



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Electrónico.

TÍTULO:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN
FOTOVOLTAICO DE RESPALDO PARA LOS LABORATORIOS DE
ELECTRÓNICA DE POTENCIA Y CONTROL AUTOMÁTICO.”**

Autores:

Iván Douglas Morán Gorozabel

Kleber Walter León Yungaicela

Director:

Ing. Luis Neira Clemente

**GUAYAQUIL, MAYO 2015
ECUADOR**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Iván Douglas Morán Gorozabel** con número cedula de identidad de ciudadanía 0930371687 y **Kleber Walter León Yungaicela** con numero de cedula de identidad de ciudadanía 0921974564, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica respectivamente, certificamos que los conceptos desarrollados, realizados, resultados analizados y las ideas así como los criterios en la totalidad del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecidos por la Ley de la Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigente.

Guayaquil, Mayo del 2015.

Iván Douglas Morán Gorozabel

Kleber Walter León Yungaicela

AUTORES

DEDICATORIA

Dedicatoria:

En primer lugar le dedico y le doy gracias a Dios por esta hermosa vida que me ha brindado a lo largo de mis trayectorias, permitiéndome disfrutar y cumplir con mis logros, mis objetivos como este proyecto de tesis que he realizado con la ayuda de mis familiares en especial a mi esposa e hijos, mis padres, mis hermanos y a mis tíos que son un ejemplo a seguir, ya que siempre estuvieron brindándome todo su apoyo moral e incondicional, su paciencia, su comprensión en momentos difíciles sacándome adelante con ejemplos y valores dignos de superación.

Iván Douglas Morán Gorozabel

Dedicatoria:

Primeramente a Dios por su inmenso amor, por esta vida que puedo gozar con salud y por haberme permitido alcanzar este punto en mi vida. A mis padres, por haberme brindado ese apoyo incondicional en todas las etapas transcurridas y haber sabido guiarme a través de todo este tiempo, por sus consejos, sus valores y la motivación a luchar cada día, pero más que nada por su amor. A mi hermano a quien espero sirva de ejemplo y motivación, y a quien deseo el mejor de los éxitos.

Kleber Walter León Yungaicela

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento:

Agradezco a Dios quien me ha permitido y me ha dado la oportunidad de realizar este proyecto con bendiciones, habilidades y dones que me ha concedido cada día permitiéndome terminar mi carrera con éxito.

Por otro lado también les agradezco mi esposa, mis padres, mis hermanos y a mis tíos quienes me aconsejaron y me dedicaron su tiempo ayudándome a seguir adelante, por tener fe en mí y en brindarme todo su apoyo sin nada a cambio.

Iván Douglas Morán Gorozabel

Agradecimiento:

En primer lugar a Dios, creador de todo y dueño de mi vida, por acompañarme y guiarme a lo largo de mi carrera, además de ser mi fortaleza en momentos de debilidad.

A mi padre y madre, por su inmenso apoyo, por los valores inculcados y la oportunidad de tener una excelente educación, pero sobre todo por el gran ejemplo de vida que de ellos me queda.

A mis amigos y compañeros tanto de Universidad como de trabajo quienes hicieron de esta etapa una de las mejores de mi vida. A mi compañero de tesis y amigo por la mano brindada en todo momento y a todos quienes de una u otra forma colaboraron en este proyecto.

Kleber Walter León Yungaicela

ÍNDICE GENERAL

Descripción	Pág.
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE CUADROS Y/O TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Delimitación del problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivo específicos	4
1.4 Justificación	5
1.5 Hipótesis	5
1.6 Variables e indicadores	5
1.6.1 Variables	5
1.6.2 Indicadores	6
1.7 Metodología	6
1.7.1 Métodos	6
1.7.1.1 Método empírico	6
1.7.1.2 Método analítico	6
1.7.2 Técnicas	7
1.7.3 Instrumentos de investigación y recolección de datos	7
1.8 Población y muestra	8
1.8.1 Población	8
1.8.2 Muestra	8
1.9 Descripción de propuesta	8
1.9.1 Beneficiarios	9
1.9.2 Impacto	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Antecedentes	10

2.2	Fundamentación teórica	10
2.2.1	La radiación solar	10
2.2.1.1	La radiación directa	11
2.2.1.2	La radiación difusa	11
2.2.1.3	La radiación reflejada	12
2.2.1.4	Radiación global	12
2.2.3.	Recurso solar	13
2.2.4.	Panel solar	14
2.2.5.	Bases del funcionamiento de las células fotovoltaicas	15
2.2.6.	Tipos de paneles fotovoltaicos	17
2.2.6.1.	Silicio mono cristalino	18
2.2.6.2.	Silicio poli cristalino	18
2.2.7.	Energía solar fotovoltaica	19
2.2.8.	Corriente directa	21
2.2.9.	Corriente alterna	22
2.2.10.	Sistemas de seguimiento solar	23
2.2.10.1.	Tipos de soporte para los colectores solares	23
2.2.10.1.1.	Colocación sobre soporte estático	23
2.2.10.1.2.	Sistemas de seguimiento solar de 1 eje	24
2.2.10.1.3.	Sistemas de seguimiento solar de dos ejes	24
2.2.10.2.	Sistemas mecánicos	24
2.2.10.3.	Mediante dispositivos de ajuste automático	24
2.2.10.4.	Dispositivos sin motor	25
2.2.11.	Orientación del panel fotovoltaico	25
2.2.11.1.	Ángulo de azimut (α):	25
2.2.11.2.	Ángulo de inclinación (β):	26
2.2.12.	Regulador de carga	27
2.2.13.	Inversor de voltaje	29
2.2.14.	Baterías para sistemas fotovoltaicos	30
2.2.14.1.	Vida útil de una batería de ciclo profundo	32
2.2.14.2.	Selección de tamaño adecuado de la batería	32
2.2.15.	Mantenimiento y vida útil de los acumuladores	33
2.2.16.	Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico	34

2.2.17.	Iluminación led.....	35
2.2.18.	Sensor inductivo de proximidad	35
2.2.19.	Fuente de alimentación	37
2.2.19.1.	Fuentes de alimentación lineales.....	37
2.2.19.2.	Fuentes de alimentación conmutadas.....	39
2.2.20.	Transferencia eléctrica	41
2.2.20.1.	Funcionamiento de los interruptores de transferencia eléctrica.....	42
2.2.20.2.	Acción del interruptor de transferencia automática	42
2.2.20.3.	Tipos de interruptores de transferencia automática	42
2.2.21.	Plc s7-1200.....	43
2.2.22.	Módulo discreto sm 1223 dc/dc - 6es7223-1bl32-0xb0.....	44
2.2.23.	Módulo análogo sm 1231 ai - 6es7231-4hd32-0xb0.....	45
2.2.24.	Hmi simatec ktp 400 basic - mono.....	46
CAPÍTULO 3. DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO.....		48
3.1.	Cálculos teóricos	49
3.1.1.	Irradiación solar	49
3.1.2.	Sistema fotovoltaico.....	50
3.1.3.	Dimensionamiento fotovoltaico	50
3.1.4.	Determinación de cargas	51
3.1.5.	Dimensionamiento del generador solar (a)	52
3.1.6.	Dimensionamiento de batería (b)	53
3.1.7.	Dimensionamiento del inversor (d).....	54
3.1.8.	Dimensionamiento regulador de carga (c)	55
3.2.	Diseño mecánico de la estructura móvil	55
3.2.1.	Estructura	56
3.2.2.	Diseño de estructura móvil	57
3.2.2.1.	Elevación.....	57
3.2.2.2.	Rotación	58
3.2.3.	Partes mecánicas de la estructura.....	59
3.2.3.1.	Base giratoria	59
3.2.3.2.	Motor reductor	59
3.2.3.3.	Caja reductora	60
3.2.3.4.	Chumaceras de piso.....	60

3.2.4.	Acople de caja reductora a motor reductor con eje de rotación.....	61
3.2.5.	Acople de caja reductora a motor reductor con eje de elevación.....	62
3.2.6.	Instalación de la estructura.....	62
3.3.	Diseño del control eléctrico del posicionamiento y transferencia	63
3.3.1.	Circuito de transferencia	66
3.3.1.1.	Esquemático	66
3.3.2.	Circuito regulador de voltaje de 10 voltios dc	69
3.3.2.1.	Esquemático	69
3.3.3.	Circuito de conexión de las ldr.....	70
3.3.3.1.	Esquemático	70
CAPITULO 4: CONTROL Y MONITOREO SCADA.....		71
4.1.	Identificación de variables	71
4.1.1.	Variables de entrada.....	71
4.1.2.	Variables de salida	72
4.2.	Programación del plc e interfaz de monitoreo	72
4.2.1.	Creación del proyecto y configuración de dispositivos	73
4.2.2.	Diseño interfaz hmi	76
4.2.3.	Lectura y acondicionamiento de datos.....	79
4.2.4.	Programa de control	81
4.2.5.	Configuración pid.....	87
CAPITULO 5: RESULTADO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		92
5.1.	Pruebas de transferencia.....	92
5.2.	Pruebas de posicionamiento.....	93
5.3.	Prueba de cargas.....	95
5.4.	Pruebas de consumo.....	96
5.5.	Resultados obtenidos.....	99
CONCLUSIONES.....		102
RECOMENDACIONES.....		103
CRONOGRAMA		104
PRESUPUESTO.....		107
BIBLIOGRAFÍA.....		109
ANEXOS		111

ÍNDICE DE CUADROS Y/O TABLAS

Tabla 1: Potencial solar del Ecuador.....	14
Tabla 2: Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica.....	34
Tabla 3: Determinación de las cargas del sistema	51
Tabla 4: Características de paneles conectados en paralelo.....	99
Tabla 5: Característica por radiación solar variable.....	100
Tabla 6: Cronograma de actividades Octubre - Diciembre.....	104
Tabla 7: Cronograma de actividades Enero - Marzo	105
Tabla 8: Presupuesto del proyecto	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Radiación directa, difusa y reflejada.	13
Figura 2: Panel de celdas fotovoltaicas.	15
Figura 3: Funcionamiento de celdas fotovoltaicas.....	16
Figura 4: Panel formado con células de silicio mono cristalino	18
Figura 5: Panel formado con células de silicio poli cristalino	19
Figura 6: Esquema residencial de energía solar	21
Figura 7: Energía solar fotovoltaica corriente directa.....	22
Figura 8: Energía solar fotovoltaica corriente alterna.....	23
Figura 9: Ángulo de orientación o ángulo de acimut.....	26
Figura 10: Ángulo de inclinación.....	27
Figura 11: Reguladores de carga.....	28
Figura 12: Inversor de voltaje dc - ac	29
Figura 13: Baterías libres de mantenimiento de ciclo profundo	31
Figura 14: Iluminación de tubos leds	35
Figura 15: Funcionamiento de Sensor Inductivo	36
Figura 16: Fuente lineal	38
Figura 17: Fuentes conmutadas.....	40
Figura 18: Circuito de Transferencia Eléctrica	41
Figura 19: Periferia PLC S7-1200	44
Figura 20: Módulo Discreto SM 1223 DC/DC	45
Figura 21: Módulo Analógico SM 1231 AI.....	46
Figura 22: HMI SIMATIC KTP 400 Basic-Mono.....	47
Figura 23: Sistema FV de respaldo energético	48
Figura 24: Insolación Global Promedio Ecuador.....	49
Figura 25: Datos técnicos del panel solar	52
Figura 26: Batería RITAR.....	53
Figura 27: Inversor EVL 1000 Vatios.....	54
Figura 28: Regulador de carga	55
Figura 29: Diseño de la estructura	56
Figura 30: Vista superficial Movimiento de Elevación	58
Figura 31: Vista superficial Movimiento de Rotación.....	58

Figura 32: Base giratoria	59
Figura 33: Motor reductor	60
Figura 34: Caja Reductora	60
Figura 35: Chumacera de piso	61
Figura 36: Acople de eje de rotación	61
Figura 37: Acople de eje de elevación	62
Figura 38: Estructura Móvil	63
Figura 39: Tablero eléctrico	64
Figura 40: Vista superficial del circuito de transferencia	66
Figura 41: Circuito control de transferencia	67
Figura 42: Circuito de fuerza de la transferencia	68
Figura 43: Vista superficial Circuito regulador de 10 VDC	69
Figura 44: Circuito regulador de 10 VDC.....	69
Figura 45: LDRs.....	70
Figura 46: Circuito esquemático LDRs.....	70
Figura 47: Tutorial de configuración del proyecto	73
Figura 48: Selección de componentes y modelos a utilizar	74
Figura 49: Configuración de módulo digital y analógico	75
Figura 50: Tabla de variables del PLC.....	75
Figura 51: Pantalla de diseño para interfaz gráfica.....	76
Figura 52: Pestaña propiedades de un objeto	77
Figura 53: Pestaña animaciones de un objeto	77
Figura 54: Pestaña eventos de un objeto	78
Figura 55: Instrucciones NORM_X y SCALE_X	79
Figura 56: Función de bloque para lectura de las LDR	80
Figura 57: Función de bloque para lectura de potenciómetros de posición.....	81
Figura 58: Límites de posición movimiento de rotación	82
Figura 59: Señal corrección de giro	83
Figura 60: Programación automático movimiento de rotación.....	84
Figura 61: Programación manual movimiento de rotación.....	85
Figura 62: Programación activación movimiento de rotación	85
Figura 63: Automático y manual movimiento de elevación	86
Figura 64: Activación movimiento de elevación	87

Figura 65: Configuración bloque PID_Compact	88
Figura 66: Configuración PID_Compact (Parámetros).....	89
Figura 67: Ajuste de entradas y salidas Bloque PID_Compact	90
Figura 68: Parámetro PID obtenidos luego de la optimización	91
Figura 69: Estado de Iluminación con Alimentación Urbana.....	92
Figura 70: Estado de Iluminación con Alimentación de Respaldo.	93
Figura 71: Toma de Posición (9:15 AM)	94
Figura 72: Toma de Posición (11:57 AM)	94
Figura 73: Toma de Posición (17:40 PM).....	95
Figura 74: Radiación Directa	96
Figura 75: Radiación Difusa	96
Figura 76: Consumo con tubos fluorescentes	97
Figura 77: Consumo con tubos led	97
Figura 78: Consumo del sistema en AC.....	98
Figura 79: Consumo del Sistema en DC	98
Figura 80: Curva característica de la corriente de carga	99

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	TEMA TRABAJO DE TITULACIÓN
2015	Iván Douglas Morán Gorozabel Kleber Walter León Yungaicela	Ing. Luis Neira Clemente	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICO DE RESPALDO PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA Y CONTROL AUTOMÁTICO.”

La presente tesis, titulada “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICO DE RESPALDO PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA Y CONTROL AUTOMÁTICO”, está basada en sistemas fotovoltaicos, los cuales representan una gran oportunidad de ahorro de energía y cuidado del medio ambiente, siendo capaces de cubrir grandes necesidades de acuerdo a la cantidad y potencia de paneles y baterías instaladas; incrementando aún más este ahorro, si para el alumbrado se utilizan luces led, las cuales son más eficientes que cualquier otro tipo de luminaria, brindando mayor luminosidad pero consumiendo menor potencia.

Por tal motivo se implementó un sistema fotovoltaico que alimenta los laboratorios de Electrónica de Potencia y Control Automático de la Universidad Salesiana en caso de existir cortes de energía, utilizando energía limpia, captada a través de los paneles solares, almacenada en un batería y luego convertida a la tensión con que trabajan los tubos led instalados en ambos laboratorios. El sistema alcanza una alta eficacia debido al posicionamiento automático de los paneles, que facilita obtener el máximo provecho de la radiación solar a lo largo del día, en contraste al tener un panel estático con el que se desperdiciaría gran cantidad de energía.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	DIRECTOR WORKING TITLE	JOB TITLE THEME
2015	Iván Douglas Morán Gorozabel Kleber Walter León Yungaicela	Ing. Luis Neira Clemente	“DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PV LIGHTING BACKUP SYSTEM FOR POWER ELECTRONIC AND AUTOMATIC CONTROL LABS.”

This thesis, entitled "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PV LIGHTING BACKUP SYSTEM FOR POWER ELECTRONIC AND AUTOMATIC CONTROL LABS.", is based on photovoltaic systems, which represent a great opportunity for saving energy and protecting the environment, being able to cover large needs according to the amount and potency of panels and batteries installed; increasing even more the savings, if for lighting LED lights are used, which are more efficient than any other fixture, providing more light while consuming less power.

Therefore a photovoltaic system was implemented, which energize Power Electronic and Automatic Control Labs of the Salesian University in case of any power failure, using clean energy captured by solar panels, stored in a battery and then transformed into the voltage with the LEDs installed on both laboratories work. The system reaches a high efficiency due to automatic positioning of the panels, which facilitates getting the most out of solar radiation throughout the day, as opposed to having a static panel which would waste a large amount of energy.

INTRODUCCIÓN

La viabilidad económica, el consumo energético, y el cuidado del medio ambiente han motivado a utilizar fuentes de energía renovables como la energía solar, que ha cobrado gran importancia a nivel mundial gracias a su fácil disponibilidad y a que la recepción de los rayos solares permite obtener una energía limpia, pura y eficiente.

Es así que en este proyecto se implementó un sistema de respaldo energético que es capaz de controlar y generar la energía suficiente para mantener cargada la batería que alimenta a seis lámparas de los laboratorios de Electrónica de Potencia y Control Automático, al momento de haber un corte de energía.

Por lo cual se diseñó e implementó un circuito electrónico de LDRs, un circuito regulador de voltaje a 10 voltios dc, la estructura física y el sistema del control de posicionamiento de los paneles solares dados a través de un PLC Siemens S7-1200, logrando manejar un eje de inclinación y otro de rotación a través de sus respectivos actuadores y sensores enlazados a un sistema Scada visualizado en una pantalla HMI Siemens KTP400, lo que permite monitorear y ejercer el recorrido de tal manera que los rayos solares golpeen perpendicularmente a los paneles, obteniendo así la mayor ganancia durante toda la jornada desde que sale el sol hasta que se oculta.

Adicionalmente se busca mejorar en los laboratorios de Electrónica de Potencia y Control Automático de la Universidad Salesiana, la cantidad de lúmenes y el ahorro energético, es así que se remplaza cada lámpara de dos tubos fluorescentes por tubos led.

Mediante estas adecuaciones implementadas en el sistema fotovoltaico diseñado para los dos laboratorios, se logra obtener un sistema de respaldo energético eficiente y rentable que puede ser usado en cualquier momento de emergencia.

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente existe una gran preocupación debido a la crisis ecológica que está afectando al planeta; por lo que el proyecto se centra en utilizar tecnologías limpias, que colaboren al cuidado del medio ambiente, además de usar elementos poco contaminantes y altamente eficientes como los tubos led instalados en lugar de tubos fluorescentes, los cuales presentan baja luminosidad y gran nivel de contaminación debido a contener mercurio, material altamente toxico.

Sumado a la preservación ecológica, la falta de un sistema de respaldo para la iluminación en las instalaciones del bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana aumento el interés en el proyecto. Durante un fallo o corte de energía, el bloque queda en total oscuridad y la situación se agrava si esto sucede durante una clase, por esto se realiza una transferencia automática entre la red eléctrica y el sistema fotovoltaico, el cual entra en funcionamiento al fallar el primero; alimentando parcialmente las luminarias de los laboratorios de Electrónica de Potencia y Control Automático.

Los altos consumos energéticos, la viabilidad económica, nuestro medio ambiente y la innovación de los estudiantes, ha motivado a utilizar fuentes de energía renovables, como la energía solar, que ha cobrado gran importancia gracias a la abundante recepción de rayos solares en el país y nos permite obtener una energía limpia, pura y eficiente, al generar energía libre de contaminación. (La hora, 2010)

Si los paneles solares del sistema en mención se montan en una estructura de posición fija, el porcentaje de ganancia se verá afectado y no será realmente eficiente ya que la posición del sol varía y al no obtener una radiación que golpee perpendicularmente los paneles, le tomará mucho más tiempo al sistema conseguir la suficiente energía para cargar la batería por completo, por tal motivo a este sistema también se le agrega un sistema de control de posicionamiento con un eje rotacional y otro de inclinación. (Sitio Solar, 2013)

1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

EL presente tema de proyecto se diseña y se implementa con su respectiva estructura y su sistema de control de posicionamiento de dos paneles solares de 55w que almacenaran la energía obtenida de la ganancia del sistema en una batería de 150AH permitiendo mantener el sistema de respaldo energético para los laboratorios de Electrónica de Potencia y de Control Automático del Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

Reforzando los conocimientos teóricos de manera práctica, relacionados a las materias de especialización de la carrera de Ingeniería Electrónica con mención en Sistemas Industriales de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil tales como Electrónica Analógica, Electrónica de Potencia, Teoría del Diseño, Instrumentación, Automatización Industrial I y II, Energía y medio Ambiente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico de respaldo para los laboratorios de Electrónica de Potencia y Control Automático de la Universidad Politécnica Salesiana de la sede de Guayaquil.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Diseñar e implementar de una estructura adecuada para el posicionamiento de los paneles solares con movimiento de rotación y de inclinación con el acople de sus respectivos actuadores.
- Diseñar, instalar e implementar equipos de control de carga y de almacenamiento de energía para el sistema de respaldo de iluminación mediante la energía solar para los dos laboratorios.
- Diseñar y configurar un sistema Scada para el control de posicionamiento Automático y manual de los paneles solares.
- Implementar sensores para seguridades en el sistema Scada y evitar un mal funcionamiento el control de posicionamiento Automático y manual de los paneles solares.
- Realizar un control PID para la activación del posicionamiento de las celdas fotovoltaicas con respecto al sol.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se desarrolló y se eligió para motivar la importancia de incursionar en el estudio de los sistemas de energía renovables, puras y limpias basados en la radiación solar ya que actualmente todavía este método se encuentra en una etapa de desarrollo e incremento en nuestro país, aumentando la eficiencia y la ganancia con su respectivo diseño de posicionamiento automático, provocando que la radiación solar golpee de forma perpendicular al panel mejorando la eficacia del sistema de iluminación con tubos led, más aún al usar este tipo de lámparas ya que se obtendrá una mayor cantidad de lúmenes a un menor consumo energético y beneficiará al medio ambiente al mantenerlo libre de contaminación.

Esta energía almacenada posteriormente puede ser utilizada cuando se produzcan cortes de energía evitando que durante la utilización de dichos laboratorios se produzcan cortes de iluminación.

1.5 HIPÓTESIS

El desarrollo del sistema automatizado permite un mayor control de abastecimiento y de la eficacia de almacenamiento de energía mediante la radiación del sol recibida por los paneles fotovoltaicos logrando que al momento de un corte energético la batería esté al 100% cargada y mantenga la iluminación parcial de los dos laboratorios durante el suficiente tiempo para poner en orden los mismos o incluso terminar la clase.

1.6 VARIABLES E INDICADORES

1.6.1 VARIABLES

Lectura con respecto a la foto resistencia la cual genera una variación de voltaje siendo comparada y obtenida como una señal de error que permite posicionar y corregir el

ángulo del panel solar de forma equilibrada consiguiendo una mayor cantidad de radiación solar.

1.6.2 INDICADORES

Mediante el regulador de carga se visualiza la Potencia conseguida en la salida de los paneles solares, en otros términos el voltaje de corriente continua generado por la radiación solar obtenida para la carga de la batería permitiendo acumular la mayor cantidad de energía en un menor tiempo posible.

1.7 METODOLOGÍA

El presente proyecto se desarrolla mediante el punto de vista cuantitativo aplicando los siguientes métodos de investigación:

1.7.1 MÉTODOS

1.7.1.1 MÉTODO EMPÍRICO

Se realiza experimento con respecto al torque del motor reductor notándose que no abastecía mantener el peso por tal motivo se le acopla de manera adicional una caja reductora con mayor torque de arrastre, también por otro lado realizan pruebas para obtener un rango de voltaje generado por un potenciómetro estimando el ángulo de la posición de los paneles solares en tiempo real buscando mantener así una potencia de salida eficaz.

1.7.1.2 MÉTODO ANALÍTICO

Se genera y se concluye con cálculos del dimensionamiento del sistema fotovoltaico para abastecer a media capacidad el sistema de iluminación de los dos laboratorios en un tiempo estimado, en caso de presentar corte energético.

1.7.2 TÉCNICAS

Se realiza análisis de posicionamiento de manera manual obteniendo lecturas de voltaje referentes al Angulo de posición de elevación y de rotación hasta quedar perpendicular a la radiación dándonos con un voltaje de lectura de 5volt dc que en este caso nos indicaría el margen de error = 0 al mismo tiempo se observa la ganancia efectiva de carga generada por los dos paneles solares conectados en paralelo.

Luego referenciamos un ángulo de inicio para la posición cero de la estructura para el sistema fotovoltaico y así poder hacer lectura del margen de error de cada ángulo con respecto a la variación de voltaje generada por un potenciómetro fijado en los ejes de rotación de la estructura.

1.7.3 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Todas estas funciones que se están siendo monitoreadas por un sistema Scada como la variación de luz de las LDR, posición rotacional, la posición de elevación, el estado de servicio energético, entradas análogas, entradas digitales y salidas digitales son visualizadas en la pantalla HMI KTP 400 mono cromada y controladas por el Plc S7-1200_ 1212C / Ac-Dc-Relé, permitiéndonos manipular de forma manual sus condiciones o el funcionamiento en la que se encuentren.

Por otro lado las funciones de consumo energético KWH, voltaje de la batería, voltaje del panel, corriente de carga, corriente de descarga, seguridades de carga y de descargas son controladas por el regulador de carga VIC TEC INTELLIGENT LCD 30A.

1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA

1.8.1 POBLACIÓN

Estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana y docentes.

1.8.2 MUESTRA

Todos los estudiantes que cursan materias, seminarios o realizan algún tipo de trabajo, proyectos, en los que le sea de buen uso estos dos laboratorios del bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil.

1.9 DESCRIPCIÓN DE PROPUESTA

Se efectuó un estudio en el cual se observó que el actual sistema de iluminación con tubos fluorescentes en comparación al de la iluminación de tubos LED hay un gran porcentaje de reducción de consumo energético y una mayor cantidad de lúmenes, es así que se procedió a realizar el cambio de las luminarias fluorescentes por luminarias tipo led, adicional a eso se le implementa un sistema de control energético alternativo, que mediante la utilización de dos paneles solares se obtiene energía pura y limpia siendo almacenada en una batería de gel de 12vdc – 150ah para casos emergentes cuando que se produzcan de cortes de energía en el bloque B, siendo este sistema capaz de abastecer eficientemente la iluminación de los dos laboratorios de Electrónica de Potencia y Control Automático de la Universidad Politécnica Salesiana de la sede de Guayaquil con tres lámparas cada uno de ellos durante un tiempo determinado. Este sistema de control energético emergente consta de su respectivo sistema scada que permite visualizar y controlar mediante una pantalla HMI y un PLC los datos para el posicionamiento del panel fotovoltaico y de iluminación.

1.9.1 BENEFICIARIOS

Estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana y docentes que cursan materias que requieran la utilización de estos dos laboratorios para emprender o realizar prácticas.

1.9.2 IMPACTO

La motivación de las personas, estudiantes, docentes para ahorrar y obtener energía renovable limpia y pura empleando otros métodos que no causan contaminación en nuestro planeta.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

La UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA en su visión y misión de ser una institución de educación superior politécnica que se referencia en la búsqueda de la verdad y el desarrollo de la cultura, de la investigación científica y tecnológica, propone como iniciativa a los estudiantes que han culminado la carrera de electrónica a realizar temas en la cual se establece formas y métodos de desarrollos con energías renovables para mejorar el medio ambiente, calidad de vida y recursos económicos.

Es por esta razón se decidió implementar un sistema de respaldo de energía emergente para dos laboratorios de la institución ubicados en bloque b de la sede de Guayaquil, mejorando la calidad de iluminación con la nueva tecnología de tubos led y la utilización de energías renovables con un sistema fotovoltaico siendo controlado y monitoreado mediante un sistema SCADA con sus respectivas protecciones lo que ayudará obtener la mayor radiación del sol debido a la graduación automática del posicionamiento de los paneles solares con respecto al sol permitiendo así almacenar energía en la batería de forma rápida y eficaz para ser utilizadas en cortes de energía durante un tiempo prolongado.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 La radiación solar

Se conoce por radiación solar como al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol

El Sol se comporta prácticamente como un Cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar

que llega a la Tierra es la irradiación, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra. Su unidad es el W/m^2 (vatio por metro cuadrado).

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra y está catalogada como una observación directa y es donde ocurren temperaturas de unos 20 millones de grados necesarios para producir las reacciones nucleares que producen su energía. (Ecured, 2013)

2.2.1.1 La radiación directa

Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad. (Ecured, 2013)

2.2.1.2 La radiación difusa

Es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión (cambio en la dirección de un rayo de luz cuando este no logra traspasar la interfaz entre dos medios) y refracción solar en la atmósfera (es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro), en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres, en este tipo de radiación no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones. (Ecured, 2013)

2.2.1.3 La radiación reflejada

La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben. (Ecured, 2013)

2.2.1.4 Radiación global

Es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones.

En un día despejado, con Cielo limpio, la radiación directa es preponderante sobre la radiación difusa. Por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y la totalidad de la radiación que incide es difusa.

Los distintos tipos de colectores solares aprovechan de forma distinta la radiación solar. Los colectores solares planos, por ejemplo, captan la radiación total (directa + difusa), sin embargo, los colectores de concentración sólo captan la radiación directa. Por esta razón, los colectores de concentración suelen situarse en zonas de muy poca nubosidad y con pocas brumas, en el interior, alejadas de las costas. Los colectores solares planos pueden colocarse en cualquier lugar, siempre que la Insolación sea suficiente.

La tasa de irradiación depende en cada instante del ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares. Por supuesto, dada la lejanía del Sol respecto de nuestro planeta, podemos suponer, con muy buena aproximación, que los rayos del Sol inciden esencialmente paralelos sobre el planeta. No obstante, en cada punto del mismo, localmente considerado, la inclinación de la superficie respecto a dichos rayos depende de la latitud y de la hora del día para una cierta localización en longitud.

Dicha inclinación puede definirse a través del ángulo que forman el vector normal a la superficie en dicho punto y el vector paralelo a la dirección de incidencia de la radiación solar. (Ecured, 2013)

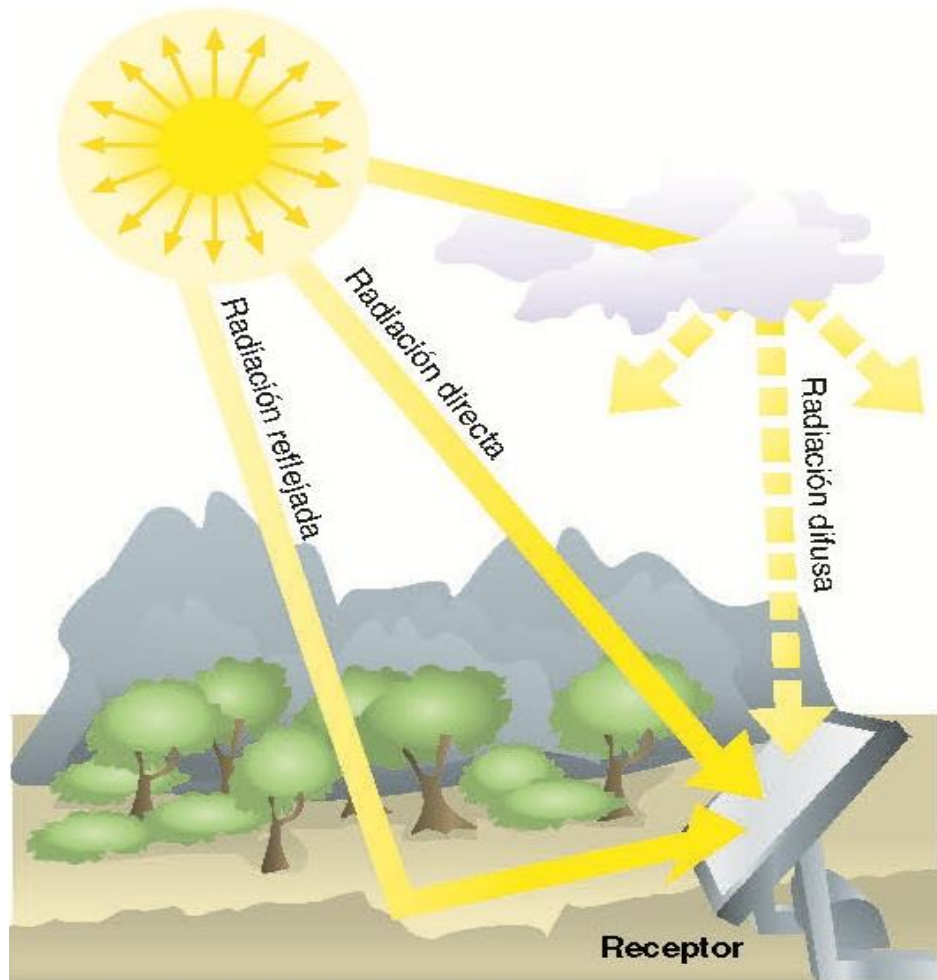


Figura 1: Radiación directa, difusa y reflejada.

Fuente: Francisco Blasco (2012) Tipos de radiación

Recuperado de: <http://calculationsolar.com/blog/>

2.2.3. Recurso solar

El Ecuador debido a su situación geográfica, tiene un alto potencial solar. La radiación media horizontal es de alrededor de 3-4 KWH/m²/día. En la siguiente tabla se muestra los valores medios estimados por región.

Tabla 1

Región	Radiación Media
Costa	4.5KWh/ (mxm) año.
Sierra	3.5KWh/ (mxm) año.
Oriente	3.8KWh/ (mxm) año.
Galápagos	4.5KWh/ (mxm) año.

Nota: Potencial Solar del Ecuador

Fuente: Universidad de Santiago de Compostela

Recuperado de:

<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/107/1/Estudio%20de%20viabilidad%20de%20un%20sistema%20energ%C3%A9tico.pdf> – pág. 11.

Existen regiones en las que los altos niveles de nubosidad afectan el aprovechamiento de este recurso, sin dejar por ello de ser factible el uso de esta energía. (Repositorio educación superior, 2012)

2.2.4. Panel solar

Los paneles solares son módulos que usan la energía que proviene de la radiación solar, y hay de varios tipos, como los de uso doméstico que producen agua caliente o los paneles solares fotovoltaicos que producen electricidad.

Los paneles solares fotovoltaicos se componen de celdas que convierten la luz en electricidad. Dichas celdas se aprovechan del efecto fotovoltaico, mediante el cual la energía luminosa produce cargas positivas y negativas en dos semiconductor próximos de distinto tipo, por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar corriente.

Los paneles solares fotovoltaicos también pueden ser usados en vehículos solares. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se

corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son: - radiación de 1000 W/m^2 - temperatura de célula de 25°C (no temperatura ambiente). (Paneles fotovoltaicos, 2013)



Figura 2: Panel de celdas fotovoltaicas.

Fuente: Proyecto Edas (2010) Celdas Fotovoltaicas

Recuperado de: <http://proyectoedas.blogspot.com/2010/11/rendimiento-de-los-paneles.html>.

2.2.5. Bases del funcionamiento de las células fotovoltaicas

Cuando el conjunto queda expuesto a la radiación solar, los fotones contenidos en la luz transmiten su energía a los electrones de los materiales semiconductores que pueden entonces romper la barrera de potencial de la unión P-N y salir del semiconductor a través de un circuito exterior, produciéndose así corriente eléctrica.

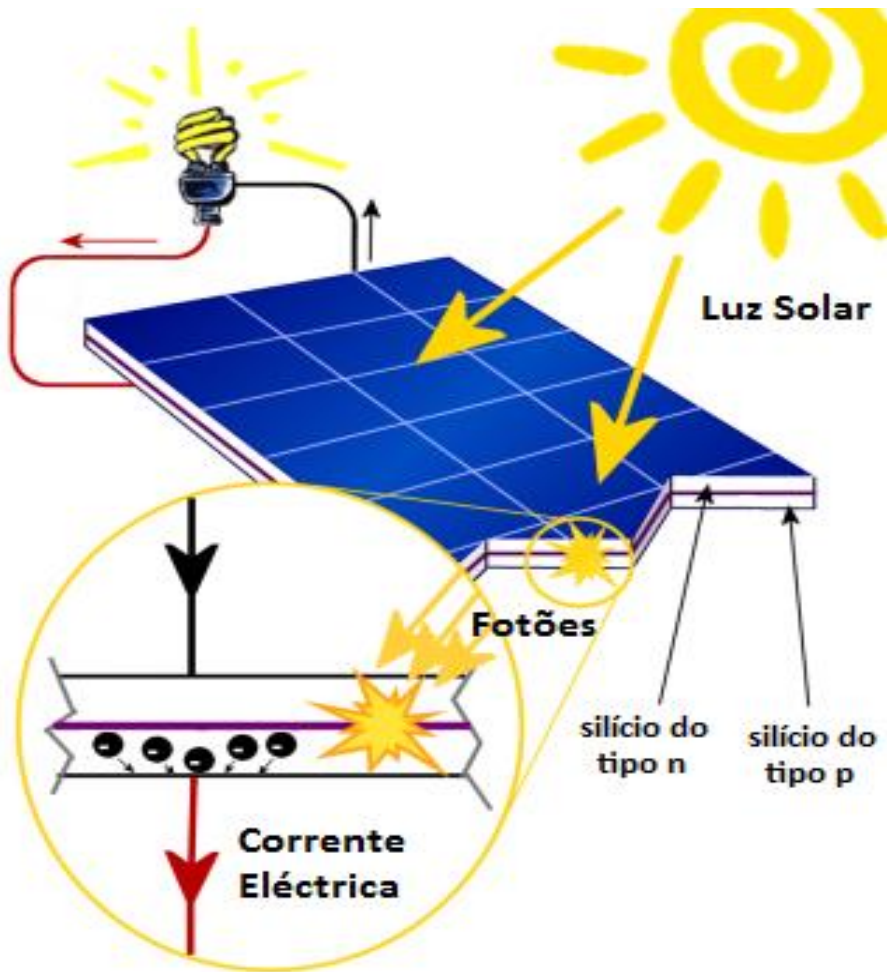


Figura 3: Funcionamiento de celdas fotovoltaicas

Fuente: Econotecnia (2014)

Recuperado de: <http://econotecnia.com/paneles-solares.html>.

El modulo más pequeño de material semiconductor con unión P-N y por lo tanto con capacidad de producir electricidad, es denominado célula fotovoltaica.

Estas células fotovoltaicas se combinan de determinadas maneras para lograr la potencia y el voltaje deseados. Este conjunto de células sobre el soporte adecuado y con los recubrimientos que le protejan convenientemente de agentes atmosféricos es lo que se denomina panel fotovoltaico. (SitioSolar, 2013)

2.2.6. Tipos de paneles fotovoltaicos

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales semiconductores y los métodos de fabricación que se empleen. Los tipos de paneles solares que se pueden encontrar en el mercado son:

- Silicio mono cristalino
- Silicio poli cristalino

Y los tipos de paneles de lámina delgada son:

- **Silicio amorfo- (TFS);** Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna.

Paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (Calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8%.

- **Teluro de cadmio;** Rendimiento en laboratorio 16% y en módulos comerciales 8%.
- **Arseniuro de Galio;** Uno de los materiales más eficientes. Presenta unos rendimientos en laboratorio del 25.7% siendo los comerciales del 20%.
- **Di seleniuro de cobre en indio;** con rendimientos en laboratorio próximos al 17% y en módulos comerciales del 9%.
- **Tándem;** Son paneles que combinan dos tipos de materiales semiconductores distintos. Debido a que cada tipo de material aprovecha sólo una parte del espectro electromagnético de la radiación solar, mediante la combinación de dos o tres tipos de materiales es posible aprovechar una mayor parte del mismo. Con este tipo de paneles se ha llegado a lograr rendimientos del 35%. Teóricamente con uniones de 3 materiales podría llegarse hasta rendimientos del 50%. (SitioSolar, 2013)

2.2.6.1. Silicio mono cristalino

Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% para éste tipo de paneles siendo en los comercializados del 16%. (SitioSolar, 2013)

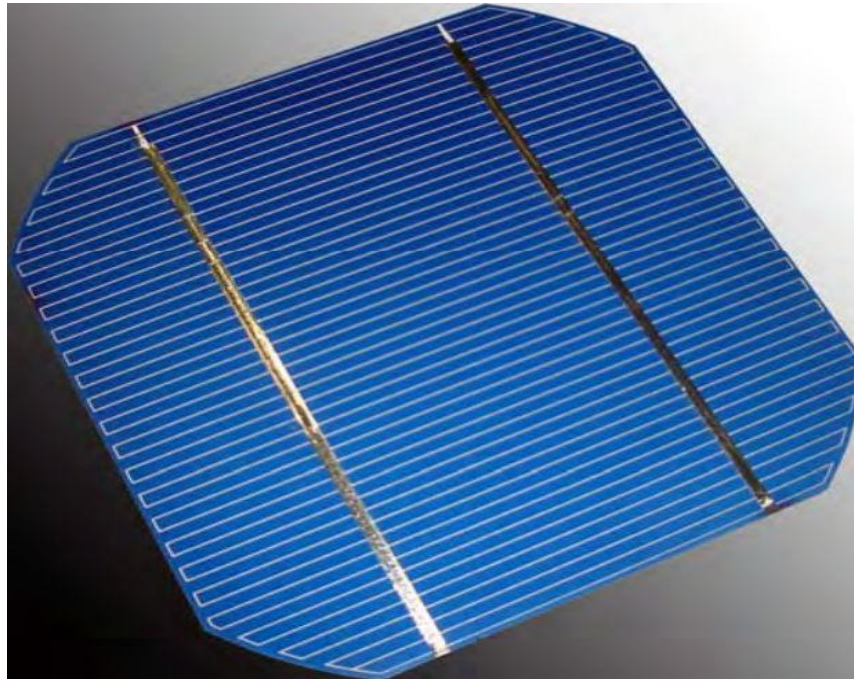


Figura 4: Panel formado con células de silicio mono cristalino

Fuente: Energías como bienes comunes (2012) Células de silicio mono cristalino

Recuperado de: <http://www.energias.bienescomunes.org/wp-content/uploads/2013/04/celda-solar-fotovoltaica-monocristalina-27931-2481361.jpg>

2.2.6.2. Silicio poli cristalino

Los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos

(en laboratorio del 19.8% y en los módulos comerciales del 14%) siendo su precio también más bajo.

Por las características físicas del silicio cristalizado, los paneles fabricados siguiendo esta tecnología presentan un grosor considerable. Mediante el empleo del silicio con otra estructura o de otros materiales semiconductores es posible conseguir paneles más finos y versátiles que permiten incluso en algún caso su adaptación a superficies irregulares. Son los denominados paneles de lámina delgada. (SitioSolar, 2013)



Figura 5: Panel formado con células de silicio poli cristalino

Fuente: Opex Energy (2010) Células de silicio poli cristalino

Recuperado de: http://opex-energy.com/fotovoltaica/tipos_de_paneles_fotovoltaico.html

2.2.7. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se caracteriza por funcionar a base de paneles fotovoltaicos que captan las radiaciones luminosas del sol y las transforman en una corriente eléctrica. En ésta existe una conversión directa de la luz solar en

electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado “célula fotovoltaica”. La conversión de la energía de la luz solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como “efecto fotovoltaico o fotoeléctrico”.

Presenta características peculiares entre las que se destacan:

- Elevada calidad energética.
- Pequeño o nulo impacto ecológico.
- Inagotable a escala humana.

La cantidad de energía solar aprovechable depende de muchos factores, algunos de ellos pueden ser controlados en el diseño e instalación del sistema (orientación, inclinación, ubicación de paneles, etc.) y otros se escapan de control ya que están en función de la localización geográfica y meteorología de la instalación.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras.

En el caso particular de Ecuador, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnica y económica, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar; entre las aplicaciones más destacadas en nuestro país se puede suministrar energía en emplazamientos aislados de la red (viviendas aisladas, faros, postes SOS, bombeos, repetidores de telecomunicaciones, etc.).

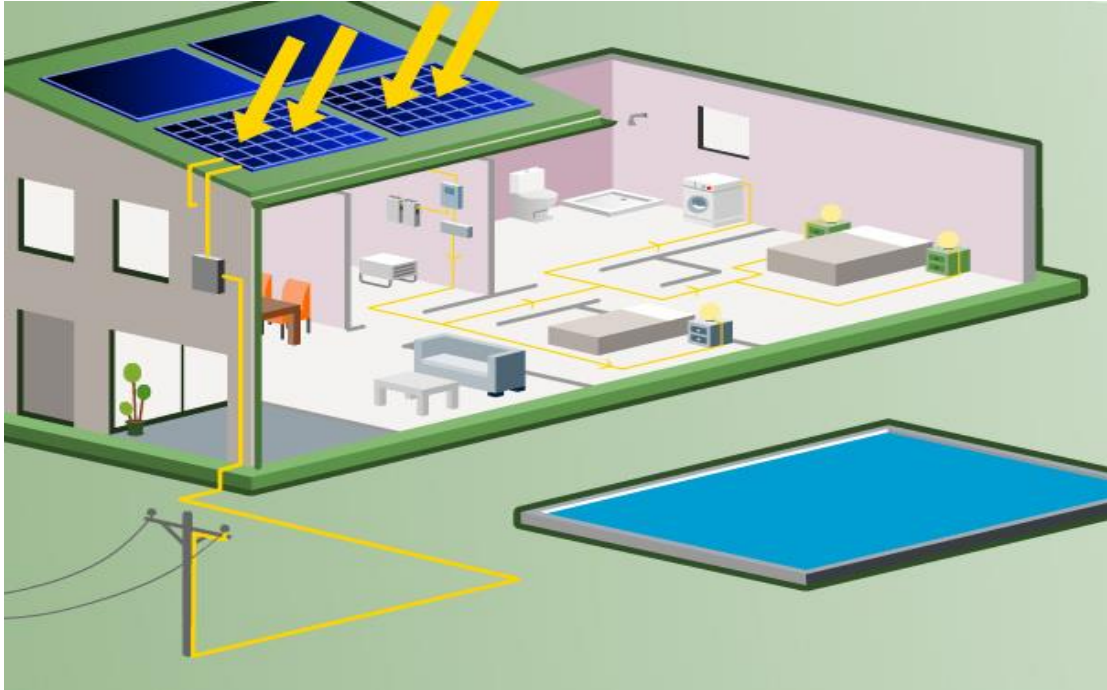


Figura 6: Esquema residencial de energía solar

Fuente: Blog Ecologista (2010) Energía solar fotovoltaica

Recuperado de: <http://www.georbigo.es/energia-solar-fotovoltaica/>

2.2.8. Corriente Directa

Esta aplicación incorpora como equipos básicos: paneles solares fotovoltaicos, regulador, batería y equipos de consumo en 12Vdc, como son luminarias, televisiones, radios y cualquier equipo que requiera 12Vdc.

Sistemas básicos para uso doméstico que utilizan luminarias o pequeños equipos que funcionan en 12 o 24VDC. (Renova Energía, 2014)

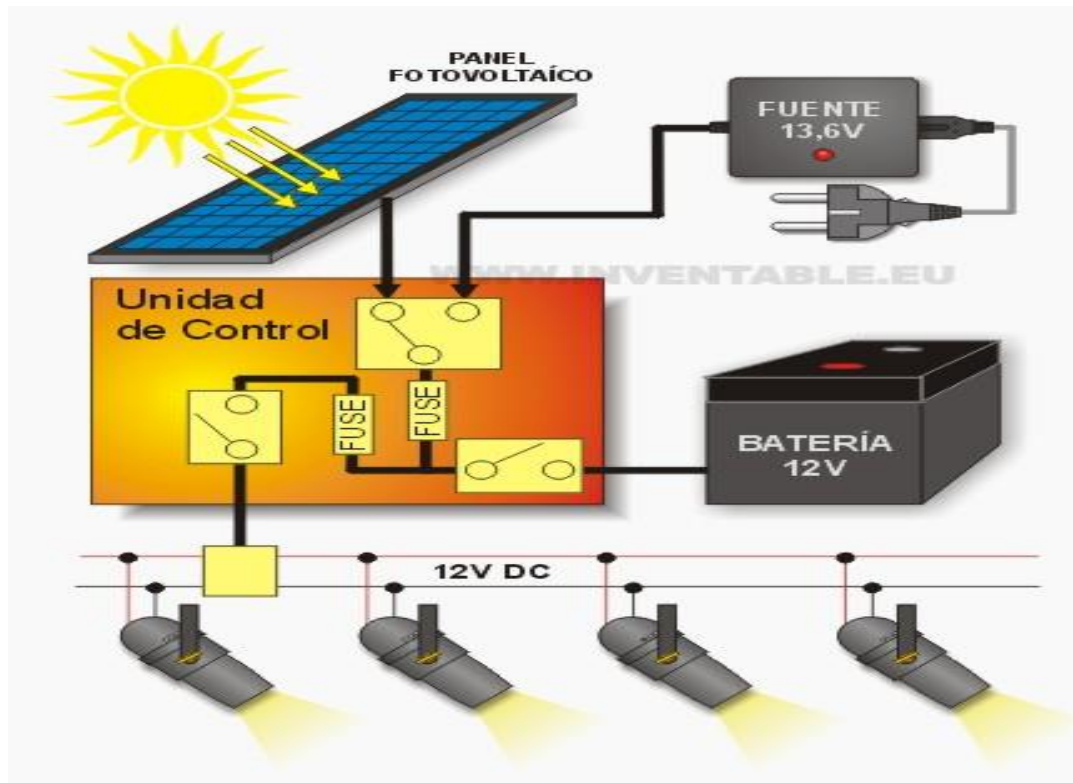


Figura 7: Energía solar fotovoltaica corriente directa

Fuente: Instalaciones fotovoltaicas (2011) Corriente directa

Recuperado de: <http://www.inventable.eu/2013/11/15/sistema-fotovoltaico-simplificado/>

2.2.9. Corriente Alterna

Esta aplicación incorpora como equipos básicos: paneles solares fotovoltaicos, regulador, batería, inversor y equipos de consumo tanto en 110Vac como en 12Vdc; Sistemas básicos para uso doméstico que utilizan luminarias o equipos que funcionan en 110 o 220 VAC, con frecuencias de 50 o 60 Hz. Se incorpora al sistema un inversor de corriente. Es preferible que la iluminación continúe en 12Vdc y se utilice el menor número de equipos en 110Vac. (Renova Energía, 2014)

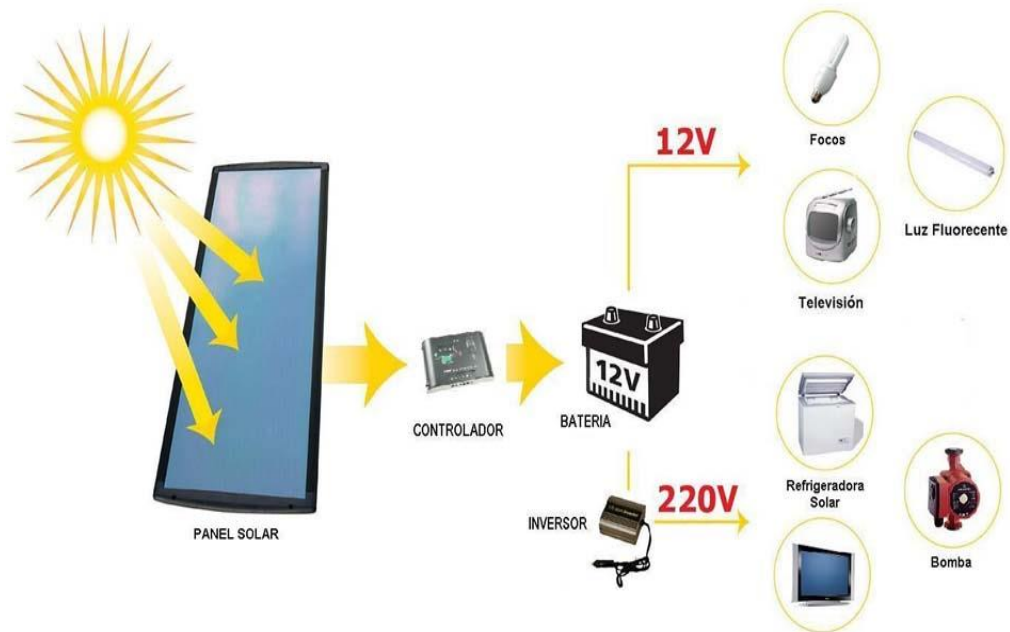


Figura 8: Energía solar fotovoltaica corriente alterna

Fuente: Instalaciones fotovoltaicas (2010) Corriente alterna

Recuperado de: <http://www.energiainnovadora.com/fotovoltaica.htm>

2.2.10. Sistemas de seguimiento solar

En los sistemas solares fotovoltaicos existe la posibilidad de emplear elementos seguidores del movimiento del Sol que favorezcan y aumenten la captación de la radiación solar.

2.2.10.1. Tipos de soporte para los colectores solares

Existen varios tipos y formas de colocación.

2.2.10.1.1. Colocación sobre soporte estático.

Soporte sencillo sin movimiento. Dependiendo de la latitud de la instalación y de la aplicación que se quiera dar se dotan a los paneles de la inclinación más adecuada para captar la mayor radiación solar posible. Es el sistema más habitual que se encuentra en las instalaciones. (SitioSolar, 2013)

2.2.10.1.2. Sistemas de seguimiento solar de 1 eje.

Estos soportes realizan un cierto seguimiento solar. La rotación del soporte se hace por medio de un solo eje, ya sea horizontal, vertical u oblicuo. Este tipo de seguimiento es el más sencillo y el más económico resultando sin embargo incompleto ya que sólo podrá seguir o la inclinación o el azimut del Sol, pero no ambas a la vez. (SitioSolar, 2013)

2.2.10.1.3. Sistemas de seguimiento solar de dos ejes.

Con este sistema ya es posible realizar un seguimiento total del sol en altitud y en azimut y siempre se conseguirá que la radiación solar incida perpendicularmente obteniéndose la mayor captación posible. Existen tres sistemas básicos de regulación del seguimiento del sol por dos ejes. (SitioSolar, 2013)

2.2.10.2. Sistemas mecánicos.

El seguimiento se realiza por medio de un motor y de un sistema de engranajes. Dado que la inclinación del Sol varía a lo largo del año es necesario realizar ajustes periódicos, para adaptar el movimiento del soporte. (SitioSolar, 2013)

2.2.10.3. Mediante dispositivos de ajuste automático.

El ajuste se realiza por medio de sensores que detectan cuando la radiación no incide perpendicular al panel corrigiéndose la posición por medio de motores. (SitioSolar, 2013).

2.2.10.4. Dispositivos sin motor.

Sistemas que mediante la dilatación de determinados gases, su evaporación y el juego de equilibrios logran un seguimiento del Sol. Se estima que con estos sistemas se puede lograr un aumento de entre el 30% y el 40% de la energía captada. Se hace necesario evaluar el costo del sistema de seguimiento y la ganancia derivada del aumento de la energía para determinar su rentabilidad. (SitioSolar, 2013)

2.2.11. Orientación del panel fotovoltaico

La orientación de un generador fotovoltaico se define mediante coordenadas angulares, las cuales varían en relación al lugar de la instalación.

2.2.11.1. Ángulo de azimut (α):

Ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la superficie del generador y la dirección Sur.

Vale 0 grados si coincide con la orientación sur, es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. Si coincide con el este su valor es -90 y si coincide con el oeste su valor es $+90$ grados.

Como norma general los módulos fotovoltaicos deben orientarse hacia el sur si la instalación se encuentra en el hemisferio norte, y si se ubica en el hemisferio sur habrá que orientarlo hacia el norte.

Como la instalación se va a realizar en la ciudad de Riobamba, muy cerca de la línea ecuatorial hacia el sur, el panel solar se debe orientar hacia el norte, con una variación máxima de ± 20 grados.

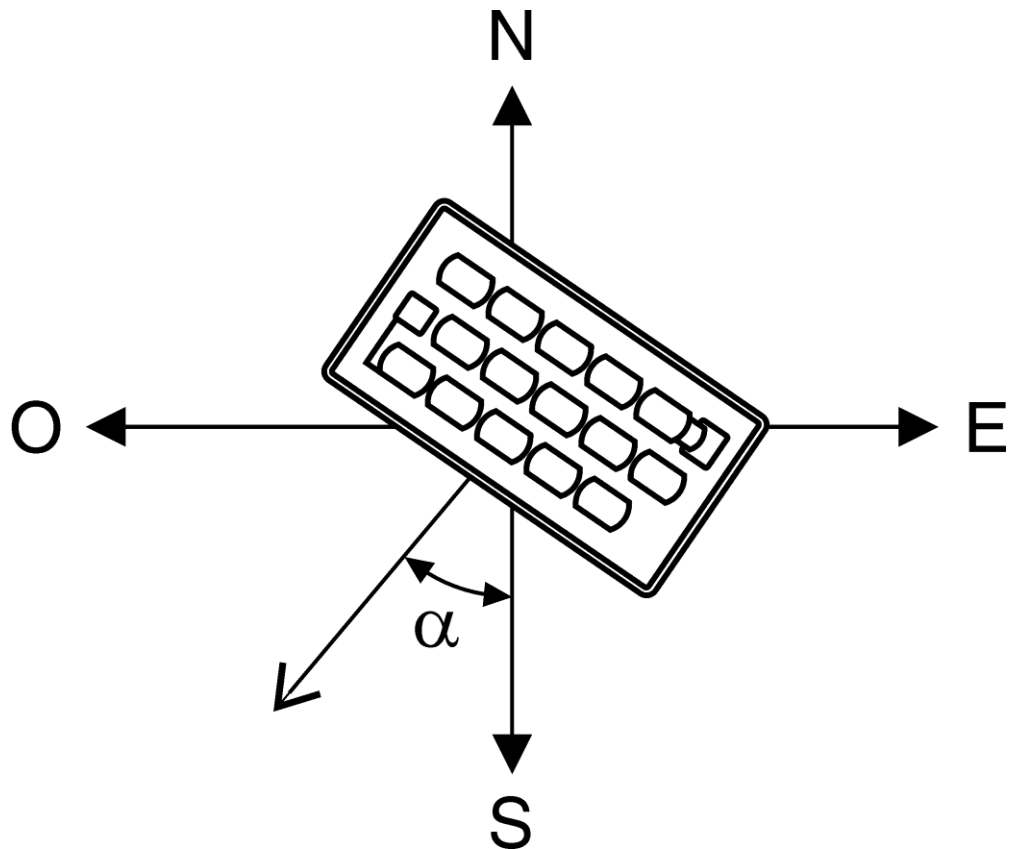


Figura 9: Ángulo de orientación o ángulo de acimut

Fuente: Inbradi (2013) Ángulo de acimut

Recuperado de: <http://inbradi.com/perdidas-en-la-produccion-por-inclinacion-y-orientacion-en-instalaciones-de-energia-solar-fotovoltaica/>

2.2.11.2. Ángulo de inclinación (β):

Ángulo que forma la superficie del generador con el plano horizontal. Su valor es 0 si el módulo se coloca horizontal y 90 grados si se coloca vertical. La captación de energía solar puede variar y será máxima cuando la posición de la placa sea perpendicular a la radiación.

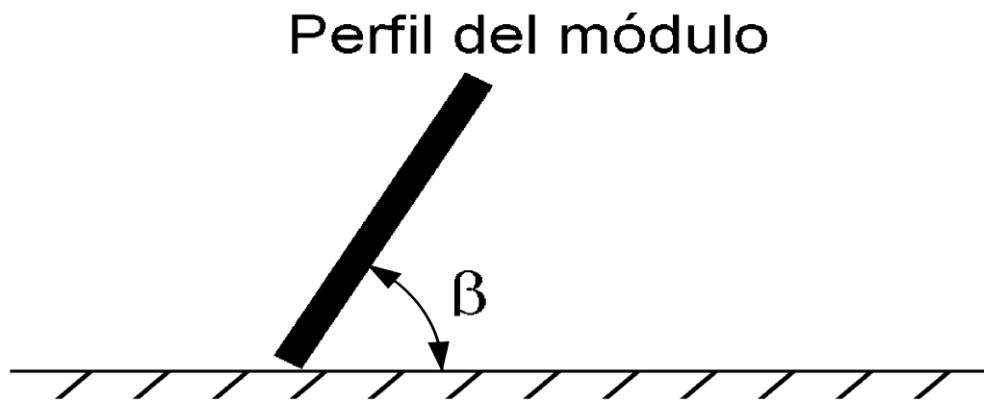


Figura 10: Ángulo de inclinación

Fuente: Briconatur (2013)

Recuperado de: <http://blog.briconatur.com/que-es-el-angulo-de-acimut-importancia-en-instalaciones-solares-fotovoltaicas/>

2.2.12. Regulador de carga

Es un aparato electrónico utilizado para evitar que se sobrecarguen las baterías. Los reguladores de carga pueden ser encontrados por separado o incorporados en los aparatos eléctricos.

Artículos electrónicos de nuestra vida diaria tales como los cargadores de teléfonos celulares o de un computador portátil son ejemplos de productos que utilizan reguladores de carga para evitar una sobrecarga en las baterías.

Los reguladores de tensión son un componente principal en los sistemas fotovoltaicos; encargados de producir energía eléctrica a partir de la energía solar.

Los reguladores de carga tienen la función de evitar las sobrecargas de las baterías. Una sobrecarga no sólo puede llevar a una disminución de la vida útil de una batería. Se corre el riesgo incluso de incendio o explosión.

Además de proteger de potenciales sobrecargas, los reguladores de voltaje evitan que las baterías de ciclo profundo sufran una descarga excesiva. Esto se logra mediante un

corte automático de la corriente emanada desde las baterías o mediante la emisión de una señal visual o audible.

En el caso de los sistemas fotovoltaicos, los arreglos, módulos y paneles solares pueden ser completa o parcialmente desconectados de las baterías, sin que éstas se vean perjudicadas. A medida que las baterías de ciclo profundo alcanzan el máximo nivel de carga, el regulador de carga va, gradualmente, desconectando el paso de la energía proveniente de las celdas solares.

El regulador de carga puede evitar que las baterías se descarguen completamente ya que puede significar un deterioro de la eficacia de funcionamiento de éstas.

El controlador de carga eléctrica también puede estar dotado de un voltímetro – para monitorear el nivel de voltaje de la batería – (parámetro que determina el nivel de carga que tiene) – y de un amperímetro, el cual permite medir la corriente –. Adicionalmente, los reguladores de tensión pueden tener incorporados fusibles o diferenciales que permitan centralizar las conexiones eléctricas de un sistema fotovoltaico. (Ingeniería verde, 2014)



Figura 11: Reguladores de carga

Fuente: Tu tienda Solar (2009)

Recuperado de: <http://www.tutiendasolar.es/Reguladores-de-carga-con-pantalla-Regulador-Dres-RS124-40-12-24V-40A-Sunstar.html>

2.2.13. Inversor de voltaje

Tal como lo dice su nombre, los inversores de voltaje transforman la corriente continua (CC) de baja tensión (12V, 24V, 32V 36V ó 48V) en corriente alterna (AC) de alta tensión (110V, 220V). El cambio de voltaje es necesario dado que los aparatos eléctricos se alimentan de uno u otro tipo de corriente. Como referencia, la gran mayoría de los aparatos eléctricos presentes en hogares y oficinas requieren de corriente alterna.

Transforman la corriente continua generada en los paneles solares en corriente alterna para que pueda ser utilizada por los distintos aparatos eléctricos.

Una vez que la corriente continua entra al inversor de voltaje, ya sea proveniente de la celda solar o desde una batería de ciclo profundo, ésta es conducida al transformador que se encuentra almacenado dentro del inversor de voltaje. El inversor de voltaje de una u otra manera “burla” al transformador forzando a la corriente continua a actuar como si fuese corriente alterna. Esto se logra mediante la interrupción permanente de la corriente continua; pasándola a través de dos o más transistores que se encienden y apagan continuamente.



Figura 12: Inversor de voltaje dc - ac

Fuente: Power Inverters (2011)

Recuperado de: <http://www.powerinverters.com/product/800-Watt-Power-Inverters-12-Volt-DC-To-110-Volt-AC/2>

Aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores para instalaciones autónomas son:

- Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga. No todos los inversores existentes en el mercado cumplen estas características.
- Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.

Un inversor es la solución fácil para convertir toda la salida del sistema solar a una potencia AC estándar pero tiene desventajas:

- Para muchas aplicaciones no es necesario en lo absoluto utilizar un inversor.
- Aumenta el costo y complejidad de sistema.

Un inversor también consume energía y por tanto disminuye la eficiencia general del sistema.

La ventaja del inversor es que el voltaje de operación es mucho más alto y por tanto puede evitarse el uso de cables gruesos. Especialmente cuando deben usarse cables largos podría ser económicamente viable utilizar un inversor. (Ingeniería verde, 2014)

2.2.14. Baterías para sistemas fotovoltaicos

La batería es un artefacto electroquímico que convierte la energía eléctrica y la almacena en forma química. Las baterías no generan electricidad.

Generalmente son de ciclo profundo y están diseñadas para hacer frente a las exigencias de continuos procesos de carga y descarga. Estas suministran cargas de electricidad medianamente altas en forma continua durante varias horas. En general, las baterías de ciclo profundo, en sus estados máximos de carga, pueden llegar a proveer de energía eléctrica durante 20 horas continuas.

Se conoce como “ciclo” al tiempo que demora una batería recargable en descargarse a sus límites mínimos de carga para luego volver a cargarse en un 100% de su capacidad. Una batería de ciclo profundo está diseñada para poder llegar a descargarse, como su nombre lo dice, en forma “profunda” hasta en un 80% de su capacidad total de carga.

Sirven para almacenar electricidad y suministrar dicha energía eléctrica a un sistema o a un aparato eléctrico (o varios) cuando ellos lo requieran.

Existen varios tipos de baterías. Las más conocidas son de zinc-carbón, alcalinas, níquel-cadmio (Ni-Cd), níquel-hidruro metálico (Ni-MH) y las baterías de ácido-plomo. Las baterías de ciclo profundo son por lo general baterías del tipo ácido-plomo. (Ingeniería verde, 2014)

Las baterías de ciclo profundo también se pueden clasificar en dos tipos de baterías:

- Las húmedas o abiertas, con el electrolito en estado líquido.
- Las baterías cerradas. En ellas el electrolito se encuentra en estado de gel. Tienen la ventaja que pueden ser colocadas en forma horizontal o vertical y no requieren de mantención.



Figura 13: Baterías libres de mantenimiento de ciclo profundo

Fuente: Baterías (2013) Batería Victron Energy

Recuperado de: <http://www.tutiendasolar.es/pt/detallearticulo.php?num=2372217>

2.2.14.1. Vida útil de una batería de ciclo profundo

La vida útil de una batería de ciclo profundo guarda directa relación es de que tan “profundo” llega a descargarse. Mientras menos profunda se llegue a descargar la batería de ciclo profundo mayor será la vida útil de la batería. Una batería de ciclo profundo que sea descargada en un 50% en forma permanente tendrá una vida útil mayor a aquella de similares características que se descargue en un 80%.

En promedio, una batería de ciclo profundo puede llegar a cumplir 2000 ciclos durante su vida útil; descargando y cargando su energía lenta, pero constantemente. Esto equivale a aproximadamente 4-8 años de vida útil. Sin embargo, cada caso es particular. En general, las variables que determinan la vida útil de una batería de ciclo profundo viene dada por:

- Para qué y en qué condiciones son usadas.
 - Las labores de mantención a la que es sometida.
 - Cuál y cómo han sido los procesos de carga y descarga a lo largo del tiempo.
- (Ingeniería verde, 2014)

2.2.14.2. Selección de tamaño adecuado de la batería

Es dotar al sistema fotovoltaico con una batería que almacene al menos el doble de capacidad de la cantidad que demandará en un momento del tiempo.

Aunque las baterías de ciclo profundo pueden descargarse hasta un 80% mientras menor o menos profunda sea la descarga de la batería mayor será la vida útil de la batería por lo que no se recomienda que se descargue a su límite mínimo de carga.

La segunda recomendación es el de seleccionar un tamaño de batería que tenga una capacidad de almacenaje de amperes suficiente para abastecer de electricidad a los aparatos eléctricos asumiendo acceso a un nivel de insolación equivalente entre 1-3 días nublados. (Ingeniería verde, 2014)

2.2.15. Mantenimiento y vida útil de los acumuladores

Las baterías de ciclo profundo cerradas o de gel no requieren mayor mantención. Sin embargo, las baterías abiertas o líquidas si requieren de mantención para lograr que operen en óptimas condiciones. Las labores de mantención son similares a la que se realiza a la batería de un auto. Estas son:

- Limpie el exterior de la batería de ciclo profundo sólo cuando sea necesario. Para ello puede utilizar agua de la llave. Procure eso si que los tapones de la batería estén puestos y cerrados para evitar que el agua entre en contacto con el electrolito (el líquido conductivo al interior de las baterías compuesto por ácido sulfúrico y agua destilada). No debe utilizarse ningún tipo de solvente o limpiadores para limpiar la superficie externa.
- Revise periódicamente (al menos una vez al mes) el nivel de electrolito. El nivel lo definen las placas de plomo las cuales deben estar totalmente cubiertas (se recomienda 1 centímetro de nivel sobre las placas). Por lo general existe un indicador visual en una de las caras señalando el nivel de electrolito necesario.
- Recuerde que en cada compartimiento debe existir el mismo nivel de electrolito. Si es necesario aumentar el nivel utilice sólo agua destilada para rellenar. Para ello retire el tapón superior y vierta agua destilada hasta cubrir las placas y vuelva a colocar el tapón.

- Mantenga los bornes libre de suciedad y de restos sulfatados. Para limpiar los bornes de la batería de ciclo profundo utilice solo un cepillo de metal y agua o una solución de agua con bicarbonato (una cucharada por un litro de agua). (Ingeniería verde, 2014)

2.2.16. Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico

Se le denomina dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico a una serie de procesos de cálculo que logran optimizar los equipos para la generación de la energía eléctrica de origen solar, realizando un balance adecuado de cargas o puntos de consumo desde el punto de vista técnico y económico. La insolación, la potencia solar, así como muchas otras variables pueden medirse en diversos tipos de unidades.

En la siguiente tabla se presenta una visión general de las diferentes unidades comúnmente utilizadas y sus factores de conversión:

Tabla 2

UNIDAD	EXPLICACIÓN	CONVERSIÓN
POTENCIA SOLAR		
Wp	Vatio pico	-
Wp	Vatio	-
KW	Kilovatio (1000W)	-
W/m2	Vatio por metro cuadrado	
Energía Solar		A KWh/m²
KWh/m2	KWh por metro cuadrado	1
KJ/cm2	KJ por centímetro cuadrado	2.778
MJ/m2	MJ por metro cuadrado	0.2778
Kcal/cm2	1000 calorías por centímetro cuadrado	11.67
BTU/pie2	Unidades Térmicas Británicas por pie ²	0.0428
Langley	Caloría por centímetro cuadrado	0.00116

Nota: Atlas Solar de Ecuador con fines de generación eléctrica

Fuente: CONELEC (2008)

2.2.17. Iluminación LED

Hace pocos años han comenzado a introducirse en el mercado de iluminación de potencia las llamadas lámparas de tecnología LED. Este tipo de luminarias representa un avance considerable en materia de aprovechamiento energético, ya que resultan ser las más eficientes hasta el día de hoy.



Figura 14: Iluminación de tubos leds

Fuente: LedBox (2012)

Recuperado de: <http://blog.ledbox.es/wp-content/uploads/2012/04/cambio-tubo-led-700x314.jpg>

2.2.18. Sensor Inductivo de Proximidad

Los sensores basados en un cambio de inductancia debido a la presencia de un objeto metálico.

Un detector de proximidad inductivo detecta la presencia de cualquier objeto de material conductor sin necesidad de contacto físico. Consta de un oscilador, cuyos bobinados forman la cara sensible, y de una etapa de salida. El oscilador crea un campo electromagnético alterno delante de la cara sensible. La frecuencia del campo varía entre 100 y 600 kHz según el modelo. Cuando un objeto conductor penetra en este campo, soporta corrientes inducidas circulares que se desarrollan a su alrededor (efecto piel).

Estas corrientes constituyen una sobrecarga para el sistema oscilador y provocan una reducción de la amplitud de las oscilaciones a medida que se acerca el objeto, hasta bloquearlas por completo.

La detección del objeto es efectiva cuando la reducción de la amplitud de las oscilaciones es suficiente para provocar el cambio de estado de la salida del detector.

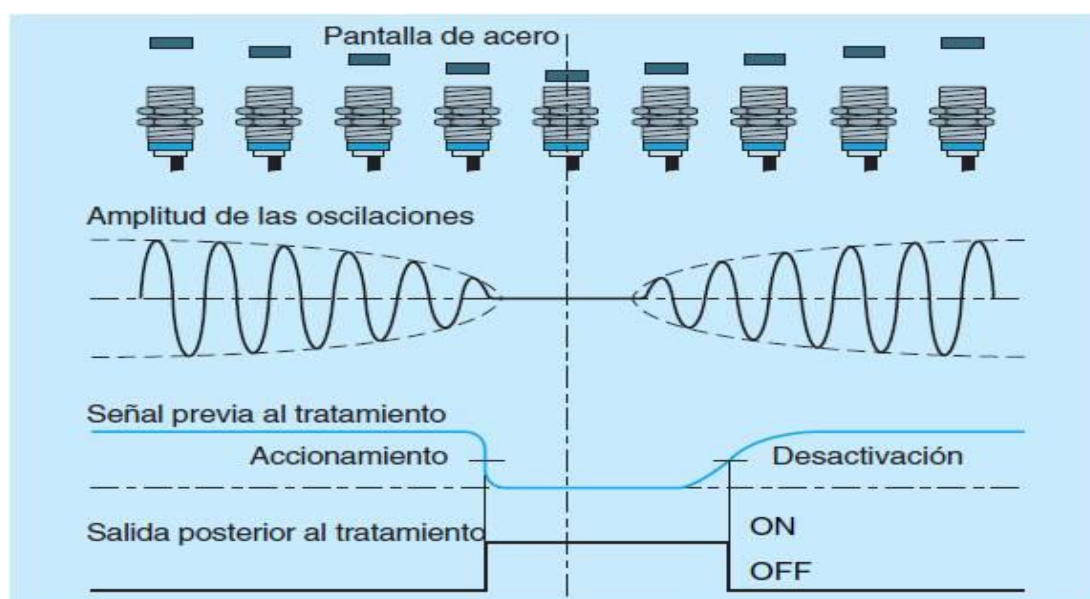


Figura 15: Funcionamiento de Sensor Inductivo

Fuente: Automatismo industrial

<http://automatismoindustrial.com/417-2/>

Consiste fundamentalmente en una bobina arrollada, situada junto a un imán permanente empaquetado en un receptáculo simple y robusto. El efecto de llevar el sensor a la proximidad de un material ferro magnético produce un cambio en la posición de las líneas de flujo del imán permanente según se indica en la figura. En condiciones estáticas no hay ningún movimiento en las líneas de flujo y, por consiguiente, no se induce ninguna corriente en la bobina. Sin embargo, cuando un objeto ferro magnético penetra en el campo del imán o lo abandona, el cambio

resultante en las líneas de flujo induce un impulso de corriente, cuya amplitud y forma son proporcionales a la velocidad de cambio de flujo.

La forma de onda de la tensión, observada a la salida de la bobina, proporciona un medio efectivo para la detección de proximidad. La tensión medida a través de la bobina varía como una función de la velocidad a la que un material ferro magnético se introduce en el campo del imán. La polaridad de la tensión, fuera del sensor, depende de que el objeto este penetrando en el campo abandonándolo.

Existe una relación entre la amplitud de la tensión y la distancia sensor-objeto. La sensibilidad cae rápidamente al aumentar la distancia, y el sensor sólo es eficaz para fracciones de un milímetro. (V. González, 2002)

2.2.19. Fuente de alimentación

Circuito que convierte la tensión alterna (red industrial) en una tensión prácticamente continúa.

2.2.19.1.Fuentes de alimentación lineales

La fuente lineal ofrece al diseñador tres ventajas principales:

- Simplicidad de diseño.
- Operación suave y capacidad de manejar cargas. Bajo ruido de salida y una respuesta dinámica muy rápida.
- Para potencias menores a 10W, el costo de los componentes es mucho menor que el de las fuentes conmutadas.

Las desventajas del regulador lineal es su límite de aplicación. Sólo pueden ser reductores de tensión, lo que significa que se necesitará una caída de tensión aceptable para poder controlar la polarización de la etapa de potencia lineal y la regulación en la línea. En aplicaciones de línea de 50Hz, deberán utilizarse transformadores de línea adicionales de gran volumen, condicionando su versatilidad y practicidad.

Segundo, cada regulador lineal puede tener sólo una salida. Por esto, para cada salida regulada adicional necesaria, deberá incrementarse el circuito de potencia.

Tercero, y quizás el más importante es su eficiencia. En aplicaciones normales, los reguladores lineales tienen una eficiencia del 30 al 60%. Esto significa que por cada Watt los costos se irán incrementando. Esta pérdida llamada “headroom loss“, ocurre en el transistor de paso y, desafortunadamente es necesaria para polarizar la etapa de potencia y para cumplir con las especificaciones de regulación de línea, cuando la mayoría del tiempo el regulador no funcionará en esas condiciones. Ayudaelectrónica (2009)



Figura 16: Fuente lineal

Fuente: Diario Electrónico Hoy (2012) Fuente Lineal Siglent

Recuperado de: <http://www.diarioelectronicohoy.com/fuentes-de-alimentacion-lineales-programables/>

2.2.19.2. Fuentes de alimentación conmutadas

Las fuentes conmutadas tienen las siguientes ventajas:

- La eficiencia de las fuentes conmutadas está comprendida entre el 68 y el 90%. Esto hace reducir el costo de los dispositivos de potencia. Además, los dispositivos de potencia funcionan en el régimen de corte y saturación, haciendo el uso más eficiente de un dispositivo de potencia.
- Debido a que la tensión de entrada es conmutada en una forma de alterna y ubicada en un elemento magnético, se puede variar la relación de transformación pudiendo funcionar como reductor, elevador, o inversor de tensión con múltiples salidas.
- No es necesario el uso del transformador de línea, ya que el elemento magnético de transferencia de energía lo puede reemplazar, funcionando no en 50/60 Hz, sino en alta frecuencia de conmutación, reduciendo el tamaño del transformador y en consecuencia, de la fuente; reduciendo el peso, y el coste.

Un transformador de energía de 50/60 Hz tiene un volumen efectivo significativamente mayor que uno aplicado en una fuente conmutada, cuya frecuencia es típicamente mayor que 15 kHz.

La desventaja de las fuentes conmutadas es su diseño más elaborado. Un diseño de una fuente conmutada puede llevar varias semanas o meses de desarrollo y puesta a punto, dependiendo de los requerimientos.

Segundo, el ruido es mayor que el de las fuentes lineales. En la salida y entrada, radia interferencia electromagnética y de radiofrecuencia. Esto puede dificultar el control y no deberá ser ignorado durante la fase de diseño. Por éste motivo se deberán agregar de protección, de arranque suave, y filtros de línea adicionales como etapas previas.

Tercero, la fuente conmutada toma proporciones de energía de la entrada en pulsos de tiempos limitados para transferirlo a la salida en otras condiciones de corriente y tensión, por lo que le llevará mayor tiempo de restablecimiento al circuito para soportar variaciones en la entrada. Esto se llama “respuesta transitoria en el tiempo“. Para compensar este funcionamiento lento, los capacitores de filtro de salida se deberán incrementar para almacenar la energía necesaria por la carga durante el tiempo en que la fuente conmutada se está ajustando. Ayudaelectrónica (2009)



Figura 17: Fuentes conmutadas

Fuente: Jordi Bartolomé (2003) Fuente Conmutada

Recuperado de: <http://www.tolaemon.com/docs/fuentes.htm>

2.2.20. Transferencia Eléctrica

Un interruptor de transferencia eléctrica es un dispositivo que cambia la fuente de alimentación de una a otra. Típicamente se trata de transferir desde una fuente de alimentación principal, tal como la compañía local, a una fuente de alimentación secundaria, tal como un generador de emergencia.

El interruptor de transferencia eléctrica también cambia el poder a la fuente de alimentación principal de energía de emergencia, cuando ya no es necesaria. El conmutador de transferencia mantiene las dos fuentes de energía aisladas, lo que permite la transferencia segura de una fuente de alimentación a la otra. (Ehow en Español 2013)

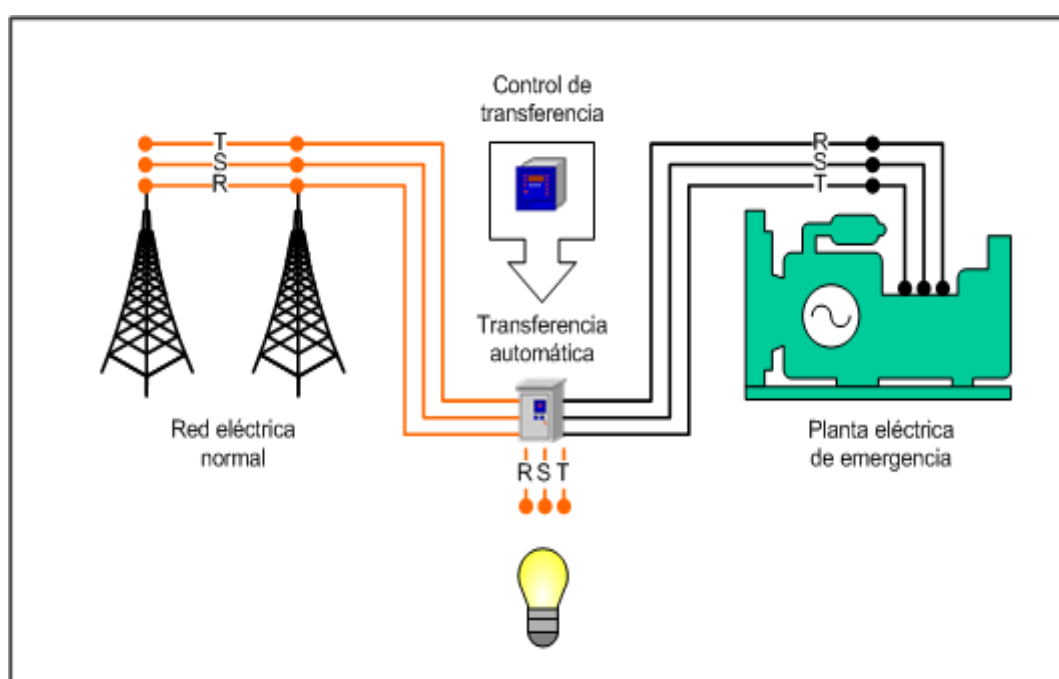


Figura 18: Circuito de Transferencia Eléctrica

Fuente: Velasquez (2010) Transferencia Eléctrica

Recuperado de:

http://www.velasquez.com.co/paginas/control_de_transferencia_automatica.htm

2.2.20.1. Funcionamiento de los interruptores de transferencia eléctrica

Los interruptores de transferencia eléctrica funcionan a menudo de forma automática, y el interruptor de alimentación se basa en los niveles de potencia del mismo modo que la toma real. Estos mantienen un nivel constante de vigilancia del circuito eléctrico. Los automáticos pueden transferir energía sin necesidad de intervención humana en el caso de cualquier tipo de problema de alimentación.

En el caso de un cambio de voltaje, como una bajada de tensión, compresión, aumento o pico, el interruptor automático entrará en la acción. (Ehow en Español 2013)

2.2.20.2. Acción del interruptor de transferencia automática

Cuando el interruptor de transferencia automática detecta un problema en la fuente primaria de energía, iniciará el proceso de arranque del generador de emergencia.

Una vez que dicho generador esté funcionando, y haya fijado el voltaje correcto, el interruptor de transferencia automática cambiará la potencia al generador.

El interruptor seguirá vigilando la fuente de energía primaria, mientras que el generador suministra la energía. Una vez que la fuente primaria de energía haya sido restablecida, el interruptor cambiará la alimentación desde el generador a la fuente de alimentación principal. (Ehow en Español 2013)

2.2.20.3. Tipos de interruptores de transferencia automática

Alternativamente, hay interruptores de transferencia que exigen un interruptor manual para que la fuente de energía sea conmutada. Estos interruptores no son tan tecnológicamente avanzados, y no proporcionan un control de huecos de tensión, por ejemplo. Por último, hay interruptores que utilizan tanto la conmutación de transferencia de forma automática como de forma manual.

Estos mantienen los procesos críticos en un circuito automático y los no críticos se encuentran en un interruptor manual. (Ehow en Español 2013)

2.2.21. Plc S7-1200

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7- 1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación.

La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. (Swe.siemens 2009)

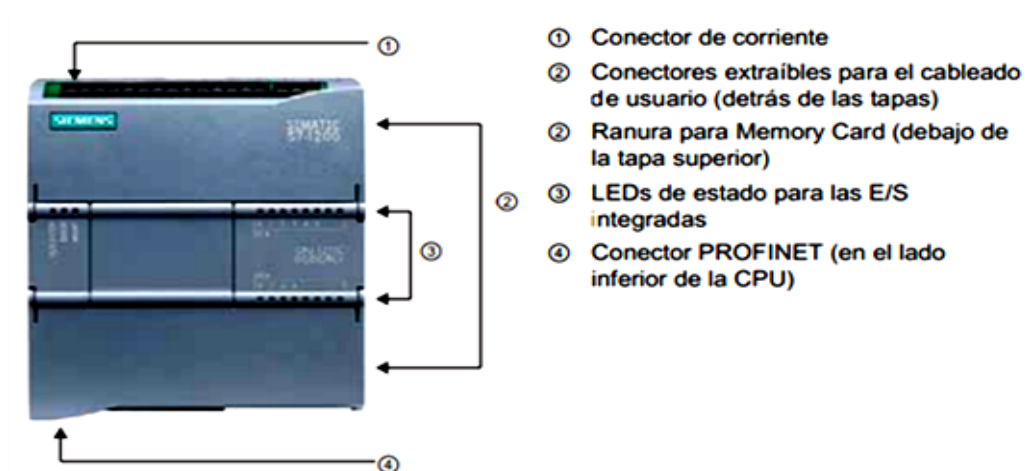


Figura 19: Periferia PLC S7-1200

Fuente: Siemens (2009) PLC S7-1200

Recuperado de:

<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

2.2.22. Módulo Discreto SM 1223 DC/DC - 6ES7223-1BL32-0XB0

SIMATIC S7-1200, Entradas/salidas digitales SM 1223, 16 entradas digitales 24V DC, 16 salidas digitales, transistor 0,5 A.

Con el módulo de salidas/entradas digitales SM 1223 DC/DC - 6ES7223-1BL32-0XB0 de Siemens se puede ampliar su SIMATIC S7-1200 con 16 salidas/entradas digitales adicionales.

El módulo de salidas/entradas digitales SM 1223 DC/DC - 6ES7223-1BL32-0XB0 procesa señales de entrada de 24 V DC y tiene salidas con transistor con una corriente de salida de 0,5A a 24V DC. (Swe.siemens 2009)



Figura 20: Módulo Discreto SM 1223 DC/DC

Fuente: Automation24 (2010) Módulo Digital

Recuperado de: <http://www.automation24.es/sistemas-de-control/siemens-sm-1223-dc/dc-6es7223-1bl32-0xb0-i101-1717-0.htm>.

2.2.23. Módulo Análogo SM 1231 AI - 6ES7231-4HD32-0XB0

SIMATIC S7-1200, entradas analógicas SM 1231, 4 entradas analógicas, +/-10V, +/-5V, +/-2.5V ó 0-20mA/4-20mA, 12 Bit + bit de signo (13 bits ADC).

Con el módulo de entradas analógicas SM 1231 AI - 6ES7231-4HD32-0XB0 de Siemens se puede ampliar su SIMATIC S7-1200 con 4 entradas analógicas adicionales.

El módulo de entradas analógicas SM 1231 AI - 6ES7231-4HD32-0XB0 trabaja con +/-10V, +/-5V, +/-2.5V o 0(4)-20mA a una resolución de 12 Bit + bit de signo (13 Bit ADC). (Swe.siemens 2009)



Figura 21: Módulo Analógico SM 1231 AI

Fuente: Automation24 (2010) Módulo Analógico

Recuperado de: <http://www.automation24.es/sistemas-de-control/siemens-sm-1231-ai-6es7231-4hd32-0xb0-i101-1719-0.htm>

2.2.24. HMI SIMATEC KTP 400 Basic - Mono

Simatic hmi ktp400 Basic mono PN, Basic panel, operación tecla/táctil display 4" stn, escala de 4 grises, interfaz Profinet, configurable desde WinCC flexible 2008 sp2 compact/ WinCC Basic v10.5/ step7 Basic v10.5. (Swe.siemens 2009)



Figura 22: HMI SIMATIC KTP 400 Basic-Mono

Fuente: MasVoltaje (2012) HMI KTP 400

Recuperado de: <http://masvoltaje.com/simatic-hmi/1142-simatic-ktp400-basic-mono-pn-display-38-tft-mono-6940408100589.html>

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

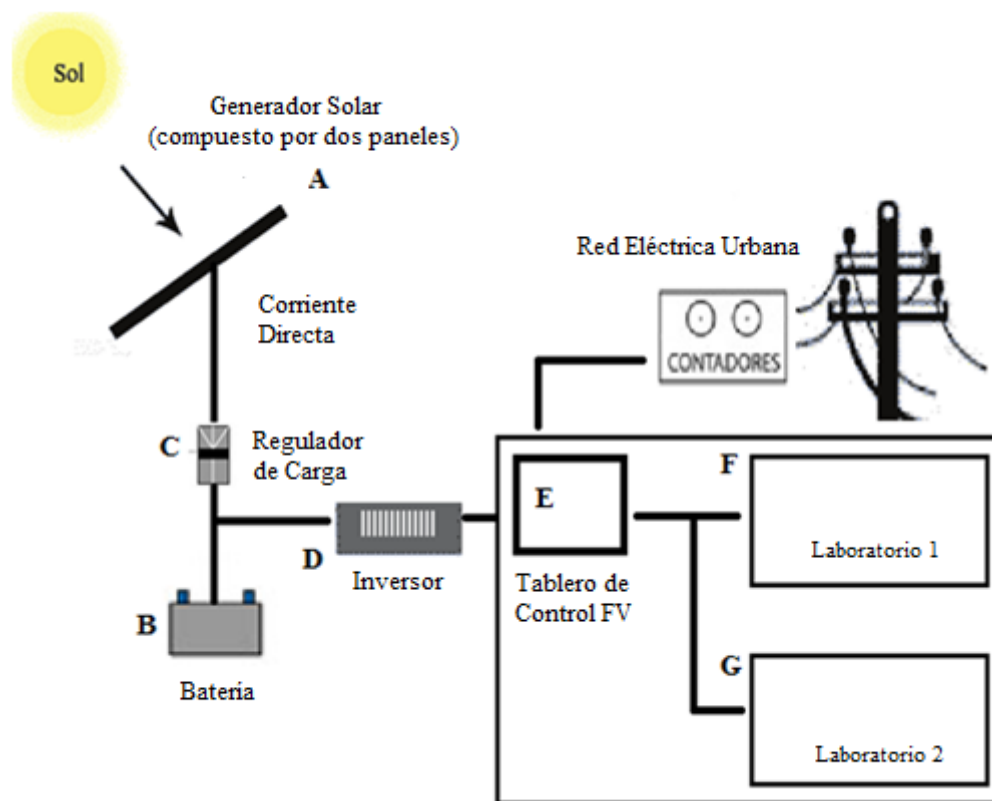


Figura 23: Sistema FV de respaldo energético

Fuente: Los Autores

El sistema posee dos paneles solares formando un arreglo **(A)** sobre una estructura móvil ubicada en la terraza del bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, una batería **(B)** en donde se almacena la energía captada de los paneles, un inversor **(D)** que transforma la corriente continua de la batería a la corriente alterna necesaria para las lámparas tipo led instaladas en los laboratorios **(F)** y **(G)**, los cuales cuentan con 6 lámparas de 2 tubos cada uno. El regulador de carga **(C)** interconecta los paneles, la batería y el inversor; siendo el encargado del proceso de carga/descarga de la batería, y de alimentar al inversor, además de protegerlos de sobrecargas. La salida del inversor, y la energía eléctrica principal; alimentan al Tablero de control **(E)**, ubicado junto a la Dirección de Carrera Eléctrica – Electrónica en el segundo piso del Bloque B. Ahí está diseñada la transferencia entre ambas líneas, haciendo el cambio

cuando la energía eléctrica principal falla. Dentro de este tablero también se encuentra el sistema de control y supervisión del posicionamiento de los paneles.

3.1. Cálculos Teóricos

3.1.1. Irradiación solar

La irradiación es la magnitud utilizada para descubrir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética, su unidad dentro del sistema internacional es W/m^2 ; por consiguiente, la irradiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol.

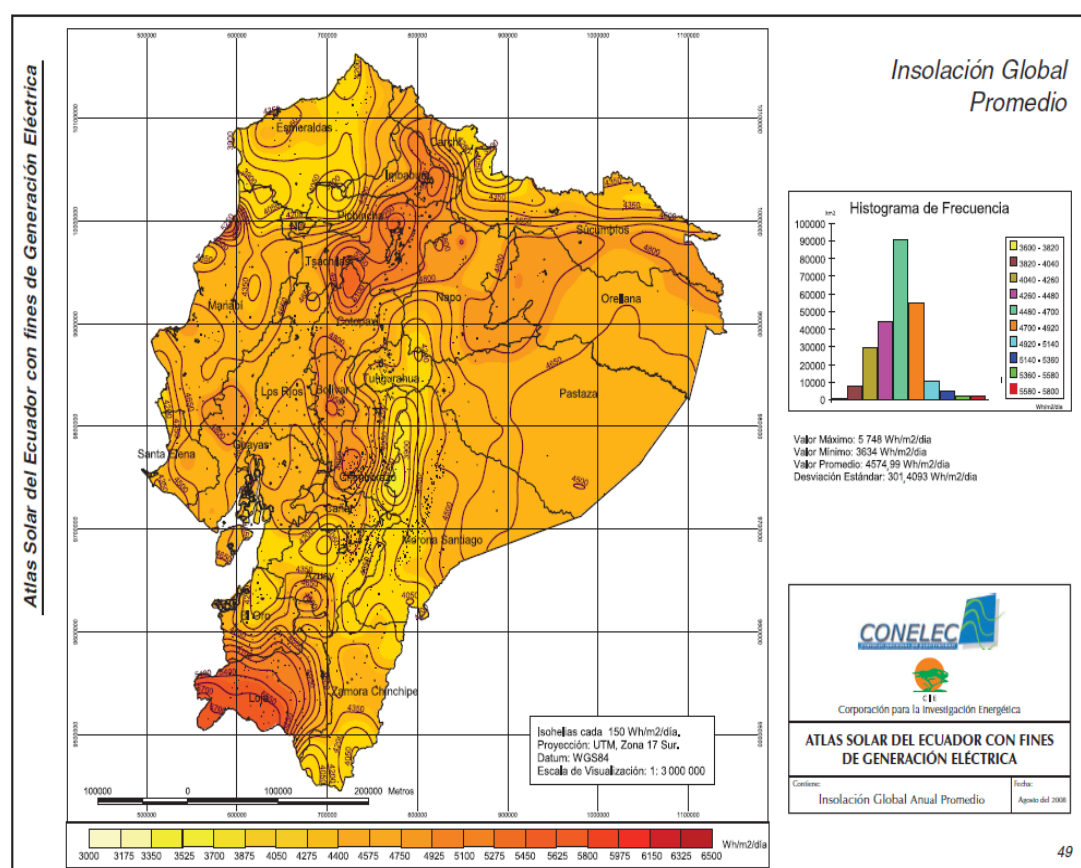


Figura 24: Insolación Global Promedio Ecuador

Fuente: CONELEC, Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica
 (2008) Insolación Global Promedio

Según el CONELEC (2008) y basado en el estudio emitido por el National Renewable Energy Laboratory - NREL de los Estados Unidos se obtuvo el mapa de insolación global promedio del Ecuador, del que se dedujo el valor de 5 Kwh/m²/día como magnitud de la radiación solar para la ciudad de Guayaquil.

3.1.2. Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico está diseñado para producir energía eléctrica a partir de la insolación producida por el sol, de tal manera pueda ser aprovechada por el hombre.

Un sistema fotovoltaico está conformado por los elementos nombrados a continuación:

- Generador Solar (**A**), compuesto por paneles fotovoltaicos para calcular la insolación solar y transformarla en corriente continua a baja tensión.
- Batería (**B**), que almacena la energía producida por los paneles, para poder ser utilizada en situaciones de poca radiación solar.
- Regulador de carga (**C**), encargado de supervisar la batería para evitar descargas o sobrecargas excesivas que ocasionarían graves daños, además de mantener la eficiencia en el sistema.
- Inversor (**D**), transforma la corriente continua almacenada en la batería, en corriente alterna a 110V o 220V. (Conelec, 2008)

3.1.3. Dimensionamiento fotovoltaico

El dimensionamiento es realizado a través de una serie de cálculos que permiten alcanzar una alta eficiencia en el uso y generación de la energía eléctrica a partir del sol.

3.1.4. Determinación de cargas

La primera necesidad al momento de realizar el diseño es el conocer el consumo de las cargas del sistema, por tal motivo se debe tener claras las características eléctricas de todos los aparatos a ser alimentados por el sistema, que en este caso son 24 tubos led a 20 W cada uno y el control que consume alrededor de 250W.

Tabla 3

DETERMINACION DE CARGAS EN CORRIENTE ALTERNA (110V CA)				
ARTEFACTOS	CANTIDAD	POTENCIA(W)	USO (horas/día)	ENERGIA(wh/día)
TUBOS LED	12	20	1	240
CONTROL	1	250	1	250
CARGA DE CORRIENTE ALTERNA TOTAL DIARIA:				490

Nota: Determinación de cargas del sistema

Fuente: Los Autores

Factor inversor CC-CA: (1.1) que representa la pérdida de potencia tomada en cuenta debido a la conversión continua – alterna para alimentar los tubos led y el control.

$$\text{Carga Diaria equivalente} = \text{Carga CA Total diaria} * 1.1$$

Carga diaria Equivalente: (539 Wh/día)

La tensión CC del sistema se la fijó en 12 V, y de acuerdo a la carga diaria equivalente se obtiene una carga diaria de corriente de 45 A.

$$\text{Carga diaria de corriente} = \frac{\text{Carga diaria equivalente}}{\text{Tensión CC sistema}}$$

Para estos cálculos se toma en cuenta otro factor de seguridad debido a pérdidas en el sistema que se valorará en 1.1, y a partir de esto ahora se tendrá una carga de corriente de 50A.

$$\text{Carga de corriente corregida} = \text{Carga diaria de corriente} * 1.1$$

Como ya se determinó previamente, el valor determinado para nuestra locación de radiación solar es de 5 Kwh/m2; y conociendo este valor se puede ya obtener la corriente pico del sistema que será de 10A. (Conelec, 2008)

$$\text{Corriente pico sistema} = \frac{\text{Carga de corriente corregida}}{\text{Radiación solar}}$$

3.1.5. Dimensionamiento del generador solar (A)

Conociendo la corriente pico del sistema de 10A y la corriente pico en placa de los paneles provistos, se obtuvo la cantidad de 3 paneles que conforman el arreglo de módulos en paralelo.

$$\text{Módulos en paralelo} = \frac{\text{Corriente pico sistema}}{\text{Corriente pico en placa}}$$

 www.zytech.es	
Model	ZT55s
Maximum Power(Pm)	55 W
Power tolerance	± 3%
Open-circuit voltage(Voc)	21.70 V
Short-circuit current(Isc)	3.83 A
Voltage at Pmax(Vmp)	17.58 V
Current at Pmax(Imp)	3.13 A
Weight	6.0kg
Module dimension	740 × 545 × 35 mm
Fuse rating	10A
Maximum system voltage	600 V
Temp coefficient of Voc	- 2.3 mV / °C
Temp coefficient of Isc	+1.1mA / °C
Temp coefficient of Power	- 0.48 %/°C
All technical data at Standard test condition AM=1.5 E=1000W/ m² Tc=25°C	
   IEC61215	

Figura 25: Datos técnicos del panel solar

Fuente: Los Autores

Ahora como se sabe, la tensión del sistema es de 12V y la tensión nominal en placa de los módulos es de 17,8 V; de la relación de estos dos valores se obtiene un coeficiente de 0.67 que sirve para determinar la cantidad final de paneles necesarios.

$$\text{Coeficiente relación voltajes} = \frac{\text{Tensión sistema}}{\text{Tensión nominal panel}}$$

Es así que este coeficiente se multiplica por los 3 paneles calculados previamente y se obtiene un valor final de 2 paneles, que son los necesarios para el sistema. (Conelec, 2008)

$$\text{Cantidad de paneles} = \text{Módulos en paralelo} * \text{Coeficiente relación voltajes}$$

3.1.6. Dimensionamiento de batería (B)

Sabiendo la carga de corriente diaria de 50A, ahora se necesita definir la cantidad de días de autonomía que el sistema podrá alimentar las cargas sin contar de luz solar, esta cantidad queda definida en 2; lo que hace que la capacidad nominal del banco de baterías sea de 100A.

$$\text{Capacidad nominal baterías} = \text{Carga corriente diaria} * \text{días de autonomía}$$



Figura 26: Batería RITAR

Fuente: Los Autores

De los datos técnicos de la batería escogida se conoce que tiene una profundidad de descarga de 0.7 y una capacidad de 150Ah a 12V. De este valor de 0.7 se obtiene la capacidad corregida del banco que es de 143 A.

$$\text{Capacidad corregida} = \frac{\text{Capacidad nominal}}{\text{Profundidad de descarga}}$$

Al ser la capacidad del banco de 143 A y la tensión del sistema a 12 V, se necesitó solo una batería de las características mencionadas. (Conelec, 2008)

3.1.7. Dimensionamiento del inversor (D)

Al ser la carga máxima del sistema de 490 W, solo se necesitó escoger un inversor de capacidad superior que pueda abastecer dicha carga; así se escogió un inversor a 110V de 1000W. (Conelec, 2008)



Figura 27: Inversor EVL 1000 Vatios

Fuente: Los Autores

3.1.8. Dimensionamiento regulador de carga (C)

El regulador de carga administra la corriente pico del sistema entre paneles batería e inversor, por lo que solo es necesario contar con un regulador capaz de aguantar la carga de 10.8 A. El regulador usado está sobredimensionado siendo capaz de regular la carga del sistema y uno mucho más grande si se piensa ampliar en algún momento. (Conelec, 2008)



Figura 28: Regulador de carga

Fuente: Los Autores

3.2. Diseño Mecánico de la estructura móvil

El arreglo de paneles fotovoltaicos **(A)** se encuentra posicionado sobre una estructura móvil que permite el movimiento a través de dos grados de libertad, siendo estos, elevación y rotación.

3.2.1. Estructura

Para el diseño de la estructura se estableció el uso de ángulos de hierro de tipo u de 3mm de grosor y de forma adicional se le agrega una capa de pintura de anticorrosivo y dos capa de pintura sintética negra ya que va estar expuesto a intemperie.

La estructura está compuesta por tres partes

- Cuerpo A: Base de estructura
- Cuerpo B: Estructura móvil de rotación
- Cuerpo C: Estructura móvil de elevación y soporte de los paneles

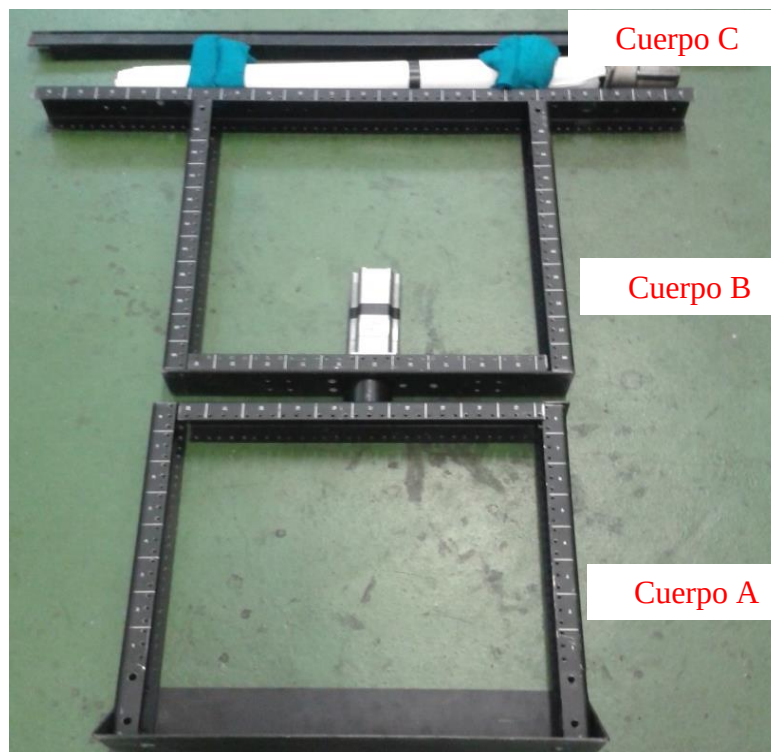


Figura 29: Diseño de la estructura

Fuente: Los Autores

3.2.2. Diseño de estructura móvil

Para esto se le toma en cuenta el tipo de movimiento que va ejercer la estructura al momento de seguir el sol durante todo el día, de este a oeste adicionándole la rotación para que el panel quede centrado totalmente con respecto a la radiación solar.

3.2.2.1. Elevación

Está compuesto por un eje fijado por dos chumaceras la cual consta de tres divisiones que en este caso se la denomina como ejes de “Cola, Intermedio, Motor”.

- Eje de cola es donde se ha acoplado un potenciómetro de 1kOHM la cual medirá la variación del movimiento del eje.
- Eje intermedio es donde se encuentran los topes para evitar que el panel gire más de 90° y haga colisión con la estructura, además soporta la base de los paneles solares que en este caso se comporta como un eje de transmisión de fuerza.
- Eje de Motor es donde se acopla el eje mediante un bocín a la caja reductora que permite mantener el peso sin romper la inercia. Esa caja al mismo tiempo está acoplada con un motor reductor quien ejerce la fuerza del movimiento.

La colocación de acople de cajas reductoras ayuda a dar un movimiento sumamente lento mediante la transmisión de movimiento entre ejes que están en ángulos rectos.



Figura 30: Vista superficial Movimiento de Elevación

Fuente: Los Autores

3.2.2.2. Rotación

Está compuesto por un eje giratorio acoplado con una caja reductora y un motor reductor la cual permite girar la estructura a un ángulo deseado de manera lenta y segura, también se le agrega topes de seguridad para evitar que gire más de lo deseado.



Figura 31: Vista superficial Movimiento de Rotación

Fuente: Los Autores

3.2.3. Partes mecánicas de la estructura

En esta sección se explica las partes mecánicas que se dieron necesarias para realizar este proyecto.

3.2.3.1. Base giratoria

Esta base permite girar de forma rotacional todo el cuerpo b desde 0° hasta 160°.



Figura 32: Base giratoria

Fuente: Los Autores

3.2.3.2. Motor reductor

Este motor trabaja con 24 VDC y al cambiarle la polaridad de la alimentación invierte el sentido de giro, tiene acoplado una caja reductora que permite al motor eléctrico funcionar a diferentes velocidades ya que está compuesto por el mecanismo de TORNILLO _ SINFÍN dándole una gran ganancia de torque y reducción de velocidad en su eje de salida.



Figura 33: Motor reductor

Fuente: Los Autores

3.2.3.3. Caja reductora

Esta caja está compuesta por el mecanismo TORNILLO _ SINFIN lo que nos permite reducir la velocidad y a la vez aumentar el torque del motor.



Figura 34: Caja Reductora

Fuente: Los Autores

3.2.3.4. Chumaceras de piso

Está hecha de metal con un rodamiento montado que permite descansar, fijar, y girar el eje al cual se ha acoplado.



Figura 35: Chumacera de piso

Fuente: Los Autores

3.2.4. Acople de caja reductora a motor reductor con eje de rotación

Se acopla y se fija el motor reductor con la caja reductora mediante una platina que se la soldó a la estructura del cuerpo A y la caja reductora se une con la base giratoria mediante un eje macizo de hierro con su respectiva cuña.



Figura 36: Acople de eje de rotación

Fuente: Los Autores.

3.2.5. Acople de caja reductora a motor reductor con eje de elevación

Se acopla y se fija el motor reductor con la caja reductora mediante una platina que se la soldó a la estructura del cuerpo B y un bocín con eje de hierro que une ambos ejes y la caja reductora se une con el eje que esta soportado con las chumaceras con otro bocín de hierro con sus respectivas cuñas.



Figura 37: Acople de eje de elevación

Fuente: Los Autores

3.2.6. Instalación de la estructura

Luego de todo el acoplamiento y características mecánicas se logró obtener un diseño mecánico que nos permitirá establecer el control y mantener la más alta eficiencia para el sistema de iluminación de respaldo de los dos laboratorios mediante un sistema fotovoltaico. La estructura fue fijada al piso en la terraza de la Universidad, usando

pernos de expansión; gracias a los cuales, se logró una perfecta sujeción al piso, permitiendo que los movimientos se realicen de excelente manera.



Figura 38: Estructura Móvil

Fuente: Los Autores

3.3. Diseño del control eléctrico del posicionamiento y transferencia

Esta es la parte principal del proyecto ya que mediante la utilización de un tablero metálico **(E)** se estable todas las conexiones entre los dispositivos, sensores,

potenciómetros, motores y equipos electrónicos que se usan para el posicionamiento automático de la estructura y la transferencia automática.

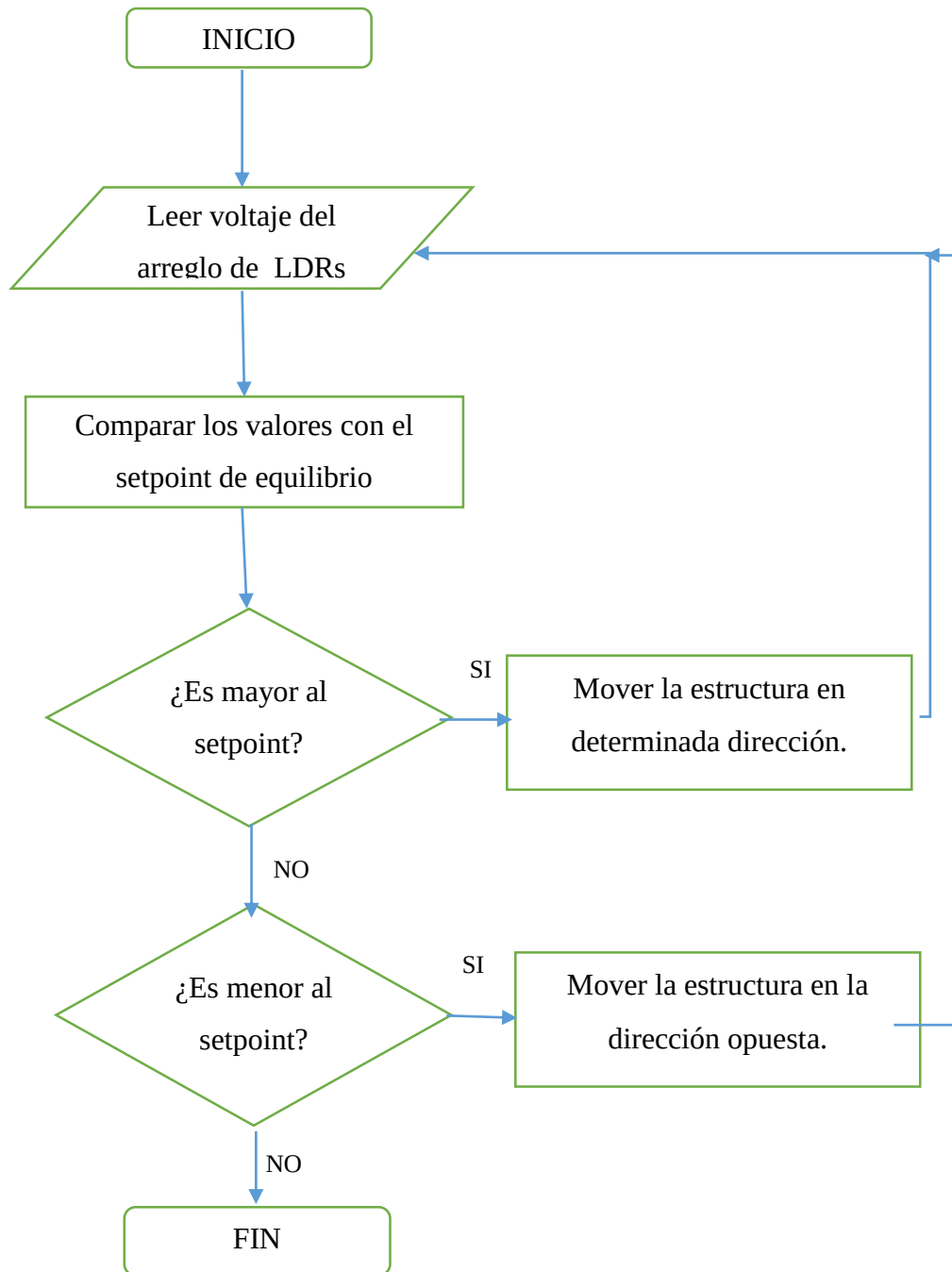


Figura 39: Tablero eléctrico

Fuente: Los Autores

El PLC es el encargado de supervisar el posicionamiento automático, a él ingresan todos los datos necesarios como sensores límites de posición, potenciómetros y LDRs además también está conectado a los actuadores que efectuaran el movimiento de la estructura, logrando controlar a través del programa, la ubicación de los paneles obteniendo una mayor ganancia durante el día. Para un mejor entendimiento de cómo se realiza el posicionamiento automático de la estructura, a continuación se presenta

un diagrama de flujo mostrando el algoritmo empleado para realizar el seguimiento de los rayos solares.



Es así que el PLC está constantemente verificando la posición de los paneles, y corrigiendo la posición de ser necesario, siempre de acuerdo al recorrido del sol a lo

largo del día; logrando mantener los rayos solares totalmente perpendiculares a los paneles fotovoltaicos.

3.3.1. Circuito de transferencia

Debido a que este proyecto es un sistema de respaldo energético se le diseña un circuito de transferencia que permite al sistema fotovoltaico intercambiar de fuente de alimentación de manera automática con la ayuda de relés que trabajan con bobinas a 110 VAC.

Al momento que el sistema de iluminación se queda sin alimentación externa, los relés cambian de estado y se ponen en modo de alimentación fotovoltaica, al mismo tiempo por medio de un contacto del temporizador se emite una señal al plc indicando el cambio de conexión, pero al momento que regresa la energía externa, los relés vuelven a su estado inicial y la alimentación demora un tiempo para restablecerse asegurándose que esa energía sea estable.

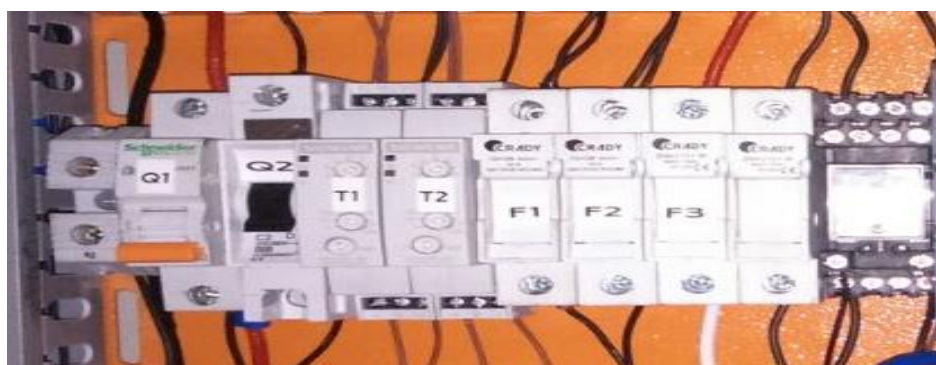


Figura 40: Vista superficial del circuito de transferencia

Fuente: Los Autores

3.3.1.1. Esquemático

Los terminales 15 y 16 es energía de la calle y 31, 32 vienen de los borde de la batería.

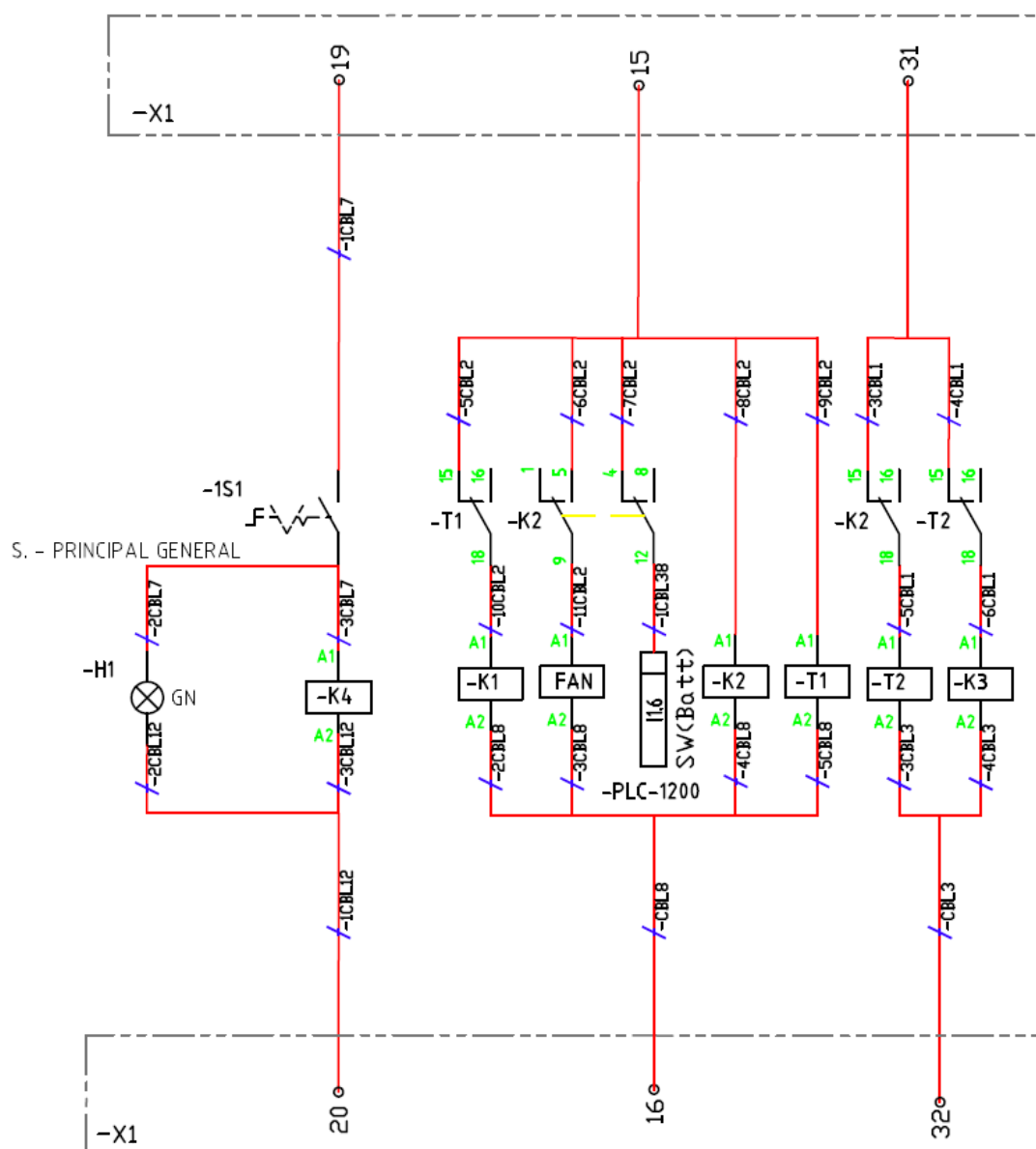


Figura 41: Circuito control de transferencia

Fuente: Los Autores

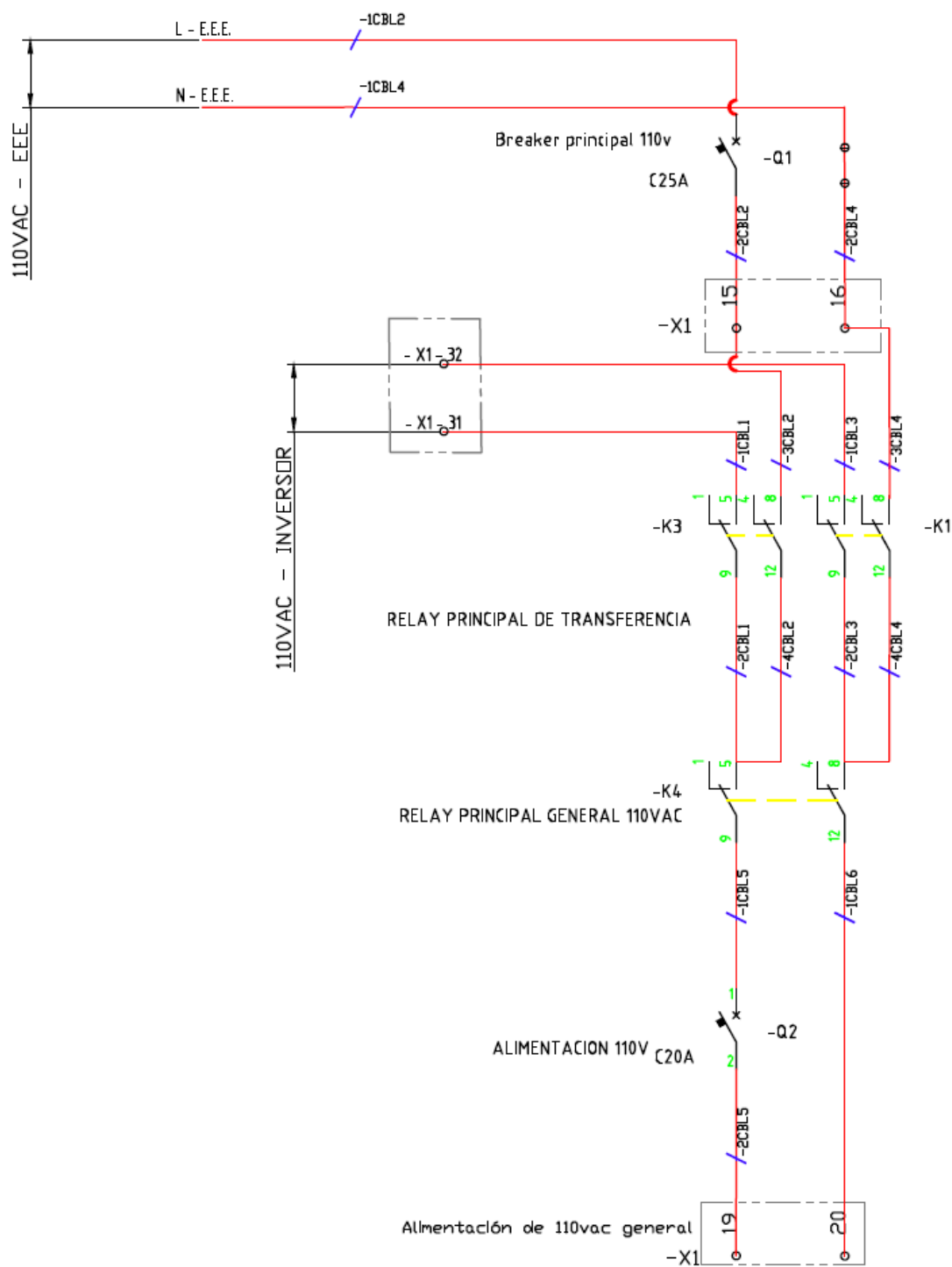


Figura 42: Circuito de fuerza de la transferencia

Fuente: Los Autores

3.3.2. Circuito regulador de voltaje de 10 voltios DC

Este regulador fue diseñado para evitar dañar las entradas análogas del módulo analógico.



Figura 43: Vista superficial Circuito regulador de 10 VDC

Fuente: Los Autores

3.3.2.1. Esquemático

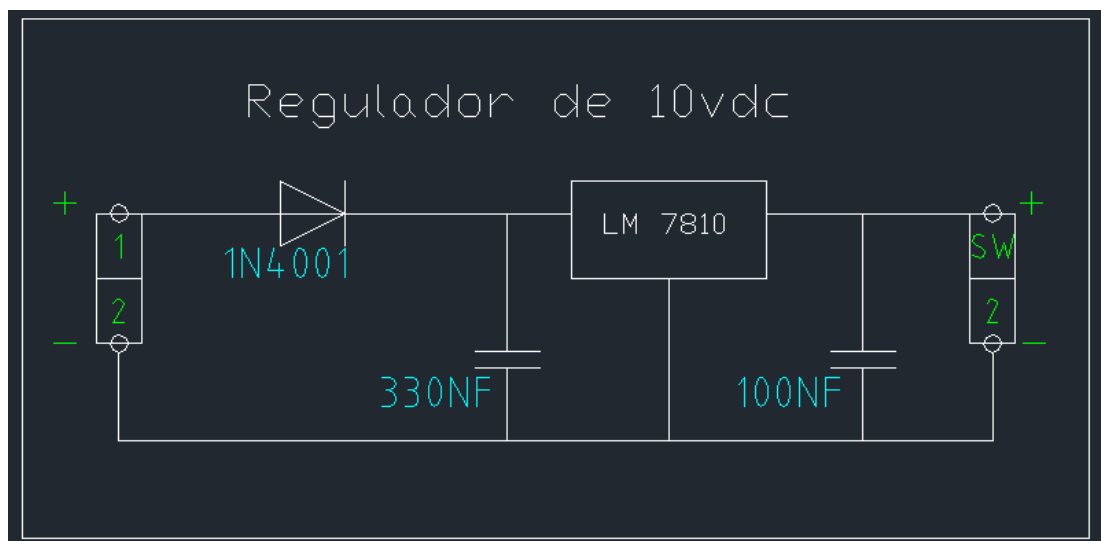


Figura 44: Circuito regulador de 10 VDC

Fuente: Los Autores

3.3.3. Circuito de conexión de las Ldr

Mediante este circuito de divisor de voltaje que se encuentra conectadas las Ldr se puede obtener una señal eléctrica de voltaje, cuya señal serán llevados al módulo analógico, permitiendo saber en qué posición se encuentra el sol durante el día.

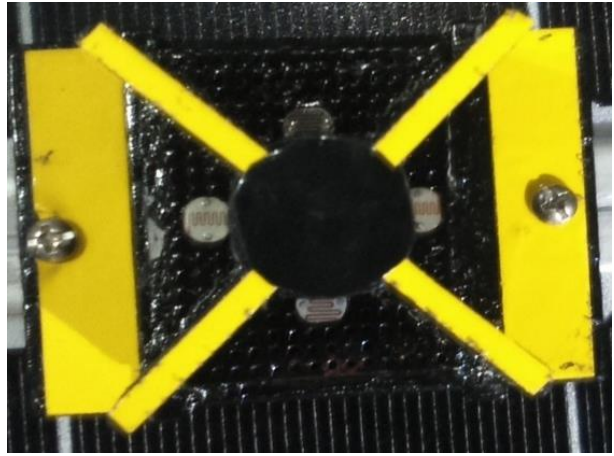


Figura 45: LDRs

Fuente: Los Autores.

3.3.3.1. Esquemático

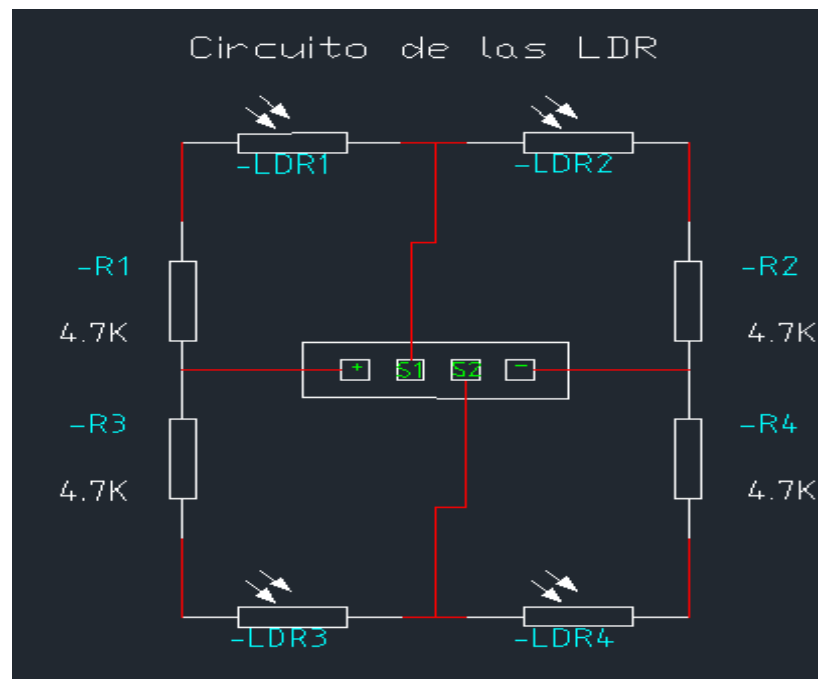


Figura 46: Circuito esquemático LDRs

Fuente: Los Autores

CAPITULO 4: CONTROL Y MONITOREO SCADA

El presente capítulo abarca el diseño del control de posicionamiento para el seguidor solar, a través de un PLC (Controlador Lógico Programable) monitoreado desde la pantalla HMI por un sistema SCADA.

Para poder realizar el diseño del controlador se siguieron los pasos a continuación descritos, los mismos que han sido aplicados en el presente proyecto.

4.1. Identificación de variables

Es necesario tener claro el alcance del sistema, los datos a levantar y los accionamientos a manejar para poder definir la cantidad de variables de entrada y de salida del controlador.

Los accionamientos principales a controlar son dos motores DC a 24V que manejarán el giro de la estructura, tanto de elevación como de rotación; a más de esto, se controlará el encendido y apagado de los dos laboratorios por individual y el de la fuente DC que alimenta la estructura.

En cuanto a recolección de datos, se tienen los topes de posición este - oeste de elevación y de rotación, la lectura del arreglo de LDRs y la lectura de potenciómetros indicadores de posición de ambos giros.

4.1.1. Variables de entrada

Las variables de entrada con sus respectivos nombres y definiciones dentro del controlador son las siguientes:

- B2: Sensor tope este del eje de elevación - (I1.1)
- B3: Sensor tope oeste del eje de elevación - (I1.2)
- B4: Sensor tope este del eje de rotación - (I1.3)
- B5: Sensor tope oeste del eje de rotación - (I1.4)
- Divisor de voltaje LDR eje de elevación - (IW112)
- Divisor de voltaje LDR eje de rotación - (IW114)
- Potenciómetro posición de elevación - (IW116)
- Potenciómetro posición de rotación - (IW118)

4.1.2. Variables de Salida

Las variables de salida con sus respectivos nombres y definiciones dentro del controlador son las siguientes:

- Activación motor M1 de elevación - (Q1.0)
- Giro motor M1 de elevación - (Q1.1)
- Activación motor M2 de rotación - (Q1.2)
- Giro motor M2 de rotación - (Q1.3)
- ON/OFF Luminaria LAB 1 - (Q1.4)
- ON/OFF Luminaria LAB 2 - (Q1.5)
- ON/OFF Fuente DC - (Q1.6)

4.2. Programación del PLC e interfaz de Monitoreo

Aquí se presenta detalle a detalle el proceso de programación del controlador lógico programable. El programa a utilizar para realizar lo mencionado es el TIA PORTAL STEP 7, software oficial de SIEMENS para la gama de PLCs S7, en nuestro caso el S7 1200 junto a la HMI KTP400 de la misma marca.

4.2.1. Creación del proyecto y configuración de dispositivos

Como se mencionó, el programa en el que se trabaja es el TIA PORTAL V12 de SIEMENS, el cual presenta una interfaz simple y dinámica, capaz de facilitar mucho el trabajo.

Para empezar se crea el proyecto en blanco, lo cual funciona de manera muy similar a cualquier otro tipo de programa, se le da un nombre, una ubicación y esta creado. A continuación de esto aparece un listado de pasos que nos guiarán en la realización del proyecto.

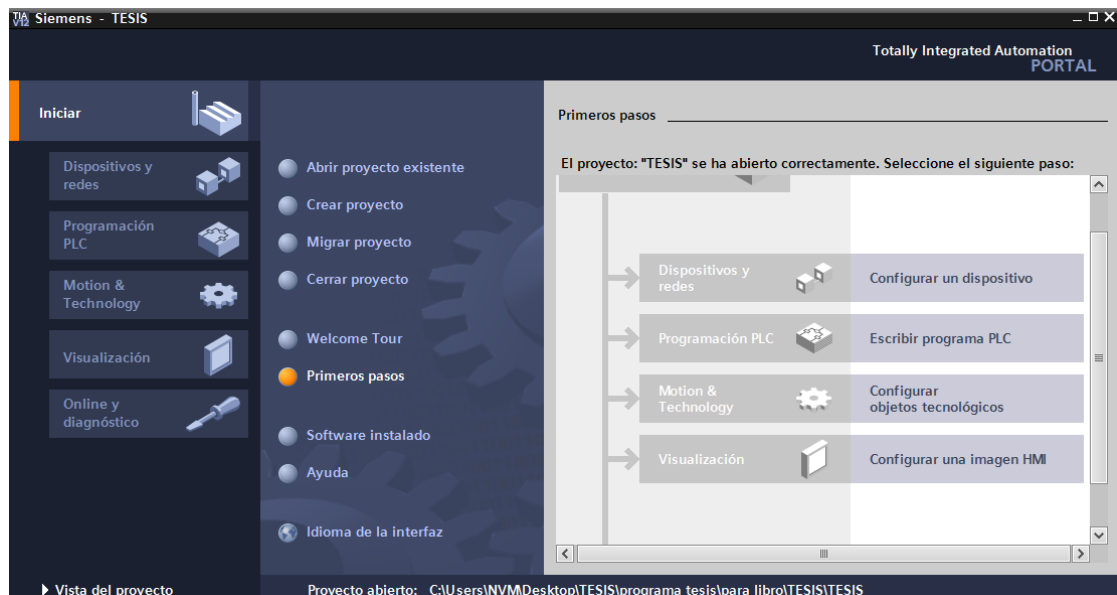


Figura 47: Tutorial de configuración del proyecto

Fuente: SIEMENS Tía Portal V12

Seguido a esto se procede a seleccionar y configurar los dispositivos a usar en el proyecto, en este caso el PLC, los módulos de entradas y salidas y la pantalla HMI. Para esto se debe escoger exactamente el modelo y serie de los dispositivos puesto que varían mucho de un modelo a otro, tanto en software como en funcionalidades. Es así que ahora se va a agregar dispositivo, primero el PLC, un S7-1200 con una CPU 1212C AC/DC/Rly modelo 6ES7 212-1BE31-0XB0 y la pantalla HMI, una KTP400 Basic mono PN modelo 6AV6647-0AA11-3AX0 versión de software 12.

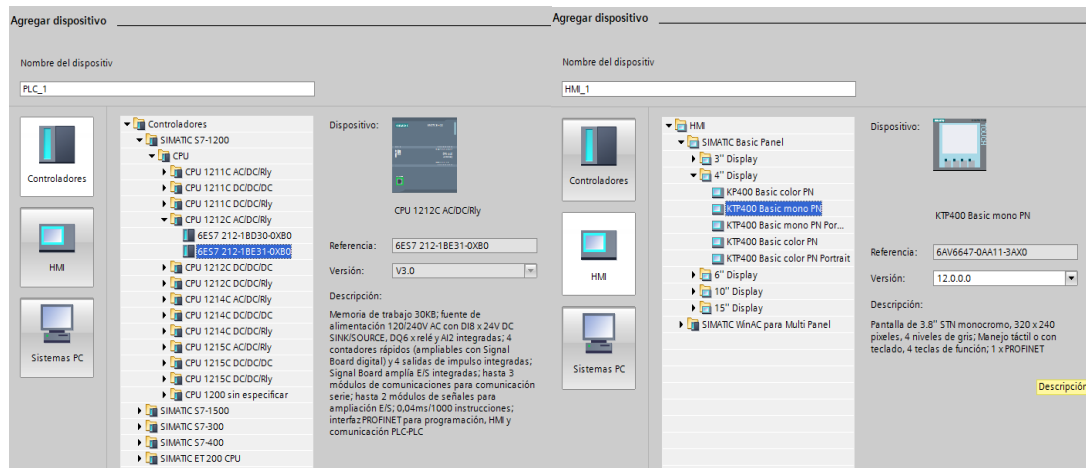


Figura 48: Selección de componentes y modelos a utilizar

Fuente: SIEMENS Tía Portal V12

Una vez agregados los dispositivos, el programa muestra un tutorial en el que se configura ciertos aspectos básicos, como la comunicación entre HMI y PLC, los botones y la cantidad de imágenes a mostrar en el HMI, las mismas que pueden ser modificadas también durante cualquier instancia del proyecto.

Ahora se agrega también los módulos de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas. Para este proyecto se usan dos módulos, el primero, un módulo SM 1223 DI16/DQ16 X 24VDC modelo 6ES7 223-1BL32-0XB0 que consta de 16 entradas y 16 salidas digitales; el segundo y último, un módulo SM 1231 AI4 modelo 6ES7 231-4HD32-0XB0 que consta de 4 entradas analógicas de 13 bits (12 bits para datos numéricos y 1 bit de signo).

Dentro del programa, en Vista general del dispositivo se editan los nombres de las entradas para poder manejarlas dentro del programa, así se le asigna los bytes 1 y 2 para las entradas del módulo digital y para el módulo analógico los bytes a usar son los que van del 112 al 119.

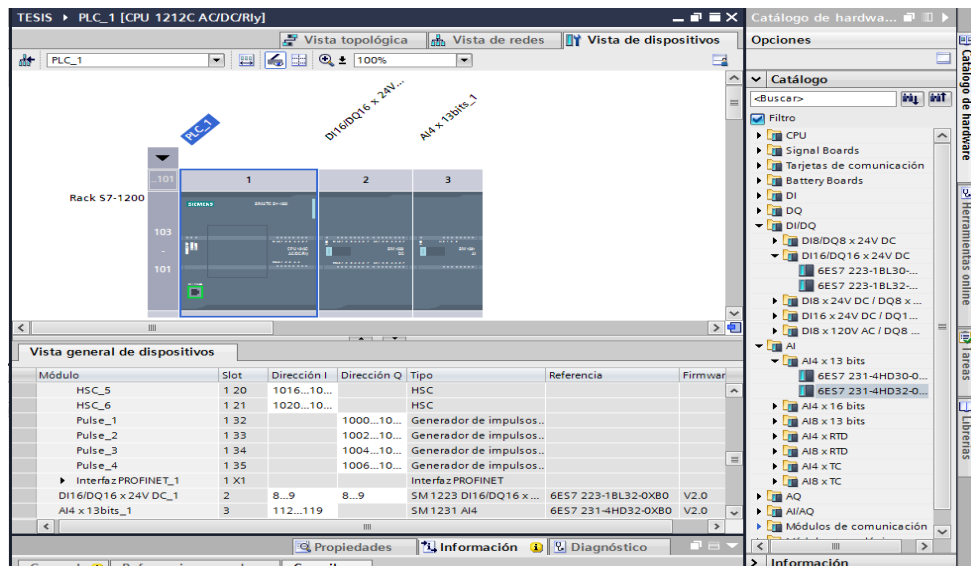


Figura 49: Configuración de módulo digital y analógico

Fuente: Los Autores

Luego de esto se crea la tabla de las variables que se usará durante la programación, declarando así todas las entradas y salidas tanto digitales como analógicas, dándoles así el espacio a usar en memoria y un nombre que servirá para identificarlas. De la misma manera se realiza esto para las marcas que servirán como variables lógicas dentro del programa.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibi...	Acces...	Comentario
B1_posM1_elevacion	Bool	%I1.0				
B2_lim_sup_este	Bool	%I1.1				
B3_lim_sup_oeste	Bool	%I1.2				
B4_lim_rot_este	Bool	%I1.3				
B5_lim_rot_oeste	Bool	%I1.4				
B6_posM2_azmut	Bool	%I1.5				
M1_activar	Bool	%Q1.0				
M1_giro	Bool	%Q1.1				
M2_activar	Bool	%Q1.2				
M2_giro	Bool	%Q1.3				
Lab1_enable	Bool	%Q1.4				
Lab2_enable	Bool	%Q1.5				
Puerto_enable	Bool	%Q1.6				
LDR_ele	int	%IW112				
LDR_as	int	%IW114				
Pos_ele	int	%IW116				
Pos_as	int	%IW118				
LDR_ele_norm	Real	%MD120				
LDR_ele_esc	Real	%MD124				
LDR_as_norm	Real	%MD128				
LDR_as_esc	Real	%MD132				
marcaM1_giro	Bool	%M5.0				
marcaM2_giro	Bool	%M5.1				
Cont_ele_norm	Real	%MD136				
Pos_ele_esc	Real	%MD140				
Cont_as_norm	Real	%MD144				
bat_eee	Bool	%I1.6				
auto_manual	Bool	%M5.2				
ele_der_auto	Bool	%M5.3				
B1_posM1_elevacion	%I1.0					
B2_lim_reset	%M7.1					
B2_lim_set	%M5.5					
B2_lim_sup_este	%I1.1					

Figura 50: Tabla de variables del PLC

Fuente: Los Autores

4.2.2. Diseño interfaz HMI

Dentro del programa también se crea la interfaz HMI, que permitirá la interacción entre el usuario y el sistema, permitiendo manejarlo según sea necesario. Es así, que primero se diseña el cómo se verá la interfaz, agregando botones, switches, leds, gráficas, barras de datos, cuadros de texto y etiquetas según sea necesario, desde el cuadro de herramientas situado a la derecha en nuestro programa. Así poco a poco toma forma la interfaz para ahora si proceder a determinar ciertas características de cada objeto y a su vez programarlo para realizar determinadas acciones.

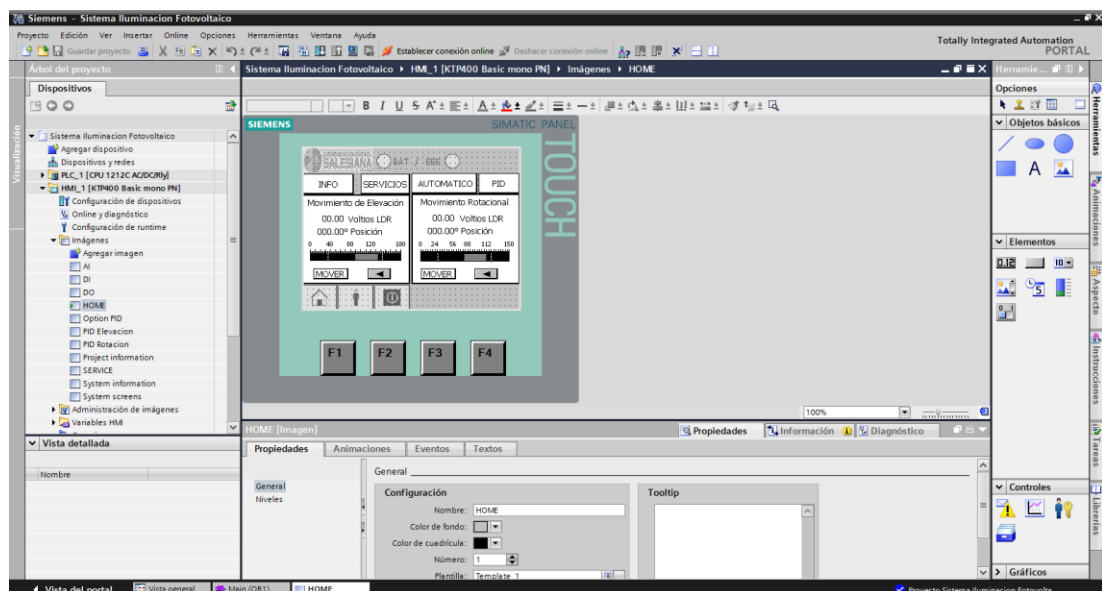


Figura 51: Pantalla de diseño para interfaz gráfica

Fuente: Los Autores

Así se selecciona cada objeto y dentro de propiedades se tiene a disposición 3 pestañas que nos brindan la posibilidad de manejar todas las características antes mencionadas.

En la pestaña propiedades se encuentran las opciones de editar todas las características del objeto como texto a mostrar, tamaño, formato y apariencia según se necesite en cada objeto dentro de cada pantalla.

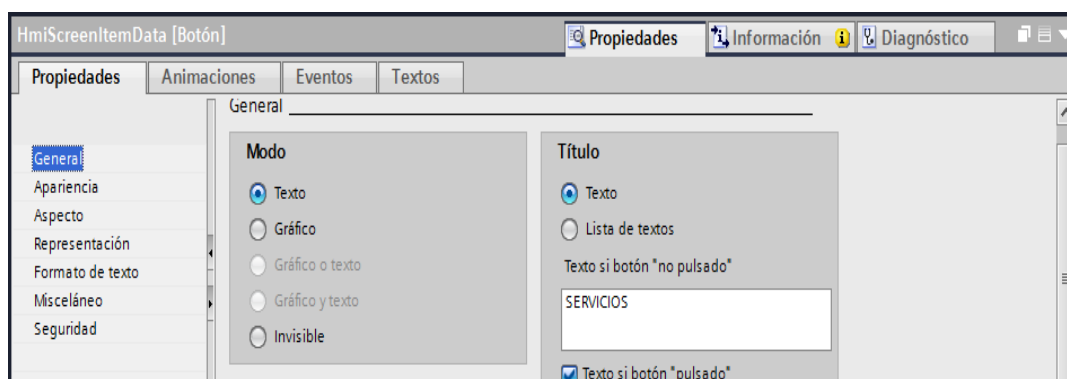


Figura 52: Pestaña propiedades de un objeto

Fuente: Los Autores

Se activa la pestaña animaciones donde se puede asignar movimientos, cambios de texto, posición y de visualización, asociándolo con alguna variable o marca que se activará o desactivará de acuerdo al control del programa, permitiendo visualizar un cambio en el objeto, que alertará al usuario de lo que está sucediendo en el sistema, para su simple información o para que pueda tomar determinada acción.

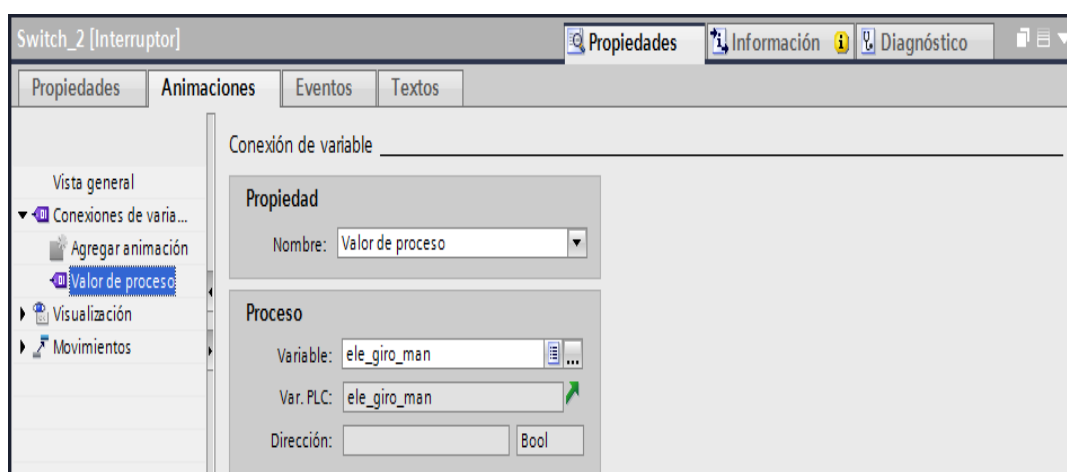


Figura 53: Pestaña animaciones de un objeto

Fuente: Los Autores

La pestaña Eventos presenta opciones que los objetos poseen para poder controlar variables y hacerles cambiar de estado de acuerdo a la interacción con el usuario, y así

por ejemplo poder ir de una ventana a otra, activar o desactivar estados de entradas, salidas o marcas dependiendo de los requerimientos de quien controla el sistema.

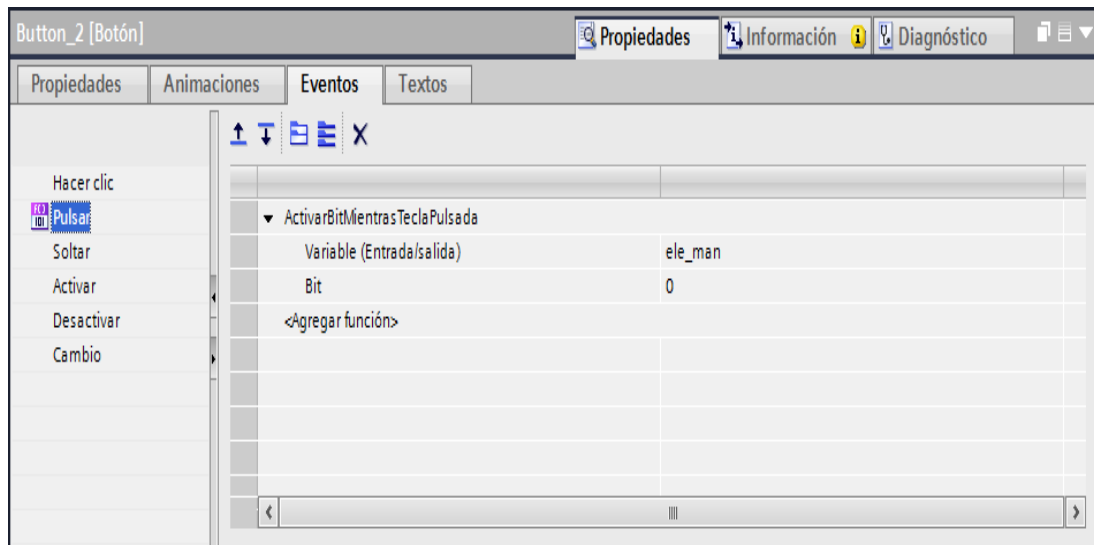


Figura 54: Pestaña eventos de un objeto

Fuente: Los Autores

De esta manera se diseñan las 11 pantallas que conforman por completo la interfaz del sistema, comenzando en la principal Home, desde la cual se tendrá acceso a todas las funcionalidades del proyecto.

En esta pantalla principal se puede observar si la alimentación es externa o está en funcionamiento la batería, además de poder cambiar el estado del sistema de manual a automático. Permite también observar el ángulo de elevación y rotación y poderlos manipular siempre y cuando el sistema se encuentre en modo manual; desde aquí también se muestran las demás pantallas donde en Servicios, se visualiza el estado de todas las variables del sistema y a su vez se las controla, y por último en PID se pueden observar las gráficas y el estado del control.

4.2.3. Lectura y acondicionamiento de datos

Para realizar el proyecto se necesita hacer la lectura de 4 variables analógicas: el voltaje del divisor de las ldr y el estado de la posición del eje tanto de elevación como de rotación.

Estas 4 variables ingresan al sistema a través del módulo analógico conectado al PLC, asignándoles los nombres y espacios en memoria IW112 para la ldr de elevación, IW114 para la ldr de rotación, IW116 para la posición del eje de elevación y por último IW118 para la posición del eje de rotación.

Para realizar una correcta lectura es necesario normalizar y escalar los datos antes de obtener el rango correcto a mostrar; para esto usamos las instrucciones detalladas a continuación: NORM_X que normaliza el valor de la entrada mapeándolo en una escala lineal comprendida entre 0.0 y 1.0; y SCALE_X que escala el valor de la entrada mapeándolo ahora en un rango de valores específico.

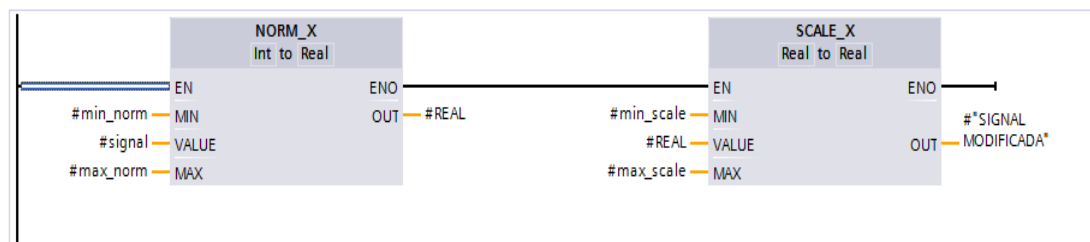


Figura 55: Instrucciones NORM_X y SCALE_X

Fuente: Los Autores

Para la lectura de las LDR (entradas IW112 e IW114) se configura de la siguiente manera: la instrucción NORM_X se necesita solo ingresar la variable a normalizar y el rango de entre los cuales dicha entrada tomará su valor, que en este caso al ser un voltaje de entre 0 a 10V representará en el programa los valores de 0 a 27648; así la salida será un valor real entre 0.0 y 1.0 de acuerdo al valor de entrada. Seguido de esto, la salida ingresará a la instrucción SCALE_X, en la que se ingresa también ahora los rangos de entre los cuales se quiere que se encuentre la salida, que en este caso serán de 0 a 10 representando el voltaje del divisor de las ldr, pudiendo ahora si usar este

valor para saber hacia qué dirección debe girar la estructura; si es menor a 4 girará hacia un lado y si es mayor a 6 hacia el opuesto.

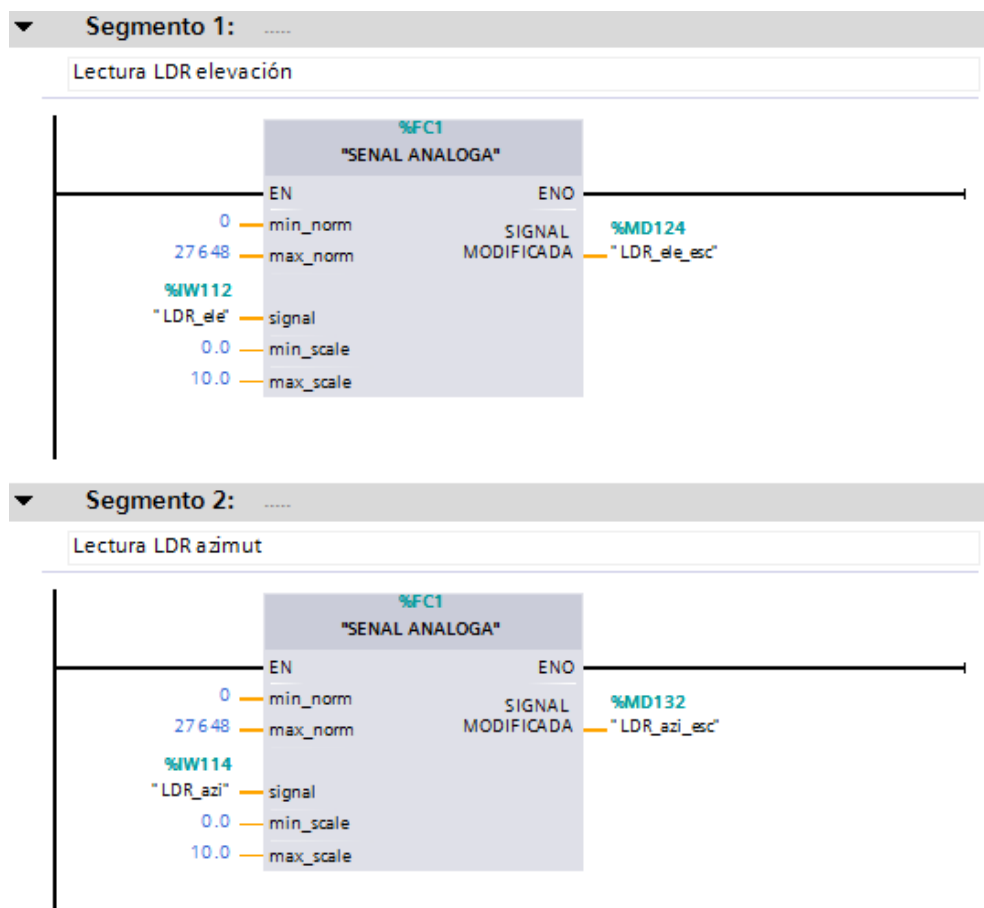


Figura 56: Función de bloque para lectura de las LDR

Fuente: Los Autores

Ahora para la lectura de los potenciómetros de posición (entradas IW116 e IW118), es el mismo proceso, simplemente cambiando los rangos dentro de las instrucciones como se indica a continuación: el rango de la variable de entrada en NORM_X varía un poco debido a que el potenciómetro no es tan preciso y la longitud de desplazamiento es corta quedando de esta manera entre 75 y 17790 para así ahora pueda ingresar a la instrucción SCALE_X y se tenga una salida para lectura con un rango de 0 a 180 para la posición del eje de elevación. Para el eje de rotación el rango de entrada es de 66 a 14100 y el de salida es de 0 a 150 que representa el ángulo de movimiento.

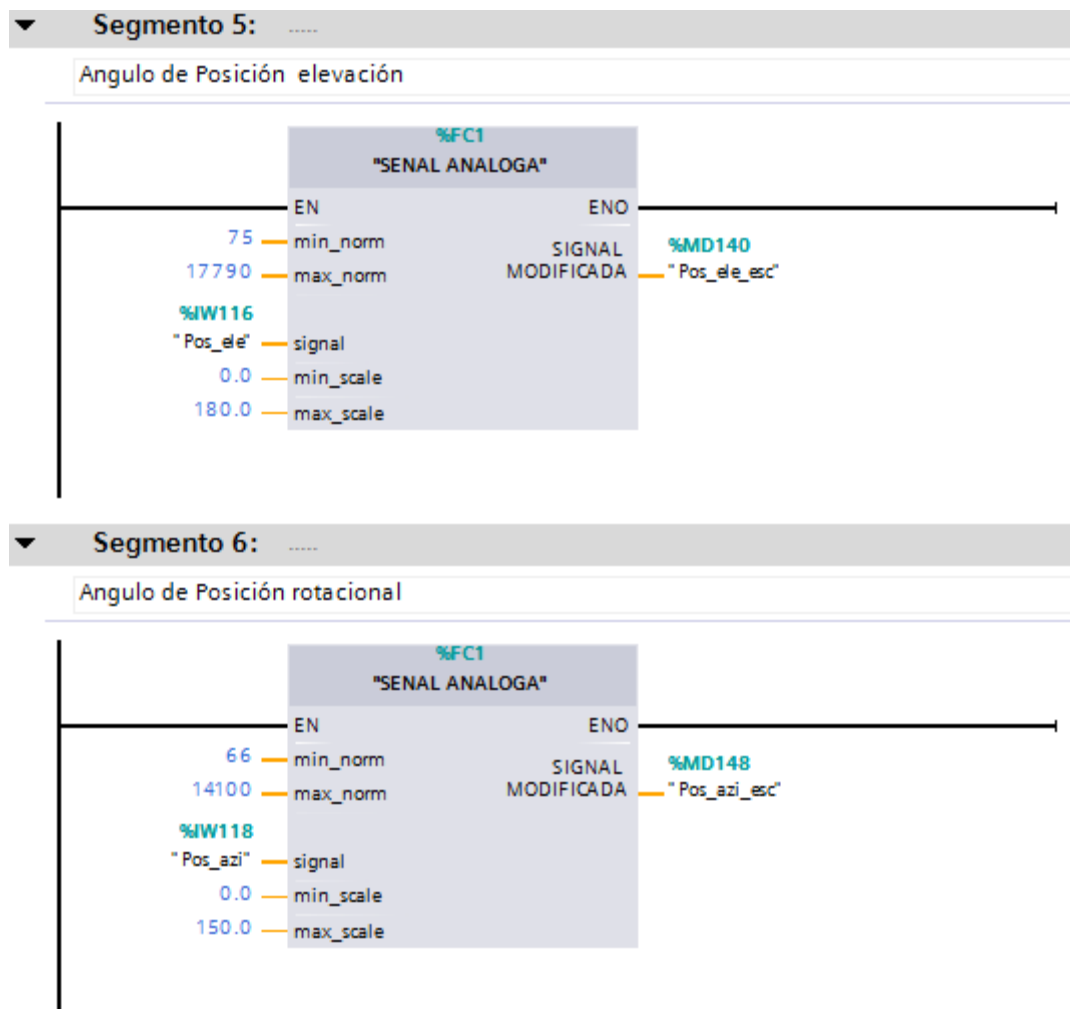


Figura 57: Función de bloque para lectura de potenciómetros de posición

Fuente: Los Autores

Dentro del programa para no realizar el proceso 4 veces y llamar dos instrucciones en cada lectura, se creó un bloque de función al que se llamó SENAL ANALOGICA, el cual contiene ambas instrucciones y se ingresan directamente los rangos de entrada y de salida obteniendo el valor deseado.

4.2.4. Programa de control

Aquí se realiza el control del sistema por completo junto a lo asociado al HMI. Se partió de los límites de posición accionados por los sensores inductivos asignados a las entradas I1.3 e I1.4, quienes activaran marcas usadas luego para limitar el

movimiento cuando se alcanzan topes y/o habilitar el giro inverso. Como adición a esto también se limita el movimiento de los paneles de acuerdo a la posición marcada por los potenciómetros, brindando mayor seguridad al movimiento.

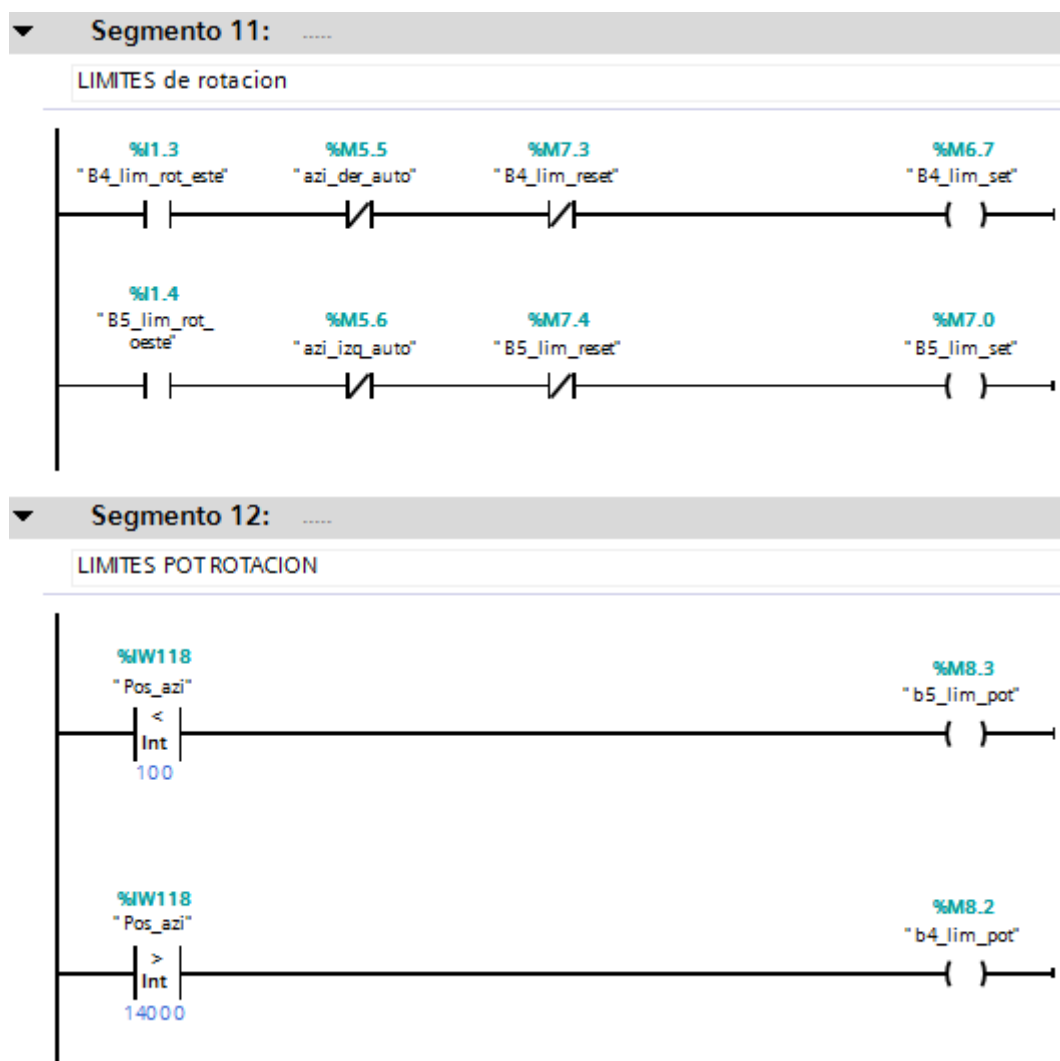


Figura 58: Límites de posición movimiento de rotación

Fuente: Los Autores

El movimiento de rotación es un poco más complejo que el de elevación, y esto debido a que el panel al pasar los 90° de elevación provoca que se deba invertir el sentido del movimiento. La señal indicadora para invertir el movimiento se la adquiere del potenciómetro del movimiento de elevación.

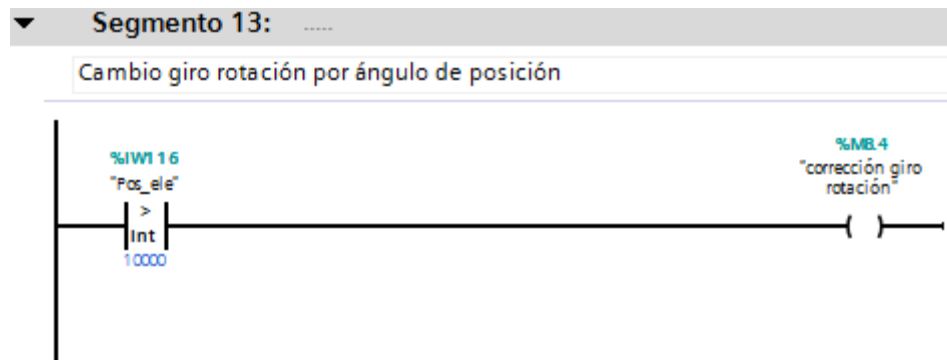


Figura 59: Señal corrección de giro

Fuente: Los Autores

Siguiente a esto se realiza la configuración en automático habilitado por el contacto de la marca M5.2 activada desde el HMI y el contacto de la salida del PID para de acuerdo a la lectura del divisor de voltaje de las LDR realizar la comparación, para esto usamos las instrucciones mayor y menor que, quienes comparan dicho valor con valores fijos (previamente probados en la práctica) establecidos en la programación para así activar marcas quienes indicarán hacia donde debe girar la estructura.

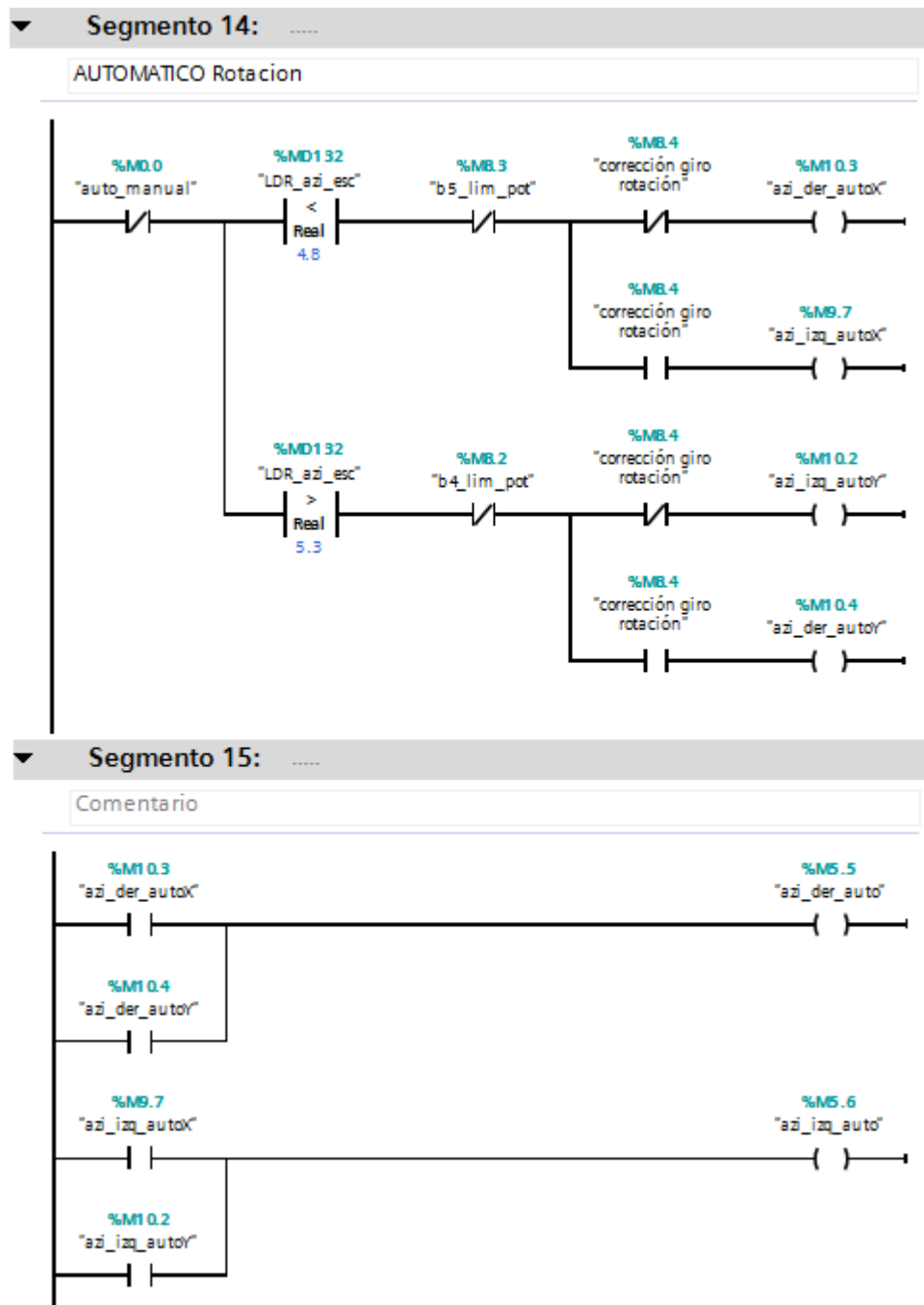


Figura 60: Programación automático movimiento de rotación

Fuente: Los Autores

Para el modo manual, activado por un contacto abierto de la marca M5.2 se utiliza la sencillez de activar salidas físicas del PLC a través de marcas configuradas en el HMI, las cuales serán utilizadas por el usuario cuando el sistema se encuentre en modo manual, pudiendo así posicionar el panel de acuerdo a lo que se requiera sin importar la posición del sol o para dejarlo fija en determinado ángulo según las necesidades del caso.

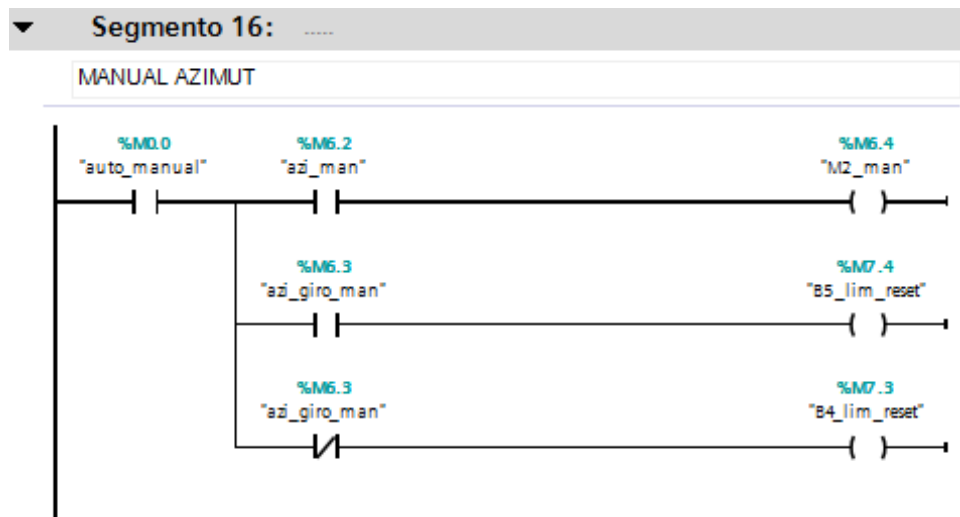


Figura 61: Programación manual movimiento de rotación

Fuente: Los Autores

Lo siguiente es activar el motor según los requerimientos y límites previamente establecidos en etapas anteriores, quienes a través de contactos abiertos y cerrados activarán y desactivarán el arranque del motor usando la salida Q1.2 así como el giro del mismo a través de la salida Q1.3.

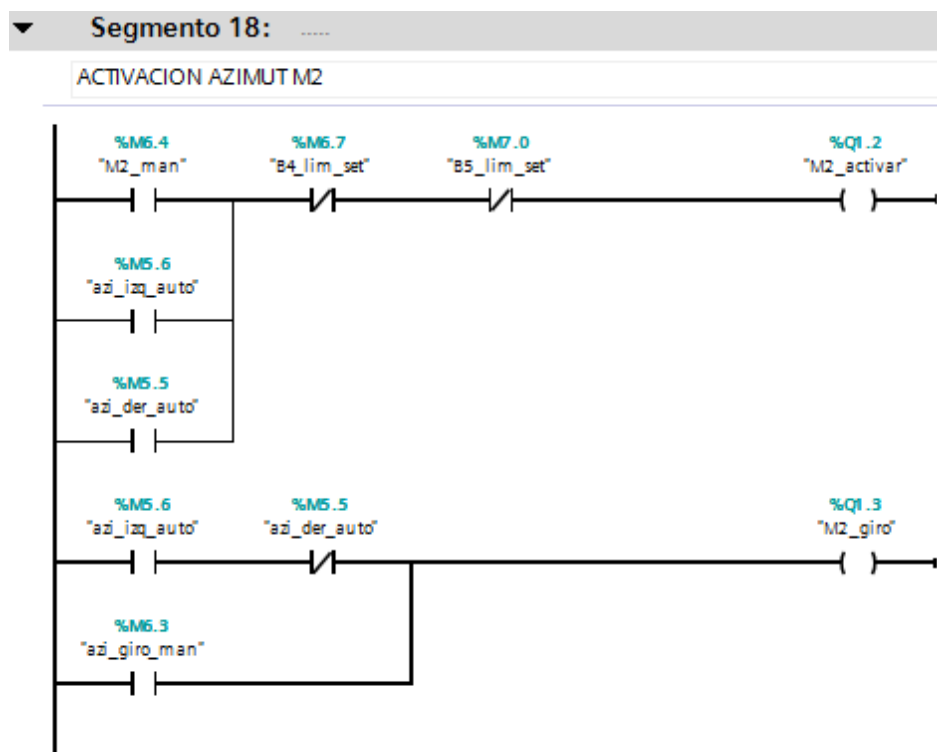


Figura 62: Programación activación movimiento de rotación

Fuente: Los Autores

Lo mostrado previamente hará funcionar el movimiento de rotación; para el movimiento de elevación funciona exactamente igual por lo que la programación es similar, a diferencia de los nombres de marcas, variables, contactos y salidas que no serán las mismas sino las usadas para el este movimiento, restando también la corrección de giro usada en el movimiento de rotación ya que en el de elevación no es necesario.

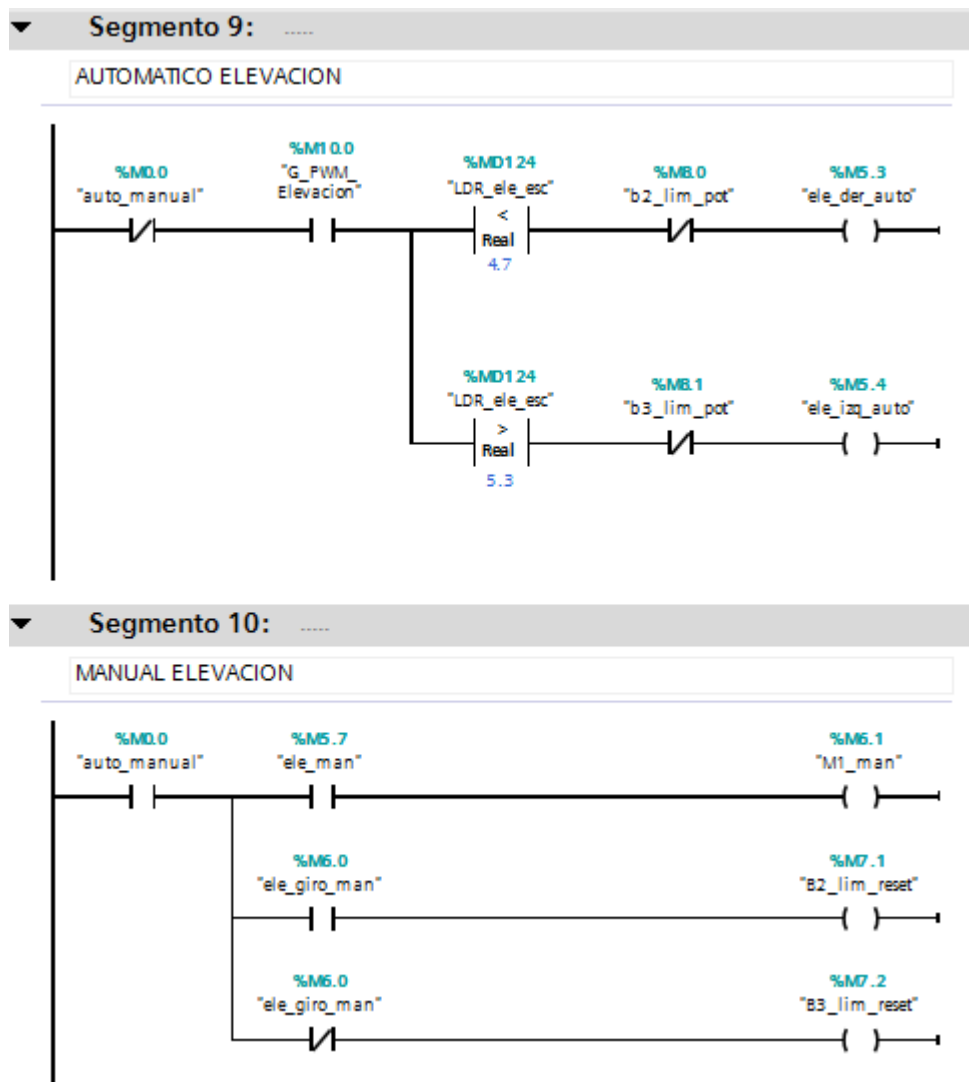


Figura 63: Automático y manual movimiento de elevación

Fuente: Los Autores

La activación del movimiento de elevación funciona exactamente igual a la de rotación, pudiendo ser controlada manualmente o en modo automático también, teniendo en cuenta siempre los límites de movimiento.

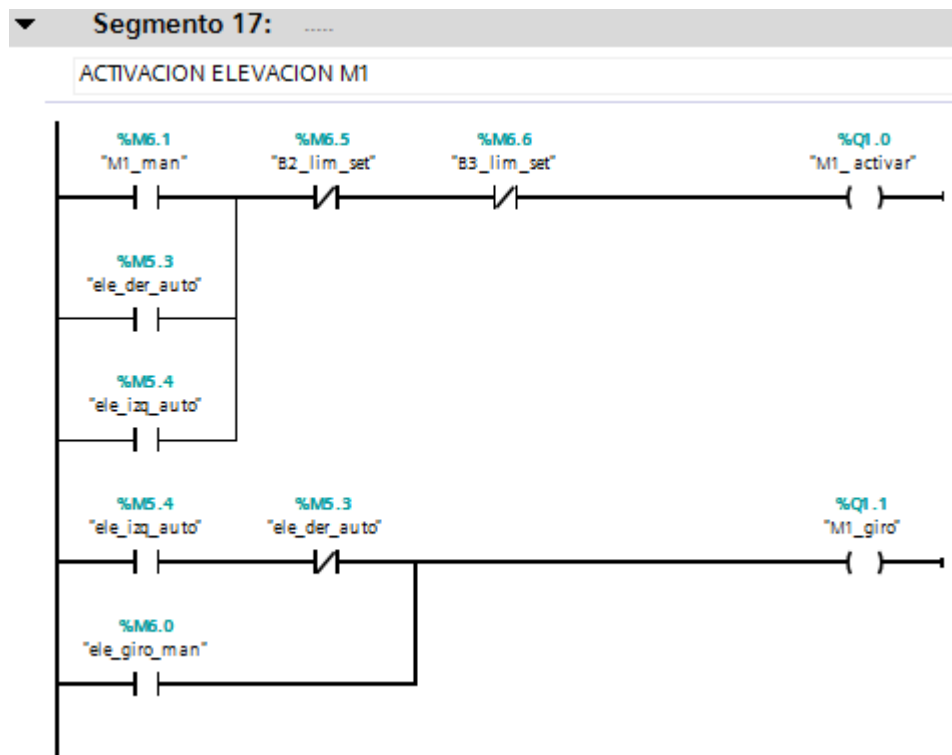


Figura 64: Activación movimiento de elevación

Fuente: Los Autores

4.2.5. Configuración PID

Se realiza el control PID con la función de tecnología llamada PID_Compact, la misma que se configurada y aplica en el programa de la siguiente manera.

Se crea otro bloque de organización tipo "Cyclic Interrupt" en los bloques de programa para aquí configurar la función PID; esto debido a que estos controles deben ser llamados en un intervalo de tiempo definido para la optimización de la calidad del control. Una vez hecho esto se agrega el objeto tecnológico PID_Compact, apenas hecho esto se abre la ventana de configuración donde aparecerán todas las características a editar.

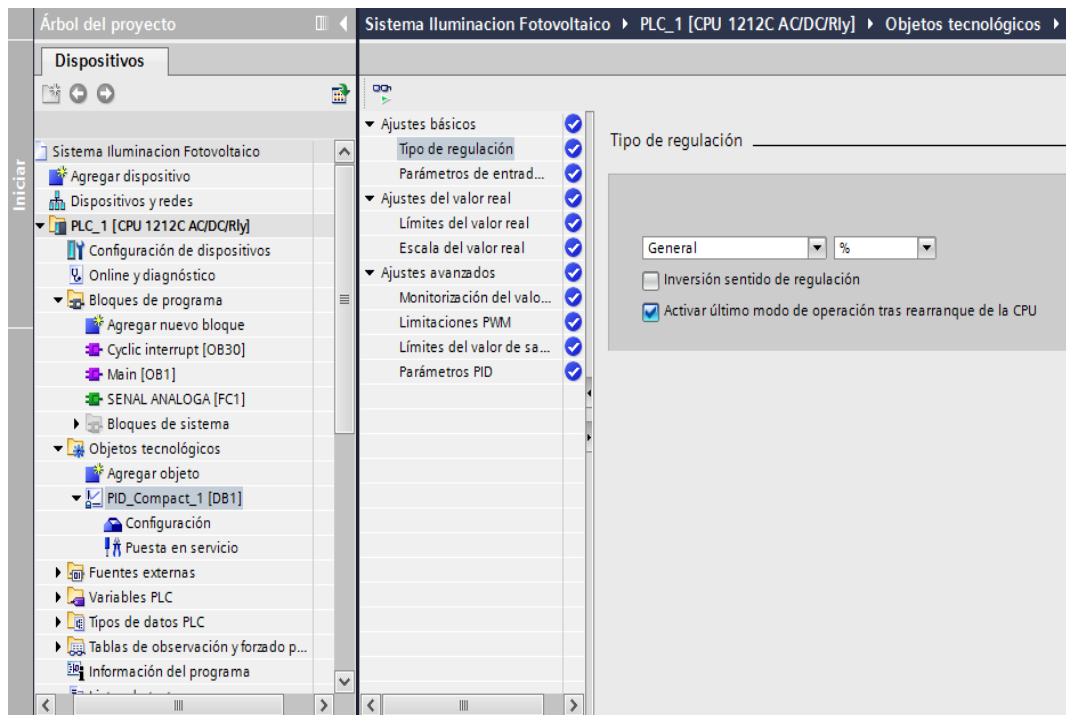


Figura 65: Configuración bloque PID_Compact

Fuente: Los Autores

Aquí se empieza a configurar todo el sistema PID, dentro de ajustes básicos en tipo de regulación se escoge que unidad física usar para mostrar el setpoint y el valor actual, en este caso será Tensión en Voltios. En parámetros de entrada/salida se escoge de entre los tipos de entrada y salida del sistema, la que se ajuste a nuestra necesidad que será para entrada Input_PER (analógica) y de salida Output_PWM.

Se continúa en Ajustes de valor real donde configuramos los límites del valor real, es decir, los límites de valor del proceso a escala que serán 0 y 10; y se configura también la escala del valor real que define los pares de valores para la conversión lineal en el proceso de escalado que quedarán de 0 a 10V en el eje vertical y de 0 a 27648 en el eje x.

En ajustes avanzados, se configura la Monitorización del valor real que permitió dar límites de advertencia del valor real, que se situaron en 1 y 9 para el inferior y superior respectivamente. Las limitaciones PWM permiten ajustar el tiempo de respuesta del actuador, es decir el tiempo mínimo de encendido y apagado; se lo configuró en 2 s para la conexión y 0.5 s para la desconexión. Los límites del valor de salida también se configuran permitiendo establecer el límite en porcentaje de la señal de salida que ayudara a desactivar el controlador en caso de error. El último punto a revisar son los Parámetros PID donde se pueden ingresar manualmente los parámetros del controlador; sin embargo no es necesario ya que más adelante durante la optimización, los parámetros son calculados automáticamente.

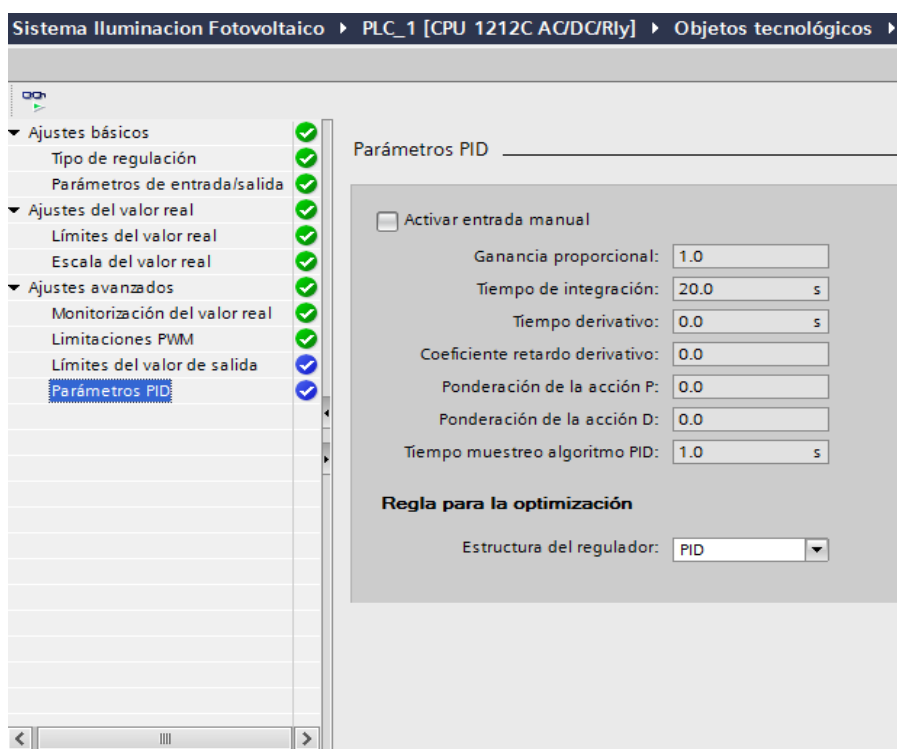


Figura 66: Configuración PID_Compact (Parámetros)

Fuente: Los Autores

Luego se abre el bloque Cyclic Interrupt y situamos el cuadro del PID y se le configura las entradas y salidas. El bloque se habilitara solo cuando se trabaja en modo automático habilitado por la marca M0.0, la entrada Input_PER corresponde a la entrada analógica de las LDR, el setpoint es el valor fijado en el cual se encuentra en equilibrio el panel con los rayos solares cayendo perpendicularmente a él; y por último

la salida Output_PWM que es asignada a una marca M10.0 que activará el trabajo a realizar en modo automático para el posicionamiento.

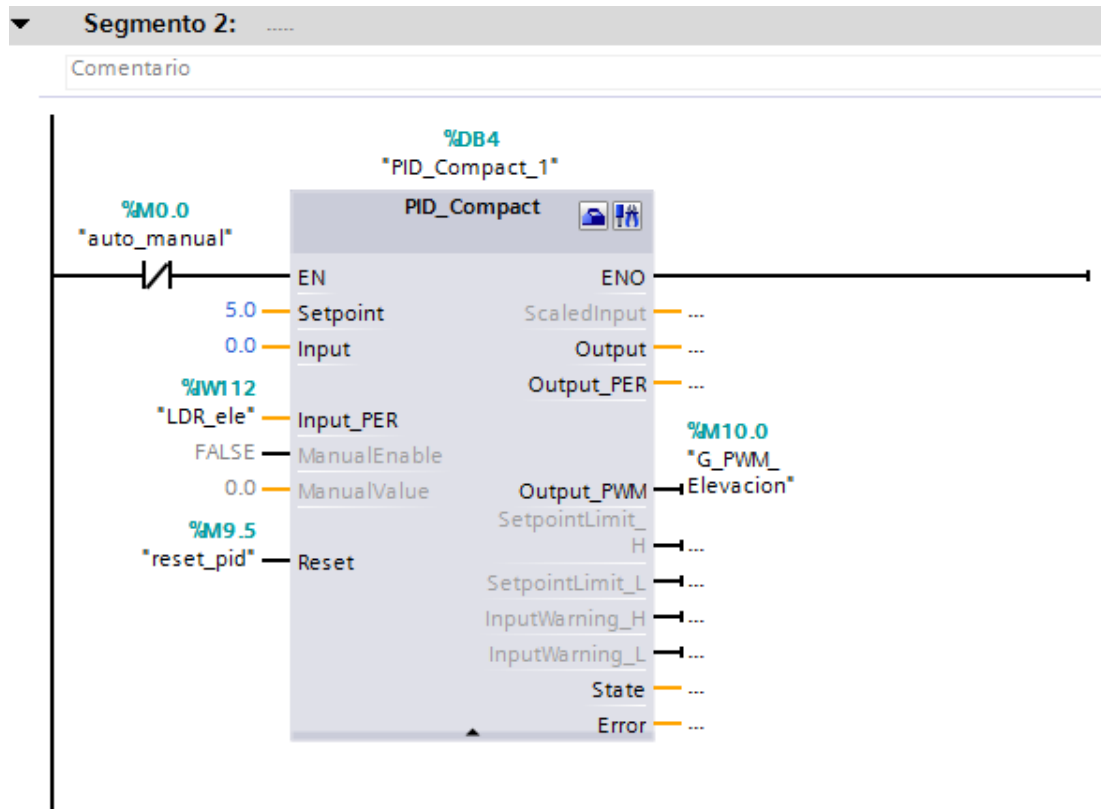


Figura 67: Ajuste de entradas y salidas Bloque PID_Compact

Fuente: Los Autores

Ahora se guarda, compila y carga el proyecto en el PLC para luego realizar la optimización durante la puesta en servicio, que configurará el controlador para el seteo automático durante el arranque y durante la operación.

Para esto primero se abre la puesta en servicio, se ingresa el tiempo de muestreo y se le da clic a Start en Medición; ahí el estado de la optimización indica que el controlador se encuentra en Modo desactivado / deshabilitado para luego darle Start también al modo de optimización inicial y arrancar el proceso con el programa corriendo en el PLC en tiempo real. Finalizada la optimización correctamente, el controlador va a

modo automático. Y podrán verse los valores que fueron determinados yendo al link Parámetros PID.

Parámetros PID

☒ Activar entrada manual

Ganancia proporcional:

Tiempo de integración: s

Tiempo derivativo: s

Coefficiente retardo derivativo:

Ponderación de la acción P:

Ponderación de la acción D:

Tiempo muestreo algoritmo PID: s

Regla para la optimización

Estructura del regulador: ▼

Figura 68: Parámetro PID obtenidos luego de la optimización

Fuente: Los Autores

CAPITULO 5: RESULTADO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

A fin de revisar y verificar el correcto funcionamiento del sistema propuesto se realizaron pruebas de Transferencia; posicionamiento; carga de batería y consumo con luminarias tipo fluorescentes y de tipo leds.

5.1. Pruebas de transferencia

La alimentación urbana; energiza la iluminación de ambos laboratorios, manteniendo a cada uno con 6 luminarias, además de energizar el control de posicionamiento de los paneles.



Figura 69: Estado de Iluminación con Alimentación Urbana

Fuente: Los Autores

Al existir un corte de energía y al regresar la energía de la red, el sistema espera un determinado tiempo y hace la transferencia de la alimentación urbana a la de respaldo y viceversa respectivamente.



Figura 70: Estado de Iluminación con Alimentación de Respaldo.

Fuente: Los Autores

Mientras el sistema se encuentre alimentado con la energía de respaldo, en ambos laboratorios encenderán solamente 3 lámparas logrando extender el tiempo de cobertura en caso de emergencia.

5.2. Pruebas de posicionamiento

Se supervisó el sistema de posicionamiento de los paneles durante el lapso de casi 9 horas pudiendo verificar el funcionamiento del mismo. El posicionamiento en modo automático, durante la mañana toma un ángulo de inclinación por debajo de los 90.



Figura 71: Toma de Posición (28 de marzo del 2015 - 9:15)

Fuente: Los Autores

Al llegar casi al medio día los paneles toman la posición de alrededor de 90 grados.



Figura 72: Toma de Posición (28 de marzo del 2015 - 11:57)

Fuente: Los Autores

Al finalizar la tarde toma el otro extremo de la posición llegando casi a los 180 grados.



Figura 73: Toma de Posición (28 de marzo del 2015 - 17:40)

Fuente: Los Autores

5.3. Prueba de cargas

Durante radiación solar directa el regulador de carga indica una corriente de carga de entre 3.5 y hasta 6.3 A.



Figura 74: Radiación Directa (28 de marzo del 2015 – 12:05)

Fuente: Los Autores

Al momento de darse solo radiación difusa, es decir haber solo un resplandor el regulador de carga marca una corriente de 1.5 hasta 2.5 A.



Figura 75: Radiación Difusa (28 de marzo del 2015 – 09:45)

Fuente: Los Autores

5.4. Pruebas de consumo

La utilización de tubos led presenta una gran ventaja respecto a las fluorescentes, lo que se pudo evidenciar midiendo el consumo de ambos tipos de luminarias. Mostrando así una carga de 2.68 A por laboratorio usando las fluorescentes.



Figura 76: Consumo con tubos fluorescentes (14 de marzo del 2015 – 10:00)

Fuente: Los Autores

Luego de ser cambiadas las fluorescentes por leds el consumo disminuyo a 1.29A.

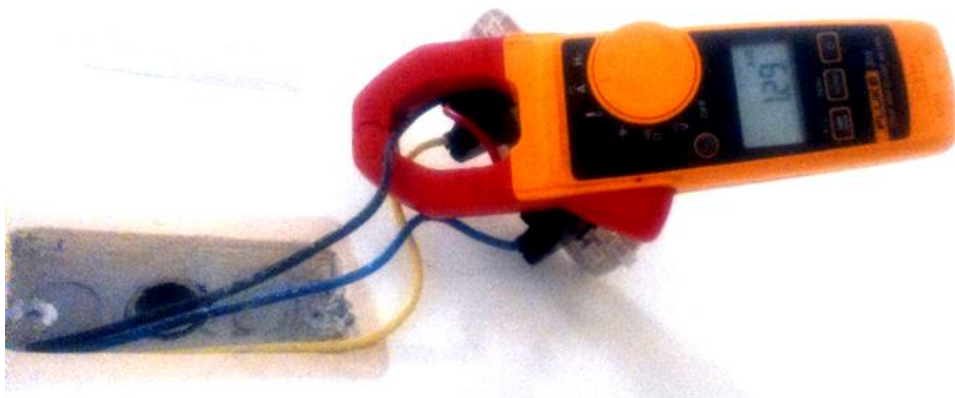


Figura 77: Consumo con tubos led (14 de marzo del 2015 – 14:30)

Fuente: Los Autores

El consumo completo del sistema en corriente alterna, incluyendo luminarias, control del posicionamiento y pérdidas del inversor es de alrededor 3.61A.

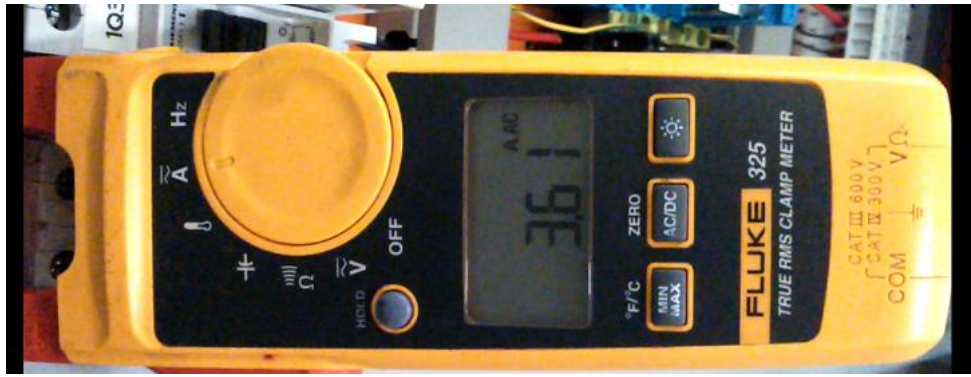


Figura 78: Consumo del sistema en AC (14 de marzo del 2015 – 14:50)

Fuente: Los Autores

El mismo consumo en corriente continua es de 27.6 A siendo visualizado en el regulador de carga.



Figura 79: Consumo del Sistema en DC (14 de marzo del 2015 – 14:50)

Fuente: Los Autores

5.5. Resultados obtenidos

Mediante la conexión de los paneles solares en paralelos se obtiene como resultado los siguientes datos:

Tabla 4

	VALORES OBTENIDOS
Voltaje Pmp [V]	17.58 V
Voltaje Vco [V]	21.70 V
Corriente Pmp [A]	6.26 A
Corriente Isc [A]	7.66 A
Potencia máx[W]	110 W

Nota: Características de paneles conectados en paralelo

Fuente: Los Autores

En el desarrollo de las pruebas se obtiene el comportamiento de los paneles solares dando las curvas características de carga. Mediante estas curvas se construye la siguiente tabla de datos captados cada media hora.

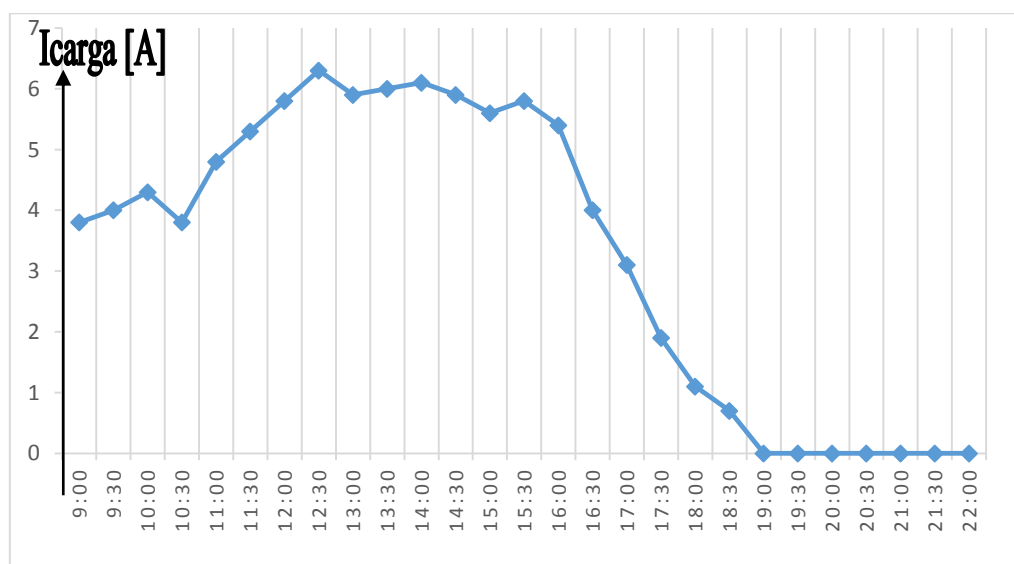


Figura 80: Curva característica de la corriente de carga

Fuente: Los Autores

Mediante la figura 80 podemos notar que existe una variación con la corriente de carga. Esta variación es debido a que no hay radiación directa y al percibir sombra proveniente de las nubes, el módulo fotovoltaico se ve afectado considerablemente dando lugar a una disminución considerable en el rendimiento del mismo.

En base a los resultados obtenidos el sábado 09 de mayo del 2015 y reflejados en la figura 80, se construye la siguiente tabla:

Tabla 5

Hora	Voltaje de Batería	Voltaje del Panel	Corriente de Carga	Corriente de Descarga	Angulo de Elevación	Angulo de Rotación
9:00	13,2V	15,7V	3,8A	26.5A	18°	15°
9:30	13,2V	16,2V	4A	26.7A	26°	18°
10:00	13,1V	16,6V	4,3A	26.9A	39°	22°
10:30	13,1V	15,5V	3,8A	27.0A	52°	38°
11:00	13,0V	16,3V	4,8A	27.4A	67°	49°
11:30	13,0V	17,1V	5,3A	27.6A	88°	58°
12:00	12,9V	16,2V	5,8A	27.7A	91°	65°
12:30	12,9V	16,6V	6,3A	27.9A	97°	73°
13:00	12,8V	15,5V	5,9A	27.9A	115°	81°
13:30	12,8V	16,3V	6A	28.1A	108°	85°
14:00	12,7V	16,1V	6,1A	28.3A	102°	90°
14:30	12,7V	15,5V	5,9A	28.4A	99°	110°
15:00	12,6V	16,3V	5,6A	28.6A	84°	119°
15:30	12,6V	17,1V	5,8A	28.7A	70°	127°
16:00	12,5V	16,2V	5,4A	28.9A	63°	136°
16:30	12,5V	16,6V	4A	29.2A	57°	145°
17:00	12,4V	15,5V	3,1A	29.2A	39°	152°
17:30	12,4V	14,3V	1,9A	29.5A	17°	166°
18:00	12,3V	12,1V	1,1A	29.7A	8°	171°
18:30	12,3V	11,2V	0,7A	29.7A	0°	173°
19:00	12,2V	0V	0A	29.9A	0°	175°
19:30	12,1V	0V	0A	30.0A	0°	175°
20:00	12,0V	0V	0A	30.3A	0°	175°
20:30	11,9V	0V	0A	30.7A	0°	175°
21:00	11,8V	0V	0A	30.9A	0°	175°
21:30	11,7V	0V	0	31.1A	0°	175°
22:00	11,6V	0V	0	31.5A	0°	175°

Nota: Característica por radiación solar variable

Fuente: Los Autores

Mediante la tabla 5 podemos observar que el sistema a partir del mediodía hasta las entrega una mayor ganancia esto es debido a que se obtiene una mayor radiación solar ya que llega a una corriente de carga de 6.3 amperios, por otro lado la radiación obtenida es de forma directa logrando cargar la batería de una manera más prolongada.

CONCLUSIONES

Al finalizar el desarrollo del presente proyecto de tesis y poder verificar la potencia suministrada por los paneles y almacenada en la batería, y a su vez el consumo de la misma a través de la iluminación de los laboratorios, se puede concluir y constatar la eficiencia energética que posee el sistema fotovoltaico

- Basado en los cálculos realizados en la propuesta se pudo elegir los equipos de adquisición de datos, actuadores y estructura de soporte, para la implementación del sistema híbrido de energía eléctrica a base de energías renovables no convencionales (Sistema fotovoltaico) para la Universidad Politécnica Salesiana sede de Guayaquil Bloque B.
- Mediante las pruebas obtenidas, el sistema fotovoltaico se ve afectado considerablemente al pasar nubes provocando sombras o al existir solo radiación difusa, dando lugar a una disminución considerable en el rendimiento y provocando movimientos innecesarios en la estructura.
- De acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 5, tomados el sábado 09 de mayo del 2015, se verifica que el sistema es capaz de suministrar energía por 5 horas con la batería cargada al 100% durante el día, durante la noche el sistema es capaz de suministrar energía por 2 horas con la batería cargada al 100%. Pasado de esas horas el sistema de iluminación se pone en intermitencia durante 30 min, fuera de eso el sistema automáticamente se suspende.
- Mediante las pruebas realizadas podemos determinar que el sistema fotovoltaico con dos grados de libertad mediante un controlador lógico programable es totalmente eficiente en comparación a un sistema estático ya que se obtiene una mayor ganancia durante el día.

RECOMENDACIONES

Realizar un mantenimiento general del sistema cada determinado período de tiempo, engrasar las chumaceras y rodamientos y mantener limpia la superficie de los módulos fotovoltaicos, ya que de esto depende poder obtener la máxima potencia de los mismos.

En caso de no existir cortes de energía por largos períodos de tiempo, se recomienda habilitar manualmente el consumo desde la batería para realizar el ciclo descarga / carga, cuidando así el estado de la batería y prolongando la vida útil de la misma.

CRONOGRAMA

El siguiente Cronograma muestra las actividades realizadas por los autores durante el tiempo que tomó desarrollar el proyecto.

Tabla 6

ACTIVIDADES	OCT 2014				NOV 2014				DIC 2014			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Investigación de PLC S7-1200, módulos de entradas y salidas, software, control y aplicaciones.												
Investigación de paneles solares, baterías selladas, reguladores de carga e inversores; control y conexiones.												
Investigación y diseño de sistemas fotovoltaicos												
Diseño de estructura móvil de 2 grados de libertad.												
Definición de materiales, equipos y herramientas a utilizar.												
Cotización de materiales, equipos y herramientas.												
Adquisición de materiales, equipos y herramientas.												
Construcción mecánica de la estructura móvil.												

Acople de chumaceras, bocines, rodamientos y ejes para el movimiento.													
Acople de motores y caja reductora a la estructura.													
Diseño de planos de tablero de control.													
Instalación de elementos dentro del tablero de control.													

Nota: Cronograma de actividades Octubre – Diciembre

Fuente: Los Autores

Tabla 7

ACTIVIDADES	ENE 2015				FEB 2015				MAR 2015			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Cableado y conexiones de elementos dentro del tablero de control.												
Instalación y cableado de sensores, potenciómetros y paneles en la estructura.												
Instalación y conexión de luminarias en laboratorios de la Universidad												
Cableado desde laboratorios hacia panel de breakers y hacia ubicación del tablero de control y estructura.												

Conexión y configuración de PLC S7-1200 con sensores y actuadores.												
Diseño y programación pantalla HMI												
Programación PLC S7-1200 de seguridades, lectura de datos y control.												
Configuración regulador PID												
Instalación y conexión de tablero de control en la Universidad Salesiana.												
Instalación y conexión de estructura móvil en terraza de la Universidad.												
Pruebas y ajustes del funcionamiento del control y supervisión del posicionamiento automático del panel.												
Finalización del proyecto.												

Nota: Cronograma de actividades Enero – Marzo

Fuente: Los Autores

PRESUPUESTO

✓ Recurso Humano

Los autores de este proyecto:

- Kleber Walter León Yungaicela
- Iván Douglas Morán Gorozabel

Profesor tutor de la tesis: Ing. Luis Neira.

✓ Materiales

Tabla 8

MATERIALES			
Descripción del Producto	Costo Unitario	Cantidad	Total
PLC Siemens S7-1200 CPU 1212C	\$ 509.6	1	\$509.6
HMI KTP 400 Mono	\$672	1	\$672
Módulo digital SM 1223 DI16/DQ16 x 24V DC	\$555.52	1	\$555.52
Módulo analógico SM 1231 AI4	\$443.52	1	\$443.52
Batería 12v / 150Ah	\$ 400	1	\$ 400
Inversor de voltaje Dc/Ac 750W	\$ 80	1	\$ 180
Tubo leds de 22w / 110-220v / 1.20m	\$ 27	25	\$ 675
Regulador de carga 30A	\$ 50	1	\$ 50
Tablero metálico 60x80x30	\$130	1	\$130
Sensores Inductivos 24V M8	\$48	4	\$192
Conectores M8 con cable	\$32	4	\$128
Potenciómetros 1k	\$1	2	\$2
Caja plástica de borneras	\$18	1	\$18
Borneras de 3 puntos	\$2.5	20	\$50
Borneras de 2 puntos	\$1.7	32	\$54.4

Breaker 2 polos 25A Schneider Electric	\$21.16	1	\$21.16
Breaker 1 polo 20A Schneider Electric	\$9.16	1	\$9.16
Breaker 2A DC Siemens	\$18.35	1	\$18.35
Temporizador Camsco 110V con base	\$20.75	1	\$20.75
Relé Camsco 110V con base	\$7.5	4	\$30
Relé 24V Finder con base	\$28.22	8	\$225.76
Fuente DC 24V 4A	\$132.27	1	\$132.27
Cable concéntrico 20x18	\$8.5	40 mtrs.	\$340
Cable flexible THHN #12	\$ 26	2 rollos	\$ 52
Motores de 24v	\$ 450	2	\$ 900
Caja reductora ¼ a 9	\$ 85	1	\$ 85
Caja reductora ¼ a 13	\$130	1	\$130
Chumaceras	\$10	2	\$20
Estructura Metálica y anexos	\$ 500	---	\$ 500
Gastos Varios	\$300	---	\$ 500
TOTAL			\$ 6844.49

Nota: Presupuesto del Proyecto

Fuente: Los Autores

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ La Hora (2010). Ecuador Consume. Recuperado de:
http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101556358/1/Ecuador_consume#.VTANnyF_Oko
- ✓ Sitio Solar (2013). Los paneles Solares Fotovoltaicos. Recuperado de:
<http://www.sitiosolar.com/los-paneles-solares-fotovoltaicos/>
- ✓ Ecured (2013). Radiación Solar. Recuperado de:
http://www.ecured.cu/index.php/Radiaci%C3%B3n_solar
- ✓ Repositorio Educación Superior (2012). Estudio de viabilidad de un sistema energético sostenible en la isla Cerro de los Morreños - Ecuador. Recuperado de:
<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/107/1/Estudio%20de%20viabilidad%20de%20un%20sistema%20energ%C3%A9tico.pdf> – pág. 11.
- ✓ Paneles Fotovoltaicos (2011).Funcionamiento de un panel Fotovoltaico. Recuperado de: <http://paneles-fotovoltaicos.blogspot.com/2013/01/que-es-y-como-funciona-un-panel.html>
- ✓ Sitio Solar (2013). Los Paneles Solares Fotovoltaicos. Recuperado de:
<http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>
- ✓ Renova Energía (2014). Energía solar Fotovoltaica. Recuperado de:
http://www.renova-energia.com/energia_renovable/energia_solar_fotovoltaica.html
- ✓ Ingeniería Verde (2014). Energía Solar. Recuperado de:
<http://www.ingenieriaverde.org/preguntas-frecuentes/>
- ✓ Calculationsolar (2014). Cálculos de Instalación Fotovoltaica. Recuperado de:
<http://calculationsolar.com/blog/>

- ✓ V. González, (2002). Sensores. Recuperado de:
http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/sistema/sensores.htm

- ✓ Ayudaelectrónica (2009). Fuentes de alimentación. Recuperado de:
<http://ayudaelectronica.com/fuente-lineal-vs-fuente-conmutada/>

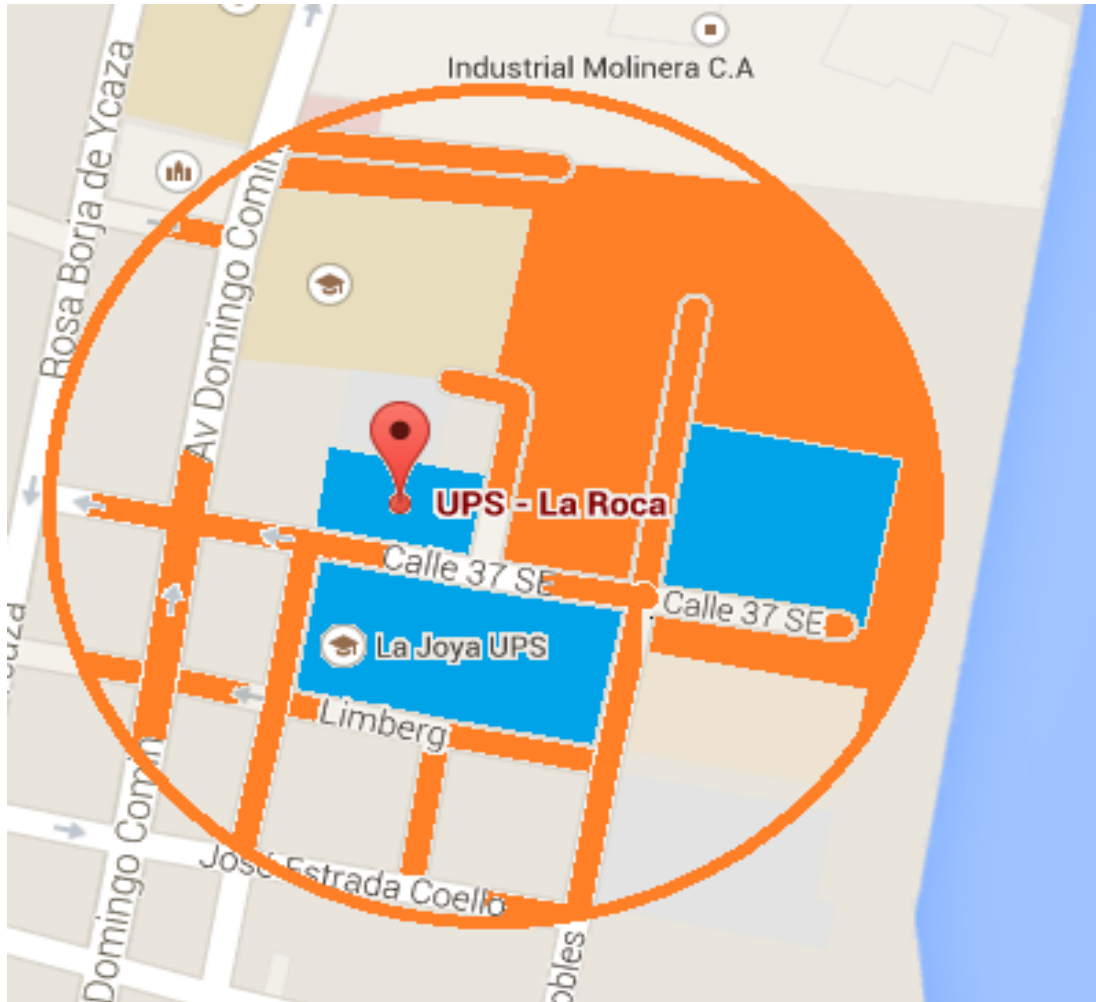
- ✓ Ehow en Español (2013). Recuperado de:
http://www.ehowenespanol.com/funcionan-interruptores-transferencia-electrica-como_48652/

- ✓ Swe.siemens (2009). Manual S7-1200. Recuperado de:
<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

- ✓ Conelec. (2008) Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica. Recuperado de: http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf.

ANEXOS

- ❖ Ubicación donde se implementó el sistema de respaldo fotovoltaico



Ubicación del bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana.

Fuente: Google maps

Latitud: -2.219915

Longitud: -79.888009

PLANOS ELÉCTRICOS

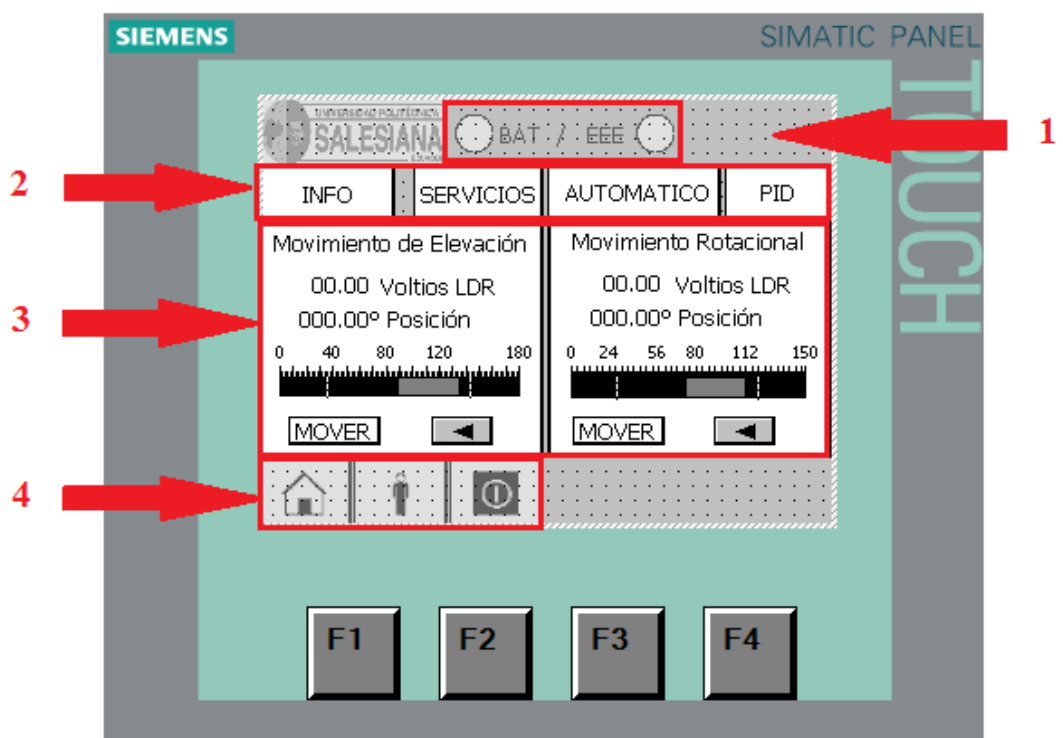
MANUAL OPERATIVO

MANUAL OPERATIVO

El presente sistema consta con una interfaz agradable al usuario que permite el correcto manejo y mantenimiento del proyecto, permitiendo no solo maximizar el rendimiento del mismo sino detectar y corregir posibles futuros fallos dado que facilita las visualizaciones del estado de variables de entrada y salida tanto digitales como analógicas.

La pantalla principal del programa se muestra a continuación constando de las siguientes partes:

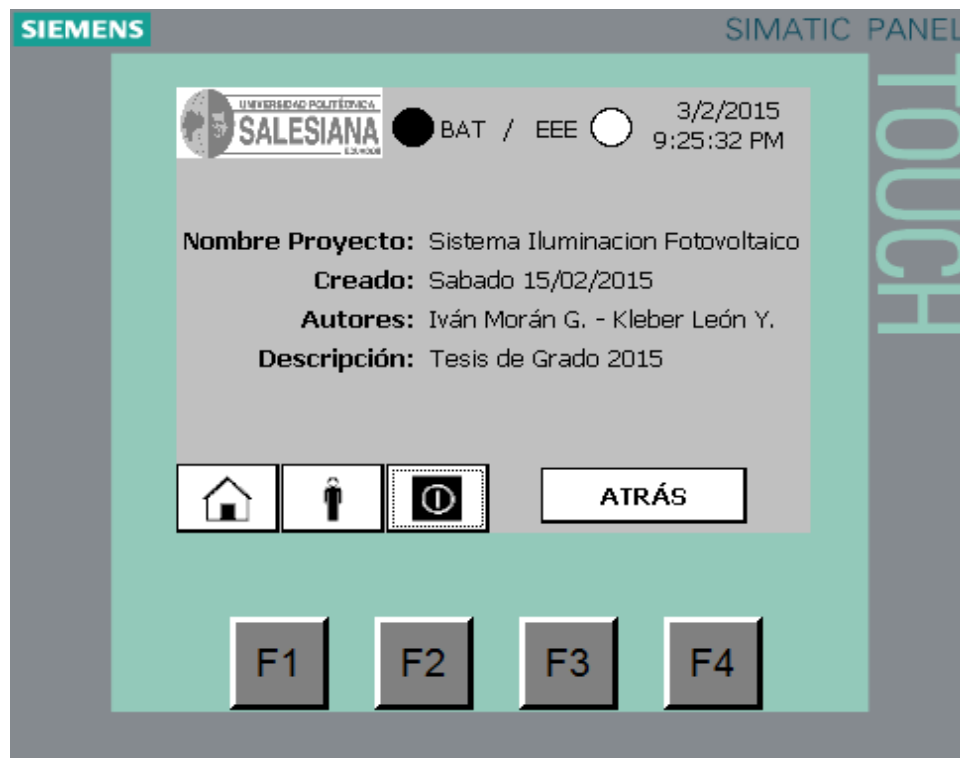
1. Estado de Alimentación del Sistema (Batería o Servicio Eléctrico General)
2. Botones de comando del sistema
3. Visualización y control manual de ángulos de elevación y rotación.
4. Botones del sistema

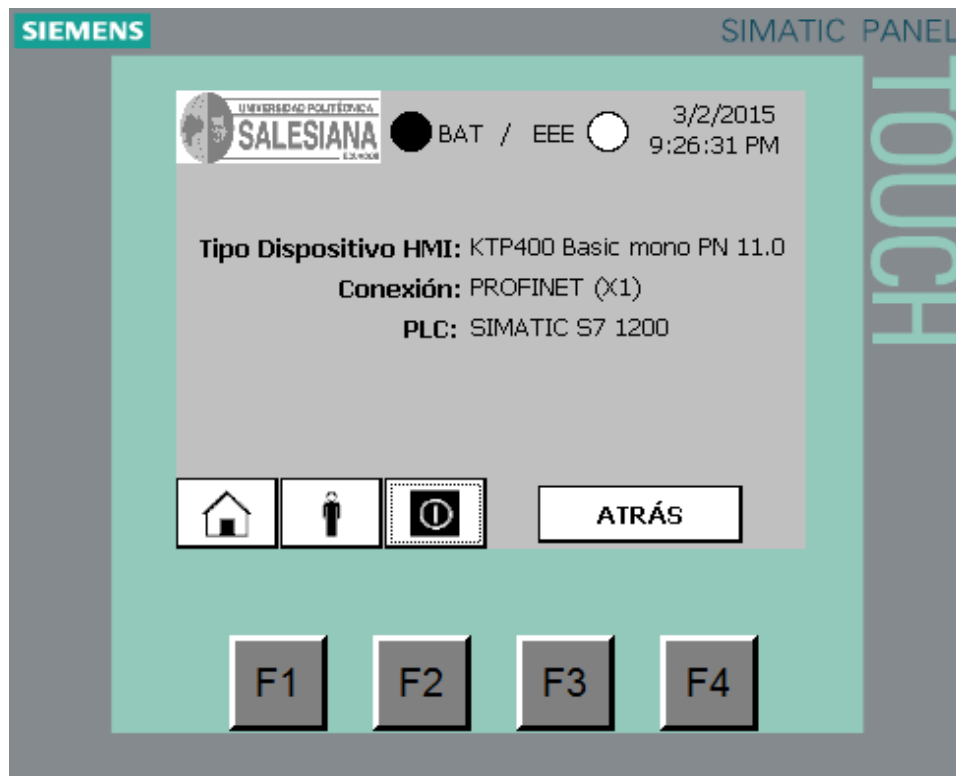


El estado de alimentación del sistema indicará a través de leds si el sistema se encuentra energizado a través de la batería o del CONELEC.

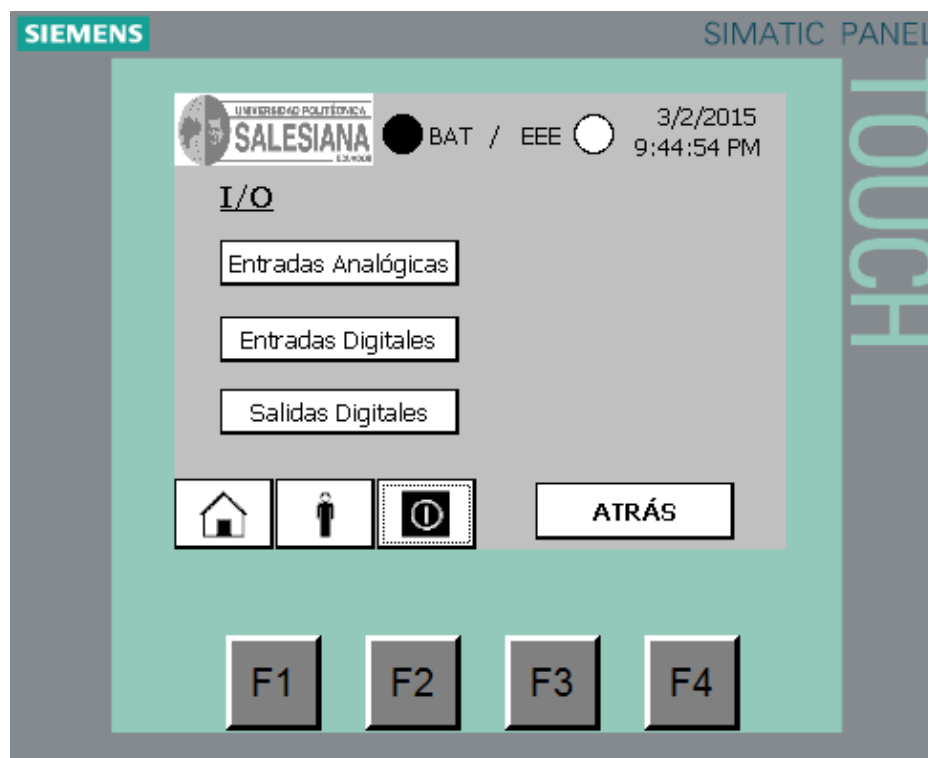
Los botones de comando son cuatro, cada uno presentándonos diferentes opciones.

EL botón INFO abre una nueva ventana que nos permitirá escoger entre visualizar Información del sistema y del proyecto mostrándonos datos como nombre, fecha de creación y autores del proyecto, además de la información de los dispositivos de control, visualización y de red como modelo y versión.





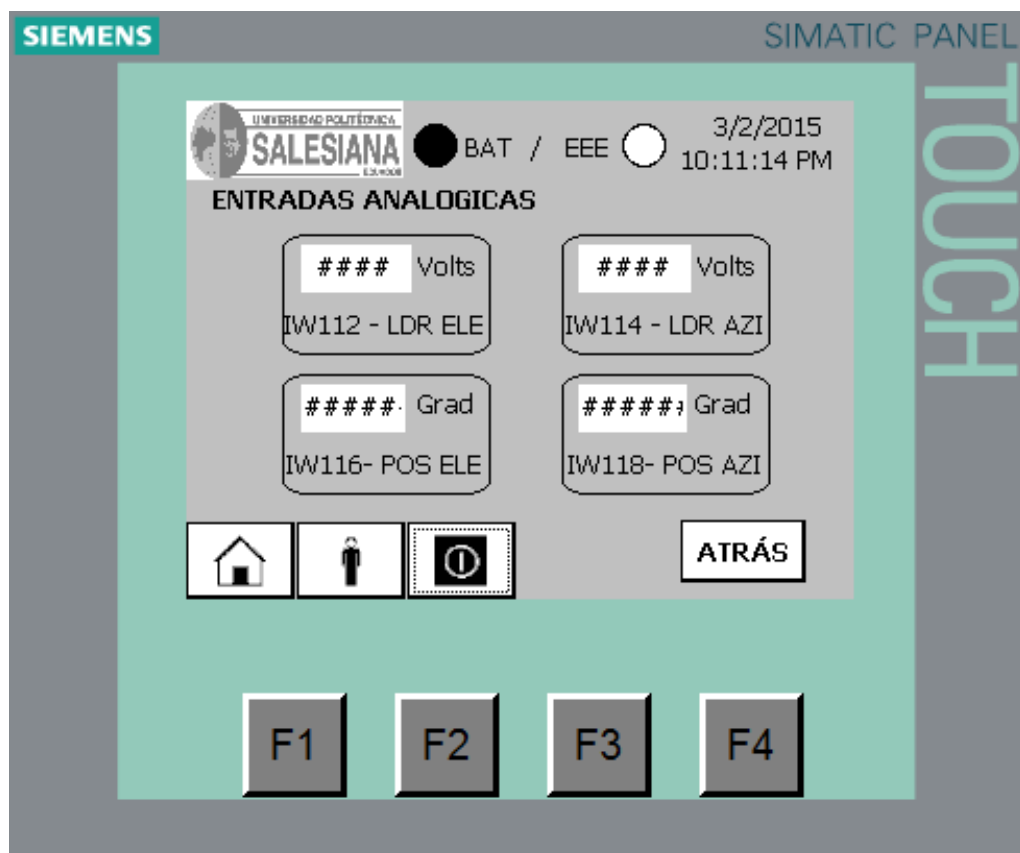
El siguiente botón SERVICIOS nos permitirá visualizar el estado de todas las entradas y salidas tanto digitales como analógicas, además de permitir manipular las salidas digitales cuando está activado el modo manual.



En esta pantalla simplemente escogemos que tipo de variables queremos visualizar. Dentro de entradas analógicas encontramos el valor de voltaje del circuito de LDRs y el valor en grados de la posición de elevación y de rotación.

El valor de las LDR puede variar de 0 a 10 V dependiendo del ángulo de incidencia de la radiación solar, manteniéndose por lo regular dentro de valores medios entre 4 a 6 V ya que es cuando los rayos golpearán los paneles perpendicularmente a ellos consiguiendo la mayor eficiencia en el proceso fotovoltaico.

La posición será indicada en grados yendo de 0 a 180 grados el eje de elevación y de 0 a 160 grados el de rotación; este valor será la posición real de los paneles con respecto a la posición en la estructura.



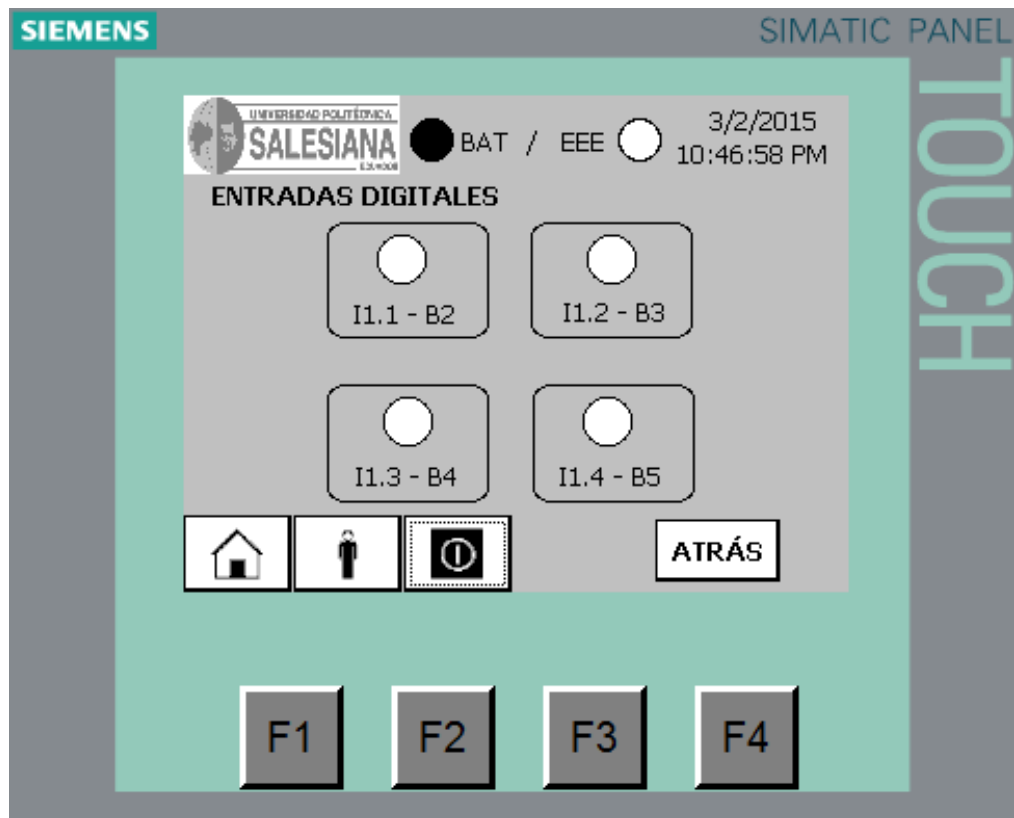
En entradas digitales podemos observar el estado de las mismas, las cuales se mencionan a continuación:

I1.1 – B2: Sensor tope este del eje de elevación.

I1.2 – B3: Sensor tope oeste del eje de elevación.

I1.3 – B4: Sensor tope este del eje de rotación.

I1.4 – B5: Sensor tope oeste del eje de rotación.



En salidas digitales, encontramos la particularidad que no solo podemos visualizar el estado de las salidas sino también manipularlas, claro está siempre y cuando nos encontremos con el sistema operando en modo manual. En modo automático solo podrán ser visualizadas.

Q1.0 – M1: Activación motor M1 de elevación

Q1.1 – U M1: Selección de giro motor M1 de elevación

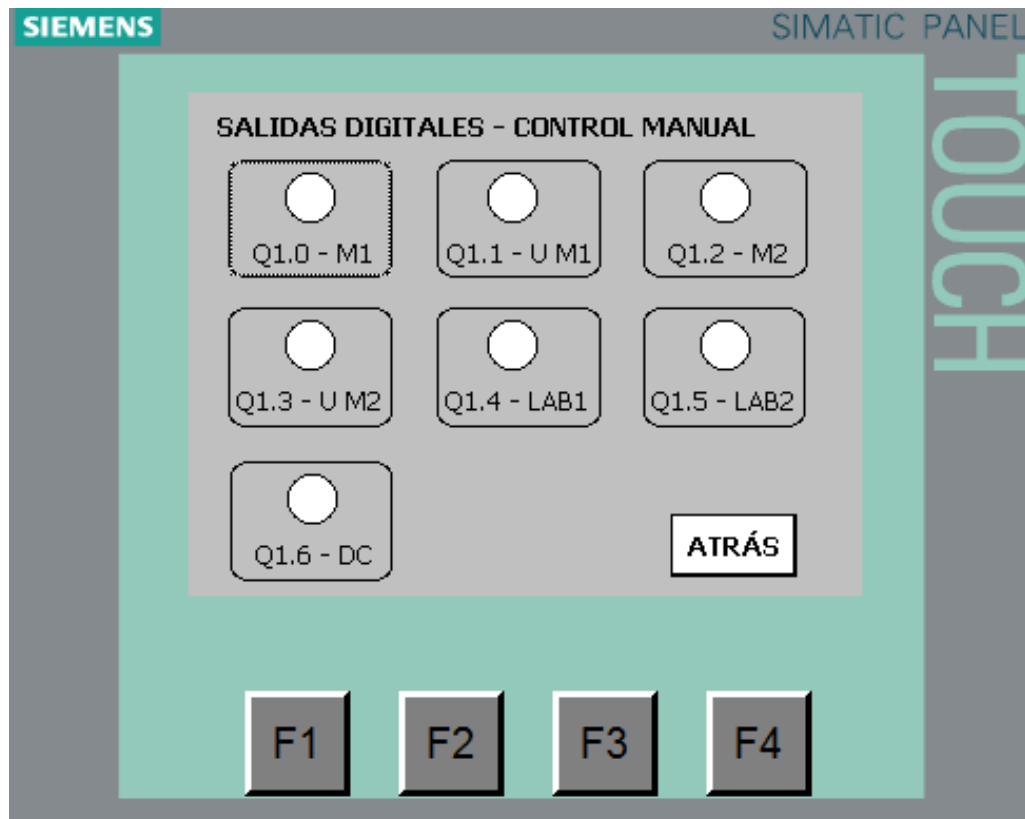
Q1.2 – M2: Activación motor M2 de rotación

Q1.3 – U M2: Selección de giro motor M2 de rotación

Q1.4 – LAB1: Activación / Desactivación luminarias Laboratorio 1

Q1.5 – LAB2: Activación / Desactivación luminarias Laboratorio 2

Q1.6 – DC: Activación / Desactivación de alimentación DC del sistema

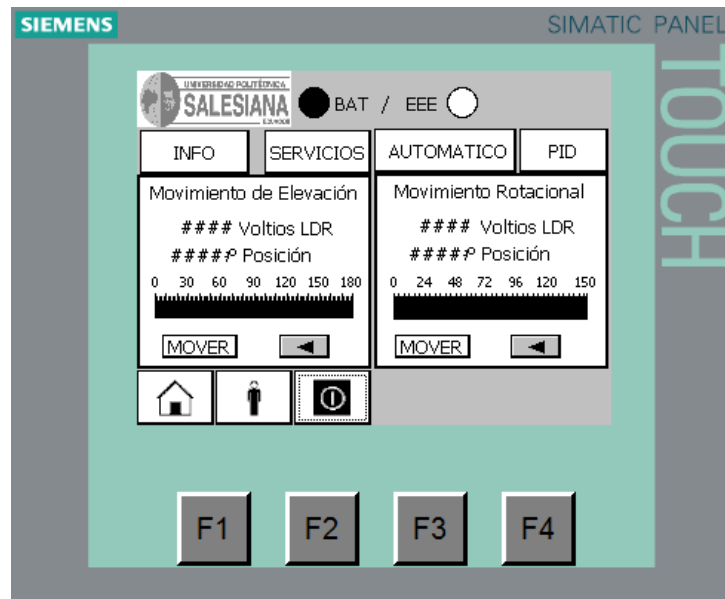


El siguiente botón a analizar es a considerar el más importante a pesar de su sencillez, ya que nos permite establecer el modo de funcionamiento de nuestro sistema, pudiendo escoger entre manual y automático.

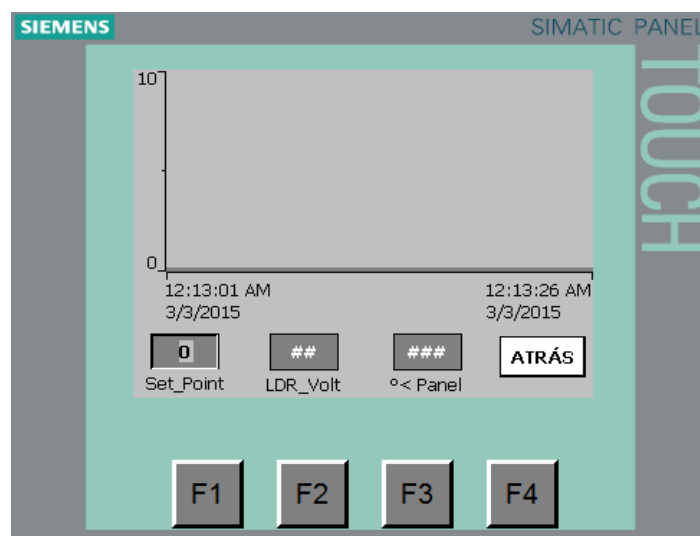
Modo Automático: El sistema trabajará de manera independiente, los paneles se posicionarán automáticamente buscando la mayor eficiencia del sistema. Se podrán visualizar el estado de todas las entradas y salidas, además de la gráfica de control PID.

Modo Manual: El sistema no hará proceso alguno, a menos que sea activado por el usuario cada movimiento independientemente uno del otro; limitado solo por los topes

de posición. Se podrán visualizar todas las entradas y salidas, además de poder manipular todas las salidas, permitiendo activar y desactivar todo el control del sistema.



En el último botón de comando encontramos las gráficas PID del posicionamiento de elevación y rotación, es así que solo escogemos cual deseamos visualizar y se abrirá otra ventana mostrando la gráfica, el setpoint de 5 V que es el punto de equilibrio en el que los rayos inciden perpendicularmente sobre los paneles, además del voltaje de las LDR y el ángulo de posición de los paneles.

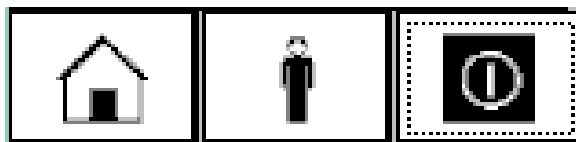


Visualización y control manual de ángulos de elevación y rotación

Aquí podemos siempre visualizar la posición de los paneles de elevación y rotación, y en modo manual podremos también manipular los mismos.



Los botones del sistema son simples de manejar y muy útiles también. El primero nos permite regresar a la pantalla de inicio sin importar dentro de que pantalla nos encontremos siendo de gran ayuda cuando se requiere cambiar un estado o visualizar algo de manera rápida sin pasar a través de varias pantallas. El siguiente botón es de usuario, pero en esta aplicación no se le dará gran uso. Por último tenemos el botón de apagado del programa, que cerrará el sistema, enviándonos a la pantalla de configuración del HMI.



FICHA TÉCNICA DE BATERÍA



RA12-150 (12V150Ah)

RA series is a general purpose battery with 10 years design life in float service. It meets with IEC, JIS and BS standards. With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, medical equipment, emergency light and security system applications.



Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	150Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 44.5 Kg (Tolerance $\pm 1.5\%$)
Max. Discharge Current	1500A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 4 m Ω
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C $\pm 5^\circ\text{C}$
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	45A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F5/F12
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



MH28539



04020206-0910-E-16



CERTIFICATE

Provision 42101
in conformity with
ISO 14001:2004 Standard

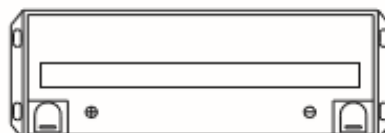
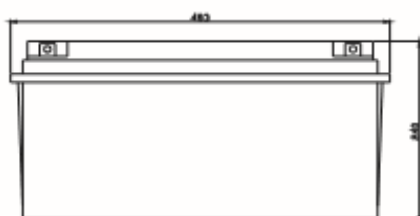


CERTIFICATE

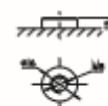
Provision 42101
in conformity with
ISO 14001:2004 Standard

Dimensions

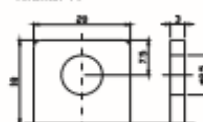
Unit: mm Dimension: 483(L)×170(W)×240(H)



Terminal F12



Terminal F5



Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)

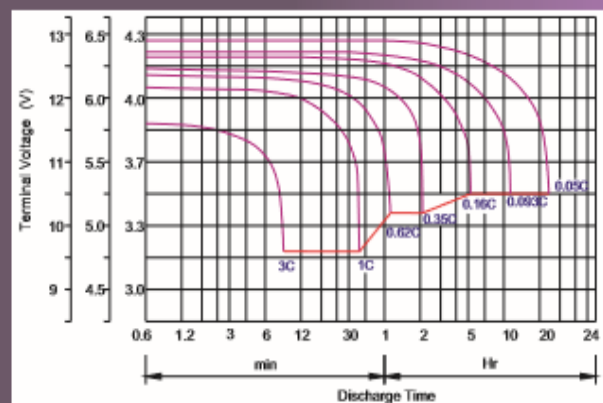
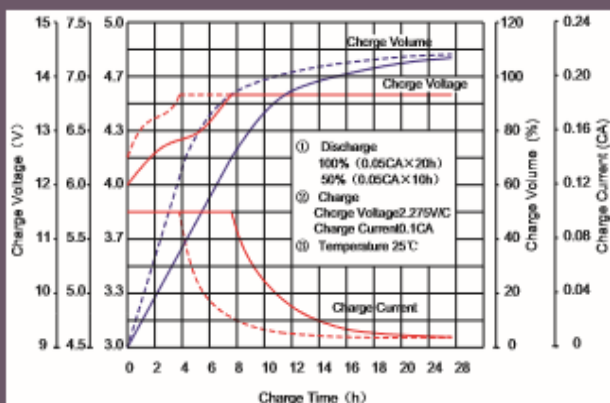
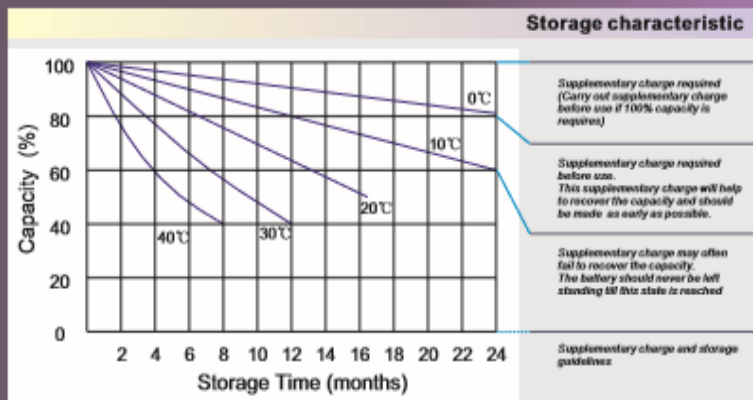
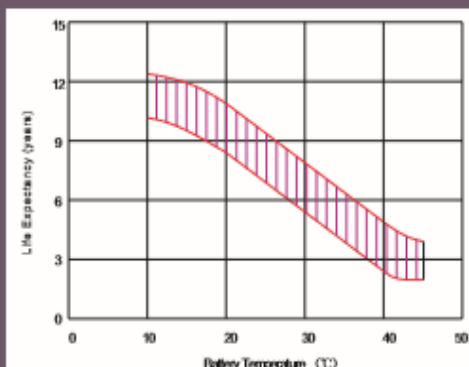
F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	452.4	337.8	272.1	150.7	93.63	57.81	39.28	31.68	26.29	17.32	15.61	8.26
10.0V	439.3	321.4	266.5	148.8	92.38	56.64	38.56	31.23	26.06	17.25	15.46	8.11
10.2V	426.3	310.1	262.4	146.5	91.50	56.04	38.21	30.91	25.89	17.10	15.30	7.95
10.5V	382.8	286.1	249.8	142.5	90.38	55.31	37.87	30.46	25.67	16.94	15.15	7.80
10.8V	345.5	260.9	230.3	137.8	89.12	54.85	37.43	29.41	25.55	16.87	15.01	7.72
11.1V	295.0	233.2	206.5	132.5	87.01	52.65	36.70	28.99	25.36	16.74	14.84	7.41

Constant Power Discharge Characteristics: W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	4679	3598	2993	1725	1085	677.4	462.5	379.1	315.0	207.4	187.2	99.54
10.0V	4587	3487	2945	1707	1075	669.1	455.6	373.8	312.2	206.6	185.7	97.81
10.2V	4534	3395	2912	1692	1069	664.4	453.6	370.3	310.3	205.0	184.1	96.00
10.5V	4128	3162	2778	1658	1062	656.0	449.9	365.3	307.8	203.3	182.2	94.19
10.8V	3760	2914	2567	1619	1048	651.1	444.9	353.0	306.4	202.4	180.4	93.28
11.1V	3302	2635	2311	1574	1033	626.7	437.4	347.9	305.3	201.0	178.5	89.94

All mentioned values are average values(Tolerance $\pm 2\%$).

RA12-150



Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
GEL Battery	6V&12V	50%	70%	83%	85%	90%	98%	100%	102%	104%	105%
	2V	60%	75%	85%	88%	92%	99%	100%	103%	105%	106%
AGM Battery	6V&12V	46%	66%	76%	83%	90%	98%	100%	103%	107%	109%
	2V	55%	70%	80%	85%	92%	99%	100%	104%	108%	110%

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/cell	1.75V	1.70V	1.60V
Discharge Current (A)	(A) ≤ 0.2C	0.2C < (A) < 1.0C	(A) ≥ 1.0C

Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2Cx2h+2.4-2.45V/cellx24h, Max. Current 0.3C
Constant Current	-0.2Cx2h+0.1Cx12h
Fast	-0.2Cx2h+0.3Cx4h

Bolt	M5	M6	M8
Terminal	F3 F4 F13 F18 T25 T26	F8 F11 F12-1 F15	F5 F9 F10 F12 F14 F16
Torque	6~7N·m	8~10N·m	10~12N·m

Maintenance & Cautions

Float Service:

※ Every month, recommend inspection every battery voltage.

※ Every three months, recommend equalization charge for one time.

Equalization charge method:

Discharge: 100% rate capacity discharge.

Charge: Max. current 0.3CA, constant voltage 2.4-2.45V/Cell charge 24h.

※ Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/°C/Cell.

※ Length of service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging voltage.