ellos esto no hubiera sido posible a los que considero mis hermanos Cristian Marcel López López y Alain Abaunza Romero.

A ellos por su comprensión y compañía en las horas interminables de trabajo a ellos con cariño y amor les dedico este proyecto de grado y también el proyecto de vida del cual hacen parte y del cual harán parte hasta que Dios diga basta.

Por ultimo a mi hija Luciana Romero que está en camino, porque ella será en adelante la motivación de mi vida y mi razón de ser, a cada paso que dé en mi carrera como ingeniero.

### **KENNETH ROMERO IBAÑEZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido posible Dios mediante a mi familia, que siempre me apoyo en este largo camino, haciendo que el esfuerzo y dedicación valieran la pena; “detrás de todo gran hombre hay una gran mujer”, agradezco a mi madre que siempre creyó en mí, en mis ideales, a su amor que siempre fue la mejor herramienta de enseñanza y que siempre me dio ánimo para seguir, cuando la carga se hacía muy grande; quiero agradecer a Ricardo Díaz un hombre cuyos consejos siempre fueron una luz de dispersión en la oscuridad de la duda, y su ayuda un hombro donde descansar, mis hermanos uno de mis principales motivos para levantarme y seguir adelante; a mi Universidad que me instruyo, me dio los conocimientos necesarios y también por darme tantas experiencias que hicieron de mí, una persona más sabia, humilde y disciplinada; a mis maestros que siempre tuvieron la disposición de ayudarme y guiarme por el camino indicado, y que con sus enseñanzas me hicieron crecer profesionalmente en esta mi pasión; a mis compañeros que hicieron de los momentos difíciles más llevaderos con su alegría y buenos deseos, a todos ustedes gracias por hacer de este trabajo uno de mis más grandes logros y por hacer de mi la persona que hoy termina este gran proyecto.

### **JEFFERSON BOLAÑOZ RODRIGUEZ**

A Dios por la salud y la sabiduría que me dio durante el camino y trasegar en mi carrera profesional, agradezco con inconmensurable cariño a los que se fueron y mucho dejaron para recordarles a los pilares fundamentales de la familia Romero Muñoz, mis abuelos Julia Muñoz de Romero y Cristóbal Romero Muñoz; que hoy nos acompañan y nos guían desde el cielo, a mi padre Giovanni Romero Muñoz, a mi madre Letty Ibáñez Suarez, a mi hermana Dayanna Romero Ibáñez y mi hija Luciana Romero por hacer parte primordial del proceso de formación como ingeniero mecatrónico y hacer esto posible, ellos con su esfuerzo, dedicación y entereza ante la vida que gracias a Dios me heredaron consiguieron que este sueño se hiciese posible a las personas que de manera colateral pero no menos importante hicieron parte de este proceso que hoy hace de mi un profesional y me acerca un paso más a mis sueños como no nombrarlos, gracias, Cristian Marcel López López y Alain Abaunza Romero. Hoy no es el final es el principio este proyecto de grado termina con mis deberes como estudiante de la Universidad piloto de Colombia quien es mi alma matter y a la facultad de Ingeniería quienes, con su gran equipo de ingenieros, docentes, personal administrativo y a mis compañeros en especial a Jefferson Bolaños, quien trabajo hombro a hombro en este proyecto conmigo.

Para terminar esta horda de agradecimientos hago hincapié y me explayo en agradecimientos con mis padres pues con sus incontables horas de cariño, dedicación y amor caminaron de la mano de aquel niño hoy ya un hombre y un profesional; gracias mil gracias, a ustedes debo todo y no me alcanzara la vida para pagar lo que hicieron de éste; su hijo, hermano y familia.

### **KENNETH ROMERO IBAÑEZ**

## RESUMEN

El proyecto a desarrollar se encamina hacia el desarrollo de un sistema de respaldo energético priorizado, en sectores del circuito eléctrico con respecto a la relevancia de su funcionamiento continuo, para una vivienda estándar automatizada que tenga switcheo automático ante una pérdida de energía, es decir la construcción de un sistema eficiente de recolección de energía por medios renovables o alternativos, almacenamiento con mínimas pérdidas de energía, además de un sistema de distribución para un óptimo funcionamiento del sistema de automatización, haciendo énfasis en los dispositivos de la vivienda que sean más relevantes e indispensables para la vida cotidiana en una vivienda estándar.

Como punto principal de innovación, se buscará implementar un sistema versátil, es decir un sistema que se adapte a mecanismos domóticos, tanto eléctricos como mecánicos de tipo residencial para una proporción apropiada de flujo energético constante de apoyo, ilustrando en una mínima medida su funcionamiento y propósito para hacer la automatización residencial más provechosa. Debido a la conciencia ambiental que, en muchos sectores tanto industriales, comerciales, de servicios, y residenciales han empezado a implementar, es muy importante tener un mecanismo de desarrollo mecatrónico acorde a esta beneficiosa iniciativa.

Se trabajará e implementará sobre un sistema de Domótica con protocolos inalámbricos existentes, apropiado tanto para su manejo, ambiente de trabajo y que además sea compatible con la implementación de mecanismos de recolección de energía renovable.

Así mismo, el proyecto comprende la automatización de un inmueble residencial donde se efectuará la conexión de dispositivos con protocolos inalámbricos existentes en la industria, abarcando algunos de los mecanismos eléctricos conectados inalámbricamente y enlazados previamente, como: sistemas de luces (interior-exterior) con control inalámbrico bajo un manejo de circuito cerrado, sistema de persianas con un sistema híbrido tanto eléctrico como mecánico, sistemas de seguridad y sistemas de acceso como cerraduras híbridas digitales con protocolo inalámbrico, las cuales deben ser eficientes y apropiadas para este tipo de trabajo.

## SUMMARY

The project to develop the path towards developing a system of priority energy support in sectors of the electrical circuit with respect to the relevance of its continuous operation for automated standard housing have automatic switching to a loss of energy, ie the construction of an efficient system of collecting energy from renewable or alternative means, storage with minimum energy loss, and a distribution system for optimum performance of the automation system, emphasizing devices housing that are more relevant and essential to everyday life in a standard housing.

As the main point of innovation, it will seek to implement a versatile system, ie a system that suits automation mechanisms, both electrical and mechanical residential type for an appropriate proportion of constant energy flow support, illustrating a minimum measure its performance and purpose to make the most profitable home automation. Because environmental awareness both in many industrial, commercial, service and residential sectors have begun to implement, it is very important to have a mechanism mechatronic development according to this beneficial initiative.

It will work and implemented on a home automation system with, suitable for both management, work environment and also supports the implementation of mechanisms for renewable energy harvesting existing wireless protocols.

Also, the project involves the automation of a residential building where the connection of devices with existing wireless protocols in the industry will take place, covering some of the electrical devices connected wirelessly and previously linked, such as lighting systems (indoor-outdoor) with wireless control under a closed loop management system blinds with electrical and mechanical hybrid system, security systems and access systems such as digital locks hybrid wireless protocol, which must be efficient and appropriate for this type of work.

## CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE ANEXOS .....	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
2.1. Descripción del problema .....	18
2.2. Formulación del Problema.....	18
3. JUSTIFICACIÓN .....	19
4. ESTADO DEL ARTE .....	20
5. OBJETIVOS .....	29
5.1. Objetivo General .....	29
5.2. Objetivos Específicos.....	29
6. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	30
6.1. Alcances .....	30
6.2. Limitaciones.....	30
6.3. Línea de investigación de programa .....	31
7. MARCO TEORICO.....	32
7.1. Energía renovable.....	32
7.2. Energía solar .....	33
7.2.1. Radiación solar .....	33
7.2.2. Radiación solar en Colombia .....	34
7.2.3. Captadores solares térmicos .....	38
7.2.4. Energía solar fotovoltaica.....	41
7.2.5. Funcionamiento sistemas Fotovoltaicos. ....	42
7.2.6. Sistemas Fotovoltaicos Aislados .....	43
7.2.7. Sistemas Fotovoltaicos de conexión a la red.....	44
7.3. Paneles solares.....	44
7.3.1. Panel solar fotovoltaico .....	45

7.3.2.	Tipos de paneles fotovoltaicos .....	46
7.3.3.	Interruptor de transferencia eléctrica.....	49
8.	DISEÑO DEL PROYECTO .....	52
8.1.	PLANO DE LA VIVIENDA .....	55
8.2.	ESTUDIO DEL CONSUMO LA VIVIENDA ESTANDAR .....	57
8.2.1.	Consumo eléctrico de una vivienda estandar.....	58
8.2.2.	Consumo energético de la vivienda fruto de estudio y analisis.....	60
8.3.	EVALUACIÓN DEL SUMINISTRO ENERGETICO.....	65
8.3.1.	Estudio Selección de los dispositivos del mecanismo energético.....	68
8.3.2.	Paneles solares fotovoltaicos de capa fina .....	72
8.3.3.	Estudio y calculo del angulo de inclinación.....	75
8.4.	INVERSOR .....	82
8.4.1.	Inversores de onda pura .....	82
8.4.2.	Inversores de onda modificada.....	83
8.4.3.	Cableado de interconexión .....	84
8.5.	ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN ENERGETICA .....	87
8.5.1.	Sistema de Baterias .....	87
8.5.2.	Reguladores de Carga .....	90
8.5.3.	Sistema control de Carga.....	91
8.5.4.	Bloqueo de la Corriente Inversa .....	92
8.5.5.	Prevención de Sobrecarga.....	92
8.6.	PREVENCION Y MONITOREO .....	94
8.6.1.	Sensor de Temperatura .....	94
8.6.2.	Sensor SHT1X.....	95
8.6.3.	Sensor DS18B20 .....	96
8.6.4.	Sensor de Corriente .....	97
8.6.5.	Sensor de Voltaje .....	98
8.6.6.	Telemetría .....	98
9.	SISTEMA DE MONITOREO DOMOTICO.....	99
9.1.1.	Protocolo Z-Wave .....	99

9.1.2.	Funcionamiento de los dispositivos .....	99
9.2.	ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES .....	101
9.2.1.	Lectura de señales a través de microcontrolador .....	102
9.2.2.	Alimentación del microcontrolador .....	103
9.2.3.	Memoria del Microcontrolador. ....	104
9.2.4.	Entradas y Salidas del Microcontrolador .....	104
9.2.5.	Comunicación del Microcontrolador. ....	104
9.2.6.	Reinicio Automático por Software .....	105
9.2.7.	Protección contra sobretensiones en USB .....	105
10.	INSTALACION DEL SISTEMA SOLAR .....	108
10.1.	INSTALACIÓN SENSORES DE CORRIENTE EN LOS PANELES SOLARES .....	110
10.2.	INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DOMOTICO Z-WAVE PARA MONITOREO .....	115
10.2.1.	Wall plug fibaro.....	117
10.3.	INTERFACE DE USUARIO .....	119
11.	PRUEBAS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO .....	122
12.	RESULTADOS .....	127
13.	CONCLUSIONES.....	132
14.	RECURSOS.....	135
15.	BIBLIOGRAFIA.....	136
16.	ANEXOS .....	140

## LISTA DE IMÁGENES

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Esquema entrada radiación sola a la tierra .....	34
Figura 2. Radiación solar global en el territorio colombiano. ....	35
Figura 3. Mapa de radiación solar en Colombia promedio multianual. ....	37
Figura 4. Esquema Captador solar térmico. ....	39
Figura 5. Acoplamiento en serio de paneles térmicos.....	39
Figura 6. Acoplamiento paralelo de paneles térmicos.....	40
Figura 7. Acoplamiento Mixto de paneles térmicos. ....	40
Figura 8. Esquema sistema Fotovoltaico. ....	43
Figura 9. Panel solar fotovoltaico.....	45
Figura 10. Panel solar con celda de Silicio (Poli-cristalina). ....	46
Figura 11. Panel solar de capa fina .....	47
Figura 12. Panel solar flexible.....	48
Figura 13. Interruptor de transferencia eléctrica .....	50
Figura 14. Esquema general a implementar en la vivienda .....	54
Figura 15. Mapa ubicación solar en la zona específica de la vivienda.....	65
Figura 16. Diagrama (1) en grados solar en la zona específica de la vivienda .....	66
Figura 17. Diagrama (2) en grados solar en la zona específica de la vivienda .....	67
Figura 18. Panel solar fotovoltaico mono-cristalino .....	69
Figura 19. Paneles solares fotovoltaicos poli-cristalinos .....	71
Figura 20. Paneles solares fotovoltaicos de capa fina. ....	73
Figura 21. Promedio mensual global en la zona.....	77
Figura 22. Tendencia Estimación mensual de declinación solar en la Zona .....	81
Figura 23. Invertor Samlex power 2000W Sa-2000k.....	84
Figura 24. Batería MTEK 205ah .....	89
Figura 25. Instalación Baterías conectadas .....	90
Figura 26. Diagrama de conexión del sensor SHT1X .....	96
Figura 27. Sensor DS18B20 .....	96
Figura 28. Tarjeta sensor AC8714.....	97
Figura 29. Central de automatización Fibaro Home Center 2.....	100
Figura 30. Conexión de acondicionador de señales.....	101
Figura 31. Tarjeta de programación Arduino Mega. ....	106

Figura 32. Tarjeta arduino atmega con conexiones .....	106
Figura 33. Diagrama general de conexión sistema solar .....	108
Figura 34. Diagrama unifilar .....	109
Figura 35. Conexión de sensor ACS714.....	110
Figura 36. Conexión de sensores en las líneas en paralelo del arreglo de paneles .....	111
Figura 37. Conexión de sensores de corriente ACS714 en cargas.....	111
Figura 38. Paneles solares instalados.....	113
Figura 39. Sensor de corriente instalado con caja de protección.....	114
Figura 40. Micro Dimmer fibaro para control de iluminación.....	115
Figura 41. Cerrojo electrónico Yale Real living .....	116
Figura 42. Wall Plug fibaro .....	116
Figura 43. Interconexión de dispositivos Z- Wave.....	117
Figura 44. Interfaz de usuario de Labview. ....	120
Figura 45. Diagrama de bloques LABVIEW .....	121
Figura 46. Tendencia de Características la zona trabajada.....	123
Figura 47. Tendencia de Datos de Voltaje de los Paneles Solares.....	124
Figura 48. Tendencia de Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo .....	125
Figura 49. Tendencia de Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa .....	126
Figura 50. Tendencia la zona trabajada (Día 2) .....	154
Figura 51. Tendencia de Voltaje de los Paneles Solares (Día 2) .....	154
Figura 52. Tendencia de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 2) .....	155
Figura 53. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 2) .....	155
Figura 54. Tendencia la zona trabajada (Día 3) .....	158
Figura 55. Tendencia de Voltaje de los Paneles Solares (Día 3) .....	158
Figura 56. Tendencia de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 3) .....	159
Figura 57. Tendencia de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 3) .....	159
Figura 58. Tendencia la zona trabajada (Día 4) .....	162
Figura 59. Tendencia de Voltaje de los Paneles Solares (Día 4) .....	162
Figura 60. Tendencia de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 4) .....	163
Figura 61. Tendencia de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 4) .....	163

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 2. Descripción de las variables incluidas en PSM y modelos de viviendas ..	57
Tabla 3. Simulador de Consumo eléctrico de la vivienda .....	58
Tabla 4. Consumo en “Kwh” de la Vivienda (Semanal).....	61
Tabla 5. Grafico tendencia de consumo energético semanal .....	62
Tabla 6. Consolidados consumo diario y consumo promedio.....	62
Tabla 7. Gráfico de tendencia consumo energético promedio. ....	63
Tabla 8. Estudio diario y mensual de un consumo energético máximo en extremas condiciones. ....	64
Tabla 9. Reporte grados de radiación en la zona de la vivienda .....	67
Tabla 10. Reporte (horas-grados) de radiación en la zona de la vivienda.....	68
Tabla 11. Cuadro de cargas para el dimensionamiento del sistema solar.....	74
Tabla 12. Tabla comparativa de precios y potencias de diferentes marcas, tomadas de la tienda virtual .....	75
Tabla 13. Promedio horario de la radiación (Wh/m2).....	76
Tabla 14. Estimación mensual de declinación solar en la Zona .....	80
Tabla 15. Potencias ac del sistema .....	83
Tabla 16. Cargas instaladas en el sistema .....	85
Tabla 17. Tabla comparativa de los sensores de temperatura .....	94
Tabla 18. Características la zona trabajada.....	122
Tabla 19. Datos de Voltaje de los Paneles Solares.....	123
Tabla 20. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo .....	124
Tabla 21. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa .....	125
Tabla 23. Características la zona trabajada (Día 2) .....	152
Tabla 24. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 2) .....	152
Tabla 25. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 2)..	153
Tabla 26. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 2) .....	153
Tabla 27. Características la zona trabajada (Día 3) .....	156
Tabla 28. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 3) .....	156
Tabla 29. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 3)..	157
Tabla 30. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 3) .....	157
Tabla 31. Características la zona trabajada (Día 4) .....	160

Tabla 32. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 4) .....	160
Tabla 33. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 4)..	161
Tabla 34. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 4) .....	161
Tabla 35. Características la zona trabajada (Día 5) .....	164
Tabla 36. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 5) .....	164
Tabla 37. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 5)..	165
Tabla 38. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 5) .....	165
Tabla 39. Características la zona trabajada (Día 6) .....	166
Tabla 40. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 6) .....	166
Tabla 41. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 6)..	167
Tabla 42. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 6) .....	167
Tabla 43. Características la zona trabajada (Día 7) .....	168
Tabla 44. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 7) .....	168
Tabla 45. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 7)..	169
Tabla 46. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 7) .....	169

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Radiación solar global en el territorio colombiano. ....	155
Anexo 2. Hojas de especificaciones del panel solar SunTech STP215 - 20/Wd..	156
Anexo 3. Especificaciones técnicas baterías MTEK.....	158
Anexo 4. Tabla de especificaciones del Inversor de onda SAMLEX power 2000W Sa-2000k.....	159
Anexo 5. TABLAS DE CALIBRE DE CABLE AWG .....	160
Anexo 6. Características técnicas del sensor SHT1X. ....	161
Anexo 7. Características eléctricas del sensor DS18B20. ....	163
Anexo 8. Código del sensor SHT1X.....	166
Anexo 9. Código del sensor DS18B20 .....	167
Anexo 10. Codigo de programacion arduino.....	168
Anexo 11. Presupuesto.....	169
Anexo 12: Características eléctricas del sensor ACS714ELC-20A.....	178
Anexo 13. Protocolo completo de Pruebas al sistema de Suministró.....	181
Anexo 14. Características eléctricas del amplificador operacional LM358.....	199
Anexo 15. Entradas y salidas del microcontrolador .....	201

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, se ha visto como las civilizaciones en su desarrollo ha buscado una mayor eficiencia que conllevan a cambios económicos y sociales con descubrimientos tecnológicos, nuevas materias primas y mejoras del comercio. La tecnología como herramienta y como el conjunto de conocimientos de evolución ha permitido satisfacer esas necesidades de progreso, de ahí se puede decir que la tecnología tanto en las industrias como en las zonas residenciales se ha vuelto a lo largo de los años un aliado importante tanto para su construcción como para su evolución.

En el área específica de nuevas tecnologías y medios para suministros energéticos enfocados en zonas residenciales o inmuebles, en Colombia se ha visto un mayor uso e implementación a niveles industriales, es por esto que se ha vuelto necesario conocer ampliamente tanto las nuevas tecnologías renovables como medios alternativos para así ejercer una implementación adecuada. Actualmente no solo en Colombia si no en una gran cantidad de zonas del planeta se necesita empezar a pensar en formas alternativas para suministro de recursos de trabajo, es decir adquirir fuentes ilimitadas que no dañen el medio ambiente, una solución viable pero todavía poco usada debido a su complejidad es la energía renovable.

En un punto más específico, como es satisfacer la necesidad de consumo energético en una casa residencial de una familia estándar, se empezara a dar una alternativa por medios renovables la cual será el centro del proyecto que se desarrollara, abarcando la necesidad específica del suministro constante de energía en diferentes zonas de la casa debido a su prioridad es decir se evaluara la importancia que tienen algunas zonas de la residencia dependiendo a la necesidad para así darle una importancia más relevante en cuanto a suministro de energía constante .

El proyecto abarcara un estudio y desarrollo de una alimentación de respaldo con energía alternativa a la vivienda (casa estándar residencial), implicando desde el sistema de recolección de energía, el sistema de almacenamiento, la función de prioridad en zonas de la casa con un sistema de switcheo, proporcionando energía de un sistema externo o de respaldo por lo menos de 5 horas, además de un sistema que permita obtener información de consumo energético de la vivienda.

## **2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.1. Descripción del problema**

En el campo de la energía eléctrica, se sabe que en la actualidad se cuenta con recursos tanto renovables como no renovables, se puede definir a los recursos renovables como los recursos que son teóricamente ilimitados debido al poco lapso de tiempo que tiene para su renovación o son de un suministro constante y los no renovables tienen determinada disponibilidad que se agota y no renueva o su renovación abarca un tiempo demasiado extenso para su regeneración. Actualmente los recursos no renovables se han convertido en los más usados en cuanto a recursos alternativos por su eficiencia y disponibilidad para suministro energético.

Visto la necesidad y las consecuencias en el medio ambiente de su explotación se ha obligado al estudio de energías alternativas, en un sector específico como es el consumo de energía en las zonas residenciales se encontró que es necesario contar con un suministro de energía renovable constante y fiable, que tenga un apoyo con las nuevas tecnologías,

Su desarrollo se ha planteado con una implementación pausada, es decir una implementación que empiece a tomar parte del problema (suministro energético), evaluando su funcionamiento y comportamiento para así estableciere no solo como un sistema de respaldo limitado, si no como el sistema principal y óptimo de suministro energético, es por eso que se dio la iniciativa de implementar un sistema de respaldo energético con una metodología tecnológica.

### **2.2. Formulación del Problema**

¿Cómo evitar un corte de flujo energético en una vivienda estándar implementando un sistema basado en energías renovables y dando prioridad a zonas específicas de la vivienda?

### 3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto surge con la necesidad inmediata del desarrollo de un nuevo y funcional prototipo de sistema de respaldo del suministro energético obtenido por medios renovables, exclusivamente para inmuebles residenciales, con prioridades en zonas de la vivienda y un sistema de información de consumo.

El sistema se centra en la energía renovable, el cual se establecerá dependiendo de la vivienda de evaluando el espacio y la disponibilidad de implementación, de ellos surge el sistema de almacenamiento el cual debe ser óptimo y con una capacidad de suministro de respaldo energético de 5 horas, este sistema se activará al momento del corte del suministro energético principal.

La necesidad de que algunas zonas en la vivienda tengan un flujo energético constante de paso a un sistema de prioridad por zona, esto se aplica a zonas que por necesidad prioritaria no deben de tener cortes energéticos como secciones con pacientes conectados a mecanismos de supervivencia, aparatos de funcionamiento constante, electrodomésticos de uso indispensable, etc.

Las necesidades propias del desarrollo del sistema obligan a hacer uso de las facultades y habilidades ingenieriles para conseguir una automatización parcial del sistema de respaldo energético el cual, por ende, permitirá también ahorrar costos a un plazo razonable, como contribuir con opciones de suministro de energía que son ilimitadas, que como gran beneficio del uso no contaminan nuestro aire y el agua de la forma en la que lo hacen la quema de combustibles fósiles.

## 4. ESTADO DEL ARTE

El desarrollo de la generación de energía eléctrica se ha visto forzada a innovar día a día por muchos factores, el principal, es la contaminación ambiental y el gran daño al medio ambiente que se dio a lo largo de los años, donde en la actualidad se están viviendo las grandes consecuencias de las explotaciones en exceso y malos procesos, debido a esto tanto entidades privadas como públicas, al igual que grandes potencias mundiales, han empezado a implementar medidas de solución lanzando diversas iniciativas al desarrollo de energías alternativas para la generación de electricidad, implementando incentivos por su investigación y desarrollo.

La evolución de las energías renovables como centro principal de suministro energético alternativo está creciendo día a día, y de ello se inicia a examinar plantas de suministro energético permanente o de respaldo energético con uso exclusivo de energías renovables, en la actualidad se cuenta con diversas alternativas de plantas generadoras de energía.

- Planta Eólica.
- Planta Hidroeléctrica.
- Planta Nucleoeléctrica.
- Planta termoeléctrica.
- Planta solar.
- Planta de ciclo combinado.

A nivel de zonas nivel de zonas residenciales, se pueden encontrar muy pocas de plantas de suministro energético tanto principal como de respaldo, tanto por su viabilidad como su relación costo beneficio. Se puede hablar de proyectos de plantas energéticas implementadas en viviendas residenciales y con una funcionalidad óptima basadas en el requerimiento de uso primordial de energía renovable como las plantas de energía eólica, térmica y solar, evaluando eventualmente su viabilidad y limitación a la hora de implementación.

Existen diversos métodos y tipos de implementación de la energía renovable a las viviendas residenciales tanto rurales como urbanas, Carlos Bordons, Félix García Torres, Luis Valverde<sup>1</sup>, proponen una implementación óptima de Micro-redes,

---

<sup>1</sup> Carlos Bordons, Félix García Torres, Luis Valverde. Gestión Óptima de la Energía en Micro redes con Generación Renovable [en línea] Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial

generada a partir de medios renovables, esto significa la construcción de micro-redes, totalmente independientes de la red eléctrica, construida con medios de recolección energéticos renovables como medios eólicos, solares además un sistema de control preventivo para la eficiencia de suministro basado en el modelo MPC (Model Predictive Control), y con un sistema de almacenamiento híbrido con hidrogeno, el cual sea capaz de gestionar la entrada de la carga en diferentes horas dependiendo de la cantidad de flujo y manejar un almacenamiento de electricidad por escalas de tiempo, mostrando una gran posibilidad y opción de suministro energético para zonas distanciadas con población de bajos recursos.

Y así como estos muchos proyectos que están implementados en la actualidad vienen de una investigación constante del uso y beneficios de la energía renovable, como un ejemplo de interés M. Mikatia, M. Santos, C. Armenta<sup>2</sup>, integrantes de la Universidad Complutense de Madrid, desarrollaron un proyecto el cual como su nombre lo indica proponen una solución de flujo energético por medio de sistemas híbridos renovables de generación eléctrica, como medio secundario para el suministro energético, trabajando de la mano con la red eléctrica principal, para así cubrir en su totalidad, los requerimientos exigidos por la población, en este proyecto se implementó pensando en dos diferentes medios de demandas, una casa residencial y una planta de comercio de tamaño pequeño, para ellos utilizaron medios de recolección solar como los sistemas fotovoltaicos y los medios eólicos como los sistemas de aerogeneradores a pequeñas escalas, modelando y simulando el sistema en su totalidad, llegando a la conclusión que puede llegar a ser un sistema eficiente con su debida instalación pues ellos usan la recolección de energía renovable para pequeñas funciones, pero igualmente dependen de la red eléctrica principal. Este proyecto es una gran muestra que se puede empezar a pensar en la instalación de sistemas tanto principales como de respaldo tanto a viviendas como a fabricas con un sistema netamente renovable, con grandes beneficios sociales y económicos.

Otra opción de planta energética planteada es la del uso de energía eólica, como fuente principal, en realidad es muy poco su implementación por su costo y logística de instalación pero en realidad es una fuente muy confiable y eficiente, y como

---

12 (2015) 117–132 [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.sciencedirect.com/>>.

<sup>2</sup> M. Mikatia, M. Santos, C. Armenta. Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica Renovable [en línea] Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial 9 (2012) 267–281 [citado en 11 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.sciencedirect.com/>>.

explica Sergio Juárez-Hernández y Gabriel León<sup>3</sup>, en su artículo “Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social”, donde expone que el desarrollo de la energía eólica a nivel mundial ha incrementado intensamente al punto que ya es parte fundamental de la generación energética a nivel mundial, y que como aspecto fundamental para su implementación se estudia su viabilidad en países en etapa de desarrollo, debido a su condiciones idóneas para la instalación de plantas eólicas, en el artículo explica que se realizó un importante estudio en el país de México exactamente en las zonas del sur donde las condiciones de viento son las más idóneas para la implementación, y además explica que la forma más viable es por pasos comprobados, pues es conocido que estas tecnologías todavía tienen algún rechazo por parte de la población sea por su falta de conocimiento o por el costo de instalación.

El uso exclusivo de energía solar se implementa en diversos proyectos, en diferentes partes del mundo, Norte América como sur América, Asia y Europa, están en constante investigación y búsqueda de un sistema eficiente para así reemplazar por completo el sistema actual, existen diversas iniciativas que como medio central usan la energía solar como un modelo se tiene un proyecto desarrollado en el 2013 de gran importancia es <sup>4</sup>“**Barriers to the market penetration of façade-integrated solar thermal systems**”, es un proyecto bastante interesante y con un amplio campo para su investigación y desarrollo, este explica el desarrollo de un sistema para la recolección de energía por medio de recolectores fotovoltaicos planos ubicados en la fachada de la vivienda, indica que no los implementa sobre terrazas si no que los hacen parte de la construcción para así tener una vivienda compacta a auto-sostenible, cálculo se da para un consumo estándar, pero se centra más en la arquitectura y la solución de absorción de energía solar puesto a que los paneles están en la fachada no se va a tener un suministro solar constante, más bien el lapso de captación de energía es muy poco, en el proyecto indica que se han encontrado con grandes problemas para su desarrollo, el cual es la falta de experiencia y conocimiento tanto en el mercado como en la arquitectura de construcción, pero es una alternativa que se tiene que desarrollar debido a su complejidad en implementación e implementación en proyectos a marco de campo.

---

<sup>3</sup> Sergio Juárez-Hernández y Gabriel León, Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social [en Línea], 19 de noviembre de 2013. Fecha de aceptación: 04 de abril del 2014 Germany [citado en 07 de abril de 2016]. Disponible en internet: (*Revista Problemas del Desarrollo*, 178 (45), julio-septiembre 2014).

<sup>4</sup> Christoph Cappela, Wolfgang Streicherb, Florian Lichtblauc, Christoph Maurera [en línea] Article history: SHC 2013, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, September 23-25, 2013, Freiburg, Germany [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.sciencedirect.com>>. (Energy Procedia 48 (2014) 1336 – 1344).

Como lo anterior un proyecto que ha dado mucho de qué hablar fue desarrollado por Hong Zhang, Junjie Li, Lei Dong, Huanyu Chen, llamado “**Integration of sustainability in Net-zero House**”<sup>5</sup>, fue un proyecto el cual también fue propuesto para la decatlón de china del 2013, donde se proponía una implementación de un sistema renovable para un edificio residencial en China, esta iniciativa se dio para resolver uno de los problemas que tiene este país por su sobre-población, pues debido a esto un área determinada exige mayor demanda de consumo energético. Ellos proponen la implementación de un sistema de energía solar con la etiqueta “Energy Net-Zero”, que significa la construcción de un edificio con consumo de energía cero, lo que indica que debe ser netamente alimentado energéticamente por energía renovable, debido a que es un proyecto experimental y que aun esta en investigación, nos da una idea de la investigación hasta el momento donde como principales conclusiones se puede decir que el mejoramiento en paneles solares con una mayor recolección y fácil manejo es parte importante para el desarrollo de esta tecnología, al igual que un sistema más eficiente de distribución por la red y almacenamiento, en el proyecto se evalúan costos y beneficios tanto para los residentes en el edificio como para el desarrollo del país en consumo.

Ya que la tecnología solar puede implementarse en cualquier sistema de un inmueble si se quiere un uso independiente existen varios proyectos desarrollados con esta línea de implementación, Diego-Ayala Ulises y Carrillo-Baeza José Gonzalo<sup>6</sup>, han propuesto un sistema recolector de energía muy singular y muy viable para la mayoría de las viviendas residenciales, en el proyecto “Estudio del comportamiento térmico de agua para uso residencial en tinacos de concreto y polietileno en un clima cálido-subhúmedo”, explican como por medio de tinacos ( baldes para aguas de reservas) expuestos directamente al sol durante un tiempo determinado pueden recolectar energía por medio del material de los tinacos y la temperatura (sistemas térmicos) del agua. Este proyecto abarco una recolección de energía eléctrica por este medio pero debido a sus condiciones se llegó a la conclusión de que no es muy efectivo su sistema, pero por otro lado busco una solución al sistema de calentador en tema de agua para la vivienda, buscando que gracias al sol y el polímero del tanque, el agua retenida en ellos sirva suministro de

---

<sup>5</sup> Hong Zhang, Junjie Li, Lei Dong, Huanyu Chen, Integration of sustainability in Net-zero House, [en línea] 2013 ISES Solar World Congress CHINA [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214014246>>.

<sup>6</sup> Diego-Ayala Ulises, Carrillo-Baeza José Gonzalo, Estudio del comportamiento térmico de agua para uso residencial en tinacos de concreto y polietileno en un clima cálido-subhúmedo [en línea] Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XVI (número 4), - 2015: 573-583 Mexico Yucatan. [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.riit.2015.09.009>>.

agua caliente en las noche o como un sistema de reserva para el fallo del sistema central el cual dio unos resultados muy viables y efectivos.

Otro proyecto interesante aplicado a viviendas con uso de energía solar es <sup>7</sup>***Advanced performance of an open desiccant cycle with internal evaporative cooling***, el proyecto se desarrolló en el 2013 propone una alternativa de sistemas de aires acondicionados domésticos por medio de energía renovable, en este se propone que se puede realizar una circuito en ciclo, para el manejo de vapor como medio accionado por energía solar, este indica que se puede calentar un ambiente como enfriarlo mediante evaporación interna del ambiente con un sistema que otorga un buen rendimiento y respuesta en tiempo.

En el desarrollo de energías renovables o limpias se tiene conocimiento de muchas fuentes, pero son muy pocos los sistemas de recolección y aprovechamiento de esas fuentes, por lo cual se han desarrollado estudios tanto en la investigación de medios de almacenamiento eficientes como en sistemas híbridos renovables, de ahí donde el concepto de (PVT) tiene una gran importancia, pues combinan la recolección de energía por medios fotovoltaicos y medios térmicos, las dos con gran similitud, y este concepto es un sistema que va muy acorde al suministró energía eléctrica para viviendas o domésticos.

A partir de este concepto de sistema (PVT), parten otras grandes propuestas y opciones para la recolección de electricidad en fechas aproximadas del 2010 a la actualidad, se aumentó su investigación en el Proyecto <sup>8</sup>***A novel solar trigeneration system integrating PVT (photovoltaic/thermal collectors) and SW (seawater) desalination: Dynamic simulation and economic assessment***, perfeccionado desde el 2013, es un proyecto que investiga explica un sistema de adquisición de energía eléctrica por medio de medios renovables fotovoltaicos (PV) y fuentes de colectores solares térmicos agrupados como (PVT), el sistema energético se estudió con base en sectores de países europeos, dirigido específicamente a comunidades rurales, debido a su ubicación donde se cuenta con gran cantidad de fuentes renovables y es muy poco factible por cuestión de ubicación y precio una fuente de energía fósil, para la solución del problema energético se desarrolló un sistema que incluye como se mencionó anteriormente

---

<sup>7</sup> Constanze Bongs, Alexander Morgenstern, Yudhi Lukito, Hans-Martin Henning, [en línea] Article history: Available online 21 October 2013 [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X130028794>>.

<sup>8</sup> Francesco Cali, Massimo Dentice, Accadia, Antonio Piacentino, Proyecto presentado para el solar decathlon [en línea] Article history: Received 3 August 2013, Received in revised form 28 November 2013. Accepted 26 December 2013 Available online 22 January 2014 [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544213011304>>.

un sistema PVT (photovoltaic/ thermal collectors), sistemas MED (destilación multi-efecto), SW (agua de mar), el proyecto consiste en una vivienda totalmente auto-sostenible, donde se aprovecha la cercanía al mar para poder procesar el agua salada, poder realizar una destilación y convertir el agua en un recurso consumible, poder tener sistema de calefacción energía eléctrica básica solamente con el uso de energías limpias, el sistema básicamente consiste en una red principal e interna de la vivienda donde todos los sistemas deben tener comunicación y monitoreo, donde el objetivo principal es la destilación del agua salina para convertirla en potable. Es una propuesta muy interesante debido a la difícil adquisición de este recurso en esta zona, y es un sistema que con una buena implementación se puede desarrollar en ambientes similares en el planeta.

Al igual que En el artículo <sup>9</sup>“**Hybrid PV-Thermal collector development: concepts, experiences, results and research needs**”, se da un desarrollo de la importancia del estudio de la tecnología híbrida PVT, partiendo de la vías principales de desarrollo dando alternativas para un mejor rendimiento e implementación de este nuevo sistema, explica los materiales más factibles y su implementaciones viviendas, además de su ubicación y conexión, en el trabajo se explica que se puede dar la alternativa de implementación en circuito abierto similar a un recolector fotovoltaico o solar térmico, menciona que tener un buen sistema con los ángulos de recolección adecuados son esenciales para el desarrollo, además de dar una alternativa a prueba de fallos y funciones de protección del sistema, se dan alternativas de ubicación, pero como un inconveniente esencial, es la versatilidad del diseño para su implementación es decir para poder implementar este prototipo de PVT, la vivienda o el medio en el cual se desee implementar debe cumplir con determinados requisitos lo que limita considerablemente su campo de acción.

En la actualidad se cuenta con una muy interesante iniciativa para incentivar tanto a las empresas como a los estudiantes universitarios, a la investigación, desarrollo y uso de las energías renovables implementadas a sistemas domésticos, una de las más importantes es el decatlón solar realizado a nivel mundial y en diferentes locaciones.

---

<sup>9</sup> Stefan Fortuin, Michael Hermann, Gerhard Stryi-Hipp, Peter Nitz, Werner Platzer [en línea] Article history: Selection and peer review by the scientific conference committee of SHC 2013 under responsibility of PSE AG. September 23-25, 2013, Freiburg, Germany [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.sciencedirect.com>>. (Energy Procedia 00 (2014) 000–000).

## Decatlón Solar (Solar Decathlon)

Este es un concurso internacional para Universidades que se dio inicio en el 2005, el cual está financiado por los estados unidos, que se da a principios de otoño el cual está basado en energías renovables, más específico en la energía solar, consiste en la construcción de viviendas auto-sostenibles completamente por energía solar, en este concurso se <sup>10</sup>evalúa (10) requisitos fundamentales.

- **Arquitectura.** Evaluar la eficiencia espacial y los materiales apropiados en relación con las estrategias bioclimáticas para el futuro de la vivienda.
- **Ingeniería y Construcción.** Evaluar la viabilidad y la integración adecuada entre el diseño de la estructura, electricidad, plomería, sistema solar para una vivienda social de bajo costo.
- **Eficiencia Energética.** Evaluar un diseño adecuado para lograr la reducción del consumo de energía.
- **Consumo Energético.** Medir la autosuficiencia energética eléctrica de la vivienda a través de un equilibrio entre la generación y el consumo eléctrico.
- **Confort.** Medir las condiciones interiores de la casa, tales como temperatura, humedad, acústica, iluminación y la calidad del aire. Estos son los indicadores considerados que evidencian la sensación de confort en cada solución de vivienda.
- **Sostenibilidad.** Contemplando la reducción del impacto ambiental, evaluar las estrategias para manejar adecuadamente los temas de Arquitectura, Ingeniería y Construcción, Eficiencia Energética, Diseño Urbano y Asequibilidad.
- **Funcionamiento.** Medir la eficiencia y la funcionalidad de un conjunto de electrodomésticos para garantizar el funcionamiento normal de la vivienda.
- **Marketing y comunicaciones.** Evaluar la eficiencia y efectividad de las estrategias de Mercadeo y Comunicaciones implementadas por cada equipo con el objetivo de generar una conciencia social sobre los proyectos y los beneficios

---

<sup>10</sup> SOLAR DECATHLON. Competencias y pruebas exigidas concurso Cali 2015 [en línea]. Cali (Colombia): la compañía [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.solardecathlon2015.com.co/competencias/pruebas>>.

de construir soluciones de vivienda energéticamente eficientes alimentadas de energía solar.

- **Diseño Urbano y Factibilidad.** Fomentar la implementación de un Diseño Urbano Denso aplicado al contexto social de América Latina y el Caribe, con el fin de lograr una propuesta innovadora de vivienda social de bajo costo.
- **Innovación.** Estimar la incorporación de soluciones creativas para mejorar el estado convencional del sector residencial en torno a la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, Eficiencia Energética, Diseño Urbano y Asequibilidad.

Uno de los principales y más importantes proyectos realizados por esta campaña fue el proyecto desarrollado e implementado por Massimo Fiorentini, Paul Cooper, Zhenun Ma and Duane A. Robinson<sup>11</sup>, llamado “**Hybrid model predictive control of a residential HVAC system with PVT energy generation and PCM thermal storage**”, fue el proyecto ganador de la decatlón del 2013 hecha en china, con una excelente puntuación y grandes elogios, el proyecto involucraba muchas tecnologías y grandes investigaciones, estaba compuesta por un sistema híbrido con control productivo denominado (MPC), implementado para automatizar un sistema de climatización mediante energía solar para una casa doméstica, que consistía en un sistema de red basado en el aire fotovoltaico (PVT) colector y un material de cambio de fase (PCM) acumulador térmico integrado con una bomba de calor por conductos de ciclo inverso convencional. El colector PVT puede intercambiar calor con el PCM unidad de almacenamiento térmico, y el calor almacenado se pueden utilizar para acondicionar el espacio o pre-acondicionar el aire que entra en el tratamiento de aire unidad (AHU). El controlador HMPC incluye dos niveles de control, donde el controlador de alto nivel tiene una predicción de 24 horas.

Controladores de bajo nivel para cada modo de funcionamiento HVAC tienen un horizonte de predicción de 1 hora y una etapa de control de 5 minutos, y se utilizan para realizar un seguimiento de la trayectoria definido por el controlador de alto nivel

---

<sup>11</sup> Massimo Fiorentini, Paul Cooper, Zhenun Ma and Duane A. Robinson, Hybrid model predictive control of a residential HVAC system with PVT energy generation and PCM thermal storage, [en Línea] 7th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings CHINA, [citado en 07 de Abril de 2016] Disponible en internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215029392>>.

y para optimizar el modo de funcionamiento seleccionado<sup>12</sup>. El proyecto fue diseñado para funcionar durante el invierno y el verano con un alto índice de funcionalidad, los resultados fueron los esperados por lo cual lo llevo a ser uno de los proyectos más representativos de este concurso.

En Colombia ya se ha visto un desarrollo considerable en este tema, se han dado a conocer proyectos con grandes avances, PEDROZA ARIAS EDGAR y VASQUEZ LOMBANA JONATHAN ALEXANDER<sup>13</sup>, presentan como tesis para la universidad nacional de YOPAL-CASANARE, en el 2014, desarrollando una investigación que tiene como propósito una búsqueda de alternativas para el suministro de energía eléctrica con energías renovables, reduciendo la necesidad del consumo y con ello el ahorro económico, utilizando energía solar por medio de paneles fotovoltaicos, llegando a la conclusión de un beneficio contable al noveno mes, recuperando 100% de la inversión y con un sistema eficiente con un consumo de 4,5 kwh.

Como este John Barco Jiménez, Ing. Electrónico, Magíster en Ingeniería Electrónica y de Computadores<sup>14</sup>, desarrolla una propuesta para el departamento de Nariño, proponiendo un sistema recolector de energía solar por medio de paneles solares para la vereda del Sande den municipio de Santacruz, una comunidad difícil de llegar en temas de suministro, donde se proponía crear una central principal para la generación de energía eléctrica, a un poco costo para la comunidad.

---

<sup>12</sup> Massimo Fiorentini, Paul Cooper, Zhenun Ma and Duane A. Robinson, Hybrid model predictive control of a residential HVAC system with PVT energy generation and PCM thermal storage, [en Línea] 7th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings CHINA, [citado en 07 de Abril de 2016] Disponible en internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215029392>>.

<sup>13</sup>, PEDROZA ARIAS EDGAR y VASQUEZ LOMBANA JONATHAN ALEXANDER, DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL CON ENERGÍA SOLAR, PARA SUMINISTRAR ENERGÍA A LA RED ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN YOPAL-CASANARE, [en línea], UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”, ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGIAS E INGENIERÍAS-ECBTI, PROGRAMA TECNOLOGIA ELECTRONICA YOPAL-CASANARE, 2014. [citado en 07 de Abril de 2016]

<sup>14</sup> John Barco Jiménez, ESTUDIO DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO COMO ESTRATEGIA ALTERNATIVA Y SOSTENIBLE DE ENERGIZACIÓN EN EL MUNICIPIO DE SANTACRUZ DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO 2014 .[en línea] UNIVERSIDAD DE NARIÑO, citado en 07 de Abril de 2016].

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

Diseñar e implementar un sistema de suministro energético de respaldo basado en energías renovables el cual, de soporte a una vivienda estándar de acuerdo al establecimiento de circuitos prioritarios junto con sistema de automatización, dedicado al monitoreo del consumo energético.

### **5.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar energéticamente los componentes eléctricos de una vivienda estándar y establecer su prioridad de uso que permita administrar la energía.
- Diseñar un sistema de captación y almacenamiento de energía basado en energías renovables que pueda dar un soporte de 5 horas con un consumo estándar de 3.5 KW/día gestionando los circuitos de la vivienda de acuerdo a su prioridad de uso.
- Diseñar el sistema de switcheo automático que permita mantener el suministro de energía constante en caso de fallo de suministro eléctrico.
- Implementar un sistema automatización que permita obtener información de consumo de los diferentes dispositivos de la vivienda.
- Integrar los sistemas diseñados y realizar las pruebas de funcionamiento.

## **6. ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **6.1. Alcances**

El proyecto se desarrollará para un inmueble específico y se podrá implementar en diferentes áreas, enfocándose en la domótica residencial.

Se determinarán y se evaluarán las zonas con mayor relevancia y necesidad de un suministro constante de energía, así como los lapsos de funcionamiento e inactividad de los componentes eléctricos.

Dentro del campo de investigación se trabajará en una interfaz gráfica, en la cual los funcionarios podrán observar en tiempo real el comportamiento de los suministros eléctricos y la automatización, visualizando el estado de los mecanismos dentro del inmueble, dando un soporte de 5 horas con un consumo estándar de 3.5 KW/día gestionando los circuitos de la vivienda de acuerdo a su prioridad de uso.

Se diseñará un sistema eficiente para la recolección de energía necesaria para el trabajo del mecanismo de automatización en un tiempo razonable.

El proyecto en la parte domótica será avalado y contará con la colaboración activa por parte de la empresa MINDSMART S.A.S quien brindará su apoyo para el proyecto como parte de proyección social.

### **6.2. Limitaciones**

Como principal limitación se tiene, la inversión económica para la implementación de este sistema energético renovable, que será beneficioso a largo plazo. La disponibilidad energética renovable no es predecible con exactitud, lo cual afectará su recolección y almacenamiento, debido a su procedencia.

El espacio de desarrollo requiere para una gran recolección grandes estructuras, al igual que un espacio despejado donde se tenga más contacto con el medio que proporcionara la energía, se puede hablar de la energía eólica, que es energía recolectada por el viento y la energía solar que exige una gran área para la ubicación de paneles solares en espacio abierto.

### **6.3. Línea de investigación de programa**

La línea de investigación por la cual se guiará el proyecto será:

- Energía renovable.
- Proyección Social.

Uno de los pilares de la mecatrónica es implementación de nuevas tecnologías, en la industria y en zonas residenciales ha tenido gran acogida y arremetió con fuerza contra el pensamiento de la nueva adquisición de dispositivos de suministro de energía eléctrica, dejando en claro que es más rentable instrumentar el sistema de suministro energético a largo plazo, pero con un óptimo funcionamiento.

Por esta razón las empresas de construcción de viviendas como las personas del común empiezan a incursionar en el campo de la automatización y energías alternativas más específicamente en un mecanismo diferente que use medios renovables para así ser amigable y consiente del problema de contaminación y extinción de recursos naturales además de tener un sistema inteligente y autosustentable, como en este caso un sistema de respaldo para el flujo constante de energía eléctrica en una vivienda residencial.

## 7. MARCO TEORICO

Para poder empezar con el desarrollo del proyecto es necesario conocer el significado y la aplicación de algunos términos los cuales se implementarán a lo largo del desarrollo del trabajo.

### 7.1. Energía renovable

La energía renovable, debido a su aplicación mundial puede tener varias formas de explicación, pero todas concuerdan con su significado, según Laura Jarauta<sup>15</sup> en su libro netamente de energías renovables, explica que las energías renovables son aquellas energías que se obtienen de energía inagotables o como se explicó anteriormente con una regeneración relativamente rápida, él dice que según el Instituto Catalán de energía<sup>16</sup>, las principales fuentes de energías renovables usadas son las hidroeléctricas, la energía eólica, la energía solar, la biomasa, la energía geotérmica y las energías del mar.

En la actualidad gran parte de la energía que se usa para la subsistencia humana son las energías explotadas por medios fósiles de tipo no renovable como los son el petróleo, gas natural y carbón. Según Laura Jara<sup>17</sup>, el porcentaje del uso de las energías en el año 2008 fue:

- 32% gas natural.
- 20% Uranio de las centrales nucleares.
- 15% carbón.

---

<sup>15</sup> LAURA JARAUTA, Las energías removables, [en línea] editorial UOC, Primera edición julio 2014 Rambla del Poblemou, 156 08018 Barcelona. [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<https://books.google.com.co/books?id=P39pBAAQBAJ&pg=PT3&dq=evolucion+energia+solar&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwir7ZPm-oDMAhWMGB4KHSFiD1IQ6AEIVTAG#v=onepage&q=evolucion%20energia%20solar&f=true>>.

<sup>16</sup> INSTITUTO CATALAN DE ENERGIA, medios de explotación de energía [en Línea] centro de investigacion de Cataluña España 2016] [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://icaen.gencat.cat/ca/>>.

<sup>17</sup> LAURA JARAUTA, Las energías removables, [en línea] editorial UOC, Primera edición julio 2014 Rambla del Poblemou, 156 08018 Barcelona. [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<https://books.google.com.co/books?id=P39pBAAQBAJ&pg=PT3&dq=evolucion+energia+solar&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwir7ZPm-oDMAhWMGB4KHSFiD1IQ6AEIVTAG#v=onepage&q=evolucion%20energia%20solar&f=true>>.

- 11% viento.
- 12% otras fuentes

## **7.2. Energía solar**

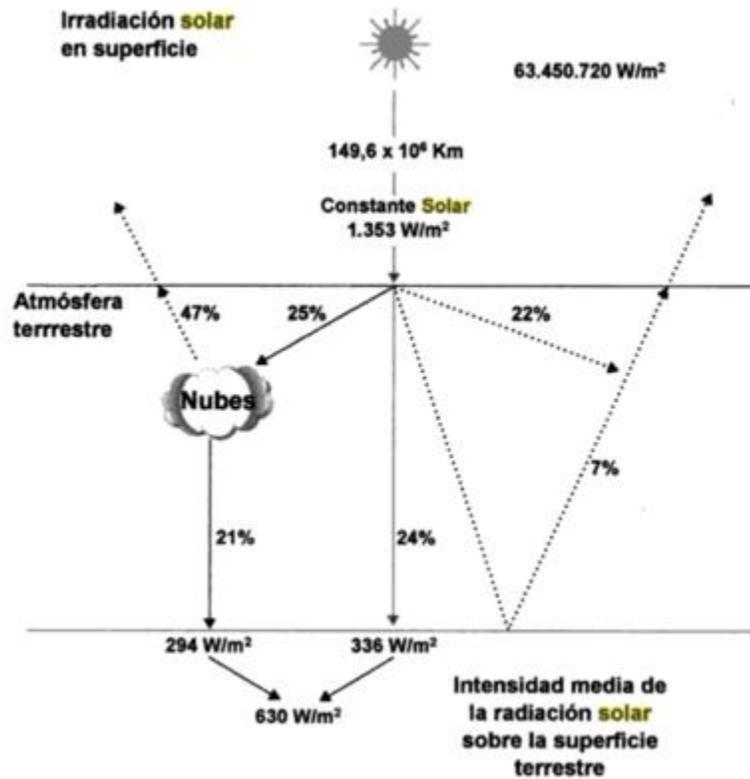
La energía solar tiene como fundamental y único proveedor el Sol del cual se pueden derivar energías básicas para la vida en el planeta, se denominan como luz y calor, y de las cuales ambas permiten su aprovechamiento.

### **7.2.1. Radiación solar**

Desde los inicios se sabe que el Sol fuente principal de energía y vida es una estrella con características muy específicas de las cuales se debe la evolución de la vida, el Sol se encuentra con una temperatura media de  $5.500^{\circ}\text{C}$ , debido a esto en su interior acontecen diversos procesos de transformación de energía masa-energía, la cual se trasmite por sus erupciones al exterior de su atmosfera y en la tierra se ha denominado Radiación solar.

La radiación solar es de un aproximado de  $63.450.720 \text{ W/m}^2$  desde el punto de origen pero si se supone una emisión por área con un radio de 149,6 millones de kilómetros, que sería la distancia a la órbita o atmosfera terrestre, se puede determinar la radiación que se inyecta a la tierra la cual es conocida como constante solar ( $1.353 \text{ W/m}^2$ ), este valor como todo en la naturaleza sufre cambio debido a la naturaleza de procedencia por lo cual tiene una variable por año de un  $\pm 3\%$ , por principal causa la órbita elíptica terrestre.

Figura 1. Esquema entrada radiación sola a la tierra



**Fuente.** Libro Energía solar fotovoltaica [en línea] Instituto de Tecnología y Formación de JAVIER MARIA MENDEZ MUÑIZ Y RAFAEL CUERVO GARCIA.

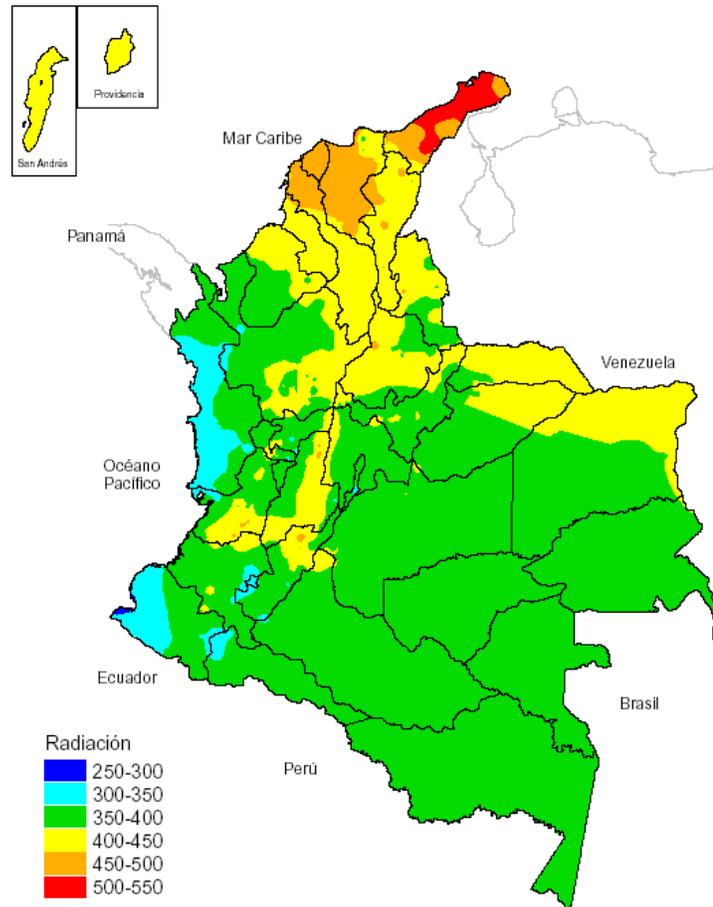
### 7.2.2. Radiación solar en Colombia

La radiación en Colombia actualmente es muy favorable para la producción de energía de los paneles solares esto se debe a que la posición del sol facilita la captación de energía y producción de la misma (Figura 9).

Los paneles solares fotovoltaicos producen cerca de  $150 \text{ a } 300 \text{ w/m}^2$  esto en base a un día soleado, lo cual a su vez se ve reflejado en una eficiencia del panel solar comprendida entre el 12% al 25%; la radiación en la tierra es de  $1 \frac{\text{kw}}{\text{m}^2}$ <sup>18</sup>

(ver anexo 1).

**Figura 2. Radiación solar global en el territorio colombiano.**



**Fuente.** IDEAM. Atlas de Radiación Solar de Colombia. Imprenta nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 2005.

Por otra parte, están produciéndose grandes avances en la tecnología fotovoltaica y ya existen paneles experimentales con rendimientos superiores al 40% en comparación a la mayoría de los paneles solares que existían previamente y que tienen un rendimiento del 12% - 25%.<sup>19</sup>

La península de La Guajira es la región de mayor radiación solar en Colombia, con 7,55 KWh/m<sup>2</sup> en el mes de julio, valor que desciende hasta 6,16 KWh/m<sup>2</sup> en diciembre; de igual manera pasa en el valle geográfico del río Cauca, el valle del río

<sup>19</sup>BIO-FAUA. Información de paneles fotovoltaicos [en línea]. Publicado en 2012.[ citado 29 de abr. de 16] página web. <http://arquifotovoltaico.blogspot.com/2012/02/informacion-de-paneles-fotovoltaicos.html>.

Magdalena hasta la costa Atlántica y la zona de Cúcuta. En la región Andina el altiplano Cundí-boyacense, con 5,58 KWh/m<sup>2</sup> en febrero, descienden gradualmente hasta 4,88 KWh/m<sup>2</sup> en junio; nuevamente incrementa poco a poco hasta septiembre, para descender hasta noviembre. El resto de la región Andina presenta el mismo comportamiento durante el año con menores valores<sup>20</sup>. En resumen, se puede argumentar que Colombia posee un potencial energético solar promedio bastante adecuado (cercano a 4,5 KWh/m<sup>2</sup>), para ser aprovechado por medio de los paneles fotovoltaicos.

Debido a estas condiciones de irradiación y capacidad solar privilegiada que tiene el país, desde la década de los 80 se viene incursionando en las tecnologías de energía solar; por ejemplo, algunas unidades residenciales construidas en sectores de Ciudad Salitre y Ciudad Tunal en Bogotá, y Villa Valle de Aburra en Medellín, se vienen instalando sistemas de paneles solares para calentar autónomamente el agua de miles de tanques de reserva.

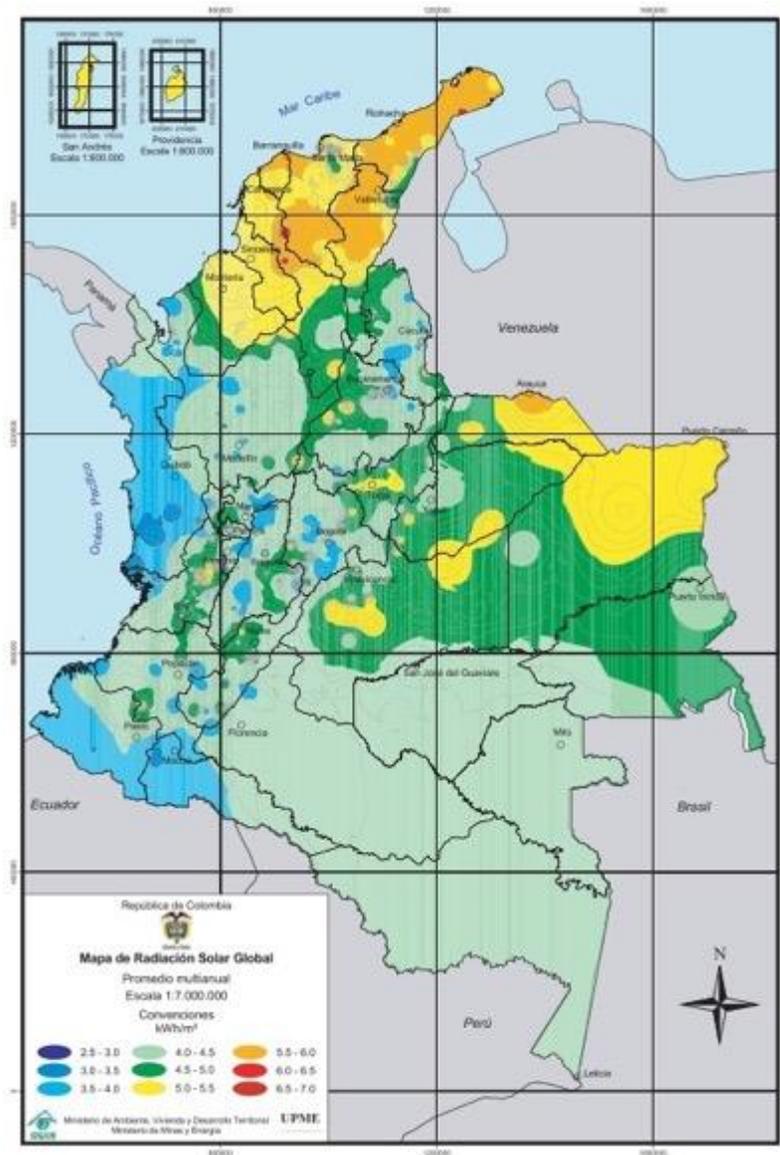
En la actualidad la producción de energía proveniente de la fuente solar es menor del 3% de la energía producida total en el país, es por ello que se viene planificando a futuro la instalación de sistemas de energía alternativa que tengan la capacidad de producir hasta 20 MW, también se estudian proyectos para instalar células fotovoltaicas independientes en postes de luz y otras plazas públicas, pero estos proyectos solo dependen del soporte y garantía que los importadores y distribuidores de dicha tecnología puedan brindar, para con ello generar la confianza necesaria a una tecnología que hasta ahora comienza a tomar fuerza en el país.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> IDEAM. *Atlas de Radiación Solar de Colombia*. [citado el 29 de abr. de 16] Bogotá: Imprenta nacional de Colombia, 2005.

<sup>21</sup> EL TIEMPO, REDACCION. WWW.ELTIEMPO.COM. [en línea] artículo publicado el 15 de 06 de 2015. [citado el 29 de abr. de 16] pagina web <http://www.eltiempo.com/contenido-comercial/especiales-comerciales/energia-solar-en-colombia/15901037>.

**Figura 3. Mapa de radiación solar en Colombia promedio multianual.**



**Fuente.** IDEAM. Atlas de Radiación Solar de Colombia. Imprenta nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 2005.

En el país existen otros tipos de proyectos como el que lidera EPM en asociación con el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (Ipse) con el cual se lleva luz a veredas del bajo Cauca antioqueño, dándole la posibilidad de disfrutar de servicio energético a más de 580 personas y 6 escuelas en estos lugares, con una generación eléctrica autónoma de

más de 1.025 W; o también el laboratorio de energía solar más grande del país por parte de la empresa de energía del Pacífico (EPSA) que se lleva a cabo en Yumbo (Valle del Cauca) y el cual se conecta a su red eléctrica interna “y provee hasta un 5 por ciento de la demanda que abastece al complejo, gracias a una tecnología combinada de módulos solares de silicio mono-cristalino, poli-cristalino y amorfo de capa delgada. Este laboratorio fue creado para aportar a la disminución de la huella de carbono, desarrollar investigación aplicada para la producción de energías renovables y liderar el cambio nacional en este tipo de iniciativas.”<sup>22</sup> (Figura 3).

### **7.2.3. Captadores solares térmicos**

Los captadores térmicos son el medio por el cual se puede aprovechar la energía del sol, estas plataformas pueden variar según propósito y funcionalidad, van desde paneles solares hasta bombas de calor para aprovechar el calor del ambiente, del agua, del aire o de la misma tierra.

- **Paneles (captadores) solares térmicos.**

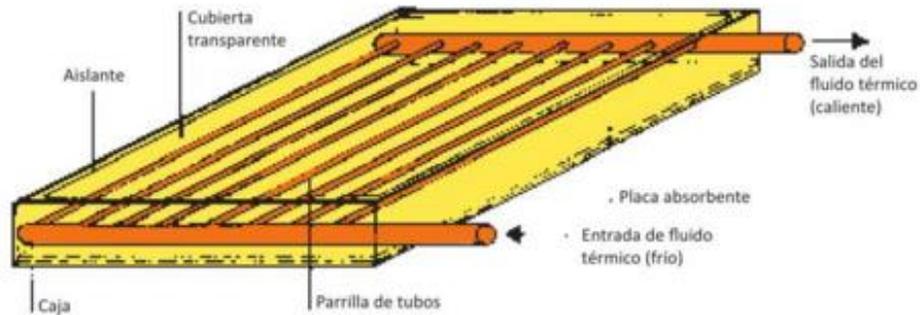
Los paneles solares o también llamados placas solares, son placas de forma geométrica más comúnmente rectangular construidos con diseño de caja, físicamente este panel está compuesto por dos placas, la superior por lo general transparente, donde en el interior se encuentra un diseño tipo serpentín, con un fluido térmico en su interior el cual hace la función de transformación de energía por medio de un ciclo continuo de flujo<sup>23</sup> (Figura 4).

---

<sup>22</sup> EL TIEMPO, REDACCION. WWW.ELTIEMPO.COM. [en línea] artículo publicado el 15 de 06 de 2015. [citado el 29 de abr. de 16] página web <http://www.eltiempo.com/contenido-comercial/especiales-comerciales/energia-solar-en-colombia/15901037>.

<sup>23</sup> Lpld., página 76-77.

**Figura 4. Esquema Captador solar térmico.**



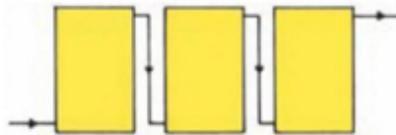
**Fuente.** Libro Energías renovables “lo que hay que saber” de José Roldan, editorial Paraninfo [En Línea].

- **Conexión paneles o captadores térmicos.**

Para el manejo de este tipo de panel existen tres tipos fundamentales de conexión con diferentes propósitos, pero este sistema se da cuando el circuito de conexión está compuesto por dos o más paneles térmicos.

**Acoplamiento en serie**, este acoplamiento tiene como características principales la elevación de la temperatura final del agua bajando el rendimiento de la instalación, no es un método muy aconsejable, pero es uno de los más comunes por su funcionalidad (Figura 5).

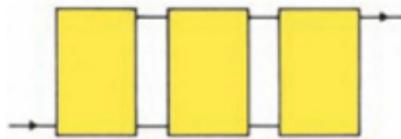
**Figura 5. Acoplamiento en serio de paneles térmicos.**



**Fuente.** Libro Energías renovables “lo que hay que saber” de José Roldan, editorial Paraninfo [En Línea].

**Acoplamiento en paralelo**, como principal característica de este acoplamiento es que como finalidad tiende a aumentar el caudal del agua caliente al suministrar el calor, para su implementación se debe tener claro las características del fabricante y además el número de paneles debe ser especificado para su implementación<sup>24</sup> (Figura 6).

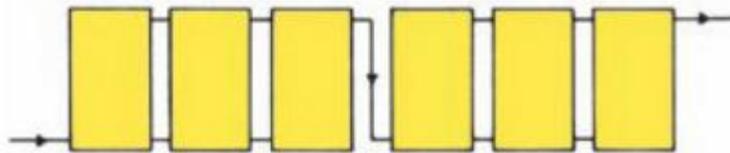
**Figura 6. Acoplamiento paralelo de paneles térmicos.**



**Fuente.** Libro Energías renovables “lo que hay que saber” de José Roldan, editorial Paraninfo [En Línea].

**Acoplamiento mixto**, como principal característica de este sistema es que como finalidad tiende a aumentar el caudal y la cantidad de calor aportada, con las determinadas restricciones y características de cada sistema combinado<sup>25</sup> (Figura 7).

**Figura 7. Acoplamiento Mixto de paneles térmicos.**



**Fuente.** Libro Energías renovables “lo que hay que saber” de José Roldan, editorial Paraninfo [En Línea].

---

<sup>24</sup> Lpld., pagina 77-78.

<sup>25</sup> Lpld., pagina 78.

#### 7.2.4. Energía solar fotovoltaica

La energía solar proveniente de mecanismo fotovoltaicos o llamada tecnología fotovoltaica, es aplicable a sistemas alejados de la red de distribución, o en sistemas de generación distribuida, esto es debido a que estos sistemas debe generar energía en los lugares más cercanos o próximos al punto de consumo, debido a su aplicación.

Como principal uso se destina para zonas excluida de una red principal de distribución eléctrica, generando una red independiente combinada con generación de electricidad cotidiana, como ejemplos de aplicación se tiene.

- Electrificación de electrodomésticos o bombas de agua.
- Electrificación de edificaciones alzadas, es decir alumbrado independiente, pequeños sistemas no pertenecientes a lo térmico.
- Alumbrado público aislado.
- Balizado y señalización.
- Protección catódica.
- Conexión a la red eléctrica de pequeñas centrales eléctricas que permitan disminuir las pérdidas en la red. Que actualmente es la alternativa que se está implementado y desarrollando con mayor interés.

Este medio de recolección eléctrica tiene diversas ventajas, como una de las principales es la nula contaminación ambiental, al igual que si extensa vida útil que es de un aproximado de (20 años), este sistema puede estar en funcionamiento en ambientes climáticos extremos, lluvia, viento, granizados fuertes y no requiere un mantenimiento muy técnico, solo se resume en mantener limpio el área de recolección de radiación para su funcionamiento, entre otras<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> JAVIER MARIA MENDEZ MUÑIZ Y RAFAEL CUERVO GARCIA, Energía solar fotovoltaica [en línea] EC editorial, 2nda Edición, ECA Instituto de Tecnología y Formación Madrid España 09 [citado el 15 de abril de 2016] Disponible en Internet: <<https://books.google.com.co/books?id=GZh1DGUQoOUC&pg=PA43&dq=evolucion+energia+solar&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwir7ZPm-oDMAhWMGB4KHSFiD1IQ6AEIUAF#v=onepage&q=evolucion%20energia%20solar&f=true>>.

### 7.2.5. Funcionamiento sistemas Fotovoltaicos.

Los sistemas con funcionalidad fotovoltaica es un grupo de componentes eléctricos, mecánicos y electrónicos además de componentes conductores con flujo de campo eléctrico que tiene como función recolectar la energía suministrada por el sol y transformarla en energía eléctrica, y dependiendo de sus características y potencia se clasifican en los siguientes grupos.

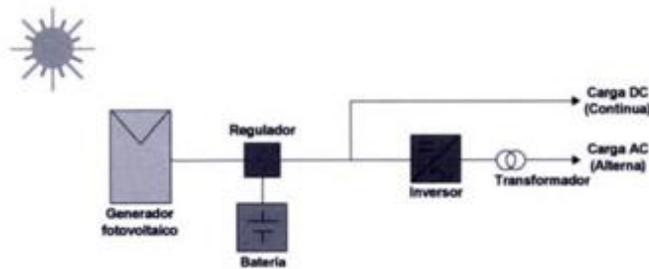
- Sistemas aislados (con o sin batería).
- Sistemas conectados a la red.
- Sistemas Híbridos. (combinando otro tipo de sistema de energía eléctrica).

Para empezar a explicar un sistema fotovoltaico, es necesario tener claro algunos componentes indispensables del sistema.

- **Generador Fotovoltaico**, es el encargado de recolectar y convertir la energía solar en corriente eléctrica mediante materiales de transmisión en las secciones fotovoltaicas.
- **Baterías**, este mecanismo es el encargado de almacenar la energía transformada por el generador fotovoltaico para poder tener una central de almacenamiento para así poder usarla en periodos de consumo diversos, de debe tener en claro que también sirve como medio para un flujo constante para cuando la demanda de energía eléctrica exceda la capacidad de producción del generador.
- **Regulador de carga**, el regulador de carga es el encargado de proteger y garantizar el mantenimiento de la carga en las baterías y evitar un corto o una sobretensión debido al manejo de sistemas alternos que pueda afectar todo el sistema.
- **Inversor (Acondicionador)**, este mecanismo es el encargado de transformar la corriente continua la cual es la que se maneja en el generador fotovoltaico, a corriente alterna, la cual es necesaria para alimentar algunas cargas comunes o principalmente para la inducción de la energía en la red de distribución eléctrica principal.

- **Elementos de protección (para el sistema del circuito)**, cuando se habla de un circuito eléctrico es necesario los elementos de protección, tanto para los mecanismos del sistema como los mecanismos dependientes de la red, se puede hablar de interruptores de desconexión, diodos de bloqueo, resistencias, fusibles, etc. Estos mecanismos deben estar dispuestos entre los elementos del sistema en caso de fallo o sobrecargas<sup>27</sup>(Figura 8).

**Figura 8. Esquema sistema Fotovoltaico.**



**Fuente.** Libro JAVIER MARIA MENDEZ MUÑIZ Y RAFAEL CUERVO GARCIA, Energía solar fotovoltaica, EC editorial, 2nda Edición [En Línea].

### 7.2.6. Sistemas Fotovoltaicos Aislados

Los sistemas fotovoltaicos aislados, tienen como principal objetivo compensar en su totalidad o parcialmente la demanda de energía eléctrica en alguna zona, estas generalmente son usados para lugares muy apartados o de difícil acceso, donde no existe una red eléctrica de distribución.

Estos sistemas tienen como principal característica un sistema de acumulación de energía, lo que significa que el campo de recolección fotovoltaico debe estar acorde a lo requerido, para ser más eficiente a la hora de insolación, y de alimentación de la carga t recarga de las baterías de acumulación, esto para proporcionar energía durante el día y la noche.

Igualmente existen sistemas que se implementan sin acumuladores, es decir sistemas que solo tienen funcionalidad cuando existe entrada de energía solar<sup>28</sup>.

<sup>27</sup> Lpld., pagina 38.

<sup>28</sup> Lpld., pagina 39-40.

Para la construcción de este sistema se necesitan en resumen los siguientes componentes:

- Modulo fotovoltaico.
- Regulador de carga.
- Sistema de acumulación.
- Inversor.
- Elementos de protección.

### **7.2.7. Sistemas Fotovoltaicos de conexión a la red.**

Estos sistemas son muy similares a los anteriores con la diferencia de no depender de un sistema de acumulación, ya que la energía producida en las horas de mayor intensidad solar, ya que la energía es canalizada directamente a la red eléctrica.

Los sistemas fotovoltaicos de conexión a la red, cuentan con seguimientos del estado de tensión de la red de distribución, para así tener un control tanto del funcionamiento del sistema como del suministro energético, para ver eficiencia en tiempo y evitar cualquier anomalía en el sistema además de ser eficiente es un poco más económico debido a la eliminación de las baterías que son una de las partes más complejas del sistema<sup>29</sup>.

Para la producción de estos sistemas se debe tener en cuenta los siguientes componentes.

- Modulo fotovoltaico.
- Inversor para conexión en la red.
- Elemento de protección del circuito.
- Contador de energía (mide la energía producida en el sistema durante el periodo de funcionamiento).

### **7.3. Paneles solares**

Existen diversos paneles solares que se usan para la recolección de energía, a grandes rasgos se tienen tres grupos principales, los térmicos, fotovoltaicos y los termodinámicos, cada uno con especificaciones y objetivos específicos. Cabe

---

<sup>29</sup> Lpld., pagina 40-41

resaltar que la fabricación de cada uno de los paneles solares necesita la implementación de tecnología de punta que a su vez resulta ser bastante compleja tanto en la fabricación como en la implementación, para obtener así unos sistemas tan precisos como eficientes en su funcionamiento y practicidad.

### 7.3.1. Panel solar fotovoltaico

Estos tipos de paneles fueron los primeros paneles con los cuales se incursiono en la generación de energía eléctrica por medio de energía solar directamente, como funcionalidad se basa en la captación de la radiación solar, por lo cual es indispensable su ubicación y tamaño, la radiación solar trasmite energía a los electrones permitiendo que estos se separen de protones y neutrones y forme un flujo o en otras palabras la radiación solar se trasmite a los electrones de los materiales semiconductores del panel, que consiguen así separarse del núcleo y trasladarse en el panel en forma de energía eléctrica<sup>30</sup>(Figura 9).

**Figura 9. Panel solar fotovoltaico**



**Fuente.** TIPOS DE PANELES SOLARES, Energía renovables, EL BLOG VERDE 14 MAY 2015 - Escrito por esthe [Línea].

---

<sup>30</sup> ESTHER PASCUAL, Bióloga, TIPOS DE PANELES SOLARES [en línea] ENERGIAS RENOVABLES 14 MAY 2015 [citado el 15 de abril de 2016] Disponible en Internet: <<http://elblogverde.com/tipos-de-paneles-solares/>>.

Este tipo de panel debido a ser el primero en implementarse tuvo una gran acogida a nivel mundial en sus inicios, pero en la actualidad debido al avance de otros tipos de paneles y su precio de fabricación se ha visto decaído en la implementación.

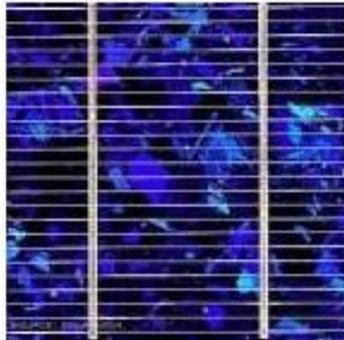
### 7.3.2. Tipos de paneles fotovoltaicos

La división de los paneles fotovoltaicos se da gracias a que se pueden construir de diferentes elementos semiconductores e incluso materiales orgánicos, para la mejora de estos y obtener una mayor eficiencia de producción.

- **Paneles solares de celdas de Silicio.**

Los paneles fabricados con celdas de silicio o también llamado ingost, son los más comunes en el mercado, debido a su ardua experiencia en implementación de este material en el panel y además de su larga vida útil que según la experiencia alcanza más de los 30 años de vida con un mantenimiento regular<sup>31</sup> (Figura 10).

**Figura 10. Panel solar con celda de Silicio (Poli-cristalina).**



**Fuente.** Paneles Solares, Tipos y Eficiencias, Delta Volt SAC, 2016 pág. Web. <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares> [Línea].

---

<sup>31</sup> Paneles Solares, Tipos y Eficiencias, [en línea) Delta Volt SAC, 2016 [citado el 29 de abril de 2016] pag Web. <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solare>.

De este tipo de panel se derivan dos tipos de compuestos en celdas, utilizando como componente principal el silicio.

- Silicio puro Mono cristalino, el cual está basado en secciones de una barra de silicio cristalizado en una sola pieza.
- Silicio puro poli cristalino, es el cual los materiales tienden a ser iguales a los de silicio mono-cristalino, con un proceso de cristalización diferente, este se basa en secciones de la barra de silicio que se ha cristalizado, de forma desordenada, en esta forma se puede conseguir más energía por el mismo precio al igual que las pérdidas en la recolección de energía solar son menores que la mono-cristalina.

- **Panel solar de capa fina.**

Los paneles solares de capa fina nacieron a partir de la necesidad de reducir costos de producción en cuanto a temas fotovoltaicos además de tener al igual un beneficio con la calidad de un panel fotovoltaico estándar, además se planteó como solución al problema de los escasos del silicio que se dio en una época a partir de la creación de mecanismos en base de este.

Se empezaron a investigar otro tipo de materiales, pero con la misma función o aplicación de ahí el inicio de los paneles de capa fina con silicio. De la construcción de estos paneles los más relevantes son los de capa delgada de cobre, indio y selenio (**CIS**) o de cobre, indio, galio y selenio (**CIGS**) y módulos de capa delgada a base de cadmio y telurio (**CdTe**)<sup>32</sup>(Figura 11).

**Figura 11. Panel solar de capa fina**



---

<sup>32</sup> Paneles Solares, Tipos y Eficiencias, [en línea] Delta Volt SAC, 2016 [citado el 29 de abril de 2016] pág. Web. <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solare>.

**Fuente.** Paneles Solares, Tipos y Eficiencias, Delta Volt SAC, 2016 pág. Web. <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares> [Línea].

- **Panel solar flexible**

Estas capas o celdas solares se hacen del principio de la celda de capa fina, con la propiedad de la flexibilidad a base de un polímero transparente lo cual lo hace, ideal para varias aplicaciones en la vida diaria, en la actualidad los paneles solares flexibles se han implementado en morrales, carros, estuches, con el fin de proporcionar energía eléctrica a aparatos de poco consumo con la comodidad de la portabilidad<sup>33</sup> (Figura 12).

**Figura 12. Panel solar flexible.**



**Fuente.** Paneles Solares, Tipos y Eficiencias, Delta Volt SAC, 2016 pág. Web. <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares> [Línea].

- **Paneles con capas transparentes**

Los paneles con capas transparentes se dan al igual por la evolución de tecnología, usa el mismo principio de funcionamiento, pero como característica distintiva es su

---

<sup>33</sup> Paneles Solares, Tipos y Eficiencias, [en línea) Delta Volt SAC, 2016 [citado el 29 de abril de 2016] pág. Web. <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solare>.

amplia aplicación a diferentes campos de trabajo, en la actualidad por la iniciativa de construcción edificaciones verdes con aplicación a energía renovable, este tipo de paneles han sido fundamentales para su aplicación, puesto que él se pueden ubicar en diferentes zona un ejemplo de ello son los ventanales, los tejados o zonas con alto índice de iluminación.

- **Celdas orgánicas**

Las Celdas orgánicas son las celdas que se está desarrollando para su uso en la vida rutinaria debido a su naturaleza, el profesor Celda Grätzel ha desarrollado un proyecto de material simple similar a la fotosíntesis con características muy prometedoras. Esta tecnología todavía en desarrollo puede llegar a ser muy útil en un futuro puesto que pone en práctica el uso del cambio de temperatura en un cuerpo y aprovecha esa energía de calor en energía eléctrica.

- **Celdas de concentración**

Este tipo de celda se da en el desarrollo de una mejor alternativa de aprovechamiento de la radiación eléctrica enfocando la luz en unos pocos puntos con alto índice de aprovechamiento. Esta característica de implemento en algunos paneles fotovoltaicos comunes, aumentando así su eficiencia pero al igual su costo por lo cual se ha limitado mucho su construcción e implementación<sup>34</sup>.

### **7.3.3. Interruptor de transferencia eléctrica**

Al hablar de un sistema de switcheo automático se refieren muchas variables que implican un sistema de abastecimiento para algún tipo de elemento en especial; la versatilidad que se puede tener en estos sistemas es realmente amplia puesto que cada uno de los sistemas presenta variedad de alternativas a la hora de conseguir el objetivo de suministro casi inmediato en caso de micro-cortes, apagones, descargas, sobretensiones, fallas o faltas de cualquier tipo de fuente de alimentación primaria.

---

<sup>34</sup> Paneles Solares, Tipos y Eficiencias, [en línea) Delta Volt SAC, 2016 [citado el 29 de abril de 2016] pág. Web. <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solare>.

En el caso particular de la energía solar adquirida por medio de captación con ayuda de paneles solares fotovoltaicos se encuentra que la energía eléctrica principal, es decir la suministrada por la empresa de servicios, no siempre tiene que ser una fuente o recurso principal sino que por el contrario los diferentes tipos de paneles e instalaciones hacen que se pueda convertir en una fuente nula; teniendo claro lo anterior se puede ahondar en el tema de los sistemas de respaldo energético o también conocidos como sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) haciendo énfasis en el abastecimiento automático por método de switcheo.

- **Definición de interruptor de transferencia eléctrica**

Método de switcheo consiste en el uso e implementación de un interruptor de transferencia eléctrica este terminal se encarga de cambiar la alimentación entre dos fuentes distintas; en general se encarga de cambiar de una fuente primaria como la que es provista por las empresas de energía a una suplente que actúe de manera secundaria siendo un sistema de respaldo energético automático de emergencia, el terminal, también se encarga de mantener por separado las dos fuentes de alimentación a la cual esté conectado y de este modo hace eficiente y seguro el cambio de energías de cualquiera de las dos fuentes (Figura 13).

**Figura 13. Interruptor de transferencia eléctrica**



**Fuente.** Cómo funcionan los interruptores de transferencia eléctrica, ehowenespañol.com, escrito por Vee Enne [en línea] [http://www.ehowenespanol.com/funcionan-interruptores-transferencia-electrica-como\\_48652/](http://www.ehowenespanol.com/funcionan-interruptores-transferencia-electrica-como_48652/)

- **Funcionamiento de los interruptores de transferencia eléctrica.**

El funcionamiento de los interruptores de transferencia eléctrica tiene la particularidad de funcionar de manera automática sin necesidad de la supervisión de un humano sino simplemente con la ayuda de mediciones constantes que le permiten determinar si hay algún tipo de falla y decidir entre una fuente de alimentación y la otra.

- **Acción del interruptor de transferencia automática.**

La manera de actuar de un interruptor de transferencia automático se deriva de las fallas que el sistema presente o de la falta de energía eléctrica en un circuito específico. Con lo cual busca abastecer de manera eficaz al sistema sin que este se vea afectado por lo tanto al cambiar las fuentes de alimentación se asegura de manera inmediata que estas no generen inconvenientes para la red eléctrica a la cual esté conectado.

- **Interruptores de transferencia automática**

Actualmente en el mercado existen dos tipos de interruptores de transferencia eléctrica, los manuales y los automáticos la diferencia entre ambos se basa en la avanzada tecnología que compone a cada uno, por ejemplo, el interruptor manual es deficiente a la hora de proporcionar un control de huecos de tensión lo que quiere decir que si hay una reducción abrupta de la tensión de alimentación la cual se comprende entre el 90% y el 1% de la tensión nominal el interruptor manual no será capaz de cambiar la fuente de manera autónoma. Contrario a lo que es capaz de hacer el interruptor de automático que gracias a su revisión constante en los picos de tensión mantiene los procesos críticos y los atiende de manera automática y deja los no críticos a la manera manual<sup>35</sup>.

---

<sup>35</sup> Vee Enne, Cómo funcionan los interruptores de transferencia eléctrica, [en línea], 2016 [citado el 29 de abril de 2016] pág. Web. [http://www.ehowenespanol.com/funcionan-interruptores-transferencia-electrica-como\\_48652/](http://www.ehowenespanol.com/funcionan-interruptores-transferencia-electrica-como_48652/).

## 8. DISEÑO DEL PROYECTO

El proyecto consistió en diseñar e implementar un sistema de suministro energético de respaldo basado en energías renovables y en sistemas de automatización comerciales; el cual provee de energía eléctrica a una vivienda estándar de acuerdo al establecimiento de circuitos prioritarios, es necesario tener claro las tecnologías y términos que en la actualidad se poseen en cuanto a energías alternativas e implementación de sistemas automatizados y de control en zonas residenciales.

Para el desarrollo en campo fue necesario conocer y evaluar la zona en la cual se desarrolló el proyecto pues permitió tener claro el tipo de suministro alternativo que era más apropiado de implementar, se estaría hablando de sistemas eólicos, solares, bioenergía, energía geotérmica, etc. Para el caso particular se implementó un sistema de energía solar fotovoltaico.

En casos residenciales es más común usar el suministro energético por medio solar por diversas razones, precio, espacio, recolección de energía, facilidad de manejo etc. es por eso que la iniciativa de desarrollo se inclinó más por esa opción. El predio se estableció como uno residencial es decir un caso corriente con una vivienda estándar, al tener esto claro se hizo el estudio de consumo, la casa a automatizar inicialmente se estableció fuera de Bogotá en un clima templado-cálido, es una casa de campo que después de realizar el estudio preliminar se dictaminó que gracias a las condiciones de la zona y a la infraestructura se adaptó perfectamente para el desarrollo del proyecto.

Se estableció específicamente el sistema eficiente de recolección de energía eléctrica y que además cumpla a cabalidad con la necesidad que requiere el consumo de la casa, como se dijo anteriormente se trabajó con energía solar, lo cual conllevó a evaluar su recolección y el estudio de consumo de cada uno de los componentes eléctricos y a la par se empezó con el estudio de las zonas prioritarias de la vivienda, para continuar el desarrollo hay se contempló que la vivienda ya estaba construida en su totalidad lo cual hizo que las variables de estudio fueran en específico diferentes.

En este caso en el que la vivienda se encontraba ya construida se conocieron los planos eléctricos, así se conoció la distribución, puntos de registro y puntos de entrada del flujo eléctrico, el paso a seguir fue el estudio de consumo y las zonas a las cuales se les debió dar prioridad, explicando más adelante en el documento la razón.

Una vez obtenido los estudios de consumo y de recolección de electricidad, se procedió al desarrollo del sistema de almacenamiento de energía, pues se aclara que este es un sistema de respaldo del sistema principal, lo cual indica que es un sistema que se activara por medio de una conmutación automática que a su vez va a ser activado cuando el flujo de energía eléctrica principal sea nulo y no sea apto para su distribución por la vivienda, en el sistema se estableció que debe proporcionar “5 horas” de flujo constante y óptimo funcionamiento, lo cual indica que el estándar de almacenamiento es de 5 horas. Por último, se continuó con el estudio del sistema de almacenamiento para que este cumpla con estas características y que además fuera compatible con el sistema de recolección.

Al tener establecido el sistema con sus diferentes pruebas y estudios se procedió a la instalación en la vivienda, al igual que los sistemas de automatización que brindaron una información continua del consumo y de las zonas preferenciales, estos sistemas de automatización, se encargaron de brindar información de consumo en tiempo real para zonas específicas.

Fue necesario para tener una seguridad de los sistemas y dispositivos implementados en el proyecto realizar pruebas y chequeos en tiempo real, por lo cual se estableció un tiempo estimado, para registrar y chequear el funcionamiento del sistema, se realizaron pruebas simuladas de cortes de energía y se observó el tiempo de respuesta, además se evaluó el funcionamiento del sistema de chequeo y la distribución de energía dentro de la casa, insistiendo en el suministro constante en las zonas con prioridad que se establecieron previamente.

Una vez se cumplieron todos los pasos y la instalación fue perfectamente funcional se dio por completado el proyecto, pero de igual manera se estipulo un lapso de tiempo de disponibilidad técnica en caso de alguna falla en el sistema.

Es necesario saber que, para cada paso a trabajar tanto en el sistema de respaldo energético por medios renovables, como en el sistema eléctrico de la casa, es obligatorio tener conocimiento de electricidad y energías renovables al igual que en automatización y domótica inalámbrica. Esto se acota con el fin de dejar en claro que el proyecto requirió de una gran capacidad técnica un buen conocimiento eléctrico y habilidades ingenieriles en programación, electrónica, mecánica, automatización entre otras.

A continuación, se presentará el esquema general explicando el funcionamiento real del sistema de suministro energético fotovoltaico basado en energías renovables (ver figura 14).

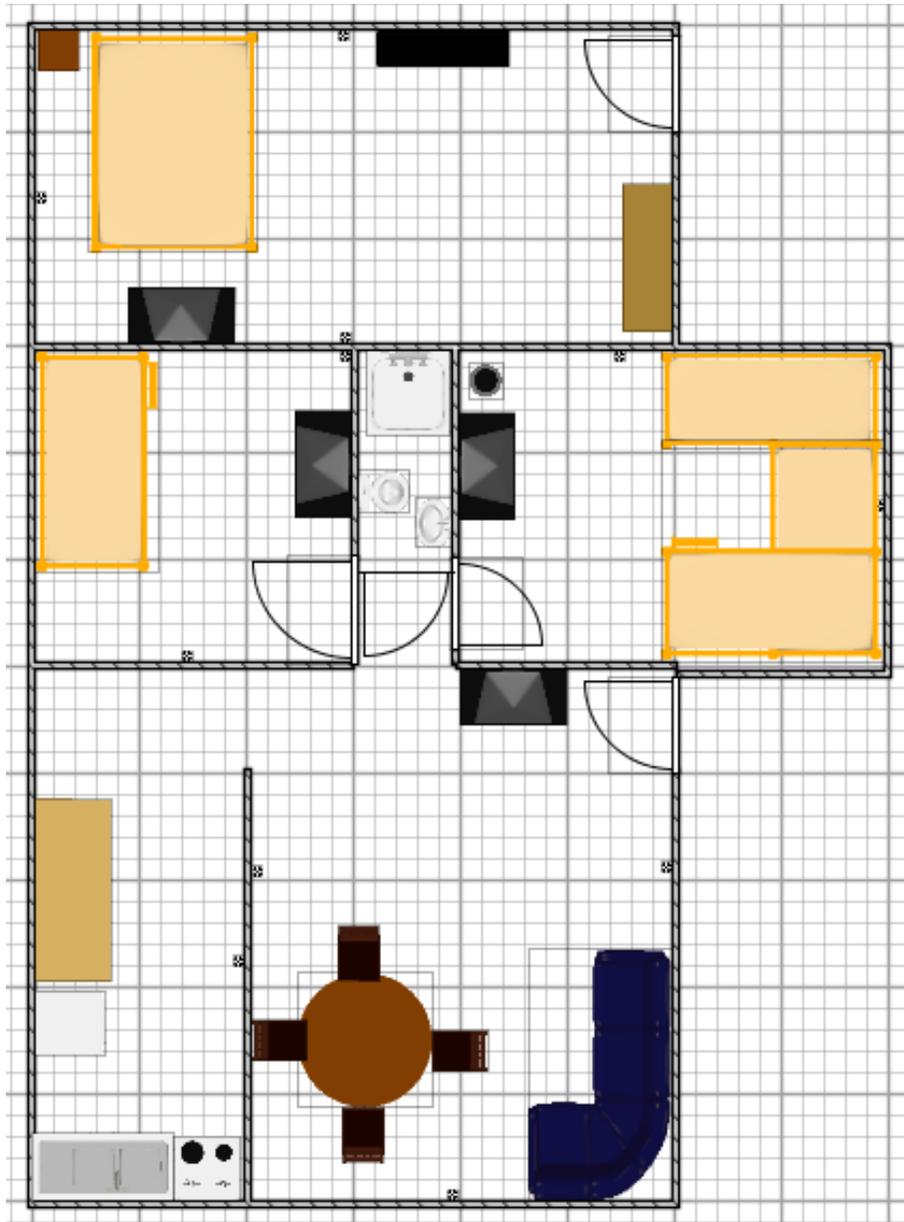
**Figura 14. Esquema general a implementar en la vivienda**



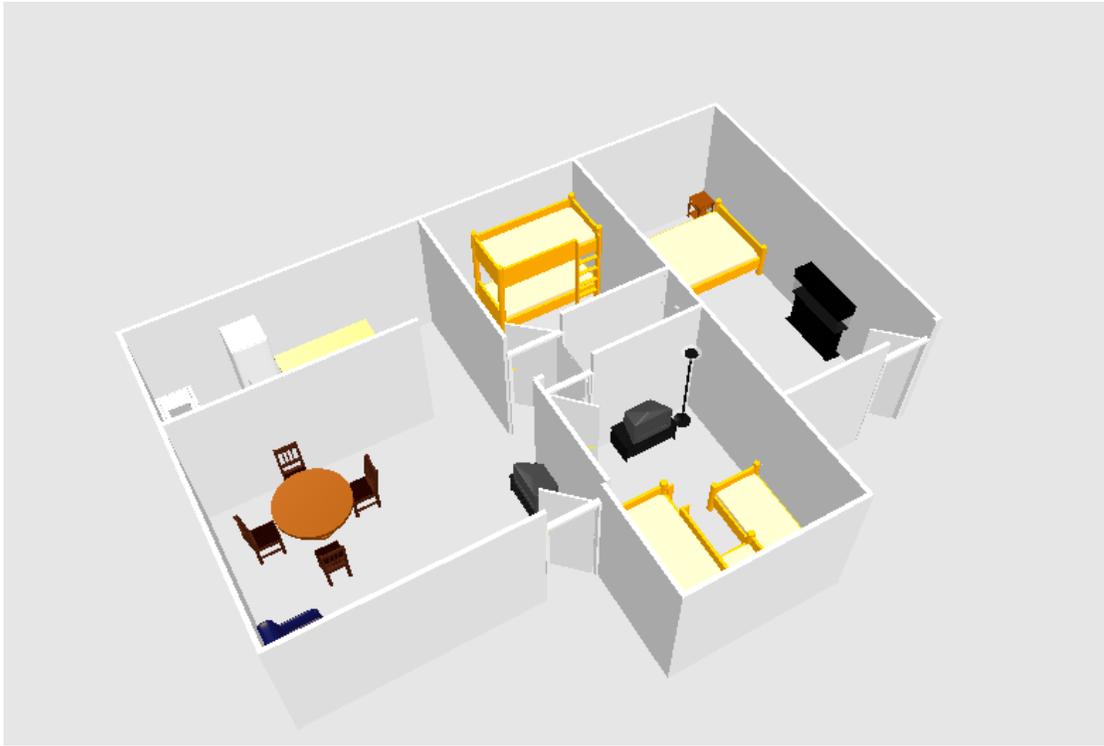
**Fuente.** Elaboración propia con imágenes reales.

## 8.1. PLANO DE LA VIVIENDA

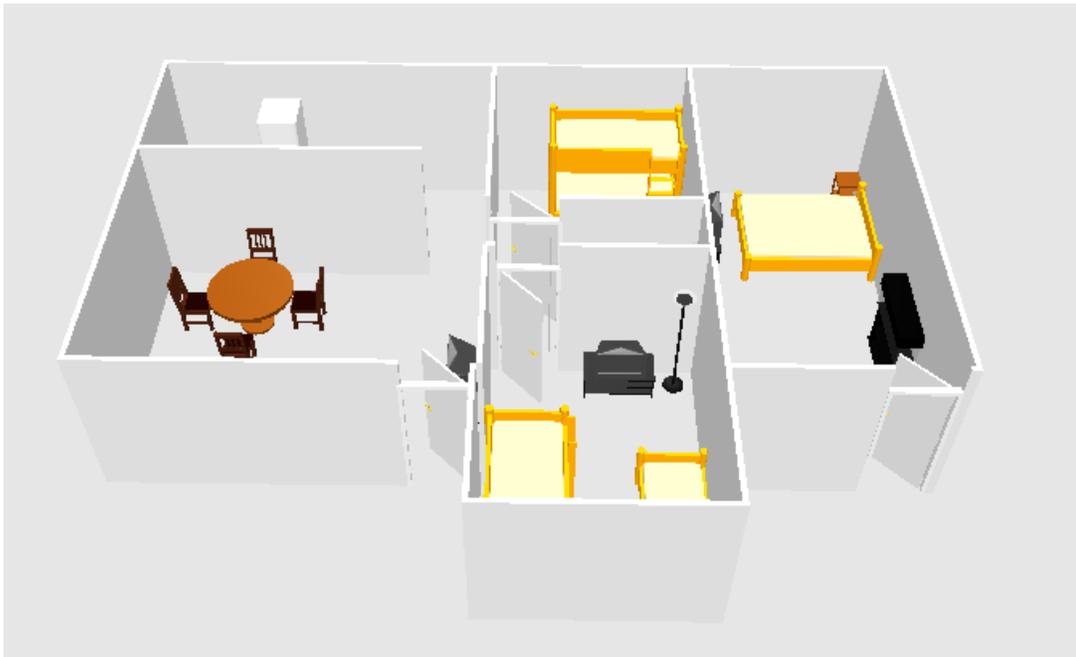
Con intención de definir el espacio de trabajo; se realizó, con la herramienta de diseño set home 3d, el plano de la vivienda en la cual se implementó el sistema de suministro energético solar.



FUENTE. Elaboración propia



**FUENTE.** Elaboración propia.



**FUENTE.** Elaboración propia.

## 8.2. ESTUDIO DEL CONSUMO LA VIVIENDA ESTANDAR

Según Construmática, una vivienda Estándar es “*Vivienda típica que, por diseño y equipamiento, responde a las necesidades de los principales grupos de convivencia dentro de la sociedad (familia tipo: padres, hijos).*”<sup>36</sup> Donde en Colombia se está establecida por una serie de estándares de tablas donde se estima una serie de rango en su división. Según la revista de economía de la Universidad del Rosario de Colombia<sup>37</sup>, se estableció una tabla estadística describiendo los modelos de viviendas donde las casas estándar entran e rango de descripción (Tabla 2).

**Tabla 1. Descripción de las variables incluidas en PSM y modelos de viviendas**

	Tipo de variable	Media	Desv. Est	Mínimo	Máximo
Número de dormitorios	Continúa	1,84	0,84	1	7
Habitaciones adicionales	Continúa	1,01	0,89	0	9
Cocina	Catagórica	0,89	0,31	0	1
Al menos un baño por hogar	Catagórica	0,83	0,37	0	1
Paredes de ladrillo/bloque	Catagórica	0,98	0,12	0	1
Pisos de baldosín/ladrillo/vinisol	Catagórica	0,76	0,43	0	1
Apartamento	Catagórica	0,68	0,47	0	1
Gas natural	Catagórica	0,68	0,47	0	1
Estrato 3 ó 4	Catagórica	0,41	0,49	0	1
Estrato 5 ó 6	Catagórica	0,04	0,19	0	1
Quinto quintil de ingreso	Catagórica	0,16	0,36	0	1
Muestra expandida		2,436,557			

**Fuente.** Tomado de Índice de precios espacial para la vivienda urbana en Colombia: una aplicación con métodos de emparejamiento de Luis Galvis y Bladimir Carrillo [en Línea], **Elaborado por los autores a partir de la GEIH.**

<sup>36</sup> Construmática, Meta-portal de Arquitectura, Ingeniería y construcción [en línea] Grupo Intercom (Citado el 05 de mayo del 2016] pág. Web. [http://www.construmatica.com/construpedia/Vivienda\\_Est%C3%A1ndar](http://www.construmatica.com/construpedia/Vivienda_Est%C3%A1ndar).

<sup>37</sup> Luis Galvis y Bladimir Carrillo, de Índice de precios espacial para la vivienda urbana en Colombia: una aplicación con métodos de emparejamiento [en línea] Revista de Economía del Rosario. Vol. 16. No. 1. Enero - Junio 2013. 25 – 59,[citado el 05 de mayo del 2016] pág. Web. [http://www.urosario.edu.co/economia/documentos/v16\\_n1Galvis\\_Carrillo/](http://www.urosario.edu.co/economia/documentos/v16_n1Galvis_Carrillo/)

Gracias a que la vivienda se encuentra entre Los parámetros establecidos en la tabla anterior (ver tabla 2) se puede asegurar que la vivienda a trabajar entra en el rango de descripción del artículo lo cual sustenta el término de “vivienda estándar”.

### 8.2.1. Consumo eléctrico de una vivienda estándar.

Para realizar este estudio fue necesario, la consulta de la empresa que suministre energía eléctrica en la zona donde está ubicada la vivienda, es importante conocer esta información para dar un dictamen verdadero acerca del consumo de la vivienda de la relación costo-beneficio de la implementación del sistema, establecido para una vivienda de estrato 3, en un periodo mensual el cual se estipulo en el mes de abril, en una vivienda donde habitan 4 personas.

**Tabla 2. Simulador de Consumo eléctrico de la vivienda**

No	Equipo	No de Equipo.	Horas de uso (Día)	Kw/h por día	Valor por hora
1	Bombillo ahorrador	16	4	0,02	\$8,0
2	Secador de pelo	1	10 minutos	1,78	\$712,2
3	Licuadaora	1	10 minutos	0,35	\$140
4	Nevera	1	1	0,06	\$24
5	Estufa	1	1	1,50	\$600,2
6	Lavadora	1	2	0,33	\$132
7	Plancha	1	2	1,20	\$480,1
8	Impresora Laser	1	10 minutos	0,11	\$44
9	Computador	1	1	0,10	\$40
10	Calentador Eléctrico	1	1	1,50	\$600,2
11	Ventilador	8	4	0,05	\$20
12	Reproductor DVD	1	1	0,03	\$12
13	Equipo de Sonido	1	1	0,08	\$32
14	Televisor	3	2	0,11	\$44
15	Teléfono Inalámbrico	1	30 minutos	0,03	\$12
<b>Total Consumo</b>		<b>39</b>		<b>7,25</b>	

**Fuente.** Elaboración Propia

Según la empresa de suministro el consumo en promedio mensual sería de 325,6 KWh, Con una referencia del valor mensual en Pesos colombianos de \$121,170.00, donde es estándar es de cálculo por 30 días y se puede deducir que en promedio el consumo es:

$$\frac{315,6KWh}{30} = 10,52 KWh \text{ por Dia} \rightarrow \frac{10,52 KWh}{24}$$

$$= 0,438 kWh \text{ Como promedio de Consumo}$$

Con esta fórmula se logra conocer el valor del *kWh* el cual es dado por la empresa de suministro eléctrico de la zona y se logra estipular cada uno de las variables que se deben tratar para conocer dicho consumo en *kWh* catalogándolo como promedio de consumo diario; es decir que se conoce el consumo en 24 horas en la vivienda. Las variables que se deben conocer para conseguir el dato que hará posible que la energía eléctrica suministrada por las baterías al hogar supla la necesidad completa en un día normal de gasto eléctrico son:

- (G) Generación.
- (T) Transmisión.
- (D) Distribución.
- (C O CV) Comercialización.
- ( P O PR) Perdidas.
- (R) Otros Cargos.
- 

Estas variables son provistas por la empresa de energía y solo se es necesario el reemplazarlas en la formula anterior.

### **8.2.2. Consumo energético de la vivienda fruto de estudio y análisis.**

Para poder realizar el consumo eléctrico de la vivienda y proceder a la instalación del sistema de respaldo, es necesario evaluar cada uno de los dispositivos en la vivienda y evaluar el lapso de tiempo en funcionamiento, es decir tener claro cuál es el consumo máximo de la vivienda partiendo de los electrodomésticos, luces y aparatos eléctricos funcionando al 100% y determinando las horas de mayor consumo eléctrico en la vivienda.

Para ello se debe tener claro los siguientes aspectos.

- Consumo muerto o consumo nulo, como su término lo aclara es cuando el electrodoméstico está en un estado off o apagado, pero al igual está conectado el flujo eléctrico o toma eléctrica.
- Consumo activo, es cuando el aparato eléctrico o electrodoméstico está en funcionamiento o activo.
- Consumo en (stand-by), es cuando el aparato está en descanso, pero continuamente disponible para la activación, como ejemplo los tv, donde están disponibles para la recepción del infrarrojo del control remoto.

Ya los demás aspectos varían respecto a la marca o tipo de aparato, donde los mismos fabricantes son los que proporcionan sus características de funcionamiento y consumo, además de la fiabilidad en cuanto a uso en prioridad de uso abarcando ciertamente su consumo total.

Como los datos encontrados en la literatura técnica no satisfacen la necesidad de información completa se decidió, realizar el estudio pertinente en la casa fruto de ese estudio se puede apreciar a continuación, en la tabla 3, donde se encuentran los resultados de consumo en la vivienda a nivel de práctica, donde se evaluaron cada una de las características ya descritas.

Además del consumo en promedio por día y horas, para así evaluar cuál es el día y cuál es el lapso en horas del día donde el consumo energético es más elevado y requiere de mayor disponibilidad de flujo constante para la construcción del sistema de respaldo (tabla 4).

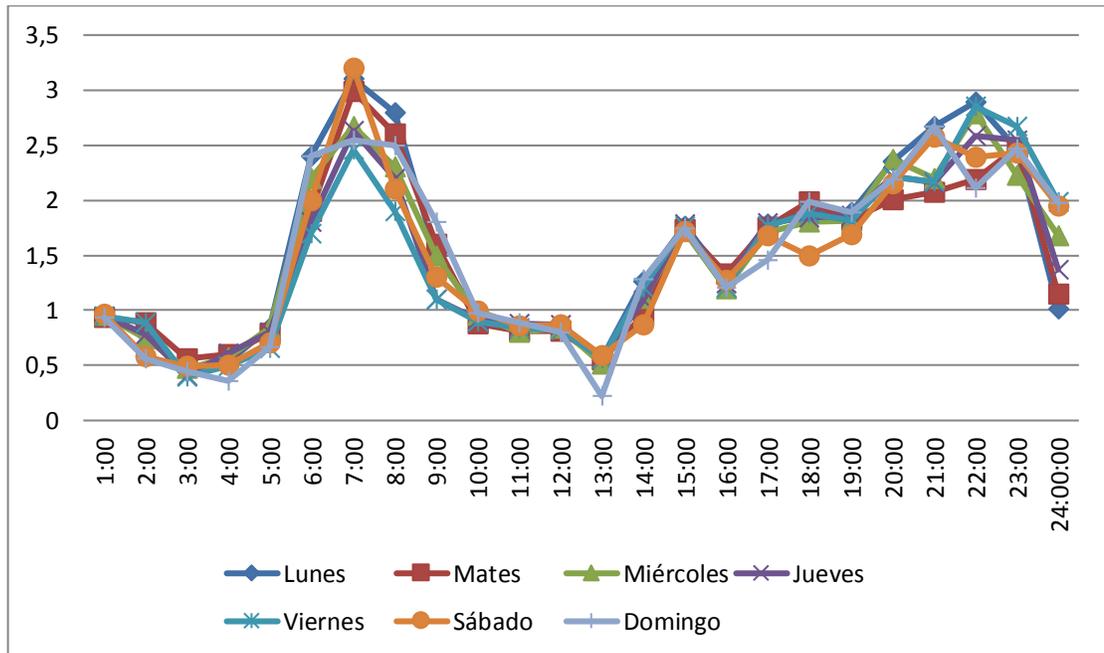
**Tabla 3. Consumo en “KWh” de la Vivienda (Semanal).**

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
01:00	0,95	0,94	0,96	0,95	0,95	0,97	0,94
02:00	0,78	0,89	0,74	0,78	0,89	0,58	0,56
03:00	0,45	0,56	0,47	0,41	0,40	0,49	0,45
04:00	0,53	0,60	0,57	0,61	0,49	0,50	0,36
05:00	0,84	0,79	0,84	0,80	0,66	0,71	0,67
06:00	2,4	1,9	2,2	1,8	1,7	2,0	2,4
07:00	3,1	2,99	2,67	2,63	2,46	3,2	2,55
08:00	2,8	2,6	2,3	2,2	1,9	2,1	2,5
09:00	1,5	1,6	1,5	1,1	1,1	1,3	1,8
10:00	0,98	0,88	0,96	0,92	0,90	0,99	0,98
11:00	0,86	0,81	0,80	0,88	0,84	0,86	0,89
12:00	0,87	0,81	0,84	0,87	0,82	0,87	0,80
13:00	0,56	0,55	0,51	0,56	0,56	0,59	0,22
14:00	1,26	0,96	1,11	1,09	1,21	0,87	1,28
15:00	1,77	1,74	1,72	1,78	1,77	1,72	1,75
16:00	1,29	1,33	1,20	1,25	1,21	1,27	1,21
17:00	1,78	1,76	1,71	1,79	1,77	1,68	1,46
18:00	1,89	1,99	1,80	1,84	1,88	1,50	1,99
19:00	1,89	1,82	1,81	1,86	1,81	1,69	1,89
20:00	2,35	2,01	2,37	2,22	2,21	2,15	2,19
21:00	2,67	2,07	2,20	2,16	2,17	2,57	2,67
22:00	2,89	2,19	2,79	2,58	2,85	2,39	2,11
23:00	2,47	2,48	2,23	2,55	2,67	2,43	2,47
24:00	1,01	1,15	1,68	1,37	1,99	1,95	1,98
<b>C.P.</b>	<b>1,5787</b>	<b>1,4758</b>	<b>1,4991</b>	<b>1,4583</b>	<b>1,4670</b>	<b>1,4741</b>	<b>1,505</b>

Fuente. Elaboración Propia.

A partir de la tabla anterior se debe aclarar que, el consumo estipulado en la misma, y con el cual se va a trabajar es un consumo energético elevado, se trabajara así para garantizar que el sistema de respaldo va a ser acorde al consumo de la casa y no va a quedar corto en cuanto a suministro de flujo energético, además el saber el consumo es indispensable para la selección del sistema a montar en la vivienda, para mayor claridad se desarrollara un mapa (tabla 4) de consumo gráfico, y se deducirá cual es el consumo promedio en horas durante una semana en la vivienda a implementar.

**Tabla 4. Grafico tendencia de consumo energético semanal**



**Fuente.** Elaboración Propia.

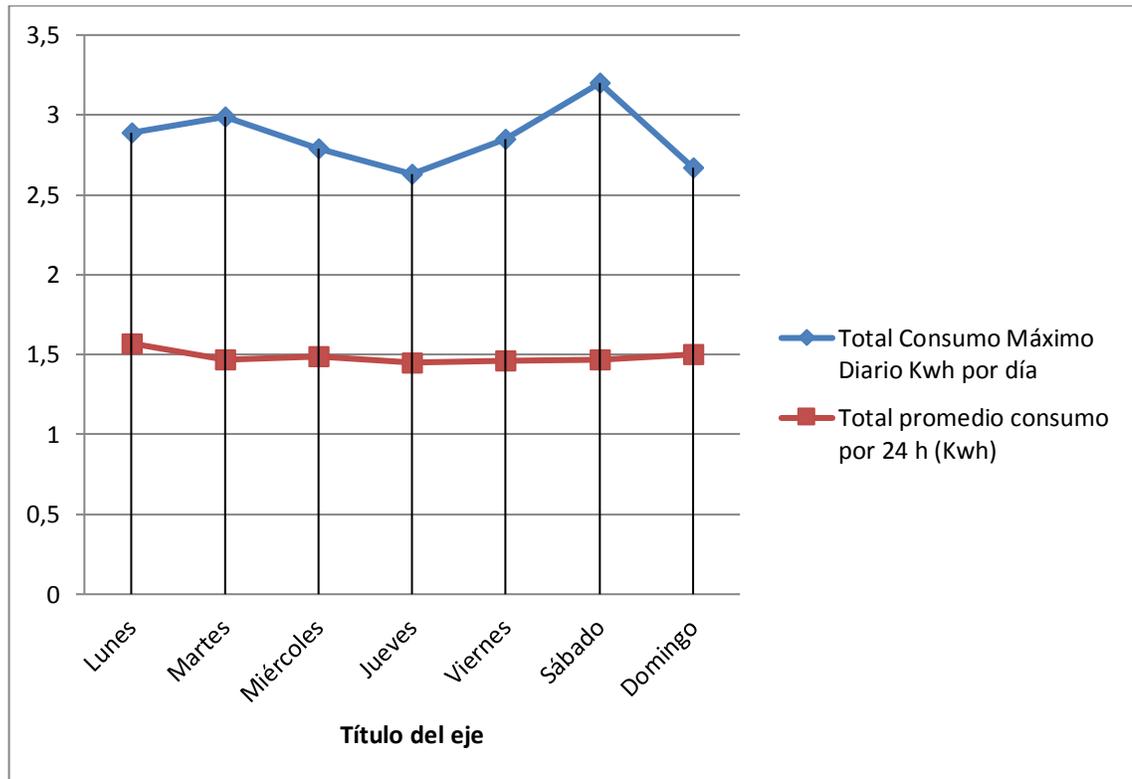
Teniendo el consumo semanal, es necesario conocer el consumo máximo energético que se da en la semana, para así tener claro el requerimiento de energía que se debe tener para la implementación del sistema energético de respaldo (tabla 5).

**Tabla 5. Consolidados consumo diario y consumo promedio.**

Día	Total Consumo Máximo Diario KWh por día	Total promedio consumo por 24 h (Kwh)
Lunes	2,89	1,5787
Martes	2,99	1,4758
Miércoles	2,79	1,4991
Jueves	2,63	1,4583
Viernes	2,85	1,4670
Sábado	3,2	1,4741
Domingo	2,67	1,505

**Fuente.** Elaboración Propia

**Tabla 6. Gráfico de tendencia consumo energético promedio.**



**Fuente.** Elaboración Propia

De acuerdo con los datos obtenidos se puede concluir que, el consumo máximo en kwh es de (1,5787), que se da debido a la actividad de consumo de la casa, este consolidado indica que el sistema a instalar es idóneo ya que está diseñado para un consumo máximo de 3,5 kwh, por un lapso de 5 horas, cabe aclarar que los datos trabajados son tomados en condiciones de consumo máximo, lo que puede dar mayor flexibilidad para la selección del sistema de recolección de energía eléctrica.

Como sustento de consumo se tiene una factura actualizada de luz de la empresa Codensa, donde el promedio de consumo mensual en una vivienda de Bogotá estrato 3 es de 218kWh mes, lo que indica lo siguiente:

$$218 \frac{kwh}{mes} \rightarrow \frac{218kwh}{30 \text{ Dias}} = 7,266 \text{ kwh} \rightarrow \frac{7,266 \text{ kwh}}{24 \text{ horas}} = 0.3kwh \text{ consumo promedio}$$

**Tabla 7. Estudio diario y mensual de un consumo energético máximo en extremas condiciones.**

No	Equipo	No de Eq.	Potencia (WTTS)	Horas de uso (Día)	Kw/h por día	Kw/h por mes
1	Nevera	1	350	1	0,35	10.5
2	Cocina Eléctrica	1	4500	2	9	270
3	Horno Microondas	1	1200	1	1,2	36
4	Plancha	1	1000	2	2	60
5	Licuada	1	300	1	0,3	9
6	Lavadora	1	500	1	0,5	15
7	Bombillas Exterior	8	60	5	2,4	72
8	Bombillas Interior	8	40	6	1,92	57.6
9	Bombillas bajo consumo Exterior	2	25	5	0,25	7.5
10	Bombillas bajo consumo Interior	2	15	6	0,18	5.4
11	Televisor 20"	2	200	2	0,8	24
12	Televisor 42"	1	820	1	0,82	24.6
13	Calentador de Agua	1	1500	1	1,5	45
14	Secador de pelo	1	1200	1	1,2	36
15	Ventilador	8	500	4	16	480
16	Teléfono Inalámbrico	2	30	1	0,06	1.8
17	Reproductor DVD	1	200	1	0,2	6
18	PC de mesa	1	350	1	0,35	10.5
19	PC portátil	2	90	1	0,18	5.4
20	Impresora	1	150	1	0,15	4.5
21	Router Inalámbrico	1	15	24	0,36	10.8
<b>TOTAL PROM. DE DATOS</b>		<b>47</b>	<b>13045</b>	<b>68</b>	<b>1,655</b>	<b>1242</b>

Fuente. Elaboración Propia

### 8.3. EVALUACIÓN DEL SUMINISTRO ENERGETICO

Inicialmente para poder seleccionar el sistema de recolección de energía eléctrica renovable, es necesario conocer las diferentes variables de estudio y con estas conseguir que el sistema de recolección escogido sea el más viable en cuanto a costo beneficio comprendiendo como beneficio la cantidad de recolección de energía y la cantidad de energía eléctrica provista por el sistema a la vivienda.

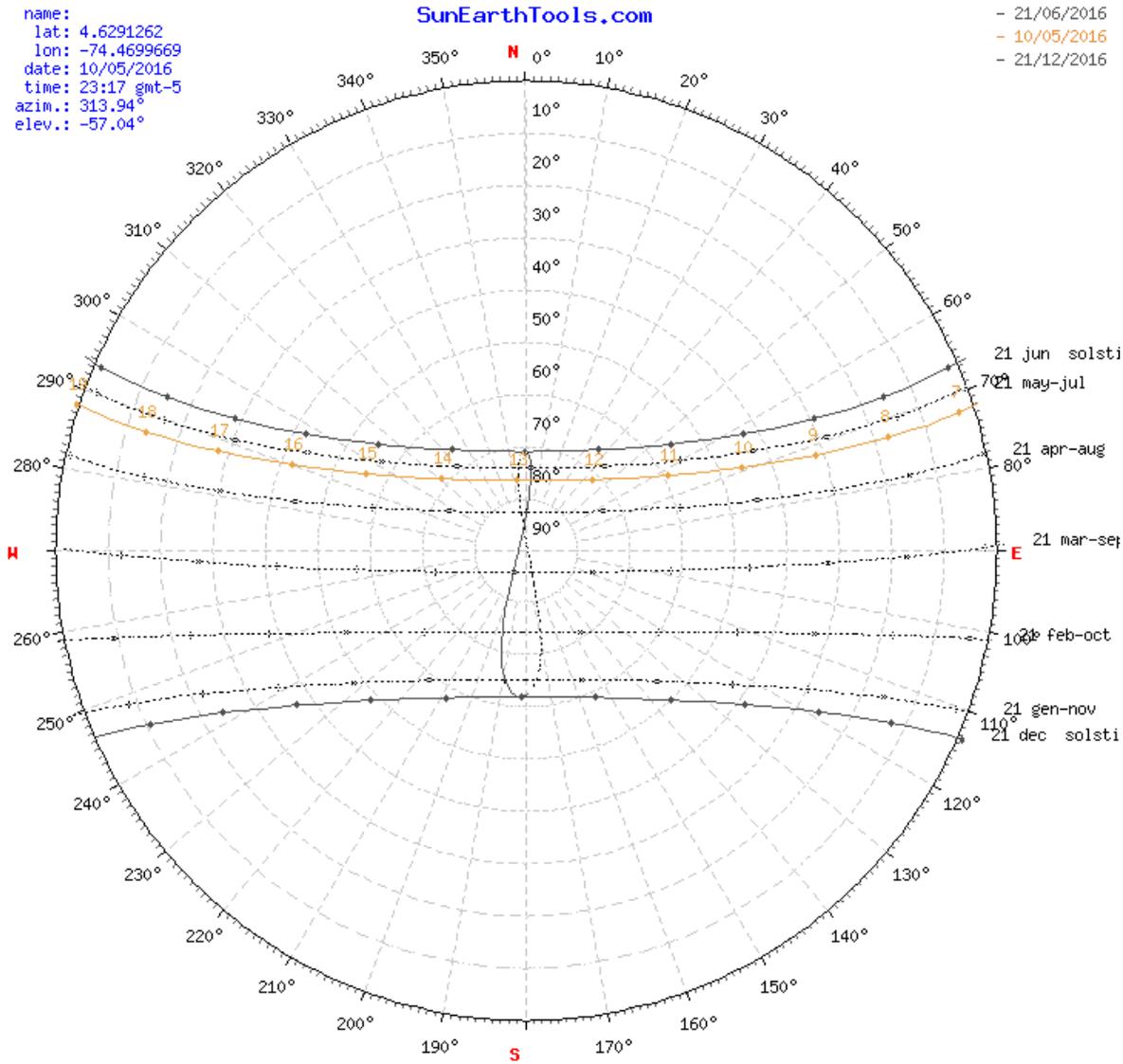
Para poder seleccionar que tipo y que características de paneles se debe implementar es necesario conocer la zona donde van a ser ubicados, hablando de la variación en temperatura y la posición favorable del sol para así dar las características del ángulo a posicional de los paneles solares para que la recolección energética sea la más óptima posible (figura 15).

**Figura 15. Mapa ubicación solar en la zona específica de la vivienda**



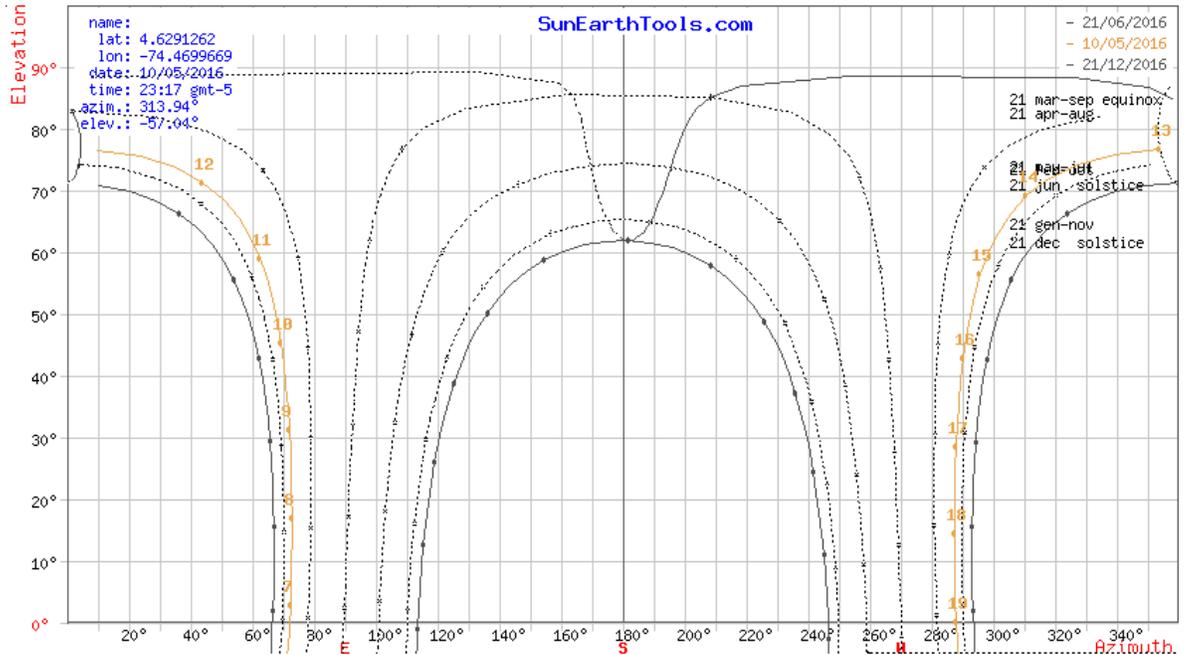
**Fuente.** Elaboración Propia con base en el programa [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es)

**Figura 16. Diagrama (1) en grados solar en la zona específica de la vivienda**



**Fuente.** Elaboración Propia con base en el programa [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es)

**Figura 17. Diagrama (2) en grados solar en la zona específica de la vivienda**



**Fuente.** Elaboración Propia con base en el programa [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es)

**Tabla 8. Reporte grados de radiación en la zona de la vivienda**

sol" posición	Elevación	Azimut	latitudes	longitudes
10/05/2016 23:17   GMT-5	-57.04°	313.94°	4.6291262° N	74.4699669° W
crepúsculo	Sunrise	Puesta de sol	Azimut Sunrise	Azimut Puesta de sol
crepúsculo -0.833°	06:44:48	19:03:48	72.07°	288.06°
crepúsculo civil -6°	06:22:58	19:25:37	71.53°	288.61°
Náutica" crepúsculo -12°	05:57:32	19:51:05	70.7°	289.46°
El crepúsculo astronómico -18°	05:31:56	20:16:43	69.6°	290.56°
la luz del día	hh:mm:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	Mediodía
10/05/2016	12:19:00	00:00:12	-00:00:12	12:54:18

**Fuente.** Elaboración Propia con base en el programa [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es)

**Tabla 9. Reporte (horas-grados) de radiación en la zona de la vivienda**

Fecha:	10/05/2016   GMT-5	
coordinar:	4.6291262, -74.4699669	
ubicación:	Cl. 10 #25c-2 a 25c-108, La Mesa, Cundinamarca, Colombia	
hora	Elevación	Azimut
06:44:48	-0.833°	72.07°
7:00:00	2.77°	72.35°
8:00:00	17.04°	72.77°
9:00:00	31.3°	71.93°
10:00:00	45.41°	69.18°
11:00:00	59.09°	62.41°
12:00:00	71.26°	44.05°
13:00:00	76.69°	354.08°
14:00:00	69.17°	310.79°
15:00:00	56.53°	295.86°
16:00:00	42.73°	290.18°
17:00:00	28.58°	287.89°
18:00:00	14.32°	287.33°
19:00:00	0.07°	287.98°
19:03:48	-0.833°	288.06°

**Fuente.** Elaboración Propia con base en el programa [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es)

### 8.3.1. Estudio Selección de los dispositivos del mecanismo energético.

Actualmente los paneles solares fotovoltaicos se han convertido en materia prima en el mercado y por tanto la fabricación de los mismos ha alcanzado niveles astronómicos para la industria; sin embargo, al referirnos a los tipos de fabricación, los paneles solares fotovoltaicos solo tienen una única cosa en común, que son fabricados con alguna variación de silicio la cual depende de la pureza en la misma para cambiar las condiciones, capacidades y especificaciones. A continuación, se mostrarán los diferentes tipos de paneles y se explicaran las ventajas y desventajas

de cada uno; En cuanto a los tipos producidos solo se encuentran tres alrededores del mundo; estos son:

### 8.3.1.1. Panel fotovoltaico mono-cristalino de celdas de silicio

Estas celdas solares conocidas como celdas de silicio mono-cristalino (mono-Si) se encuentran de manera abundante en la industria siendo los más vendidos por su funcionalidad, una de las principales características para la diferenciación es la coloración y la uniformidad (ver imagen 18) que presenta; lo cual indica a su vez que tiene una pureza de silicio bastante alta casi de un 95 %. Esta alta pureza le ofrece al panel solar la capacidad de una mejora óptima en cuanto a la conductividad eléctrica y también una notable mejora en la capacidad de conducir energía térmica<sup>38</sup>.

**Figura 18. Panel solar fotovoltaico mono-cristalino**



**Fuente.** Celdas solares mono-cristalinas, enerwork [en línea]

<http://www.enerwork.com/wp-content/uploads/2013/08/12v-80w-monocrystalline-solar-panel-rigid.jpg>

---

<sup>38</sup> Energías Renovables, Información sobre energías renovables, energía solar, energía eólica, biomasa, biogás, energía geotérmica, energía de los océanos, pilas de combustible (hidrógeno), etc. [en Línea] publicado noviembre 25, 2014 [Citado el 11 de Abril del 2016] pág. Web. <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>

Debido a que la fabricación de estos paneles solares consta del uso de bloques de silicio o también conocidos como in gots, los cuales son de forma cilíndrica con el fin de optimizar el rendimiento y conseguir una producción más económica; por celda, se hace un recorte en las esquinas, esto las convierte en láminas de silicio y le da una forma característica, que permite diferenciarlas de los poli-cristalinos que tienen celdas totalmente rectangulares.

### **VENTAJAS DE LOS PANELES SOLARES MONOCRISTALINOS**

- Cuando se presentan condiciones de poca potencia lumínica la absorción del este tipo de paneles es mucho mayor en comparación con la de los poli-cristalinos.
- En el mercado actual encontramos que muchos de los fabricantes de paneles solares de tipo mono-cristalino dan garantía por sus productos hasta de 25 años; esto se debe a que la vida útil de estos paneles es considerablemente más larga que la de los de tipo poli-cristalino.
- Al hablar del rendimiento, todos los paneles solares presentan una reducción del mismo en temperaturas altas o en zonas cálidas lo cual ocurre de manera más notoria en los paneles poli-cristalinos que en los mono-cristalinos.
- Gracias a la alta pureza de silicio que se encuentra en la fabricación de estos paneles mono-cristalinos la eficiencia y productividad energética está por encima del 15 % y en algunos casos particulares está por encima del 21 % dependiendo de la marca.

### **DESVENTAJAS PANELES MONOCRISTALINOS:**

- Si se presentan condiciones lumínicas deficientes o agentes externos que puedan cubrir o sombrear a los paneles como nieve o suciedad, esto puede averiar el sistema entero, por suerte, esto se puede solucionar con el uso de micros inversores, pero por esto no deja de ser una desventaja.
- El material para la producción por el tipo de proceso es poco aprovechado pues se desperdicia una gran cantidad al hacer el recorte de las esquinas.

- El costo es mucho más elevado a comparación de los poli-cristalinos y los de capa fina.

### 8.3.1.2. Paneles poli cristalinos de silicio

Estos paneles son los más antiguos que se encuentran en el mercado; tras su aparición en 1981 se han realizado mejoras sustanciales y gracias a que no se fabrican por el método Czochralski (método de recorte en los bloques de silicio) como sucede en los paneles mono-cristalinos la producción es mucho más elevada en cuanto a cantidad. Este proceso es mucho más simple únicamente se usa un proceso de fundición de silicio que termina en láminas de forma rectangular y cuadrada (ver figura 19)<sup>39</sup>.

**Figura 19. Paneles solares fotovoltaicos poli-cristalinos**



**Fuente.** Energías renovables, Tipos de paneles fotovoltaicos [en línea]  
<http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>

---

<sup>39</sup> Energías Renovables, Información sobre energías renovables, energía solar, energía eólica, biomasa, biogás, energía geotérmica, energía de los océanos, pilas de combustible (hidrógeno), etc. [en Línea] publicado noviembre 25, 2014 [Citado el 11 de Abril del 2016] pág. Web. <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>

## VENTAJAS PANELES POLI-CRISTALINOS

- Gracias a que no se usa el método Czochralski no se obtiene desperdicio de silicio lo cual hace la fabricación mucho más económica y también los costes que se encuentran en el mercado actual.

## DESVENTAJAS PANELES POLI-CRISTALINOS

- la resistencia y vida útil de los poli-cristalinos se ve muy afectada con el calor lo cual hace que su funcionamiento disminuya en gran proporción en comparación con los otros tipos de paneles.
- El espacio que ocupan es mucho mayor lo cual hace que al usarlos se necesite una superficie mucho más grande para cualquier construcción o proyecto.
- Su eficiencia en comparación de porcentajes con los mono-cristalinos es menor en casi un 60 %.

### 8.3.2. Paneles solares fotovoltaicos de capa fina

Siendo los más demandados en el mercado por costo y fabricación son los únicos paneles que se pueden hacer con varios materiales como silicio amorfo (a-Si), telururo de cadmio (CdTe), cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o de células fotovoltaicas se **seleccionó como primera opción** gracias a su eficiencia situada entre el 7-13% son considerados ideales para el uso doméstico<sup>40</sup>.

---

<sup>40</sup> Energías Renovables, Información sobre energías renovables, energía solar, energía eólica, biomasa, biogás, energía geotérmica, energía de los océanos, pilas de combustible (hidrógeno), etc. [en Línea] publicado noviembre 25, 2014 [Citado el 11 de Abril del 2016] pág. Web. <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>

**Figura 20. Paneles solares fotovoltaicos de capa fina.**



**Fuente.** Energías renovables, Tipos de paneles fotovoltaicos [en línea]  
<http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>

### **VENTAJAS**

- Su fabricación es realmente simple esto los convierte en los más económicos en el mercado.
- Su aspecto es muy uniforme. (ver figura 20)
- Son muy flexibles y permiten adaptarse a varias superficies.
- Su rendimiento es constante sin importar la fuente lumínica es decir la producción y captación es la misma sin importar sombras, suciedad o altas temperaturas.

### **DESVENTAJAS**

- Su eficiencia es bastante menor lo cual hace que se necesiten muchos paneles para conseguir una producción aceptable por tanto una superficie de construcción muy amplia.

- Su vida útil es mucho menor por tanto en el mercado los fabricantes ofrecen muy poca garantía.
- Los costos de instalación se elevan bastante debido a que al hacer uso de más paneles también hay que usar más baterías más cableado etc.

Luego del estudio de los diferentes tipos de paneles solares el paso a seguir es encontrar el que mejor se adapte a la necesidad del proyecto. En primer lugar, se debe conocer el cuadro de cargas para saber qué cantidad de energía se necesita captar y almacenar para alimentar el sistema completo.

**Tabla 10. Cuadro de cargas para el dimensionamiento del sistema solar**

<b>CANTIDAD</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>POTENCIA(VATIOS)</b>	<b>TIEMPO (HORAS)</b>	<b>Wh</b>
6	Electrodomésticos secundarios nevera lámparas de piso y microondas	10	8	480
4	Luces habitación principal y conexiones ac	3	8	480
5	Electrodomésticos principales televisores	20	4	400
1	Iluminación total sala comedor piscina	1500	1	1500
1	conexión ac para equipo sonido	300	2	600
			total	3.460 Wh

**Fuente.** Elaboración Propia

Para dejar en claro la anterior tabla (ver tabla 11) es necesario decir que lo que lo que se denomina en la columna elemento es escogido a necesidad única y propia

de cliente por tanto este es quien escoge que dispositivos son los que necesita priorizar y cuales se requiere sean secundarios en la vivienda.

Al tener el cuadro de cargas se puede proceder a la búsqueda del panel solar que mejor se adapte. Para la escogencia se tuvieron en cuenta diferentes marcas, tipos y fabricantes con el único objetivo de buscar mayor potencia con una relación de costo y espacio necesario para la construcción lo menor posible. Se buscaron paneles solares fotovoltaicos con potencias mayores a los 180 W debido a que estos paneles ocupan menos espacio en el techo de la construcción.

**Tabla 11. Tabla comparativa de precios y potencias de diferentes marcas, tomadas de la tienda virtual**

REFERENCIA	POTENCIA	PRECIO
<b>KYOCERA KD215GX-LFBS</b>	215W	\$880.000
<b>SolarWorld Sunmodule SW 245</b>	245 W	\$1'070.000
<b>SunTech STP215 - 20/Wd</b>	215 W	\$820.800
<b>Canadian Solar CS6P</b>	245W	\$1'100.000

Fuente. Elaboración Propia

Al hacer la revisión de las cuatro propuestas se concluyó que los paneles solares que mejor se adaptaban a las exigencias del diseño del proyecto eran los Suntech STP215-20/Wd y también su costo en el mercado era el más económico y accesible.

### 8.3.3. Estudio y cálculo del ángulo de inclinación

Es necesario para cualquier instalación a nivel de paneles solares o fotovoltaicos saber aprovechara la mayor parte de radiación suministrada por el sol, esto depende claramente de la ubicación del sol en la zona implicada y fundamentalmente en el ángulo de inclinación del sistema de paneles al igual que el funcionamiento de los colectores solares.

Colombia al ser un país privilegiado tanto por su ubicación como por sus pisos térmicos y altitud, nos proporciona condiciones idóneas para la instalación de estos mecanismos de energías renovables preferiblemente si la fuente de energía es la solar.

Cabe acotar que la posición de los paneles solares es indispensable debido a la zona de radiación colombiana sea hacia el **sur**.

Se debe tener claro el lugar a trabajar, en este caso el proyecto está ubicado en la mesa Cundinamarca (Colombia), donde según los estudios del ideam con ayuda de la Universidad Nacional de Colombia, tenemos los siguientes datos de radiación por zona

**Tabla 12. Promedio horario de la radiación (Wh/m<sup>2</sup>)**

ESTACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (BOGOTÁ)												
PROMEDIO HORARIO DE LA RADIACIÓN (Wh/m <sup>2</sup> )												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3
1-2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4	0,2	0,4	0,4
2-3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3
3-4	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3
4-5	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,2	0,4	0,3
5-6	0,2	0,1	0,3	1,3	2,5	1,9	1,2	1,2	2,0	3,0	2,7	0,7
6-7	31,8	28,1	39,5	52,9	66,3	62,0	55,2	50,6	60,2	71,0	61,4	50,2
7-8	184,9	162,3	149,3	177,2	188,3	188,0	191,0	172,9	180,6	205,6	198,3	208,9
8-9	351,3	342,2	264,3	309,3	294,4	291,3	313,7	290,8	284,5	346,4	356,3	378,8
9-10	507,6	455,8	366,7	388,1	391,4	389,5	399,7	387,8	399,5	457,6	458,6	504,3
10-11	589,9	543,7	469,8	425,6	431,5	447,8	476,8	467,0	460,2	501,8	519,1	545,5
11-12	607,4	544,1	483,3	433,2	455,7	497,2	520,6	491,4	489,4	458,0	488,2	533,5
12-13	560,1	503,8	433,2	412,9	464,7	490,0	544,6	494,3	481,1	442,4	414,1	491,1
13-14	475,7	465,6	389,8	365,9	404,2	476,3	499,4	457,5	432,5	393,3	355,3	423,4
14-15	375,9	357,0	313,5	307,7	334,2	391,8	404,2	392,0	398,2	315,9	274,7	348,9
15-16	304,4	275,2	231,1	225,1	245,4	275,5	292,9	305,2	298,4	209,9	188,3	254,7
16-17	171,2	145,7	145,0	135,4	143,1	158,6	177,2	168,1	168,4	111,0	90,2	124,9
17-18	46,4	48,7	47,7	35,6	35,7	46,3	59,4	48,9	34,5	16,7	13,0	26,0
18-19	0,5	0,9	0,7	0,2	0,3	0,5	1,1	0,9	0,4	0,3	0,4	0,4
19-20	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2
20-21	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3
21-22	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2
22-23	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3
23-0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3	0,2
Acumulada diaria	4207,3	3873,1	3334,2	3270,4	3457,9	3716,7	3937,1	3728,5	3690,0	3533,0	3420,7	3891,2

Entre 0 y 200 (Wh/m<sup>2</sup>)

Entre 200 y 400 (Wh/m<sup>2</sup>)

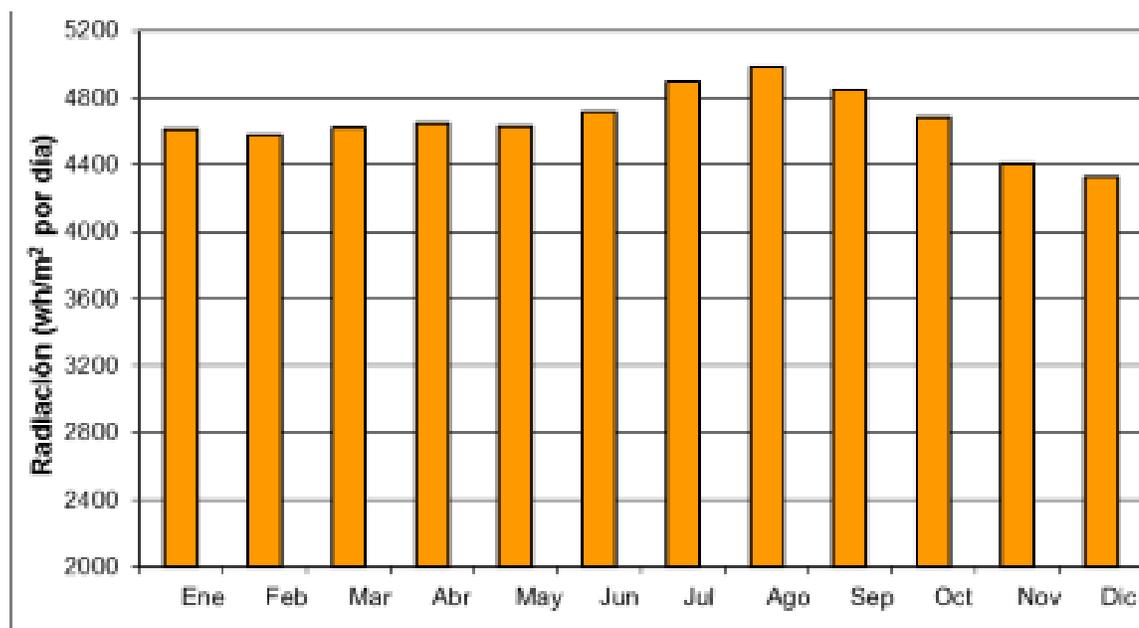
Entre 400 y 600 (Wh/m<sup>2</sup>)

Entre 600 y 800 (Wh/m<sup>2</sup>)

Mayor a 800 (Wh/m<sup>2</sup>)

**Fuente.** Atlas interactivo IDEAM [en Línea] Irradiación Global Horizontal Colombia año 2016

**Figura 21. Promedio mensual global en la zona**



**Fuente.** Atlas interactivo IDEAM [en Línea] Irradiación Global Horizontal Colombia año 2016.

Como se observa en las tablas en la zona en específico se maneja un promedio de radiación de 4,5 – 5 KWh/m<sup>2</sup>, donde la mayor temporada de radiación corresponde a los meses de Julio, agosto y septiembre, alcanzando los 4,9-5 KWh/m<sup>2</sup>.

Es de saber que generalmente para la instalación de mecanismos fotovoltaicos la inclinación angular de los paneles se recomienda que fuese de 10° a 20°, debido a la eficiencia, acumulación del polvo y acumulación del agua.

En este caso se utilizara la expresión de [Duffie y Beckman, 1996; Bériz, 1977]<sup>41</sup>, donde expresa con la expresión ( $\beta$ ), el ángulo de incidencia de la radiación solar directa al plano a trabajar.

$$\cos \theta = \cos(L - \beta) * \cos \delta * \cos \omega + \sin(L + \beta) * \sin \delta$$

<sup>41</sup> OMAR FRANCO TORRES y MARÍA TERESA MARTÍNEZ GÓMEZ, Atlas interactivo IDEAM [En Línea] Irradiación Global Horizontal Colombia año 2016 43 [citado en 07 de Mayo de 2016] Disponible en Internet: <<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>>.

Dónde:

$\theta$  = *Angulo de incidencia formado por la normal de la superficie .*

$L$  = *Latitud del Punto de Superficie.*

$\beta$  = *Angulo de inclinación.*

$\delta$  = *Declinación.*

$\omega$  = *Angulo horario*

Para desarrollar el sistema se necesita conocer las coordenadas exactas del lugar de instalación del sistema, en este caso se utilizó la herramienta, google maps, para su ubicación exacta.

Latitud:

Longitud:

Donde de acuerdo a la formula anterior se determina la declinación solar ( $\beta$ ),

$$\beta = 23,45 * \sin \left( 360 * \frac{284 + \delta_n}{365} \right)$$

Donde

$\delta_n$  = *dia del año*

Para el desarrollo de este formula se debe plantear la selección de los días al cual se aplicará el estudio, en este caso se selecciona los últimos días de cada mes del año presente 2016 para el desarrollo de la formula, sabiendo que a medida que se pasa de mes se debe tener en cuenta la cantidad de día del mes anterior al estudiado, es decir se debe aplicar la formula a los días dándole sumatoria a los mese continuos.

Enero (31).

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 31}{365}\right) = 17,78^\circ$$

Febrero (60)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 60}{365}\right) = 8,29^\circ$$

Marzo (91)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 91}{365}\right) = 4,01^\circ$$

Abril (121)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 121}{365}\right) = 14,90^\circ$$

Mayo (152)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 152}{365}\right) = 22,03^\circ$$

Junio (182)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 182}{365}\right) = 23,12^\circ$$

Julio (213)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 213}{365}\right) = 17,91^\circ$$

Agosto (244)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 244}{365}\right) = 7,72^\circ$$

Septiembre (274)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 274}{365}\right) = 4,21^\circ$$

Octubre (305)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 305}{365}\right) = 15,36^\circ$$

Noviembre (335)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 335}{365}\right) = 22,10^\circ$$

Diciembre (366)

$$\beta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 366}{365}\right) = 23,01^\circ$$

**Tabla 13. Estimación mensual de declinación solar en la Zona**

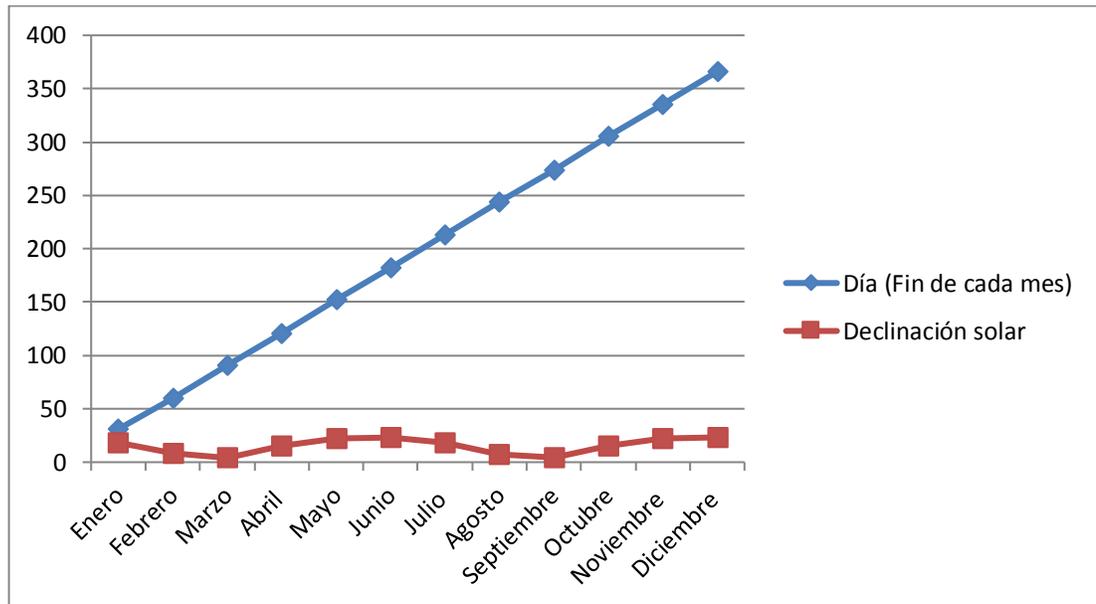
Mes	Día seleccionado	Declinación solar
Enero	31	17,78°
Febrero	29 (60)	8,29°
Marzo	31 (91)	4,01°
Abril	30 (121)	14,90°
Mayo	31 (152)	22,03°
Junio	30 (182)	23,12°
Julio	31 (213)	17,91°
Agosto	31 (244)	7,72°
Septiembre	30 (274)	4,21°
Octubre	31 (305)	15,36°
Noviembre	30 (335)	22,10°
Diciembre	31 (366)	23,01°
<b>Promedio Angulo declinación</b>		<b>16,03°</b>

Fuente. Elaboración Propia

Debido a la magnitud del sistema a implementar se elige la instalación de un sistema estable con relación a la superficie estática la cual da en promedio 16,03°, lo cual es un ángulo bastante favorable, debido a las propias condiciones de la zona en

Colombia según el IDEAM<sup>42</sup> el promedio de instalación en ángulo es de 10° con respecto a la superficie con una variación del +/- 5,

**Figura 22. Tendencia Estimación mensual de declinación solar en la Zona**



**Fuente.** Elaboración Propia

<sup>42</sup> OMAR FRANCO TORRES y MARÍA TERESA MARTÍNEZ GÓMEZ, Atlas interactivo IDEAM [En Línea] Irradiación Global Horizontal Colombia año 2016 43 [citado en 07 de Mayo de 2016] Disponible en Internet: <<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>>.

## **8.4. INVERSOR**

Debido a que tanto las baterías de ciclo profundo como los módulos fotovoltaicos funcionan bajo corriente directa (DC) se hace necesaria la implementación de inversores para transformar esa misma corriente en una alterna (AC) esto con el fin de poder utilizarla en electrodomésticos. Las características que debe tener ese inversor son las siguientes:

- Alta eficiencia
- Bajas pérdidas en estado de espera
- Alta potencia de arranque
- Baja distorsión armónica

La manera por la cual se pueden clasificar los inversores es diferenciando la forma de la onda en salida pues estas pueden ser de onda modificada o de onda pura.

Gracias a que la interconexión se realiza en la red se sabe que es necesario hacer uso de un inversor de onda pura lo anterior se debe a que la fuente de electricidad es de onda pura. Caso contrario si se trabaja en el diseño de sistemas aislados de red.

### **8.4.1. Inversores de onda pura**

Son especialmente usados para proveer energía en equipos electrónicos con requerimientos delicados como una alta calidad de onda y poca distorsión armónica. Cuentan también con capacidades de pico altas, por lo cual son capaces de sobrepasar su capacidad nominal por cortos periodos de tiempo. Cabe acotar que básicamente cualquier dispositivo conectado en la red puede funcionar con los parámetros de un inversor de onda pura.

#### 8.4.2. Inversores de onda modificada

Aunque su salida se asemeja a la de un inversor de onda pura no se pueden usar en sistemas donde se operen equipos delicados o con un bajo valor nominal.

También conocidos como de onda cuadrada son capaces de satisfacer requerimientos en sistemas que requieran una alimentación más básica como en el caso de los electrodomésticos. Dando una oportunidad de uso en sistemas fotovoltaicos simples lo cual en el caso particular de estudio no puede suceder puesto que aparte de los diferentes electrodomésticos y equipos de uso doméstico también se debe proveer la corriente suficiente para el arranque de los motores.

En este caso particularmente teniendo en cuenta los sistemas que requerían la alimentación y también el funcionamiento propio de cada uno y sumando a esto la alimentación de los motores se seleccionó un inversor de onda pura, lo cual en términos de consumo se dictaminó que se tenía un pico de encendido de aproximadamente 3000W con una carga inicial de 1500W. Se seleccionó, por tanto, el inversor de onda pura evitando de este modo distorsión en la señal de salida y un flujo constante de energía.

Con el fin de realizar el cálculo para el inversor se realizó la siguiente tabla de datos para los dispositivos que necesitan variables en AC (ver tabla 15).

**Tabla 14. Potencias ac del sistema**

	<b>DISPOSITIVOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CONSUMO DIA</b>
Sistema domótica completo	Equipos en conexión ac de domótica.	5	800W
Luces Int. Ext.	Sistema de iluminación interior y exterior	10	600W
Conexiones AC	Totalizado de conexiones para equipos AC	8	400W
	<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>1800W</b>

**Fuente.** Elaboración Propia

Teniendo en cuenta la tabla de datos ahora se hace imperativo que el factor de protección que durante el curso anterior se ha convenido en el uso de un 20% se incremente en un 11% más, esto con el fin de mitigar el aumento de pérdidas por temperatura y conversión DC – AC. Lo anterior exclusivamente bajo el criterio del diseño y con la única finalidad de un óptimo desempeño del sistema.

$$\text{potencia maxima ac} * \% \text{de perdidas} = \text{potencia inversor}$$

$$1800W * 1.11 = 2000 W$$

Como anteriormente se mencionó el consumo total aumenta en instantes de 1500W y puede alcanzar un pico casi de manera inmediata de 3000W, es indispensable que el equipo inversor cuente con un sistema de protección mayor nominalmente a la potencia de transición de lo contrario el funcionamiento se vería afectado radicalmente. (ver anexo 5).

**Figura 23. Inversor Samlex power 2000W Sa-2000k.**



**Fuente.** Elaboración Propia

#### **8.4.3. Cableado de interconexión**

Para Cuando se trata de hacer la conexión entre los diferentes dispositivos y equipos conectados a la red eléctrica es necesario de manera prioritaria identificar el tamaño, largo y calibre del cable a utilizar con el fin de evitar cortos, sobrecalentamientos, perdidas de potencia en la transmisión etc. Para lo cual se

especificara a continuación las cargas que estarán conectadas a la red. (ver tabla 16):

**Tabla 15. Cargas instaladas en el sistema**

cantidad	tipo	Potencia c\u(Vatios)	Potencia total (Vatios)
8	Bombillos de pared	3	42
6	Conexiones AC	9	54
5	Luces exteriores	9	45
		TOTAL	297

Fuente. Elaboración Propia

Con esto y conociendo la longitud del cable se puede conocer el diámetro de la sección transversal del cable de la siguiente manera:

$$S = 2 \times \frac{(L \times I)}{(K \times V_{1-2})}$$

Dónde:

S=sección transversal del cable (mm<sup>2</sup>)

I= corriente.

L= longitud del cable.

K= constante de conductividad (para este caso del cobre =56m/ohm mm<sup>2</sup>).

V1-2 =voltaje diferencial entre fuente y receptor.

$$s = 2 * \frac{(20m * 24,75A)}{(56 * 12V)} = 0,73 \text{ mm}^2$$

Bajo la guía de esta información y con la referencia de la tabla que se encuentra en el anexo 6 se determina el calibre mínimo del cable que se debe utilizar para que cumpla a cabalidad con los requerimientos del sistema en el caso particular se debe hacer uso del cable AWG 20 para las cargas que estén en DC (corriente directa).

Para las cargas que trabajan en AC (corriente alterna) con una corriente de 14 A como punto de referencia es necesario usar un cable con un calibre mínimo de AWG 12; por lo cual se llegó a la decisión absoluta de hacer uso de un cable AWG 12 para todo el cableado puesto que este último cumple con los requerimientos del sistema tanto para los equipos conectados en AC como para los conectados en DC.

De manera adicional se tuvo en cuenta las protecciones de las conexiones mediante el uso de breaker de la siguiente forma:

- Conexión paneles-controlador:  $I_{max} = I_{SC\ paralelo1} + I_{SC\ paralelo2} = 15,8\ A \approx 20\ A$   
Por lo cual se usó un Breaker de 20 amperios.

- Conexión cargas DC:  $I_{total\ DC} = \frac{Pot_{total}}{V_{sis}} = \frac{297\ W}{12\ V} A = 25,75 \approx 30\ A$

Para la protección del sistema en la parte DC se usó un Breaker de 30 Amperios.

- Conexión cargas ac:  $I_{total\ ac} = \frac{Pot_{total\ ac}}{V_{sis}} = \frac{300\ W}{120\ V} A = 2,5 \approx 3\ A$

Para la protección del sistema en la parte ac se usó un Breaker comercial de 5 Amperios.

- Conexión carga motobomba:  $I_{max\ ac} = \frac{Pot_{max\ ac}}{V_{sis}} = \frac{3000\ W}{120\ V} A = 25 \approx 30\ A$

Para la protección del sistema en la parte ac se usó un Breaker comercial de 30 Amperios

## **8.5. ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN ENERGÉTICA**

### **8.5.1. Sistema de Baterías**

Las baterías que se encuentran actualmente diseñadas para el almacenamiento de energía solar ofrecen una gran variedad en cuanto a capacidad y a material de fabricación, una de las más comunes para dicho fin es la batería de plomo también conocida como batería de ácido-plomo la cual se encuentra en casi todos los vehículos tanto convencionales como eléctricos.

Por otro lado, también están las baterías que usan una sal de litio para conseguir la reacción electroquímica y hacer que la corriente fluya de manera constante fuera de la batería estas se encuentran en tamaños más grandes con mayor capacidad de almacenamiento y se conocen como baterías de Ion de Litio (Li-Ion).

### **TIPOS DE BATERIAS**

- **Baterías Líquidas:** son las que mayor capacidad de almacenamiento ofrecen; se les denominan líquidas por que funcionan en temperaturas altas y de este modo asegurar que tanto los electrolitos como los electrodos se mantengan en estado líquido. Su vida útil también es muy buena y son muy estables en cuanto a sobrecargas y precios.
- **Baterías tipo VLRA:** conocida como VLRA por sus siglas en inglés “Valve Regulated Lead Acid” (válvula reguladora de ácido y plomo) son otro tipo de baterías que tienen la particularidad de no estar selladas por completo, pero cuentan con una tecnología que combina el oxígeno y el hidrogeno para eliminar la pérdida de agua si es necesario en una sobre carga. De estas se encuentran dos tipos en el mercado las VLRA en gel y las VLRA tipo AGM (Absorbed Glass Mat).
- **VLRA en gel:** como su nombre lo indica estas baterías tienen el ácido en forma de gel, lo cual es una ventaja porque no se producen pérdidas de líquido. También tiene otras ventajas como su alta tolerancia a temperaturas bajas, su

capacidad de funcionamiento en cualquier posición, su poca corrosión y su vida útil bastante amplia.

- VLRA tipo AGM: conocidas como baterías de separador de vidrio absorbente por el significado de sus siglas en español están hechas con una malla de fibra de vidrio entre las placas de la batería lo cual funciona muy bien para la retención de electrolitos.

Una vez que se conocen los tipos de baterías y su funcionamiento es solo cuestión de realizar una relación entre costo y vida útil, mirando de cerca que las especificaciones que cada una de las baterías en el mercado y su ficha técnica se adapte a los requerimientos del proyecto teniendo en cuenta que la generación fotovoltaica se produce mientras hay sol, esta se almacena en baterías, y de este punto se distribuye a las cargas que la necesiten.

Para el desarrollo e este proyecto es recomendable utilizar varias baterías en paralelo ya que el voltaje operacional de trabajo es de 12 V pues las baterías adquiridas trabajan con este valor y de esta manera se efectúa un ahorro en la compra de equipos adicionales como lo son los convertidores. Existen baterías con placas de plomo y placas de níquel-cadmio. Estas últimas trabajan con mayor carga y descarga y son de fácil mantenimiento.

Las baterías utilizadas para instalaciones fotovoltaicas se conocen como baterías solares y admiten un alto porcentaje de descarga. También son conocidas como baterías de ciclo profundo, y su voltaje nominal es comúnmente de 12 Voltios. El DoD (Depth of Discharge o profundidad de descarga) escogido para esta implementación es de 70% para llegar a un equilibrio tanto en costos como en la vida útil de la batería.

Para calcular la corriente total del sistema se utilizan estos datos en la siguiente forma:

$$\frac{\left(Whdia * \frac{dias\ de\ autonomia}{DoD}\right) * factor\ protección}{volt\ baterias} = Ah$$

$$\frac{\left(4504.8 * \frac{2}{0.7}\right) * 1,11}{12} = 1190.5Ah$$

Dónde:

$Wh_{dia} = \text{energía requerida por el sistema}$   
 $DoD = \text{profundidad de descarga}$   
 $\text{factor protección} = \text{sobredimensionamiento de seguridad}$

Ahora para el cálculo de la batería:

$$\frac{Ah}{A \text{ batería}} = \text{No. baterías}$$

$$\frac{1190.55Ah}{205 Ah} = 5.8 \approx 6 \text{ baterías}$$

El resultado se debe aproximar al número entero siguiente, lo cual indica que el total de baterías a usar en el sistema es de 6 baterías de 205 Ah. Este diseño está basado un sistema para 2 (dos) días de autonomía, y para un equilibrio de protección y rendimiento de solo un DoD del 70% de descarga del banco de baterías.

Para cumplir con estos requerimientos se eligieron las baterías MTEK 205 Ah (ver Anexo 2) (figura 24):

**Figura 24. Batería MTEK 205ah**



**Fuente.** Elaboración Propia

**Figura 25. Instalación Baterías conectadas**



**Fuente.** Elaboración Propia

### **8.5.2. Reguladores de Carga**

Para la instalación de un mecanismo con Paneles solares, es necesario el uso de un regulador de carga, pues debido a que los paneles solares son un cargador directo de baterías, donde se puede implementar como un sistema autónomo e independiente, pero al comprender que su fuente de alimentación es la energía proveniente del sol, hace que sea un mecanismo variable y poco estable.

El regulador es el encargado de estabilizar estas variables (tensión e intensidad de carga) y hacer que este medio sea confiable con un máximo de eficiencia, hay que tener claro que el Panel solar solo es un medio de recolección que debe tener dichos filtros y reguladores para un buen funcionamiento.

En los sistemas donde se necesita implementar paneles solares, se usa más comúnmente los reguladores MPPT y los reguladores PWM, cada uno con sus pros y contras, como principal característica es que los reguladores PWM tienden a trabajar mejor cuando el voltaje de la fuente trabaja sobre un máximo de suministro, mientras que los reguladores MPPT trabajan simultáneamente con el voltaje y la corriente que suministra la fuente (en este caso los Paneles Solares).

Por lo anterior se ha decidido utilizar controladores de carga del tipo MPPT, en este caso el FLEXMAX 80. Este controlador cumple con todas las características necesarias para la implementación del proyecto (ver Anexo 4).

Teniendo en cuenta la eficiencia superior de esta tecnología, su gran eficiencia para la carga y cuidado de las baterías y claro está, por la determinación de usar paneles

con voltajes poco comerciales para los controladores PWM. Por lo cual se calcula la corriente mínima que debe soportar el dispositivo:

$$Amp_{CC} = No \text{ paneles paralelo} * I_{sc} * 1.25$$

$$20A = 19,81 = 3 * 7.95 A * 1.25$$

Teniendo en cuenta todo esto se obtuvieron dos cadenas en paralelo de tres paneles conectados entre sí en serie, ajustándose a las siguientes posibles configuraciones:

- a) 6 paneles en serie  $V_{oc}=36.5*6= 219V$
- b) 3 paneles en serie  $V_{oc}= 36.5*3= 109.5 V$
- c) 2 paneles en serie  $V_{oc}= 36.5*2= 73 V$
- d) 1 panel en serie  $V_{oc}=36.5*1=36.5 V$

Siendo la opción b la que mejor combinación que se obtiene en serie para reducir la corriente y que este dentro del rango de trabajo según las especificaciones del controlador de carga (ver Anexo 4).

### **8.5.3. Sistema control de Carga**

El dispositivo de control de cargas como su nombre lo indica es el encargado de controlar los diferentes picos tanto positivos como negativos en las cargas del sistema teniendo en cuenta y censando de manera constante y en tiempo real las sobrecargas y sobre descargas en las baterías; también se encarga de proteger el sistema en contra de cortos circuitos. Frecuentemente en el mercado se encuentran los controles de carga con un display que permite ver la corriente voltaje y potencia de la batería en tiempo real.

La manera de funcionar se resume de la siguiente manera; cuando la batería está cargada completamente y se ve que el panel solar sigue cargando energía a la misma el circuito de control automático entra en acción desconectando el interruptor con lo cual se disipa la energía y se separa la batería del módulo fotovoltaico mediante el uso de los diodos. Cuando se censa de nuevo y el parte es por el contrario negativo, es decir, se está descargando la batería más allá del factor de descarga estimado, el circuito se conecta nuevamente permitiendo el paso de la energía provista por el panel solar fotovoltaico. En un caso fortuito, pero algo común, en que sea de noche o no se tenga luz solar para alimentar a los paneles los que entran en funcionamiento son los diodos de bloqueo los cuales no permiten el retorno de la energía de la batería a los paneles sino por el contrario hacen uso de los pocos recursos que quedan para suplir la falta de energía. Esto último se debe a que los paneles fotovoltaicos trabajan en doble dirección dependiendo el factor solar y también el factor de carga siendo esta su manera de protección.

#### **8.5.4. Bloqueo de la Corriente Inversa**

Generalmente en la gran proporción los controladores utilizan un semiconductor (transistor) que actúa como una válvula para controlar la corriente. En los controladores más antiguos una bobina electromagnética era la encargada de abrir y cerrar un interruptor mecánico actuando como un relé. Este no permitía la aparición de corrientes inversas.

Para aplicaciones contiguas a los sistemas en hogares y demás se pueden tener aplicaciones y variaciones de paneles solares de menor tamaño en relación con la batería por ejemplo para un vehículo estacionado por un largo periodo de tiempo con el fin de evitar la descarga de la batería.

#### **8.5.5. Prevención de Sobrecarga**

Al alcanzar el 100% de carga de una batería es imposible que esta siga almacenando energía. Al contrario de lo que pasa en sistemas más pequeños en ese caso particular el voltaje de la batería ascendería a niveles muy perjudiciales para el sistema pues si se mira más detenidamente al tener un alto valor de voltaje el agua en la batería se separa del hidrogeno contenido en la misma causando una

ebullición y evaporación del agua de la batería, lo cual a su vez ocasionara pérdidas de agua; si estas son excesivas los gases actuantes pueden entrar en ignición causando una pequeña explosión esta misma perdida por culpa de un voltaje muy alto producirá tensión en las cargas y también hará que el inversor se pare.

## 8.6. PREVENCIÓN Y MONITOREO

### 8.6.1. Sensor de Temperatura

Ya que los paneles del sistema solar cuentan con una temperatura promedio para funcionar de manera eficiente es necesario implementar sensores para hacer la medición de los picos y bajos del sistema y de este modo tener unos niveles de eficiencia acordes para el sistema.

El siguiente paso es realizar una comparación entre los sensores existentes en el mercado para escoger los sensores que mejor se adapten al sistema. Por tanto, se especificó cada uno en la siguiente tabla (ver tabla 17).

**Tabla 16. Tabla comparativa de los sensores de temperatura**

	<b>DS18B20</b>	<b>LM35</b>	<b>SHT1X</b>
<b>Rango Temp.</b>	-55° - 125°	-55° - 150°	-40 ~ 128.8 °C 0-100% de humedad relativa
<b>Vout máximo</b>	5 v	1.5 v	2.99 v
<b>Error</b>	±0.5°	±0.5°	± 0.5 °C (25 °C) ± 4.5% RH
<b>Alimentación</b>	3 v – 5.5 v	4 v – 30 v	3.3V ~ 5V
<b>Salida</b>	Lineal 21mV/C°	Lineal 10mV/C°	digital
<b>T respuesta</b>	750 ms	40 µs	< 4 sec.

**Fuente.** Elaboración propia.

Uno de los ítems más importantes a la hora de realizar la escogencia de los sensores es tener en cuenta la fuente de alimentación, lo anterior, debido a que es de vital importancia para el manejo y la adecuación de las señales que se alimenten los sensores con 5V o con 12V (el mismo que las baterías); ventaja que se tiene en todos los tipos de sensores anteriormente mencionados.

Otro factor que es imperativo para la escogencia es que este sea un sensor lineal pues al ser no lineal dificultara de manera razonable el análisis de los datos que se obtienen. Por tal motivo se eliminó el sensor LM235.

Una de las características que llama la atención del sensor DS18B20 es que provee una salida digital previamente procesada por medio de un algoritmo sin necesidad de unirlo a un mecanismo y/o elemento adicional lo que hace que la instalación sea menos engorrosa, provee mejor amabilidad con el usuario, es más confiable por su recepción digital de datos y realiza la medición de los valores de manera óptima.

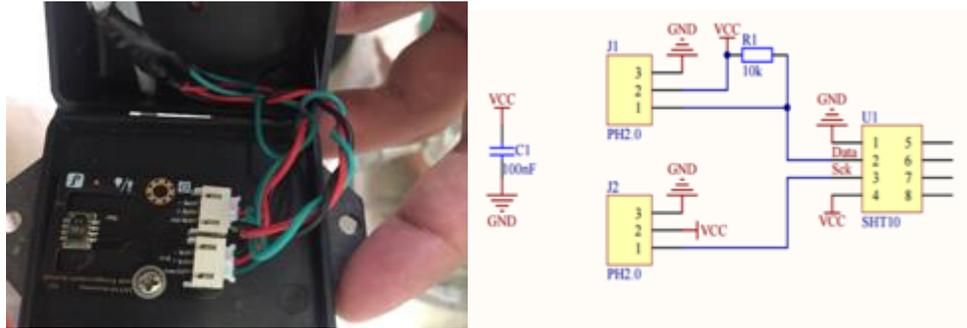
Con estas razones y gracias a las pruebas que se realizaron, observando ventajas y desventajas de cada uno y uno de los problemas encontrados en el sensor LM35 era que su funcionamiento se veía seriamente afectado con la condición climática en la zona pues dichas condiciones fundieron las soldaduras en las uniones del sensor y oxidaron las uniones metálicas a pesar de la protección que se le implemento con una cubierta plástica.

Por estos motivos y gracias a la comparación con el sensor LM35 que ofrece una salida analógica se escogieron los sensores DS18B20 y el sensor SHT1X.

#### **8.6.2. Sensor SHT1X**

El sensor SHT1X cumplió con todas las expectativas y presento también condiciones óptimas para la implementación facilitando a grandes rasgos la confiabilidad en la medición, además, integra dos mediciones que son temperatura y humedad en un mismo empaquetado lo cual hace que su implementación sea mucho más sencilla. En la finalidad de la instalación este sensor quedo ubicado en el interior del sistema solar junto a las baterías proporcionando una información precisa en el compartimiento donde se ubicaron los equipos y dispositivos; y el código que se usó para realizar las pruebas y para efectuar la adición del mismo al sistema se observa de manera clara en el (anexo 8) (figura 26).

**Figura 26. Diagrama de conexión del sensor SHT1X**



**Fuente.** Elaboración propia

### 8.6.3. Sensor DS18B20

Para realizar la medición de la temperatura exterior teniendo en cuenta las condiciones climáticas del lugar y con el sensor previo de la instalación, se consiguió que las señales digitales que son bastante amplias fueran vistas por el sensor de manera insuperable.

Al mirar la ficha técnica con especificaciones exactas del sensor se logra ver y respaldar la teoría de que se acopla de manera óptima al sistema estas especificaciones se pueden ver en el anexo 7; de igual modo el código que se usó para las pruebas se encuentra en el anexo 8.

**Figura 27. Sensor DS18B20**



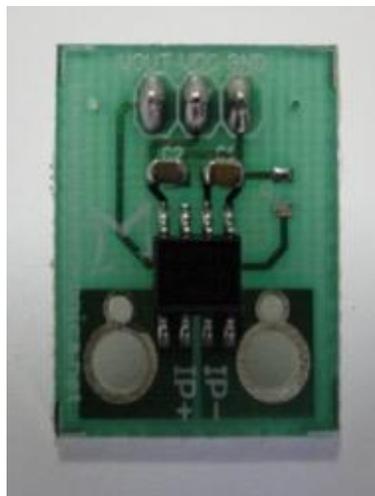
**Fuente.** Elaboración propia.

#### 8.6.4. Sensor de Corriente

Se hace necesario para la toma de las muestras de corriente tener en cuenta las magnitudes y los niveles de corriente a manejar, debido a que dentro de la instalación eléctrica se tienen varios circuitos con intensidades nominales de corriente distintas. Los paneles presentan corriente de corto circuito entre los 6A y los 9A. Por lo anterior es necesario, que los sensores logren manejar sin inconveniente alguno las corrientes que se presentan en los diferentes paneles; también se hizo necesario que se realizará la medición de la corriente en las baterías la cual es dada por la carga puesta y la corriente que se encuentra en el inversor

Por lo anteriormente mencionado se hace la escogencia de la tarjeta para el caso particular se usó una tarjeta con sensor de corriente ACS714ELC-20A cuyo rango de medición comprende entre -20A a 20A y cuenta con una sensibilidad de 100 mV/A. También cuenta con un filtro interno de 1,7 K $\Omega$ ; un condensador de filtro de 1nF; que a su vez produce un filtro paso bajo RC con límite de 80KHz. por ultimo si miramos las dimensiones que tiene las tarjetas son de 20mm x 16mm de igual manera si se quiere tener más conocimiento sobre las especificaciones de la tarjeta se puede dirigir a los anexos (ver anexo 7).

**Figura 28. Tarjeta sensor AC8714**



Fuente. Elaboración propia

### **8.6.5. Sensor de Voltaje**

Al ser necesario realizar la medición del voltaje que se tiene en los paneles solares y las baterías, fue necesario hacer uso de acondicionadores de señal, con el fin de poder convertir la señal en digital junto con el convertidor análogo digital. Lo cual se consiguió mediante el uso de un amplificador operacional LM358 (ver anexo 14).

### **8.6.6. Telemetría**

La telemetría es basada en los sistemas que cuentan con monitorización automática de manera remota esa es la manera de usar esta tecnología para realizar la medición de diferentes magnitudes físicas o variables de un sistema.

Otras de las condiciones y variables que debe medir el sistema de telemetría radica en las diferentes variables que pueden afectar el funcionamiento correcto del sistema entre ellos la ineficacia producida por la suciedad que puedan acumular en la superficie de los paneles, la carga que se puede guardar y también la que entrega cada una de las baterías, los problemas debidos a las horas sombra que se tienen a lo largo del día, entre otros fenómenos que se pueden presentar y que logran variar ya también afectar el funcionamiento del sistema; entre otros también los defectos que se pueden encontrar por instalación propia. Esta manera de monitoreo por telemetría también permite al usuario saber si se han presentado daños técnicos y físicos por algún agente externo como animales, roedores entre otros. Por último, el sistema se encargará de digitalizar, procesar, acondicionar, procesar y enviar las magnitudes necesarias al computador.

Los sistemas de telemetría que se acoplan de mejor manera para la necesidad del sistema de energía renovable son los transductores los cuales reciben la señal física y la envían como señal eléctrica a un punto de control en el cual se pueden analizar y observar.

## **9. SISTEMA DE MONITOREO DOMOTICO.**

Cuando se habla de sistemas de monitoreo la cantidad de opciones es innumerable pues en el mercado se encuentran una gran variedad de los mismos en este caso en el específico se usarán los sistemas de monitoreo domotico zwave para lo cual es importante especificar que es el protocolo Z-wave, como funciona y de que estará compuesto en la red eléctrica de la cual se desarrolla el monitoreo por medio de estos sistemas.

### **9.1.1. Protocolo Z-Wave**

Al referirnos a dicho protocolo lo que se tiene en cuenta en su lenguaje o sistema de comunicación protocolario que se encarga de comunicar diferentes dispositivos para que funcionen bajo una misma red eléctrica y bajo una misma frecuencia en este caso en particular 868MHz con lo cual se pueden evitar la cantidad de interferencias con los dispositivos que funcionen bajo los 2.4 GHz y si idealizamos la frecuencia también puede operar en un rango de hasta 30 metros con una frecuencia de 40Kbits/s; en conclusión hablamos de un protocolo inalámbrico que se estandarizo gracias a su aplicación domótica con la cual se consiguen automatizaciones tanto residenciales como industriales con un presupuesto mucho más bajo consiguiendo de manera intrínseca un ahorro energético, confort, seguridad y control a distancia.

### **9.1.2. Funcionamiento de los dispositivos**

La manera en lo cual se hace uso de los dispositivos Z-Wave es muy simple y muy interactiva con el usuario en primer lugar se deben adquirir en el mercado los equipos estos oscilan su precio entre los 3 usd y los 700 usd dependiendo del tipo de automatización que se necesite realizar pero gracias a que es una tecnología netamente modulable se pueden comenzar con dispositivos que se complementa a las necesidades básicas y seguir adquiriendo y conectando a la misma red eléctrica de manera inalámbrica los equipos de las marcas seleccionadas y que son miembros de la Z-Wave Alliance (alianza de más de 500 marcas con tecnología Z-

Wave) sin embargo hay un dispositivo que es indispensable para comenzar el cual se conoce con el nombre de central de automatización.(ver figura 29).

**Figura 29. Central de automatización Fibaro Home Center 2**



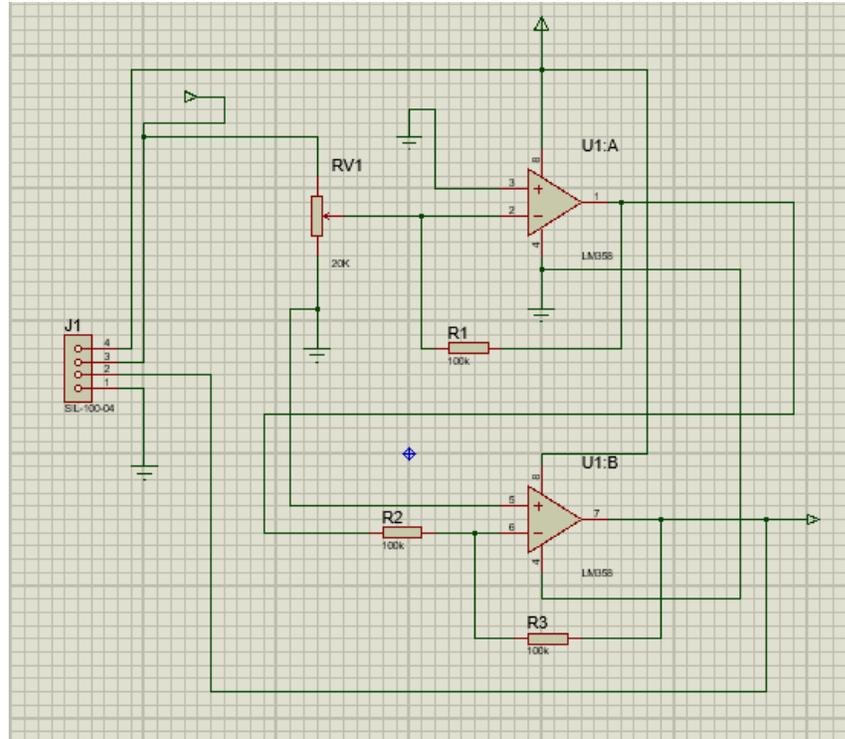
**Fuente.** Elaboración propia.

## 9.2. ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES

De manera indispensable las señales que provienen de los paneles solares y las baterías, con el fin de aclarar que dichas señales necesitan de filtros para eliminar distorsiones y conseguir la señal deseada, aquellas señales digitales que fueron tomadas deben ser analizadas y acondicionadas, estas señales presentan anomalías por ruido, distorsiones o por niveles de tensión altos y bajos; por tal razón al acondicionarlas permitimos que el conversor análogo digital en el microcontrolador reciba dichas señales para su manejo dentro del sistema.

Para conseguir que las señales fuesen lo más acorde posible y que presentaran consistencia tanto las provenientes de los paneles solares como las de las baterías se implementó adicionalmente un atenuador con amplificadores operacionales, con lo cual se consiguió que la señal de salida fuera de 0V a 5V (figura 30).

**Figura 30. Conexión de acondicionador de señales**



Fuente. Elaboración propia

### 9.2.1. Lectura de señales a través de microcontrolador

La labor del microcontrolador en el sistema se hizo realmente vital para la toma de los datos este digitalizo las señales mediante un conversor análogo digital. Para poder enviar los datos recibidos al computador fue necesario implementar una clase de comunicación serial; gracias a que el microcontrolador se encuentra equipado con timers, eso facilito la toma de datos en tiempo real durante varios lapsos de tiempo de forma periódica y enviarlos al ordenador en el dispositivo central se revisaran los mismos por el usuario.

Revisando de manera puntual uno a uno de los requerimientos y necesidades para el sistema incluyendo entre ellas el sitio en el cual se hizo necesaria la toma de datos; se llega a la conclusión de que la tarjeta que se acopla a estas necesidades es la de programación ARDUINO MEGA Atmega 1280/V esta conclusión se basa en la ficha técnica haciendo énfasis en los ítems que son relevantes para el sistema como:

- 54 entradas/salidas digitales (14 de estas 54 cuentan con salidas PWM) las cuales son indispensables para el desarrollo del proyecto.
- 16 entradas digitales.
- 4 puertos de serie por hardware.
- Un cristal oscilador de 16 MHz.
- Conexión USB.
- Entrada de corriente.
- Conector ICSP.
- Botón de Reset.

Estos ítems anteriormente mencionados junto con la facilidad de alimentación que ofrece la tarjeta arduino que puede hacerse mediante un cable USB, un transformador o una batería.

### 9.2.2. Alimentación del microcontrolador

La versatilidad en la conexión para la alimentación del arduino mega se puede conseguir de dos maneras una es mediante la conexión USB y otra con una alimentación externa. La fuente de alimentación es seleccionada de manera automática. La alimentación externa (no-USB) se encuentra de dos maneras una un transformador o una batería; haciendo la conexión del transformador con un conector macho de 2.1mm que tenga un centro positivo en el conector hembra de la placa. La batería se puede conectar con los cables uno conectada en tierra (Gnd) y el otro en el voltaje de entrada ( $V_{in}$ ) en los conectores de alimentación (POWER). Para que la placa pueda funcionar es necesario tener una alimentación que oscile entre los 6 V a los 20 V. Dado el caso en el que el voltaje sea menor a los 7 V mediante el pin de 5 V se recibirán menos de 5 V lo cual será un inconveniente con la tarjeta y la convertirá en inestable; otro inconveniente se puede presentar por el sobrecalentamiento y dañar la placa si en los reguladores de voltaje se encuentran más de 12 V. Por tanto, es imprescindible acotar que el rango recomendado de alimentación oscila entre los 7 V y los 12 V. Entre los pines de alimentación se encuentran:

- VIN: Este pin se encarga del voltaje de entrada cuando este es puesto por una fuente externa de alimentación a diferencia de los 5 V de la conexión USB. Otra funcionalidad de este pin es proporcionar voltaje si se está usando una conexión de 2.1 mm o acceder a dicha alimentación a través de este mismo pin.
- 5V: Este pin de alimentación se encarga de proporcionar el voltaje de 5 V el cual es el más propicio para el funcionamiento de la placa.
- 3V3: Esta es la fuente de alimentación que puede proveer 3.3 voltios proporcionada por el chip FTDI el cual se encuentra integrado en la placa. Regula también la corriente máxima a los 50 mA.
- Gnd (ground): Conocido como el pin tierra.

### **9.2.3. Memoria del Microcontrolador.**

El arduino ATmega1280 cuenta con una memoria flash de 128KB para el almacenamiento de la programación mientras código (para el arranque en bootloader se utilizan 4KB), tiene también una memoria SRAM de 8KB y una memoria EEPROM de 4KB, la cual es de lectura y escritura con la librería EEPROM.

### **9.2.4. Entradas y Salidas del Microcontrolador**

Las entradas y salidas digitales de la tarjeta arduino se pueden controlar para ser usadas de ambas maneras mediante funciones de programación básicas entre ellas pinMode (), digitalWrite () y digitalread (). Cada uno de los pines cuenta con un máximo de intensidad de 40 mA y cuenta con una resistencia internamente de 20 – 50 kOhms (ver anexo 14).

### **9.2.5. Comunicación del Microcontrolador.**

Otra de las bondades del arduino mega es la comunicación que ofrece y la facilidad de recoger y enviar los datos vía serial UART TTL (5V). Está equipado con un chip FTDI FT232RL que se encuentra en la placa del mismo. Esta envía la comunicación serial a través del USB y los drivers (entre ellos el software del arduino) estos a su vez ofrecen un puerto serie virtual en el ordenador. En el software se encuentra un monitor de puerto de serie el cual permite enviar y recibir información textual de la placa al arduino. Cuando la comunicación se está realizando otra de las bondades de la placa es que realiza un parpadeo en los leds que se visualizan en la placa como RX y TX cuando se está transmitiendo algún tipo de información sin importar si es de lectura o escritura. Cabe acotar que si la comunicación es a través de los pines 0 y 1 del chip FTDI y la conexión USB los leds anteriormente mencionados no parpadearan esto con el fin de que al ver la programación no se crea que algo anda mal sino simplemente es necesario realizar la revisión de los pines por los cuales se está transmitiendo. Las librerías de Software Serial que encontramos para este tipo de arduino y de placa no solo se limitan a las de comunicación USB, sino que también se pueden encontrar las librerías I2C (TWI) y SPI lo cual es un punto a favor con esta tarjeta.

Otra facultad que se encuentra en el arduino ATmega1280 es que se encuentra precargado con un sistema de arranque (bootloader) el cual se encarga de cargar el nuevo código sin hacer uso de un hardware adicional.

Para la comunicación con los paneles se usó el protocolo STK500 origina de fábrica el cual se encuentra como archivo de cabecera C. Otra manera que se podría aplicar sin ningún inconveniente al proyecto es mediante el uso de la programación directa al microcontrolador ISCP (In Circuit Serial Programming).

### **9.2.6. Reinicio Automático por Software**

Para lograr el reinicio automático del arduino mega no es necesario usar el botón de Reset antes de cargar; sino que se tienen la facilidad por diseño propio de hacer el reinicio mediante el software desde el ordenador donde este se encuentre conectado. Lo anterior gracias a que una de las líneas de flujo (DTR) del FT232RL se encuentra en la misma línea que consigue el reinicio de la tarjeta a través de un condensador de 100 nF. Si la línea se encuentra en LOW es decir en 0V, la línea de reinicio actúa de la misma manera poniéndose en LOW es decir actuando a 0V por un periodo de tiempo lo suficientemente largo para conseguir que el chip se reinicie.

El software hace uso de esa particularidad para realizar la carga de los sketches con la simplicidad de un botón. La coordinación del DTR y la carga del sketch se hace en el lapso de tiempo que usa el gestor de arranque.

Dicha configuración es diferente y actúa de maneras distintas dependiendo del sistema operativo en el que se esté trabajando por ejemplo si se trabaja en un Mac Os X o Linux, la placa se reiniciara automáticamente cada vez que se haga una conexión desde el software (vía USB).

### **9.2.7. Protección contra sobretensiones en USB**

Para la protección de la tarjeta el arduino mega está equipado con un multi-fusible reinicializarle los cuales se encargan de proteger el ordenador o la conexión que se tenga contra cortocircuitos y/o sobretensiones. Aunque como es de conocimiento

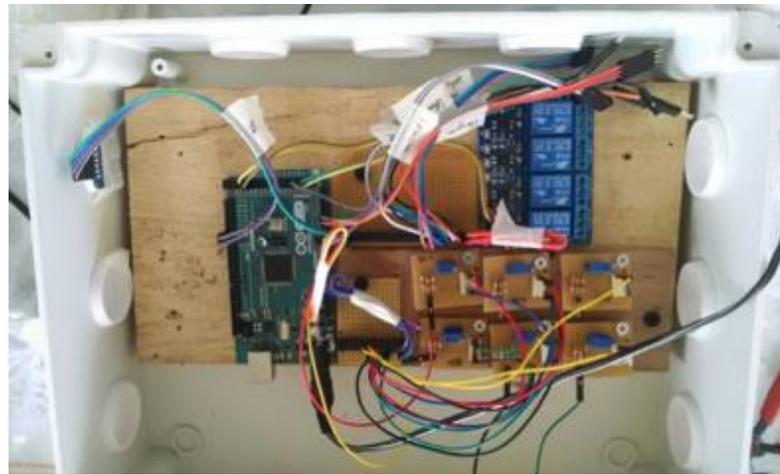
público los ordenadores o laptops están integrados con protección interna, los multi-fusibles del arduino ayudan de manera extra a proteger el sistema. La forma en la cual se realiza la protección sucede cuando se detectan más de 500 mA si esto sucede el fusible cortara la conexión de manera automática y mitigara el cortocircuito o la sobretensión (figura 32).

**Figura 31. Tarjeta de programación Arduino Mega.**



Fuente. Tomado de Arduino Mega [en línea] <https://qlfecn.wordpress.com/tag/lcd/>

**Figura 32. Tarjeta arduino atmega con conexiones**



Fuente. Elaboración propia.

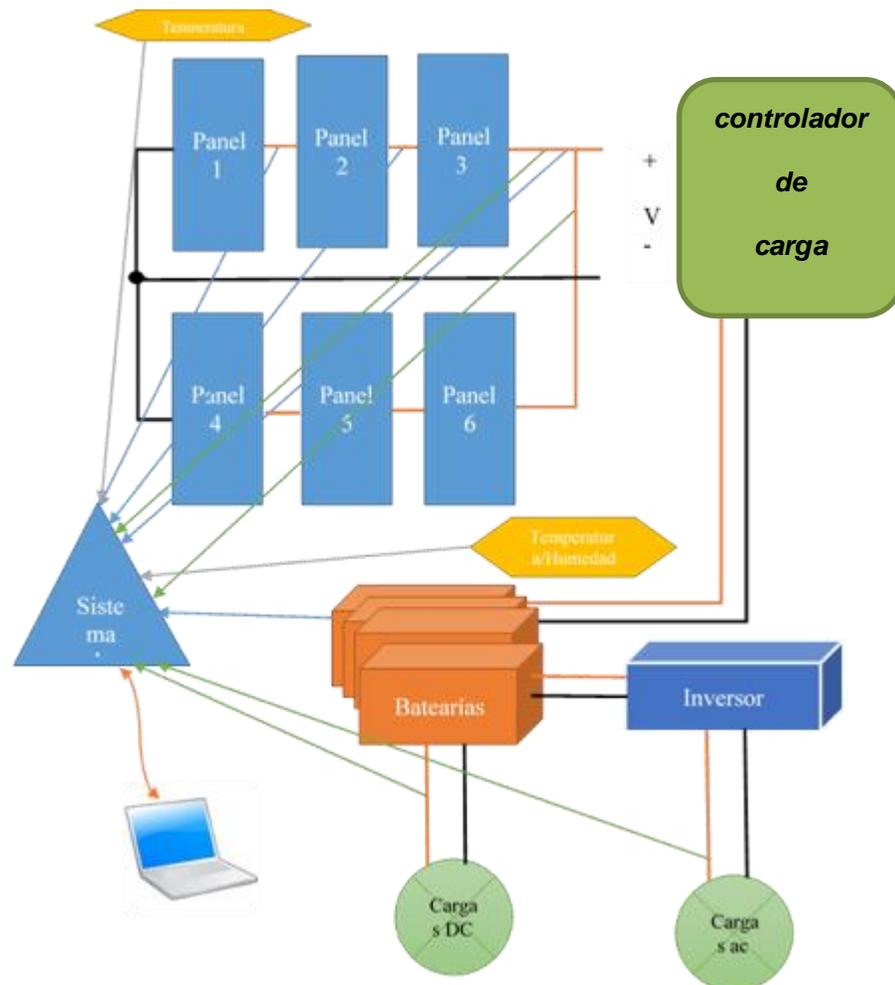
Se seleccionó el arduino ATMEGA gracias a que presentaba en sus características una versatilidad en cuanto a los puertos de comunicación de las señales análogas y por tanto la medición de las mismas será mucho más eficaz por otro lado brindaba un hardware y software libre que permitió un acceso a las librerías que se necesitaban para la programación de la tarjeta.

El sistema tiene la función de conmutar y dar la propiedad de switcheo automático por medio de un relé que censa, la presencia del 110Vac de la línea principal de alimentación energética de la vivienda dándole la propiedad de un (1) en el código de programación, al momento de no haber el suministro el sistema reconoce un (0) el cual envía una señal en el puerto del arduino que hace que conmute el relé y deje pasar los 110Vac del sistema energético de respaldo.

## 10.INSTALACION DEL SISTEMA SOLAR

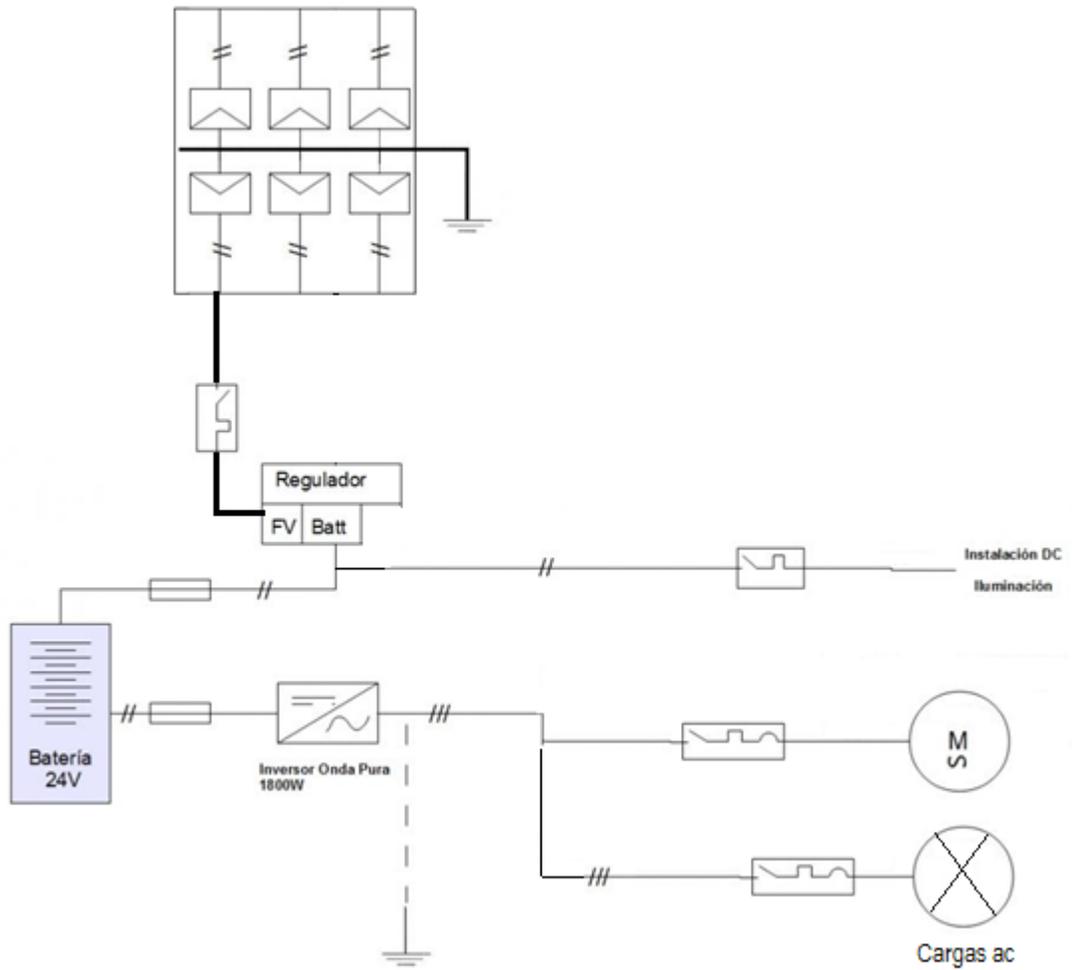
Al terminar las etapas de diseño, escogencia y compra de equipos se puede proceder con el montaje del sistema en físico sin embargo para esto es necesario diagramar como va a quedar el sistema una de las maneras de hacerlo es mediante el uso de figuras que señalen las entradas y salidas de la energía al sistema y también que muestren las conexiones que se pueden realizar con los dispositivos en la instalación del sistema los cuales se mostraran a continuación (figura 33):

Figura 33. Diagrama general de conexión sistema solar



Fuente. Elaboración propia

Figura 34. Diagrama unifilar

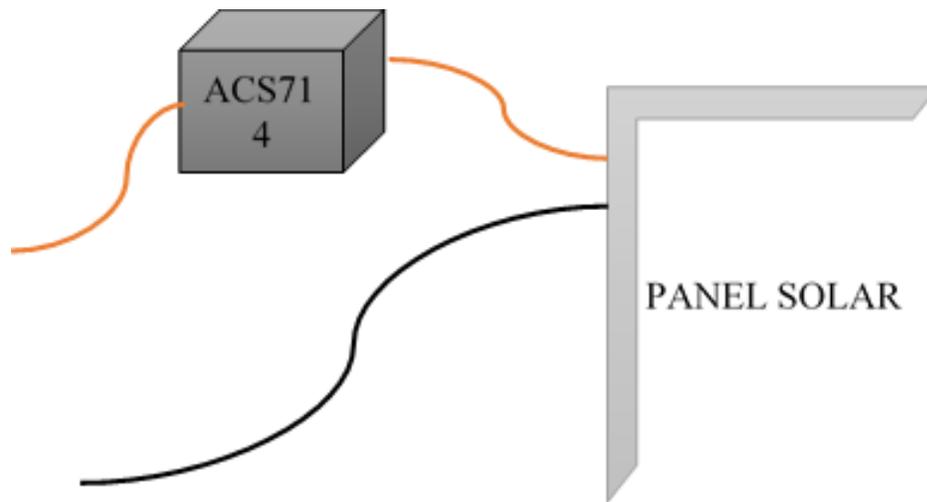


Fuente. Elaboración propia.

## 10.1. INSTALACIÓN SENSORES DE CORRIENTE EN LOS PANELES SOLARES

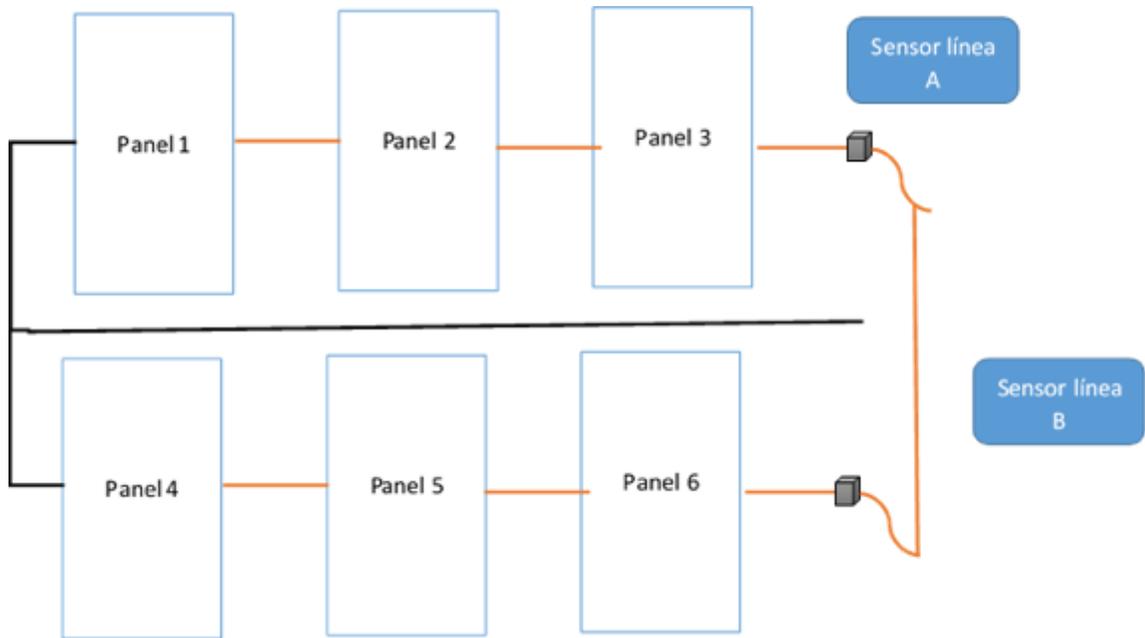
Para un mayor entendimiento de la instalación de los sensores de corriente en los paneles solares, se establecieron una serie de diagramas de procedimiento e instalación en cada una de las líneas paralelas del sistema (figura 35).

**Figura 35. Conexión de sensor ACS714**



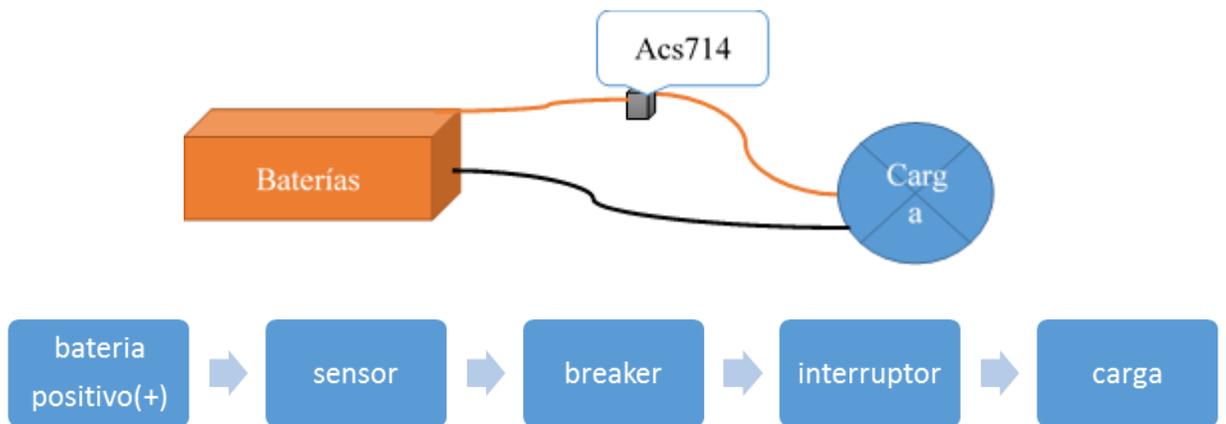
Fuente. Elaboración propia

**Figura 36. Conexión de sensores en las líneas en paralelo del arreglo de paneles**



Fuente. Elaboración propia

**Figura 37. Conexión de sensores de corriente ACS714 en cargas**



Fuente. Elaboración propia

Consumada esta selección del panel solar que se va a usar para el proyecto lo siguiente que se debe hacer es hacer uso de la información conseguida con el cuadro de cargas se debe calcular la cantidad de paneles necesarios para suplir la exigencia energética del mismo (ver tabla 11).

Las especificaciones y ficha técnica de los paneles son de vital importancia para hacerlo (ver anexo 1). Al tener estos datos se pueden realizar los cálculos para el panel solar de la siguiente manera haciendo uso de la siguiente ecuación (ver Ecuación 1)

$$\frac{\left(\frac{Wh_{dia}}{(horas\ de\ radiacion)}\right) * (1 + \%protección)}{W_{panel}} = No.\ de\ paneles\ (Ec1)$$

$$\frac{\left(\frac{3460}{(3.5)}\right) * (1 + \%20)}{215} = 5.9 = 6$$

En total se tuvieron que utilizar seis paneles solares para cumplir con los requerimientos energéticos (ver figura 48).

**Figura 38. Paneles solares instalados.**



**Fuente.** Elaboración Propia

**Figura 39. Sensor de corriente instalado con caja de protección.**

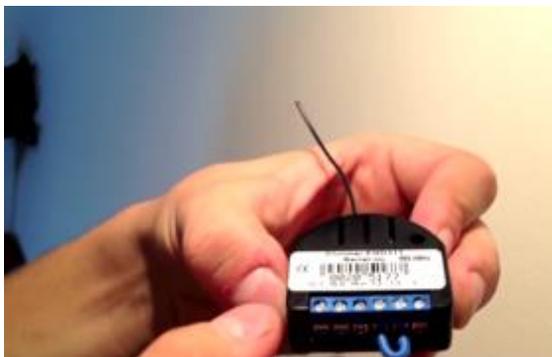


Fuente. Elaboración propia.

## 10.2. INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DOMOTICO Z-WAVE PARA MONITOREO

Al tener los dispositivos; en este caso se cotizo y se adquirió un sistema domotico simple, el cual consto de: una central de automatización fibaro (ver figura 40), un micro dimmer (ver figura 40) para control de iluminación, una cerradura real living (ver figura 41) y por ultimo cuatro Wall plugs (ver figura 42) estos últimos serán indispensables para el monitoreo del consumo en tiempo real de los dispositivos que estén conectados a la red eléctrica los cuales tendrán como suministro el sistema de energía renovable por medio de paneles solares. La manera de interconexión, a grandes rasgos, de los diferentes dispositivos, es mediante la programación previa que se realiza con la central de automatización conectada al router de internet que se encuentre en el sitio de instalación de este modo se energizan los dispositivos que se van a conectar de la manera en que se encuentra en el manual al ser dispositivos con un idioma y protocolo universal la interconexión se realiza de la misma manera para cada uno de los dispositivos de la red eléctrica a continuación se ahondara sobre el dispositivo que es esencial para el monitoreo; cabe acotar que se hace este énfasis debido a que en el proyecto se habla del sistema domotico únicamente como una integración de la domótica como sistema de monitoreo para el consumo de la red eléctrica.

**Figura 40. Micro Dimmer fibaro para control de iluminación.**



**Fuente.** Elaboración Propia.

**Figura 41. Cerrojo electrónico Yale Real living**



**Fuente.** Energías renovables Tomado de <https://www.yale2you.com/Products/Keyless/US15TouchscreenDeadboltStandAlone.aspx> [en línea]

**Figura 42. Wall Plug fibaro**



**Fuente.** Elaboración propia.



Por otro lado, vemos que el sistema cuenta y se compone por dos clases de dispositivos los cuales serán controladores y esclavos

- **Controladores:** son aquellos que administran la señal y envían la orden a los diferentes nodos de la red. Estos a su vez tienen total control de la red y son capaces de eliminar o agregar nodos a la red, sin embargo, solo hay un controlador primario que será el primero que sea instalado en la red y el será el encargado de tal labor. Los controladores a su vez tienen una ramificación doble que los clasifica en controladores instaladores o controladores maestros y otros que son denominados como controladores puente los primeros en la ramificación tienen la facultad de realizar mantenimientos y configuraciones remotos; mientras que los puentes únicamente permiten la comunicación con otros dispositivos que tengan protocolo Z-Wave pero que también cuenten con redes de comunicación tipo KNX, TCP/IP, BACnet, entre otras.

- **Esclavos:** estos solo se encargan de obedecer las órdenes dadas por los controladores y ejecutarlas en el menor tiempo posible respondiendo en cuestión de segundos; pero tienen un limitante importante y es que no pueden comunicarse ni intercambiar ningún tipo de orden y/o información entre ellos ni con otros dispositivos de la red.

En primer lugar es indispensable energizar los dispositivos para lo cual se necesitan cables AWG de calibres 26, 28 o 30; se conectan a una toma de 110 V usando las salidas que se encuentran en el dispositivo una vez energizado se oprime el botón de inicio durante 15 segundos al igual que en el vera o matriz de automatización de esta manera se establecerá el enlace de los dos dispositivos; teniendo el enlace el siguiente paso es la instalación en la caja eléctrica que se encuentra detrás de la botonera de la zona de iluminación a la cual se quiere conectar para la automatización.

Por último, se ingresa en la plataforma de vera mobile previamente descargada en el Smartphone y se procede a hacer la creación de la escena para los dispositivos implementados este paso se repite para todos los dispositivos a excepción de la vera cuya instalación se explicará a continuación.

Instalación del vera (matriz de automatización): para comenzar es necesario saber dónde se encuentra el router del internet una vez localizado se procede a conectar

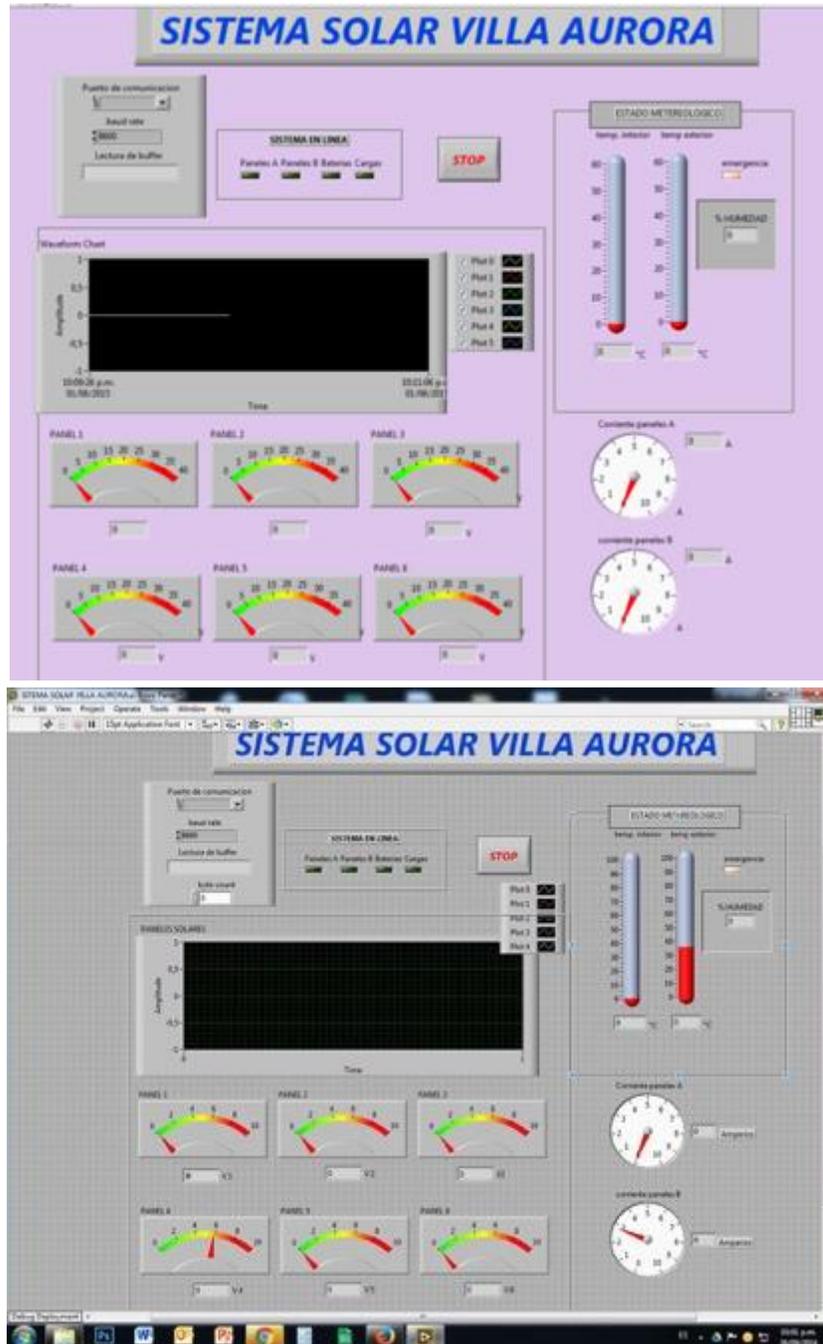
mediante un cable LAN y una conexión punto a punto desde el router hasta el vera; una vez hecho esto es necesario energizar el vera y realizar la configuración desde la interfaz en internet; con lo cual se terminaran de hacer las escenas que se tienen para el control de todos los dispositivos conectados tanto a la red de internet como a la red eléctrica previamente instalada por energía renovable provista con energía solar.

Cabe acotar y es necesario hacer hincapié en que el sistema domotico solo se usara con el fin de monitorear el consumo por lo tanto no se hace énfasis a groso modo en la instalación del mismo. Y solo se usará de manera tal que ayude a dar los resultados adquiridos en el consumo de la energía solar.

### **10.3. INTERFACE DE USUARIO**

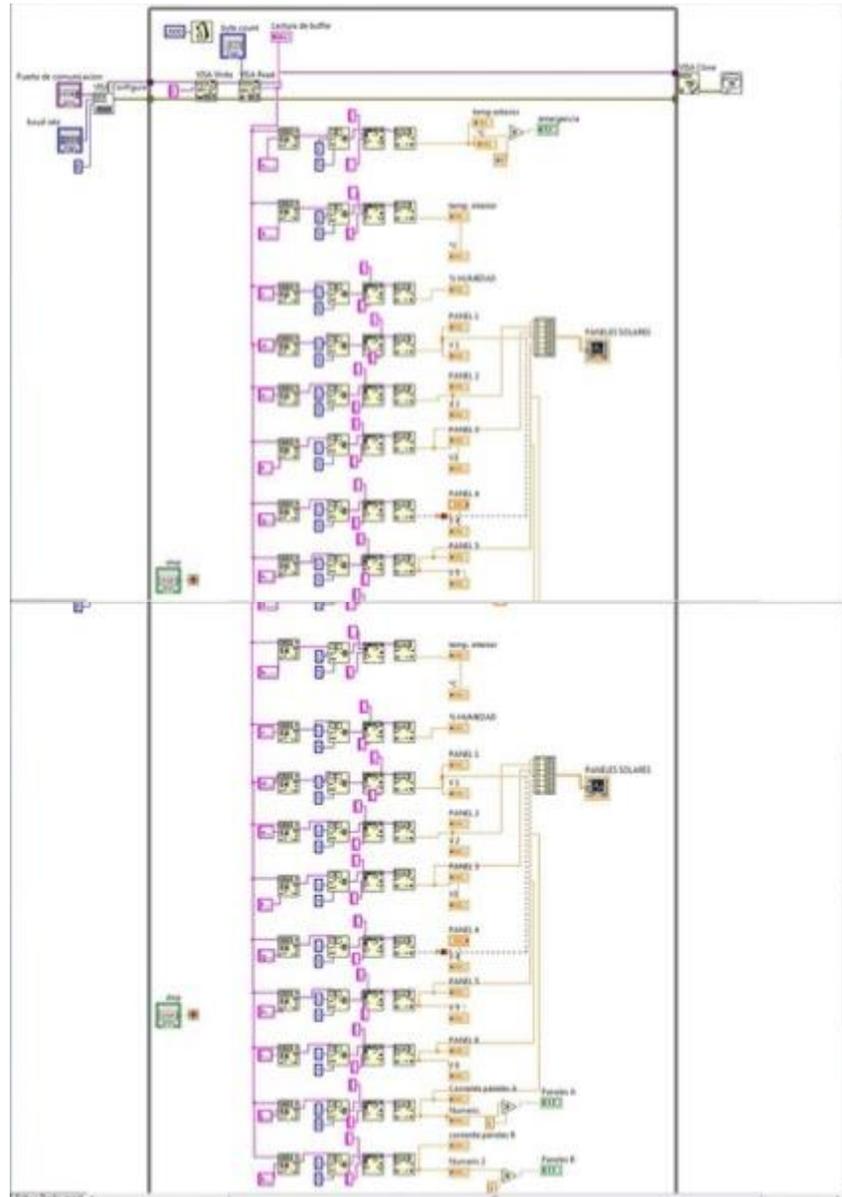
Para la interfaz de usuario el entorno de programación grafico de LABVIEW se escogió como programa predilecto pues se acoplaba de manera acorde con los requerimientos. Este software brinda las herramientas necesarias para la toma de datos del microcontrolador para la visualización de los mismos conseguido por medio de los sensores. Fue necesario también adquirir paquetes adicionales para el manejo del puerto serial este paquete se conoce como NIVISA. La interfaz gráfica realizada se encuentra a continuación (ver figura 44).

Figura 44. Interfaz de usuario de Labview.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 45. Diagrama de bloques LABVIEW



FUENTE. Elaboración propia.

## 11. PRUEBAS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO

Como procedimiento necesario al momento de la finalización del proyecto, se debe realizar una serie de pruebas del rendimiento y eficiencia del sistema para comprobar tanto el cumplimiento de la energía suministrada a la carga como la conexión de los dispositivos.

Al igual se realizó una evaluación del voltaje y corriente que puede suministrar el sistema, comparando con el requerimiento diario de la casa, esto con el fin de ratificar si el sistema de suministro energético de respaldo es capaz de suplir lo exigido por la carga.

Para ello se efectuaron mediciones constantes durante 7 días consecutivos en varias horas del día con cargas conectadas en su máximo requerimiento. Las horas a ser analizadas, dependerán de las horas de radiación pico presentes en Colombia (HSP), en el horario de 10 am a 2 pm.

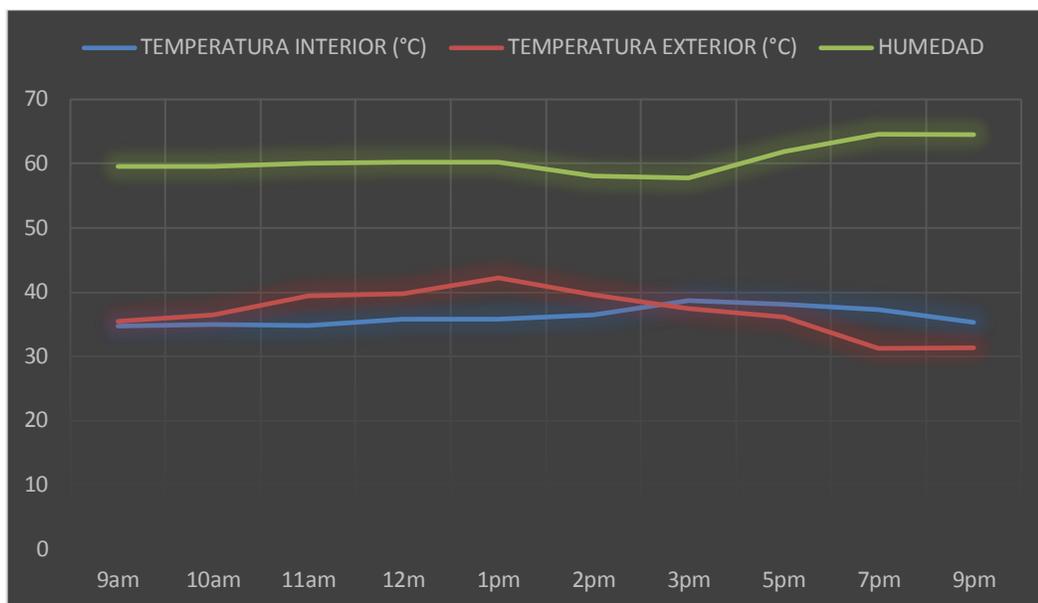
A continuación, la en la (tabla 18-21) se mostrará los resultados del análisis y resultados de un solo día y en el (Anexo 12), se mostrará el análisis de los 7 días completos.

**Tabla 17. Características la zona trabajada**

<b>Hora</b>	<b>TEMPERATURA INTERIOR (°C)</b>	<b>TEMPERATURA EXTERIOR (°C)</b>	<b>HUMEDAD</b>
9am	34,73	35,50	59,61
10am	34,97	36,44	59,64
11am	34,88	39,50	60,07
12m	35,84	39,82	60,20
1pm	35,84	42,23	60,20
2pm	36,47	39,63	58,04
3pm	38,69	37,51	57,78
5pm	38,16	36,12	61,81
7pm	37,24	31,25	64,58
9pm	35,26	31,31	64,55

Fuente. Elaboración propia

**Figura 46. Tendencia de Características la zona trabajada**



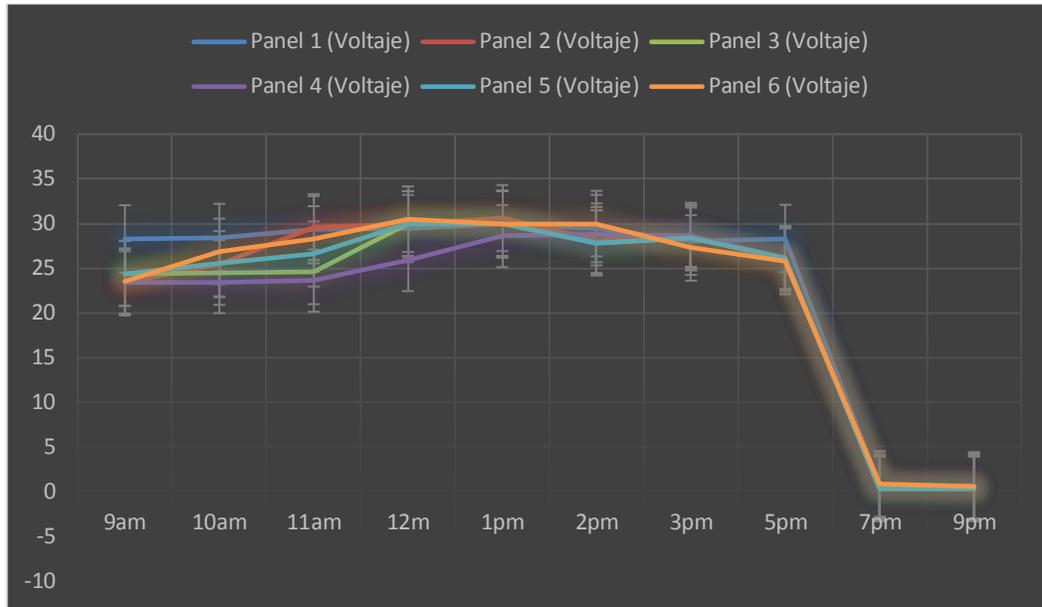
Fuente. Elaboración propia

**Tabla 18. Datos de Voltaje de los Paneles Solares**

Hora	Panel 1 (Voltaje)	Panel 2 (Voltaje)	Panel 3 (Voltaje)	Panel 4 (Voltaje)	Panel 5 (Voltaje)	Panel 6 (Voltaje)
9am	28,29	23,42	24,43	23,42	24,43	23,56
10am	28,45	25,46	24,52	23,46	25,52	26,89
11am	29,32	29,61	24,60	23,61	26,60	28,28
12m	29,45	29,92	30,00	25,92	30,00	30,49
1pm	29,95	30,62	30,00	28,60	30,00	29,99
2pm	29,45	28,17	27,86	28,79	27,86	30,00
3pm	28,03	28,64	28,42	28,64	28,42	27,28
5pm	28,34	25,79	26,10	26,17	26,10	25,81
7pm	0,76	0,51	0,35	0,51	0,35	0,89
9pm	0,68	0,51	0,35	0,51	0,35	0,59

Fuente. Elaboración propia

**Figura 47. Tendencia de Datos de Voltaje de los Paneles Solares**



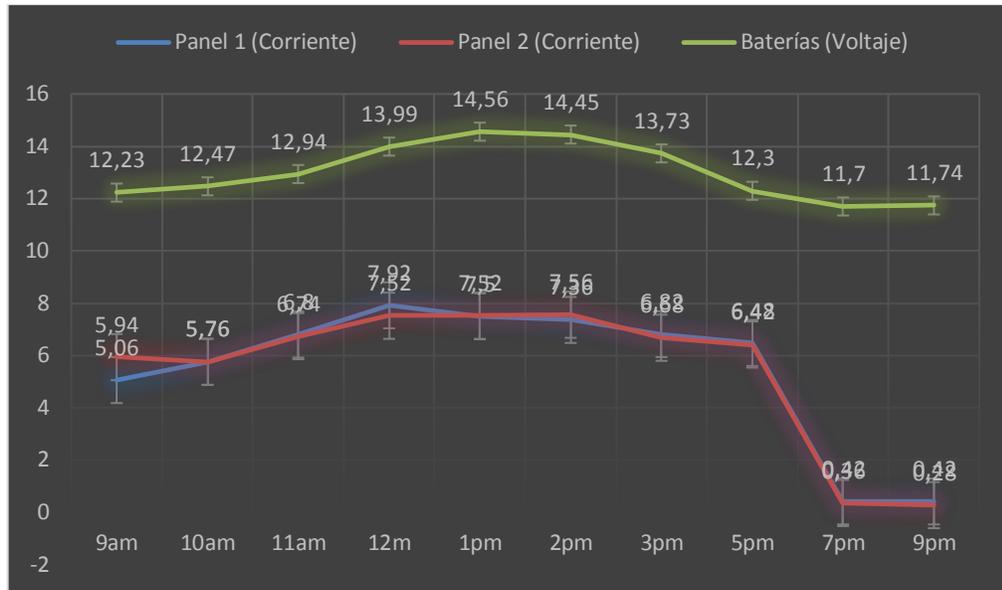
Fuente. Elaboración propia

**Tabla 19. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo**

Hora	Panel 1 (Corriente)	Panel 2 (Corriente)	Baterías (Voltaje)
9am	5,06	5,94	12,23
10am	5,76	5,76	12,47
11am	6,80	6,74	12,94
12m	7,92	7,52	13,99
1pm	7,50	7,52	14,56
2pm	7,36	7,56	14,45
3pm	6,82	6,68	13,73
5pm	6,48	6,42	12,30
7pm	0,42	0,36	11,70
9pm	0,42	0,28	11,74

Fuente. Elaboración propia

**Figura 48. Tendencia de Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo**



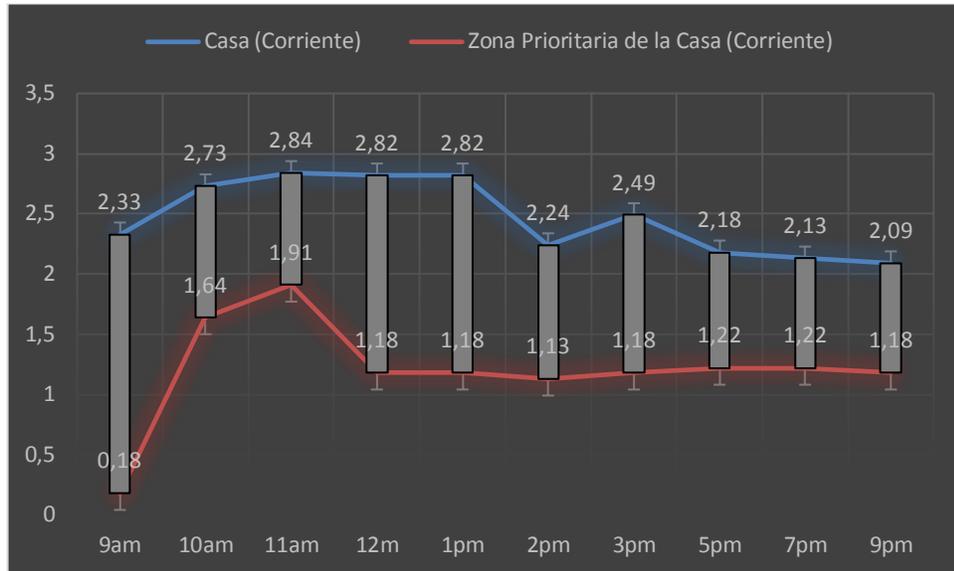
Fuente. Elaboración propia

**Tabla 20. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa**

Hora	Casa (Corriente)	Zona Prioritaria de la Casa (Corriente)
9am	2,33	0,18
10am	2,73	1,64
11am	2,84	1,91
12m	2,82	1,18
1pm	2,82	1,18
2pm	2,24	1,13
3pm	2,49	1,18
5pm	2,18	1,22
7pm	2,13	1,22
9pm	2,09	1,18

Fuente. Elaboración propia

**Figura 49. Tendencia de Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa**



Fuente. Elaboración propia

Los datos obtenidos en las diferentes pruebas nos muestran que el suministro concuerda con el diseño y el requerimiento del sistema, lo que indica que el sistema instalado puede cumplir eficazmente con las exigencias del sistema.

## 12. RESULTADOS

Al finalizar el proyecto con satisfactorios resultados se debe analizar algunos puntos relevantes en cuanto a la implementación del sistema en campo, pues es necesario tener diferentes recomendaciones para la implementación del sistema solar.

Al empezar el sistema eléctrico y electrónico se debe de tener muy en cuenta tanto las tensiones de corriente y el voltaje a trabajar como el ambiente del lugar en el cual se va a realizar la instalación, en el sistema implementado se usó un cable reenchuchado blindado de calibre 12, puesto que gracias a la humedad y altas temperaturas un cable reenchuchado normal presentaría fallas de transmisión de corriente, además de presentar fallas físicas dentro del mismo.



En la implementación del sistema es necesario tener en cuenta que cada etapa de un sistema eléctrico debe tener un sistema de protección por breaker y fusible, en este caso se utilizaron en la etapa de conexión del panel solar, en la salida del inversor que como se sabe es el encargado de convertir la corriente DC en AC en este caso manejando 110V, el inversor nos proporciona dos salidas de 110V las cuales fueron distribuidas en el sistema de bombas de las piscina de la finca y en la línea de alimentación de la casa.



La instalacion y el calculo de las baterias fue primordial debido a que este por la caracteristica de ser "off grid " un sistema que es totalmente independiente a la red, el sistema en gran medida debe su independencia al sistema de baterias instalado.

Los sistemas de regulacion y de inversor fueron acordes al planteamiento del sistema, debido al poco consumo en campo real, se pudo determinar que el sistema puede ser funcional las 24h del día, es un sistema que cumplio a cabalidad con cada uno de los objetivos y ademas proporciono, resultados muy favorables.







### 13. CONCLUSIONES

Para cumplir con los objetivos propuestos en el proyecto, es de vital importancia el diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico, el cual, bajo los parámetros correctos conseguirá que la potencia y el porcentaje de protección, sean lo más óptimos posibles y asegurar un funcionamiento correcto y eficaz de las diferentes cargas, sin que se tenga un exceso de voltaje; lo cual a futuro de seguro generara el buen funcionamiento del sistema fotovoltaico. Además de proteger las baterías contra sobrecargas futuras. Por lo tanto, es imprescindible que el diseño del proyecto sea el correcto.

Es claro que para el tipo de proyectos cuyo funcionamiento depende de las emisiones solares, el clima y el lugar donde se realiza el proyecto, son de vital importancia por ende se debe hacer hincapié en la escogencia de los dispositivos tanto principales, como lo son los paneles solares, como los secundarios entre los cuales se cuentan los cables, juntas, herramientas entre otros. Dicho lo anterior, se consigue que los diferentes dispositivos funcionen de manera correcta gracias al estudio preliminar de la zona y la documentación que se tiene sobre el clima y las emisiones solares a lo largo del día; esto a su vez deja como experiencia, que hay factores externos que afectan de manera directa el funcionamiento de los sistemas de energías renovables en general.

Una vez que se tienen los estudios completos y se conocen las necesidades que se deben suplir, lo siguiente es solo individualizar cada uno de los componentes del sistema para conseguir que su uso sea el más adecuado posible y cumpla con los requerimientos de los dispositivos enlazados con el sistema de energía solar en este caso particular, se refiere a los electrodomésticos que se encuentran en la vivienda estándar, la red eléctrica del hogar y por ultimo una motobomba que fue un equipo adicional el cual tuvo que adecuarse para que funcionara con la energía provista por el sistema de suministro energético de respaldo basado en energías renovables.

Al tener la prioridad en zonas específicas se puede enfatizar el consumo energético para que de manera continua suministre un equipo electrónico o en el caso particular de este proyecto una habitación; la habitación principal. Lo cual fue decisión del usuario final y dueño del sistema total. Para esto se implementó una característica de consumo que permite al sistema una entrega de energía durante 5 horas, en caso de falla del suministro eléctrico principal o un consumo de 3.5 KW/día; Lo que ocurra primero.

Al presentarse las fallas eléctricas, que fueron problemáticas puesto que las interrupciones de electricidad son una constante en la vivienda, se consiguió subsanar este inconveniente con el método de conmutación automática, que se implementó junto con el sistema de suministro energético, la conmutación automática no solo solucionó la entrega de energía cuando se presentaban ausencias de la misma en la vivienda; lo cual al ser un área rural pasaba de manera asidua; sino que también ayudó a la alimentación de algunos electrodomésticos que eran prioritarios para el hogar.

En los proyectos de este tipo, que se encaminan hacia el suministro energético por medio de energía solar, es mucho más factible el uso de señales digitales para la medición de datos en los diferentes dispositivos y también para realizar la verificación del correcto funcionamiento; teniendo un monitoreo en tiempo real; por lo cual se implementó un sistema de automatización con dispositivos que con la conexión adecuada muestran en la interfaz la información de consumo en los tomacorrientes y en las zonas de iluminación en el instante.

Los datos obtenidos en las diferentes pruebas muestran que el suministro concuerda con el diseño y el requerimiento del sistema, lo que indica que el sistema instalado puede cumplir eficazmente con las exigencias del sistema.

La puesta en marcha de proyectos e instalaciones de este tipo suponen un costo e inversión bastante altos, aun más, cuando se intentan hacer, como en este caso, en lugares alejados de la ciudad; pero, por el contrario, se demostró con este modelo que a través del tiempo el dinero y costo de inversión se recuperan en poco tiempo en contraprestación de la dificultad de llevar extensos cableados eléctricos a dichos lugares.

Otro factor que se debe tener en cuenta debido a que puede afectar el correcto funcionamiento del sistema son los obstáculos naturales o aquellos que se puedan encontrar alrededor de los paneles solares como árboles o construcciones cercanas que generen sombra y afecten el proceso de carga.

Las mediciones y pruebas de funcionamiento que se realizaron fueron necesarias para la calibración de los diferentes sensores; esa gran cantidad de medidas de prueba, aseguraron el funcionamiento para que sea acorde a la necesidad de medición. Las herramientas esenciales para conseguir lo anterior fueron el arduino y Labview.

Cabe acotar, que los costos de implementación en comparación a un sistema de red tradicional son más elevados, puesto que el KW/h está por encima de los

quinientos pesos en la zona de instalación; lo cual dejaba al punto de equilibrio comercialmente hablando muy alejado de lo esperado. Pero la viabilidad se fundamentó en el suministro sin interrupción de energía y en la erradicación de los pagos de las multas junto con los costes elevados por la ubicación del terreno y el consumo energético en la vivienda estándar y en el área social donde se encuentra la motobomba de la piscina que era uno de los dispositivos más críticos en cuanto a consumo energético.

## **14.RECURSOS**

“MINDSMART S.A.S”, es la empresa a la cual se le realizó la instalación del sistema solar fotovoltaico con su respectivo sistema automatización. Es por esto que fueron los encargados de entregar el presupuesto y revisar los gastos por los cuales se vio limitado este proyecto (ver Anexo 12).

La financiación de proyecto proviene en su totalidad por parte de la empresa MINDSMART S.A.S bajo número de NIT 900935749 - 5 la cual fue la interventora y responsable de la puesta en marcha del mismo lo cual se puede ver de manera más concreta en los anexos (ver anexo 12).

## 15. BIBLIOGRAFIA

1. Carlos Bordons, Félix García Torres, Luis Valverde. Gestión Óptima de la Energía en Micro redes con Generación Renovable [en línea] Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial 12 (2015) 117–132.
2. M. Mikatia, M. Santos, C. Armenta. Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica Renovable [en línea] Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial 9 (2012) 267–281 .
3. Sergio Juárez-Hernández y Gabriel León, Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social [en Línea], 19 de noviembre de 2013. Fecha de aceptación: 04 de abril del 2014 Germany .
4. Christoph Cappela, Wolfgang Streicherb, Florian Lichtblauc, Christoph Maurera [en línea] Article history: SHC 2013, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, September 23-25, 2013, Freiburg, Germany .
5. Hong Zhang, Junjie Li, Lei Dong, Huanyu Chen, Integration of sustainability in Net-zero House, [en línea] 2013 ISES Solar World Congress CHINA .
6. Diego-Ayala Ulises, Carrillo-Baeza José Gonzalo, Estudio del comportamiento térmico de agua para uso residencial en tinacos de concreto y polietileno en un clima cálido-subhúmedo [en línea] Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XVI (número 4).
7. Constanze Bongs, Alexander Morgenstern, Yudhi Lukito, Hans-Martin Henning, [en línea] Article history: Available online 21 October 2013 .
8. Francesco Cali, Massimo Dentice, Accadia, Antonio Piacentino, Proyecto presentado para el solar decathlon [en línea]) Article history: Received 3 August 2013, Received in revised form 28 November 2013. Accepted 26 December 2013 Available online 22 Janua.
9. Stefan Fortuin, Michael Hermann, Gerhard Stryi-Hipp, Peter Nitz, Werner Platzer [en línea]) Article history: Selection and peer review by the scientific conference committee of SHC 2013 under responsibility of PSE AG. September 23-25, 2013.
10. SOLAR DECATHLON. Competencias y pruebas exigidas concurso Cali 2015 [en línea]. Cali (Colombia): la compañía [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.solardecathlon2015.com.co/competencias/pruebas>>.

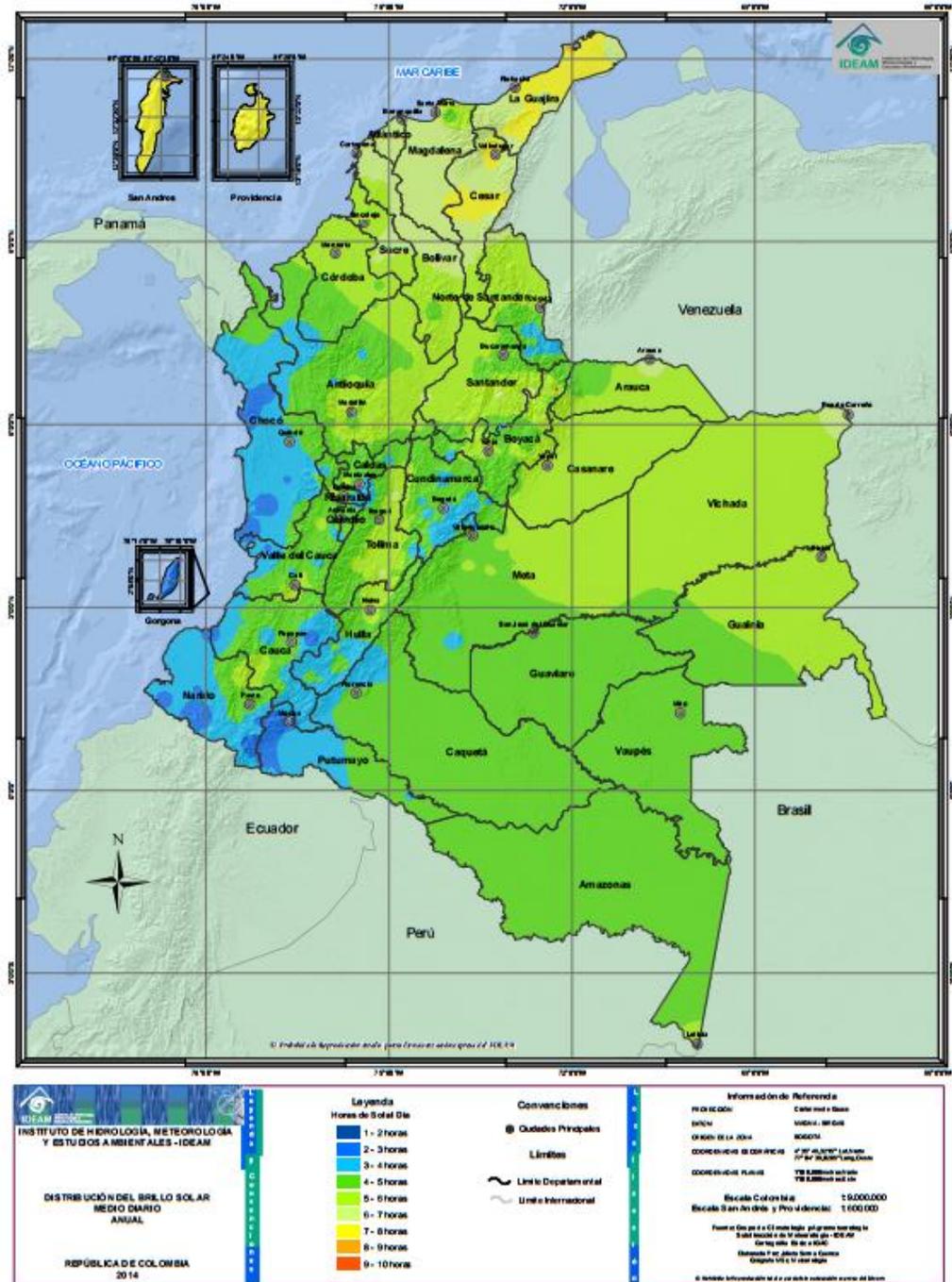
11. Massimo Fiorentini, Paul Cooper, Zhenun Ma and Duane A. Robinson, Hybrid model predictive control of a residential HVAC system with PVT energy generation and PCM thermal storage, [en Linea] 7th International Conference on Sustainability in Energy .
12. Massimo Fiorentini, Paul Cooper, Zhenun Ma and Duane A. Robinson, Hybrid model predictive control of a residential HVAC system with PVT energy generation and PCM thermal storage, [en Linea] 7th International Conference on Sustainability in Energy.
13. PEDROZA ARIAS EDGAR y VASQUEZ LOMBANA JONATHAN ALEXANDER, DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL CON ENERGÍA SOLAR, PARA SUMINISTRAR ENERGÍA A LA RED ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN YOPAL-CASANARE, [en línea], UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA.
14. John Barco Jiménez, ESTUDIO DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO COMO ESTRATEGIA ALTERNATIVA Y SOSTENIBLE DE ENERGIZACIÓN EN EL MUNICIPIO DE SANTACRUZ DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO 2014 .
15. JAIME GONZALEZ VELASCO, Energías Renovables [en Linea], Editorial REVERTE, Barcelona 2009, edición en español [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<https://books.google.com.co/>>.
16. LAURA JARAUTA, Las energías removables, [en línea] editorial UOC, Primera edición julio 2014 Rambla del Poblemou, 156 08018 Barcelona. [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<https://books.google.com.co/>>.
17. INSTITUTO CATALAN DE ENERGIA, medios de explotación de energía [en Linea] centro de investigación de Cataluña España 2016] [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://icaen.gencat.cat/ca/>>.
18. LAURA JARAUTA, Las energías removables, [en línea] editorial UOC, Primera edición julio 2014 Rambla del Poblemou, 156 08018 Barcelona. [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<https://books.google.com.co/>>.
19. José Roldan Viloría, Energías Renovables (lo que hay que saber) [en línea] 2012 Ediciones Paraninfo S.A. [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<https://books.google.com.co/>>.

20. ALLAN Y GILL BRIDGEWATER, Energías alternativas Handbook [en Línea] Editorial Paraninfo 2009, Madrid España [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<https://books.google.es/>>.
21. Ken Butti y Jhon Perlin, "A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology" by Ken Butti and John Perlin: Cheshire Books, 1980 [en línea] [citado en 07 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.arvindguptatoys.com>>.
22. Javier María Méndez Muñiz y Rafael Cuervo García, Energía Solar Fotovoltaica, ECA instituto de tecnología y Formación 2nda Edición España [En Línea] pag. 43 [citado en 07 de Abril de 2016] Disponible en Internet: <<https://books.google.com.co/>>.
23. PEDRO RUFES MARTINEZ, Energía solar Térmica, técnicas para su aprovechamiento [En Línea] 2010 MARCOMBO, S.A. Barcelona [citado el 09 de abril de 2016] Disponible en Internet; <<https://books.google.com.co/>>.
24. JAIME GONZALEZ VELASCO, Energías Renovables, [En Línea] Barcelona: revete, 2009 [citado el 09 de abril de 2016] Disponible en Internet: <<https://books.google.com.co/>>.
25. José Roldan Vilorio, Energías Renovables (lo que hay que saber) [en línea] 2012 Ediciones Paraninfo S.A. [citado en 16 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<https://books.google.com.co/>>.
26. JAVIER MARIA MENDEZ MUÑIZ Y RAFAEL CUERVO GARCIA, Energía solar fotovoltaica [en línea] EC editorial, 2nda Edición, ECA Instituto de Tecnología y Formación Madrid España 09 [citado el 15 de abril de 2016] Disponible en Internet: <<https://books.google.co>>.
27. ESTHER PASCUAL, Bióloga, TIPOS DE PANELES SOLARES [en línea] ENERGIAS RENOVABLES 14 MAY 2015 [citado el 15 de abril de 2016] Disponible en Internet: <<http://elblogverde.com/tipos-de-paneles-solares/>>.
28. ESTHER PASCUAL, Bióloga, TIPOS DE PANELES SOLARES [en línea] ENERGIAS RENOVABLES 14 MAY 2015 [citado el 15 de abril de 2016] Disponible en Internet: <<http://elblogverde.com/tipos-de-paneles-solares/>>.
29. Paneles Solares, Tipos y Eficiencias, [en línea] Delta Volt SAC, 2016 [citado el 29 de abril de 2016] pag Web. <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solare>.

30. Vee Enne, Cómo funcionan los interruptores de transferencia eléctrica, [en línea], 2016 [citado el 29 de abril de 2016] pag Web. [http://www.ehowenespanol.com/funcionan-interruptores-transferencia-electrica-como\\_48652/](http://www.ehowenespanol.com/funcionan-interruptores-transferencia-electrica-como_48652/).
31. PRIETO VILLAR, Roberto. Energía Solar en España [en línea]: Informe Fotovoltaico 2010. Madrid, 2011. [citado el día 29 de abr. de 16].
32. BIO-FAUA. Información de paneles fotovoltaicos [en línea]. Publicado en 2012.[citado 29 de abr. de 16] página web. <http://arquifotovoltaico.blogspot.com/2012/02/informacion-de-paneles-fotovoltaicos.html>.
33. IDEAM. Atlas de Radiación Solar de Colombia. [citado el 29 de abr. de 16] Bogotá: Imprenta nacional de Colombia, 2005.
34. EL TIEMPO, REDACCION. WWW.ELTIEMPO.COM. [en línea] artículo publicado el 15 de 06 de 2015. [citado el 29 de abr. de 16] pagina web <http://www.eltiempo.com/contenido-comercial/especiales-comerciales/energia-solar-en-colombia/15901037>.
35. Construmática, Meta-portal de Arquitectura, Ingeniería y construcción [en línea] Grupo Intercom (Citado el 05 de mayo del 2016) pag Web. [http://www.construmatica.com/construpedia/Vivienda\\_Est%C3%A1ndar. .](http://www.construmatica.com/construpedia/Vivienda_Est%C3%A1ndar.)
36. Luis Galvis y Bladimir Carrillo, de Índice de precios espacial para la vivienda urbana en Colombia: una aplicación con métodos de emparejamiento [en línea] Revista de Economía del Rosario. Vol. 16. No. 1. Enero - Junio 2013. 25 – 59.
37. Energías Renovables, Información sobre energías renovables, energía solar,(hidrógeno), etc [en Línea] publicado noviembre 25, 2014 [Citado el 11 de Abril del 2016] pag Web. <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>.
38. OMAR FRANCO TORRES y MARÍA TERESA MARTÍNEZ GÓMEZ, Atlas interactivo IDEAM [En Línea] Irradiación Global Horizontal Colombia año 2016 43 [citado en 07 de Mayo de 2016] Disponible en Internet: <<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>>.

## 16. ANEXOS

### Anexo 1. Radiación solar global en el territorio colombiano.



## Anexo 2. Hojas de especificaciones del panel solar SunTech STP215 - 20/Wd

**STP215 - 20/Wd**  
**STP210 - 20/Wd**



**SUNTECH**  
Solar powering a green future™

# 215 Watt

## POLYCRYSTALLINE SOLAR MODULE

### Features

- 

Guaranteed 0-5W positive power output tolerance ensures high reliability
- 

Three bus-bar design enhances cell reliability and reduces series resistance for large fill factor
- 

Excellent performance under low light environments (mornings, evenings and cloudy days)
- 

Entire module certified to withstand high wind loads (2400 Pascal) and snow loads (5400 Pascal) \*

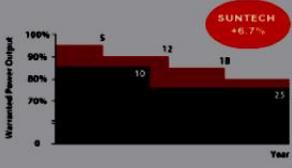




### Trust Suntech to Deliver Reliable Performance Over Time

- World's leading manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Unrivaled manufacturing capacity and world-class technology
- Rigorous quality control meeting the highest international standards: ISO 9001: 2008 and ISO 14001: 2004
- Certification and standards: UL1703, IEC 61215, IEC 61730, conformity to CE

### Industry-leading warranty



Year	Warranty Level
5	95%
10	90%
12	90%
18	85%
25	80%
Suntech	+6.7%

- 25-year transferrable power output warranty: 5 years/95%, 12 years/90%, 18 years/85%, 25 years/80% \*\*
- Based on nominal power
- Warrants 6.7% more power than the market standard over 25 years
- 5 years material and workmanship warranty



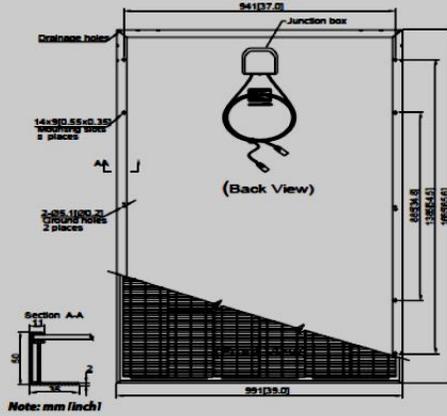
Specially designed drainage holes and rigid construction prevent frame from deforming or breaking due to freezing weather and other forces



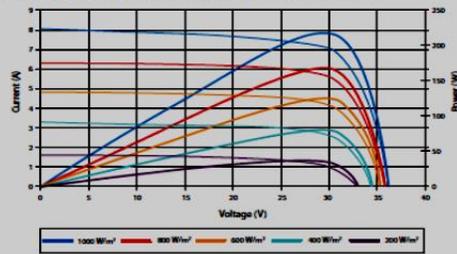
Latest IP67 rated junction box improves module stability

\* Please refer to Suntech Standard Module Installation Manual for details.  
\*\* Please refer to Suntech Product Warranty for details.

STP215 - 20/Wd  
STP210 - 20/Wd



Current-Voltage & Power-Voltage Curve (220-20)



### Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.47 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.34 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.045 %/°C

Dealer information box

Specifications are subject to change without further notification

### Electrical Characteristics

STC	STP215-20/Wd	STP210-20/Wd
Optimum Operating Voltage (Vmp)	29.2 V	29.0 V
Optimum Operating Current (Imp)	7.37 A	7.25 A
Open - Circuit Voltage (Voc)	36.5 V	36.4 V
Short - Circuit Current (Isc)	7.95 A	7.86 A
Maximum Power at STC (Pmax)	215 W	210 W
Operating Temperature	-40°C to +85 °C	-40°C to +85°C
Maximum System Voltage	600 V DC	600 V DC
Maximum Series Fuse Rating	20 A	20 A
Power Tolerance	0 / +5 W	0 / +5 W

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, module temperature 25 °C, AM=1.5

NOCT	STP215-20/Wd	STP210-20/Wd
Maximum Power (W)	156 W	153 W
Maximum Power Voltage (V)	26.5 V	26.3 V
Maximum Power Current (A)	5.90 A	5.82 A
Open Circuit Voltage (Voc)	33.6 V	33.5 V
Short Circuit Current (Isc)	6.42 A	6.30 A
Efficiency Reduction (from 1000 W/m <sup>2</sup> to 200 W/m <sup>2</sup> )	<4.5%	<4.5%

NOCT: Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

### Mechanical Characteristics

Solar Cell	Polycrystalline 156 x 156 mm (6 inches)
No. of Cells	60 (6 x 10)
Dimensions	1665 x 991 x 50 mm (65.6 x 39.0 x 2.0 inches)
Weight	20.0 kgs (44.1 lbs.)
Front Glass	3.2 mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP67 rated
Output Cables	Double insulated solar cable 4.0 mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), symmetrical lengths (-) 1000 mm (39.4 inches) and (+) 1000 mm (39.4 inches), MC4 or its compatible connectors

### Packing Configuration

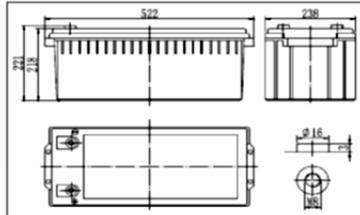
Container	20' GP	40' HC
Pieces per pallet	21	21
Pallets per container	6	28
Pieces per container	126	588

### Anexo 3. Especificaciones técnicas baterías MTEK.



### MT122050(12V205Ah)

#### Dimensions



#### Specifications

Nominal Voltage	12 V	
Capacity(10HR, 25°C)	205 Ah	
Dimension	Length	522mm (20.5inch)
	Width	238mm (9.37inch)
	Height	218mm (8.58inch)
	Total Height	221mm (8.70inch)
Approx. Weight	65kg (143lbs)	
Internal resistance (Fully charged, 25°C)	Approx. 3.5m Ω	
Capacity affected by temperature (10HR)	40°C	102%
	25°C	100%
	0°C	85%
	-15°C	65%
Self-discharge (25°C)	3 month	Remaining Capacity: 91%
	6 month	Remaining Capacity: 82%
	12 month	Remaining Capacity: 65%
Nominal operating temperature	25°C ± 3°C (77°F ± 5°F)	
Operating temperature range	-15°C ~ 50°C (5°F ~ 122°F)	
Float charging voltage(25°C)	13.50 to 13.80V	
Cyclic charging voltage(25°C)	14.50 to 14.90V	
Maximum charging current	60A	
Terminal material	Copper	
Maximum discharge current	1500A(5 sec.)	

- ◆ AGM and VRLA technology;
- ◆ Recognized by UL & CE;
- ◆ ABS container. Orange, Blue or Black Color.

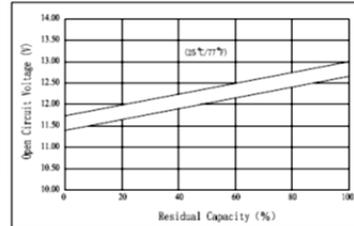
#### Constant Current Discharge Characteristics (A, 25°C)

F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	3h	5h	10h	20h
9.60V	651	430	363	209	135	55.0	38.2	20.3	10.4
10.2V	615	409	350	202	127	53.5	37.0	20.1	10.3
10.8V	575	380	331	190	119	52.4	36.3	20.0	10.2

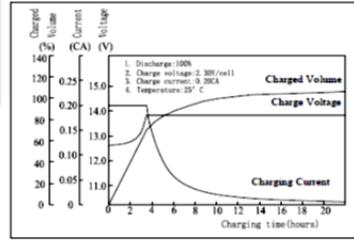
#### Constant Power Discharge Characteristics (Watt, 25°C)

F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	3h	5h	10h	20h
9.60V	6720	4550	4010	2319	1482	639	444	242	124
10.2V	6480	4400	3852	2227	1423	629	437	240	123
10.8V	6012	4123	3651	2136	1352	617	429	240	122

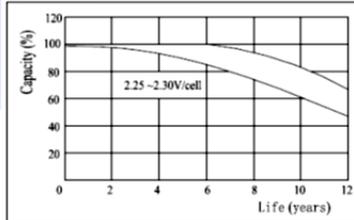
#### The Relationship for Open Circuit Voltage and Residual Capacity (25°C)



#### Charging Characteristics(25°C)



#### Floating Life Characteristics (25°C)



Note: Floating life at 20°C designed for 10 years

## Anexo 4. Tabla de especificaciones del Inversor de onda SAMLEX power 2000W Sa-2000k



<b>DC-AC Inverter</b> Pure Sine Wave	Model
	SA-2000K-112 12 VDC-120 VAC
	SA-2000K-124 24 VDC-120 VAC

### Design Features

- Pure sine wave output (THD < 3%)
- Switch selectable output frequency: 50 / 60 Hz
- Switch selectable Power Save Mode wherein the inverter shuts off non essential circuitry and reduces its no load self consumption till it sees a minimum programmed load (40 - 280 Watts)
- Optional wired remote controls for switching and monitoring the operation. Includes Ignition Lockout and Reverse Over-ride Function (ROF)
- Input and output are fully isolated
- Advanced micro-controller
- 2 load controlled cooling fans save power consumption
- 3 tri-color LEDs display operational status and fault indications

**2 YEAR LIMITED WARRANTY** 

	MODEL NO.	SA-2000K-112	SA-2000K-124
<b>OUTPUT</b>	OUTPUT VOLTAGE		120 VAC, +/- 5%
	OUTPUT FREQUENCY		50 / 60 Hz +/- 0.05% (Selected by Switch)
	TYPE OF OUTPUT WAVEFORM		Pure Sine Wave
	TOTAL HARMONIC DISTORTION OF OUTPUT WAVEFORM		< 3%
	CONTINUOUS OUTPUT POWER (At Power Factor = 1)	2000 W	2000 W
	SURGE OUTPUT POWER (At Power Factor = 1)	4000 W for 3 sec	4000 W for 3 sec
<b>INPUT</b>	PEAK EFFICIENCY (At full load)	89%	92%
	AC OUTPUT CONNECTIONS	Dual NEMA5-20R receptacles with GFCI protection; Terminal strip for hardwiring	
	NOMINAL DC INPUT VOLTAGE	12 VDC	24 VDC
	DC INPUT VOLTAGE RANGE	10.5 to 15 VDC, +/- 0.2 VDC	21 to 30 VDC, +/- 0.4 VDC
	DC INPUT CURRENT AT NO LOAD (Power Save on)	0.6 A	0.3 A
	DC INPUT CURRENT AT NO LOAD (Power Save off)	2.8 A	1.5 A
<b>POWER SAVE (SLEEP MODE)</b>	DC INPUT CONNECTIONS	M-8 bolt and nut / Wire with M-8 ring lug terminal	
	ENABLED / DISABLED BY SWITCH	Wake up power: 40 to 280 W (switch selectable)	
<b>DISPLAY</b>	INPUT VOLTAGE, OUTPUT POWER, STATUS	By steady / flashing patterns of three, 3-color LEDs	
<b>REMOTE OPERATION</b>	WIRED REMOTE CONTROL (Simple version) (Optional)	SR-8 with 10 ft cable	
	WIRED REMOTE CONTROL (Upgraded version) (Optional)	SR-6-12 with 10 ft cable	SR-6-24 with 10 ft. cable
<b>PROTECTIONS</b>	LOW DC INPUT VOLTAGE ALARM	10.5 VDC, +/- 0.2 VDC	21.0 VDC, +/- 0.4 VDC
	LOW DC INPUT VOLTAGE SHUTDOWN	10.0 VDC, +/- 0.2 VDC	20.0 VDC, +/- 0.4 VDC
	HIGH DC INPUT VOLTAGE SHUTDOWN	15.0 VDC, +/- 0.2 VDC	30.0 VDC, +/- 0.4 VDC
	SHORT CIRCUIT SHUTDOWN		Yes
	OVERLOAD SHUTDOWN		Yes
	GROUND FAULT SHUTDOWN	Yes. Only for the GFCI protected dual NEMA5-20R receptacles	
	OVER TEMPERATURE SHUTDOWN		Yes
<b>COOLING</b>	REVERSE POLARITY ON DC INPUT SIDE	Yes. Internal fuses will blow	
	FORCED AIR COOLING	2 load controlled fans: ON > 300W ; OFF < 160W	
<b>COMPLIANCE</b>	SAFETY	Meets UL-458	
	EMI / EMC	Meets FCC Part 15(B), Class A	
<b>ENVIRONMENT</b>	OPERATING TEMPERATURE RANGE	0 °C to +40 °C	
	STORAGE TEMPERATURE RANGE	-30 °C to 70 °C	
<b>DIMENSIONS</b>	(L X W X H), MM	422 x 208 x 166	
	(L X W X H), INCHES	16.6 x 8.18 x 6.53	
<b>WEIGHT</b>	KG	9	
	LBS	19.8	

NOTE: Specifications are subject to change without notice

12003-SA-2000K-112-124-0715

## Anexo 5. TABLAS DE CALIBRE DE CABLE AWG

Para Corriente Discreta.

AWG	Diam. mm	Area mm <sup>2</sup>	AWG	Diam. mm	Area mm <sup>2</sup>
1	7.35	42.40	16	1.29	1.31
2	6.54	33.60	17	1.15	1.04
3	5.86	27.00	18	1.024	0.823
4	5.19	21.20	19	0.912	0.653
5	4.62	16.80	20	0.812	0.519
6	4.11	13.30	21	0.723	0.412
7	3.67	10.60	22	0.644	0.325
8	3.26	8.35	23	0.573	0.259
9	2.91	6.62	24	0.511	0.205
10	2.59	5.27	25	0.455	0.163
11	2.30	4.15	26	0.405	0.128
12	2.05	3.31	27	0.361	0.102
13	1.83	2.63	28	0.321	0.0804
14	1.63	2.08	29	0.286	0.0646
15	1.45	1.65	30	0.255	0.0503

Para Corriente Alterna

Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

## Anexo 6. Características técnicas del sensor SHT1X.

**SENSIRION**  
THE SENSOR COMPANY

### Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15)

Humidity and Temperature Sensor IC

- Fully calibrated
- Digital output
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- SMD type package – reflow solderable



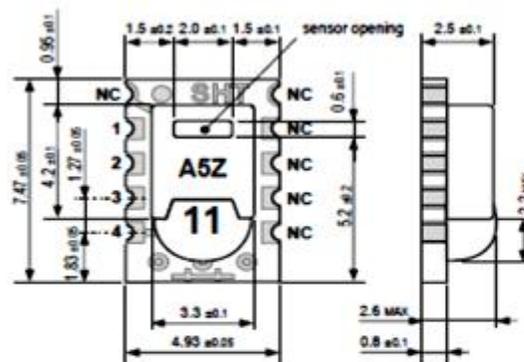
#### Product Summary

SHT1x (including SHT10, SHT11 and SHT15) is Sensirion's family of surface mountable relative humidity and temperature sensors. The sensors integrate sensor elements plus signal processing on a tiny foot print and provide a fully calibrated digital output. A unique capacitive sensor element is used for measuring relative humidity while temperature is measured by a band-gap sensor. The applied CMOSens® technology guarantees excellent reliability and long term stability. Both sensors are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC).

Each SHT1x is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into an OTP memory on the chip. These coefficients are used to internally calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows for easy and fast system integration. The tiny size and low power consumption makes SHT1x the ultimate choice for even the most demanding applications.

SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) which is approved for standard reflow soldering processes. The same sensor is also available with pins (SHT7x) or on flex print (SHTA1).

#### Dimensions



**Figure 1:** Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives "11" for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:SCK, 4:VDD.

#### Sensor Chip

SHT1x V4 – for which this datasheet applies – features a version 4 Silicon sensor chip. Besides the humidity and temperature sensors the chip contains an amplifier, A/D converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example "A5Z" code on Figure 1.

#### Material Contents

While the sensor is made of a CMOS chip the sensor housing consists of an LCP cap with epoxy glob top on an FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant, thus it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

#### Evaluation Kits

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application (data logging) of the sensor there is an evaluation kit *EK-H4* available including SHT71 (same sensor chip as SHT1x) and 4 sensor channels, hard and software to interface with a computer. For other evaluation kits please check [www.sensirion.com/humidity](http://www.sensirion.com/humidity).

## Sensor Performance

### Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy <sup>2</sup> SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup> SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup> SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Hysteresis			±1		%RH
Non-linearity	linearized		<<1		%RH
Response time <sup>3</sup> $\tau$ (63%)			8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift <sup>4</sup>	normal		< 0.5		%RH/yr

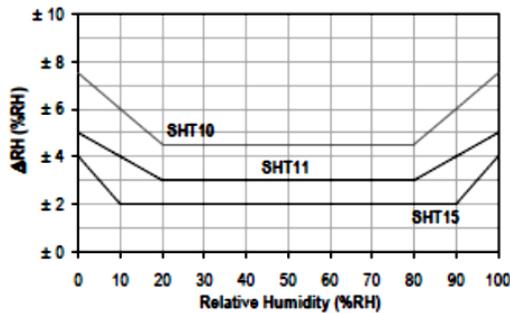


Figure 2: Maximal RH-tolerance at 25°C per sensor type.

### Electrical and General Items

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power Consumption <sup>5</sup>	sleep		2	5	μW
	measuring		3		mW
	average		90		μW
Communication	digital 2-wire interface, see Communication				
Storage	10 – 50°C (0 – 125°C peak), 20 – 60%RH				

<sup>1</sup> The default measurement resolution of is 14bit for temperature and 12bit for humidity. It can be reduced to 12/8bit by command to status register.

<sup>2</sup> Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (77°F) and 3.3V. Values exclude hysteresis and are applicable to non-condensing environments only.

<sup>3</sup> Time for reaching 63% of a step function, valid at 25°C and 1 m/s airflow.

### Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy <sup>2</sup> SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy <sup>2</sup> SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy <sup>2</sup> SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time <sup>6</sup> $\tau$ (63%)		5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

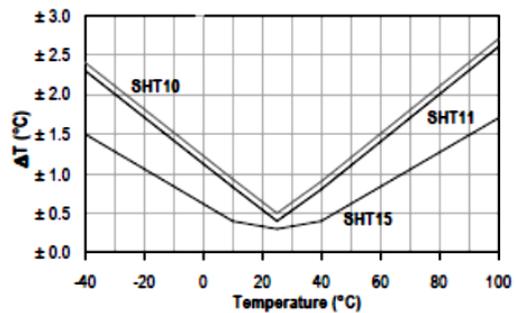


Figure 3: Maximal T-tolerance per sensor type.

### Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
	Tape & Reel	100	1-100051-04
SHT11	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
	Tape & Reel	100	1-100085-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

This datasheet is subject to change and may be amended without prior notice.

<sup>4</sup> Value may be higher in environments with high contents of volatile organic compounds. See Section 1.3 of Users Guide.

<sup>5</sup> Values for VDD=3.3V at 25°C, average value at one 12bit measurement per second.

<sup>6</sup> Response time depends on heat capacity of and thermal resistance to sensor substrate.

## Anexo 7. Características eléctricas del sensor DS18B20.

PRELIMINARY

**DS18B20**  
**Programmable Resolution**  
**1-Wire® Digital Thermometer**

**DALLAS**  
**SEMICONDUCTOR**

[www.dalsemi.com](http://www.dalsemi.com)

### FEATURES

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is -67°F to +257°F
- ±0.5°C accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

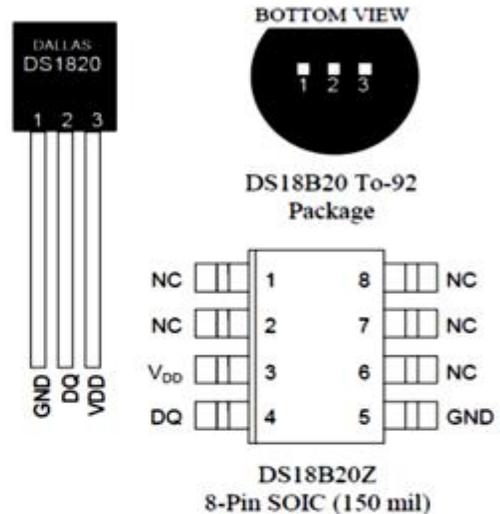
### DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS18B20. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS18B20 contains a unique silicon serial number, multiple DS18B20s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control.

### PIN ASSIGNMENT



### PIN DESCRIPTION

- GND - Ground
- DQ - Data In/Out
- V<sub>DD</sub> - Power Supply Voltage
- NC - No Connect

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS\***

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +6.0V
Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	See J-STD-020A specification

\* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

**RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	Local Power	3.0		5.5	V	1
Data Pin	DQ		-0.3		+5.5	V	1
Logic 1	V <sub>IH</sub>		2.2		V <sub>CC</sub> +0.3	V	1,2
Logic 0	V <sub>IL</sub>		-0.3		+0.8	V	1,3,7

**DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (-55°C to +125°C; V<sub>DD</sub>=3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Thermometer Error	t <sub>ERR</sub>	-10°C to +85°C			±½	°C	
		-55°C to +125°C			±2		
Input Logic High	V <sub>IH</sub>	Local Power	2.2		5.5	V	1,2
		Parasite Power	3.0			V	1,2
Input Logic Low	V <sub>IL</sub>		-0.3		+0.8	V	1,3,7
Sink Current	I <sub>L</sub>	V <sub>IO</sub> =0.4V	-4.0			mA	1
Standby Current	I <sub>DDS</sub>			750	1000	nA	6,8
Active Current	I <sub>DD</sub>			1	1.5	mA	4
DQ-Input Load Current	I <sub>DQ</sub>			5		µA	5

**AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS: NV MEMORY**(-55°C to +125°C; V<sub>DD</sub>=3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
NV Write Cycle Time	t <sub>wr</sub>			2	10	ms	
EEPROM Writes	N <sub>EEWR</sub>	-55°C to +55°C	50k			writes	
EEPROM Data Retention	t <sub>EEDR</sub>	-55°C to +55°C	10			years	

**AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS:** (-55°C to +125°C;  $V_{DD}=3.0V$  to  $5.5V$ )

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Temperature Conversion Time	$t_{CONV}$	9 bit			93.75	ms	
		10 bit			187.5		
		11 bit			375		
		12 bit			750		
Time Slot	$t_{SLOT}$		60		120	$\mu s$	
Recovery Time	$t_{REC}$		1			$\mu s$	
Write 0 Low Time	$t_{LOW0}$		60		120	$\mu s$	
Write 1 Low Time	$t_{LOW1}$		1		15	$\mu s$	
Read Data Valid	$t_{RDV}$				15	$\mu s$	
Reset Time High	$t_{RSTH}$		480			$\mu s$	
Reset Time Low	$t_{RSTL}$		480			$\mu s$	9
Presence Detect High	$t_{PDHIGH}$		15		60	$\mu s$	
Presence Detect Low	$t_{PDLow}$		60		240	$\mu s$	
Capacitance	$C_{IN/OUT}$				25	pF	

**NOTES:**

- All voltages are referenced to ground.
- Logic one voltages are specified at a source current of 1 mA.
- Logic zero voltages are specified at a sink current of 4 mA.
- Active current refers to either temperature conversion or writing to the E<sup>2</sup> memory. Writing to E<sup>2</sup> memory consumes approximately 200  $\mu A$  for up to 10 ms.
- Input load is to ground.
- Standby current specified up to 70°C. Standby current typically is 3  $\mu A$  at 125°C.
- To always guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions,  $V_{ILMAX}$  may have to be reduced to as much as 0.5V.
- To minimize  $I_{DDs}$ , DQ should be:  $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$  or  $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$ .
- Under parasite power, the max  $t_{RSTL}$  before a power on reset occurs is 960  $\mu s$ .

## Anexo 11. Presupuesto.

<b>RUBROS</b>		<b>TOTAL</b>
PERSONAL	<b>\$50.000</b>	<b>\$100.000</b>
EQUIPOS	<b>\$20'030.000</b>	<b>\$20'030.000</b>
SOFTWARE	<b>\$100.000</b>	<b>\$100.000</b>
MATERIALES	<b>\$2'412.000</b>	<b>\$2'412.000</b>
SALIDAS DE CAMPO	<b>\$380.000</b>	<b>\$380.000</b>
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO	<b>\$30.000</b>	<b>\$30.000</b>
PUBLICACIONES Y PATENTES	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
SERVICIOS TÉCNICOS	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
CONSTRUCCIONES	<b>\$5'000.000</b>	<b>\$5'000.000</b>
MANTENIMIENTO	<b>\$100.000</b>	<b>\$100.000</b>
<b>TOTAL</b>		<b>\$28.252.000</b>

**Anexo 13. Protocolo completo de Pruebas al sistema de Suministró.**

**Tabla 21. Características la zona trabajada (Día 2)**

<b>Hora</b>	<b>TEMPERATURA INTERIOR (°C)</b>	<b>TEMPERATURA EXTERIOR (°C)</b>	<b>HUMEDAD</b>
9am	31,94	37,38	59,91
10am	33,88	37,56	59,97
11am	37,83	38,19	60,09
12m	38,87	38,94	59,73
1pm	38,90	39,19	59,53
2pm	39,01	39,75	59,72
3pm	39,59	37,56	57,62
5pm	39,90	36,19	56,70
7pm	36,12	27,19	53,97
9pm	32,34	25,32	54,55

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 22. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 2)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Voltaje)</b>	<b>Panel 2 (Voltaje)</b>	<b>Panel 3 (Voltaje)</b>	<b>Panel 4 (Voltaje)</b>	<b>Panel 5 (Voltaje)</b>	<b>Panel 6 (Voltaje)</b>
9am	26,25	21,48	22,45	23,96	22,60	26,50
10am	26,09	22,09	23,19	23,96	28,54	26,50
11am	26,13	25,13	27,84	27,31	29,80	26,50
12m	29,35	29,01	30,00	29,92	30,50	27,84
1pm	30,01	29,05	30,00	30,27	30,00	29,98
2pm	30,13	30,13	30,00	30,80	28,96	30,04
3pm	28,68	32,68	28,39	28,85	28,39	26,25
5pm	28,57	29,70	26,36	24,12	26,36	25,69
7pm	0,15	0,17	0,31	0,79	0,31	0,43
9pm	0,51	0,80	0,35	0,68	0,35	0,00

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 23. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 2)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Corriente)</b>	<b>Panel 2 (Corriente)</b>	<b>Baterías (Voltaje)</b>
9am	4,70	4,00	12,54
10am	5,60	5,14	12,73
11am	5,90	6,48	12,84
12m	6,43	6,54	12,86
1pm	6,76	6,96	13,37
2pm	6,70	5,84	13,45
3pm	5,70	5,56	13,20
5pm	4,39	3,72	12,90
7pm	0,30	0,30	12,70
9pm	0,30	0,43	11,35

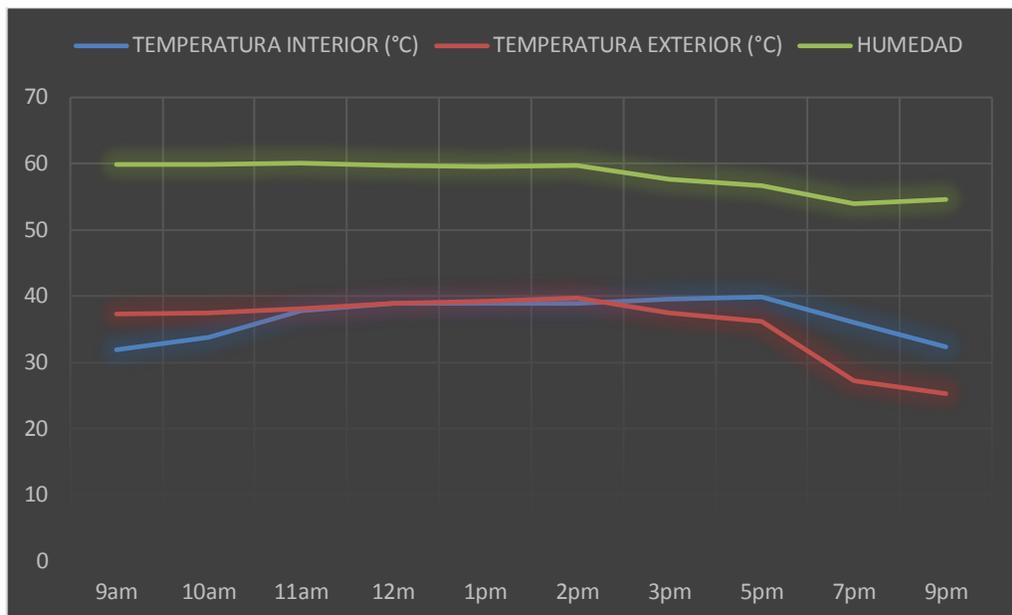
Fuente. Elaboración Propia

**Tabla 24. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 2)**

<b>Hora</b>	<b>Casa (Corriente)</b>	<b>Zona Prioritaria de la Casa (Corriente)</b>
9am	2,29	0,13
10am	2,41	0,22
11am	3,58	1,95
12m	3,67	1,38
1pm	3,73	2,31
2pm	2,92	2,18
3pm	2,48	1,95
5pm	2,21	0,18
7pm	0,91	0,18
9pm	0,09	0,18

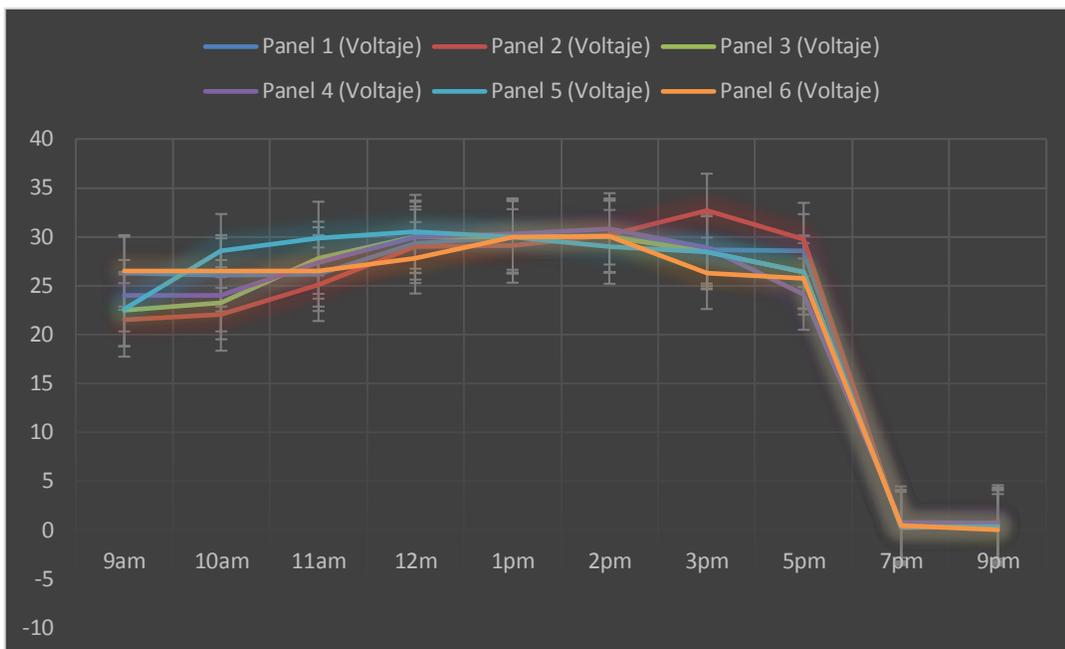
Fuente. Elaboración Propia

**Figura 50. Tendencia la zona trabajada (Día 2)**



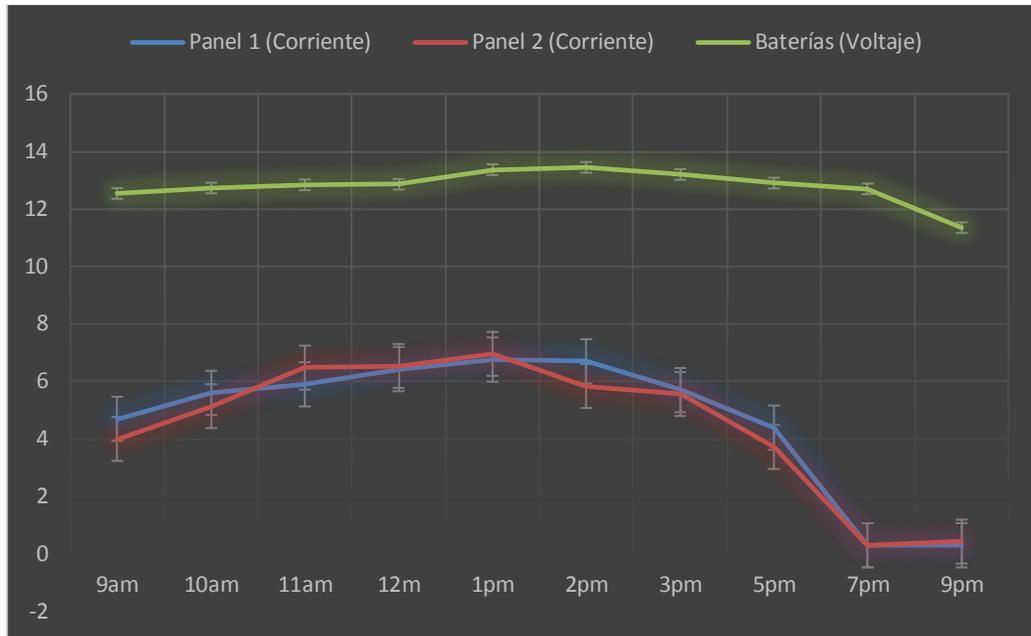
**Fuente. Elaboración Propia**

**Figura 51. Tendencia de Voltaje de los Paneles Solares (Día 2)**



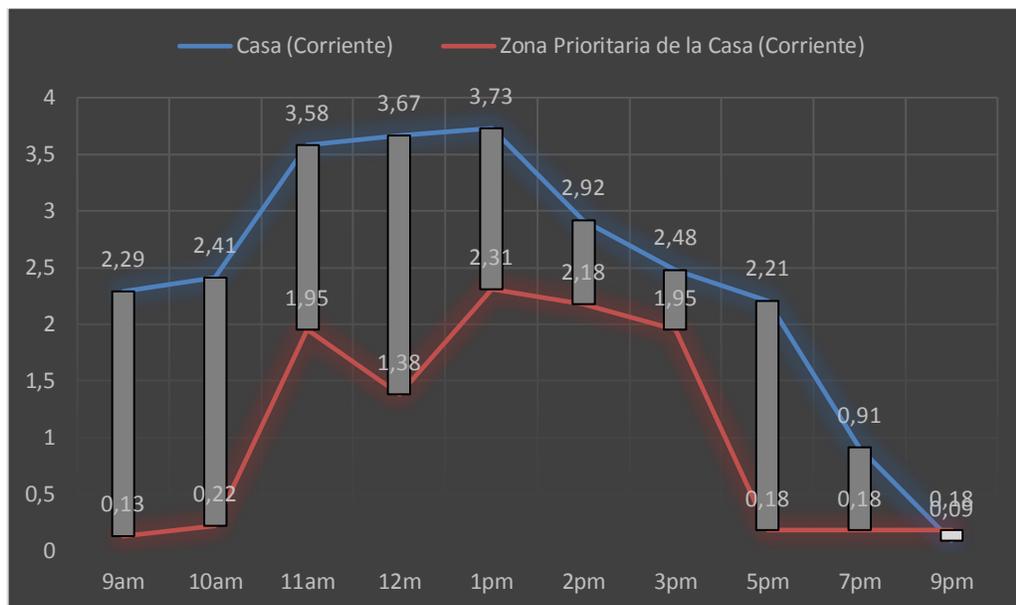
**Fuente. Elaboración Propia**

**Figura 52. Tendencia de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 2)**



Fuente. Elaboración Propia

**Figura 53. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 2)**



Fuente. Elaboración Propia

**Tabla 25. Características la zona trabajada (Día 3)**

<b>Hora</b>	<b>TEMPERATURA INTERIOR (°C)</b>	<b>TEMPERATURA EXTERIOR (°C)</b>	<b>HUMEDAD</b>
9am	27,44	31,96	59,67
10am	28,34	31,88	60,00
11am	33,00	33,84	60,16
12m	34,06	34,83	60,16
1pm	34,94	36,87	59,73
2pm	36,44	36,86	60,13
3pm	38,63	35,91	59,94
5pm	37,38	33,91	59,57
7pm	36,25	31,90	59,53
9pm	34,13	31,88	57,52

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 26. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 3)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Voltaje)</b>	<b>Panel 2 (Voltaje)</b>	<b>Panel 3 (Voltaje)</b>	<b>Panel 4 (Voltaje)</b>	<b>Panel 5 (Voltaje)</b>	<b>Panel 6 (Voltaje)</b>
9am	25,13	21,13	23,07	14,94	25,89	22,89
10am	26,09	21,09	25,00	13,72	25,89	25,44
11am	26,09	25,09	30,00	13,69	26,42	29,05
12m	29,01	28,91	30,00	18,92	30,00	29,97
1pm	30,38	29,32	30,00	20,41	30,00	30,00
2pm	30,00	30,07	28,73	20,26	28,56	30,08
3pm	26,04	25,67	27,68	20,00	23,18	27,60
5pm	21,05	23,05	23,00	13,69	22,30	25,00
7pm	0,14	1,04	0,08	0,55	0,08	0,08
9pm	0,17	0,97	0,05	0,52	0,05	0,05

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 27. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 3)**

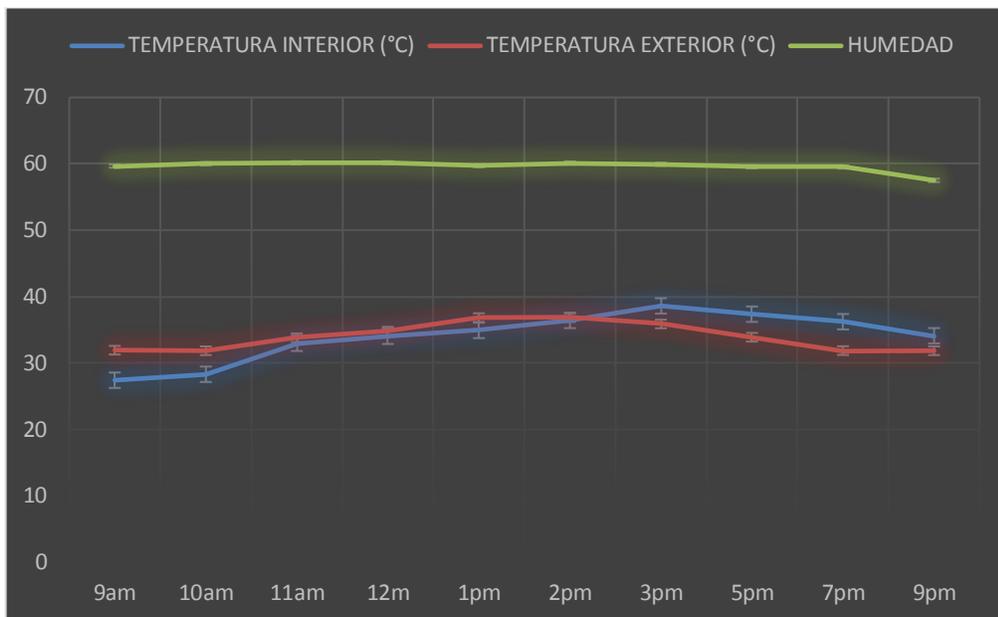
<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Corriente)</b>	<b>Panel 2 (Corriente)</b>	<b>Baterías (Voltaje)</b>
9am	4,80	4,76	11,78
10am	5,06	5,18	11,83
11am	6,70	5,90	12,04
12m	6,88	5,96	12,06
1pm	6,54	6,13	12,77
2pm	5,94	5,98	13,26
3pm	4,74	4,10	13,15
5pm	4,84	4,00	12,11
7pm	0,30	0,24	11,70
9pm	0,02	0,06	12,00

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 28. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 3)**

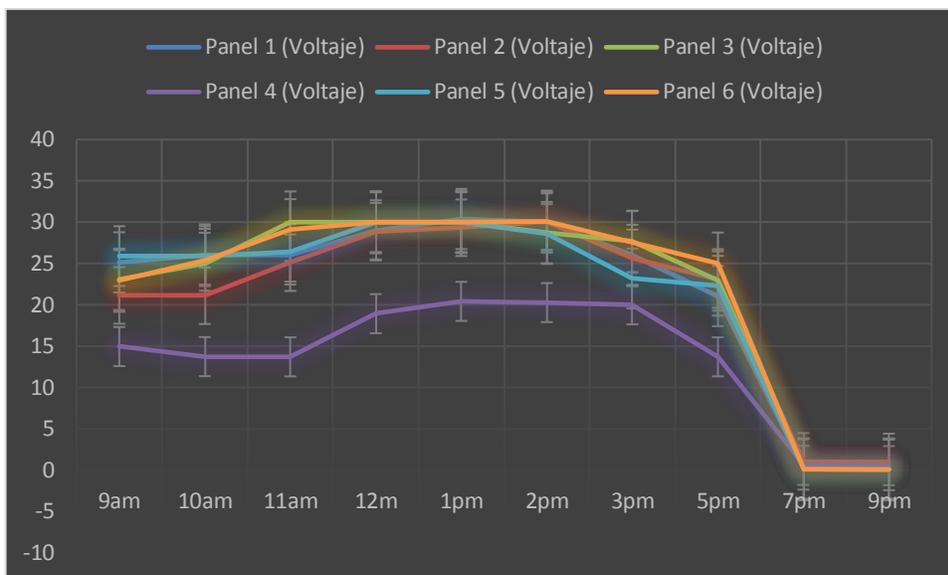
<b>Hora</b>	<b>Casa (Corriente)</b>	<b>Zona Prioritaria de la Casa (Corriente)</b>
9am	2,04	1,22
10am	2,73	1,13
11am	3,33	0,84
12m	3,33	1,18
1pm	3,58	1,38
2pm	2,91	1,18
3pm	2,69	1,04
5pm	2,24	0,58
7pm	0,22	0,13
9pm	0,02	0,49

**Figura 54. Tendencia la zona trabajada (Día 3)**



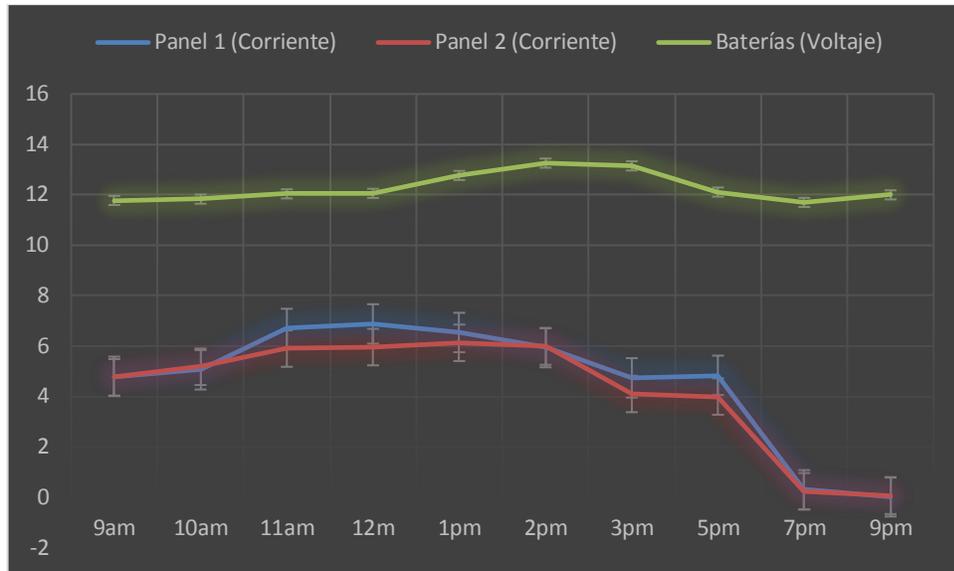
**Fuente. Elaboración Propia**

**Figura 55. Tendencia de Voltaje de los Paneles Solares (Día 3)**



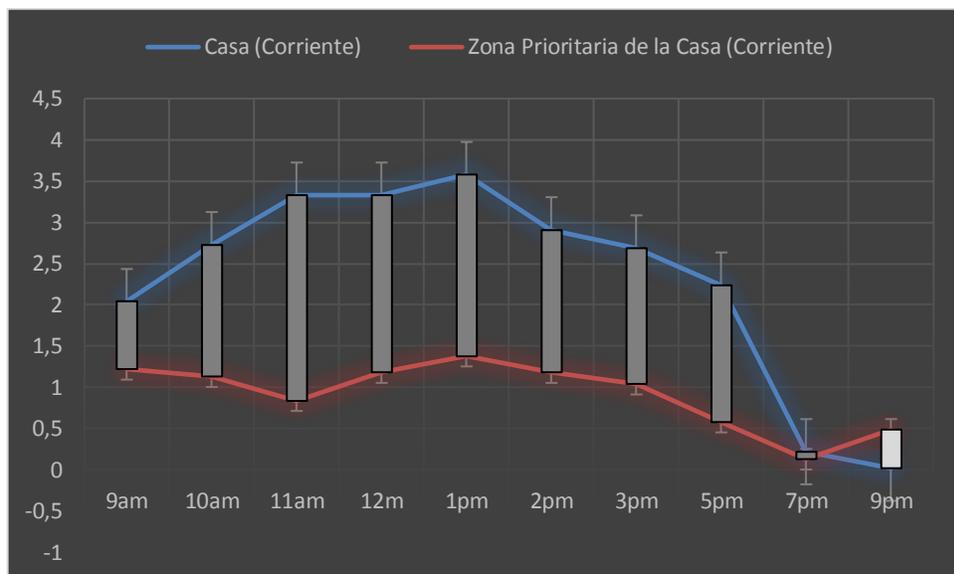
**Fuente. Elaboración Propia**

**Figura 56. Tendencia de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 3)**



**Fuente. Elaboración Propia**

**Figura 57. Tendencia de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 3)**



**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 29. Características la zona trabajada (Día 4)**

<b>Hora</b>	<b>TEMPERATURA INTERIOR (°C)</b>	<b>TEMPERATURA EXTERIOR (°C)</b>	<b>HUMEDAD</b>
9am	31,06	31,88	59,60
10am	31,13	31,88	59,60
11am	34,88	35,96	59,74
12m	36,94	37,97	59,74
1pm	37,75	38,17	59,84
2pm	37,75	40,17	59,81
3pm	37,31	40,20	59,57
5pm	39,25	37,21	59,57
7pm	36,63	34,46	58,08
9pm	35,56	32,43	58,08

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 30. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 4)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Voltaje)</b>	<b>Panel 2 (Voltaje)</b>	<b>Panel 3 (Voltaje)</b>	<b>Panel 4 (Voltaje)</b>	<b>Panel 5 (Voltaje)</b>	<b>Panel 6 (Voltaje)</b>
9am	24,01	21,01	26,00	24,27	25,53	24,35
10am	24,01	23,01	28,90	25,80	27,00	24,92
11am	26,09	26,70	29,67	25,92	27,80	27,46
12m	28,09	29,09	30,00	29,89	30,00	30,50
1pm	29,59	29,59	30,01	29,70	30,01	29,52
2pm	30,12	29,92	29,37	29,26	29,87	30,04
3pm	29,87	29,00	25,78	27,36	25,78	25,31
5pm	19,52	27,00	24,55	21,33	24,55	23,34
7pm	0,17	0,17	0,86	0,25	0,86	0,05
9pm	0,42	0,42	0,77	0,69	0,77	0,81

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 31. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 4)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Corriente)</b>	<b>Panel 2 (Corriente)</b>	<b>Baterías (Voltaje)</b>
9am	5,02	5,76	12,00
10am	5,32	5,52	12,49
11am	5,48	5,94	12,94
12m	5,66	6,14	13,06
1pm	5,46	5,98	194,07
2pm	5,10	5,40	14,15
3pm	4,92	4,26	14,07
5pm	5,06	4,44	14,01
7pm	0,60	0,32	11,80
9pm	0,48	0,68	11,80

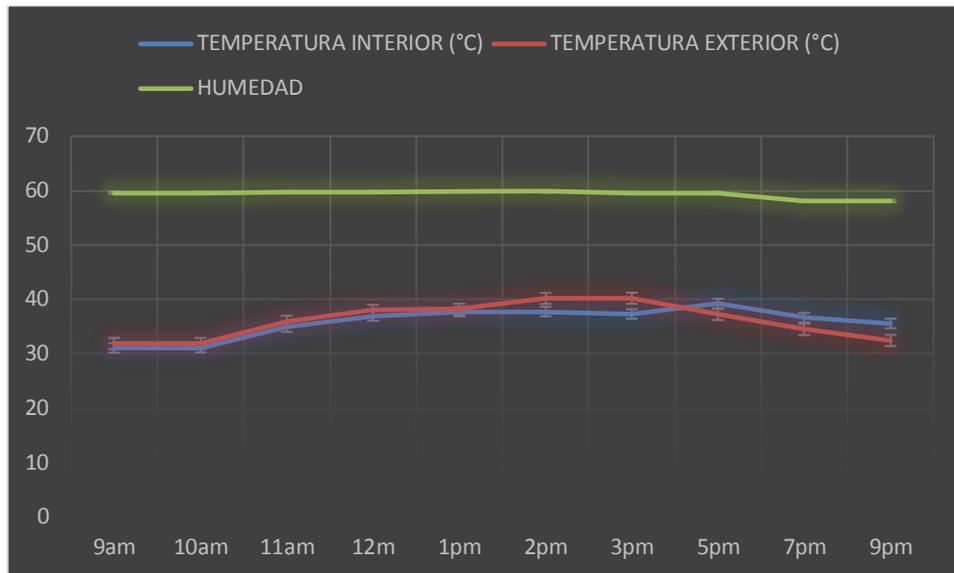
**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 32. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 4)**

<b>Hora</b>	<b>Casa (Corriente)</b>	<b>Zona Prioritaria de la Casa (Corriente)</b>
9am	2,02	0,93
10am	2,53	1,73
11am	2,83	2,00
12m	2,91	1,11
1pm	2,66	1,55
2pm	2,93	1,18
3pm	2,22	1,04
5pm	2,71	1,18
7pm	0,44	0,08
9pm	0,84	0,22

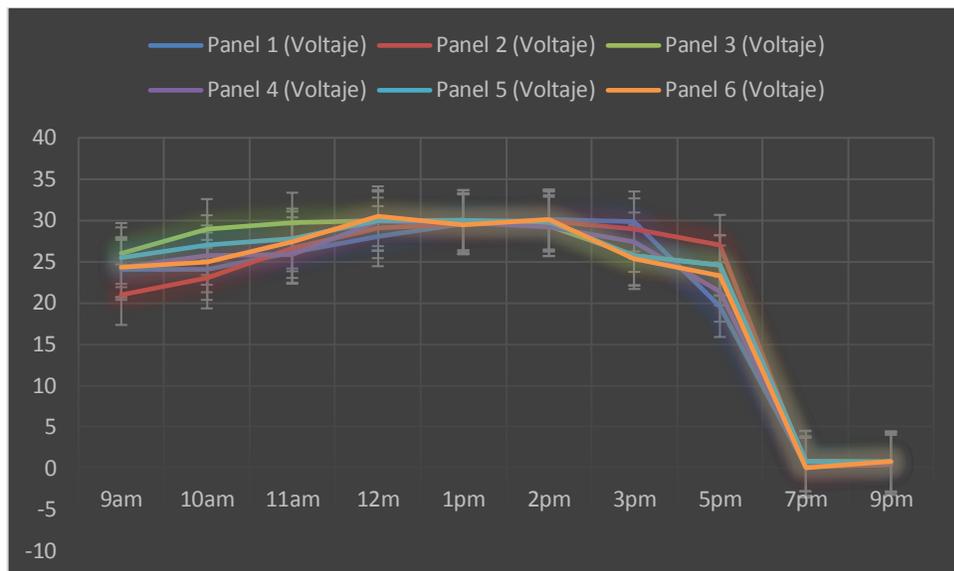
**Fuente. Elaboración Propia**

**Figura 58. Tendencia la zona trabajada (Día 4)**



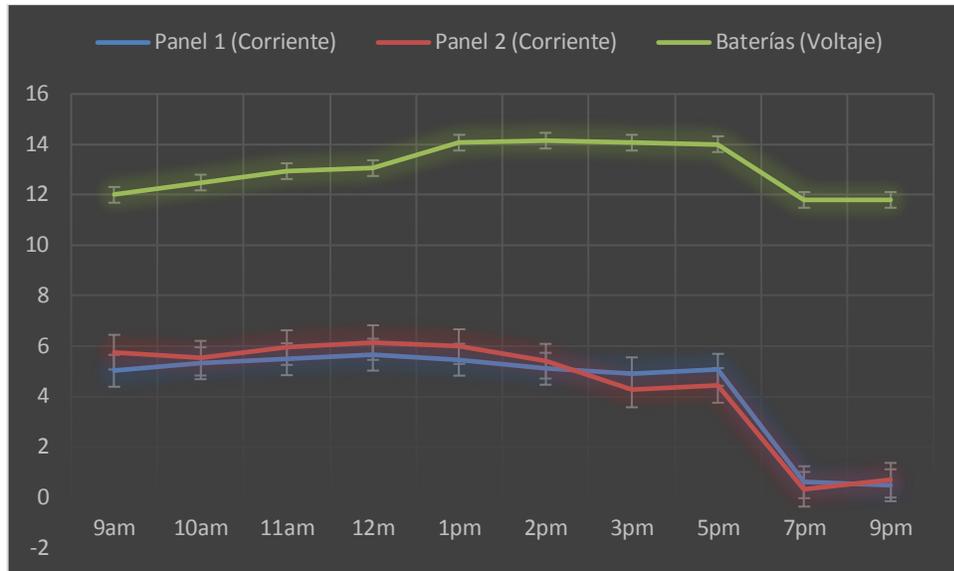
**Fuente. Elaboración Propia**

**Figura 59. Tendencia de Voltaje de los Paneles Solares (Día 4)**



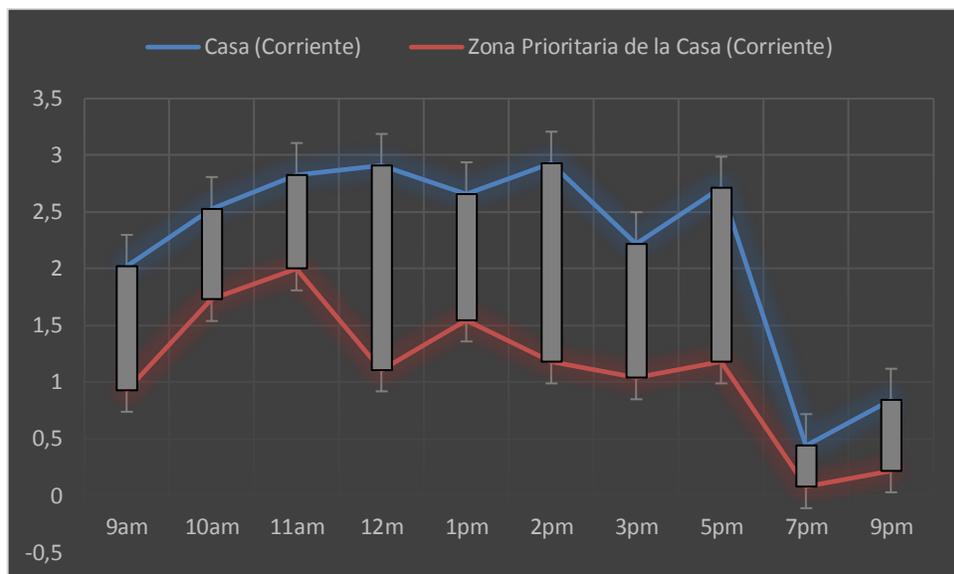
**Fuente. Elaboración Propia**

**Figura 60. Tendencia de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 4)**



**Fuente. Elaboración Propia**

**Figura 61. Tendencia de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 4)**



**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 33. Características la zona trabajada (Día 5)**

<b>Hora</b>	<b>TEMPERATURA INTERIOR (°C)</b>	<b>TEMPERATURA EXTERIOR (°C)</b>	<b>HUMEDAD</b>
9am	32,06	35,91	56,87
10am	33,69	37,02	59,75
11am	35,44	39,86	60,17
12m	35,75	40,17	59,81
1pm	36,63	40,18	59,71
2pm	38,00	39,97	59,78
3pm	34,69	37,50	57,81
5pm	32,19	35,90	56,74
7pm	33,13	27,19	63,94
9pm	33,15	27,19	63,88

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 34. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 5)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Voltaje)</b>	<b>Panel 2 (Voltaje)</b>	<b>Panel 3 (Voltaje)</b>	<b>Panel 4 (Voltaje)</b>	<b>Panel 5 (Voltaje)</b>	<b>Panel 6 (Voltaje)</b>
9am	25,70	28,74	26,48	24,32	26,48	23,50
10am	26,55	31,05	25,37	24,04	30,00	25,04
11am	28,04	29,78	25,60	26,04	30,00	25,60
12m	28,12	30,12	30,00	29,26	29,37	25,59
1pm	29,00	30,00	30,00	30,24	29,60	25,86
2pm	31,13	27,13	30,00	29,92	30,00	24,32
3pm	27,83	27,83	28,30	21,19	28,30	23,93
5pm	24,89	26,89	26,48	22,39	26,48	26,07
7pm	0,08	0,08	0,14	0,63	0,14	0,29
9pm	0,75	0,75	0,64	0,26	0,64	0,94

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 35. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 5)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Corriente)</b>	<b>Panel 2 (Corriente)</b>	<b>Baterías (Voltaje)</b>
9am	5,78	4,72	13,53
10am	5,97	5,84	13,69
11am	5,80	6,40	13,74
12m	6,10	6,52	14,01
1pm	6,10	5,96	14,07
2pm	6,42	5,56	14,13
3pm	5,50	3,10	12,93
5pm	3,60	3,72	12,29
7pm	0,30	0,24	11,95
9pm	0,18	0,30	11,80

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 36. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 5)**

<b>Hora</b>	<b>Casa (Corriente)</b>	<b>Zona Prioritaria de la Casa (Corriente)</b>
9am	2,31	0,22
10am	2,40	1,60
11am	2,78	0,18
12m	2,93	0,18
1pm	3,11	1,38
2pm	2,73	0,58
3pm	2,80	0,04
5pm	2,09	1,82
7pm	0,60	0,18
9pm	0,78	0,18

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 37. Características la zona trabajada (Día 6)**

<b>Hora</b>	<b>TEMPERATURA INTERIOR (°C)</b>	<b>TEMPERATURA EXTERIOR (°C)</b>	<b>HUMEDAD</b>
9am	26,16	30,19	63,81
10am	27,90	32,13	56,84
11am	31,86	37,75	60,10
12m	35,82	38,69	59,79
1pm	37,86	38,88	59,79
2pm	37,86	39,00	59,70
3pm	37,91	39,19	59,56
5pm	37,51	34,69	57,78
7pm	36,43	34,56	58,08
9pm	36,59	34,50	57,58

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 38. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 6)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Voltaje)</b>	<b>Panel 2 (Voltaje)</b>	<b>Panel 3 (Voltaje)</b>	<b>Panel 4 (Voltaje)</b>	<b>Panel 5 (Voltaje)</b>	<b>Panel 6 (Voltaje)</b>
9am	27,73	25,73	26,67	23,28	21,32	21,96
10am	27,77	25,77	28,57	26,32	23,14	25,98
11am	28,09	27,00	30,00	27,69	23,74	26,25
12m	29,00	27,09	30,00	28,80	23,26	27,32
1pm	29,09	27,09	30,04	28,88	24,24	30,00
2pm	29,97	27,97	30,00	28,80	24,92	30,00
3pm	29,01	27,01	28,80	28,80	21,19	26,70
5pm	28,43	25,43	28,21	26,91	22,39	24,22
7pm	0,42	0,42	0,77	0,69	0,63	0,81
9pm	0,89	0,89	0,36	0,18	0,26	0,22

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 39. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 6)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Corriente)</b>	<b>Panel 2 (Corriente)</b>	<b>Baterías (Voltaje)</b>
9am	4,30	3,24	13,08
10am	4,84	3,48	13,13
11am	5,66	4,20	13,65
12m	5,68	4,96	14,99
1pm	5,63	5,32	14,02
2pm	5,64	5,36	13,27
3pm	5,78	4,98	12,93
5pm	4,50	4,68	12,11
7pm	0,48	0,68	11,92
9pm	0,42	0,56	11,50

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 40. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 6)**

<b>Hora</b>	<b>Casa (Corriente)</b>	<b>Zona Prioritaria de la Casa (Corriente)</b>
9am	2,26	1,18
10am	2,22	1,22
11am	2,13	1,18
12m	2,40	1,13
1pm	3,42	1,13
2pm	3,42	1,13
3pm	2,84	1,73
5pm	2,49	1,27
7pm	0,84	0,22
9pm	0,53	0,18

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 41. Características la zona trabajada (Día 7)**

<b>Hora</b>	<b>TEMPERATURA INTERIOR (°C)</b>	<b>TEMPERATURA EXTERIOR (°C)</b>	<b>HUMEDAD</b>
9am	31,85	36,93	59,67
10am	34,13	38,02	59,72
11am	34,86	39,84	60,20
12m	37,34	40,90	59,93
1pm	39,85	40,89	59,94
2pm	40,00	40,18	59,77
3pm	38,31	37,16	59,77
5pm	38,25	34,20	59,57
7pm	36,63	31,55	57,65
9pm	34,56	26,55	57,65

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 42. Datos de Voltaje de los Paneles Solares (Día 7)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Voltaje)</b>	<b>Panel 2 (Voltaje)</b>	<b>Panel 3 (Voltaje)</b>	<b>Panel 4 (Voltaje)</b>	<b>Panel 5 (Voltaje)</b>	<b>Panel 6 (Voltaje)</b>
9am	28,05	22,53	25,29	26,00	24,42	21,36
10am	29,00	24,50	25,34	28,90	24,46	22,70
11am	29,09	28,90	27,00	29,67	25,61	27,78
12m	30,02	30,00	30,00	30,00	25,92	30,00
1pm	29,07	30,04	30,04	30,01	29,60	30,09
2pm	30,39	30,00	28,51	29,37	28,79	25,34
3pm	28,51	28,21	24,18	25,78	28,64	24,49
5pm	27,87	27,87	22,30	24,55	26,17	23,31
7pm	0,80	0,26	0,08	0,86	0,21	0,66
9pm	0,79	0,19	0,05	0,77	0,08	0,01

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 43. Datos de Corriente panel (1-2) y Voltaje baterías en paralelo (Día 7)**

<b>Hora</b>	<b>Panel 1 (Corriente)</b>	<b>Panel 2 (Corriente)</b>	<b>Baterías (Voltaje)</b>
9am	5,72	5,66	11,97
10am	6,00	5,52	12,79
11am	6,42	6,06	13,57
12m	6,12	6,38	13,99
1pm	6,32	6,12	14,02
2pm	6,56	6,58	14,02
3pm	5,70	5,76	13,45
5pm	4,16	3,34	12,27
7pm	0,34	0,50	12,72
9pm	0,92	0,50	11,99

**Fuente. Elaboración Propia**

**Tabla 44. Datos de Suministro de Corriente a toda la Casa (Día 7)**

<b>Hora</b>	<b>Casa (Corriente)</b>	<b>Zona Prioritaria de la Casa (Corriente)</b>
9am	2,04	1,86
10am	2,93	1,09
11am	2,82	1,18
12m	2,42	1,75
1pm	2,82	1,04
2pm	2,31	1,18
3pm	2,82	1,18
5pm	2,22	1,04
7pm	0,23	0,22
9pm	0,12	0,18

**Fuente. Elaboración Propia**

## **ANEXO 15: Entradas y salidas del arduino mega atmega1280**

**PWM:** de 0 a 13. Proporciona una salida PWM (Pulse Wave Modulation, modulación de onda por pulsos) de 8 bits de resolución (valores de 0 a 255) a través de la función `analogWrite()`.

**SPI:** 50 (SS), 51 (MOSI), 52 (MISO), 53 (SCK). Estos pines proporcionan comunicación SPI, que a pesar de que el hardware la proporcione actualmente no está incluido en el lenguaje Arduino.

**LED:** 13. Hay un LED integrado en la placa conectado al pin digital 13, cuando este pin tiene un valor HIGH(5V) el LED se enciende y cuando este tiene un valor LOW(0V) este se apaga.

El Mega tiene 16 entradas analógicas, y cada una de ellas proporciona una resolución de 10bits (1024 valores). Por defecto se mide de tierra a 5 voltios, aunque es posible cambiar la cota superior de este rango usando el pin AREF y la función `analogReference()`. Además, algunos pines tienen funciones especializadas:

**I2C:** 20 (SDA) y 21 (SCL). Soporte del protocolo de comunicaciones I2C (TWI) usando la librería `Wire`.

**AREF.** Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Usado por `analogReference()`.

**Reset.** Suministrar un valor LOW(0V) para reiniciar el microcontrolador. Típicamente usado para añadir un botón de reset a los shields que no dejan acceso a este botón en la placa.