

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN-Managua

Recinto Universitario Rubén Darío

(RURD)

Facultad de Ciencia e Ingeniería.

Departamento de Tecnología.

Ingeniería Electrónica.



Seminario de Graduación para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Tema:

Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Elaborado por:

Br. Gabriel Alexander Martínez Alvarez

Br. Henry José Viachica Flores

Tutor:

Msc. Adriana Suazo.

Managua 1 de diciembre del 2016

INDICE

Dedicatoria.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen.....	iv
I. Introducción.....	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Planteamiento del problema.....	4
II. Objetivos.....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
III. Desarrollo.....	6
3.1. Análisis de la producción de energía actual del sistema fotovoltaico.....	6
3.1.1. Descripción del lugar.....	6
3.1.2. Situación actual con respecto a la energía eléctrica.....	7
3.1.3. Diseño del sistema fotovoltaico existente.....	8
3.1.4. Producción de energía del sistema fotovoltaico existente.....	10
3.1.5. Demanda de energía eléctrica.....	10
3.1.6. Pérdidas de energía en el sistema.....	13
3.1.7. Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado.....	13
3.1.8. . Pérdidas por acoplamiento panel – acumulador.....	13
3.1.9. Pérdidas por el acumulador.....	13
3.1.10. Pérdidas por polvo y suciedad.....	13
3.1.11. cálculos de pérdidas de tención en el cableado eléctrico.....	15
3.1.12. Cálculo de la energía generada.....	16
3.2. Diseño del sistema automatizado de paneles solares.....	18
3.2.1. Proceso de un sistema fotovoltaico básico.....	18
3.2.2. Trayectoria del sol.....	19
3.2.3. Tipos de paneles solares.....	21
3.3. Desarrollo de control automático para sistema de energía solar.....	24

3.3.1.	Esquema del circuito de control	25
3.3.2.	Componentes del circuito de control automático.....	25
3.3.3.	Convertor analógico digital.....	26
3.3.4.	Circuito para reajustar la sensibilidad de los LDR.....	27
3.3.5.	Servo motores.....	28
3.3.6.	Placa arduino uno.....	29
3.3.7.	Algoritmo de la programación.....	30
3.3.8.	Explicación del algoritmo.....	31
3.3.9.	Esquema del modelo de control de paneles	34
3.3.10.	Funcionamiento del servo motor	35
3.3.11.	Esquema eléctrico del circuito.....	36
3.3.12.	Eficiencia del sistema fotovoltaico con seguidor solar	37
3.3.13.	Ventajas del sistema de control para modulo fotovoltaico.....	40
3.3.14.	Desventajas del sistema de control para modulo fotovoltaico	40
3.4.	Construcción de un modelo a pequeña escala del sistema automático diseñado para la finca el Carmen.	41
3.4.1.	Diseño del eje horizontal en el prototipo.....	42
3.4.2.	Diseño del eje vertical en el prototipo.	43
3.4.2.	Prototipo terminado.....	44
IV.	Conclusión	46
V.	Recomendaciones.....	47
VI.	Bibliografía.....	48
VII.	Anexos	49
7.1.	Manual de instalación del software Pvsyst.....	49
7.2.	Manual de instalación del software proteus	54
7.3.	Código de programación	63
7.4.	Componentes del sistema fotovoltaico existente en la finca el Carmen.	67

INCIDE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama del sistema fotovoltaico.....	8
figura 2 plano eléctrico de la vivienda.	9
figura 3: Simulación de la demanda de consumo de energía por un mes	12
figura 4: Simulación de pérdidas en el sistema	14
figura 5: Energía generada por el sistema actual.....	17
figura 6: Diagrama del sistema fotovoltaico.....	18
figura 7: Orbita de la tierra con respecto al sol	19
figura 8: Variación de elevación del sol.....	20
figura 9 incidencia de los rayos del sol	20
figura 10: Estructura General.....	24
Figura 11: Esquema del circuito de control.....	25
figura 12: Sensores para entradas ACD	27
figura 13: sensores para entradas ADC.....	28
figura 14: conexiones de los servomotores	29
figura 15: placa arduino uno.....	30
figura 16: algoritmo de programación	31
figura 17: Plataforma de programación	33
figura 18: Estructura de soporte	34
figura 19: Conexión de los servos motores	35
figura 20: Esquema eléctrico del circuito	36
figura 21: producción de energía eléctrica mediante el ángulo de incidencia.....	38
figura 22: producción de la energía.....	39
figura 23: Control de movimiento horizontal	42
figura 24: Control de movimiento vertical y colocación de sensores.....	43
figura 25: Estructura termina.....	44
figura 26: Descarga del software PVsyst	49
figura 27: instalación del software PVsyst paso 1	50
figura 28: instalación del software PVsyst paso 2	50
figura 29: instalación del software PVsyst paso 3	51
figura 30: instalación del software PVsyst paso 4	51
figura 31: instalación del software PVsyst paso 5	52
figura 32: instalación del software PVsyst paso 6	52
figura 33: instalación del software PVsyst paso 7	53
figura 34: comienzo del proceso de instalación	54
figura 35: proceso de instalación del software proteus paso 1.....	55
figura 36: proceso de instalación del software proteus paso 2.....	55
figura 37: proceso de instalación del software proteus paso 3.....	56
figura 38: proceso de instalación del software proteus paso 4.....	56
figura 39: proceso de instalación del software proteus paso 5.....	57
figura 40: proceso de instalación del software proteus paso 6.....	57

figura 41: proceso de instalación del software proteus paso 7.....	58
figura 42: proceso de instalación del software proteus paso 8.....	58
figura 43: proceso de instalación del software proteus paso 9.....	59
figura 44: proceso de instalación del software proteus paso 10	59
figura 45: proceso de instalación del software proteus paso 11	60
figura 46: proceso de instalación del software proteus paso 12	60
figura 47: proceso de instalación del software proteus paso 13	61
figura 48: proceso de instalación del software proteus paso 14	61
figura 49: proceso de instalación del software proteus paso 15	62
figura 50: acumulador e inversor.....	67
figura 51: modulo fotovoltaico	67
figura 52: controlador de carga.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estimación de consumo de energía en la finca el Carmen.....	11
Tabla 2 radiación solar de la zona.....	11
Tabla 3:Tipos de paneles.....	22
Tabla 4: Lista de materiales.....	41
Tabla 5: Presupuesto a escala real	45



Dedicatoria

A Dios:

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres:

Ignacia flores hurtados y Henry José Viachica Alvarado los cuales siempre me inculcaron valores éticos, morales y espirituales, además nunca me dejaron solo, siempre estuvieron apoyándome en todo momento,

A mi esposa:

por su apoyo y ánimo que me brindo día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mi hijo:

a quien siempre cuidaré para verlo hecho una persona capaz con buenos valores y que puedan valerse por sí mismos.

A mis hermanos:

Marlon, Belkis, Johnson y nadir por motivarme a seguir adelante por su apoyo y por siempre poder contar con ellos.

A mis amigos:

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Josué castillo, Jairo Medina, Natalia, Yesica y principalmente a Gabriel Martínez por haberme ayudado a realizar este trabajo.

Henry José Viachica Flores.



Dedicatoria

A Dios:

el creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer e estado, Por haberme dado la sabiduría y el entendimiento necesario para culminar mis estudios.

A mis padres:

Rosana Álvarez y Eddy Martínez Que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir a delante en los momentos más difíciles.

A mi hermana:

Roxana Martínez Por su apoyo, cariño y por estar en los momentos más importantes de mi vida.

A mis amigos:

principalmente a Henry Viachica por haber sido parte de la elaboración de este grandioso trabajo. Josué castillo, Jairo Medina, Natalia Bustos, Yessica Vega. Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, por tener a alguien en quien contar y por su apoyo en beneficio de mi desarrollo educativo.

Gabriel Alexander Martínez Alvarez.



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Agradecimiento

Agradecemos grandemente a Dios y nuestros padres por darnos la dicha de llegar a este triunfo de nuestras vidas y por ser quienes nos dan las fuerzas necesarias para seguir siempre adelante.

A todo el personal docente de Ingeniería en Electrónica quienes durante estos cinco años han tenido la paciencia de enseñarnos lo fundamental de electrónica y por ser quienes nos han llenado de conocimientos para enfrentar los desafíos que se presentan a diario en el camino de la vida del Ingeniero Electrónico.

A nuestra tutora Msc. Adriana Suazo por ayudarnos en el transcurso de este trabajo de seminario, por enseñarnos la redacción y elaboración de este documento el cual es de mucha importancia.

A Luis Alberto Valverde por permitirnos el acceso a su finca el Carmen y por brindarnos la información necesaria para poder cumplir con nuestro objetivo.



Resumen

Con los acontecimientos que ocurren en el planeta, el uso de la energía renovable o limpia ha constituido una parte importante de la humanidad desde tiempos remotos. este trabajo presenta el estudio, diseño y construcción de un prototipo automático para paneles fotovoltaicos controlando los movimientos por una lógica de programación basada en una placa arduino, haciendo provecho de la energía solar y la recolección a través de los mismos.

Este documento presentara una comparación del sistema instalado en la finca el Carmen y el nuevo diseño, para eso se tomarán en cuenta todos los datos necesarios para mostrar el aumento de la producción energética usando un sistema de control automático para paneles fotovoltaico.

Se realizará un modelo de control automático por medio de sensores que sean capaces de detectar la posición del sol mediante el cual el panel solar se moverá dependiendo la posición del Sol, el propósito de este diseño es captar y aprovechar la energía por más tiempo en el transcurso de los días. Los paneles se moverán perpendicularmente en condiciones del movimiento del sol.

Se desarrollará un prototipo de control automático a pequeña escala para demostrar el funcionamiento del circuito de control y con esto simular los dos grados de libertad que serán los encargados de los movimientos horizontales y verticales de la estructura a escala real.



I. Introducción

La finca El Carmen comarca San Agustín, Acoyapa Chontales consta con un sistema de paneles solares fijos, por lo tanto, el suministro de energía para el circuito domestico es muy bajo debido a la falta de aprovechamiento de los rayos solares y las condiciones climáticas.

El estudio a realizar se enfoca en mejorar la producción de energía obtenida de una instalación fotovoltaica, existen dos metodologías. La primera consiste en mejorar los componentes internos de un sistema de panel fotovoltaico de manera que su rendimiento aumente. La segunda consiste en aumentar la cantidad de radiación solar recibida por el panel.

El sistema a desarrollar se centra en la segunda metodología. Para esto se busca que el área del panel fotovoltaico permanezca en posición perpendicular a la radiación lumínica de la fuente de luz, lo cual se logra mediante un algoritmo programado en una placa de arduino.

En el presente documento se plantea el diseño de un sistema automatizado de panel solar en la finca el Carmen, comarca san Agustín Acoyapa Chontales. La fabricación de este proyecto es para mejorar la producción de energía en el sistema de paneles ya existente, como primer paso realizaremos el estudio del sistema actual de los paneles fijos y así poder identificar los puntos débiles del sistema construido en la finca, para así lograr el diseño del circuito automatizado con mayor eficiencia en la generación de energía solar.

Se analizará el Angulo de ubicación del panel solar fijo esto con el fin de encontrar pérdidas de producción en cuanto a la posición del sol, dicho análisis es fundamental para realizar mejoras en el sistema para esto se hará un cálculo de producción de energía y la demanda de energía que posee la finca, con esto se realizará una comparación con un panel solar móvil automatizado.



1.1. Justificación

Hoy en día el consumo de energía se ha vuelto un factor básico para muchos aspectos de la actividad y el progreso. Por ende, la energía foto voltaica se aviene implementando en lugares apartados de la ciudad, tanto así que la tasa de consumo energético está siendo demasiada explotada, que los paneles no están produciendo la suficiente energía para el consumo, esto debido a que los paneles no aprovechan al máximo la luz solar.

Este proyecto tiene un gran impacto ya que abarca el aspecto tecnológico en el cual se implementa un sistema para generar energía limpia en las zonas rurales.

La creación de un control automatizado de paneles solares es la solución para mejorar la eficiencia en la producción de energía solar. Este será capaz de detectar la posición del sol y colocar los paneles en dirección al mismo obteniendo el mejor aprovechamiento de la iluminación solar.



1.2. Antecedentes

En Nicaragua no existen seguidores solares implementados para generar energía, por lo que mediante este proyecto se quiere impulsar un método de control aplicado a seguidores solares.

En otros lugares como el Museo Explora de la ciudad de León en el estado de Guanajuato en México están instalados los prototipos de seguidores solares uno fijo, y un par con uno y dos ejes, respectivamente los cuales generan 20,000 KW/h al año; de esta manera, mediante este trabajo se divulga y promueve el uso de energías renovables entre las nuevas generaciones.

El equipo de investigación de CIATEC diseño la estructura del seguidor solar de 25 metros cuadrado; el mástil que lo sostiene, de tres metros de largo, es donde el dispositivo va a girar. De esta manera, afirmo el especialista, los seguidores solares que reciben el sol de frente todo el tiempo generan entre 20 y 40 por ciento más de energía a diferencia que los paneles fijos. De hecho, la Comisión Federal de Electricidad instalo medidores que registran la energía generada por los seguidores solares.

Otro caso particular se da en Colombia que con el objetivo de incrementar el servicio de energía eléctrica al centro de Salud y a la Institución Educativa de Isla Fuerte-Bolívar-de 120^a024 horas, el Ministerio de Minas y Energía instalo un sistema de paneles y seguidores solares que adicionaría 25 Kilovatios a la capacidad eléctrica existente.



1.3. Planteamiento del problema

La comarca san Agustín, finca el Carmen es un sitio muy apartado por lo que es difícil el acceso a la energía eléctrica comercial. Por lo cual el propietario de la finca instalo un sistema de panel fotovoltaico fijo, con esto logrando obtener energía eléctrica para el uso doméstico, aunque esta es muy limitada.

Derivado del hecho que los paneles fotovoltaicos tienen una baja eficiencia de conversión de energía solar a eléctrica, y debido a que la radiación solar captada por el panel varia con el tiempo si este está fijo, este trabajo aborda el diseño y construcción de un prototipo capaz de posicionarse, en forma automática, en el punto de máxima irradiación solar durante el día.

Se propone desarrollar un prototipo seguidor solar que se instalara en la finca el Carmen comarca san Martin. La idea central es que dicho prototipo pueda ser de utilidad a los trabajadores de la finca y lograr hacer uso de la energía a cualquier hora del día y resolverles el problema de mínima producción de corriente y puedan ejercer sus labores diario sin ningún problema de energía.



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

II. Objetivos

2.1. Objetivo general

- Diseñar un sistema automatizado para paneles solares que permita mejorar la producción de energía en la finca el Carmen, comarca san Agustín Acoyapa, Chontales.

2.2. Objetivos específicos.

- Analizar la producción de energía actual del sistema fotovoltaico existente.
- Diseñar un sistema automatizado a escala real para los paneles solares.
- Presentar un modelo a pequeña escala del sistema automático diseñado para la finca el Carmen.



III. Desarrollo.

3.1. Análisis de la producción de energía actual del sistema fotovoltaico.

El análisis de la producción de energía en la finca el Carmen consiste en realizar un estudio completo del sistema fotovoltaico fijo, esto con el propósito de diagnosticar la eficiencia de producción de energía entregada por el panel fotovoltaico, para comenzar este análisis se realizara una breve descripción del lugar, seguidamente se abarcará un poco sobre la situación actual de la energía comercial con respecto a la zona donde se encuentra la finca, por tanto se dará a conocer la estructura del sistema fotovoltaico existente, explicando cada uno de sus componentes y daremos a conocer la producción del sistema construido así mismo explicando la demanda de consumo diario, sus pérdidas y la producción de energía que genera dicho sistema.

3.1.1. Descripción del lugar.

En la comarca San Agustín de Acoyapa, Chontales se encuentra ubicada la finca el Carmen, este sitio se clasifica como zona rural por lo que se encuentra a 5 kilómetros de la ciudad. Esta zona rural está compuesta por varias fincas en el mismo sector, entre ellas está la finca el Carmen como propietario Luis Alberto Valverde Solís.

La comarca abarca una extensión territorial de 450 km² y sus limitaciones al norte con Juigalpa al sur con la comarca San Ignacio, al este con acoyapa y al oeste con el lago de Nicaragua.

La comarca tiene un clima tropical seco. La sensación térmica en la zona podrá variar entre los diferentes momentos del día con 30°C a las 9:00 Am y los 24°C de las 9.00 Pm. Los meses más frescos de este lugar van desde noviembre hasta marzo y los meses más calurosos van de abril a octubre.



Las actividades económicas predominantes en esta zona son la ganadería y la agricultura, la primera la de mayor importancia, mientras que la agricultura ha sido una actividad de carácter secundario destinada fundamentalmente al consumo interno. La comercialización del queso y productos lácteos se realiza principalmente en la ciudad de Managua, la venta de ganado es otra actividad importante para esta comarca.

3.1.2. Situación actual con respecto a la energía eléctrica.

El acceso a esta zona rural es por un camino ubicada al oeste de la ciudad de Acoyapa chontales, los habitantes de esta zona no hacen uso de la energía eléctrica comercial de Nicaragua (unión Fenosa). Esto se debe a que la distancia entra la ciudad y la finca es de 5 kilómetro y se hace difícil llevar un tendido eléctrico hasta la zona, lo cual resulta más económico un sistema fotovoltaico. La idea de usar este tipo de energía es para contribuir al medio ambiente utilizando energía renovable.

Para la instalación del sistema de energía comercial se necesita comprar tubos galvanizado para evitar la corrosión y puedan resistir más a la lluvia y también se necesitaría comprar 5,000 metros de cable número 8 lo cual es bastante costoso desde luego se consideró más rentable un sistema de energía fotovoltaico.



3.1.3. Diseño del sistema fotovoltaico existente.

Hoy en día la finca cuenta con un sistema fotovoltaico que tienen básicamente cuatro componentes principales, como se muestra en la figura 1.

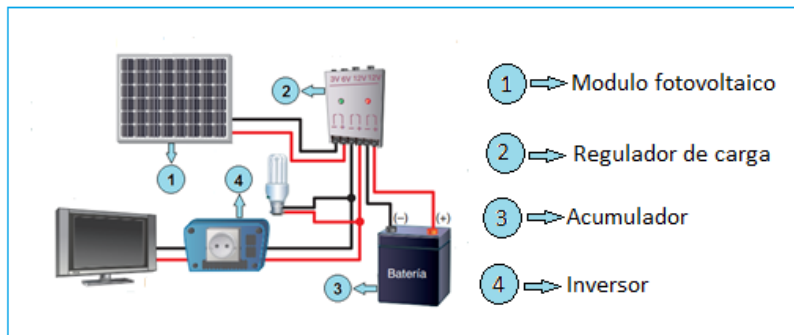


Figura 1: Diagrama del sistema fotovoltaico.

Modulo fotovoltaico, tecnología mono cristalina de 75 vatios es el elemento primordial de la instalación. Convierte la energía solar en energía eléctrica.

El regulador de carga es un nexo de unión entre los paneles solar y los elementos de consumo de la instalación, también se encarga de proteger a los acumuladores de una sobrecarga.

Los acumuladores mejor conocidos como baterías o pila, almacenan la energía para abastecer la instalación durante los periodos sin luz solar.

El inversor que se utiliza en la finca es de 750 watts que se encarga de convertir la corriente directa en corriente alterna. Esto con el fin utilizar electrodomésticos caseros.

Este sistema fotovoltaico de panel fijo está distribuido en su forma estándar de recepción y distribución de la energía como se muestra en la figura 1, dicho sistema alimenta una red de 6 bombillo led de 10 watts de potencia cada uno, la red está unida por un cable dúplex de calibre 12, Dicha red consta con un interruptor independiente para cada bombillo. El inversor está conectado



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

directamente del acumulador, lo cual indica que el sistema deberá estar produciendo la suficiente energía para poder abastecer el inversor y poder ver la televisión durante todo el día y q el acumulador quede completamente cargado para el suministro de energía durante el periodo nocturno.

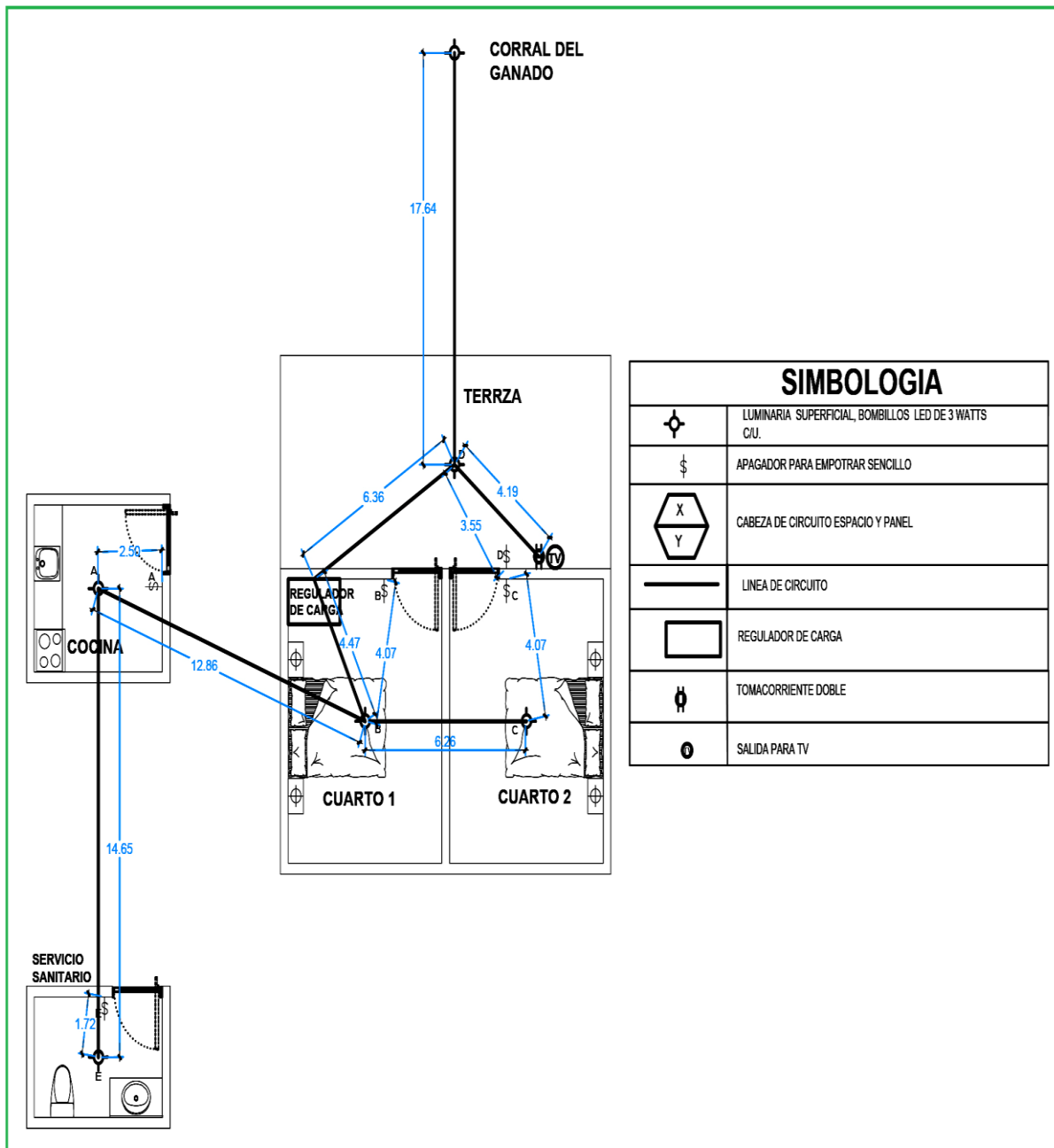


figura 2 plano eléctrico de la vivienda.

Elaborado por:

Br. Henry José Viachica Flores
Br. Gabriel Alexander Martínez Alvarez



3.1.4. Producción de energía del sistema fotovoltaico existente.

Para calcular la producción de energía eléctrica del sistema existente se calcula el consumo de potencia en todos los receptores conectados al sistema, esto con el fin de visualizar el total de consumo por día, seguidamente se calcula la energía generada y por último el cálculo del sistema de acumulación.

3.1.5. Demanda de energía eléctrica

En el cálculo de la demanda de energía es con la finalidad de obtener la estimación de consumo de energía eléctrica correspondiente al consumo mensual, anual o en el tiempo previsto.

Se obtiene la estimación del producto de la potencia de cada uno del receptor a conectar a la instalación por el número de horas diarias de medida mensual. (compara tarifas energia .es, 2014)

E=Energía

P=Potencia

$$E = P * T \text{ Ecuación 1}$$

T=Tiempo

. Así mismo se especifican en la siguiente tabla los cálculos de la demanda de energía.

En la tabla 1 se encuentran los datos obtenidos de la demanda de energía lo cual tiene valores equivalentes con los extraídos del software PVsyst. El consumo de energía es 243 Wh por día, y un total de 8.0 KW/mes.



En la figura 3 se muestran los datos obtenidos de consumo por día y por mes, simulados en el software PVsyst. Como podremos ver los resultados que están marcados en un recuadro rojo nos muestra que los resultados de la tabla 1 son válidos para demostrar la de manda de la energía eléctrica en el sistema fotovoltaico existente en la finca. (ver manual de instalación del software PVsyst en Anexo).

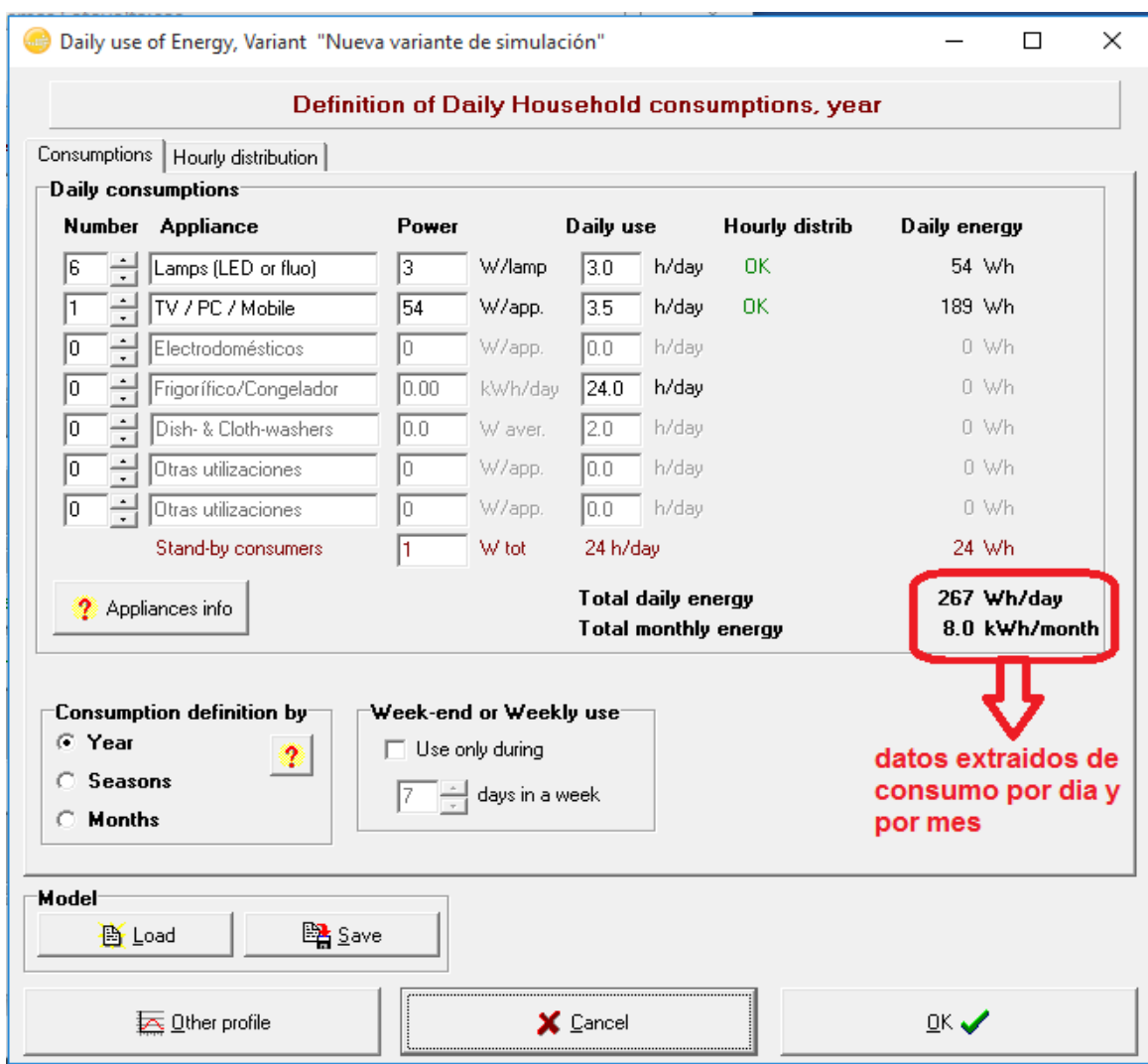


figura 3: Simulación de la demanda de consumo de energía por un mes

Fuente: simulación con PVsyst



3.1.6. Pérdidas de energía en el sistema.

Al igual que en otros procesos de generación de potencia eléctrica, las pérdidas son un factor determinante en las instalaciones fotovoltaicas. Muchas de estas pérdidas son producidas por los componentes conectados a la red, cuyas principales fuentes se presentan a continuación:

3.1.7. Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado

Tanto en la parte DC como en la parte AC (desde la salida de los inversores hasta los contadores de energía) de la instalación se producen unas pérdidas energéticas originadas por las caídas de tensión cuando una determinada corriente circula por un conductor de un material y sección determinados. Estas pérdidas se minimizan dimensionando adecuadamente la sección de los conductores en función de la corriente que por ellos circula.

3.1.8. . Pérdidas por acoplamiento panel – acumulador.

Las pérdidas causadas en el acoplamiento del panel y acumulador son de 10% puede llegar hasta un 20% por tales razones se debe considerar las mejores selecciones de componentes en la instalación del sistema fotovoltaico.

3.1.9. Pérdidas por el acumulador.

El acumulador tiene muchas pérdidas como causa de la transformación electroquímica que se produce puede alcanzar el 10%, lo que es de tener en cuenta en el dimensionado de la instalación.

3.1.10. Pérdidas por polvo y suciedad

Tienen su origen en la disminución de la potencia de un generador fotovoltaico por la deposición de polvo y suciedad en la superficie de los módulos fotovoltaicos.



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Cabría destacar dos aspectos, por un lado, la presencia de una suciedad uniforme da lugar a una disminución de la corriente y tensión entregada por el generador fotovoltaico y por otro lado la presencia de suciedades localizadas (como puede ser el caso de excrementos de aves) da lugar a las pérdidas por formación de puntos calientes.

En la figura 4 se muestra las posibles perdida del sistema debido a los factores antes mencionados, estos datos fueron obtenidos de la simulación en el software PVsyst, en el recuadro rojo podemos observar con más detalles.

PVSYST V6.49		16/11/16	Página 1/4
Sistema Aislado: Parámetros de la simulación			
Proyecto :	Proyecto Aislado at Acoyapa		
Lugar geográfico	Acoyapa	País	Nicaragua
Ubicación	Latitud 11.97° N	Longitud	85.17° E
Hora definido como	Hora Legal Huso hor. UT+7	Altitud	101 m
Datos climatológicos:	Acoyapa	Base del satélite NASA-SEE, 1983-2005 - Síntesis	
Variante de simulación : Nueva variante de simulación			
	Fecha de simulación	16/11/16 16h57	
Parámetros de la simulación			
Orientación Plano Receptor	Inclinación 16°	Acimut	16°
Modelos empleados	Transposición Perez	Difuso	Perez, Meteororm
Características generador FV	factor de pérdidas en el sistema		
Módulo FV	Si-poly	Modelo	BT 375
Original PVsyst database		Fabricante	BT Solar
Número de módulos FV		En serie	1 módulos
Nº total de módulos FV		Nº módulos	1
Potencia global generador	Nominal (STC)		75 Wp
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V _{mp}		15.7
Superficie total	Superficie módulos		0.6 m²
Factores de pérdida Generador FV			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	58 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
Pérdida Diodos en Serie	Caída de Tensión	0.7 V	Fracción de Pérdidas 4.1 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas 3.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 2.5 % (tensión fija)
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)		Parám. bo 0.05

figura 4: Simulación de pérdidas en el sistema

Fuente: simulación con PVsyst.



3.1.11. cálculos de pérdidas de tensión en el cableado eléctrico.

$$L = \text{LONGITUD DEL CABLE}$$

$$S = \text{SESION DEL CABLE}$$

$$\varphi = \text{RESISTENCIA DEL COBRE}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$S = 3.14 \text{ mm}^2$$

$$\varphi = 0.017 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

primero calculamos resistencia del cable (R_p)

$$R_p = \varphi \frac{2 \cdot L}{S} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$R_p = 0.017 \frac{2 * 30 \text{ m}}{3.14 \text{ mm}^2}$$

$$R_p = 0.32 \Omega$$

seguidamente encontramos intensidad total (i)

$$I_t = \frac{V_t}{R_p + R_l} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$I_t = \frac{12V}{0.32 + 2.32}$$

$$I_t = 4.54 \text{ A}$$

Por último, se calcula las caídas de tensión en el cable (V_{rp})

$$V_{rp} = I_t * R_p \quad \text{Ecuación 4}$$

$$V_{rp} = 4.54 * 0.32$$

$$V_{rp} = 1.4 \text{ V}$$



3.1.12. Cálculo de la energía generada

El cálculo de la energía generada se realiza obteniendo la longitud, latitud, temperatura, velocidad del viento y factor de radiación solar del lugar donde se requiere la instalación del sistema fotovoltaico.

El procedimiento más común en el cálculo de la energía solar que se puede obtener es considerando la potencia pico (Wp) del panel fotovoltaico a emplear, y las horas del sol pico (HPS = 1 1Kh) del lugar de instalación durante todos los meses del año.

El cálculo de la entrega de energía por el sistema se logrará por medio del software de simulación PVsyst, esta herramienta nos brinda los cálculos necesarios para la construcción de los parámetros más exactos que se necesitan en el sistema fotovoltaico para satisfacer las necesidades de consumo de energía.

la figura 5 muestra los resultados de producción de energía con respecto al consumo anual del circuito, se observa en la imagen el cuadro verde que muestra el consumo de potencia anual domestico de (97 KWh/año), y el cuadro rojo muestra la energía disponible producida anualmente por el sistema que es de (99.80 KWh/año), estos resultados demuestra que el sistema está muy saturado debido a la eficiencia de producción del panel solar fotovoltaico, esto se debe a que el panel no está aprovechando el 100% de radiación solar.



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

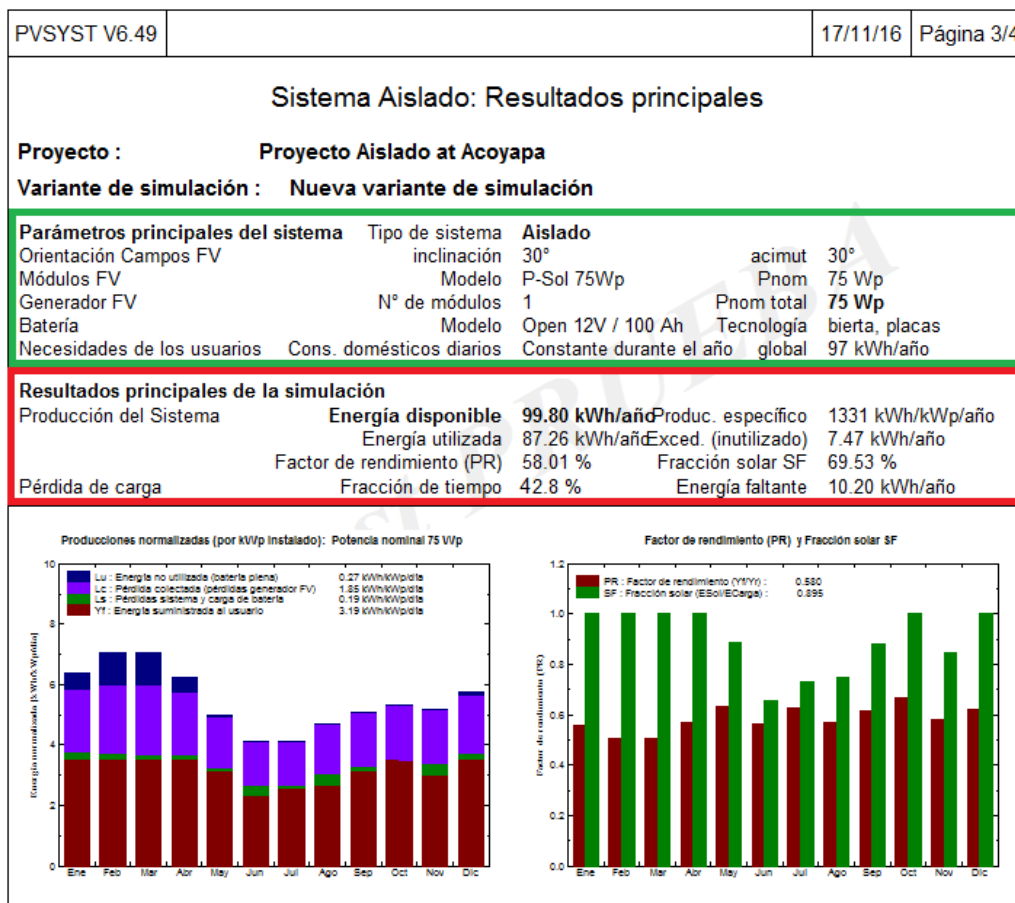


figura 5: Energía generada por el sistema actual

El estudio realizado sobre la producción de energía en la finca el Carmen rebelo que el sistema fotovoltaico no es muy eficiente para el consumo doméstico de dicho lugar. Este sistema no es muy factible ya que la energía que entrega durante el día es muy variable, esto debido a que el panel no aprovecha la mayor canida de radiación solar, esto provoca a que el sistema fotovoltaico esté produciendo energía limitada para el circuito, este problema restringe el tiempo de uso de los terminales conectados a la red.

En los periodos nocturnos los acumuladores no quedan lo suficientemente cargados debido al mismo problema de aprovechamiento de radiación.



3.2. Diseño del sistema automatizado de paneles solares.

Se desarrollara un sistema automático para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia de producción de energía en el sistema fotovoltaico existente en la finca el carne, el sistema automático constara con una estructura metálica con dos ejes controlados por una placa de Arduino, este sistema será capaz de ubicar la posición del sol durante todo el periodo del día, esto para que los rallos solares incidan directamente perpendicular al panel solar y así darle un mejor aprovechamiento a la radiación solar.

Para desarrollar este sistema automatizado de paneles solares recordaremos un poco sobre el proceso de un sistema fotovoltaico básico, abarcaremos un punto muy importante que es el estudio de la trayectoria y variación de elevación del Sol y con estos estudios se diseñara el sistema antes mencionado y obtener una mejor producción de energía superando al sistema instalado en la finca el Carmen.

3.2.1. Proceso de un sistema fotovoltaico básico

Un sistema fotovoltaico básico consta de la transformación de la energía solar en eléctrica, un sistema de almacenamiento para lograr un abastecimiento constante y finalmente el aprovechamiento de la energía producida, a como se muestra en la figura 6.

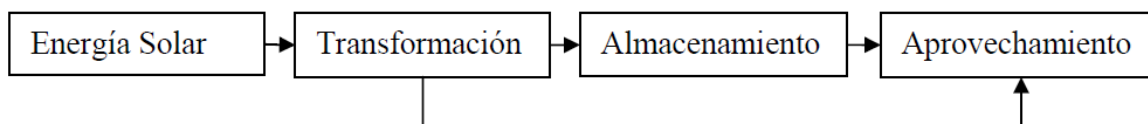


figura 6: Diagrama del sistema fotovoltaico

Fuente: Propia

La eficiencia de los sistemas fotovoltaicos no solo depende de los componentes del sistema sino también depende de la condición natural de la fuente que lo produce así entonces el conocimiento de la trayectoria del sol, y la posición donde



se encuentra el sistema fotovoltaico son de mucha importancia para la buena producción de energía. En la figura 7 se observa la órbita de la tierra con respecto al Sol, sabemos que La Tierra, además de girar sobre su propio eje, denotando así los días y las noches, gira alrededor del Sol, denotando así, los años. A este movimiento se le llama traslación. La forma de la trayectoria de La Tierra alrededor del Sol puede considerarse circular, aunque en realidad es una elipse. La órbita de la tierra, es decir esta circunferencia de giro alrededor del Sol es completamente plana; y el plano que contiene la órbita de La Tierra se le llama plano orbital o también es conocida como eclíptica.

3.2.2. Trayectoria del sol

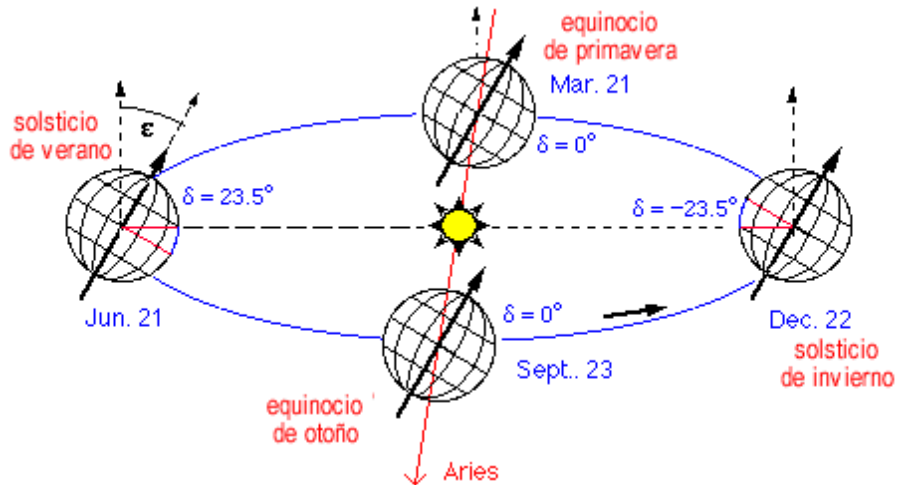


figura 7: Órbita de la tierra con respecto al sol

La variación de la elevación del Sol se produce por la inclinación del eje de rotación terrestre, de $23,5^{\circ}$ aproximadamente con respecto al plano de la órbita que describe alrededor del Sol y da origen a las estaciones del año, invierno y verano. Como podemos observar en la figura 8, el sol sale más inclinado al sur en la estación de invierno y se mueve al norte durante la estación del verano.

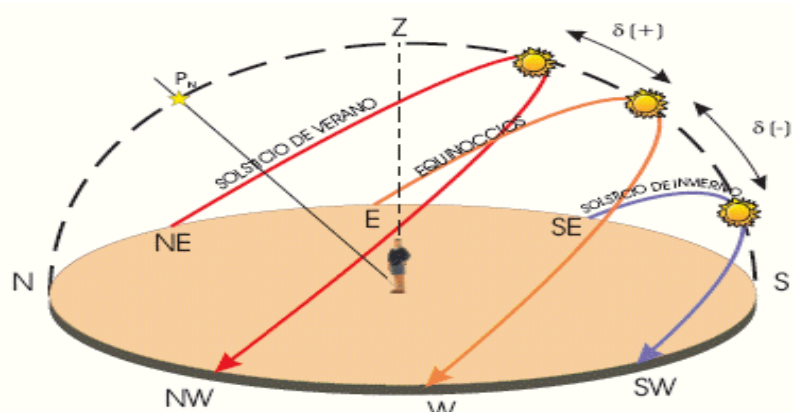


figura 8: Variación de elevación del sol

La figura 9, refleja la incidencia de los rayos del sol en las estaciones de invierno y de verano, ambas al medio día y sobre una superficie horizontal. Como vemos, en invierno la inclinación es máxima y el poder energético de los rayos de sol es mínimo. Además, debido al movimiento de rotación, el sol permanece en un punto muy bajo del horizonte y está visible muy pocas horas al día.

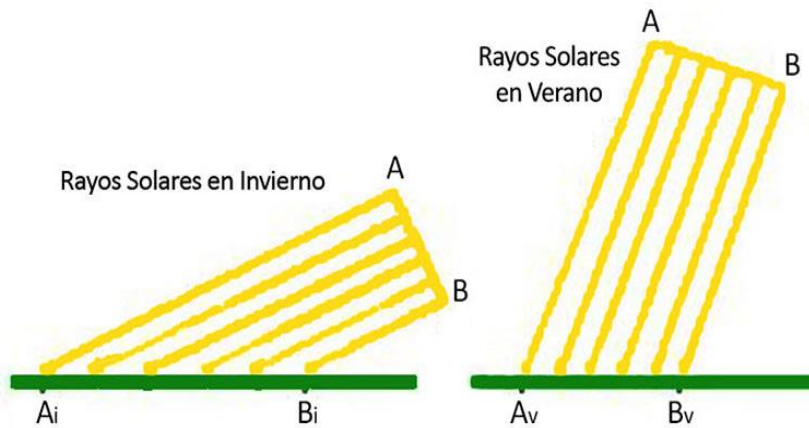


figura 9 incidencia de los rayos del sol

(Valldoreix greenpower, 2015)



Contrariamente, en verano, el sol sigue una órbita que provoca que el sol se sitúe en un punto muy alto del cielo y que permanezca visible durante más horas del día. Así, los rayos de sol inciden de una forma más perpendicular y con un rendimiento energético mucho mayor.



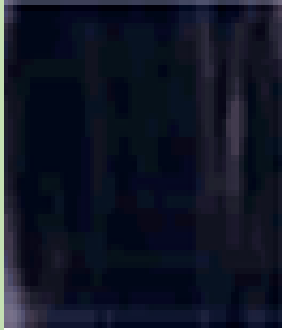
La energía proveniente del Sol que un objeto en la Tierra puede aprovechar es variable y difícil de prever de manera exacta ya que es afectada por factores ambientales y la fuente de energía se encuentra en un movimiento relativo constante, por lo que es conveniente la adición de elementos para su mejor aprovechamiento.

3.2.3. Tipos de paneles solares

Los paneles juegan un papel muy importante en producción de energía, pero poseen la problemática de ser los menos eficientes en los sistemas fotovoltaicos para esto es necesario tener en cuenta el tipo de panel que se utiliza además que unos son más eficientes que otros, así como se muestra en la tabla 3.



Tabla 3:Tipos de paneles

células		Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	características	fabricación
	Monocristalino	24 %	15-18 %	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralsky).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19-20 %	12-14 %	La superficie está estructurada en cristales y contienen distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuyen el número de fases de cristalización.
	amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo(marrón) pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico



Los paneles solares están hechos para convertir irradiación solar en energía eléctrica. Existe un proceso para que se pueda lograr esto, actualmente la mayoría de las instalaciones de sistema de energía solar no poseen controladores de paneles lo cual los convierte ineficiente en su uso total.

El que se utilizará en el diseño del sistema será policristalino ya que es el más recomendado para uso doméstico la eficiencia de los paneles policristalino se sitúa típicamente entre el 12-14%.

El panel solar de 75W 12V policristalino está compuesto por un cristal de 3,2 mm de espesor de muy bajo contenido en plomo, lo cual, permite una gran transmisibilidad de la radiación solar, evitando pérdidas energéticas al atravesar la luz por el cristal. Por otra parte, dispone de la caja de conexiones en la parte trasera del panel de 75W 12V, esta caja saca terminales positivo y negativo además de incorporar diodos de derivación cuya misión es evitar la posible ruptura del circuito eléctrico. El panel solar de 75W 12V esta ensamblado sobre un marco de aluminio especial para poderse fijar con anclajes estándar, que evitan hacer sombras en las células además de amarrar sólidamente el panel de 75W 12V a la estructura correspondiente.

El panel solar de 75W 12V policristalino es muy común en el uso de instalaciones de pequeña y mediana dimensión. Son paneles de un tamaño medio que proporcionan un suministro energético excelente, hay que tener en cuenta que siguen siendo de 12V y que con un pequeño regulador de carga y una batería podemos tener una instalación solar completa. La ventaja de los paneles de 12V frente al resto, es que podemos evitar tener que comprar un inversor de onda sinodal siempre y cuando no se conecten electrodomésticos a la red y el resto de consumos aptos para 12V.



3.3. Desarrollo de control automático para sistema de energía solar

La incidencia de los rayos solares sobre el plano de los paneles fotovoltaicos difiere de la perpendicularidad a lo largo del día y por lo tanto se ve reducida la eficiencia de los paneles solares. Es posible corregir esta situación utilizando un control automático que oriente los paneles a la posición del Sol.

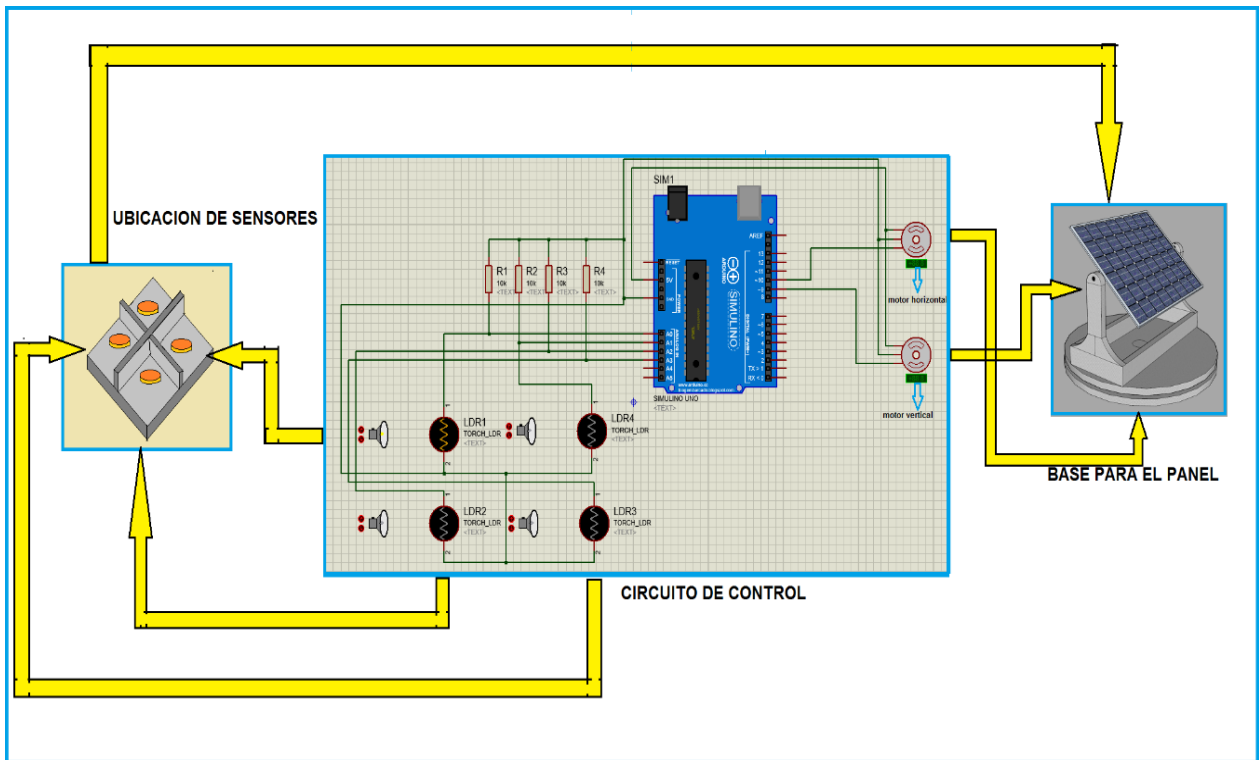


figura 10: Estructura General



3.3.1. Esquema del circuito de control

En el esquema del circuito se muestran todas las partes principales que se realizó en la simulación por medio del programa Proteus que permite comprobar la programación del Arduino y corregir errores (Ver figura 11). (ver manual de instalación de Proteus en anexo).

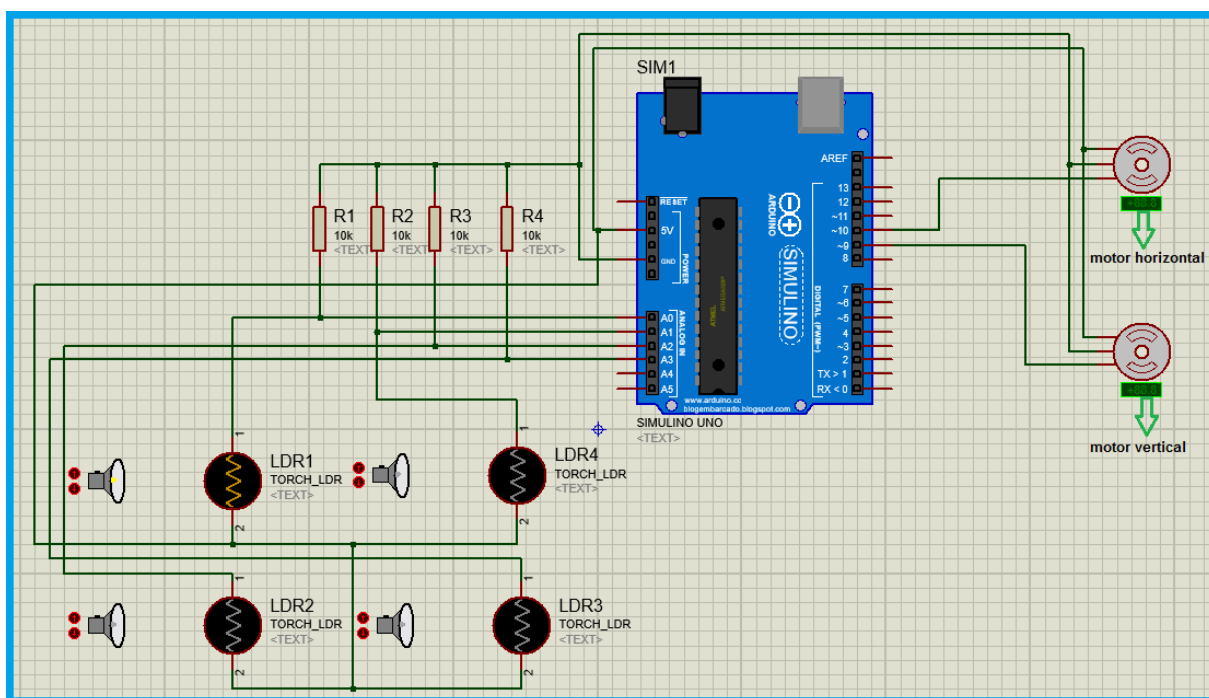


Figura 11: Esquema del circuito de control

Fuente: Propia

3.3.2. Componentes del circuito de control automático.

Está compuesto principalmente por una plataforma llamada arduino uno, otro componente importante es LDR que es un elemento sensible a la luz, también está compuesto por resistores que sirven como comparación para a ser más



sensibles los LDR, además contiene dos servos motores con una alimentación de 5 voltios retroalimentado por el mismo sistema foto voltaico.

Se dará a conocer con más detalles es funcionamiento de cada una de las etapas de funcionamiento del circuito controlador de paneles, para esto se hace referencia de las partes fundamentales a continuación se muestran cada una de ellas.

3.3.3. Conversor analógico digital

Un LDR es un resistor que varía su valor de resistencia eléctrica dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él. Se le llama, también, foto resistor o fotorresistencia. El valor de resistencia eléctrica de un LDR es bajo cuando hay luz incidiendo en él (en algunos casos puede descender a tan bajo como 50 ohms) y muy alto cuando está a oscuras (puede ser de varios megaohms). fuente (ROBOTS, 2016)

La tarjeta Arduino utiliza un conversor A/D de 10-bits, así que: Resolución = $V_{ref}/1024$ Mapeará los valores de voltaje de entrada, entre 0 y V_{ref} voltios, a valores enteros comprendidos entre 0 y 1023 (2^n-1). Con otras palabras, esto quiere decir que nuestros sensores analógicos están caracterizados con un valor comprendido entre 0 y 1023. (Ver figura 12). Fuente (Arduino, 2016).

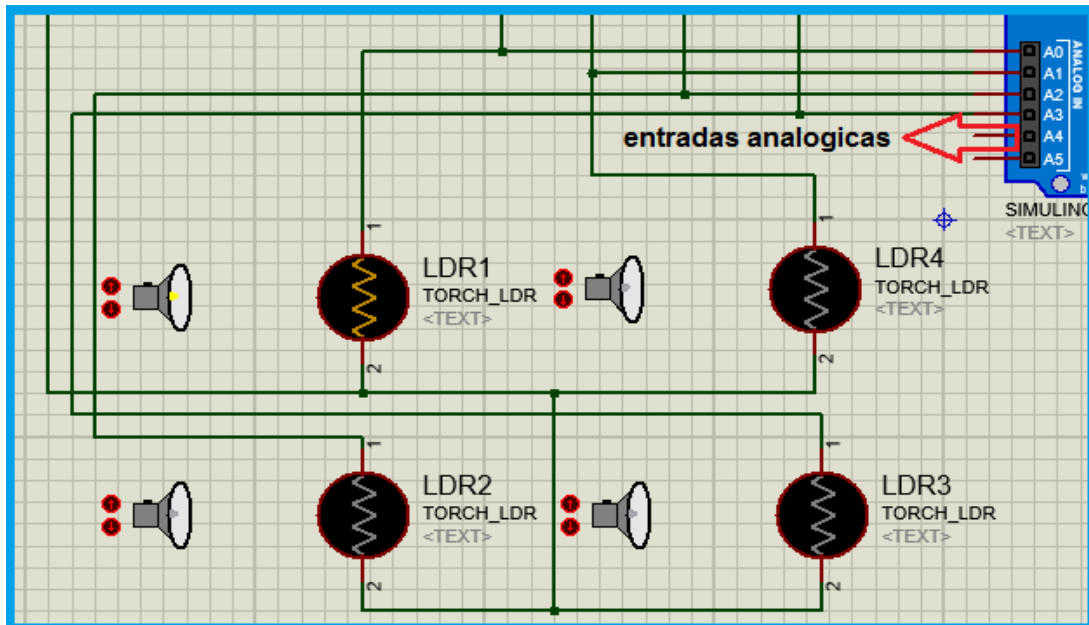


figura 12: Sensores para entradas ACD

Fuente: Propia

3.3.4. Circuito para reajustar la sensibilidad de los LDR

Sabemos que si R_1 y R_2 son iguales V_{out} será exactamente la mitad de V_{in} pero si R_1 o R_2 , fuese un potenciómetro (o un LDR) cualquier variación en el ajuste, causaría una modificación en el valor de salida de tensión V_{out} .

Ecuación cuando las resistencias están en serie y tienen el mismo valor.

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \quad \text{Ecuación 5}$$

Y la siguiente ecuación cuando R_1 o R_2 son variables se usa esta ecuación para encontrar el voltaje de salida.

$$V_{out} = R_2 * I = \frac{R_2 * V_{in}}{R_1 + R_2} \quad \text{Ecuación 6}$$

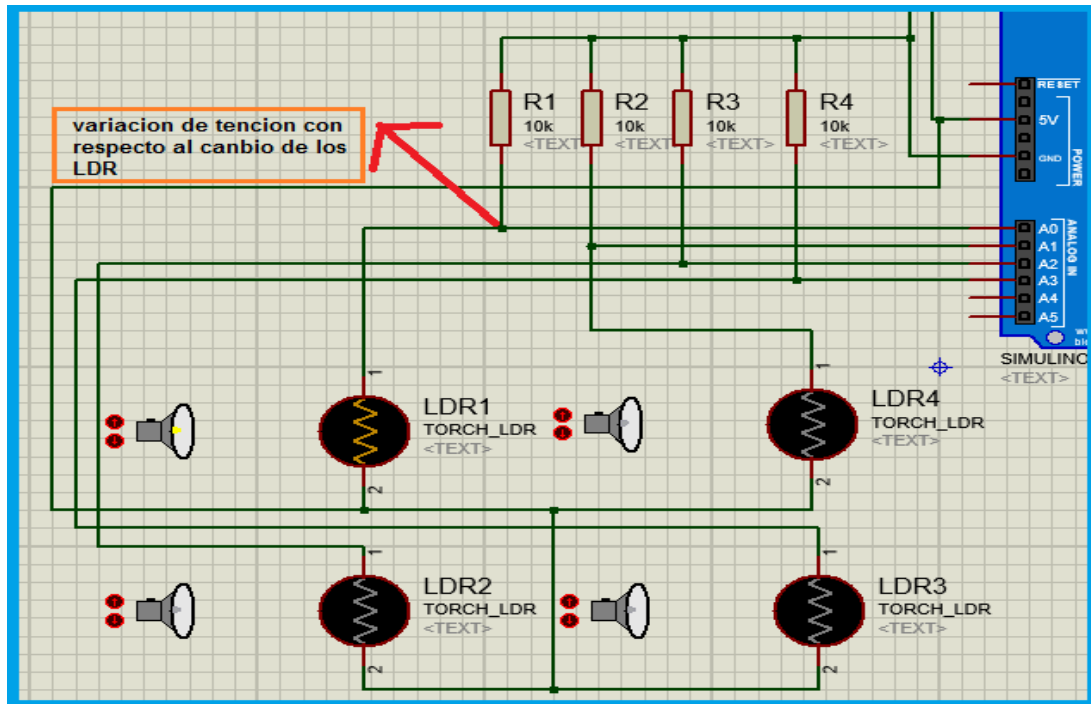


figura 13: sensores para entradas ADC

Fuente: Propia

3.3.5. Servo motores

Primero comenzaremos con definir el concepto de servomotor, Un servomotor (también llamado servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.

Un servomotor es un motor eléctrico que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición. Fuente (El Servomotor, 2016)

La figura 14 nos muestra la parte donde van conectados los servomotores, Arduino posee 14 salidas digitales, por medio de estas salidas Arduino controla los movimientos y velocidad de los motores, estos motores poseen 3 terminales una de datos y dos para la alimentación positivo y negativo.

Elaborado por:

Br. Henry José Viachica Flores
Br. Gabriel Alexander Martínez Alvarez

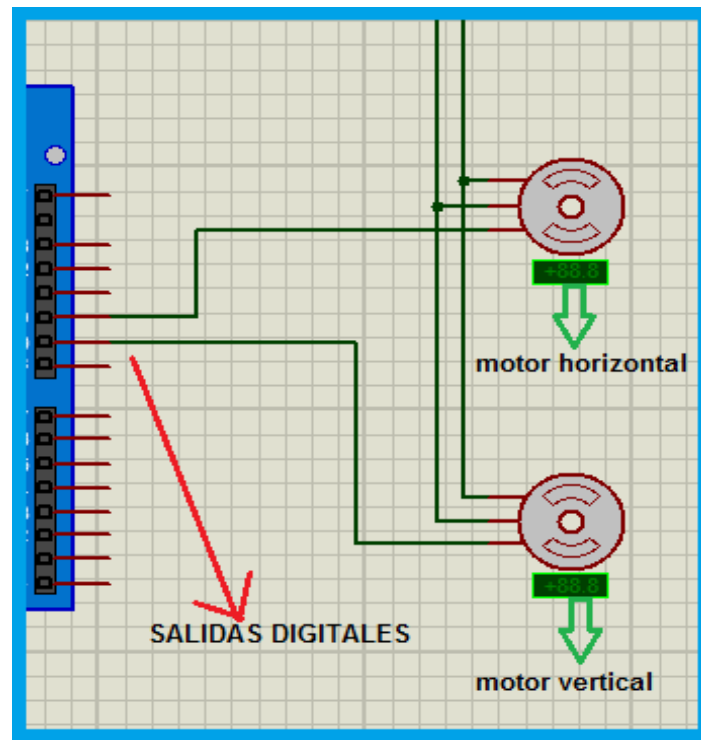


figura 14: conexiones de los servomotores

Fuente: Propia

3.3.6. Placa arduino uno

Arduino es una plataforma de hardware de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es un dispositivo que conecta el mundo físico con el mundo virtual, o el mundo analógico con el digital.

El cerebro del circuito es la placa de arduino uno, esta se encargará de todos los procesos del sistema de control, tomando en cuenta los valores de los LDR como sensores y dos servos motores city que serán los mecanismos de movimientos del panel solar. (ver imagen 15)

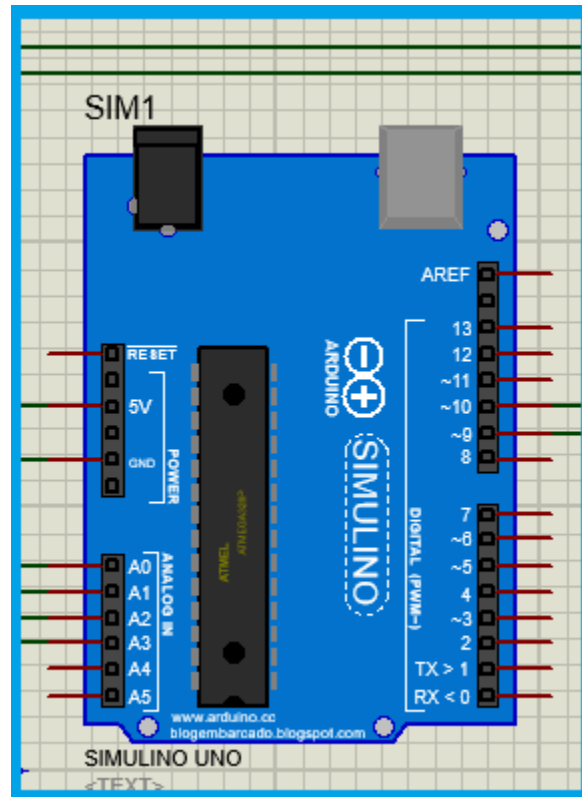


figura 15: placa arduino uno

Fuente: Propia

3.3.7. Algoritmo de la programación

En la siguiente figura se observa el algoritmo de funcionamiento del circuito controlador de paneles solares, al principio en la secuencia de cadena se energiza el sistema con la radiación del sol, luego compara las señales que son enviadas por los LDR el giro del motor va estar en dependencia de mayor intensidad en cualquiera de los diodos sensibles a la luz.

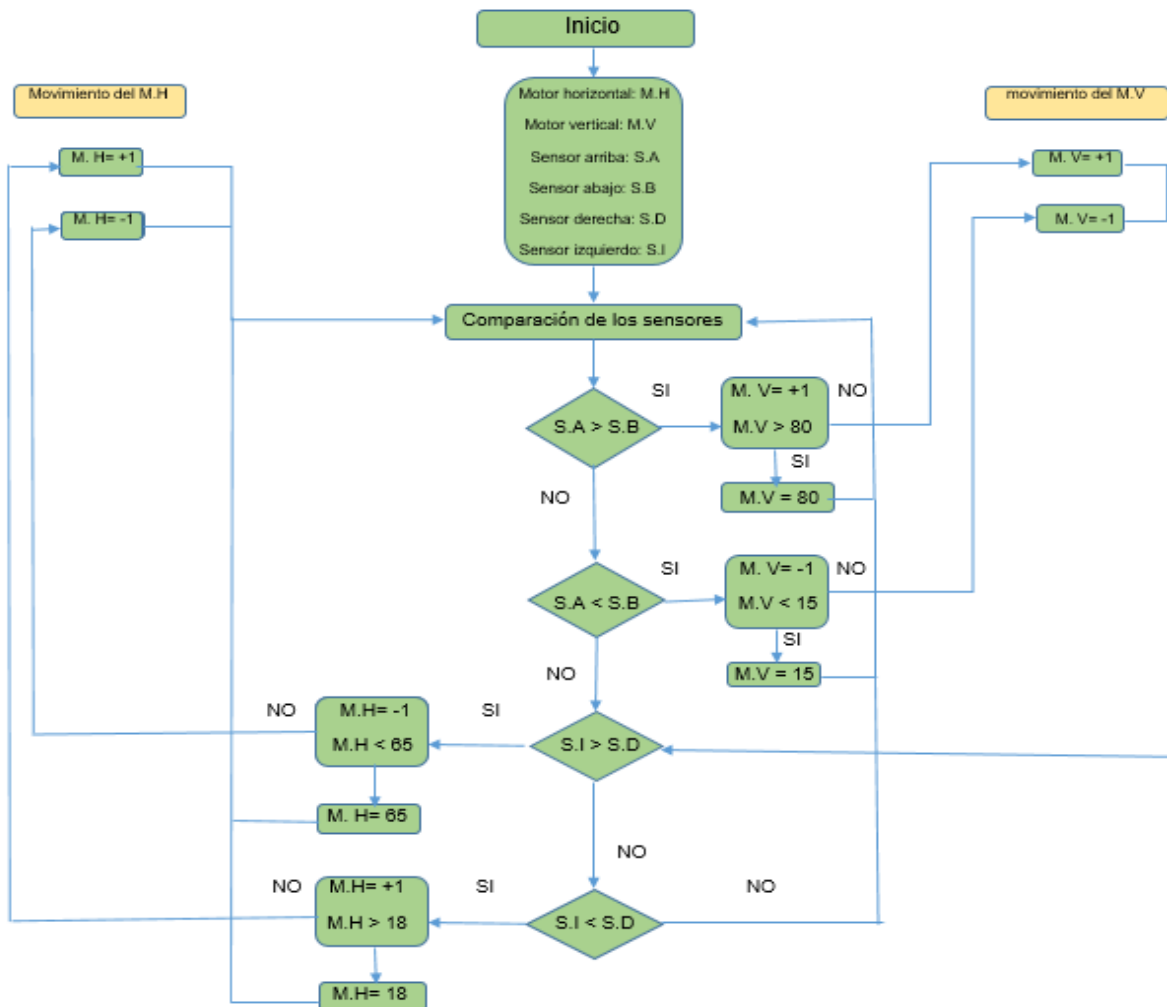


figura 16: algoritmo de programación

3.3.8. Explicación del algoritmo

La figura 16 muestra la lógica del programa de control, comienza por la Declaración de variables a utilizar, después de haber declarado todas las acciones a utilizar se llega a las dos etapas de comparación, en esta parte se realiza el balance de cuatro sensores dos para vertical y dos para horizontal.



En la primera etapa se realiza la comparación de los dos primeros sensores, estos son los encargados del movimiento del motor que indica el direccionamiento en el eje vertical. Es decir, si el sensor de arriba está recibiendo más luz solar que el sensor de abajo el giro de motor se desplazara un grado hacia arriba, pero antes de realizar el giro ejecuta una condición de fin de carrera, si el giro del motor pasa los 80 grados este se queda neutro sin realizar movimiento alguno, de lo contrario sigue en movimiento de grado en grado.

En esta misma etapa de comparación de sensores verticales también se ejecuta la condición que dice si el sensor de arriba recibe menos luz solar que el sensor de abajo el giro del motor encargado del eje vertical baja un grado, esta comparación también tiene su condición de fin de carrera esta dice que si el movimiento del motor en el eje vertical alcanza los 15 grados este se quedara estático de lo contrario continua con su movimiento.

Luego sigue con la segunda etapa que sería la comparación de los sensores encargados de los movimientos del motor en el eje horizontal, esta comparación dice que si el sensor de la izquierda está recibiendo más luz solar que el sensor de la derecha se restara un grado al movimiento del motor, al igual que las otras condiciones esta también tiene una comparación de fin de carrera la cual verifica que el movimiento del motor no pase de 65 grados.

La otra comparación es que, si el sensor de la izquierda recibe menos luz solar que el sensor de la derecha el movimiento del motor se le suma un grado, pero como se ha dicho antes siempre se ejecuta una condición de fin de carrera que verifica el Angulo máximo que va alcanzar el giro horizontal.

Una vez ya terminado las dos etapas de comparación el programa repetirá el proceso indefinidamente mientras los sensores estén irradiados por la luz solar.



Este algoritmo será programado usando el software arduino genuino ya que esta herramienta permite quemar el código programado a la placa arduino uno.

El programa diseñado está abierto a modificaciones futuras para mejorar su operación. Claro que es necesaria la debida autorización y el entendimiento completo de manipulación del mismo para este propósito. El sistema es autónomo, es decir, no necesita supervisión diaria para su funcionamiento correcto normal, sino más bien, debido a la confiabilidad que el sistema presenta se puede verificar su funcionamiento en un tiempo prolongado.

```
FM8QPTGI6QD4IOC Arduino 1.6.7
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
FM8QPTGI6QD4IOC
// servo connections
// name.attach(pin);
horizontal.attach(9);
vertical.attach(10);
horizontal.write(180);
vertical.write(45);
delay(3000);
}

void loop()
{
  int lt = analogRead(ldr1t); // top left
  int rt = analogRead(ldr1r); // top right
  int ld = analogRead(ldr1l); // down left
  int rd = analogRead(ldr1r); // down right

  // int dtime = analogRead(4)/20; // read potentiometers
  // int tol = analogRead(5)/4;
  int dtime = 10;
```

figura 17: Plataforma de programación

(ver código de programación en anexo).



3.3.9. Esquema del modelo de control de paneles

En la figura 18 se muestra como está estructurado el panel móvil que será controlado por el circuito mediante dos servos motores city, como podemos ver la estructura pose dos ejes que proporcionan los grados de libertad, esto con el fin de que la estructura se pueda desplazar libremente tanto vertical como horizontal, y con esto lograr que el panel siempre este captando el movimiento del sol y que sus rayos permanezcan directamente perpendiculares a él durante el periodo del día.

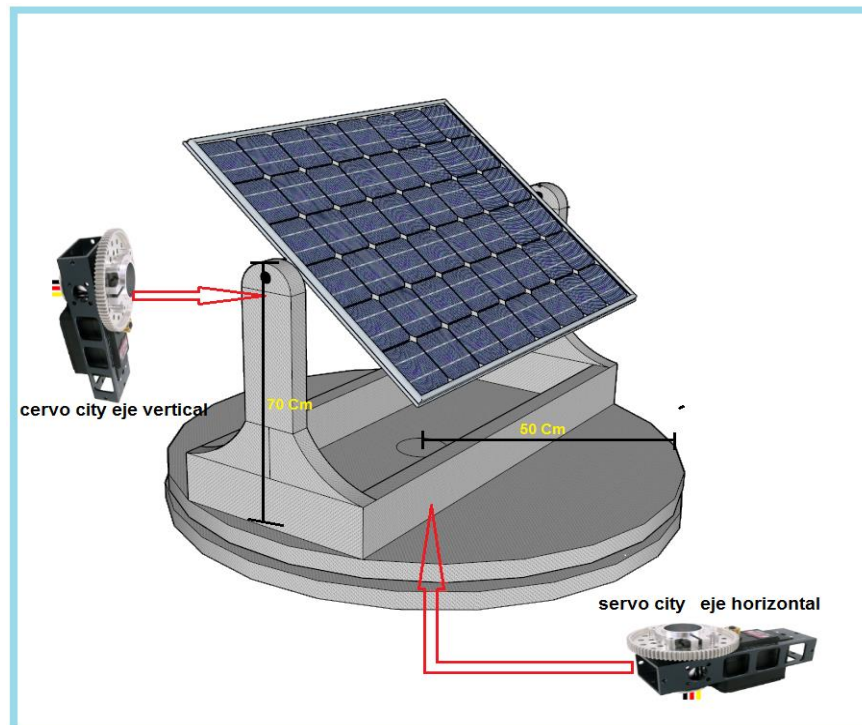


figura 18: Estructura de soporte

El soporte de la estructura que se utiliza para fijar el panel de forma segura se fabrica cuidadosamente con las dimensiones del módulo fotovoltaico. ya que estas células son muy sensibles y se puede dañar, Toda la estructura se tiene que elaborar de aluminio de $\frac{3}{4}$, se escogió este tipo de material porque es un metal liviano ideal para la instalación en techos y desde luego que es metal anticorrosivo.



3.3.10. Funcionamiento del servo motor

La figura 19 muestra los servomotores city, como podemos ver estos están conectados a una placa llamada adafruit, esta herramienta está diseñada para controlar varios motores a la vez sin ningún pro problema, es importante porque les brinda mayor torque a los motores y menos recalentamiento.

Estos motores son pequeños en tamaño, pero tienen una gran fuerza y son muy eficientes energéticamente. Debido a estas características, pueden ser usados en estructuras industriales livianas o pesadas ya que existen variedades de ellos.

Los servomotores que se utilizaran en la estructura de control vertical horizontal es un powerpro MG995. Este proporciona un alto torque de 15 Kg-Cm, su fabricación es de tamaño estándar con engranajes de metal con un Angulo de 180 grados, el voltaje que requiere para su funcionamiento va des de los 2 voltio a los 7 voltios.

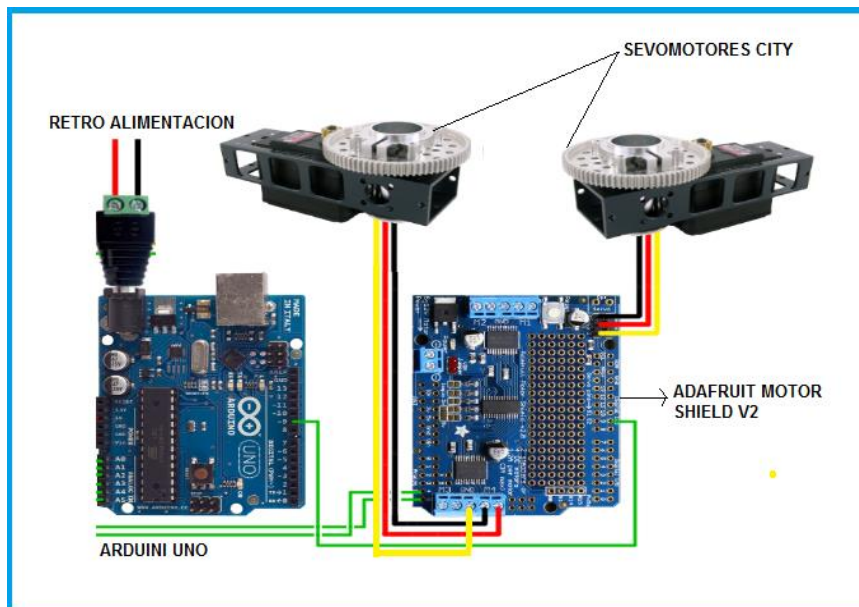


figura 19: Conexión de los servos motores



3.3.11. Esquema eléctrico del circuito

En la figura 20 se puede observar el esquema eléctrico que se construirá en la finca el Carmen, este cuenta con especificaciones de cable, uno de ellos es el calibre 8 AWG, que se utiliza para la conexión de los paneles al regulador de carga y a las baterías, para la salida de consumo se utiliza el calibre de cable estándar en las instalaciones eléctricas domiciliarias que es el número 12, también para estas conexiones eléctricas se rigen por especificar por colores del cable la polaridad del sistema en este caso se utiliza el color rojo que indica línea positiva y el negro la línea negativa.

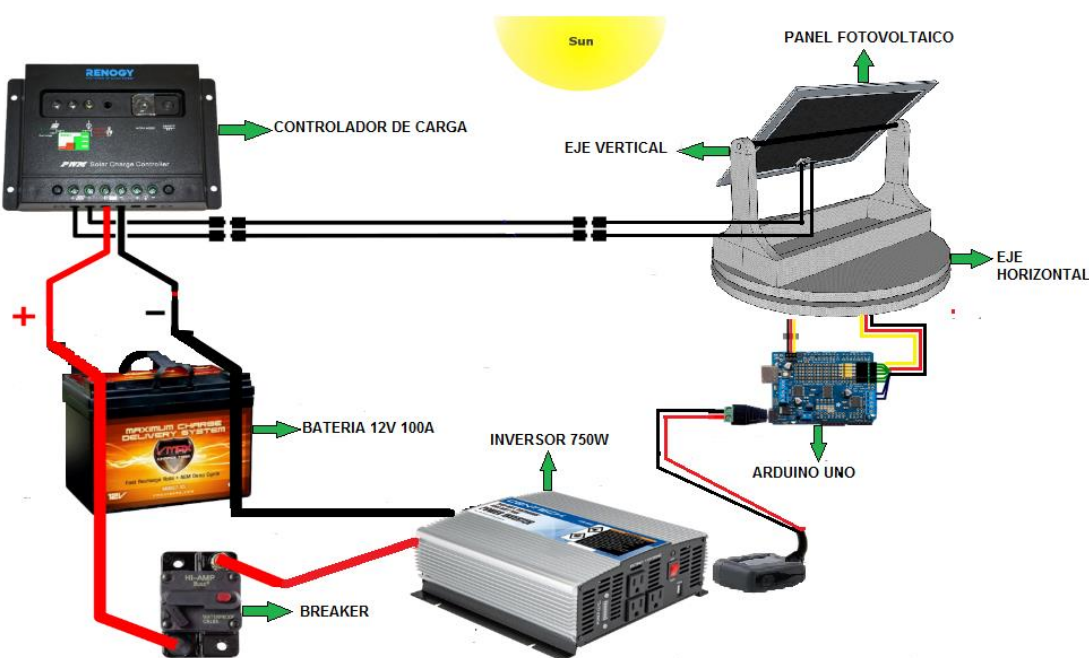


figura 20: Esquema eléctrico del circuito



el circuito seguidor no requiere de ninguna fuente externa, sino que se alimenta del sistema aislado, por lo que es autónomo. Igualmente, los motores utilizados son de ese mismo voltaje, así que no es necesario preocuparse por adaptarse más al sistema de lo que ya está. Aparte de la toma de energía que hace este circuito del sistema fotovoltaico aislado, no se encuentran eléctricamente conectados de ninguna otra manera, así que la operación de uno es independiente del otro, a excepción de la dependencia energética del seguidor.

3.3.12. Eficiencia del sistema fotovoltaico con seguidor solar

Un sistema fotovoltaico estático tiene una eficiencia de 16 % en conversión a electricidad teniendo en cuenta que solo se aprovecha el 69% de la energía del sol esto por las pérdidas en la orientación solar.

La ventaja de un sistema seguidor de luz es que se podrá aprovechar el otro 31% de la energía que se pierde al tener un factor de rendimiento aumentando a un 20% en el factor de rendimiento. Para poder estimar el incremento en la energía al aprovechar toda la radiación solar se deberá realizar los siguientes cálculos.

para demostrar la eficiencia del panel fotovoltaico con sistema automático seguidor solar se realizaron simulaciones en el software PVsyst, para empezar la simulación se ingresaron las coordenadas exactas del lugar tomando en cuenta la latitud, longitud y altitud sobre el nivel del mar.

Con un sistema de control automático el porcentaje de aumento en cuanto a la energía recibida del sol es aproximadamente un 30% de lo que en un panel fijo recibía. Por lo tanto, el aumento en producción será de 30% más de energía en el sistema de control automático.



La producción de energía eléctrica del panel fotovoltaico en función de la orientación del mismo viene determinada por la siguiente expresión:

$$P = G * R * P_t * \text{sen}(\theta) \quad \text{Ecuación 7}$$

P =Potencia – panel

G =Potencia – solar

R =Rendimiento – panel

P_t =Perdida – temperatura

θ =Angulo de incidencia – radiación

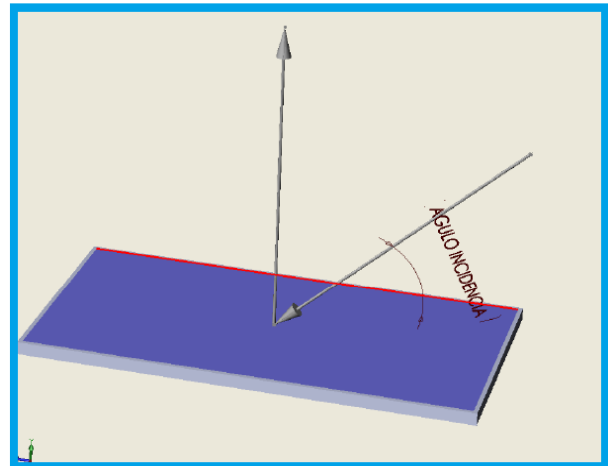


figura 21: producción de energía eléctrica mediante el ángulo de incidencia

Deducimos por tanto de la anterior expresión que a mayor ángulo de incidencia mayor producción de los paneles, por tanto, orientando los paneles de forma correcta obtendremos incrementos de potencia.

la figura 22 muestra la eficiencia que tienen los sistemas fotovoltaicos con control automático, como se puede observar el sistema aprovecha el 100 % de la radiación solar con esto logrando que el sistema tenga un cero por ciento de energía faltante



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

PVSYST V6.49		24/11/16	Página 3/4
Sistema Aislado: Resultados principales			
Proyecto :		Proyecto Aislado at Acoyapa	
Variante de simulación :		Nueva variante de simulación	
Parámetros principales del sistema			
Tipo de sistema	Aislado		
Orientación Campos FV	inclinación		
Módulos FV	Modelo	BP 375	Pnom 75 Wp
Generador FV	N° de módulos	1	Pnom total 75 Wp
Batería	Modelo	Open 12V / 100 Ah	Tecnología bierta, placas
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año global	97 kWh/año
Resultados principales de la simulación			
Producción del Sistema	Energía disponible	144.6 kWh/año	Produc. específico 1929 kWh/kWp/año
	Energía utilizada	97.5 kWh/año	Exced. (inutilizado) 43.0 kWh/año
	Factor de rendimiento (PR)	46.20 %	Fracción solar SF 100.00 %
Pérdida de carga	Fracción de tiempo	0.0 %	Energía faltante 0.0 kWh/año
Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 75 Wp Lu : Energía no utilizada (batería plena) 1.57 kWh/kWp/día Lc : Pérdida colectada (pérdidas generador FV) 2.42 kWh/kWp/día Ls : Pérdidas sistema y carga de batería 0.15 kWh/kWp/día Yf : Energía suministrada al usuario 3.56 kWh/kWp/día		Factor de rendimiento (PR) y Fracción solar SF PR : Factor de rendimiento (Yf/Yr) : 0.462 SF : Fracción solar (ESol/ECarga) : 1.000	

figura 22: producción de la energía

Elaborado por:

Br. Henry José Viachica Flores
 Br. Gabriel Alexander Martínez Alvarez



3.3.13. Ventajas del sistema de control para modulo fotovoltaico

- ❖ Una de las ventajas más notables para un seguidor solar automático es la incrementación de la eficiencia hasta un 40% de la producción de energía eléctrica, postrando los módulos fotovoltaicos perpendiculares al sol el mayor tiempo posible para el mayor aprovechamiento del ciclo solar.
- ❖ Aumento de la velocidad en la acumulación de energía en la batería.
- ❖ las estructuras de soporte pueden desmontarse al final de la vida útil del panel pudiendo reutilizarse en un nuevo módulo fotovoltaico.

3.3.14. Desventajas del sistema de control para modulo fotovoltaico

- ❖ El costo de la estructura de control para el modulo es una inversión por aparte.
- ❖ El sistema consume una potencia extra que se le disminuye a la producción de energía.
- ❖ Proporcionar mantenimiento preventivo al sistema de control en cada cambio de estación.

Se presentaron resultados de simulación en el software PVsyst en los cuales se ve evidentemente que el seguimiento del sol aumenta el porcentaje en la eficiencia de producción energética con respecto a la estructura fija. El diseño de este sistema es sencillo y tiene una gran fiabilidad, así como un fácil montaje y mantenimiento, además es capaz de soportar medios ambientales como vientos y lluvia.



Quizás deberíamos valorar con más firmeza diseñar las instalaciones solares con seguimiento, dado que, hoy por hoy, la Tierra se mueve alrededor del Sol y seguirlo supone aumentar el rendimiento energético que nos ofrece.

3.4. Construcción de un modelo a pequeña escala del sistema automático diseñado para la finca el Carmen.

Se realizará una maqueta a pequeña escala donde se presenta el funcionamiento del sistema de control automático para paneles solares, este prototipo se desarrollará con el propósito de ver que la programación en arduino este 100% funcional y con esto poder ver como la estructura se ubica perpendicular a la luz.

Para la elaboración del prototipo se necesitaron los siguientes materiales (ver tabla 4)

Tabla 4: Lista de materiales

Componentes electrónicos	Piezas de la estructura	Herramientas de trabajo
Arduino uno	1 lamina acrílica de ½ metro cuadrado	Taladro
2 servomotores de ruedas dentadas		Broca de 1/8
4 resistencias de 10k	43 tornillos de 14mm de largo	Desarmadores (estrella)
4 LDR		Sierra
Cables de puente	43 turcas	Cautín
		Alicate y lima



3.4.1. Diseño del eje horizontal en el prototipo.

como antes se menciona la parte mecanica de control cuenta con dos ejes uno para el moviemiento vertical y otro para el movimiento horizontal, en esta parte se dara a conocer detalles de la creacion de la estructura para el movimiento de eje horizontal.

La figura 23 muestra que la parte inferior de la estrucutura es de material acrilico con forma circular de diametro 13.5 Cm que va empernada a una superficie plana en representacion de un techo, esta base es totalmente fija lo cual no debera moverse para darle estabilidad al resto de la estructura, el servo motor esta empernado en la parte central de esta base permitiendo que su eje de rotacion quede hacia arriba y totalmente libre en espera de una segunda lamina circular que en el centro contiene una tansmicion que se acopla con el engranaje del eje del motor para formar el movimiento horizontal de la estructura.

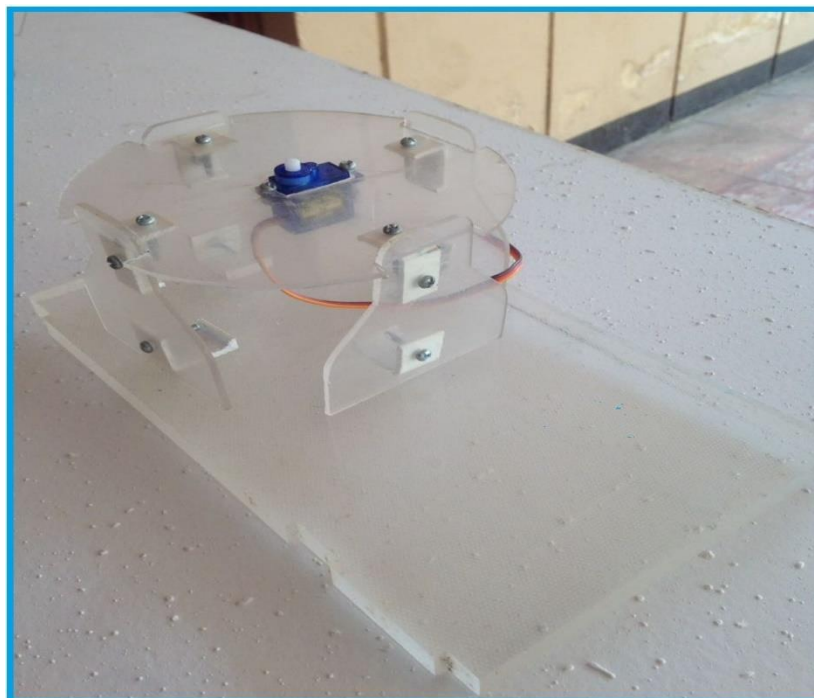


figura 23: **Control de movimiento horizontal**



3.4.2. Diseño del eje vertical en el prototipo.

El segundo eje permite el movimiento vertical, este movimiento es el mas importante en la estructura ya que este debera simular el recorrido de la trayectoria del sol desde la salida asta su puesta.

Para lograr este movimiento se empernaron laminas rectangulares a la base circular formando una especie de caja que contiene la transmicion del primer eje como se puede observar en la figura 24 el servo motor esta sujeto a uno de los lados menores de la caja rectangular este motor esta posicionalmente horizontal con respecto a su eje de rotacion para poderlo ensamblar a su transmicion que esta empernada a un lado del soporte donde se simula la ubicación del panel fotovoltaico.

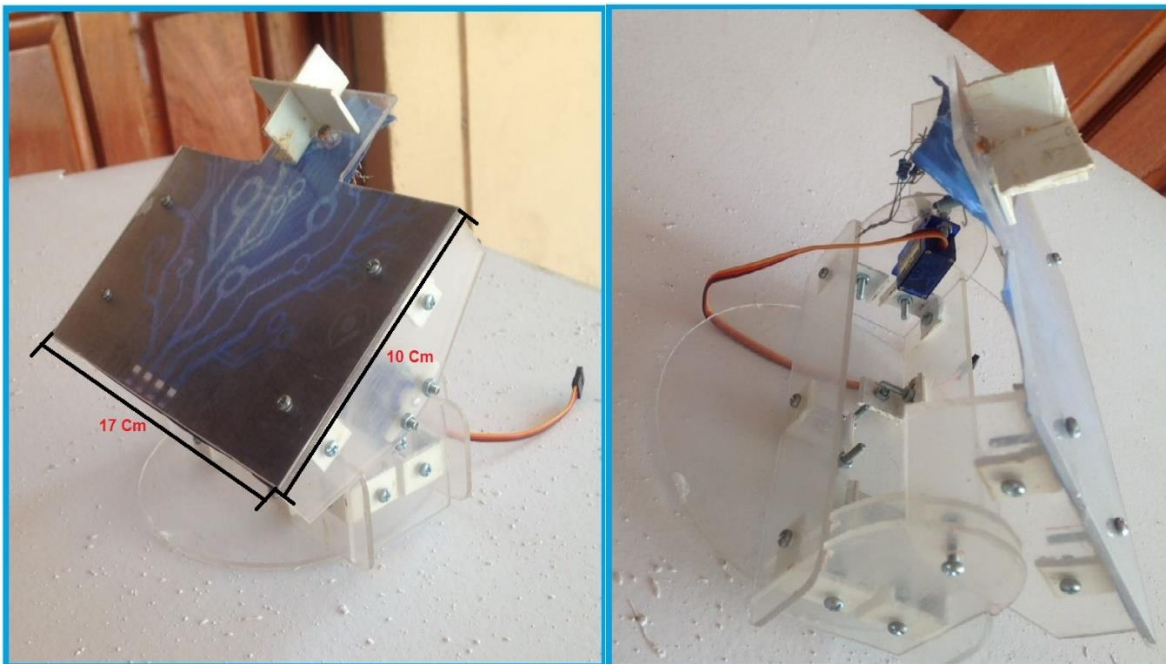


figura 24: Control de movimiento vertical y colocación de sensores



En la figura anterior también se puede apreciar que el soporte donde se simula la ubicación del panel es una lámina rectangular plana con una dimensión de 17x10cm también se observa que el soporte contiene los LDR cada uno separados por una especie de material que no permite el paso de la luz esto con el propósito de crear sombra al sensor que reciba menos luz.

3.4.2. Prototipo terminado

Este prototipo a pequeña escala se construyó con el propósito de simular los diferentes movimientos que debería hacer un seguidor solar de tamaño real. El circuito de control ya antes explicado se utilizó para esta maqueta lo cual demuestra que este circuito funciona perfectamente para el modelo a pequeña escala lo cual indica que es funcional para una escala real.

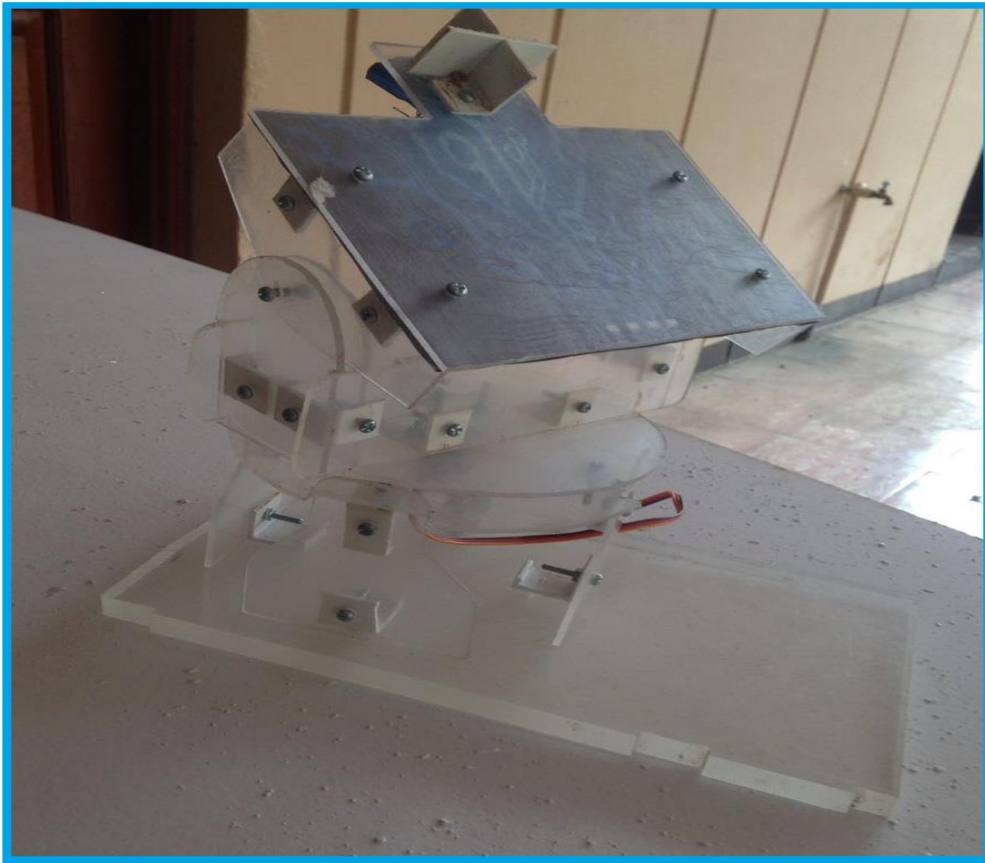


figura 25: Estructura termina



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Tabla 5: Presupuesto a escala real

Materiales o componentes	Modelo o especificación	Valor por unidad (C\$)	cantidad	Costo (C\$)
Perlin de aluminio	Solido de 3,5 cm x 1,2 cm x 6m	600	4	2,400
Tornillos metálicos	2 pulgadas	4.00	20	80
Arduino	uno	500	1	500
Servo motores	MG995	280	2	560
Resistencias	10 kΩ	2	4	8
Cables de conexión	UTP	23	6m	138
Regulador de voltaje	De 110 a 12	100	1	100
			Subtotal	3,786
Mano de obra				2,000
			Total	5,796



IV. Conclusión

Al final el estudio relacionado con la producción actual del sistema fotovoltaico fijo en la finca El Carmen, concluimos primeramente que la eficiencia de este sistema es muy baja debido al poco aprovechamiento de la radiación solar. Dicho estudio demostró que la energía producida por el modulo fotovoltaico es considerablemente igual al consumo energético domestico durante el día, debido a esto los usuarios de este sistema no pueden exceder la hora de uso de los terminales o agregar más electrodomésticos ya que el sistema no podría abastecer toda la red eléctrica y el acumulador no quedaría completamente cargado lo que implicaría la reducción de energía eléctrica en el periodo nocturno.

También se diseñó un sistema automatizado para paneles fotovoltaicos logrando tener mejores resultados en la producción de energía, este dispositivo seguidor es funcional tanto en su parte de control y electrónica, como en su parte mecánica. Los resultados muestran que este tipo de seguidor puede incrementar el rendimiento energético que produce el panel solar fotovoltaico, con esto consiguiendo elevar la diferencia entre la producción y el consumo permitiéndole al usuario engrandecer el circuito y mayor tiempo de uso. Este sistema lograra aumentar la eficiencia asta en un 40 % con respecto a los sistemas fijos.

El modelo a pequeña escala logro simular los dos grados de liberta que se necesitan para ubicar la posición del sol, el circuito de control marcha correctamente consiguiendo que la estructura realice los movimientos en vertical y horizontal con esto también se demuestra que los sensores o LDR están cumpliendo con la parte de detección de mucha o poca luz, el circuito de control es funcional para el modelo a escala real.

Después de trabajar arduamente en el presente proyecto se llegó a la conclusión que los objetivos marcados al inicio del trabajo se cumplieron de forma satisfactoria.



V. Recomendaciones

- ❖ se deben elegir el tipo de motor adecuado en base al peso de la estructura.
- ❖ Tomar en cuenta cómo afecta la suciedad de los módulos solares ya que producen una disminución en la producción de energía.
- ❖ Al momento de elaborar el costo de implementación del sistema y estructura de control para paneles solares fotovoltaicos dependen de factores como el tamaño el tipo de tecnología y las condiciones climáticas de la zona de incidencia del proyecto.
- ❖ Hacer un estudio completo del lugar y verificar que el sistema se a viable.
- ❖ A la hora de realizar el prototipo siempre se debe tener un estudio bien detallado de sus partes y cuáles son sus funcionalidades.
- ❖ Al momento de armar el prototipo no debemos esperar que funcione a la primera vez que lo probemos, ya que es un largo proceso de aprendizaje, debemos tener paciencia, ser perseverantes ya que solo de esta manera llegaremos al éxito de nuestro trabajo propuesto.



VI. Bibliografía

- Arduino*. (21 de 11 de 2016). Obtenido de Arduino:
<http://playground.arduino.cc/ArduinoNotebookTraduccion/Appendix6>
- Cardenete, S. (2011). Moviminetos relativos y sus consecuencias. *enseñansa y divulgacion de la ciencia*, 513-518.
- compara tarifas energia .es*. (6 de abril de 2014). Obtenido de
<http://www.comparatarifasenergia.es/info-energia/calcular-el-consumo>
- curso de energia solar fotovoltaica*. (18 de niviembre de 2016). Obtenido de curso de energia solar fotovoltaica:
https://www.google.com.ni/search?q=imagen+tabla+diferencia+entre+policristalino+y+m onocristalino&sa=X&espv=2&biw=1366&bih=613&tbm=isch&imgil=L_9I5OkPeav2vM%253A%253BdW082BzG1PuAiM%253Bhttps%25253A%25252F%25252Fwww.ujaen.es%25252Finvestiga%25252Fsolar%2525
- El Servomotor*. (21 de 11 de 2016). Obtenido de El Servomotor: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/electronica/elementos/servomotor.htm>
- energia doble cero*. (9 de Septirmbe de 2008). Obtenido de
<http://energiadoblezero.com/herramientas-de-diseno-y-calculo/pvsyst>
- ROBOTS*. (21 de 11 de 2016). Obtenido de ROBOTS: http://robots-argentina.com.ar/Sensores_LDR.htm
- Valldoreix greenpower*. (15 de julio de 2015). Obtenido de <http://www.valldoreix-gp.com/las-ventajas-de-los-seguidores-solares/>



VII. Anexos

7.1. Manual de instalación del software Pvsyst.

Pvsyst es una herramienta que sirve para desarrollar instalaciones fotovoltaicas que permite el estudio, la simulación y análisis de datos completa de los sistemas fotovoltaicos. Este software permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica, que permite su diseño en 3D y que tiene en cuenta la proyección de sombras gracias a la simulación del movimiento del sol durante el día.

También permite el análisis económico usando costes reales de componentes, costes adicionales y las condiciones de inversión, en cualquier moneda. PVsyst es una herramienta de pago, pero que se puede obtener gratis durante un periodo de un mes para poder probarla y después si no se adquiere una licencia funcionará en modo demostración. (energía doble cero, 2008)

Se descara Pvsyst desde su página oficial

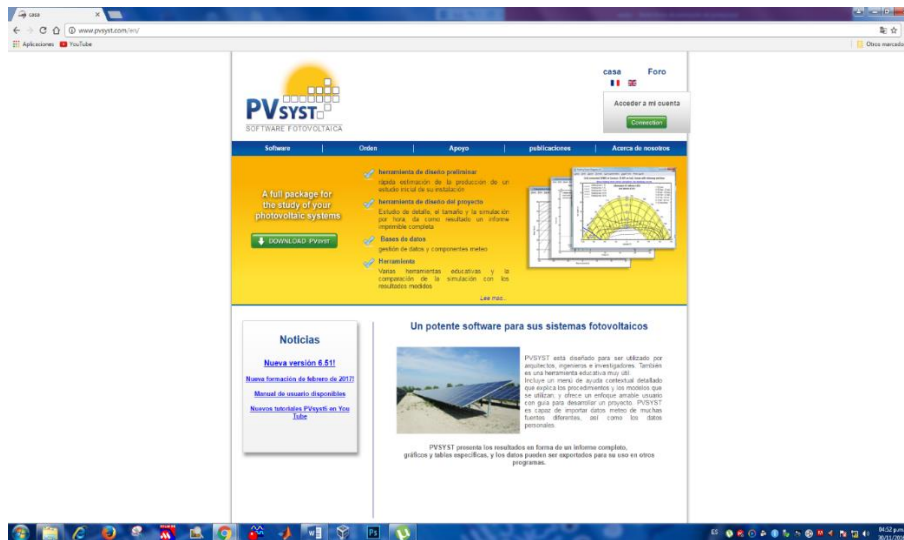


figura 26: Descarga del software PVsyst



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Para comenzar la instalación del software se abre el archivo descargado y aparecerá una ventana presentando dos opciones como se muestra en la figura 27 y se elijará la opción ejecutar.

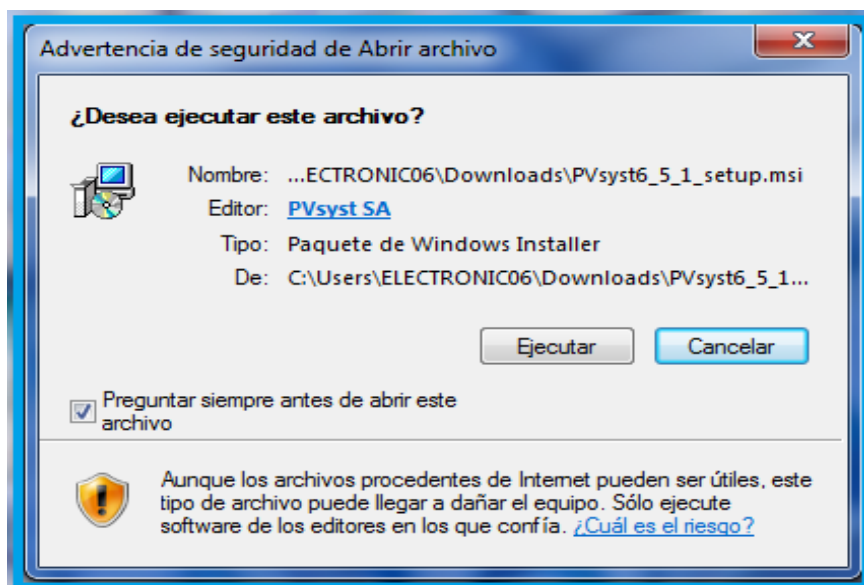


figura 27: instalación del software PVsyst paso 1

Posteriormente aparecerá una nueva ventana (ver figura 28) en la cual se le dará next.

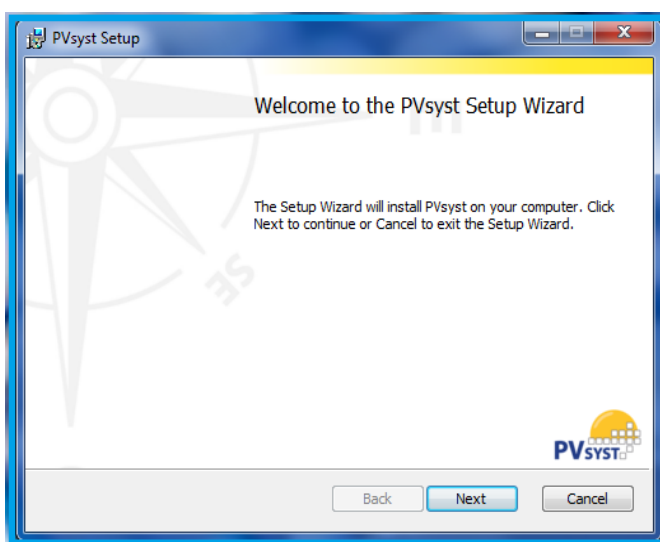


figura 28: instalación del software PVsyst paso 2

Elaborado por:

Br. Henry José Viachica Flores
Br. Gabriel Alexander Martínez Alvarez



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Seleccionamos el requisito de instalación que deci I accept tems in the License Agreement y continuamos con la opción next



figura 29: instalación del software PVsyst paso 3

En la siguiente ventana se muestra la opción donde se guardará la raíz del programa es opcional cambiar el destino de guardado, luego de elegir el destino procedemos a dar next.

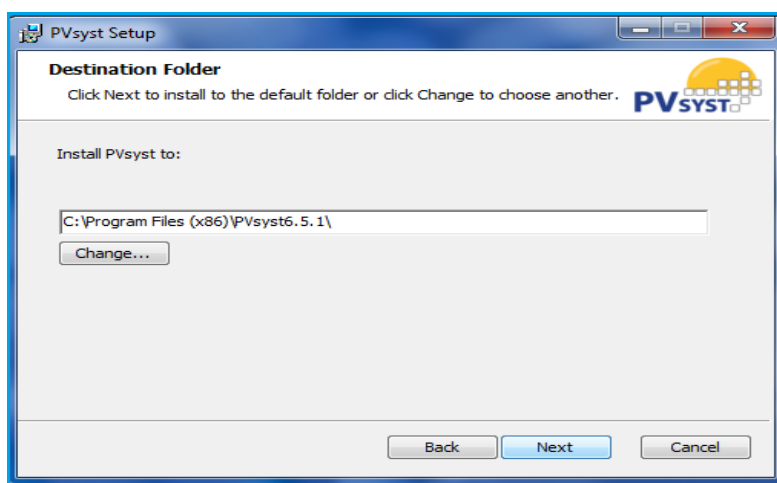


figura 30: instalación del software PVsyst paso 4



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Ahora aparecera la ventana que indica el inicio en la instalacion logicamente se escogera la opcion install.

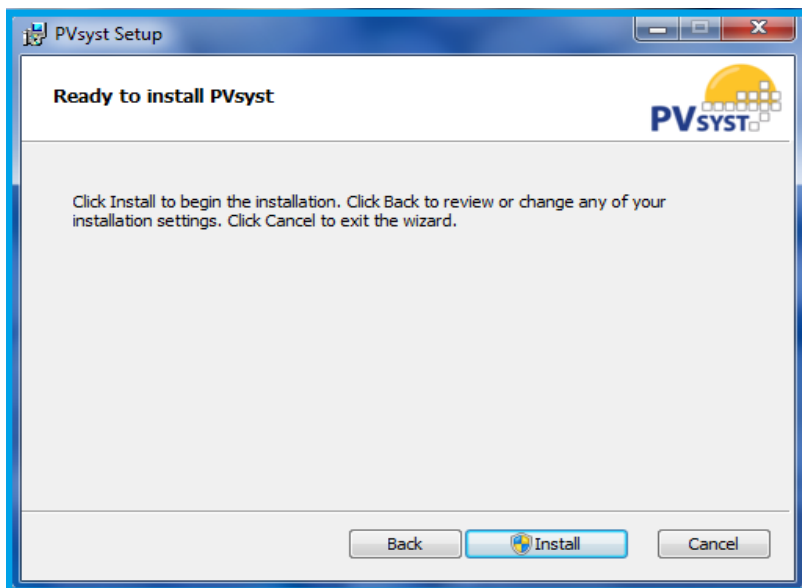


figura 31: instalación del software PVsyst paso 5

En esta parte se espera que finalice el proceso de instalación.

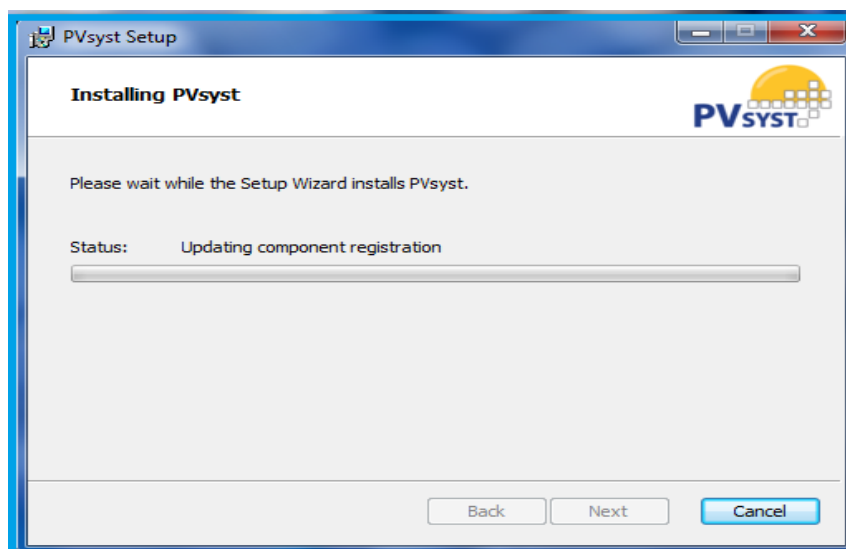


figura 32: instalación del software PVsyst paso 6



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Una vez ya completado el proceso de instalación aparece la ventana que muestra la opción que indica que el programa se instaló correctamente por lo tanto se cliquea la opción finish

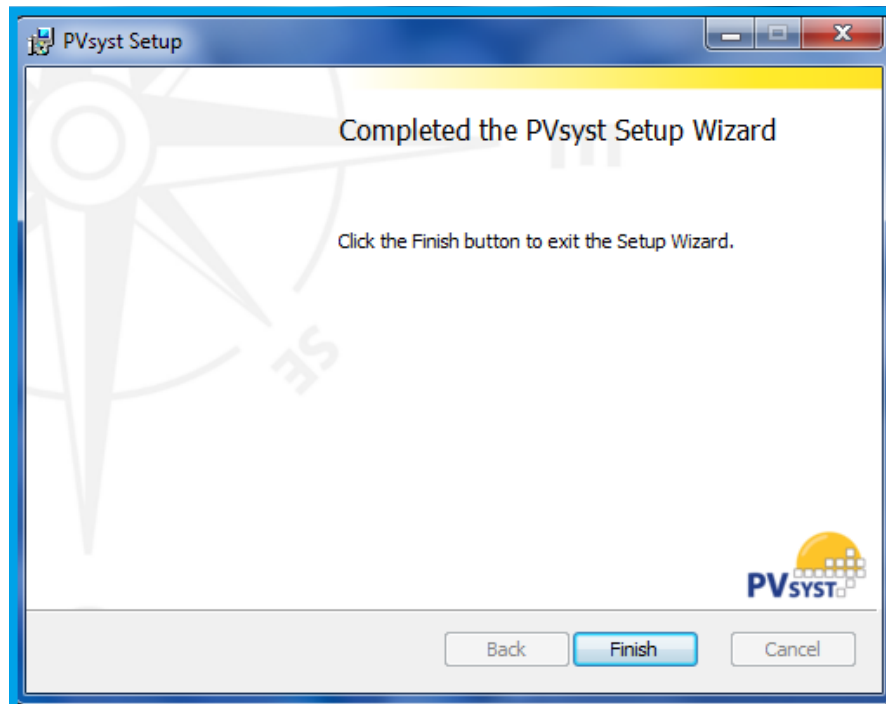


figura 33: instalación del software PVsyst paso 7

Finalmente se crea un acceso directo en el escritorio indicando que está listo para su uso.



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

7.2. Manual de instalación del software proteus

Proteus es un software para simulación de circuitos, desarrollo de esquemas electrónicos y diseño de placas de circuito impreso (PCB, en inglés), desarrollado por Labcenter Electronics.

En esta ventana le dan a "Next >"

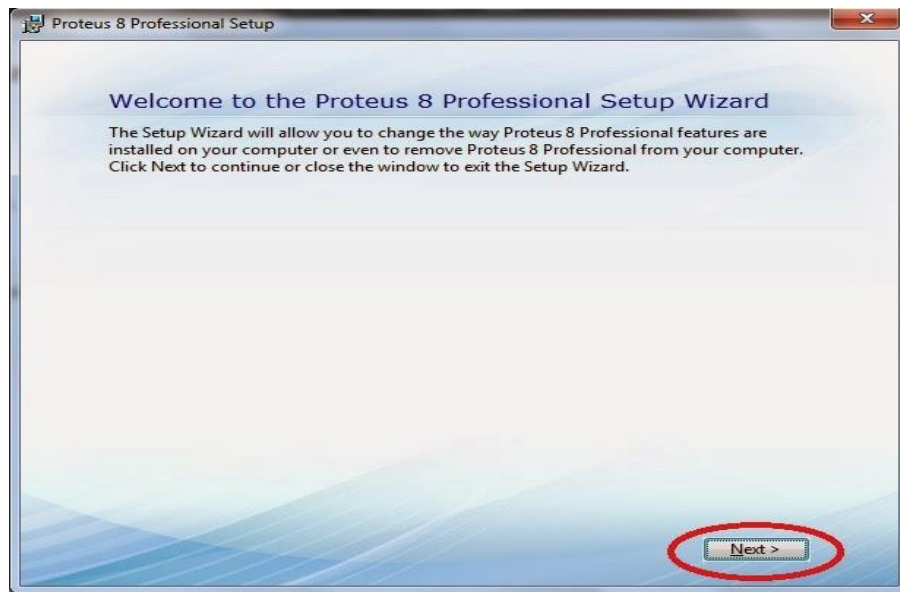


figura 34: comienzo del proceso de instalación

Acepten los términos del acuerdo "I accept the terms of this agreement" y luego le dan a "Next >"



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

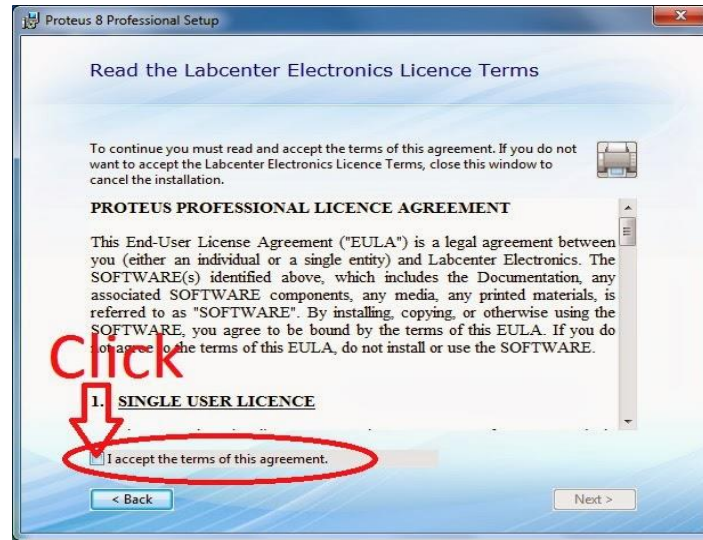


figura 35: proceso de instalación del software proteus paso 1

Tilden en "Use a locally installed license key" (Utilice una llave de licencia instalada) y despues Next >

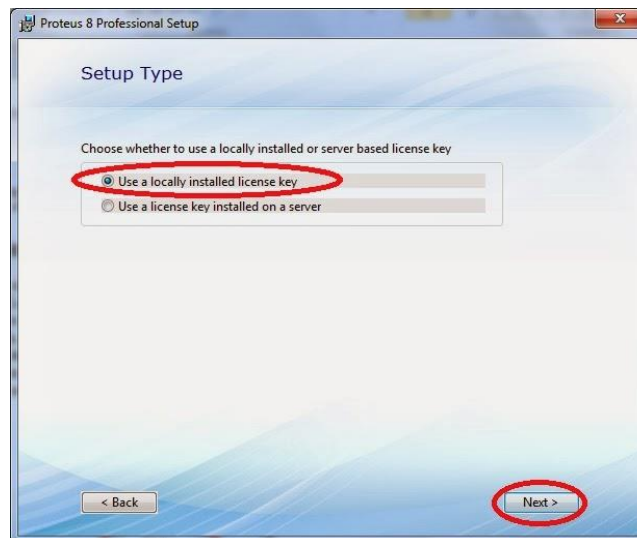


figura 36: proceso de instalación del software proteus paso 2

Presionan en "Next >"

Elaborado por:

Br. Henry José Viachica Flores
Br. Gabriel Alexander Martínez Alvarez



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

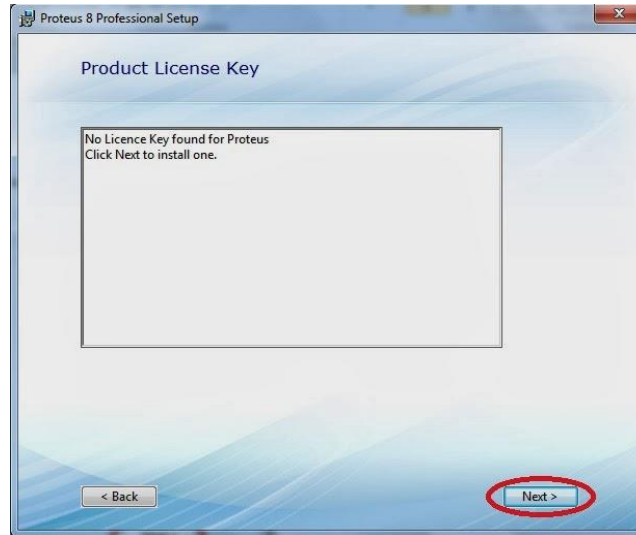


figura 37: proceso de instalación del software proteus paso 3

Les aparecerá esta ventana pulsen en "Browse for key file" (Buscar la clave en archivo)

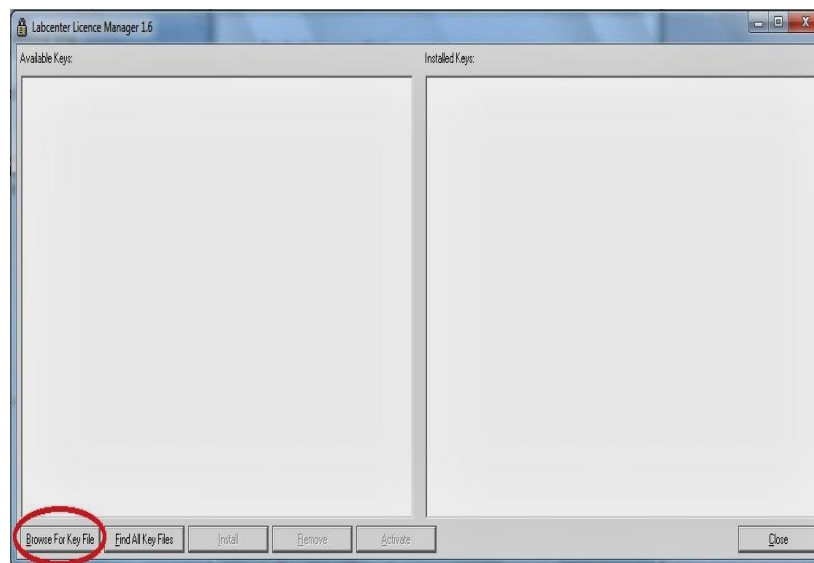


figura 38: proceso de instalación del software proteus paso 4

Localice la licencia en donde la guardo o descargela Puede dar doble click o seleccionar la

Elaborado por:

Br. Henry José Viachica Flores
Br. Gabriel Alexander Martínez Alvarez



carpeta y luego ("abrir"

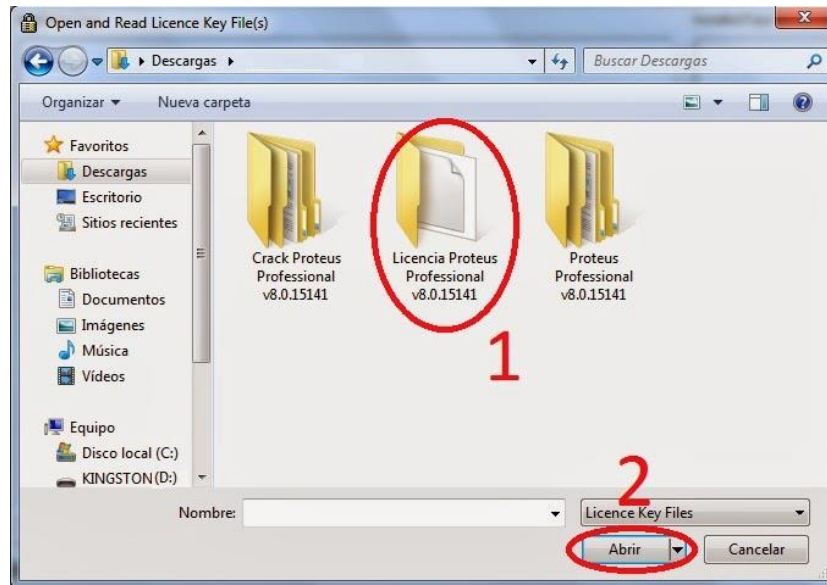


figura 39: proceso de instalación del software proteus paso 5

Igual que el paso anterior

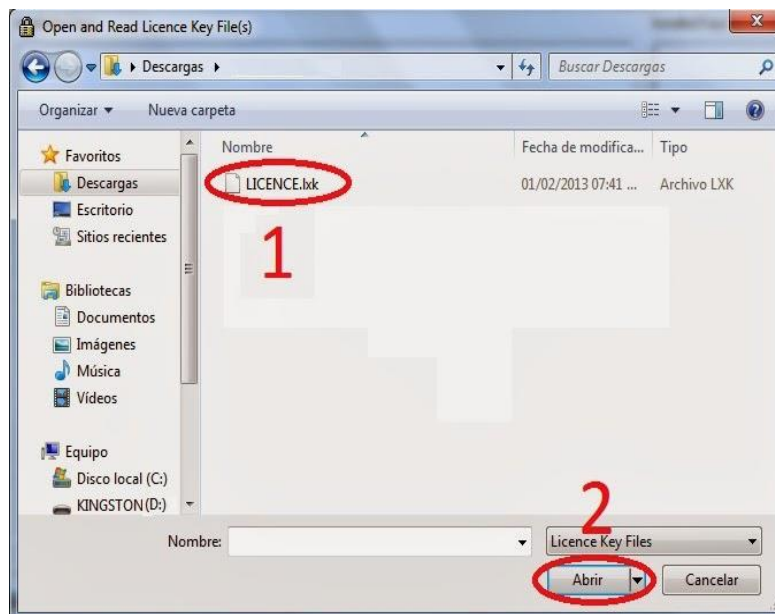


figura 40: proceso de instalación del software proteus paso 6



Una vez abierta la licencia dar click en "Install"

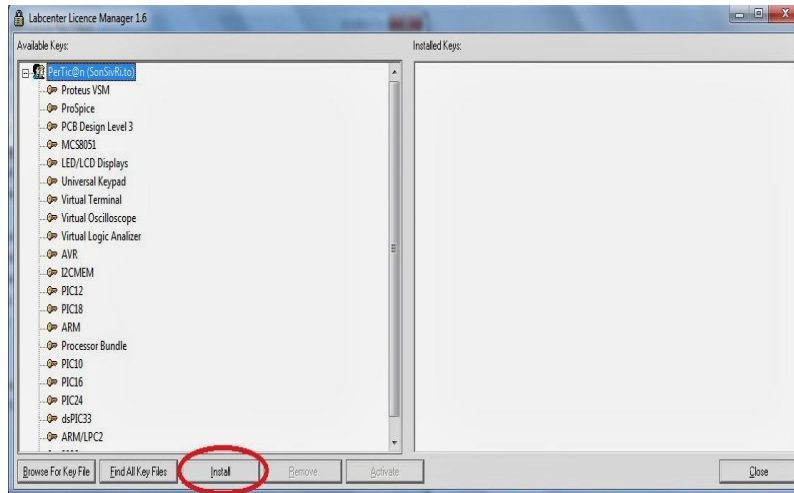


figura 41: proceso de instalación del software proteus paso 7

Aparecerá esta ventana donde darán en "SI"

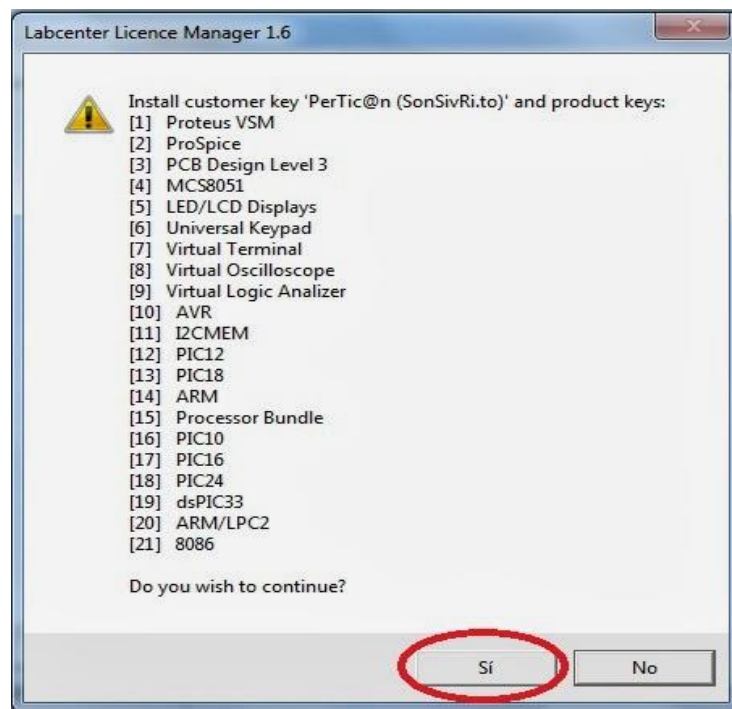


figura 42: proceso de instalación del software proteus paso 8



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Luego en Cerrar "CLOSE"

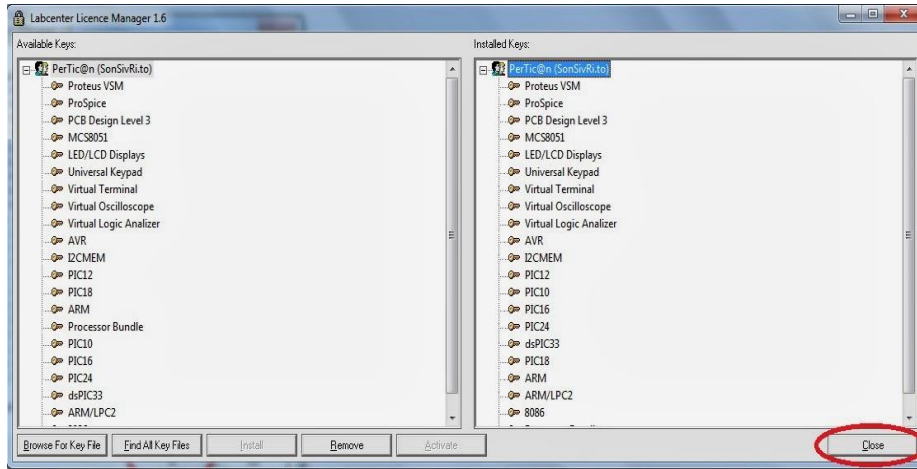


figura 43: proceso de instalación del software proteus paso 9

Si tienen una versión anterior instalada pueden marcar las opciones para que importen el estilo de los márgenes, las plantillas y librerías de la versión anterior. Sino lo dejan desmarcado y le dan en "Next >"

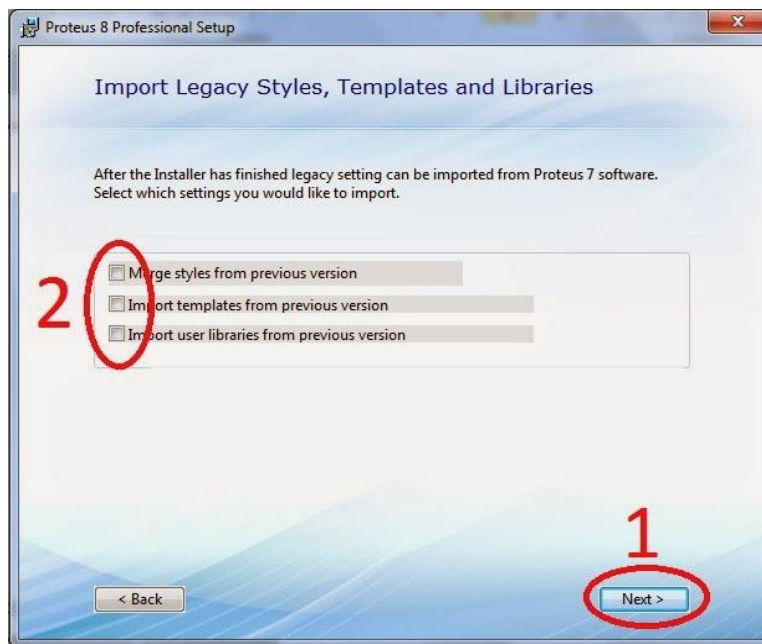


figura 44: proceso de instalación del software proteus paso 10



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Elegimos la "opción 1" para instalación Típica si quiere puede seleccionar la "opción 2" para personalizar la instalación (elegir en que carpeta desea que se instale cambiar ciertas opciones que desee o no desee se instalen) recomendado para usuarios avanzados.

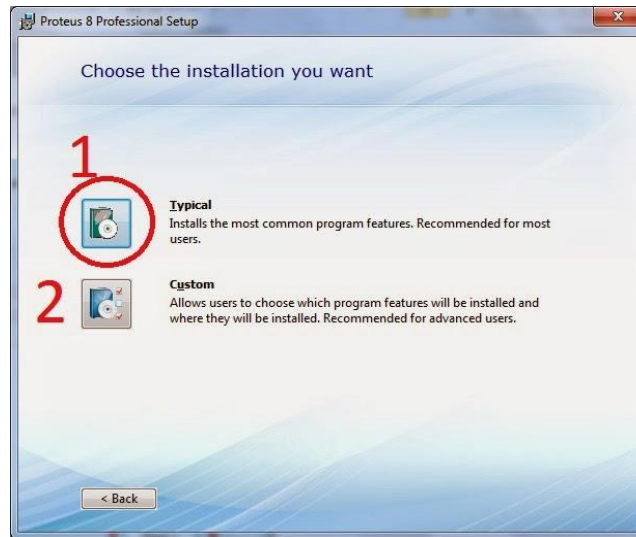


figura 45: proceso de instalación del software proteus paso 11

Si eligen la Opción 1 salte este paso, de lo contrario (Opción 2) aparecerá una ventana como esta:

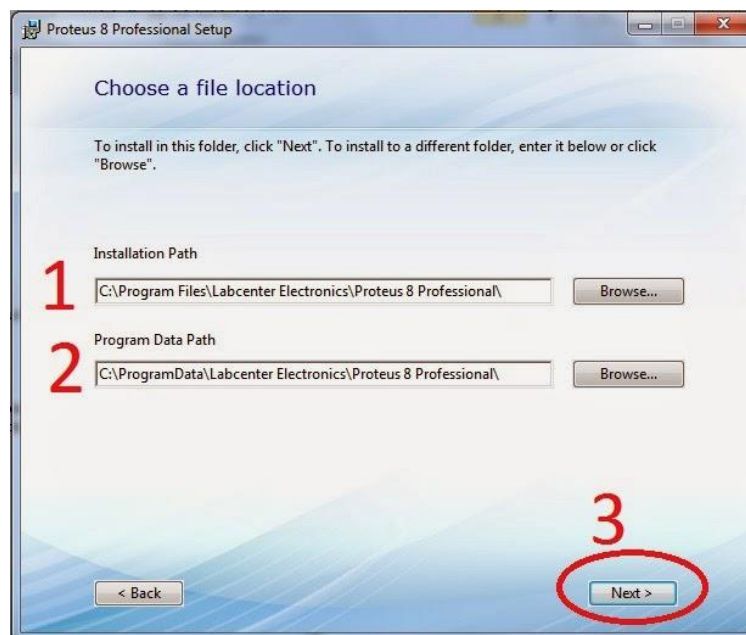


figura 46: proceso de instalación del software proteus paso 12

Elaborado por:

Br. Henry José Viachica Flores
Br. Gabriel Alexander Martínez Alvarez



Luego de seleccionar la "Opción 1" vera esta ventana espere a que termine de instalarse

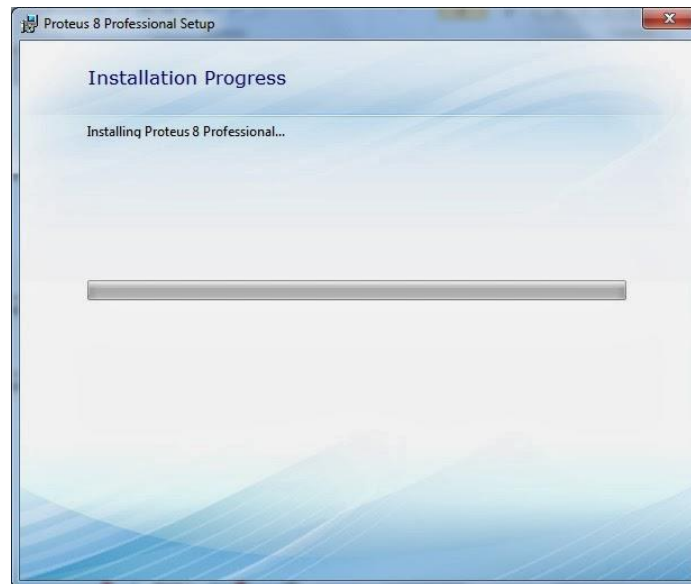


figura 47: proceso de instalación del software proteus paso 13

En el transcurso de la instalación verán este cuadro salir solo esperen hasta que desaparezca (no se preocupen no es un error)

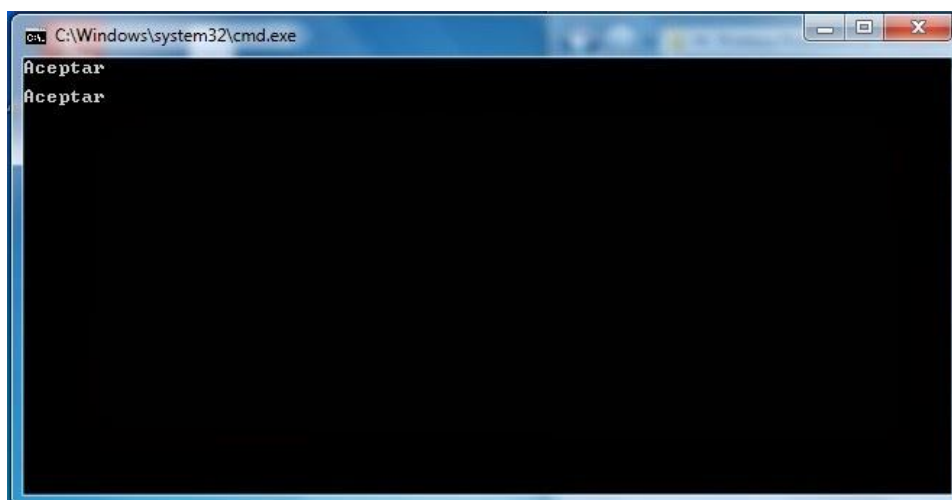


figura 48: proceso de instalación del software proteus paso 14



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

Luego de finalizada la instalación vera esta ventana si desean abrir Proteus Profesional v8.0 le dan en la Opción 1 "Run Proteus 8 Profesional y luego en Closet. De lo contrario solo le dan a Closet.

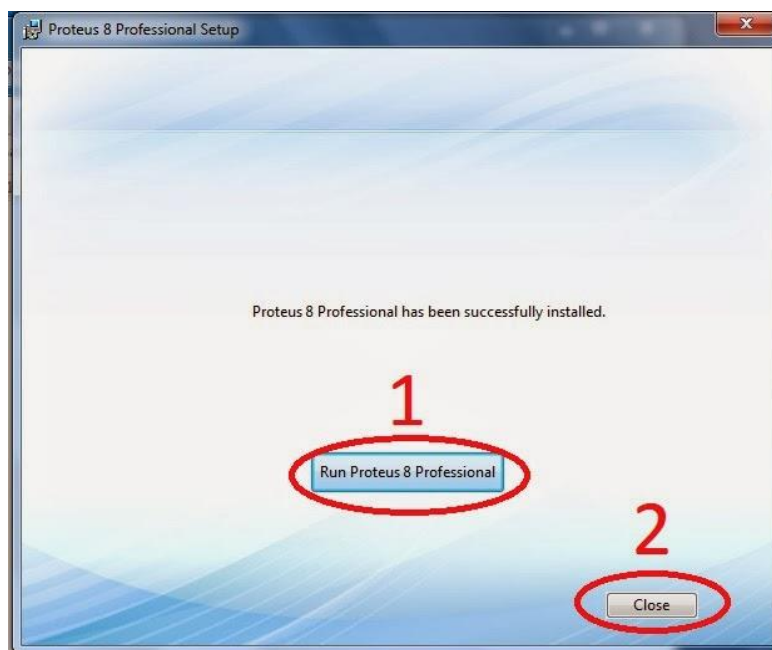


figura 49: proceso de instalación del software proteus paso 15

Luego de abrirlo pueden ir a "Help" luego a "About Proteus 8" y ver que no tiene una licencia registrada. (No podrán simular).



7.3. Código de programación

```
#include <Servo.h>
// 180 horizontal MAX
Servo horizontal;
int servoh = 180;

int limitedelservoah = 180;
int limitedelservoahb = 65;

// 65 grado MAX
Servo vertical;
int servov = 45;

int limitedelservova = 80;
int limitedelservovb = 15;

int ldrlt = 0; //abajo a la izquierda
int ldrrt = 1; //abajo a la derecha
int ldrlr = 2; //arriba a la izquierda
int ldrrr = 3; //arriba a la derecha

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
```




```
horizontal.attach(9);
vertical.attach(10);
horizontal.write(180);
vertical.write(45);
delay(3000);
}

void loop()
{
  int lt = analogRead(ldr1t);
  int rt = analogRead(ldr1r);
  int ld = analogRead(ldr2l);
  int rd = analogRead(ldr2r);

  int dtime = 10;
  int tol = 50;
  int avt = (lt + rt) / 2;
  int avd = (ld + rd) / 2;
  int avl = (lt + ld) / 2;
  int avr = (rt + rd) / 2;
  int dvert = avt - avd;
  int dhoriz = avl - avr;

  Serial.print(avt);
  Serial.print(" ");
```



```
Serial.print(avd);
Serial.print(" ");
Serial.print(avl);
Serial.print(" ");
Serial.print(avr);
Serial.print(" ");
Serial.print(dtime);
Serial.print(" ");
Serial.print(tol);
Serial.println(" ");

if (-1*tol > dvert || dvert > tol)
{
if (avt > avd)
{
servov = ++servov;
if (servov > limitedelservova)
{
servov = limitedelservova;
}
}
else if (avt < avd)
{
servov= --servov;
if (servov < limitedelservovb)
{
servov = limitedelservovb;
}
```



```
}  
}  
vertical.write(servov);  
}  
  
if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol)  
{  
  if (avl > avr)  
  {  
    servoh = --servoh;  
    if (servoh < limitedelservohb)  
    {  
      servoh = limitedelservohb;  
    }  
  }  
  else if (avl < avr)  
  {  
    servoh = ++servoh;  
    if (servoh > limitedelservoha)  
    {  
      servoh = limitedelservoha;  
    }  
  }  
}  
else if (avl = avr)  
{  
horizontal.write(servoh);
```



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.

```
}  
delay(dtime);  
}
```

7.4. Componentes del sistema fotovoltaico existente en la finca el Carmen.



figura 50: acumulador e inversor



figura 51: modulo fotovoltaico

Elaborado por:

Br. Henry José Viachica Flores
Br. Gabriel Alexander Martínez Alvarez



Automatización para paneles solares con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de energía foto voltaica en la finca el Carmen, comarca san Agustín, Acoyapa, Chontales.



figura 52: controlador de carga