



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
ELECTRÓNICO PARA TRAZAR EL PERFIL DE RADIACIÓN
SOLAR EN LA TERRAZA DEL EDIFICIO “C” DE LA ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA, MEDIANTE PANELES SOLARES,
FIJO Y MÓVIL”

LUIS ALBERTO PABÓN HERRERA
DIANA GABRIELA TONATO PAUCAR

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AÑO 2012

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Luis Alberto Pabón Herrera y Diana Gabriela Tonato Paucar

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA TRAZAR EL PERFIL DE RADIACIÓN SOLAR EN LA TERRAZA DEL EDIFICIO “C” DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA, MEDIANTE PANELES SOLARES, FIJO Y MÓVIL”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 26 de Octubre del 2012

Luis Alberto Pabón Herrera

CC: 180413859-0

Diana Gabriela Tonato Paucar

CC: 180429015-1

CERTIFICADO

Ing. Eddie Galarza (DIRECTOR DE TESIS)
Ing. Mayra Erazo (CODIRECTOR DE TESIS)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA TRAZAR EL PERFIL DE RADIACIÓN SOLAR EN LA TERRAZA DEL EDIFICIO “C” DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA, MEDIANTE PANELES SOLARES, FIJO Y MÓVIL”, realizado por el Sr. Luis Alberto Pabón Herrera y la Srta. Diana Gabriela Tonato Paucar, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que en la ciudad de Latacunga no existe ningún sistema electrónico basado en paneles solares que permita medir el nivel de radiación solar, **SI** se recomienda la aplicación y publicación de este tema de tesis porque permite conocer el perfil de radiación solar para que pueda ser utilizado posteriormente por las personas que lo necesiten.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Se autoriza al Sr. Luis Alberto Pabón Herrera y a la Srta. Diana Gabriela Tonato Paucar que lo entregue a Ing. Eddie Galarza, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, 26 de Octubre del 2012

Ing. Eddie Galarza
DIRECTOR

Ing. Mayra Erazo
CODIRECTOR

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Luis Alberto Pabón Herrera y Diana Gabriela Tonato Paucar

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA TRAZAR EL PERFIL DE RADIACIÓN SOLAR EN LA TERRAZA DEL EDIFICIO “C” DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA, MEDIANTE PANELES SOLARES, FIJO Y MÓVIL”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 26 de Octubre del 2012

Luis Alberto Pabón Herrera
CC: 180413859-0

Diana Gabriela Tonato Paucar
CC: 180429015-1

DEDICATORIA

Nunca se sabe cuando y como sucederá un momento desafortunado, todo puede cambiar en un abrir y cerrar de ojos, por ello hay que disfrutar y agradecer cada momento de nuestras vidas que compartimos junto con las personas que queremos.

En memoria de mi querido sobrinito Franklin Adrián, quien me regaló muchísimos momentos de felicidad, con su inocencia me mostró el verdadero sentido de la vida y a pesar del poco tiempo que estuvo con nosotros siempre va a permanecer en mi mente y en mi corazón. Nuestra familia jamás te olvidará y en el lugar que te encuentres sé que vas estar bien.

Luis Alberto Pabón Herrera

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la salud y la sabiduría necesaria para culminar con éxito mi carrera.

A mis Padres Manuel y Rosita

“Los guías de mi vida”

En especial, a mi mami Rosita, por confiar en mí, por todos sus consejos, por su paciencia, amor, apoyo y esfuerzo.

A mi hermano Pablito

“Mi mayor ejemplo de superación

Y valentía”

Por su incondicional apoyo, su motivación constante y por ser mi inspiración a superarme día a día.

A mi hijito Christopher

“La razón de mi vida”,

Quien con su ternura, alegría y amor me brindó la fortaleza para cumplir con mi meta de ser una profesional.

Diana Gabriela Tonato Paucar

AGRADECIMIENTO

Quiero dar las gracias a Dios por concederme la salud necesaria para cumplir mis objetivos y desarrollarme como persona y profesional. Por mantener a mi familia siempre a mi lado en especial en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi sobrinito Leandro Matías por ser mi adoración, mi inspiración, por llenar nuestro hogar de muchísima alegría y compartir momentos inolvidables junto a mi familia.

A mis queridos padres: Marina y Luis, por brindarme el apoyo, cariño, paciencia y comprensión en todo momento, quienes han sido el mejor ejemplo de superación y responsabilidad. Nunca terminaré de agradecerles lo que hicieron por mí.

A mi hermanos Leo y Bernarda por ser mi fortaleza, gracias por estar siempre a mi lado en los buenos y malos momentos.

A todos mis profesores, compañeros y amigos que aportaron con ideas, consejos, experiencias, comentarios y apoyo moral e hicieron posible el desarrollo y culminación de este proyecto.

Luis Alberto Pabón Herrera

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud, primeramente la dirijo a Dios por darme la vida y permitirme cumplir con mi meta de graduarme en la carrera de mi preferencia “Electrónica” y en una de las mejores universidades “ESPE”.

Mi más sincero agradecimiento a todos los docentes de la Escuela Politécnica del Ejército, en especial a mis maestros por su tiempo, paciencia y principalmente por compartir conmigo sus conocimientos que me permiten tener bases firmes para convertirme en una gran profesional.

A mis compañeros, compañeras, amigos y amigas que han compartido conmigo este trayecto de estudios, gracias por su sincera amistad y apoyo recibido en cada momento.

A mis padres y a mi hermano gracias por darme una profesión y sembrar en mí los valores para ser una persona de bien.

A Christopher y Hernán gracias por su compañía, su afecto y amor que fueron las bases para seguir siempre adelante en mis estudios, que este proyecto lo acojan como ejemplo de que en esta vida todo lo pueden lograr con dedicación y perseverancia.

Diana Gabriela Tonato Paucar

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1	1
FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS DE RADIACIÓN SOLAR.....	1
1.1. EL SOL.	1
1.1.1 Características.	1
1.1.2 Estructura.....	2
a. Atmósfera	2
b. Fotosfera.....	2
c. Zona Convectiva	2
d. Zona Radiativa	2
e. Núcleo	3
1.2 MOVIMIENTOS DEL PLANETA RESPECTO AL SOL.	3
1.3 ENERGÍAS RENOVABLES.....	4
1.3.1 Energía solar.	5
1.3.2 Energía solar fotovoltaica.	6
1.4 RADIACIÓN SOLAR.	7
1.4.1 Tipos de Radiación Solar.	9
a. Radiación Directa	9
b. Radiación Difusa.	9
c. Radiación Reflejada.	9
d. Radiación Global.	9
1.5 RADIACIÓN SOLAR EN EL ECUADOR.....	10
1.6 RADIACIÓN SOLAR EN EL MUNDO.....	14
1.7 PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO.....	15
1.7.1 Estructura.	15
1.7.2 Procedimiento de fabricación de las células fotovoltaicas.....	17
1.7.3 Vida útil de un panel.	18
1.7.4 Tipos de paneles fotovoltaicos.	18
a. Tipos de paneles en función de los materiales.	18

a.1 Panel solar de silicio puro monocristalino	18
a.2 Panel solar de silicio puro policristalino:	19
b. Tipos de paneles en función de su forma:	21
1.8 ESTRUCTURAS Y SISTEMAS DE SEGUIMIENTO SOLARES.	21
1.8.1 Sistema sin movimiento.	21
1.8.2 Seguidores solares automáticos según el tipo de algoritmo de seguimiento.	22
a. Según la luminosidad:	22
1.8.3 Seguidores solares según el tipo de movimiento.	23
a. Seguidor solar de un eje, azimutal.	23
b. Seguidor solar de un eje, horizontal.	24
c. Seguidor solar de un eje, polar.	24
d. Seguidor solar de dos ejes.	25
1.9 SENSORES DE RADIACIÓN SOLAR.	27
1.9.1 Pirheliómetro.	27
1.9.2 Piranómetro.	27
1.9.3 Pirorradiómetro.	29
1.9.4 Heliofanógrafo.	30
 CAPÍTULO 2	 31
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.	31
2.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA PARA EL PANEL SOLAR FIJO.	31
2.1.1 Orientación y ángulo de inclinación.	32
2.1.2 Selección de materiales.	34
2.1.3 Construcción de la estructura.	35
2.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.	35
2.2.1 Selección de los actuadores.	36
2.2.2 Selección y construcción del sistema de transmisión de movimiento.	37

2.2.3 Construcción del chasis de la estructura.....	41
2.2.4 Ángulos de movimiento.....	46
2.3 CIRCUITOS DE CONTROL.....	47
2.3.1 Tarjetas controladoras de motores.....	48
2.3.2 Circuitos de Protección.....	50
2.4 OBTENCIÓN DE LAS MEDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR UTILIZANDO LOS PANELES SOLARES.....	55
2.5 ADQUISICIÓN DE DATOS.....	59
2.6 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	60
2.6.1 Ubicación Física.....	60
2.6.2 Análisis del tipo de seguimiento solar.....	62
2.6.2.1 Seguimiento del Sol por posición astronómica.....	63
2.6.3 Desarrollo del software de control.....	66
2.6.3.1 Paneles Frontales.....	66
2.6.3.2 Diagrama de Bloques.....	68
 CAPÍTULO 3.....	 72
PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	73
3.1 PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	73
3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	77

CAPÍTULO 4	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
4.1 CONCLUSIONES.	88
4.2 RECOMENDACIONES.	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ENLACES ELECTRÓNICOS.....	93
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Características Físicas del Sol.....	1
Tabla 1.2. Rendimientos de diferentes paneles fotovoltaicos	20
Tabla 1.3. Comparación entre sistemas sin movimiento y sistemas con movimiento para paneles fotovoltaicos.....	26
Tabla 2.1. Ángulos de inclinación para sistemas fotovoltaicos fijos.....	34
Tabla 2.2. Especificaciones de los actuadores.....	37
Tabla 2.3. Factor k para el caso mas favorable de conexión.....	40
Tabla 2.4. Señales de voltaje para la tarjeta de control Trex DMC01	49
Tabla 2.5. Cálculo del factor de relación Kr , corriente, voltaje y radiación solar medida con el solarímetro para una carga de 6.5Ω	56
Tabla 2.6. Cálculo del factor de relación Kr , corriente, voltaje y radiación solar medida con el solarímetro para una carga de 48.5Ω	57
Tabla 2.7. Cálculo del factor de relación Kr , corriente, voltaje y radiación solar medida con el solarímetro para una carga de 1Ω	58
Tabla 3.1. Promedio diario de radiación solar del panel fijo y del panel móvil....	78
Tabla 3.2 Promedio por horas de radiación solar del panel fijo y del panel móvil.	80
Tabla 3.3. Desviación estándar para el panel fijo y móvil	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Estructura del Sol.....	2
Figura 1.2: Movimiento de rotación de la Tierra.....	3
Figura 1.3: Movimiento de traslación de la Tierra	4
Figura 1.4: Espectro luminoso de la luz solar	8
Figura 1.5: Tipos de radiación solar	9
Figura 1.6: Distribución de la radiación solar	10
Figura 1.7: Intensidad de la radiación solar en el Ecuador y los polos.....	11
Figura 1.8: Centrales de generación de energía eléctrica en el Ecuador (mw)	12
Figura 1.9: Insolación global promedio en el ecuador durante el año 2008	13
Figura 1.10: Generación eléctrica nacional por tipo de energía primaria en el Ecuador	13
Figura 1.11: Capacidad de generación de energía solar en diferentes países del mundo durante el año 2010	14
Figura 1.12: Célula y panel fotovoltaico.....	15
Figura 1.13: Partes que componen el panel fotovoltaico	16
Figura 1.14: Panel solar de silicio monocristalino.....	19
Figura 1.15: Panel solar puro policristalino	19
Figura 1.16: Panel solar sobre soporte fijo.....	22
Figura 1.17: Seguidor solar automático con sensores sensibles a la luz solar	23
Figura 1.18: Seguidor solar de un eje acimutal	24
Figura 1.19: Seguidor solar de un eje horizontal.....	24
Figura 1.20: Seguidor solar de un eje polar	25
Figura 1.21: Seguidor solar de dos ejes	25

Figura 1.22: Pirheliómetro	27
Figura 1.23: Piranómetro de radiación solar global.....	28
Figura 1.24: Pirorradiómetro	29
Figura 1.25: Esquema de un heliógrafo	30
Figura 2. 1: Diagrama de bloques del sistema.....	31
Figura 2. 2: Orientación y ángulo de inclinación del panel solar.	32
Figura 2. 3: Representación del ángulo azimut para el hemisferio norte.....	32
Figura 2. 4: Horas solares pico de mayor irradiación solar durante el día.....	33
Figura 2. 5: Estructura metálica.....	35
Figura 2. 6: Motorreductor dc marca hennkwell.	36
Figura 2. 7: Mecanismo de engrane con tornillo sin fin acoplado al motorreductor Hennkwell.	38
Figura 2. 8: Parámetros de la rueda.	39
Figura 2. 9: Parámetros del tornillo.	40
Figura 2. 10: Material utilizado para los engranes.	41
Figura 2. 11: Estructura mecánica.	42
Figura 2. 12: a) Chasis de la estructura, b) Eje secundario con engrane.	43
Figura 2. 13: a) Base para motorreductor y eje principal, b) Base de sujeción del motorreductor en altura solar.....	44
Figura 2. 14: a) Motorreductores con tornillos sin fin, b) Montaje del mecanismo de transmisión.....	44
Figura 2. 15: a) Base de aluminio del panel, b) Brazo de aluminio.	45
Figura 2. 16: a) Chasis de la estructura mecánica, b) Base de acero de la estructura mecánica.....	45
Figura 2. 17: a) Estructura, b) Estructura totalmente terminada.	46

Figura 2. 18: a) Recorrido del ángulo de azimut b) Recorrido del ángulo de elevación.....	47
Figura 2. 19: Caja con circuitos de control.	48
Figura 2. 20: Tarjeta pololu trex dmc01.....	48
Figura 2. 21: Conexión de los motorreductores a las tarjetas controladoras.....	49
Figura 2. 22: Esquema del circuito de bloqueo de motorreductores.	50
Figura 2. 23: Circuito para desconexión de tarjetas controladoras de motorreductores.	52
Figura 2. 24: Circuito de finales de carrera.	55
Figura 2. 25: Circuito de acondicionamiento de paneles solares móvil y fijo.	59
Figura 2. 26: Distribución de entradas-salidas analógicas y digitales.	59
Figura 2. 27: Distribución física de las estructuras en la terraza.....	60
Figura 2. 28: Ubicación de la caja de circuitos.	61
Figura 2. 29: Control del sistema con la tarjeta de adquisición de datos 6009.	61
Figura 2. 30: Curva del panel fijo y curva del panel móvil, variaciones por posicionamiento.....	62
Figura 2. 31: Simulación de la trayectoria aparente del Sol para la espe-extensión Latacunga.	63
Figura 2. 32: Trayectoria aparente del sol para la espe-extensión Latacunga.....	64
Figura 2. 33: Panel frontal.....	67
Figura 2. 34: Panel secundario.	68
Figura 2. 35: Cálculos iniciales.	68
Figura 2. 36: Designación para movimientos iniciales del motorreductor.	69
Figura 2. 37: Condiciones para posicionamiento inicial según la hora.	70
Figura 2. 38: Movimientos del motor cada media hora.	70
Figura 2. 39: Hora de funcionamiento del motorreductor 1.....	71

Figura 2. 40: Ubicación del panel con su ángulo de azimut.	72
Figura 3. 1: a) Solarímetro perpendicular a una superficie horizontal b) Solarímetro perpendicular al Sol	73
Figura 3. 2: Perfil de radiación solar obtenido con el panel fijo y con el solarímetro en posición perpendicular a una superficie horizontal.	74
Figura 3. 3: Perfil de radiación solar obtenido con el panel móvil y con el solarímetro en posición perpendicular al sol.	75
Figura 3. 4: Ángulos solares obtenidos con el sistema y con el simulador censolar 5.....	76
Figura 3. 5: Promedio diario de radiación solar panel fijo y panel móvil.....	79
Figura 3. 6: Promedio por horas de radiación solar del panel fijo y del panel móvil	81
Figura 3. 7: Radiación solar para el 2, 10, 19 y 29 de septiembre con el panel fijo.....	82
Figura 3. 8: Radiación solar para el 2, 10, 19 y 29 de septiembre con el panel móvil.....	83
Figura 3. 9: perfiles de radiación solar de los paneles fijo y móvil, del 19 de septiembre del 2012.	85
Figura 3. 10: Perfiles de radiación solar de los paneles fijo y móvil, del 14 de septiembre del 2012.	86
Figura 3. 11: Perfiles de radiación solar de los paneles fijo y móvil, del 16 de septiembre del 2012.	87

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1:Relación de Transmisión	38
Ecuación 2.2:Número de dientes z_2	39
Ecuación 2.3: Módulo m	39
Ecuación 2.4: Diámetro exterior D_e	39
Ecuación 2.5: Diámetro de fondo D_{ef}	39
Ecuación 2.6: Diámetro de paso d	40
Ecuación 2.7: Diámetro exterior d_e	40
Ecuación 2.8: Diámetro de fondo d_f	40
Ecuación 2.9: Longitud ℓ	40
Ecuación 2.10:Corriente de excitación para relé RL1	52
Ecuación 2.11:Corriente de Salida del optotransistor.....	53
Ecuación 2.12:Corriente directa a la entrada del optotransistor	53
Ecuación 2.13:Corriente de base del transistor	53
Ecuación 2.14:Corriente de colector del transistor.....	54
Ecuación 2.15:Radiación solar	58
Ecuación 2.16: Ángulo diario en radianes	64
Ecuación 2.17: Declinación solar en radianes.....	65
Ecuación 2.18:Ángulo horario.....	65
Ecuación 2.19: Altura solar.....	65
Ecuación 2.20: Ángulo acimutal.....	65
Ecuación 3.1: Error Relativo.....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Características del tubo estructural cuadrado.....	97
ANEXO B Simulación de la estructura mecánica en SolidWorks.	98
ANEXO C: Motorreductores DC marca Hennkwell series PK32K3SP	101
ANEXO D: Características del Duralon o Nylon 6.....	102
ANEXO E: Planos de la estructura Mecánica.....	103
ANEXO F: Características del Aluminio 7075 -T6	117
ANEXO G: Configuración de la tarjeta POLOLU TREX DMC01	118
ANEXO H: Tarjeta de adquisición de datos NI-USB 6009.....	122
ANEXO I: Hoja de datos del Optotransistor 4N-25.....	126
ANEXO J: Hoja de especificaciones del transistor 2n3904.....	129
ANEXO K: Especificaciones del panel solar Exmork 50Wp	132
ANEXO L: Solarímetro Ambient Weather SP-216.....	134
ANEXO M: Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema. Panel fijo y Panel móvil	136
ANEXO N: Error relativo para las mediciones realizadas el día 03 de Octubre. Panel fijo y Panel móvil	149
ANEXO O: Promedio de radiación solar por horas desde el 01/09/2012 hasta el 01/10/2012.....	160
ANEXO P: Manual de Operación del Sistema (Posibles fallas y soluciones del sistema)	164

RESUMEN

El propósito de este proyecto es trazar un perfil de la radiación solar en Latacunga. Para conseguir este propósito se utiliza un sistema electrónico que sensa continuamente el voltaje producido por dos paneles solares fuentes de energía fotovoltaicas.

Uno de los paneles solares esta colocado en una determinada posición fijo, previamente analizada como la más eficiente para obtener la mayor radiación solar posible. El segundo panel solar tiene la capacidad de moverse siguiendo la trayectoria del sol debido a que cuenta con una estructura móvil automática con dos grados de libertad.

Toda la información obtenida de los paneles es almacenada en un computador que posee un entorno gráfico que muestra la información del nivel de la radiación solar en un determinado tiempo.

Teniendo ya un historial de la información será posible realizar un análisis estadístico del nivel de radiación solar en Latacunga y la mejor forma de colocar los paneles.

ABSTRACT

The purpose of this project is to draw a profile of solar radiation in Latacunga. For this purpose is used an electronic system that continuously senses the voltage produced by two solar photovoltaic energy sources.

One of the solar panels is placed in a fixed position determined previously analyzed as the most efficient way to get the most sunlight possible. The second solar panel has the capacity to move along the trajectory of the sun because it has an automatic mobile structure with two degrees of freedom.

All information collected from the panels is stored in a computer that has a graphic environment that displays information on the level of solar radiation at a given time.

Already having a history of information will be possible to make a statistical analysis on the level of solar radiation in Latacunga and the best way to install the panels.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS DE RADIACIÓN SOLAR

1.1. EL SOL.¹

Es la estrella más cercana a la Tierra, ubicada en el centro del Sistema Solar, siendo la mayor fuente de energía electromagnética que aporta directa o indirectamente la energía en forma de luz y calor para mantener el desarrollo de la vida en nuestro planeta Tierra. Esta fuente natural es abundante y gratuita, pudiéndose aplicar en diferentes áreas para beneficios de todos los seres vivos.

1.1.1 Características.²

El Sol posee una edad media de 4500 millones de años y aun permanecerá encendido aproximadamente 5000 millones de años más.

Tabla 1.1. Características Físicas del Sol

Características Físicas	
Diámetro	1.392.000 km ($\sim 1,4 \times 10^9$ m)
Superficie	$6,09 \times 10^{12}$ km ²
Volumen	$1,41 \times 10^{18}$ km ³
Masa	$1,9891 \times 10^{30}$ kg
Gravedad en la superficie	274 m/s^2 (27,9 g)
Temperatura de la superficie	6×10^3 K
Luminosidad (LS)	$3,827 \times 10^{26}$ W

Su forma es esférica con un leve achatamiento en sus polos. La composición del Sol en el momento presente es de un 75% de hidrógeno, un 24% de helio y 1% de Oxígeno, Carbono, Hierro, Neón, Nitrógeno, Silicio, Magnesio y Azufre.

¹ (INTERNACIONAL, COOPERACION, 2003, pág. 27)

² (WikipediaSol, 2011)

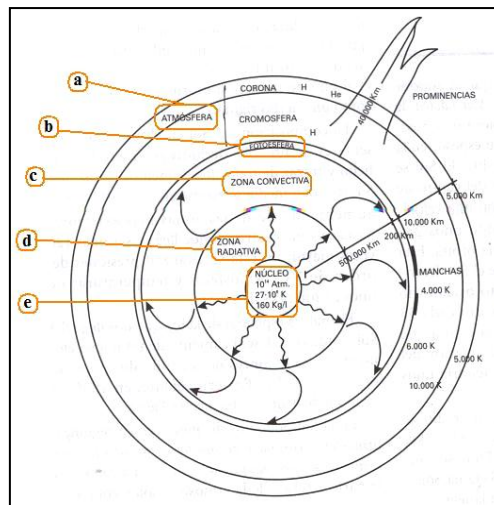


Figura 1.1: Estructura del Sol
(INTERNACIONAL, COOPERACION, 2003)

- a. Atmósfera.**- Formada por dos regiones: la corona, es la parte exterior de la atmósfera, de gran extensión y temperaturas de 1.000.000 °K permitiendo la generación de rayos X, en esta región se produce el viento solar⁴; y la cromosfera formada por hidrógeno, su temperatura varía desde 1000 °K hasta 36.000°K.
- b. Fotosfera.**- Constituye la superficie del Sol, aquí se emite la luz visible, su espesor es de unos cientos de kilómetros y la temperatura es de 6.000 °K.
- c. Zona Convectiva.**- En esta capa se producen los movimientos de los gases del Sol, los que transportan la energía hacia afuera.
- d. Zona Radiativa.**- En esta región las partículas de luz llamadas fotones⁵ transportan la energía. Estas partículas intentan escapar al exterior siendo absorbidos continuamente y remitidos en otra dirección distinta a la que tenían.

³ (INTERNACIONAL, COOPERACION, 2003, pág. 28)

⁴El viento solar es la energía que entrega el sol hacia todo los cuerpos situados a su alrededor.

⁵Un fotón nace en el núcleo del sol, tiene un promedio de 10 días desde que se fusionan dos átomos de hidrógeno, en atravesar la zona radiante y un mes en recorrer los 200 000 km de la zona convectiva, tardando unos 8 minutos y medio en cruzar la distancia desde el Sol a la Tierra.

e. **Núcleo.**-Es la zona donde se produce la energía del Sol debido a la fusión nuclear por la presencia de altas temperaturas y condiciones apropiadas de presión aproximadamente 27 millones de grados y 10^{14} atm respectivamente⁶.

1.2 MOVIMIENTOS DEL PLANETA RESPECTO AL SOL.⁷

La Tierra realiza dos movimientos principales, de rotación y traslación que intervienen en la posición relativa de un punto en la superficie de la tierra con respecto al Sol.

El movimiento de rotación, lo realiza la Tierra sobre su propio eje con una duración de 24 horas 0 minutos y 57.33 segundos, mediante el movimiento de rotación se da lugar al día y a la noche. En la línea Ecuatorial o del Ecuador, los días y las noches duran 12 horas durante todo el año.

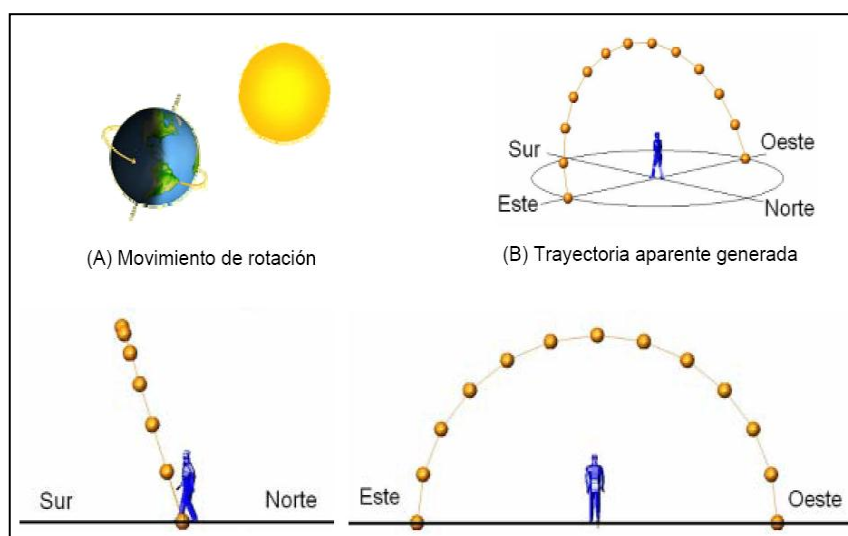


Figura 1.2: Movimiento de rotación de la Tierra

(BELTRÁN, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2007)

El movimiento de traslación lo realiza la Tierra alrededor del Sol durante 365.2422 días, que para efectos prácticos se toma de 365 y cada cuatro años (año

⁶ (INTERNACIONAL, COOPERACION, 2003, pág. 28)

⁷ (BELTRÁN, Prototipo Fotovoltaico con seguimiento de sol para procesos electroquímicos, 2007)

bisiesto) se toma de 366 días. Durante este movimiento la Tierra describe una trayectoria elíptica alrededor del Sol. Teniendo un ángulo con respecto a la horizontal del Ecuador solar de 23.45° , como se muestra en la figura 1.3.

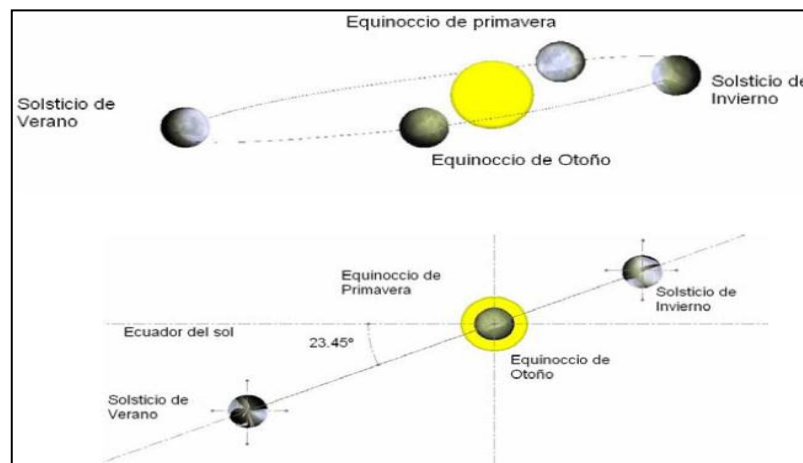


Figura 1.3: Movimiento de traslación de la Tierra

(BELTRÁN, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2007)

El movimiento de traslación de la Tierra hace que la trayectoria aparente del Sol, ocasionada por el movimiento de rotación, presente una variación a lo largo del año, es decir, la trayectoria aparente del Sol a lo largo del día varía en su declinación con respecto al observador. La variación en la declinación incide en la duración del día y la noche.

1.3 ENERGÍAS RENOVABLES.⁸

El consumo de energía es necesario para muchos aspectos de la actividad y el progreso. La energía es imprescindible para el desarrollo de un país, tanto es así que la tasa de consumo energético está muy relacionada con el grado de desarrollo económico de un estado. Hoy en día las energías renovables, o verdes, tienen alta demanda ya que su utilización no emite productos contaminantes para el medio ambiente y se obtienen a partir de fuentes naturales que son inagotables.

⁸ (VILLALOBOS, 1995)

Gracias a esta alternativa en un futuro se verá una gran disminución de la dependencia actual de las fuentes tradicionales de energía: los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural). La necesidad de conservar la vida en nuestro planeta a largo plazo está haciendo que las energías renovables dejen de ser una alternativa y se conviertan en una realidad.

1.3.1 Energía solar.⁹

El Sol está en el origen de casi todas las energías renovables, ya que provoca el calentamiento de la Tierra y del agua ocasionando las diferencias de presión que dan origen al viento, fuente de la energía eólica. La energía hidráulica también debe su existencia al Sol ya que este es el responsable del ciclo del agua, además en el proceso de fotosíntesis el Sol es el actor principal para la energía que utiliza la biomasa. La energía solar es un tipo de energía de las conocidas como energía verde. Las distintas tecnologías solares existentes son:

- **Energía solar térmica:** Utilizada para producir agua caliente.
- **Energía solar fotovoltaica:** Electricidad producida mediante paneles fotovoltaicos a partir de la radiación solar.
- **Energía solar termoeléctrica:** Electricidad producida mediante un ciclo termodinámico a partir de un fluido calentado por la radiación solar.
- **Energía solar híbrida:** Combinación de la energía solar con otra energía. Según la energía con la que se combine es una hibridación renovable o fósil.
- **Energía eólico-solar:** Funciona con el aire calentado por el Sol, que sube por una chimenea donde están los generadores.

⁹ (LANZUELA, 2010)

1.3.2 Energía solar fotovoltaica.¹⁰

La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar por medio de paneles o módulos fotovoltaicos y su transformación en energía eléctrica debido al efecto fotovoltaico. Es el origen de casi todas las energías renovables y puede ser utilizada directamente en procesos térmicos y para la producción de electricidad.

Se pueden mencionar varias causas para el interés por la investigación y desarrollo de la energía solar fotovoltaica:

- Precios crecientes de la energía.
- Toma de conciencia de los riesgos del cambio climático.
- Incrementos en los subsidios a centrales fotovoltaicas por parte de los gobiernos.
- Compromisos internacionales y legislaciones internas para mitigar la emisión de gases nocivos.

La energía solar fotovoltaica se está convirtiendo en una de las más importantes fuentes de electricidad de nuestro planeta, debido a que los costos de construcción e instalación se van reduciendo con el transcurso del tiempo y su penetración en el mercado de generación eléctrica se está duplicando. Sin embargo existen ventajas y desventajas al utilizar este tipo de energía, entre las más importantes tenemos:

a. Ventajas:

- Es una fuente inagotable.
- Ahorro de energía
- Es un sistema idóneo para zonas donde la red eléctrica no llega.
- No consume combustibles.
- No produce ruidos.
- Su mantenimiento es sencillo, lo que facilita su elección.

¹⁰ (CÓZAR, 2006)

- El coste disminuye a medida que la tecnología va avanzando.
- Tienen un largo período de vida útil.
- Resiste condiciones climáticas extremas.
- No contamina es decir no produce gases contaminantes a la atmósfera.
- No existe una dependencia de los países productores de combustibles.
- Permite aumentar la potencia generada mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos al mismo sistema.

b. Desventajas:

- Requieren de mano de obra calificada para su instalación.
- No existe un rendimiento óptimo de los paneles fotovoltaicos.
- No puede utilizarse más energía de la acumulada.
- El nivel de radiación de la energía solar es variable de una zona a otra y depende de las condiciones atmosféricas.
- Para grandes demandas energéticas se requieren grandes extensiones de terreno.
- Inicialmente requiere una fuerte inversión económica por lo que muchos consumidores no están dispuestos a arriesgarse.
- La estética de las estructuras no es agradable para los usuarios.
- Falta de elementos almacenadores de energía económicos y fiables.
- Algunos materiales en los paneles fotovoltaicos son tóxicos, esto exige un cuidadoso tratamiento al final de su vida útil.

1.4 RADIACIÓN SOLAR.¹¹

Son todas las ondas electromagnéticas generadas por el Sol, gracias a la capa de ozono sólo llegan a la superficie terrestre longitudes de onda comprendidas entre los 290 nm y los 5000 nm, deteniendo las radiaciones peligrosas para nuestro planeta y los seres vivos. Su unidad de medida es el vatio/metro cuadrado (W/m²).

¹¹ (HONEYMAN, 2002)

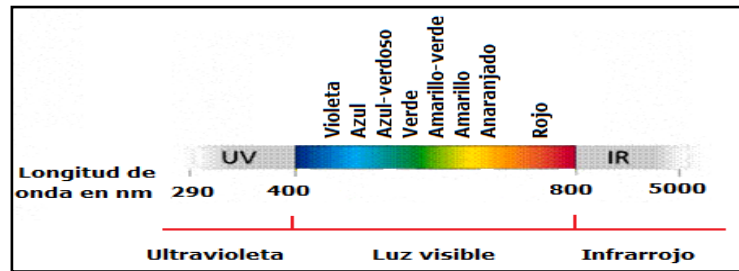


Figura 1.4: Espectro luminoso de la luz solar

(RAISMAN, 2000)

La radiación solar posee tres diferentes rangos de longitud de onda, siendo estos un 56% de rayos infrarrojos cuyo rango de longitud de onda va desde los 800 nm hasta los 5000 nm, un 39% de luz visible que va desde 400 nm hasta 800 nm de longitud de onda y el 5% restante de radiación solar corresponde a la radiación ultravioleta o UV con su rango de longitud de onda desde 290 nm hasta 400 nm.

La luz visible es la parte del espectro de radiación que puede percibir la sensibilidad del ojo humano, constituye una pequeña parte del espectro electromagnético. Está compuesta por varios colores, cada uno tiene una longitud de onda específica y en sus extremos se tienen la radiación ultravioleta e infrarrojo. La radiación infrarrojos es aquella que percibimos a través del calor.

La radiación ultravioleta está dividida en:

- Radiación Ultravioleta A (UVA), su rango está entre 320 nm y 400 nm, constituyendo el 98% de la radiación ultravioleta, son capaces de atravesar el vidrio y penetrar hasta la epidermis, pero su energía decrece en función de la longitud de onda.
- Radiación Ultravioleta B (UVB), va desde los 290 nm a 320 nm, representa el 2% de la radiación ultravioleta, tiene una energía altísima y no es capaz de atravesar el vidrio y la epidermis.

- Radiación Ultravioleta C (UVC), varía entre los 100 nm hasta los 280 nm, es absorbida por la capa de ozono y no alcanza la superficie de la Tierra. Posee alta energía y gran capacidad destructiva.

El ozono es un filtro que impide el paso de las radiaciones ultravioletas del Sol hacia la Tierra. Esta capa se extiende entre 15 Km Y 40 Km de altitud.

1.4.1 Tipos de Radiación Solar.¹²

Los tipos de radiación solar dependen de la forma en cómo los rayos solares inciden en los objetos situados en la superficie de nuestro planeta, y estos son:

- Radiación Directa.** Radiación que procede directamente del Sol, atenuada por la atmósfera y llega a la superficie terrestre sin que su dirección cambie.
- Radiación Difusa.** Radiación que luego de interactuar con la atmósfera cambia de dirección debido a las reflexiones y absorciones producidas por el choque contra diferentes moléculas, partículas u objetos interpuestos.
- Radiación Reflejada.** Se da cuando los rayos solares se reflejan sobre la superficie terrestre y depende del coeficiente de reflexión de la superficie.
- Radiación Global.** Es la radiación total, es decir la suma de las dos radiaciones, la directa y la difusa.

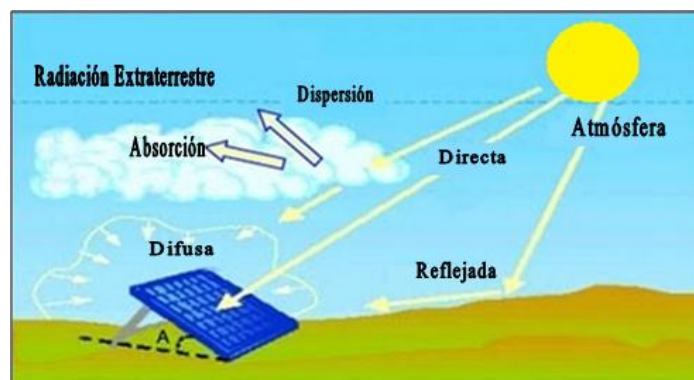


Figura 1.5: Tipos de radiación solar

(Energía Fotovoltaica, 2012)

¹² (INZUNZA, 2000)

Si consideramos que a la atmósfera de nuestro planeta llega un 100% de radiación solar, un 51% de dicha radiación llega a la superficie terrestre y el 49% restante, es absorbido por nubes, gases atmosféricos y esparcido hacia el espacio.

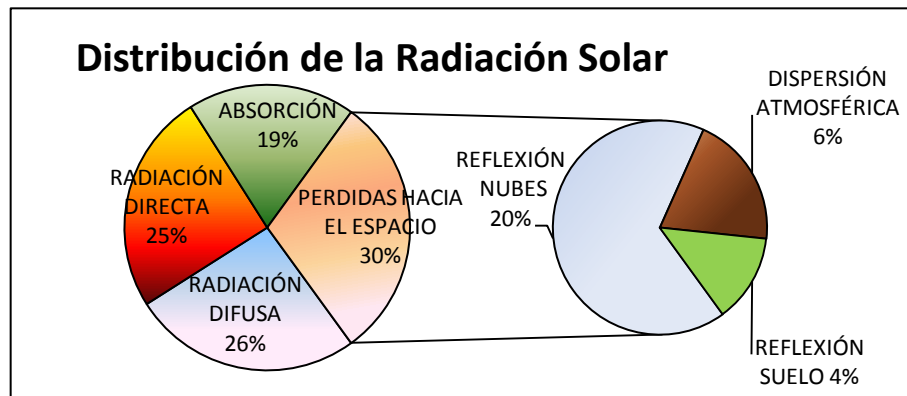


Figura 1.6: Distribución de la Radiación Solar

1.5 RADIACIÓN SOLAR EN EL ECUADOR¹³.

El Ecuador está ubicado sobre la línea Ecuatorial, se encuentra en ambos hemisferios, siendo un país con alta incidencia de radiación solar.

A medida que la luz solar llega a los polos va disminuyendo su intensidad; en cambio ésta impacta con más fuerza sobre la línea Ecuatorial. Nuestra posición geográfica hace que la luz solar pase por menos atmósfera, aquí la radiación cae perpendicularmente, situación que no ocurre en otros sitios del planeta en donde el ángulo de incidencia de la luz solar varía acorde a las estaciones del año.

¹³ (EXA, 2008)

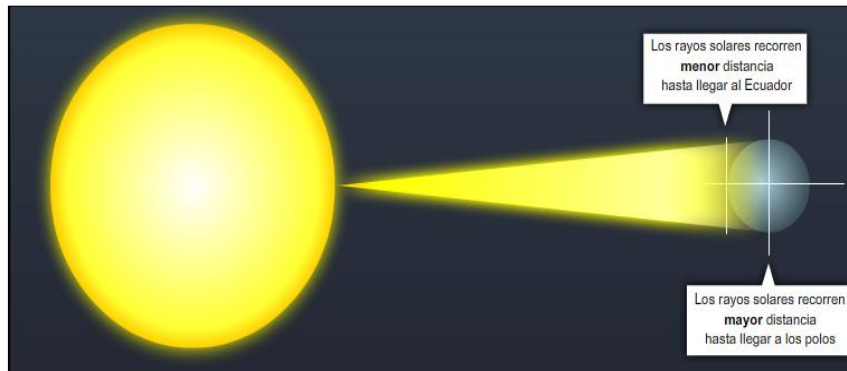


Figura 1.7: Intensidad de la radiación solar en el Ecuador y los polos

(EXA, 2008)

En cambio en nuestro país depende de las condiciones climatológicas locales y de la cercanía o lejanía del Sol, convirtiéndolo en un país privilegiado en lo que a recurso solar se refiere aunque debido al deterioro de la capa de ozono es más vulnerable a la radiación solar. Otro dato a considerar es la cobertura de las redes eléctricas. Debido a que hay comunidades donde no existe disponibilidad de energía eléctrica, siendo posible la instalación de sistemas de generación fotovoltaica.

En la figura 1.8 se muestra porcentualmente la potencia eléctrica obtenida de las diferentes centrales de generación, observando que las de mayor representación son las centrales termoeléctricas que representan el 53,43% de la potencia efectiva, en tanto que las centrales hidráulicas el 46,52% siendo el más bajo porcentaje la generación mediante energía solar y eólica con 0,00% y 0,05% respectivamente.¹⁴

¹⁴ (CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad, 2010)

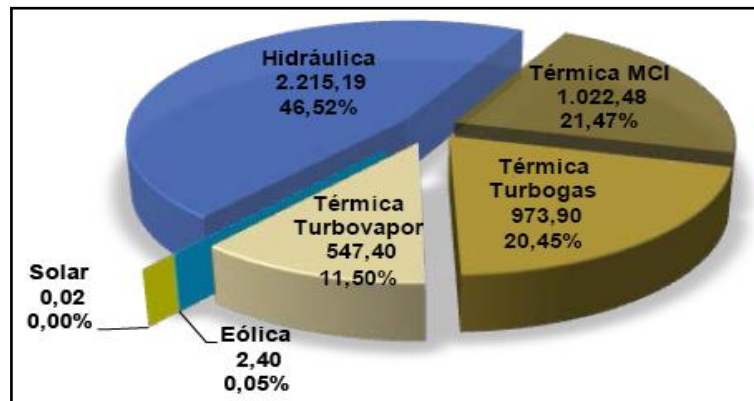


Figura 1.8: Centrales de generación de energía eléctrica en el Ecuador (MW)
(CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad, 2010)

En nuestro país existe la Agencia Espacial Civil (EXA) dedicada al monitoreo de la radiación solar en el Ecuador mediante investigaciones sobre la concentración de la capa de ozono en la franja ecuatorial con mediciones vía satélites. La misma que cuenta con un atlas de irradiación solar desde el 2008, desarrollado por el Consejo Nacional de Electricidad, en la que se pueden encontrar datos sobre insolación¹⁵ difusa, directa y global en el Ecuador. El Monitor Nacional de Radiación se encuentra activo y provee lecturas cada cinco minutos de la radiación durante el día.

¹⁵Insolación: es la cantidad de energía solar que llega a una superficie, medida en Vatio/hora/metro cuadrado. Que llega a la superficie terrestre, puede ser directa o difusa

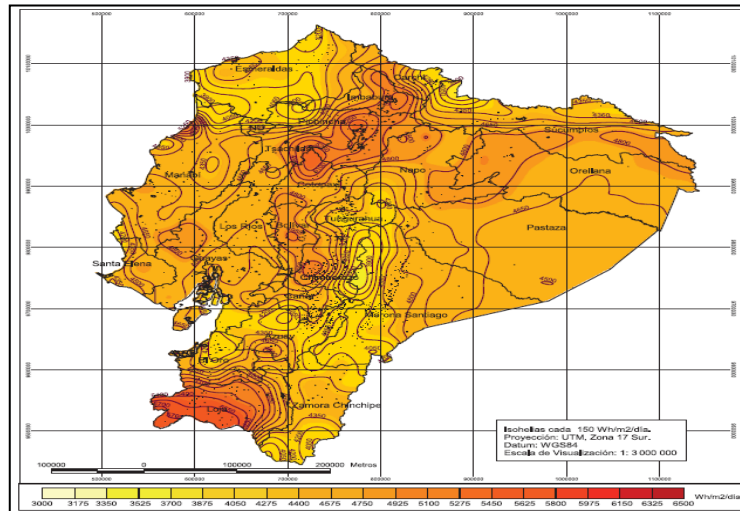


Figura 1.9: Insolación global promedio en el Ecuador durante el año 2008
(CONELEC, Atlas Solar del Ecuador, 2008)

En nuestro país existe una pequeña producción de energías renovables entre las que encontramos la energía fotovoltaica, la figura 1.10 indica el desarrollo de las energías renovables desde el año 1999 hasta su estimación del año 2011.

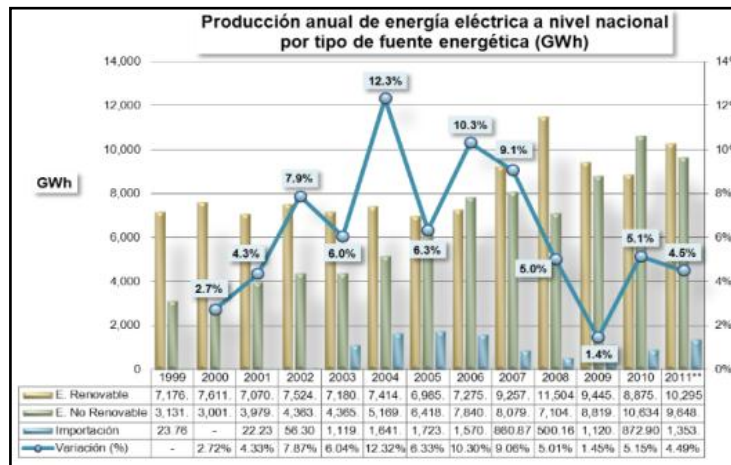


Figura 1.10: Generación eléctrica nacional por tipo de energía primaria en el Ecuador

(CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad, 2010)

1.6 RADIACIÓN SOLAR EN EL MUNDO.¹⁶

La energía solar fotovoltaica ha crecido exponencialmente en los últimos años en el mundo, impulsada por la necesidad de encontrar energía alternativas que no dañe el planeta y que satisfaga la necesidad del ser humano en el ámbito de la energía eléctrica.

Las tres áreas de mayor interés en el mundo, en cuanto a producción de energía fotovoltaica según la potencia acumulada, son Europa destacando a Alemania y España con más de un 52% del total mundial, Japón con cerca del 9% y EE.UU. con cerca del 6,80% de la potencia total.

Cada gigawatts de capacidad de generación de electricidad fotovoltaica puede abastecer a unos 250.000 hogares europeos durante un año.

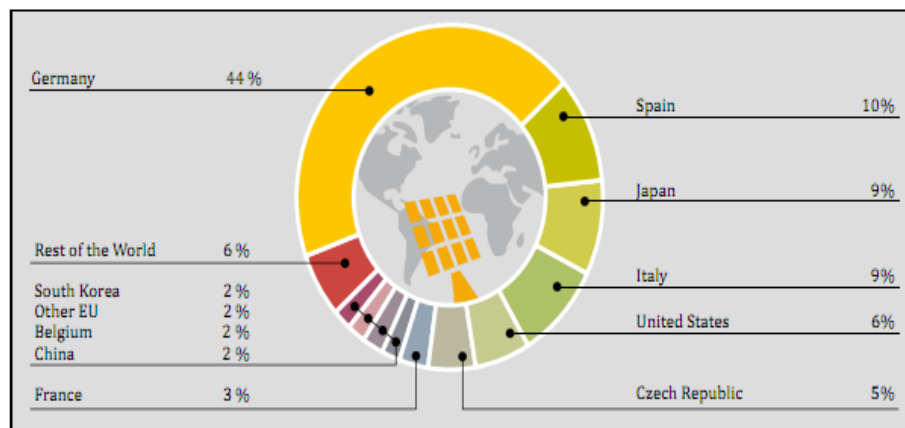


Figura 1.11: Capacidad de generación de energía solar en diferentes países del mundo durante el año 2010

(Renewables Global Status Report, 2011)

Alemania es el país que aumentó su capacidad instalada de paneles fotovoltaicos durante el 2010, cerca del 44%, seguido de Italia, República Checa, Japón y Estados Unidos. Le siguen España (10%), Japón (9%), Italia (9%) y Estados Unidos (6%).

¹⁶ (LANZUELA, 2010)

Europa, concentra más del 75% de capacidad instalada en el mundo de paneles fotovoltaicos. Los países principales de generación de energía solar fotovoltaica instalada en el 2010, fueron: Alemania, Italia, República Checa, Japón y EE.UU.¹⁷

En el 2011 han aparecido nuevos países innovando la tecnología y producción de la energía fotovoltaica, tales como China, la India y en el año 2012 se estima que en Corea se incrementará mayormente la producción de energía fotovoltaica, debido a las grandes inversiones en el negocio solar.

1.7 PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO.¹⁸

También llamados módulos solares, son placas formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas que son dispositivos compuestos de materiales semiconductores que captan la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, mediante el efecto fotovoltaico.



Figura 1.12: Célula y panel fotovoltaico

(Universidad de Puerto Rico, 2011)

1.7.1 Estructura.¹⁹

Depende de cada fabricante la construcción de cada panel fotovoltaico. Sin embargo, ciertas características son muy comunes entre ellos:

¹⁷ (Renewables Global Status Report, 2011)

¹⁸ (SARDINERO, 2010)

¹⁹ (VILLALOBOS, 1995)

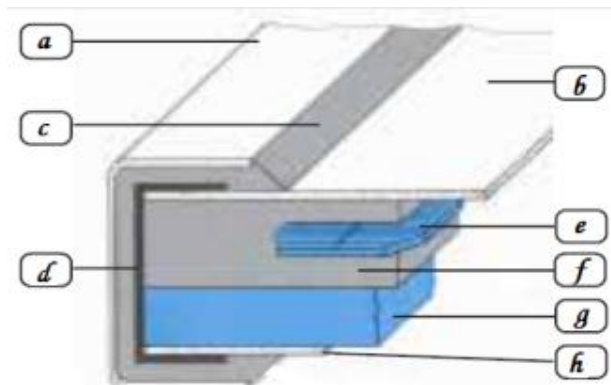


Figura 1.13: Partes que componen el panel fotovoltaico
(VILLALOBOS, 1995)

a.- Marco del panel. Está hecho de aluminio anodizado²⁰, para evitar su oxidación. Su rigidez provee la presión necesaria para mantener juntas las partes que integran el panel. Los marcos tienen extensiones en ángulo recto, con perforaciones a lo largo del perímetro, las que facilitan su montaje.

b.- Superficie colectora. Tiene un vidrio templado²¹ o un plástico de alto impacto, con un alto valor de transmisividad para la luz incidente. Ambos materiales están diseñados para resistir severas granizadas y vientos con arena o tierra. El uso del vidrio evita que la suciedad se adhiera a su superficie fácilmente.

c.- Material esponjoso. Protege los bordes del vidrio y provee un cierre hermético para el panel a lo largo del borde de la estructura. Construido de materiales resistentes a la acción deteriorante de los rayos ultra-violetas.

d.- Junta selladora. Situada a lo largo del perímetro, evita la presencia de agua y por consiguiente la humedad dentro del panel, previniendo que las conexiones internas se oxiden o causen la apertura del contacto al semiconductor.

²⁰Aluminio Anodizado es el aluminio sometido a un proceso de anodizado, consiste en formar artificialmente una capa de óxido de aluminio en la superficie del metal.

²¹Vidrio templado es vidrio que ha sido sometido a un calentamiento seguido de un enfriamiento rápido, aumentando su resistencia a los agentes térmicos y mecánicos, y en caso de rotura, se fragmenta en trozos pequeños.

e.- Célula fotovoltaica. Son dispositivos que transforman la luz solar en energía eléctrica.

f.- Material encapsulante. Envuelve a las células fotovoltaicas, este material es de alta transparencia, usualmente se utiliza acetato de etil-vinilo (*EVA*).

g.- Sostén rígido. Sirve para incrementar la rigidez del panel, conocido como substracto que puede ser plástico o metálico.

h.- La cara posterior del panel. Tiene una superficie de sostén, que puede ser plástica o metálica. La metálica posee la ventaja de mejorar la disipación del calor al exterior brindando un factor muy importante cuando nos referimos al estudio de la potencia de salida de un panel fotovoltaico.

1.7.2 Procedimiento de fabricación de las células fotovoltaicas.²²

La mayoría de células y módulos fotovoltaicos, emplean silicio, en sus formas monocristalina, policristalina o amorfa como material semiconductor de base. Actualmente es una tecnología bien desarrollada y fiable pero tiene un alto grado de complejidad ya sea en la fabricación de células de silicio mono o policristalino y presenta las siguientes etapas básicas de fabricación:

- Obtención de silicio de grado metalúrgico.
- Purificación del silicio.
- Crecimiento de los cristales de silicio.
- Producción de las obleas de material semiconductor de base.
- Ataque químico y texturización.
- Formación de la unión.
- Colocación de los contactos metálicos.
- Tratamiento antireflexivo.

²² (INTERNACIONAL, COOPERACION, 2003, pág. 105)

1.7.3 Vida útil de un panel.

En un panel trabajando como generador su vida útil depende de la construcción del mismo y no de la vida útil de las células, ya que no se conoce el límite de la vida útil de un semiconductor. Los paneles que usan láminas plásticas en la superficie colectora suelen perder hasta un 20% del valor inicial de transmisividad después de aproximadamente 20 años de uso.

Los paneles que usan vidrio templado pierden sólo un 5% de transmisividad, ya que este material resiste mejor la acción deteriorante de los rayos ultra-violetas. La alta calidad de los paneles ofrecidos en el mercado se refleja en las amplias garantías ofrecidas por los fabricantes limitadas a un uso correcto las que se extienden entre 20 y 25 años de uso.

1.7.4 Tipos de paneles fotovoltaicos.²³

Existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares. Podemos clasificar a los paneles de acuerdo al material que son contruidos y en función de su forma.

a. Tipos de paneles en función de los materiales.²⁴

Los paneles se clasifican de acuerdo al tipo de materiales semiconductores que los componen y los métodos de fabricación que se utilicen. Entre estos tenemos:

a.1 Panel solar de silicio puro monocristalino:

Formado por secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. Se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% en laboratorio y en paneles comerciales rendimientos del 16 %.

²³ (<http://www.mayoristasolar.com/tipos.php>, 2011)

²⁴ (FERNANDEZ, 2010)



Figura 1.44: Panel solar de silicio monocristalino

(<http://www.mayoristasolar.com/tipos.php>, 2011)

a.2 Panel solar de silicio puro policristalino:

Los materiales son similares a los del panel monocristalino pero el proceso de cristalización del silicio es diferente. Estos paneles tienen una superficie con un aspecto granulado debido a que está compuesto por secciones de una barra de silicio que se ha estructurado en forma de pequeños cristales. Se obtiene un rendimiento en laboratorio del 19% y en paneles comerciales un rendimiento del 14%, siendo su precio también más bajo.



Figura 1.15: Panel solar puro policristalino

(<http://www.mayoristasolar.com/tipos.php>, 2011)

El silicio cristalizado de los paneles fabricados siguiendo esta tecnología presenta un grosor considerable. Mediante el empleo del silicio con 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. Así pues, los tipos de paneles de lámina delgada son:

- Silicio amorfo (TFS).
- Teluro de cadmio.
- Arseniuro de galio.
- Diseleniuro de indio y cobre.
- Paneles solares tándem.

Los tipos de paneles más comercializados actualmente son los de silicio monocristalino, policristalino y amorfo. La tabla 1.2 resume los rendimientos de distintos paneles fotovoltaicos.

Tabla 1.2. Rendimientos de diferentes paneles fotovoltaicos

Tipo de material	Rendimiento en condiciones ideales de laboratorio	Rendimiento de paneles solares comerciales
Silicio Puro Monocristalino	24,70 %	16 %
Silicio Puro Policristalino	19,80 %	14 %
Silicio Amorfo	13,00 %	8 %
Teluro de Cadmio	16,00 %	8 %
Arseniuro de Galio	25,70 %	20 %
Diseleniuro de Cobre en Indio	17,00 %	9 %
Tándem	35,00 %	No disponible en versión comercial

b. Tipos de paneles en función de su forma:

Empleando cualquiera de los materiales antes mencionados se fabrican paneles en distintos formatos para adaptarse a una aplicación en concreto o bien para lograr un mayor rendimiento, algunos ejemplos de formas de paneles son:

- Paneles con sistemas de concentración.
- Paneles de formato “teja o baldosa”.
- Paneles bifaciales.

1.8 ESTRUCTURAS Y SISTEMAS DE SEGUIMIENTO SOLARES.²⁵

Son estructuras compuestas por diferentes elementos mecánicos y electrónicos que permiten la colocación y/o el movimiento de uno o varios paneles para que la captación de la radiación solar sea mayor, de esta manera se puede considerar los siguientes tipos de sistemas de seguimiento solar:

- Sistema sin movimiento.
- Seguidores solares automáticos según el tipo de algoritmo de seguimiento
- Seguidores solares automáticos según el tipo de movimiento.

1.8.1 Sistema sin movimiento.

Es un soporte estático donde va colocado el panel con cierta inclinación que depende de la ubicación geográfica (latitud) de la instalación. Esta inclinación permitirá una adecuada captación de la mayor radiación solar posible. La principal ventaja con respecto a los seguidores solares automáticos es que son mucho más económicos, debido a la sencillez de la construcción de su estructura.

²⁵ (FERNANDEZ, 2010)

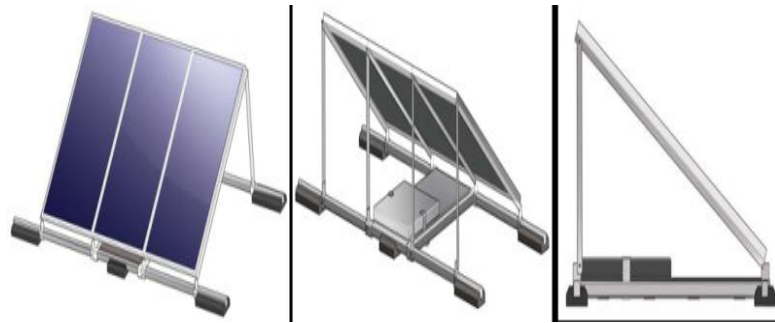


Figura 1.16: Panel solar sobre soporte fijo

(MercaTradeSolar, 2009)

1.8.2 Seguidores solares automáticos según el tipo de algoritmo de seguimiento.

Existen dos tipos de seguidores solares automáticos que son:

- Con programación astronómica.
- Según la luminosidad.

a. Según la luminosidad:

El algoritmo de este tipo de seguidor basa su funcionamiento en la señal entregada por uno o varios sensores sensibles a la luz solar, dependiendo de dicha señal se envía un comando de control a uno o varios motores para que se posicionen en el punto más adecuado de luminosidad. Este tipo de seguimiento será utilizado en este proyecto por las siguientes razones:

- Precisión en el seguimiento debido al sensado continuo de la luminosidad.
- Sencillez en el algoritmo de programación con respecto a la programación astronómica.



Figura 1.17: Seguidor solar automático con sensores sensibles a la luz solar

(http://www.youtube.com/watch?v=tpfN_S2je-k)

1.8.3 Seguidores solares según el tipo de movimiento.^{26 27}

Estos seguidores utilizan un control electrónico para ubicar la posición del Sol, se retroalimenta a base de sensores o por cálculos numéricos, utilizan algún actuador como motores que permiten el movimiento del seguidor. En el mercado existen varios tipos de seguidores que se diferencian entre sí por el número de grados de libertad que posea el sistema y la capacidad de paneles que pueden mover.

a. Seguidor solar de un eje, azimutal.

Este seguidor gira sobre un eje vertical y la superficie de los módulos tiene una inclinación igual a la latitud del lugar para obtener un mejor rendimiento a lo largo del año. El movimiento es determinado directamente por el valor del ángulo de azimut del Sol. La curva que dibuja en el espacio presenta siempre la misma altitud con un volumen de trabajo reducido en comparación con los otros seguidores, su diseño suele ser el más simple por lo que su uso se ha extendido entre los fabricantes.

²⁶ (PASTRANA, OVIEDO, & COGOLLO, 2006)

²⁷ (BELTRÁN, Prototipo Fotovoltaico con seguimiento de sol para procesos electroquímicos, 2007)

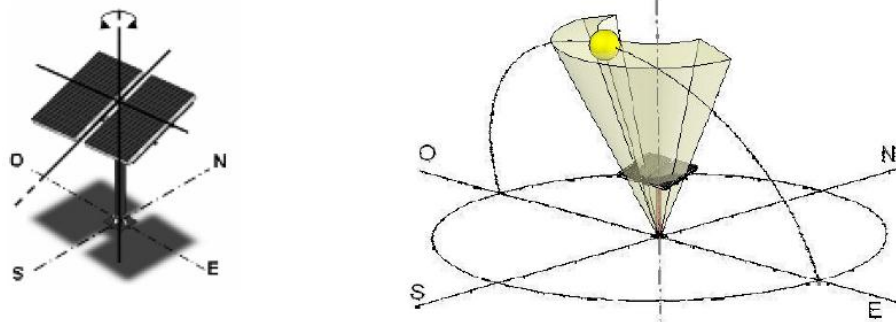


Figura 1.18: Seguidor solar de un eje acimutal
(PASTRANA, OVIEDO, & COGOLLO, 2006)

b. Seguidor solar de un eje, horizontal.

El seguidor solar gira sobre un eje horizontal norte-sur, los módulos son colocados de manera paralela al eje de giro. La trayectoria dibujada es siempre un arco de este a oeste perpendicular al plano horizontal, que difiere de la trayectoria solar en la inclinación que tiene.

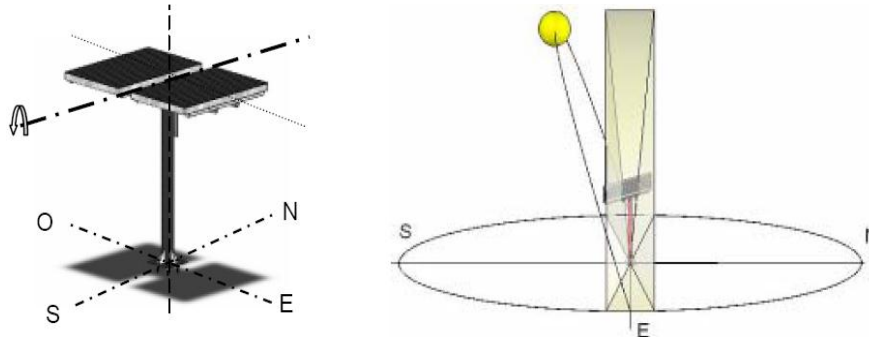


Figura 1.19: Seguidor solar de un eje horizontal
(PASTRANA, OVIEDO, & COGOLLO, 2006)

c. Seguidor solar de un eje, polar.

El seguidor solar gira sobre un eje orientado en dirección norte-sur y con una inclinación del eje igual a la latitud del lugar, los módulos se colocan paralelos al eje de giro, la velocidad de giro es de aproximadamente 15° por hora.

Su inclinación provee una mejor ganancia por año ya que corrige la declinación de la trayectoria con la del Sol, en contra se tiene un diseño más elaborado. La inclinación de los módulos puede ajustarse manualmente, aun con este ajuste la trayectoria descrita solo coincide fielmente con la del Sol en el equinoccio de primavera y otoño.

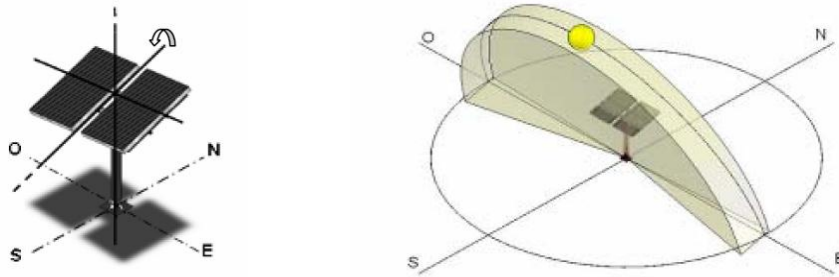


Figura 1.20: Seguidor solar de un eje polar
(PASTRANA, OVIEDO, & COGOLLO, 2006)

d. Seguidor solar de dos ejes.

El seguidor solar de dos ejes realiza dos movimientos automatizados para realizar el seguimiento en los dos ángulos que determinan la posición del Sol. Son los únicos en que la superficie de los módulos siempre es perpendicular al Sol todo el día durante todo el año.

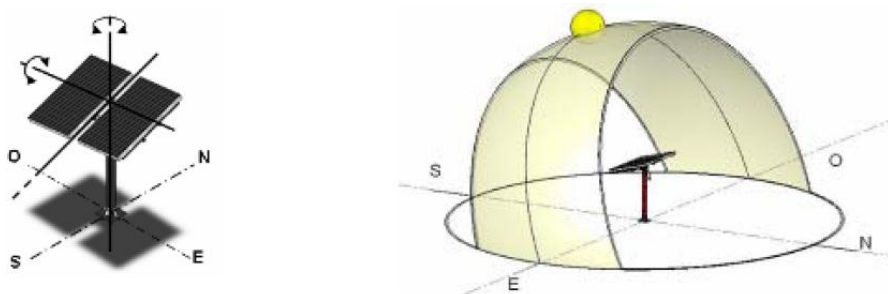


Figura 1.21: Seguidor solar de dos ejes
(PASTRANA, OVIEDO, & COGOLLO, 2006)

Tabla 1.3. Comparación entre sistemas sin movimiento y sistemas con movimiento para paneles fotovoltaicos.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMAS SIN MOVIMIENTO PARA PANELES FOTOVOLTAICOS	SISTEMAS CON MOVIMIENTO PARA PANELES FOTOVOLTAICOS
ESTRUCTURA	Simple Compuesto por un panel o grupo de paneles fotovoltaicos y su soporte fijo.	Compleja Compuesto por un panel o grupo de paneles fotovoltaicos, y su soporte automático que permite el movimiento de los paneles.
COSTO	Menor Debido a su menor número de componentes.	Mayor Debido a su gran número de componentes mecánicos y electrónicos.
EFICIENCIA	Menor No sigue continuamente la trayectoria del sol.	Mayor Sigue la trayectoria del sol a las diferentes horas del día y durante los días del año.
PRECISIÓN	Menor Nula capacidad de mantener los rayos del sol perpendicularmente sobre el panel.	Mayor Capaces de concentrar o mantener el haz de luz proveniente del sol sobre el panel durante el día.
PRODUCCIÓN ELÉCTRICA POSIBLE	Normal Dependiendo del tipo de panel fotovoltaico y los componentes del sistema utilizado.	Máxima 35% más respecto a los sistemas sin movimientos.
INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO	Normal Su instalación y mantenimiento es sencillo debido al poco número de elementos que componen el sistema	Alto Su instalación es más compleja y necesita un mayor mantenimiento, ya que posee diferentes tipos de componentes que pueden ser tanto electrónicos como mecánicos
CONTROL	Manual	Automático

1.9 SENSORES DE RADIACIÓN SOLAR.^{28 29}

La unidad de medición de la radiación solar es el Watt/m². Existe una variedad de instrumentos para medir la radiación solar, entre estos tenemos:

1.9.1 Pirheliómetro.

Es un instrumento que mide la irradiación solar directa del sol en una superficie perpendicular al rayo solar, evitando la radiación difusa desde otras direcciones.



Figura 1.22: Pirheliómetro

(Instrumentos de Medida Electrónicos, 2009)

Está compuesto por un receptor protegido de la irradiación indirecta, ubicado en el fondo de un tubo. Los diferentes tipos de pirheliómetros dependen de las formas del receptor y del tubo que posean. Internamente existe una placa negra, cuya temperatura, que se mide con un sistema de termocuplas, varía con la radiación solar directa que llega a la placa.

1.9.2 Piranómetro.

También conocido como solarímetro y actinómetro, permite medir la irradiación solar global (directa y difusa) incidente sobre una superficie de la Tierra. Está diseñado para medir la densidad del flujo de radiación solar (W/m²).

El piranómetro tienen buena precisión, pueden ser usados para medir irradiación a escala diaria, horaria o menor, lo que va a depender más de la programación del

²⁸ (Instrumentos de Medida Electrónicos, 2009)

²⁹ (MARTÍN, 1995)

instrumento de adquisición de datos asociado. Poseen buena respuesta espectral, linealidad, uniformidad de respuesta y tiempo de respuesta.

Es resistente a la corrosión ya que se lo utiliza a la intemperie, utilizan sensores termoelectricos, fotoelectricos, piroelectricos o elementos bimetálicos; sus propiedades en relación a su grado de precisión y confiabilidad son: sensibilidad, estabilidad, tiempo de respuesta.



Figura 1.23: Piranómetro de radiación solar global

(Instrumentos de Medida Electrónicos, 2009)

Entre los principales tipos de Piranómetros tenemos:

a. Piranómetro para medir la radiación solar difusa.

Se coloca el piranómetro sobre un plano horizontal y brindándole una serie de recursos móviles o fijos para evitar que la irradiación directa alcance al receptor.

b. Piranómetro fotovoltaico.

Poseen como elemento sensor una célula fotovoltaica. Su uso es recomendado para mediciones diarias de irradiación solar total sobre un plano horizontal o para observar pequeñas cambios rápidos de irradiación debido a su gran sensibilidad y respuesta casi instantánea.

c. Piranómetro termoelectrico.

Su sensor esta constituido por termopares en serie que generan una tension eléctrica proporcional a la diferencia de temperatura entre sus uniones, las cuales se encuentran en contacto térmico con placas metálicas que se calientan de forma distinta cuando están iluminadas. Por lo tanto, una diferencia de potencial medida en la salida del instrumento puede ser relacionada con el nivel de irradiación.

1.9.3 Pirorradiómetro.

Mide la radiación global e infrarroja que viene desde la atmósfera. Este tipo de sensor se protege mediante cúpulas de silicona, que para evitar la condensación interior, se inflan con aire de bajo contenido de vapor de agua.



Figura 1.24: Pirorradiómetro

(Instrumentos de Medida Electrónicos, 2009)

1.9.4 Heliofanógrafo.

También conocido como Heliógrafo, registra el periodo en que el sol alumbra en un lugar determinado.

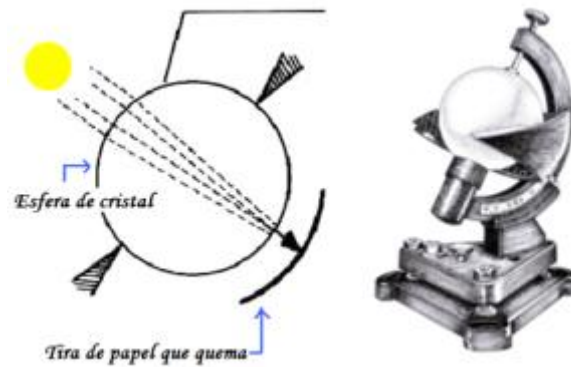


Figura 1.25: Esquema de un heliógrafo
(Instrumentos de Medida Electrónicos, 2009)

CAPÍTULO 2

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.

El sistema desarrollado en este proyecto consta principalmente de dos estructuras, una metálica fija y una mecánica móvil, que sirven para sostener cada uno de los paneles fotovoltaicos utilizados para sensar la radiación solar, los mismos que están colocados en la terraza del edificio “C” de la ESPE-L. Además consta de una interfaz gráfica que muestra el perfil de radiación solar y su historial. Los elementos que conforman el sistema se detallan en la Figura 2.1.



Figura 2. 1: Diagrama de bloques del sistema.

2.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA PARA EL PANEL SOLAR FIJO.

La función de la estructura metálica es fijar el panel solar al suelo, es muy importante determinar su correcta ubicación tanto en inclinación y orientación, forma física y materiales de construcción, para obtener el mayor rendimiento de la captación energética del panel solar.

2.1.1 Orientación y ángulo de inclinación.

Para que un panel solar trabaje lo mejor posible hay dos factores muy importantes que hay que tener en cuenta, la orientación y la inclinación.

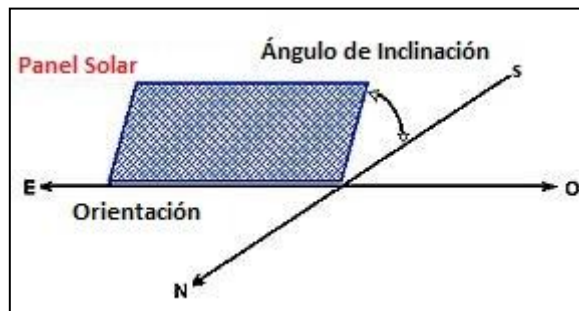


Figura 2. 2: Orientación y ángulo de inclinación del panel solar.

(http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

La parte frontal del panel solar se orienta hacia el norte debido a que la ciudad de Latacunga se encuentra en el hemisferio sur, en caso de que se desee instalar el panel en alguna lugar del hemisferio norte, deberá orientarse hacia el sur porque la trayectoria que describe el Sol desde que sale hasta que se oculta se ve de manera diferente en el hemisferio norte y sur.

La orientación se define por el ángulo llamado azimut α , que es el ángulo que mide la desviación respecto al sur, en el hemisferio norte, y respecto al norte, en el hemisferio sur.

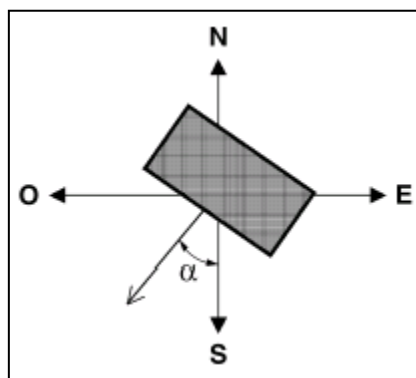


Figura 2. 3: Representación del ángulo azimut para el hemisferio norte.

(<http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/dbhe/he5/020.html>)

Para optimizar la captación de rayos solares puede existir una desviación máxima de $\pm 15^\circ$ del azimut, debido a que una pequeña desviación en la orientación no influye significativamente en la captación de energía solar.

El panel solar se debe colocar con un ángulo de inclinación³⁰ óptimo para que garantice la máxima producción de energía eléctrica, alcanzando su máxima efectividad cuando está orientado perpendicularmente con los rayos del Sol a las horas solares pico.

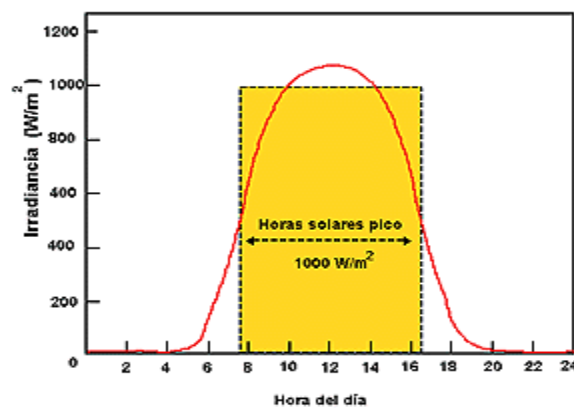


Figura 2. 4: Horas solares pico de mayor irradiación solar durante el día.

(http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

Durante las estaciones del año se debe considerar diferentes ángulos de inclinación en el mismo lugar debido a la aparente trayectoria del Sol durante el año. Para alcanzar un mejor rendimiento anual promedio, el panel solar deberá ser instalado en un ángulo fijo, determinado en algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno.

Cada rango de latitud presenta un ángulo de inclinación óptimo. La ciudad de Latacunga se ubica geográficamente a una latitud de -0.9333° y longitud de -78.6116897° ³¹, entonces basándonos en la Tabla 2.1 el ángulo de inclinación seleccionado para el panel solar es de 10° , con esta ligera inclinación se logra además que la lluvia limpie el polvo acumulado en la superficie del panel.

³⁰ El ángulo de inclinación se mide entre el plano horizontal y el panel solar.

³¹ <http://www.verfotosde.org/ecuador/mapa.php?Latacunga&id=63>

Tabla 2. 1: Ángulos de inclinación para sistemas fotovoltaicos fijos.

Latitud del lugar	Ángulo de inclinación fijo
0° a 5°	0 a 10°
6° a 20°	Latitud + 5°
21° a 45°	Latitud + 10°
46° a 65°	Latitud + 15 °
66° a 75°	80°

Tanto la orientación como la inclinación tienen una influencia en el rendimiento de la captación energética de los paneles solares.

2.1.2 Selección de materiales.

Para alojar el panel solar fijo se construyó una estructura metálica que soporte el peso del panel y los posibles esfuerzos debido a cambios climáticos que se puedan presentar.

Es importante que la estructura esté anclada firmemente al suelo y además debe tener un peso que no sea ni demasiado ligero ni muy pesado, debido a que si es muy ligero está expuesto a la fuerza del viento, vibraciones y otros factores que puedan desestabilizarla. Por el contrario si la estructura es muy pesada será difícil de transportar e instalar.

Entonces, el material seleccionado para su construcción es en su totalidad tubo cuadrado estructural de 1½ pulgada (Anexo A) puesto que este material por su forma cerrada y bajo peso presenta un mejor comportamiento a esfuerzos mecánicos, así como también permite un fácil mantenimiento y protección contra la corrosión aunque fue cubierto con una capa de fondo y pintura para impedir que las condiciones ambientales del lugar donde está colocado dañen la estructura.

2.1.3 Construcción de la estructura.

La estructura se ha diseñado en forma de una mesa rectangular sin la superficie horizontal para que el panel solar cuyas dimensiones son 62 x 67 x 3.5 cm, encaje correctamente en este lugar.

El panel se sujeta a la estructura mediante cuatro espárragos de $\frac{1}{4}$ x 1 pulgada, tiene una altura de 105 cm como se muestra en el Figura 2.5, con esto se garantiza que la sombra de las paredes cercanas en la terraza no cubran la superficie del panel solar.



Figura 2. 5: Estructura metálica.

2.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.

La función de la estructura mecánica es ubicar la parte frontal del panel solar lo más perpendicular posible a los rayos del Sol. Esta estructura está constituida de dos juegos de transmisión formados cada uno por una rueda dentada y un tornillo sin fin, los mismos que están acoplados a un motorreductor DC con caja de reducción, siendo estos componentes los principales que permiten el movimiento de la estructura con dos grados de libertad.

2.2.1 Selección de los actuadores.

Para mover la estructura en sus dos ejes tanto de azimut como de elevación, se utilizó dos motorreductores DC³² idóneos para el uso en seguidores solares porque tienen las siguientes ventajas respecto a otros tipos de motores:

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia desde el motor hacia al engrane conducido.
- Excelentes prestaciones en cuanto a potencia y torques transmitidos.
- Baja emisión de ruido hacia el exterior.
- Conveniencia de costos.
- Baja necesidad de mantenimientos periódicos.



Figura 2. 6: Motorreductor DC marca Hennkwell.
(<http://www.hennkwell.com.tw/PK32KD.html?CID=1>)

Los actuadores seleccionados son dos motorreductores DC marca Hennkwell mostrado en la Figura 2.6, de iguales características que cumplen con los requerimientos calculados en SolidWorks en base a una simulación realizada de todo el sistema, como se muestra en el Anexo B. La Tabla 2.2 detalla las especificaciones obtenidas mediante simulación con un factor de seguridad igual a dos y las que brindan los motorreductores DC Hennkwell.

³² Motorreductor DC es un motor eléctrico con una caja de reducción acoplada.

Tabla 2. 2: Especificaciones de los actuadores.

Parámetros	Datos obtenidos mediante simulación en SolidWorks	Datos del motorreductor DC marca Hennkwell
Par o torque	3,919 Nm	25 Nm
Potencia	13 Watts	25 Watts

Cabe señalar que se escogió los dos motorreductores de iguales características por su facilidad de operación y sustitución. Estos motorreductores son los que poseen las características más cercanas encontradas en el mercado para nuestro sistema. Las características técnicas de estos motorreductores se describen en el Anexo C.

2.2.2 Selección y construcción del sistema de transmisión de movimiento.³³

Un sistema de transmisión de movimiento es un conjunto de elementos que transmiten la potencia del eje de entrada hasta el eje de salida, produciendo un cambio de la velocidad y del torque según la relación de transmisión que poseen. El sistema de transmisión de movimiento utilizado en este proyecto es un mecanismo de engrane con tornillo sin fin porque proporciona una relación de transmisión³⁴ muy reducida y además no funciona a la inversa, la rueda no puede mover al tornillo provocando un bloqueo. Este bloqueo es muy necesario en el diseño del sistema para evitar que el peso del panel provoque un movimiento no deseado en el mecanismo de engrane y se altere su posición con respecto al Sol.

³³ (MOTT, 2006), (NORTON, 1999)

³⁴Relación de Transmisión es la relación entre las velocidades de rotación de dos engranajes conectados entre si.

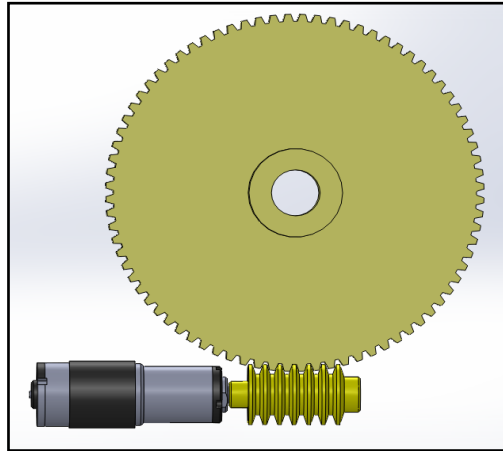


Figura 2. 7: Mecanismo de engrane con tornillo sin fin acoplado al motorreductor Hennkwell.
(Simulación en SolidWorks)

El tornillo sin fin se mueve con la misma velocidad del motorreductor que es de 31.5 rpm. Para el sistema se ha optado bajar la velocidad a 1 rpm debido a que el seguidor solar no necesita mover rápidamente al panel porque el Sol se mueve con una velocidad de 15° por hora. Teniendo en cuenta estos valores de velocidad se obtiene la relación de transmisión de este mecanismo:

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{31.5} = 0.03 \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

donde:

ω_1 , velocidad del tornillo sin fin en rpm.

ω_2 , velocidad del engrane o rueda en rpm.

Para que el mecanismo posea mayor agarre entre sus dientes, se seleccionó un número de entradas³⁵ z_1 , igual a 3 en el tornillo sin fin y un diámetro de paso D , de la rueda de 200mm, es decir la base del panel está a una altura de 100mm desde el centro de la rueda, con esto se asegura que el panel alcance un rango de movimiento apropiado para seguir al Sol y que los actuadores hagan el menor esfuerzo posible en cuanto al torque.

³⁵ Número de entradas: número de filetes tallados en el tornillo.

Una vez seleccionados los parámetros anteriores, se obtienen los diferentes datos para el diseño de la rueda:

- Número de dientes, z_2

$$z_2 = \frac{z_1}{i} = \frac{3}{0.034} = 88 \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

- Módulo³⁶, m

$$m = \frac{D}{z_2} = \frac{200}{* 88} = 2.27 \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

- Diámetro Exterior³⁷, D_e [mm]

$$D_e = m(z_2 + 2) = 2.27(88 + 2) = 204.3 \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

- Diámetro de Fondo³⁸, D_{ef} [mm]

$$D_f = m(z_2 - 2.33) = 2.27(88 - 2.33) = 194.47 \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

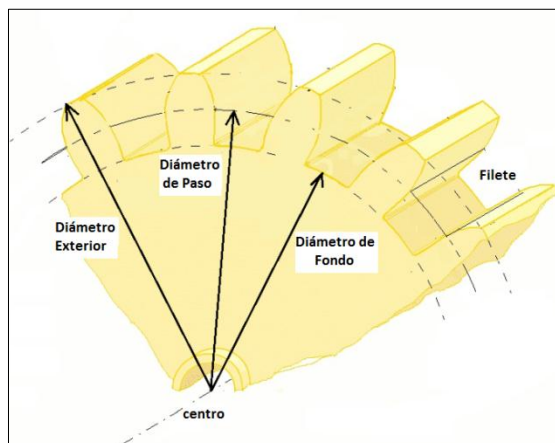


Figura 2. 8: Parámetros de la Rueda.

(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Gear_words.png)

³⁶ Módulo, m : distancia entre dientes adyacentes.

³⁷ Diámetro Exterior, D_e : diámetro de la circunferencia que limita la parte exterior de la rueda.

³⁸ Diámetro de Fondo, D_{ef} : diámetro de la circunferencia que limita el pie del diente de la rueda.

Valores calculados para el diseño del tornillo sin fin:

- Diámetro de paso³⁹, d

$$d = 2 * k * m = 2 * 4.8 * 2.27 = 21.79 \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

El factor k se selecciona de acuerdo a la Tabla 2.3.

Tabla 2. 3: Factor k para el caso mas favorable de conexión.

z_1	1	2	3	4
Factor k	3.4	4.2	4.8	5.3

- Diámetro exterior⁴⁰, d_e

$$d_e = d + 2 * m = 21.79 + 2 * 2.27 = 26.33 \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

- Diámetro de fondo⁴¹, d_f

$$d_f = d - 2.33 = 21.79 - 2.33 = 19.46 \quad (\text{Ecuación 2.8})$$

- Longitud, ℓ

$$\ell = 2 * m(\sqrt{z_2} + 1) = 2 * 2.27(\sqrt{88} + 1) = 47.12 \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

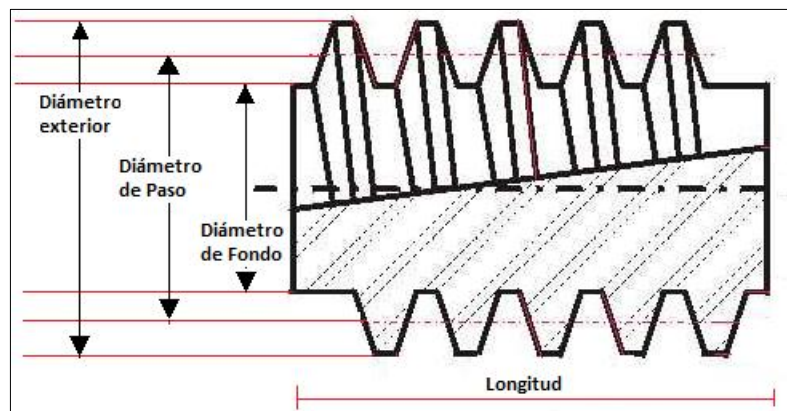


Figura 2. 9: Parámetros del Tornillo.

(<http://www.baiz.net/es/formulasinfin.html7>)

³⁹Diámetro de paso, d : diámetro entre la porción roscada del tornillo y la raíz del mismo.

⁴⁰Diámetro exterior, d_e : diámetro mayor de la porción roscada del tornillo.

⁴¹ Diámetro de fondo d_f : diámetro que atraviesa las raíces de las roscas del tornillo.

El material seleccionado para la construcción del sistema de transmisión de movimiento fue Duralon como se indica en el Figura 2.10 que es especialmente ligero en comparación con otros materiales usados en la construcción de mecanismos de engranes y además es lo suficientemente resistente al desgaste y a los cambios climáticos.



Figura 2. 10: Material utilizado para los engranes.

Las características específicas de este material se detallan en el Anexo D.

2.2.3 Construcción del chasis de la estructura.

La estructura se ha diseñado con dos grados de movimiento para recorrer el ángulo de azimut y de elevación, además posee la capacidad de sostener a un panel solar de 6 Kg mientras realiza sus movimientos. Al igual que la estructura metálica tiene una altura de 1.05 m para evitar las sombras provocadas por las paredes cercanas. En el Anexo E se señalan las dimensiones específicas de esta estructura.

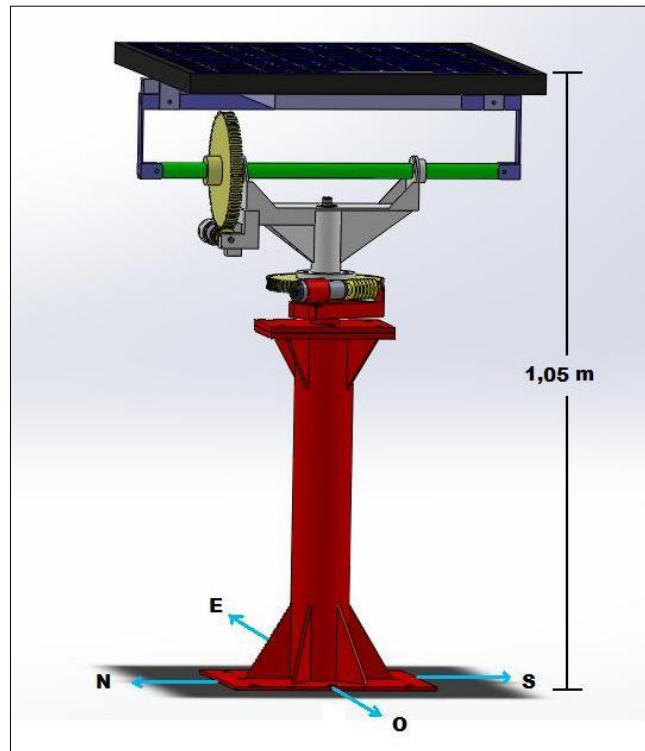


Figura 2. 11: Estructura mecánica.
(Simulación en SolidWorks)

El material utilizado debe cumplir las siguientes características:

- Menor peso posible, para reducir el esfuerzo realizado por los motores al mover la estructura.
- Resistencia a la corrosión, para reducir los daños provocados por el clima muy variable en la ciudad de Latacunga.
- Disponibilidad en el mercado, debe existir en el mercado este tipo de material en sus diferentes formas posibles.
- Capacidad de carga, debe soportar el peso del panel solar con su respectivo factor de seguridad sin sufrir deformaciones.
- Factores estéticos, el material debe causar un efecto visual agradable al usuario.

Analizadas las características necesarias del material para construir la estructura, se determinó que el Aluminio T6 7075 (Anexo F) es el más adecuado. El Aluminio T6 7075 es una aleación de Aluminio con Zinc y además ha sido

sometido a un tratamiento térmico, sus principales propiedades son el bajo peso, buena resistencia a la corrosión, facilidad de formado, apariencia agradable y en el mercado existe en todas las formas.

Una vez seleccionado el material se procedió a la construcción en base al diseño realizado anteriormente en el programa de simulación SolidWork, en la Figura 2.12, podemos apreciar el chasis de la estructura junto con el eje y engrane del motorreductor 2, se reforzó con 4 nervios para evitar que el viento mueva al panel cuando se encuentre en posición vertical.

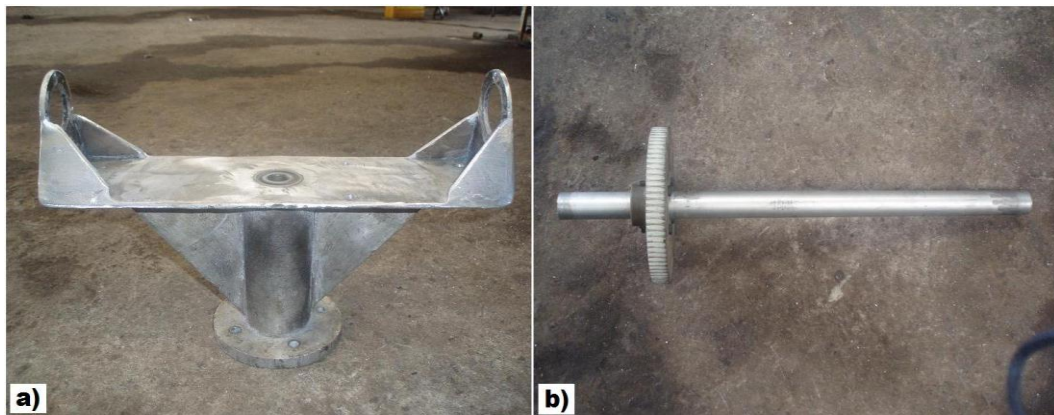


Figura 2. 12: a) chasis de la estructura, b) eje secundario con engrane.

Para alojar a los dos motorreductores se construyó dos bases, la primera base mostrada en la Figura 2.13 a), aloja el motor para movimiento en azimut, tiene una abrazadera de metal con regulación para sujetar firmemente al motorreductor y está diseñado especialmente para ser el eje principal, en el cual toda la estructura va a girar. La Figura 2.13 b) muestra la base que sujeta al motorreductor para el movimiento en altitud solar.



Figura 2. 13: a) Base para motorreductor y eje principal, b) base de sujeción del motorreductor en altura solar.

En el montaje del sistema de transmisión de engrane fue necesario centrar correctamente los tornillos sin fin con las ruedas dentadas como se muestra en la Figura 2.14, para evitar que se produzcan daños en ambos elementos como el desgaste por exceso de presión o demasiado juego entre sus dientes; además cada tornillo tiene dos prisioneros para asegurarlo con el eje de cada motorreductor.

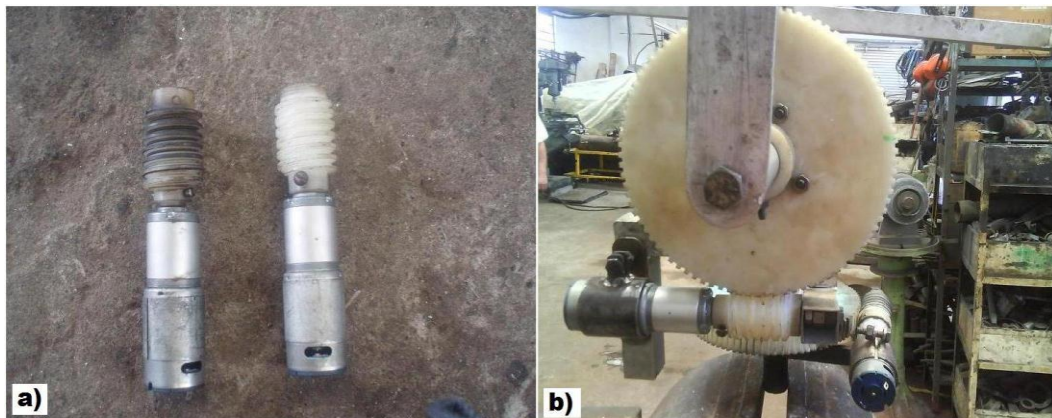


Figura 2. 14: a) Motorreductores con tornillos sin fin, b) Montaje del mecanismo de transmisión.

Para acoplar el panel solar se diseñó y construyó una base de tubo cuadrado de aluminio (Figura 2.15 a) con cuatro pernos de 3/8 de pulgada, uno en cada esquina y este conjunto descansa sobre un brazo de aluminio (Figura 2.15 b) que sostiene

la base de aluminio y transmite directamente el movimiento angular desde el engrane hasta el panel.

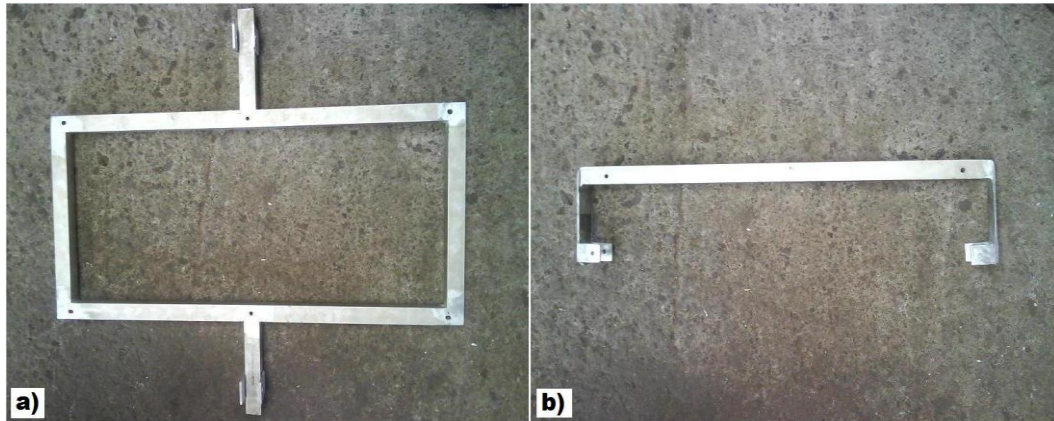


Figura 2. 15: a) Base de aluminio del panel, b) Brazo de aluminio.

El eje que transmite el movimiento hacia el brazo de aluminio posee dos rodamientos axiales que sirven de apoyo para que el eje gire con mucha suavidad y reduzcan considerablemente el desgaste producido por la fricción entre componentes, en la Figura 2.16 a) se observa todos los componentes descritos anteriormente unidos entre sí, listos para juntarse con la base principal (Figura 2.16 b).

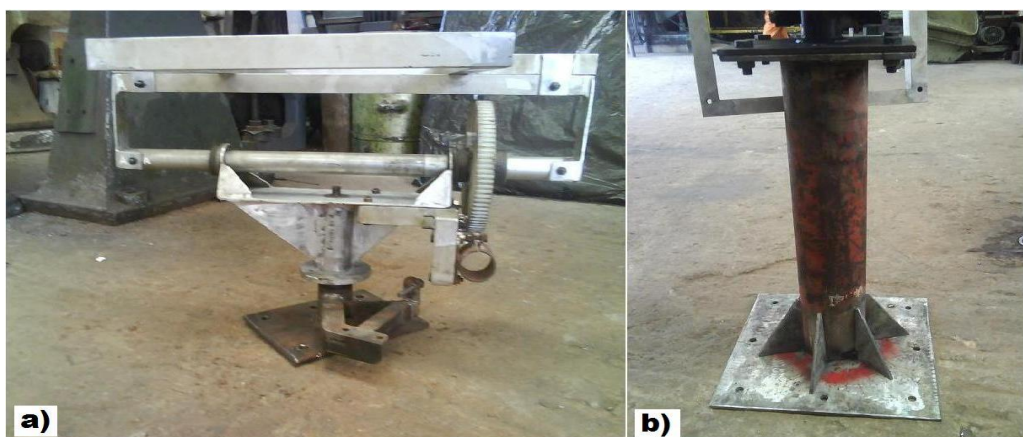


Figura 2. 16: a) Chasis de la estructura mecánica, b) Base de acero de la estructura mecánica.

En la Figura 2.17 a) se observa el acople entre el chasis de la estructura y la base de acero sin pintura mediante cuatro pernos de acero. La estructura terminada junto con el panel solar se observa en la Figura 2.17 b).



Figura 2. 17: a) estructura, b) Estructura totalmente terminada.

2.2.4 Ángulos de movimiento

El ángulo de azimut y el ángulo de elevación cambian su valor en el transcurso del día; el ángulo de azimut toma valores entre 0° y 180° , mientras que el ángulo de elevación únicamente recorre desde 0° hasta 150° por el diseño de la estructura.

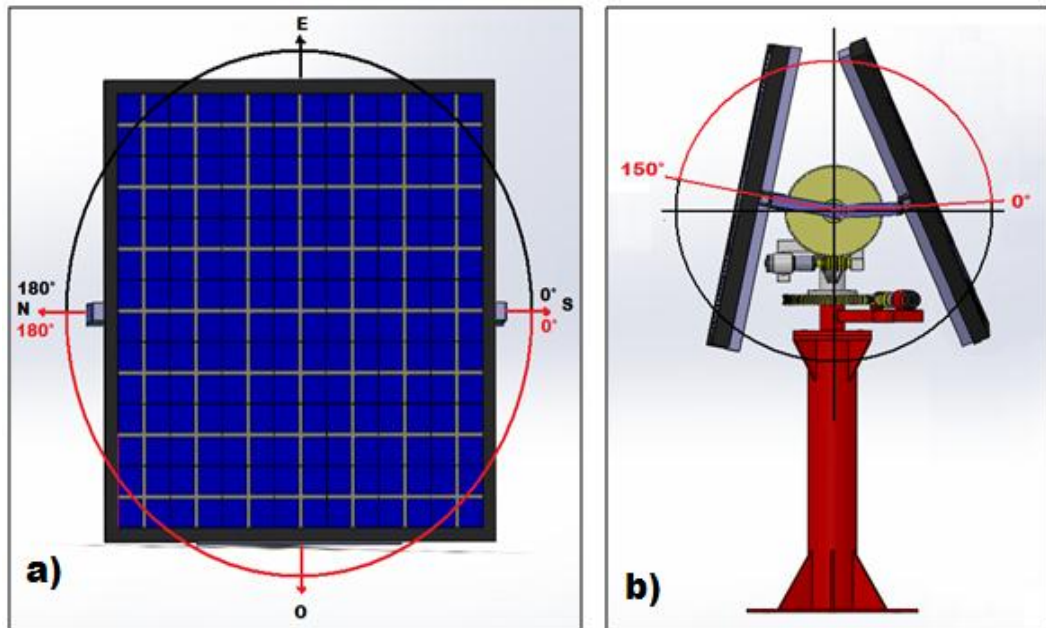


Figura 2. 18: a) Recorrido del ángulo de azimut b) Recorrido del ángulo de elevación.

(Simulación en SolidWorks)

2.3 CIRCUITOS DE CONTROL.

Los circuitos fueron diseñados para acondicionar las señales de los voltajes de cada panel, proteger la estructura debido a cortes de energía eléctrica, conexión y desconexión inadecuada de la tarjeta NI 6009. Estos circuitos se encuentran distribuidos dentro de una caja metálica adecuada para ser colocados a la intemperie, posee además en su interior una fuente de energía de 12V, que proporcionan la alimentación necesaria para el funcionamiento de los circuitos.

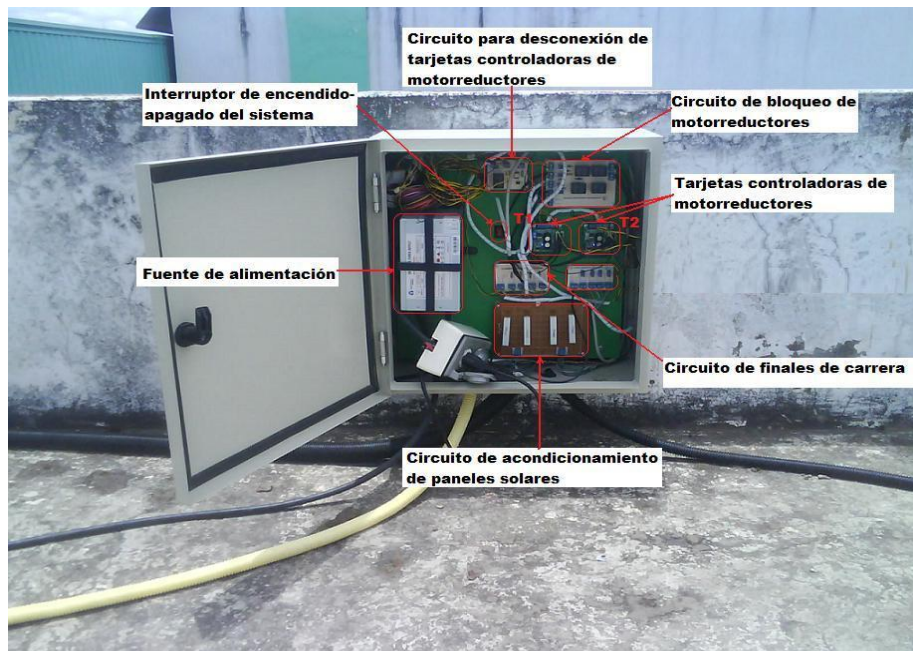


Figura 2. 19: Caja con circuitos de control.

2.3.1 Tarjetas controladoras de motores.

Anteriormente se seleccionó como actuadores del sistema dos motorreductores Hennkwell, por lo que las tarjetas de control deben proveer la suficiente corriente para que los motorreductores operen normalmente.

Las tarjetas más adecuadas para el control de estos motorreductores son las denominadas Pololu Trex DMC01.



Figura 2. 20: Tarjeta Pololu Trex DMC01.

(<http://www.pololu.com/docs/pdf/0J1/TReX.pdf>)

Estas tarjetas se configuraron para recibir señales analógicas de 1 a 4 voltios y permiten mover a cada uno de los motorreductores como se muestra en la Tabla 2.4.

Tabla 2. 4: Señales de voltaje para la tarjeta de control Trex DMC01

Señal de voltaje de entrada de la tarjeta	Señal de voltaje de salida de la tarjeta	Sentido de giro del Motorreductor
2.5 V	0V	Detenido
Mayor a 2.5V hasta 4V	Mayor a 0V hasta 12V	Horario
Menor a 2.5V hasta 1V	Menor a 0V hasta -12V	Antihorario

El voltaje de bloqueo de los motorreductores para esta configuración es de 2.5V, a medida que se incrementa este voltaje de entrada, el voltaje de salida también lo hace proporcionalmente, provocando un aumento de velocidad del motorreductor. De igual forma cuando el voltaje de entrada disminuye, también lo hace el voltaje de salida proporcionalmente, aumentando la velocidad del motorreductor pero en sentido opuesto.

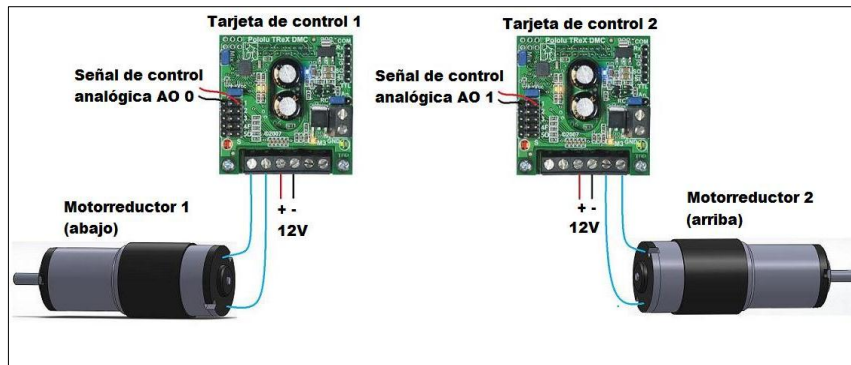


Figura 2. 21: Conexión de los motorreductores a las tarjetas controladoras.

En el Anexo G, se especifica paso a paso la configuración de las tarjetas para que reciban señales analógicas dentro del rango que el usuario desee.

La tarjeta 1 controla al motorreductor 1 de igual forma la tarjeta 2 controla al motorreductor 2.

2.3.2 Circuitos de Protección.

Los circuitos de control del sistema han sido distribuidos en tres partes:

- Circuito de bloqueo de motorreductores.

Este circuito tiene dos funciones, la primera es la de enviar 2.5V a los motorreductores para que se detengan en caso de que la tarjeta de adquisición de datos se encuentre desconectada y la segunda enviar una señal al software de control al detectarse que las tarjetas de control de los motorreductores están apagadas.

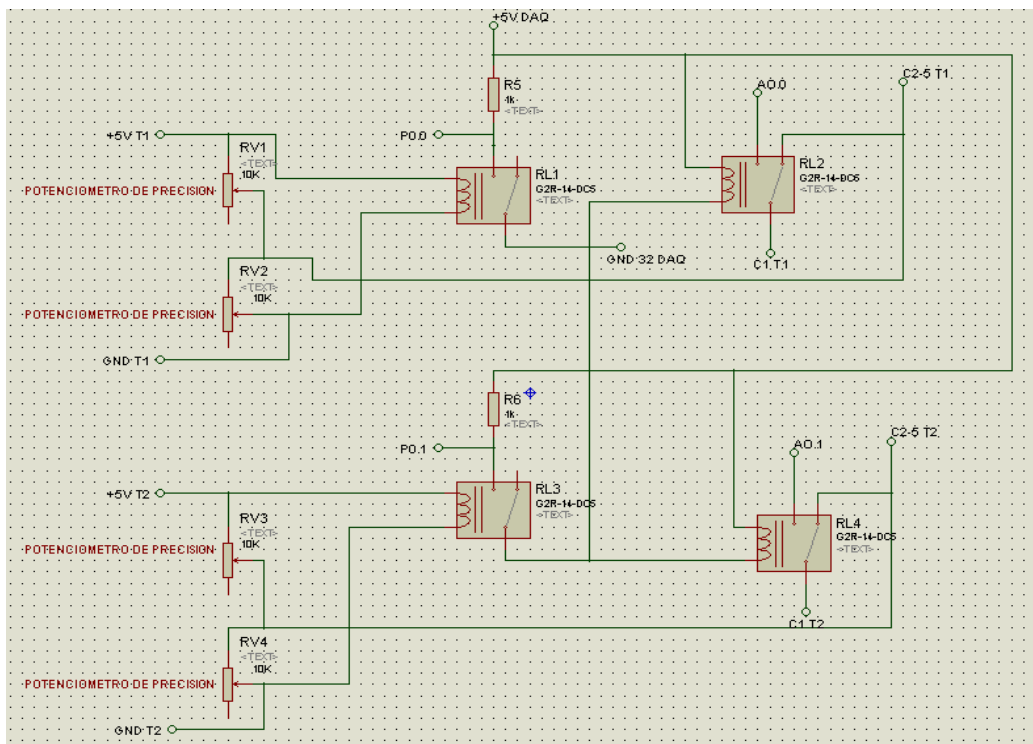


Figura 2. 22: Esquema del circuito de bloqueo de motorreductores.

El circuito mostrado en la Figura 2.22, está formado por 4 relés de 70 Ω con activación a 5V, denominados RL1, RL2, RL3 y RL4, además consta de dos divisores de tensión formado por dos potenciómetros multivuelta de 10K Ω cada uno y dos fuentes de 5V provenientes de las tarjetas controladoras de los motorreductores, sus funciones se describen a continuación:

Los relés RL2 y RL4 se activan cuando la DAQ⁴² (Anexo H) se ha conectado correctamente al computador, debido a que sus bobinas son alimentadas directamente por la fuente de 5V que posee esta tarjeta. Al activarse estos relés se controla al motorreductor 1 y motorreductor 2 desde los puertos A0.0 y A0.1 de la DAQ, respectivamente. Si por algún motivo la DAQ falla y no se activan estos relés, se envía una señal de 2.5V hacia cada tarjeta controladora de los motorreductores para mantenerlos detenidos, estas señales provienen de dos divisores de tensión formados por la fuente de 5V propias de cada tarjeta junto con los potenciómetros RV1, RV2 para el motorreductor 1 y los potenciómetros RV3 y RV4 para el motorreductor 2.

La tarjeta controladora 1 denominada T1 en el circuito, al estar encendida envía una señal de 5V, activando al relé RL1 cerrando el circuito que permite el envío de una señal digital hacia el puerto P0.0 de la DAQ dando a conocer que la tarjeta se encuentra encendida, caso contrario al no activarse RL1 la señal enviada a la DAQ indicará que la tarjeta se encuentra apagada. De igual forma para detectar si la tarjeta 2, T2 está encendida o apagada se activa o desactiva al relé RL3 con el voltaje enviado desde T2, enviándose la señal digital hacia el puerto P0.1 de la DAQ.

- Circuito para desconexión de tarjetas controladoras de motorreductores.

Este circuito detecta si la DAQ se encuentra conectada y el software controlador del sistema en ejecución, de ser así enciende las tarjetas controladoras de los motorreductores, asegurando el correcto control de los mismos.

⁴² DAQ: tarjeta de adquisición de datos.

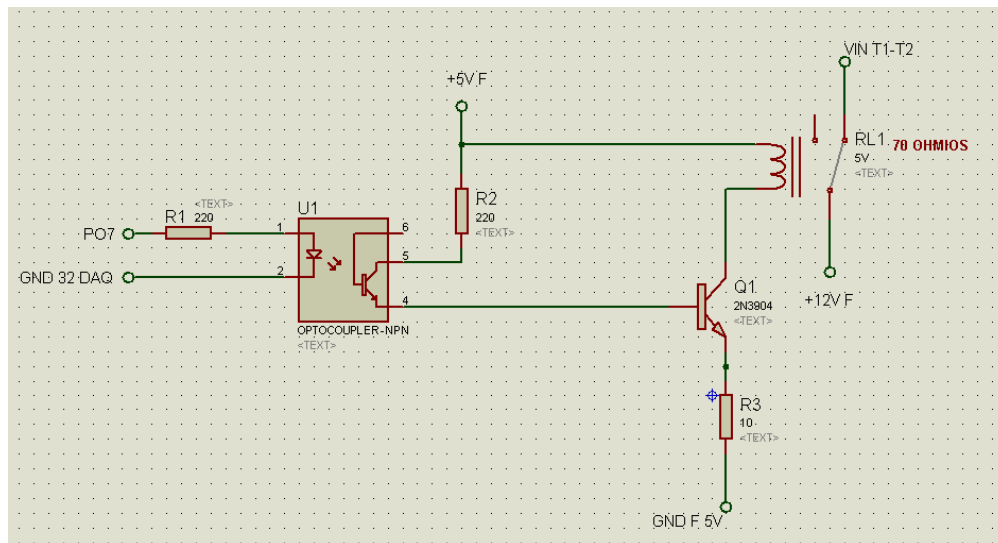


Figura 2. 23: Circuito para desconexión de tarjetas controladoras de motorreductores.

Cuando la DAQ se encuentra conectada y el programa de control detenido se envía una señal de 5V desde el puerto P0.7 es decir un “1” lógico, el mismo que permite la conducción en el optotransistor y debe polarizar a la bobina del relé RL1 para que pase de la posición normalmente cerrado a normalmente abierto desconectando la alimentación de 12V hacia las tarjetas controladoras de los motorreductores.

La alimentación a las tarjetas únicamente se restablece cuando se ejecuta el programa de control, mediante programación en LabView se envía una señal de 0V para que el contacto normalmente cerrado del RL1 pase a normalmente abierto.

El relé RL1 necesita una corriente de excitación de:

$$I_{RL1} = \frac{V}{R} \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

$$I_{RL1} = \frac{5V}{70\Omega}$$

$$I_{RL1} = 71mA$$

La corriente de salida del opto transistor I_c es:

$$I_c = CTR(\%) * \frac{I_f}{100} \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

$$I_c = 20 * 0.02272A * 100$$

$$I_c = 0.004544A$$

$$I_c = 4.5mA$$

Donde,

$CTR(\%)$, es la relación de transferencia de corriente obtenida de la hoja de datos del Anexo I.

I_f , corriente directa a la entrada

$$I_f = \frac{V_{P0.7}}{R1} = \frac{5V}{220\Omega} = 22.7mA \quad (\text{Ecuación 2.12})$$

Al analizar las Ecuaciones 2.10 y 2.11 se concluye que la corriente de salida del opto transistor no es suficiente para activar al relé RL1, por lo tanto es necesario agregar un transistor que pueda manejar la corriente que el relé necesita, en este caso se seleccionó al transistor 2n3904, que en base al circuito de la Figura 2.23 brinda los siguientes valores de corriente:

- Corriente de base I_b :

$$I_b = \frac{V_f}{R2} \quad (\text{Ecuación 2.13})$$

$$I_b = \frac{5V}{220\Omega}$$

$$I_b = 0.0227A = 22.7mA$$

Donde:

V_f , voltaje de entrada a la base

$R2$, resistencia en serie a la base

- Corriente de colector I_c :

$$I_c = I_b(h_{FE}) \quad (\text{Ecuación 2.14})$$

$$I_c = 0.0227A(30)$$

$$I_c = 0.681A$$

$$I_c = 681mA$$

Donde:

I_b , corriente de base en el transistor 2n3904

h_{FE} , ganancia de corriente DC del transistor 2n3904 como lo señala su hoja de especificaciones del Anexo J.

Entonces, aplicando la Ecuación 2.14 indica que la corriente de colector obtenida es suficientemente para activar al Relé 1.

El optoacoplador usado es el 4N25 muy necesario para el aislamiento eléctrico entre el circuito de control y potencia

- Circuito de Finales de carrera

Consta de 4 finales de carrera en paralelo, con una resistencia de $1k \Omega$ en serie para cada final alimentados por una fuente de 5V proveniente de la DAQ. Los finales previamente fueron sellados con silicona industrial para evitar cualquier filtración de agua, se encuentran distribuidos en la estructura y sirven para delimitar su movimiento enviando señales digitales a las entradas de la DAQ que indican su activación o desactivación.

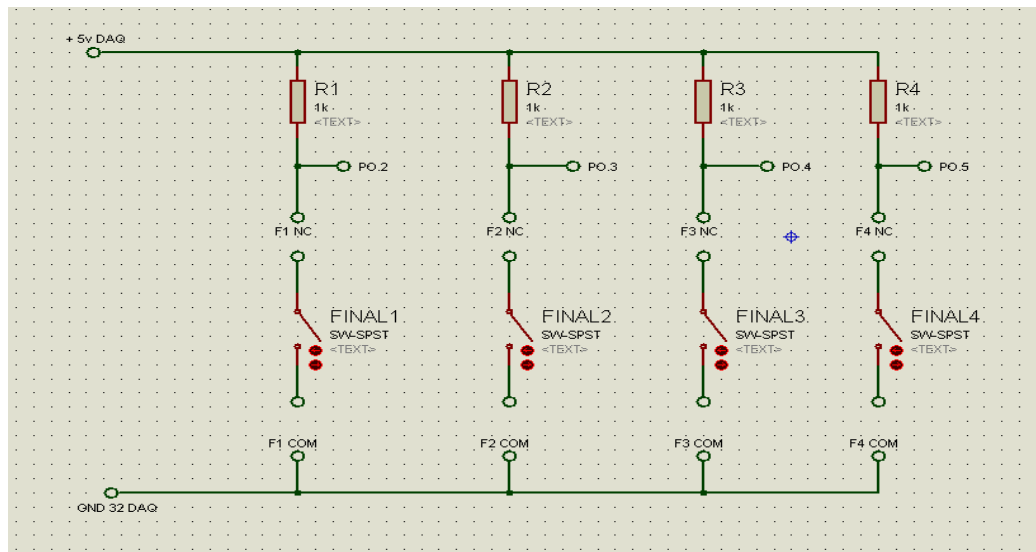


Figura 2. 24: Circuito de Finales de carrera.

Cuando se presiona uno de los finales de carrera se envía una señal digital hacia los puertos P0.2, P0.3, P0.4 y P0.7 de la DAQ según el final 1, 2, 3, o 4, respectivamente.

2.4 OBTENCIÓN DE LAS MEDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR UTILIZANDO LOS PANELES SOLARES.

El sistema posee dos paneles de marca Exmork, de iguales características técnicas, estos paneles brindan un voltaje máximo de 22Vdc en circuito abierto y una corriente máxima medida en corto circuito de 3.07A, con una potencia de 50 Wp⁴³, Anexo K.

Para medir la radiación solar utilizando los paneles solares fue necesario encontrar un factor de relación K_r que permita transformar el voltaje o corriente del panel directamente en radiación solar realizando las siguientes pruebas:

Medir la corriente y el voltaje entregado por el panel a diferentes intensidades de radiación solar utilizando la DAQ 6009 y un solarímetro Ambient Weather SP-216 (Anexo L), para identificar cual de las dos magnitudes eléctricas varían proporcionalmente con las medidas entregadas por el solarímetro; para medir el

⁴³ Wp: Vatios pico.

voltaje entregado por el panel se acondicionó con un divisor de tensión compuesto por tres resistencias de 3.3Ω , 2.2Ω y 1Ω de $10W$ en serie, esta última fue utilizada para medir la corriente que ingresa a la DAQ.

Tabla 2. 5: Cálculo del factor de relación K_r , corriente, voltaje y radiación solar medida con el solarímetro para una carga de 6.5Ω .

Voltaje (V)	Corriente (I)	Carga (Ω)	Radiación Solar (W/m ²)	Factor de relación para voltaje	Factor de relación para corriente
11,7	1,81	6,5	1190	101,71	657,46
11,63	1,79	6,5	1080	92,86	603,35
12,13	1,83	6,5	998	82,28	545,36
12,5	1,96	6,5	998	79,84	509,18
13,6	2,1	6,5	1200	88,24	571,43
13,9	2,15	6,5	1150	82,73	534,88
5,2	0,96	6,5	248	47,69	258,33
13,7	2,16	6,5	1120	81,75	518,52
13,55	2	6,5	1043	76,97	521,50
13,5	1,99	6,5	1012	74,96	508,54
16,5	2,426	6,5	1057	64,06	435,70
16,6	2,638	6,5	1030	62,05	390,45
17,5	2,82	6,5	1018	58,17	360,99
18,4	2,69	6,5	1060	57,61	394,05
18,5	2,94	6,5	1021	55,19	347,28
19,1	2,98	6,5	1030	53,93	345,64
18,9	3	6,5	1005	53,17	335,00
19,3	3,01	6,5	1109	57,46	368,44
19,3	3,034	6,5	1118	57,93	368,49
20,4	3,242	6,5	1100	53,92	339,30

Según los valores de K_r para corriente y voltaje de la Tabla 2.5 se determinó que ninguna de las dos magnitudes presenta un valor constante de K_r para poderlas relacionar con la radiación solar medida con el solarímetro, por lo tanto se decidió probar con un valor de carga mayor a 6.5Ω .

Tabla 2. 6: Cálculo del factor de relación K_r , corriente, voltaje y radiación solar medida con el solarímetro para una carga de 48.5Ω.

Voltaje (V)	Corriente (I)	Carga (Ω)	Radiación Solar (W/m ²)	Factor de relación para voltaje	Factor de relación para corriente
18,57	0,5093	48,5	218	11,7	428,0
17,85	0,4972	48,5	228	12,8	458,6
17,86	0,5089	48,5	232	13,0	455,9
18,21	0,5178	48,5	300	16,5	579,4
18,64	0,5206	48,5	300	16,1	576,3
17,57	0,4658	48,5	304	17,3	652,6
18,6	0,5188	48,5	306	16,5	589,8
18,71	0,522	48,5	307	16,4	588,1
18,29	0,5027	48,5	310	16,9	616,7
18,65	0,5115	48,5	316	16,9	617,8
18,55	0,5132	48,5	375	20,2	730,7
18,89	0,5321	48,5	376	19,9	706,6
18,22	0,5177	48,5	403	22,1	778,4
18,23	0,4932	48,5	420	23,0	851,6
18,64	0,5152	48,5	431	23,1	836,6
19,29	0,532	48,5	543	28,1	1020,7
19,48	0,5429	48,5	1113	57,1	2050,1
19,86	0,5487	48,5	1219	61,4	2221,6
19,84	0,5429	48,5	1234	62,2	2273,0
19,62	0,5441	48,5	1365	69,6	2508,7

En la Tabla 2.6 el valor de K_r , es aun más variable que el de la Tabla 2.5, por consiguiente se decidió probar con una carga menor a la inicial, es decir menor a 6.5Ω.

Tabla 2. 7: Cálculo del factor de relación K_r , corriente, voltaje y radiación solar medida con el solarímetro para una carga de 1Ω .

Voltaje (V)	Corriente (I)	Carga (Ω)	Radiación Solar (W/m ²)	Factor de relación para voltaje	Factor de relación para corriente
4,5721	3,8	1	1250	273,40	329,59
4,3336	3,6	1	1200	276,91	329,59
4,2465	3,5	1	1150	270,81	328,00
4,1468	3,4	1	1123	270,81	331,66
4,1087	3,3	1	1116	271,62	334,39
4,0535	3,0	1	1100	271,37	362,55
3,6626	2,9	1	1000	273,03	340,14
3,3547	2,7	1	908	270,66	332,52
2,7654	2,4	1	750	271,20	308,99
2,7695	2,3	1	750	270,81	331,00
2,3042	1,9	1	624	270,81	326,00
2,0679	1,7	1	560	270,81	330,00
1,9231	1,5	1	523	271,96	344,75
1,8463	1,5	1	500	270,81	332,00
1,8057	1,4	1	489	270,81	357,00
1,5878	1,3	1	430	270,81	329,00
1,2998	1,0	1	352	270,81	362,00
1,2887	1,0	1	349	270,81	340,00
1,0967	0,9	1	296	269,90	325,20
0,7533	0,6	1	204	270,81	329,00
0,4868	0,4	1	132	271,16	377,14
0,0739	0,1	1	20	270,81	329,59

Analizando los resultados para K_r de las Tablas 2.5, 2.6 y 2.7 se determinó que el valor de K_r es más constante con el voltaje en comparación con la corriente y que mientras más baja sea la carga del panel, menos variará este valor. Para transformar el voltaje del panel en radiación solar (Ecuación 2.15) se usó un factor promedio de K_r de voltaje de la Tabla 2.7, dando como resultado un valor para $K_r = 271$.

$$\text{Radiación Solar} = K_r * \text{Voltaje del panel solar} \quad (\text{Ecuación 2.15})$$

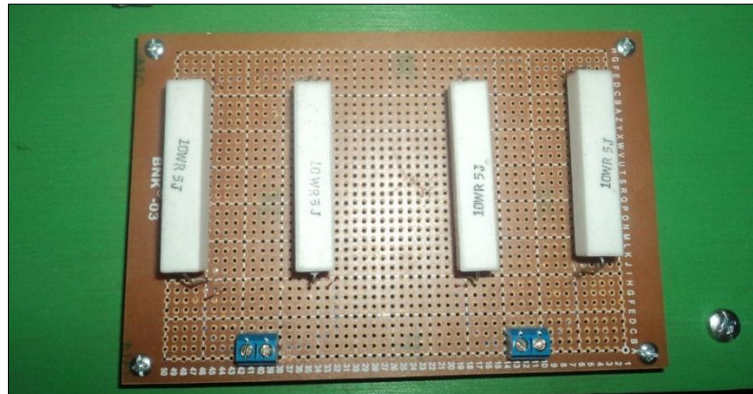


Figura 2. 25: Circuito de acondicionamiento de paneles solares móvil y fijo.

Para el circuito de acondicionamiento se usó dos resistencias para cada panel de 0.5Ω a $10W$ en serie. El voltaje medido del panel móvil ingresa por el puerto analógico AI.2 de la DAQ y el voltaje del panel fijo ingresa por el puerto AI.6.

2.5 ADQUISICIÓN DE DATOS.

Para la adquisición de datos se optó por una DAQ NI 6009 ya que posee un número suficiente de entradas-salidas analógicas y digitales para el sistema, es de fácil manejo, compatible con LabView y por su bajo precio.

Tanto las señales que provienen del sistema como las señales que genera la DAQ 6009 se detallan en la Figura 2.26 con sus respectivos canales de entrada-salida analógico y digital.

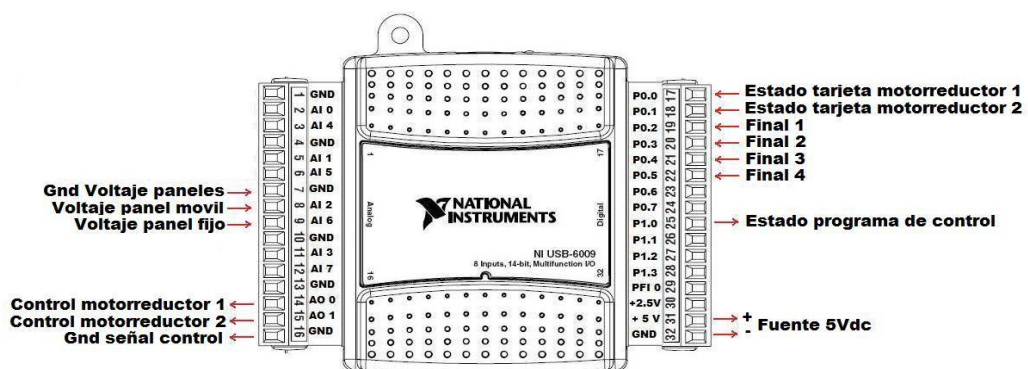


Figura 2. 26: Distribución de entradas-salidas analógicas y digitales.

(<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/201987>)

2.6 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.

Una vez construidas las estructuras para los paneles solares, seleccionados los actuadores, método de transmisión de movimiento, tipo de seguimiento solar, circuitos de control, y medio para la adquisición y proceso de datos se procedió a la implementación del Sistema en su totalidad.

2.6.1 Ubicación Física

Las estructuras debieron colocarse en la terraza del edificio “C” de la ESPE Extensión Latacunga porque este sitio se encuentra libre de objetos o estructuras que pueden provocar sombras en la superficie de los paneles, pero por seguridad para el sistema se lo ubicó en la terraza junto a la antena parabólica. Para obtener unas correctas medidas de radiación solar, se ubicó cada uno de los elementos de la siguiente manera:

- La estructura metálica y mecánica se colocaron con una separación de 6m para que la sombra de la estructura metálica no cubra la superficie del panel de la estructura mecánica y viceversa, además se encuentran lo suficientemente separadas de la antena parabólica para evitar que su sombra afecte la trayectoria de los rayos solares a los paneles.

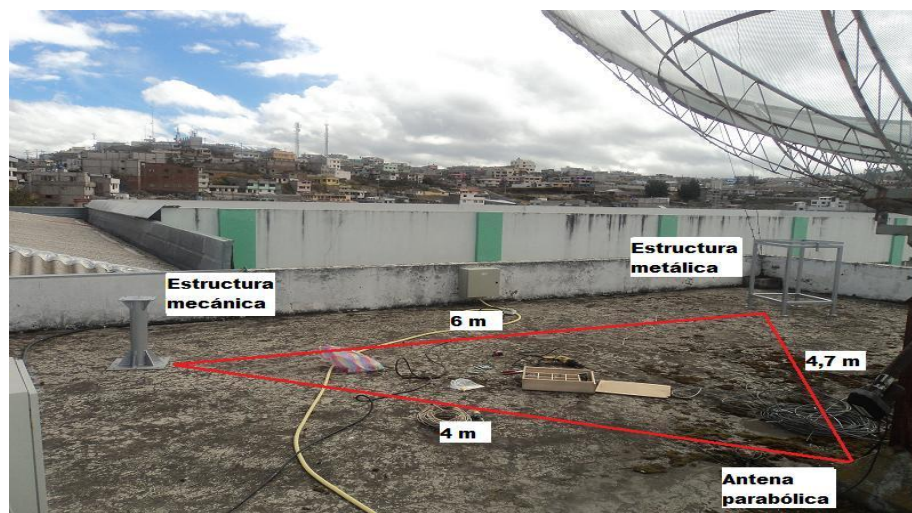


Figura 2. 27: Distribución física de las estructuras en la terraza.

- La Figura 2.28 señala la caja donde se encuentran los circuitos de control, protección y acondicionamiento de señales, la misma que está empotrada en la pared más próxima a las estructuras para minimizar pérdidas de datos y evitar interferencias por la extensión del cable. Es necesario recalcar que la estructura tanto metálica como mecánica se encuentran orientadas al norte.



Figura 2. 28: Ubicación de la caja de circuitos.

- El control del sistema junto con su interfaz gráfica como se observan en la Figura 2.29 se encuentran ubicados en el laboratorio de Control Eléctrico a una distancia de 50m desde la caja de circuitos.



Figura 2. 29: Control del sistema con la tarjeta de adquisición de datos 6009.

2.6.2 Análisis del tipo de seguimiento solar

Inicialmente se implementó el seguimiento solar por luminosidad y se elaboró un programa en LabView para controlar el sistema utilizando fotorresistencias. Los datos de radiación fueron tomados en un día nublado por la mañana y soleado por la tarde, obteniéndose la curva de radiación.

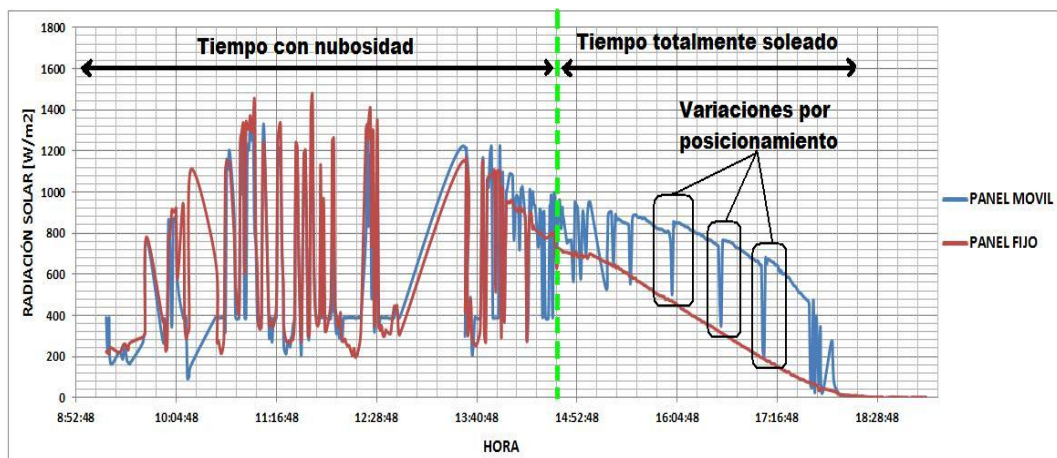


Figura 2. 30: Curva del panel fijo y curva del panel móvil, variaciones por posicionamiento.

En las horas del día en las que no existió nubosidad, se observó que el seguimiento era correcto porque la parte frontal del panel estaba dirigida hacia los rayos del Sol y los valores de la curva de radiación solar del panel móvil eran mayores a los valores de la curva de radiación del panel fijo, únicamente en el momento que la estructura se movía hacia su posición inicial, es decir, mientras se colocaba al panel horizontalmente, se producían variaciones muy notables de radiación solar.

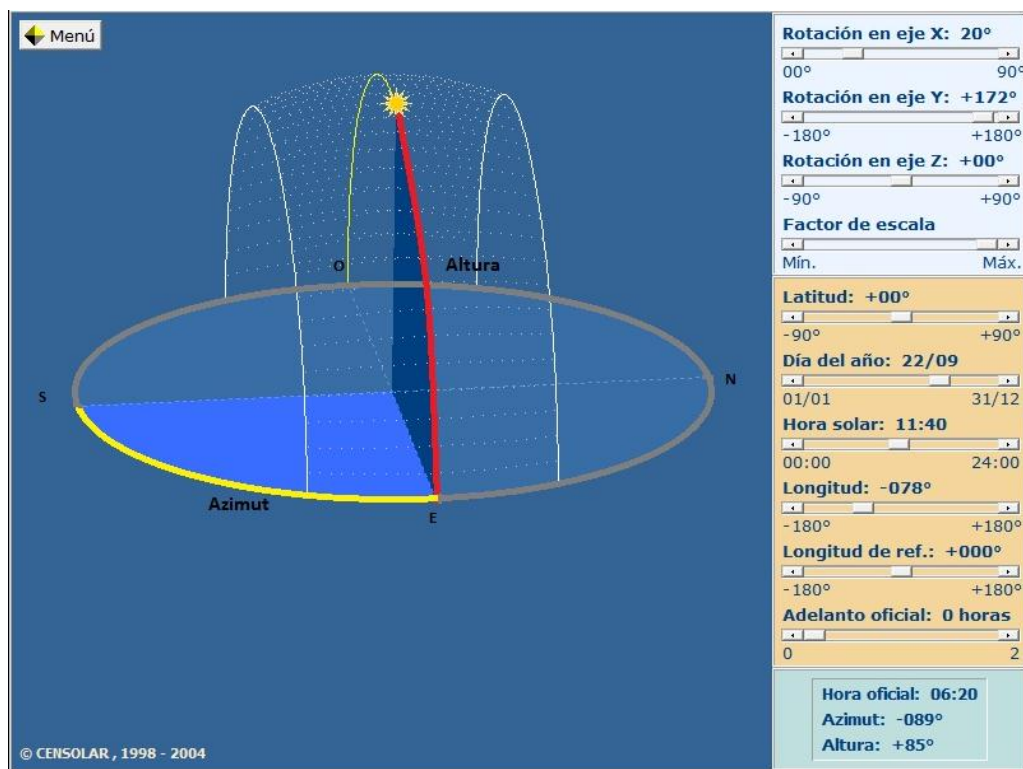
En las horas del día en las que se produjo nubosidad, el sistema no ubicaba al panel solar hacia el Sol debido a que la luminosidad es muy dispersa y el movimiento de las nubes provocan que los rayos solares lleguen desde distintos

puntos que no son precisamente el punto donde está ubicado el Sol, provocándose una curva de radiación muy variable.

Por estas razones se decidió cambiar el tipo de seguimiento de solar por uno más eficiente y preciso seleccionándose el método por posición astronómica.

2.6.2.1 Seguimiento del Sol por posición astronómica.

La trayectoria aparente del Sol a lo largo del año no siempre es la misma en cualquier lugar del mundo. Para la ESPE - Extensión Latacunga la trayectoria aparente del Sol es la mostrada en la Figura 2.31, obtenida mediante el programa de simulación Censolar 5, en el que ingresamos sus respectivas coordenadas geográficas para un día y hora específica.



**Figura 2. 31: Simulación de la trayectoria Aparente del Sol para la ESPE-
Extensión Latacunga.**

(<http://antusol.webcindario.com/censol.html>)

Además se realizó una prueba de trayectoria de sombra con una varilla vertical señalándose los puntos de la sombra que proyectó la varilla en diferentes horas del día para analizar la trayectoria del Sol.

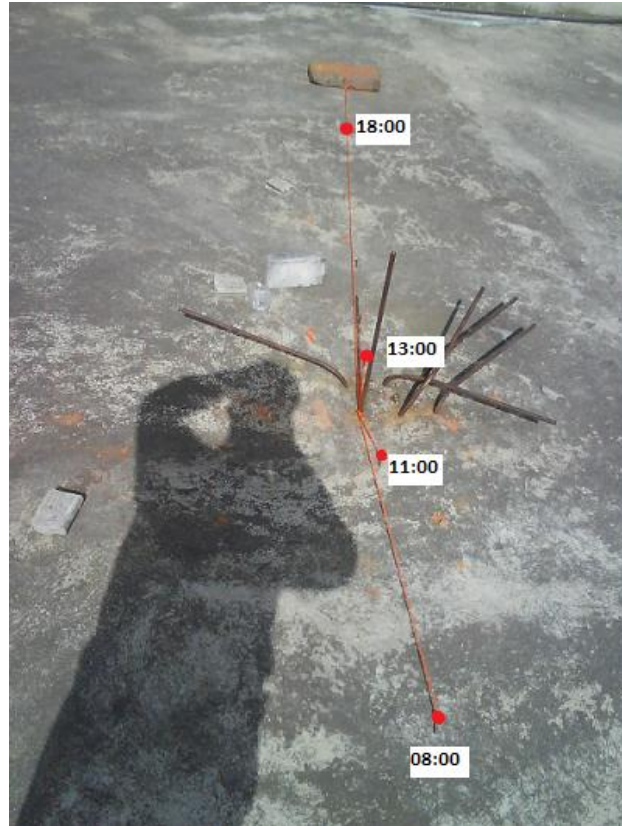


Figura 2. 32: Trayectoria Aparente del Sol para la ESPE-Extensión Latacunga.

Para determinar la posición del Sol fue necesario calcular los siguientes parámetros:

- Ángulo diario en radianes⁴⁴ τ ,

$$\tau = \frac{2\pi(nd-1)}{365} \quad (\text{Ecuación 2.16})$$

⁴⁴ Ángulo diario: Posición angular de la tierra en su orbita.

- Declinación Solar⁴⁵ δ en radianes:

$$\delta = \{0.006918 - 0.399912 * \cos\tau + 0.070257 * \sen\tau - 0.006758 * \cos2\tau + 0.00090 * \sen2\tau - 0.002697 * \cos3\tau + 0.00148 * \sen3\tau\} \text{(Ecuación 2.17)}$$

donde:

τ , ángulo diario

nd , número del día del año⁴⁶

- Ángulo horario⁴⁷ ω en radianes:

$$\omega = \frac{15\pi(12 - H)}{180} \quad \text{(Ecuación 2.18)}$$

Siendo:

H , hora local

- Altura solar⁴⁸ h :

$$\sen h = \cos\varphi * \cos\delta * \cos\omega + \sen\varphi * \sen\delta \quad \text{(Ecuación 2.19)}$$

siendo:

φ , latitud

δ , declinación

ω , ángulo horario

- Ángulo Acimutal⁴⁹ α :

$$\sen \alpha = -\frac{\cos\delta * \sen\omega}{\cos h} \quad \text{(Ecuación 2.20)}$$

⁴⁵ Declinación Solar: como el ángulo variable que forma el ecuador con el plano de la eclíptica.

⁴⁶ Número del día del año: empezando desde el primero de enero, día 1, y terminando el 31 de diciembre, día 365 o 366 dependiendo si el año es bisiesto.

⁴⁷ Ángulo Horario: distancia angular que la tierra gira en un día.

⁴⁸ Altura Solar: ángulo que forman los rayos solares sobre la superficie horizontal

⁴⁹ Angulo Acimutal: ángulo formado por la proyección del Sol sobre el plano del horizonte con la dirección Sur. Positivo hacia el Oeste (0° a 180°) y negativo hacia el Este (0° a -180°)

siendo:

h , altura solar

δ , declinación

ω , ángulo horario

Las Ecuaciones 2.16-2.20 fueron ingresadas en el software de control para determinar el movimiento de la estructura mecánica tanto en azimut como en elevación.

2.6.3 Desarrollo del software de control

Para la creación del software de control se utilizó el programa LabView desarrollado por la National Instruments que facilita la programación mediante un lenguaje de modo gráfico. LabView permite gestionar recursos externos de hardware como la DAQ 6009 utilizada en el sistema para la adquisición de las señales, mediante un entorno informático, sencillo, rápido y eficiente.

El software de control consta de dos partes principales que son los paneles frontales y los diagramas de bloque.

2.6.3.1 Paneles Frontales

El sistema posee dos paneles frontales, que son las interfaces gráficas para el usuario.

- El panel principal
Grafica el perfil de radiación solar para la ciudad de Latacunga tanto del panel móvil como del fijo, los valores máximos de radiación solar producidos en el día, las alertas del funcionamiento del sistema, hora y fecha del sistema así como también un botón de acceso hacia el panel secundario que muestra el historial del Sistema.

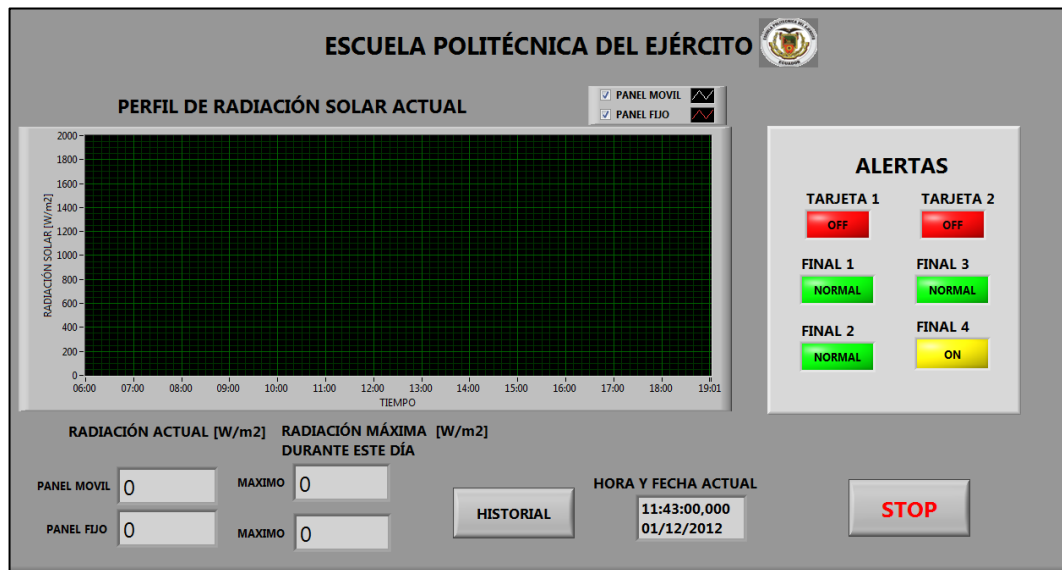


Figura 2. 33: Panel Frontal.

- Perfil de radiación solar actual: nos muestra la curva de radiación solar tanto para el panel fijo como para el móvil en tiempo real.
- Valores máximos de Radiación: Muestra las magnitudes máximas de radiación medidas en el día actual y hasta ese instante.
- Alertas de funcionamiento: Dependiendo de la que se encuentre encendida, muestra el final de carrera que ha sido activado y si las tarjetas de los motores están desconectadas.
- Hora y fecha del Sistema: Indica la hora y fecha actual.
- Botón Historial: permite acceder al panel secundario que indica los perfiles de radiación solar para el día que se seleccione.
- Botón Stop: Detiene la aplicación de forma segura.

- El panel secundario

Permite seleccionar dos archivos de Excel en los que se encuentran los valores de radiación solar para días específicos, graficando la curva de radiación solar y mostrando sus valores en tablas para los días seleccionados, es decir, este panel nos permite tener acceso al historial de radiación solar del panel fijo y móvil del sistema con su respectiva fecha y hora.

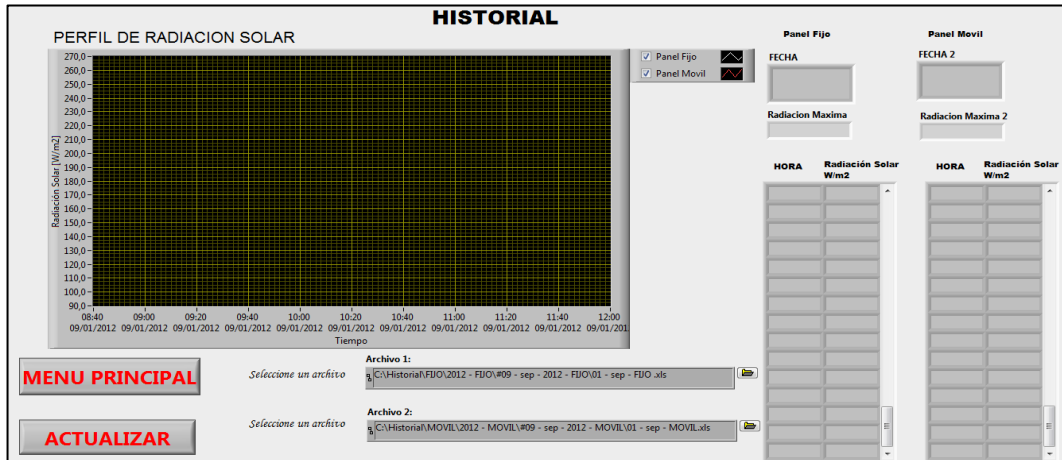


Figura 2. 34: Panel Secundario.

2.6.3.2 Diagrama de Bloques

Se lo ha distribuido en 3 partes principales para lograr un mejor entendimiento del mismo.

- Cálculos iniciales:
Posee todos los cálculos de los ángulos necesarios para obtener los datos de las coordenadas astronómicas en base a las que se moverá el sistema.

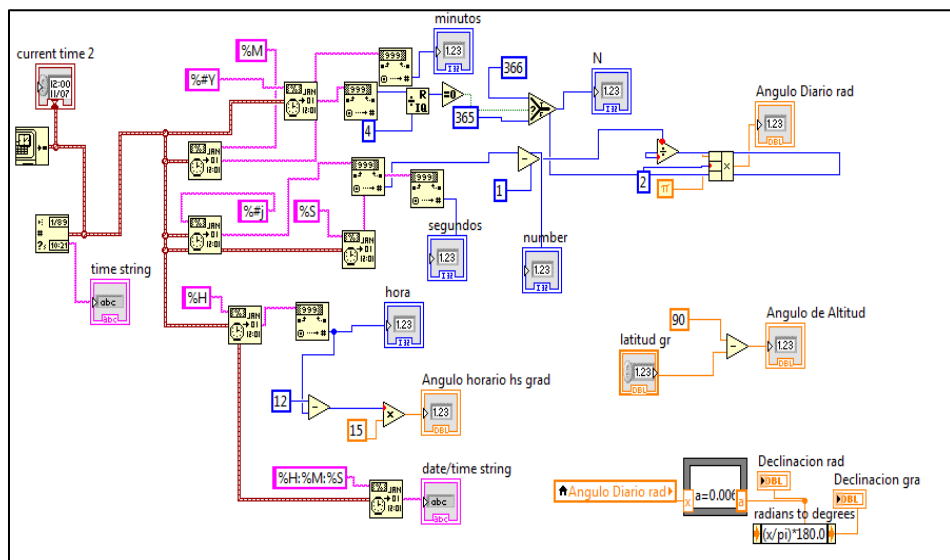


Figura 2. 35: Cálculos iniciales.

- Programación del seguimiento durante el día.

Determina mediante estructuras de condición “case” las horas del día en las que el seguidor solar inicia su posicionamiento con respecto al Sol, como se muestra en la Figura 2.36.

Si la hora está entre la 06:00 y 12:00 el motorreductor 2 gira hasta chocar con el final de carrera 3, o si se encuentra entre un rango de tiempo mayor a 12:00 y menor o igual a 18:30 el motor gira hasta chocar con el final 4. Caso contrario si el programa se ejecutó en un rango de tiempo diferente, el motorreductor se encuentra detenido.

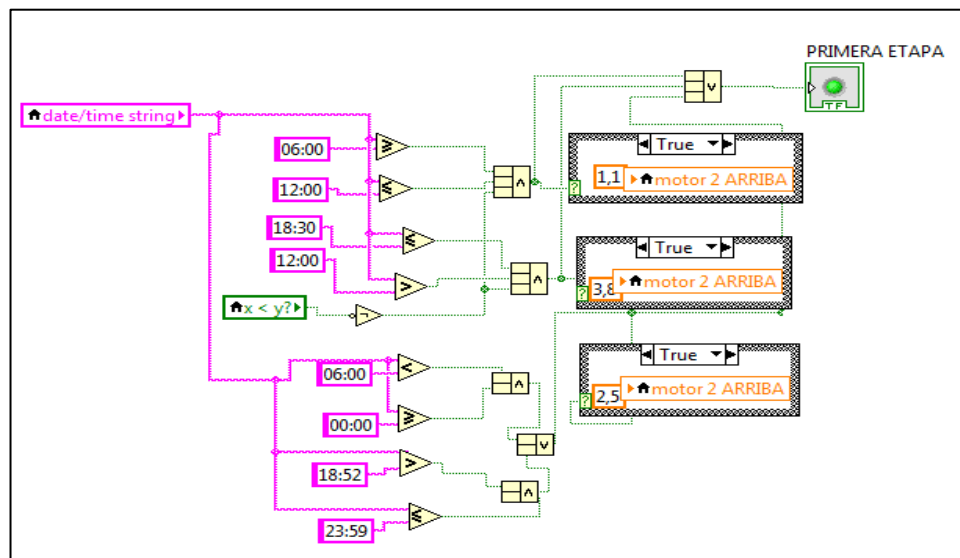


Figura 2. 36: Designación para movimientos iniciales del motorreductor.

Una vez que se detecta la activación de uno de los finales, en base a las condiciones mostradas en la Figura 2.37, se envía una señal determinada de voltaje al motorreductor 2 durante un tiempo específico, que harán que el panel se posicione en la ubicación correcta según la posición del Sol en el momento de ejecución inicial del programa.

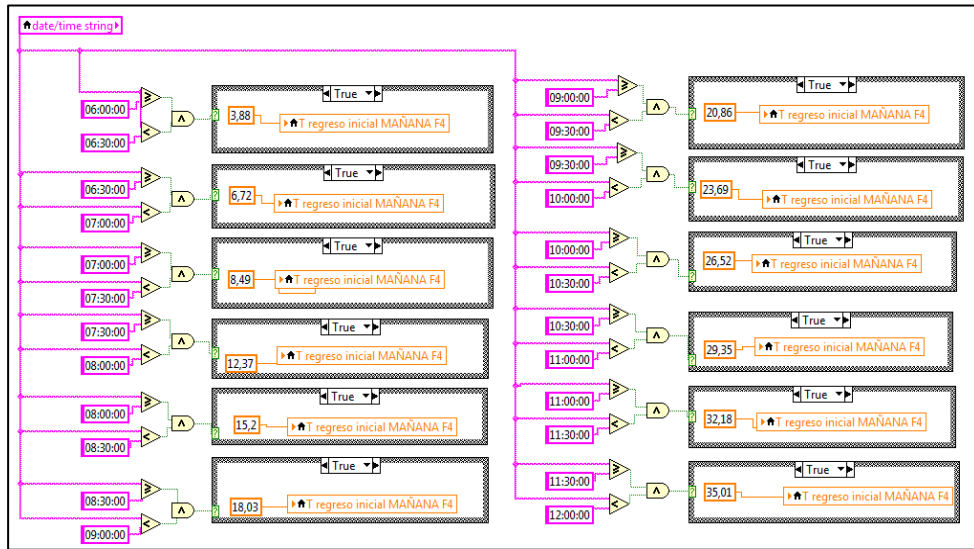


Figura 2. 37: Condiciones para posicionamiento inicial según la hora.

Luego de haberse posicionado la primera vez, el motor es detenido hasta que se cumpla una de las siguientes condiciones de las estructuras “case” que producen el movimiento del motor cada media hora durante el día.

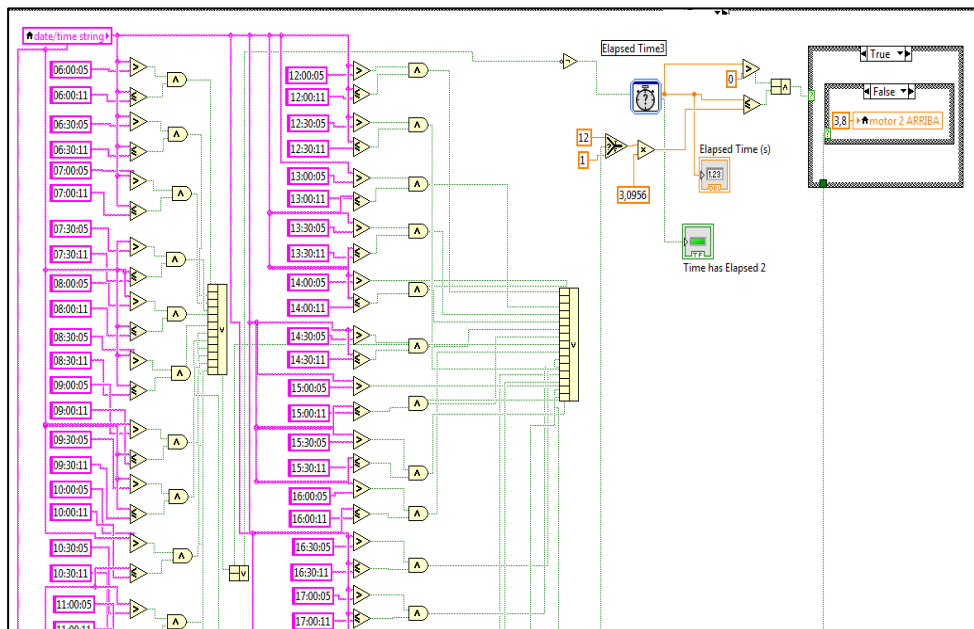


Figura 2. 38: Movimientos del motor cada media hora.

Cuando sea las 18:50 del día, el panel será posicionado horizontalmente, para iniciar al siguiente día nuevamente el seguimiento del Sol desde las 06:00 hasta las 18:30.

- Programación del seguimiento para los diferentes meses del año.

El ángulo que permite ubicar al panel en el transcurso del año es el ángulo de azimut, el panel se moverá cada hora desde las 06:00 hasta las 18:00 para ubicarse en la posición que el ángulo de azimut indique.

Inicialmente se determina la hora de funcionamiento del motorreductor 1 para el seguimiento en azimut, según las condiciones mostradas en la Figura 2.39, al encontrarse el reloj del sistema dentro de las horas consideradas, se envía una señal de voltaje al motorreductor 1 para que se mueva hasta que choque el final 2 si se corrió en la mañana o choque el final 1 si se corrió en la tarde.

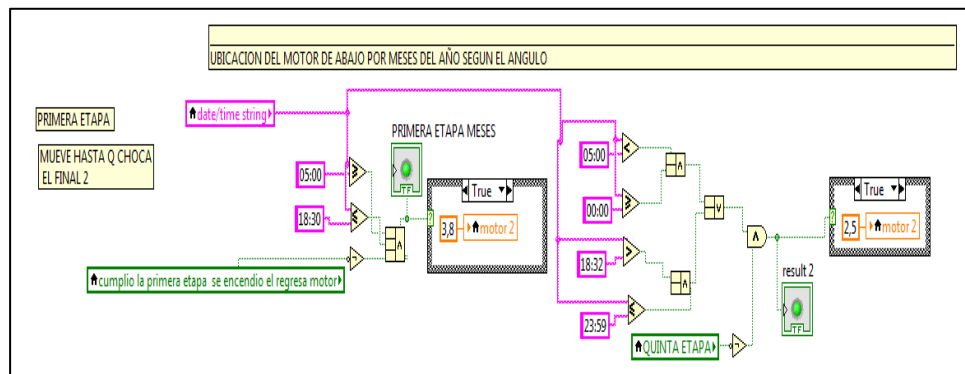


Figura 2. 39: Hora de funcionamiento del motorreductor 1.

Luego de recibirse la señal de activación del final 2 o final 1, se mueve al motorreductor 1 con un sentido de giro específico y durante un tiempo dependiendo del ángulo de azimut calculado, una vez posicionado se detiene el motorreductor 1.

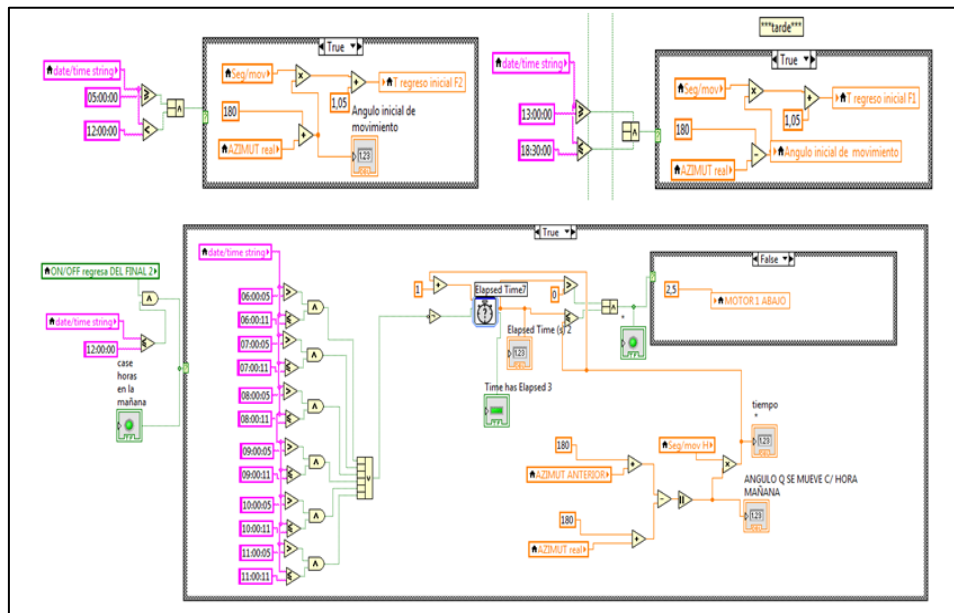


Figura 2. 40: Ubicación del panel con su ángulo de azimut.

Al llegar a las 12:00 el programa enviará una señal de voltaje para mover al motorreductor hasta que choque el final 1 y ubicando al panel; durante las siguientes horas del día el motorreductor mueve al panel según el ángulo de azimut cada hora.

Este proceso se repetirá cada día tomando el valor de azimut respectivo.

CAPÍTULO 3

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez implementado el sistema completo se procedió a realizar las diferentes pruebas experimentales para determinar el correcto seguimiento y medidas de radiación solar, contrastando las magnitudes medidas del panel móvil y el panel fijo con las medidas obtenidas con el solarímetro.

3.1 PRUEBAS EXPERIMENTALES.

Las pruebas realizadas al sistema tuvieron como finalidad determinar la eficacia del seguimiento solar y en las mediciones de radiación solar obtenidas por el sistema.

Para determinar si las medidas de radiación solar mostradas en el sistema son las correctas se seleccionó un día para medir manualmente con el solarímetro desde las 06:00 hasta las 18:00 cada minuto, colocando este instrumento en dos posiciones, la primera en dirección perpendicular al Sol simulando el seguimiento del panel móvil y la segunda perpendicular a una superficie horizontal simulando al panel fijo como se indica en la Figura 3.1.



**Figura 3. 1: a) Solarímetro perpendicular a una superficie horizontal
b) Solarímetro perpendicular al Sol**

Las mediciones obtenidas con el solarímetro y las obtenidas por el sistema para el día seleccionado se indican en el Anexo M y sus perfiles de radiación solar se muestran en la Figura 3.2 para el panel fijo y Figura 3.3 para el panel móvil.

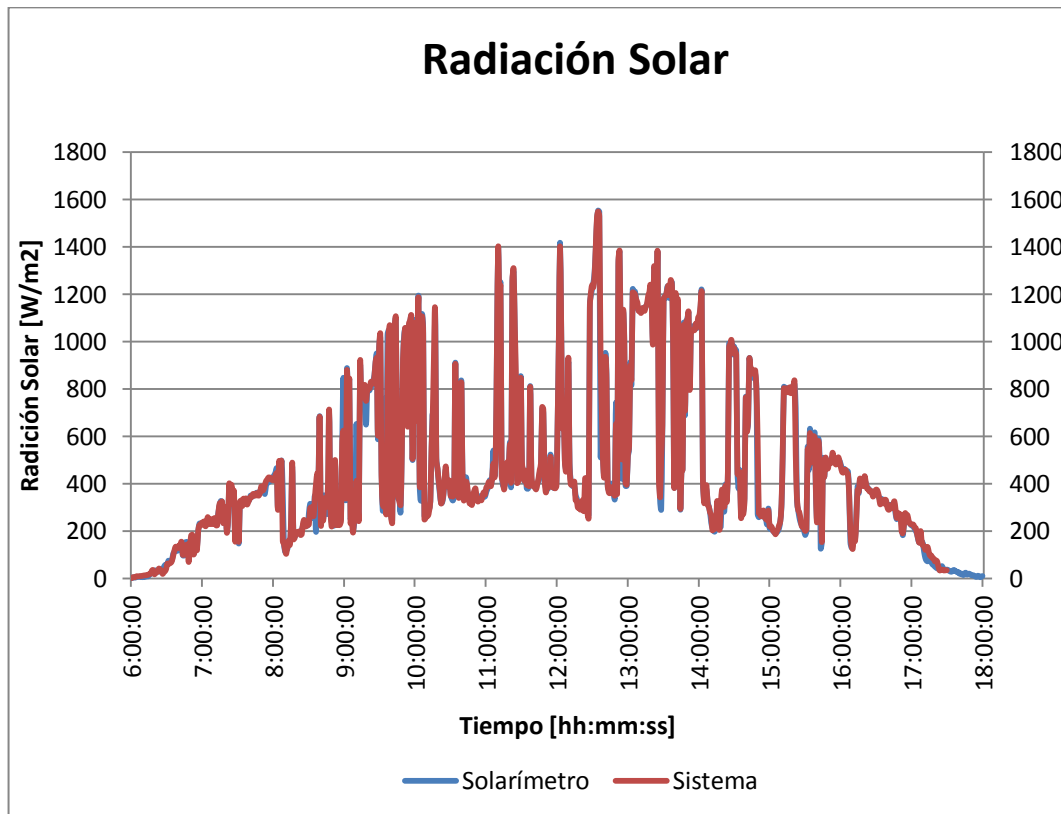


Figura 3. 2: Perfil de radiación solar obtenido con el panel fijo y con el solarímetro en posición perpendicular a una superficie horizontal.

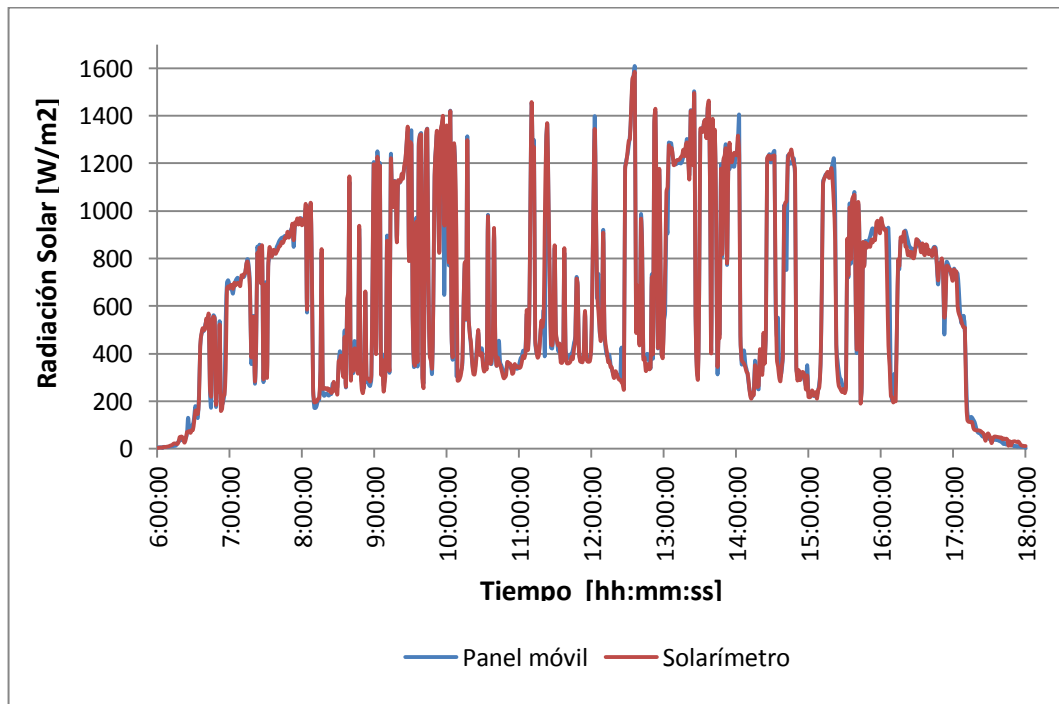


Figura 3. 3: Perfil de radiación solar obtenido con el panel móvil y con el solarímetro en posición perpendicular al Sol.

Se observa una similitud entre los perfiles trazados en las Figuras 3.2 y 3.3, con algunas pequeñas diferencias entre las mediciones de cada panel y el solarímetro debido al error en las mediciones porque la radiación solar en algunos instantes cambió de manera repentina al momento de tomar las muestras cada minuto.

Para determinar el error⁵⁰ entre los valores dados por el solarímetro y el sistema se compararon los datos aplicando la ecuación 3.1, calculándose el error para cada par de muestras en un mismo tiempo y posteriormente se realizó un promedio de todos los errores dados en el día, obteniéndose un error de $\pm 7\%$ para el panel móvil y de $\pm 7.5\%$ para el panel fijo. (Anexo N).

⁵⁰ (GONZALEZ, 1995)

$$E = \frac{\text{Valor de la medida} - \text{Valor tomado como referencia}}{\text{Valor tomado como referencia}} * 100\% \quad (\text{Ecuación 3. 1})$$

Donde:

E , error relativo

Valor de la medida, medida de radiación solar obtenida por el sistema.

Valor tomado como referencia, medida de radiación solar obtenida por el solarímetro.

Observando los perfiles de radiación solar obtenidos en la Figura 3.2 y Figura 3.3 y el error encontrado para el panel fijo y el panel móvil, se comprobó que las medidas obtenidas por el sistema y el solarímetro son muy similares.

Cabe mencionar que el seguidor solar obtiene el mismo ángulo de azimut y ángulo horario que el mostrado en el simulador Censolar 5, sin embargo para garantizar que el sistema sigue la trayectoria del Sol correctamente se analizó el valor del error. Como el valor del error obtenido en las mediciones realizadas con el panel móvil y el solarímetro en dirección al Sol, es menor al 8% se considera que el sistema sigue correctamente la trayectoria del Sol.

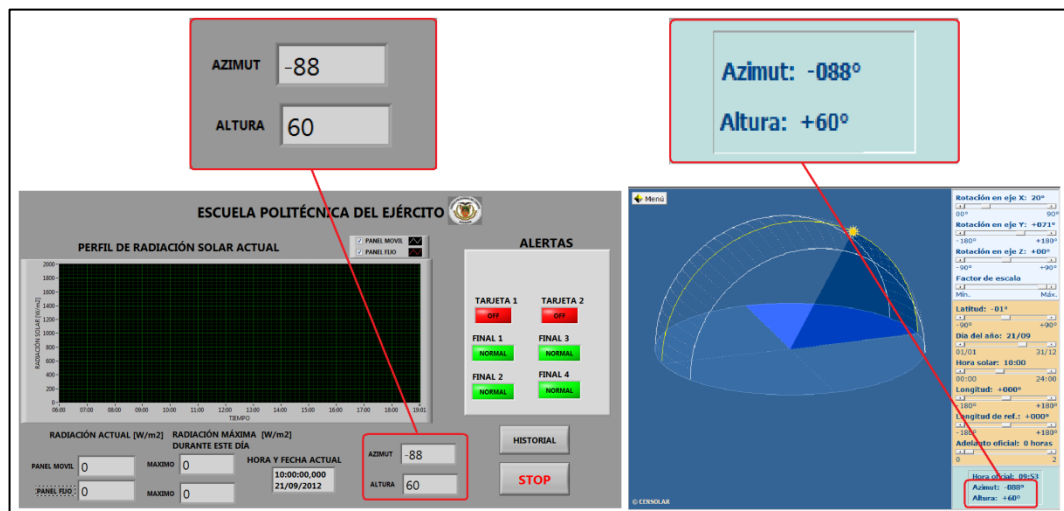


Figura 3. 4: Ángulos Solares obtenidos con el sistema y con el simulador Censolar 5.

Con los datos obtenidos en estas pruebas experimentales, se verifica el buen funcionamiento de todos los dispositivos tanto de aquellos que reciben señales de control como los que entregan señales, comprobando que los valores visualizados por el usuario en la HMI son correctos.

3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para el análisis de las medidas del nivel de radiación solar se seleccionó un mes, desde el 1 de septiembre hasta el 1 de octubre, estos datos se tomaron del historial almacenado por el sistema.

Se ha considerado tres tipos de análisis para estudiar las medidas de radiación solar medidas por el sistema:

- ✓ Promedio diario de radiación solar del panel fijo y del panel móvil:

El promedio fue calculado con las medidas de radiación solar adquiridas cada minuto desde que sale hasta que se oculta el Sol, es decir desde las 06:00 hasta las 18:30 almacenadas en el historial del sistema, para obtener un valor de radiación solar con el panel fijo y el móvil para cada día del mes como se indica en la Figura 3.5

Tabla 3. 1: Promedio diario de radiación solar del panel fijo y del panel móvil.

Fecha	PANEL FIJO [W/m ²]	PANEL MOVIL [W/m ²]
01/09/2012	297.93	294.6
02/09/2012	121.76	116.31
03/09/2012	247.28	269.47
04/09/2012	296.54	334.26
05/09/2012	475.84	573.9
06/09/2012	379.38	488.06
07/09/2012	550.4	638.42
08/09/2012	331.08	403.17
09/09/2012	278.73	348.01
10/09/2012	369.79	450.96
11/09/2012	460.96	564.67
12/09/2012	268.15	270.82
13/09/2012	218.61	247.79
14/09/2012	187.08	207.7
15/09/2012	481.7	589.03
16/09/2012	513.38	689.3
17/09/2012	419.41	569.9
18/09/2012	258.99	329.02
19/09/2012	585.92	796.38
20/09/2012	564.05	693.47
21/09/2012	503.03	653.19
22/09/2012	393.89	435.95
23/09/2012	281.23	315.46
24/09/2012	444.26	525.67
25/09/2012	309.54	392.13
26/09/2012	266.28	316.65
27/09/2012	285.18	308.78
28/09/2012	465.91	583.58
29/09/2012	213.08	251.6
30/09/2012	468	621.73
01/10/2012	280.39	333.59

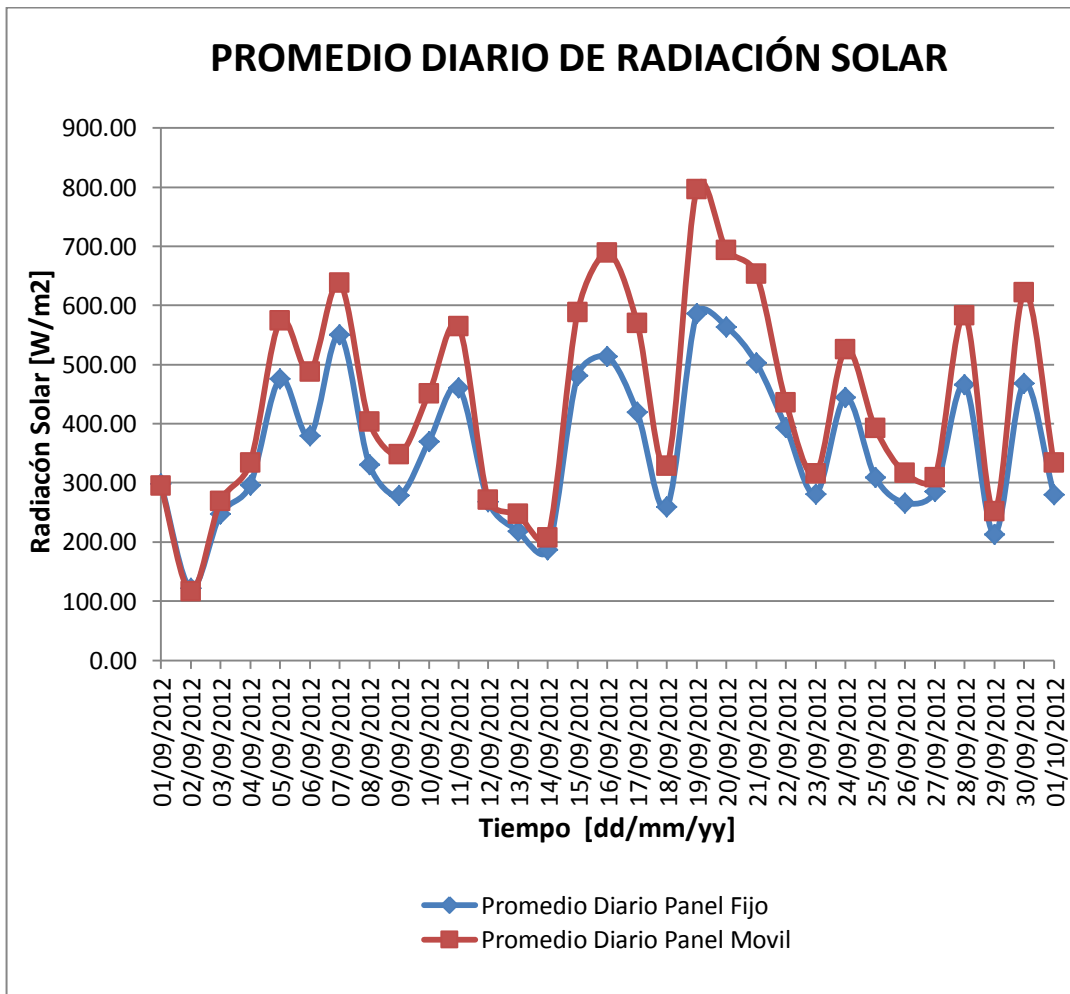


Figura 3. 5: Promedio diario de radiación solar panel fijo y panel móvil.

En la Figura 3.5 se puede observar que el promedio de radiación solar diario se encuentra en constante variación durante el mes. Estas variaciones dependen del estado climático de cada día, pudiéndose presentar cambios bruscos de un día al otro como los observados en los días 18 y 19 de septiembre. Para los días nublados o con lluvia el promedio de radiación solar diario disminuye de su valor máximo hasta en un 79.22% en el panel fijo y en un 85.4% en el panel móvil.

En los días soleados se observa una mayor captación de radiación solar por parte del panel móvil en relación al fijo aproximadamente un 26.8% más de captación

por parte del panel móvil, mientras que, en los días nublados se observa que el panel fijo tiene un 4.5% más de captación que el panel móvil.

- ✓ Promedio por horas de radiación solar del panel fijo y del panel móvil:

Este promedio se calculó tomando los valores de radiación solar medidos cada hora (Anexo O), con el panel fijo y móvil. Las horas consideradas fueron desde las 06:00 hasta las 18:00 y las curvas obtenidas se muestran en la Figura 3.6.

Tabla 3. 2: Promedio por horas de radiación solar del panel fijo y del panel móvil.

Horas	PANEL MÓVIL [W/m2]	PANEL FIJO [W/m2]
6:00:00	1.38	1.90
7:00:00	159.93	72.52
8:00:00	413.22	237.26
9:00:00	562.27	430.19
10:00:00	533.62	486.45
11:00:00	574.82	544.90
12:00:00	624.57	664.48
13:00:00	641.70	598.13
14:00:00	587.50	529.45
15:00:00	648.12	464.81
16:00:00	528.14	308.68
17:00:00	256.93	107.35
18:00:00	14.88	11.10

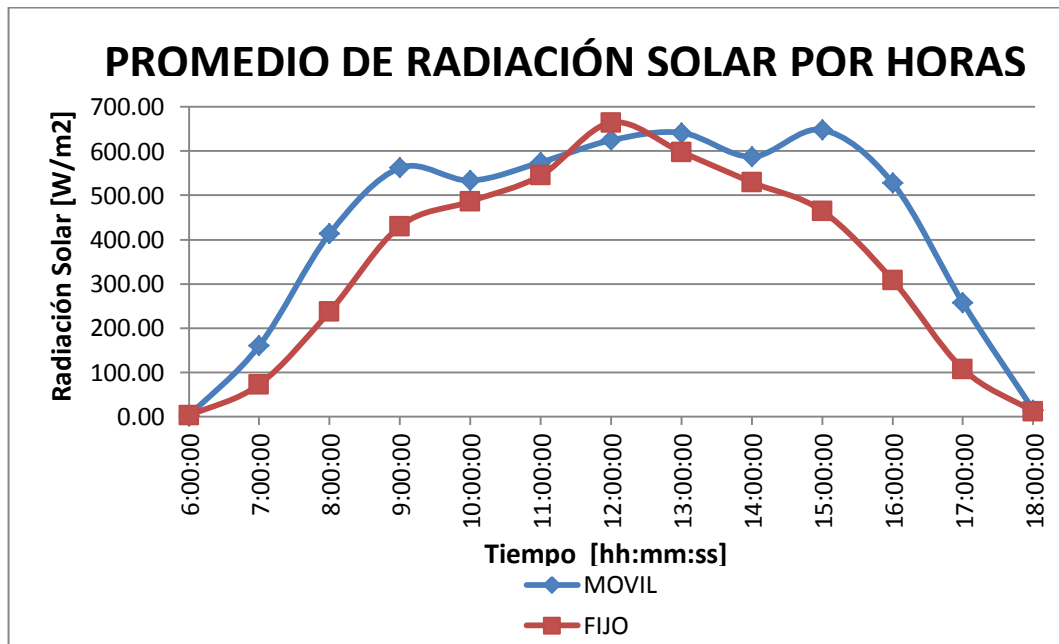


Figura 3. 6: Promedio por horas de radiación solar del panel fijo y del panel móvil.

Basándonos en la Figura 3.6 se determinó que para el panel fijo las horas en las que se producen mayor captación de radiación solar son a partir de las 11:00 hasta las 14:00, mientras que para el panel móvil las horas de mayor captación de radiación solar son a partir de las 09:00 hasta las 16:00, para el mes en análisis. Realizando una comparación entre las horas de mayor captación del panel fijo y móvil, se observó que ambos paneles poseen tiempo en común de mayor captación, que va desde las 11:00 hasta las 14:00 determinando que durante estas horas se capta la mayor cantidad de radiación.

- ✓ Análisis para cuatro diferentes días.

Se seleccionaron las mediciones de radiación solar de los paneles fijo y móvil, en los días 2, 10, 19 y 29 de septiembre, tomándose una muestra de las horas de mayor captación, desde las 11:30 hasta las 12:30 cada minuto.

Estas mediciones se las presenta en la Figura 3.7 para el panel fijo y en la Figura 3.8 para el panel móvil.

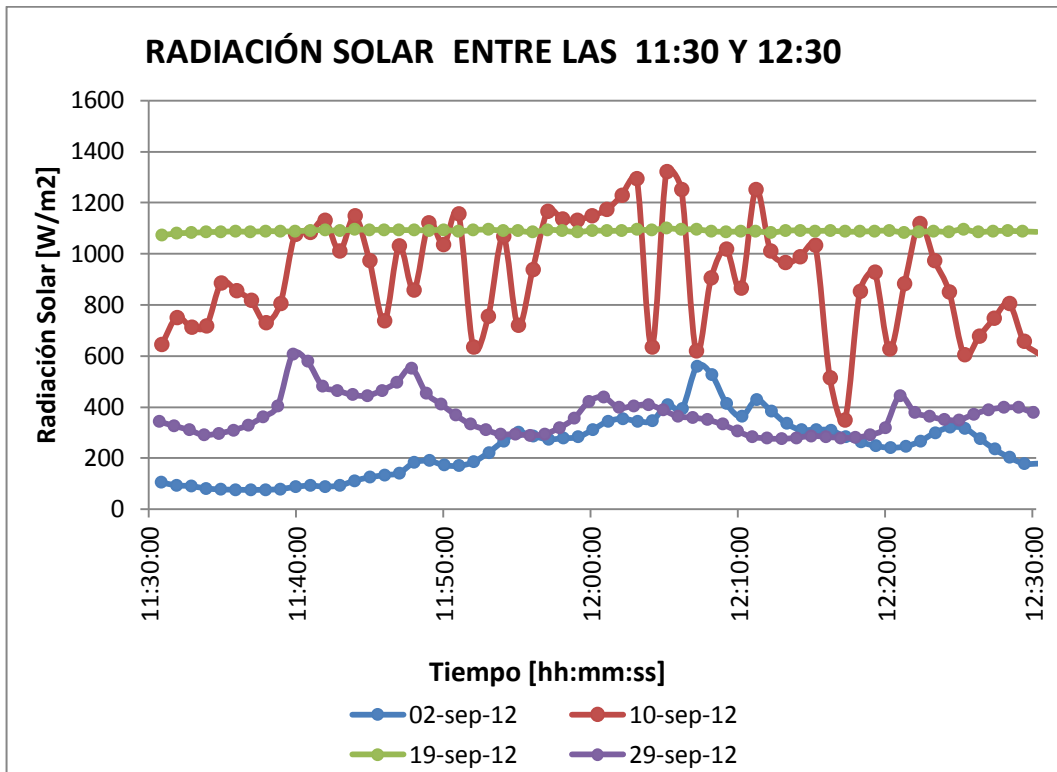


Figura 3. 7: Radiación solar para el 2, 10, 19 y 29 de Septiembre con el panel fijo.

Para analizar las curvas de las Figuras 3.7 y 3.8 se calculó la desviación estándar de cada una, tanto del panel fijo como del móvil, determinándose la dispersión en las medidas de radiación solar.

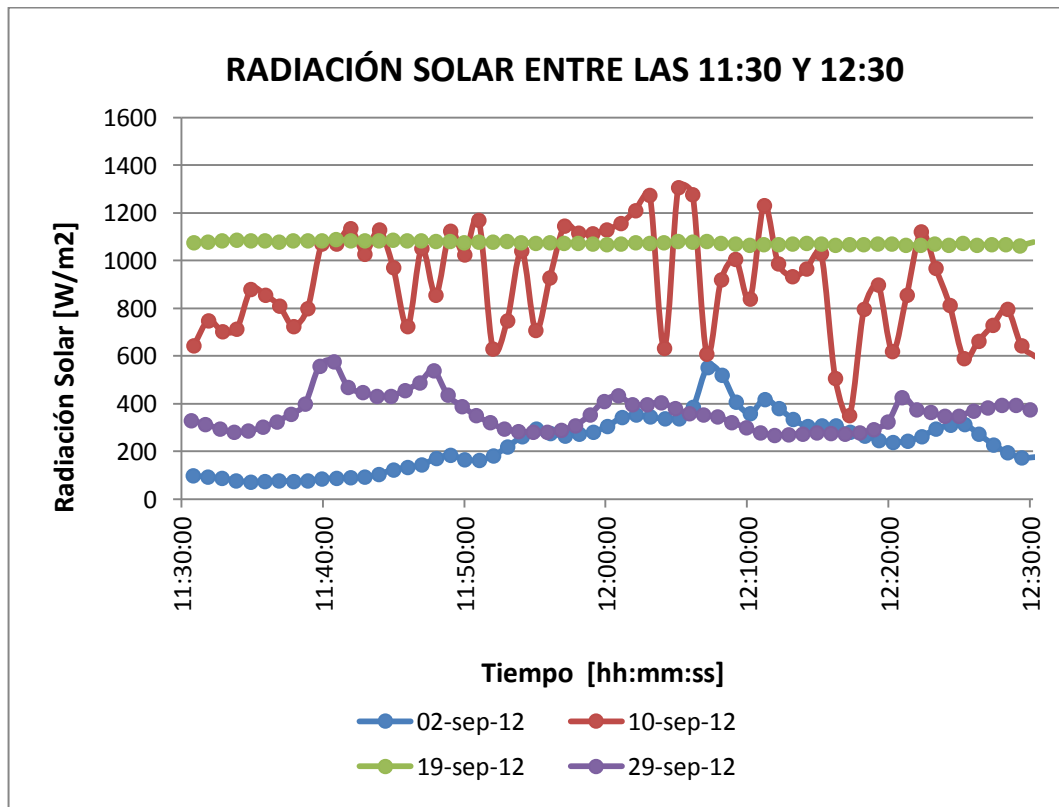


Figura 3. 8: Radiación solar para el 2, 10, 19 y 29 de Septiembre con el panel móvil.

La menor desviación encontrada para los dos paneles se encuentra en el día 19 de septiembre, que estuvo totalmente despejado; mientras que la desviación mayor se encuentra en el día 10 de septiembre que fue un día totalmente nublado, así se determinó que si el día se encuentra despejado las medidas de radiación solar obtenidas variarán en menor razón en relación al promedio, caso contrario si el día está nublado, las medidas de radiación solar variarán demasiado en relación al promedio.

Tabla 3. 3: Desviación estándar para el panel fijo y móvil

DIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
	PANEL FIJO	PANEL MÓVIL
02/09/2012	118.61	116.57
10/09/2012	219.05	218.98
19/09/2012	4.55	6.76
29/09/2012	77.42	74.7

Así se concluye que en un día soleado los paneles captan radiación solar con menores variaciones debido a que la radiación obtenida es en su mayoría la radiación directa, mientras que en un día nublado los paneles captan valores de radiación solar muy variados porque la radiación obtenida en su mayoría es la radiación difusa y reflejada que puede provenir desde cualquier lado por la refracción y reflexión en los objetos.

- ✓ Análisis de la eficiencia de captación entre los paneles solares.

La eficiencia de captación de radiación solar de los paneles fijo y móvil se calculó considerando el área bajo la curva del perfil de radiación solar del panel móvil como el 100%, encontrando de esta manera el porcentaje de área del perfil del panel fijo y posteriormente se encontró la diferencia entre ambos valores para encontrar la eficiencia de captación entre los paneles.

Se seleccionaron tres días con diferentes condiciones climáticas, es decir un día soleado, un día nublado y un día en el que estuvo la mañana despejada y la tarde nublado, como se muestran en las Figuras 3.9, 3.10 y 3.11 respectivamente.

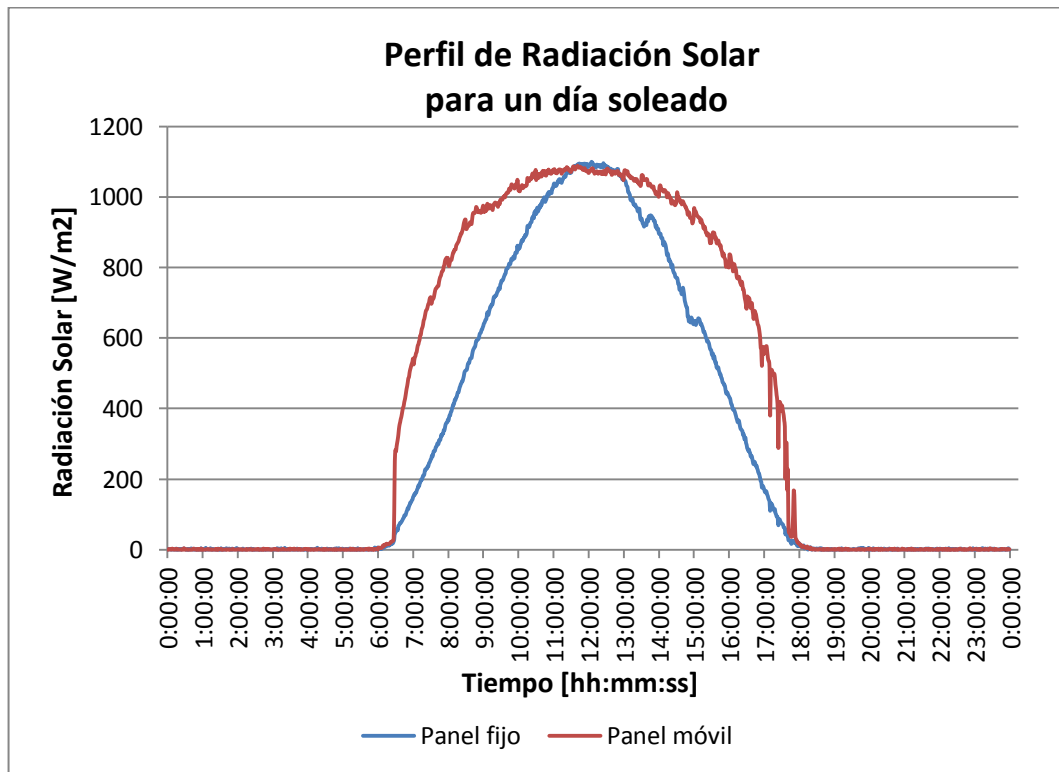


Figura 3. 9: Perfiles de radiación solar de los paneles fijo y móvil, del 19 de Septiembre del 2012.

Para el día 19 de septiembre (Figura 3.9) se calculó una eficiencia del 26.39%, esto indica que el panel móvil ofrece mayor capacidad de captación de radiación solar que el panel fijo en un día soleado.

Además, se observa que a partir de las 06:00, la radiación solar del panel fijo y móvil aumentan considerablemente hasta llegar a las horas de mayor captación en las que coinciden las curvas por encontrarse las estructuras casi en la misma posición, en adelante la curva tanto del panel móvil y fijo empiezan a decrecer hasta tomar valores cercanos a cero a las 18:30.

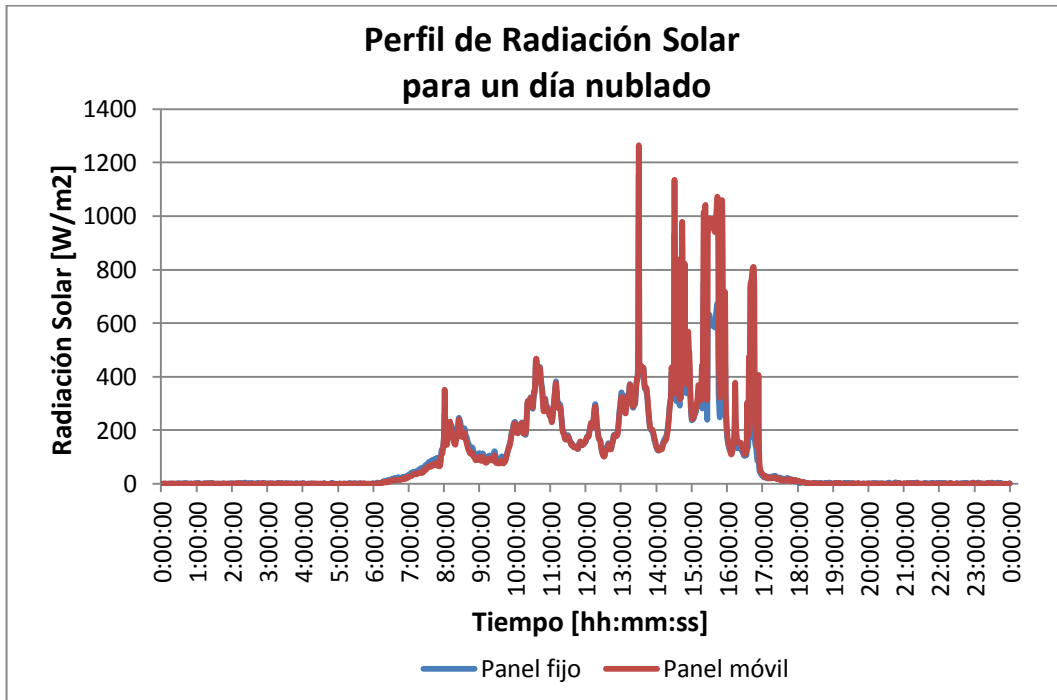


Figura 3. 10: Perfiles de radiación solar de los paneles fijo y móvil, del 14 de Septiembre del 2012.

En la Figura 3.10 se observa el perfil de radiación del día 14 de septiembre, en este día variaron mucho las condiciones climáticas existiendo gran cantidad de nubes y despejándose en pequeños intervalos de tiempo, la eficiencia encontrada fue del 9.76%, es decir, el panel móvil captó mayor radiación solar que el panel fijo.

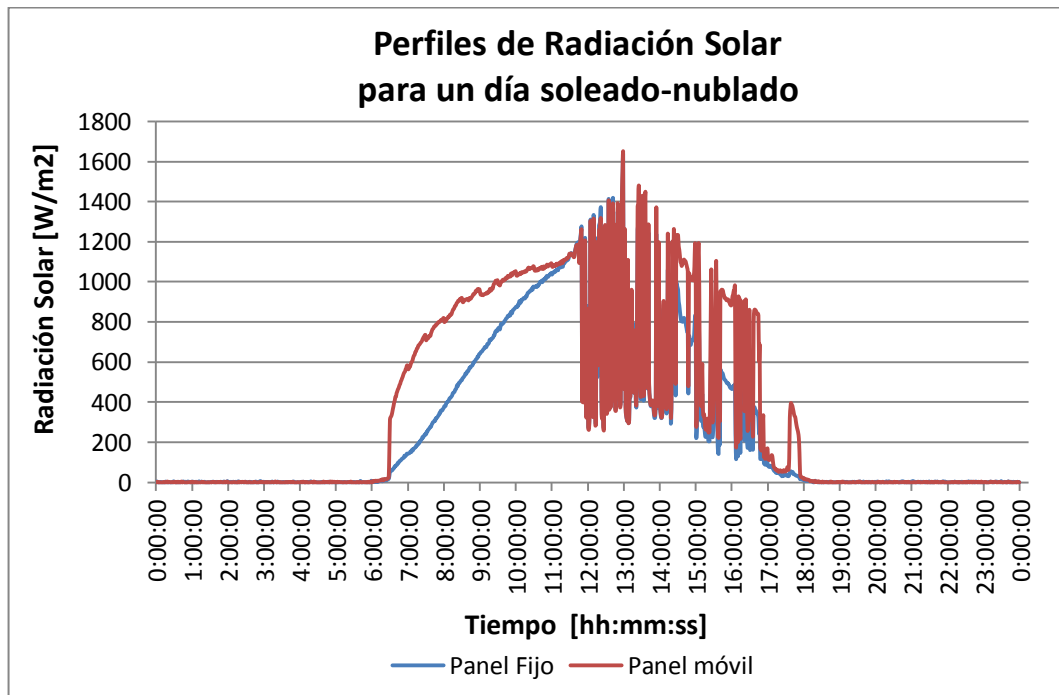


Figura 3. 11: Perfiles de radiación solar de los paneles fijo y móvil, del 16 de Septiembre del 2012.

La Figura 3.11 fue obtenida con los datos de radiación solar del día 16 de septiembre del 2012, este día combina las condiciones climáticas de los días 14 y 19 de septiembre, es decir la mañana estuvo totalmente soleada y en la tarde existió nubosidad, encontrando una eficiencia del 25.46% muy cercana a un día totalmente soleado.

Al realizar estos análisis se determinó que a medida que la radiación solar disminuye los perfiles de radiación solar tanto del panel fijo como del móvil se vuelven más semejantes. Además, se notó que el panel colocado en la estructura con seguimiento solar posee mayor eficiencia en relación al panel fijo especialmente en los días de mayor incidencia de los rayos solares.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del proyecto de investigación “Diseño e implementación de un sistema electrónico para trazar el perfil de radiación solar en la terraza del edificio “C” de la ESPE Extensión Latacunga, mediante paneles solares, fijos y móviles” permitió obtener conclusiones muy importantes sobre la radiación solar medida en la ESPE extensión Latacunga.

4.1 CONCLUSIONES.

- Los usos y aplicaciones de la Energía Solar en el Ecuador se encuentra aun en sus primeras etapas de desarrollo, por ello la información encontrada sobre las medidas de radiación solar para este país es casi nula o está desactualizada.
- El método de seguimiento por posición solar es más preciso en comparación al seguimiento mediante sensores porque permite la ubicación del panel solar en dirección al sol independientemente del estado climático del día, es decir, ubica al panel cuando el cielo está despejado y cuanto existe gran nubosidad.
- La mayor captación de radiación solar con el panel fijo se obtiene colocándolo en dirección al norte y con un ángulo de inclinación de 10° para evitar la acumulación de agua y polvo en la superficie del panel.
- Una vez analizados teóricamente los diferentes tipos de seguidores solares se seleccionó un seguidor de dos ejes en altura solar y azimut, muy útil para este proyecto, por que mantiene el panel solar en dirección al sol captándose los datos necesarios para obtener el perfil de radiación solar.

- Se logró diseñar e implementar circuitos electrónicos que junto con los actuadores y una DAQ permiten controlar el movimiento del seguidor solar y almacenar los datos de radiación solar adquiridos con el panel móvil y fijo.
- La mejor forma de presentar los datos de radiación solar y permitir el monitoreo del sistema implementado es con un programa elaborado en LabView debido a que este software además de permitir crear una visualización del sistema permite una sencilla adquisición de datos y un procesamiento rápido de los datos obtenidos.
- Es de gran importancia almacenar los datos de radiación solar medidos por el sistema para que se encuentren siempre a disposición del usuario que los necesite.
- Las medidas indicadas por el sistema son aproximadamente las mismas que las medidas indicadas con el solarímetro utilizado para su calibración, existiendo un error de medición de $\pm 7.5\%$ para el panel fijo y $\pm 7\%$ para el panel móvil, determinando que las medidas del sistema son fiables.
- El panel solar colocado sobre la estructura que sigue al Sol posee una eficiencia de 27% de captación de radiación solar en relación al panel fijo, debido a que la superficie del panel móvil se encuentra constantemente perpendicular a los rayos del Sol. Aunque, se debe tener en cuenta que para los días totalmente nublados la captación de radiación solar con ambos paneles son aproximadamente las mismas.
- Mediante el análisis realizado en los días del mes de septiembre se concluye que las horas de mayor radiación solar medidas en la ESPE Extensión Latacunga son a partir de las 11:00 hasta las 14:00.
- En un día soleado es cuando mayor cantidad de radiación solar se capta porque la radiación incidente en los paneles es en su mayoría radiación

directa, mientras que en un día nublado la radiación se obtiene valores de radiación mucho menores porque la radiación solar captada es en su mayoría difusa y reflejada.

- Con un sistema electrónico basado en dos paneles solares, fijo y móvil, es posible trazar el perfil de radiación solar, esta información obtenida es de gran importancia para conocer las medidas de radiación solar que se pueden obtener en la ESPE- Extensión Latacunga.
- El desarrollo de este sistema brinda información muy importante que sirve como base para la implementación de sistemas que utilicen la radiación solar como energías alternativas, aportando a la conservación de la vida en nuestro planeta. Además permite mantener informada a la población de los niveles de radiación solar en la ciudad de Latacunga para que tomen las medidas necesarias de protección y evitar enfermedades.
- La radiación solar en la ciudad de Latacunga no es constante durante el mes de Septiembre debido a que se presentaron cambios bruscos del estado climático durante el día.
- El seguidor solar permite trazar el perfil de radiación solar de una forma exacta debido a que los rayos solares caen perpendicularmente sobre la superficie del panel, midiéndose la mayor radiación posible.
- El diseño y construcción mecánico y electrónico del sistema se ha realizado con materiales de buena calidad para garantizar un buen funcionamiento frente a las condiciones climáticas que se presenten.
- El promedio diario de radiación solar se encuentra en constante variación por el clima que presenta la ciudad de Latacunga, considerando un 100% de radiación solar obtenida en un día soleado, esta disminuye en un 79.22% para el panel fijo y en un 85.4% para el panel móvil en un día nublado o con lluvia.

4.2 RECOMENDACIONES.

- Las estructuras que se utilizan para alojar al panel fijo y al móvil, deben estar alejadas lo suficientemente de paredes, antenas o de cualquier objeto que pueda obstaculizar los rayos del Sol para evitar las mediciones erróneas.
- Debido a los repentinos cambios de las condiciones climáticas en la ciudad de Latacunga se recomienda utilizar el seguimiento solar mediante programación astronómica.
- Es necesario limpiar semanalmente la cubierta de vidrio de los paneles solares fijo y móvil, porque al encontrarse a la intemperie se pueden adherir diferentes tipos de impurezas sobre ellos provocando medidas erróneas en las medidas de radiación solar, perdiendo su eficiencia.
- Realizar un mantenimiento preventivo del sistema revisando cada mes el estado de la estructura, actuadores, sistema de cableado, paneles, caja de control y corrigiendo las posibles anomalías.
- Revisar el Anexo P de esta tesis como ayuda para mantener el correcto funcionamiento del sistema.
- Evitar pérdidas en las mediciones por caídas del suministro eléctrico en el computador donde se almacenan los datos se recomienda colocando un mecanismo de respaldo de energía (UPS) para mantener el computador siempre encendido.
- Realizar el análisis de un año calendario con las mediciones de radiación solar obtenidas por el sistema, para que se pueda obtener datos completos de la cantidad real de radiación solar que llega a la ciudad de Latacunga.

- Se recomienda el uso de servomotores para que el posicionamiento del panel fotovoltaico sea más exacto en dirección al Sol y exista facilidad en el control.
- Para evitar que la carga del sistema operativo del computador afecte al programa de control de LabView es viable que el computador utilizado sea exclusivamente para uso de este proyecto.
- Para determinar si es necesaria la construcción de un seguidor solar en dos ejes en la ciudad de Latacunga, se recomienda la construcción de un seguidor solar en un eje y realizar la comparación entre las eficiencias obtenidas bajo las mismas condiciones de medición.
- La estructura mecánica construida puede ser utilizada en aplicaciones que requieran un seguimiento solar como colectores solares, sistemas de calentamiento, irrigación, generación de electricidad doméstica y muchas aplicaciones más.

BIBLIOGRAFÍA

- BELTRÁN, J. (Noviembre de 2007). Prototipo Fotovoltaico con seguimiento de sol para procesos electroquímicos. *Tesis de Maestría en Ciencias*. Cuernavaca, Morelos, Mexico: Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.
- FERNANDEZ, A. E. (Noviembre de 2010). Análisis, Diseño y construcción de un seguidor solar para celdas fotovoltaicas. *Universidad Mayor*. Santiago de Chile, Chile: Tesis de Grado.
- GONZALEZ, C. G. (1995). *Metrología*. México.
- INTERNACIONAL, COOPERACION. (2003). *Energías Renovables para el Desarrollo*. THOMSON, Paraninfo.
- MARTÍN, J. R. (1995). *Curso de Energía Solar* (Tercera edición ed.). Barcelona, España: CTE-Centro de Tecnología Educativa S.A.
- MOTT, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: PEARSON EDUCACION.
- NORTON, R. (1999). *Diseño de Máquinas*. México: Pearson Educación.
- PASTRANA, Y., OVIEDO, J., & COGOLLO, R. (2006). *Diseño y construcción de un circuito de control para seguidores solares electrónicos*. Montería
- SARDINERO, I. B. (2010). Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial. *UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID*. Madrid.

ENLACES ELECTRÓNICOS

- BELTRÁN, J. (2007). *Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico*. Obtenido de <http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-mkro/submenus/investigacion/tesis/40%20Jose%20Beltran%20Adan.pdf>
- CÓZAR, J. M. (Octubre de 2006). *Energía Solar Térmica*. Obtenido de Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: www.idae.es
- HONEYMAN, J. (2002). *Revista Peruana de Dermatología*, 2. Obtenido de EFECTOS DE LAS RADIACIONES ULTRAVIOLETA EN LA PIEL: sisbib.unmsm.edu.pe/BvRevistas/dermatologia/v12_n2/efectos_radiaciones.htm
- Instrumentos de Medida Electrónicos*. (2009). Obtenido de http://www.meteochile.cl/instrumentos/inst_electronico.html
- MercaTradeSolar*. (2009). Obtenido de http://es.mercatrade.com/uploads/user/images/product/3607_a783436cf5f5e84b9b4fa22c2f6261cc.png
- Renewables Global Status Report*. (2011). Obtenido de [http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR2011.pdf
- WikipediaSol*. (2011). Recuperado el 10 de 09 de 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Sol>
- Energía Fotovoltaica*. (2012). Obtenido de <http://quimica-ia-2011.wikispaces.com/ENERG%C3%8DA+FOTOVOLTAICA>
- CONEELEC. (2008). *Atlas Solar del Ecuador*. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad: <http://www.conelec.gob.ec>
- CONEELEC. (2010). *Consejo Nacional de Electricidad*. Recuperado el 2011, de conelec.gob.ec/indicadores/

- CONELEC. (2010). *Consejo Nacional de Electricidad*. Obtenido de Folleto Resumen Estadístico:
http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10046_Folleto%20Resumen%202010.pdf
- EXA. (2008). *Agencia Espacial Civil Ecuatoriana*. Obtenido de exa.ec/
- MAYORISTA SOLAR. (2011). Obtenido de MAYORISTA_SOLAR:
<http://www.mayoristasolar.com/tipos.php>
- SEGUIDOR SOLAR AUTOMATICO. Obtenido de SEGUIDOR SOLAR AUTOMATICO: http://www.youtube.com/watch?v=tpfN_S2je-k. (s.f).
YOUTUBE
- INZUNZA, J. (2000). *Ciencias Integradas*. Obtenido de CLASE 2. RADIACIÓN SOLAR Y TERRESTRE.: www2.udec.cl/~jinzunza/ciencias/clase2.pdf
- LANZUELA, C. (Junio de 2010). *UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS*. Obtenido de Seguidor Solar Ligero para cubiertas:
<http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4c2620b086830.pdf>
- RAISMAN, J. S. (2000). *La Naturaleza de la Luz*. Obtenido de <http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/fotosint.htm>
- UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, R. P. (11 de julio de 2011). *Energía Fotovoltaica*. Obtenido de <http://ecodatahousing.wordpress.com/2011/07/21/grupo-b-energia-fotovoltaica-ecodatahousing-organstructures/>
- VILLALOBOS, J. J. (1995). *Energía Solar*. Obtenido de http://www.solartronic.com/download/curso_iteso.pdf

ANEXOS

ANEXO A: Características del tubo estructural cuadrado

ANEXO B: Simulación de la estructura mecánica en SolidWorks

ANEXO C: Motorreductores DC marca Hennkwell series PK32K3SP.

ANEXO D: Características del Duralon o Nylon 6.

ANEXO E: Planos de la estructura Mecánica.

ANEXO F: Características del Aluminio 7075 -T6.

ANEXO G: Configuración de la tarjeta POLOLU TREX DMC01.

ANEXO H: Tarjeta de adquisición de datos NI-USB 6009

ANEXO I: Hoja de datos del Optotransistor 4N-25.

ANEXO J: Hoja de especificaciones del transistor 2n3904.

ANEXO K: Especificaciones del panel solar Exmork 50Wp.

ANEXO L: Solarímetro Ambient Weather SP-216.

ANEXO M: Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema. Panel fijo y Panel móvil.

ANEXO N: Error relativo para las mediciones realizadas el día 03 de Octubre. Panel fijo y Panel móvil

ANEXO O: Promedio de radiación solar por horas desde el 01/09/2012 hasta el 01/10/2012

ANEXO P: Manual de Operación del sistema (Posibles fallas y soluciones del sistema.)

ANEXO A	Características del tubo estructural cuadrado ATSM 500 Grado A	A -1
----------------	---	-------------

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en ca- liente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{4}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{4}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

Nota: ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J410b, especificadas por la SAE.

ANEXO B	Simulación de la estructura mecánica en SolidWorks	B -1
----------------	---	-------------

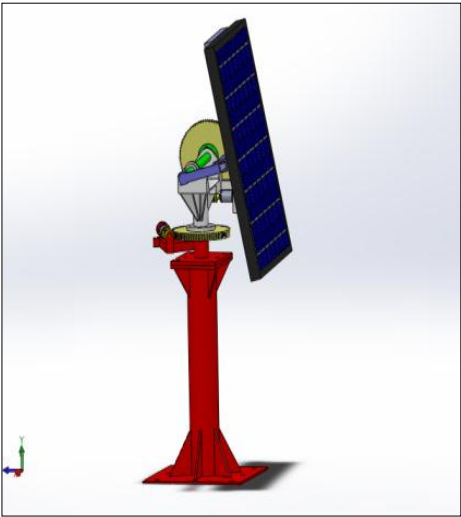
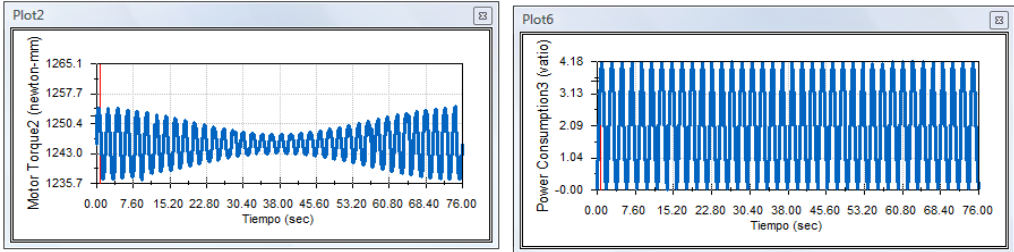
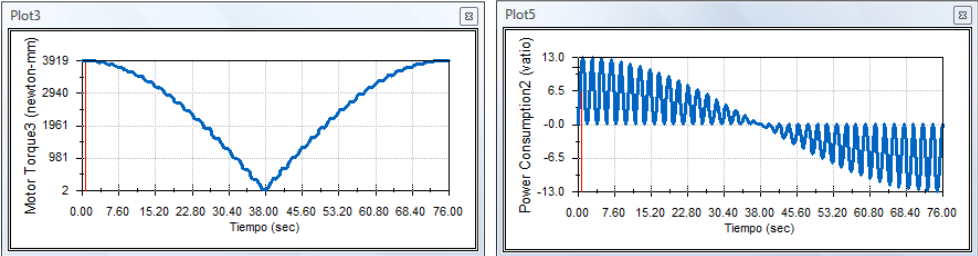


Gráfico No. B1: Simulación de la estructura mecánica para las 06:00



**Gráfico No. B2: Curva de torque y potencia de consumo
para motorreductor 1**



**Gráfico No. B3 : Curva de torque y potencia de consumo
para motorreductor 2**

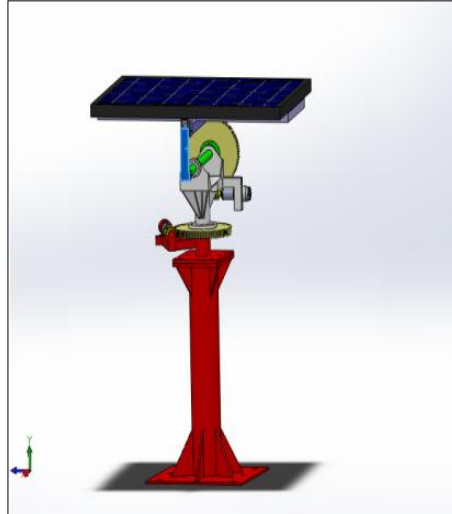
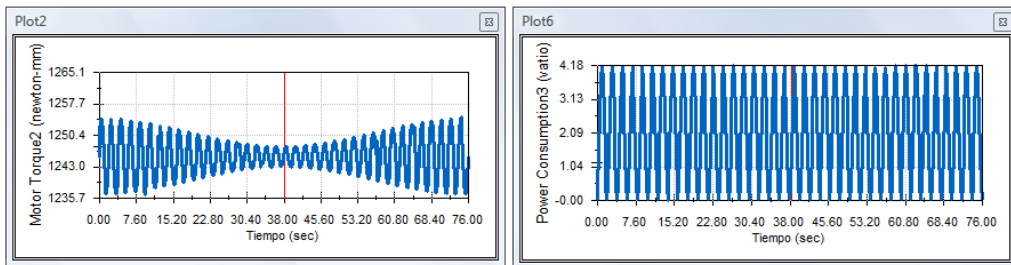
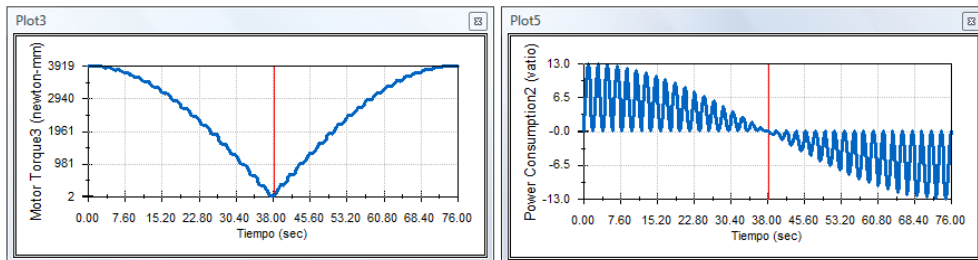


Gráfico No. B4: Simulación de la estructura mecánica para las 12:00



**Gráfico No. B5: Curva de torque y potencia de consumo
para motorreductor 1**



**Gráfico No. B6 : Curva de torque y potencia de consumo
para motorredurtor 2**

ANEXO B	Simulación de la estructura mecánica en SolidWorks	B -3
----------------	---	-------------

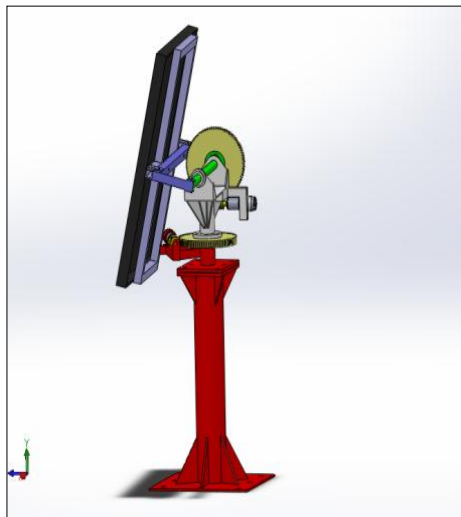


Gráfico No. B7: Simulación de la estructura mecánica para las 18:30

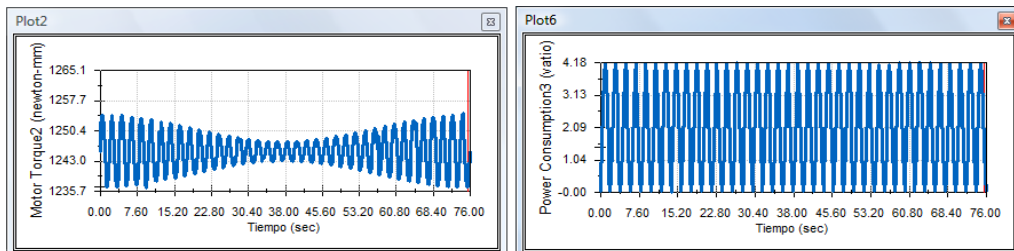


Gráfico No. B8: Curva de torque y potencia de consumo para motorreductor 1

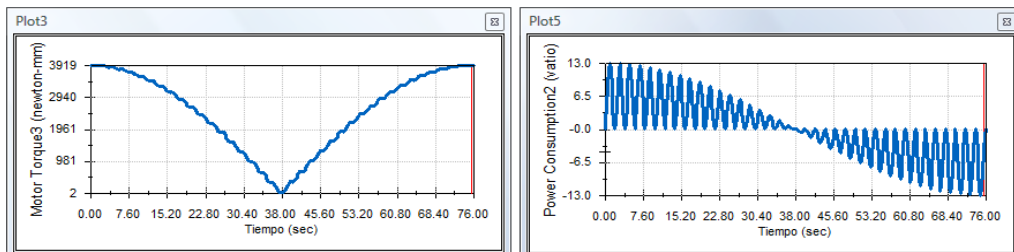


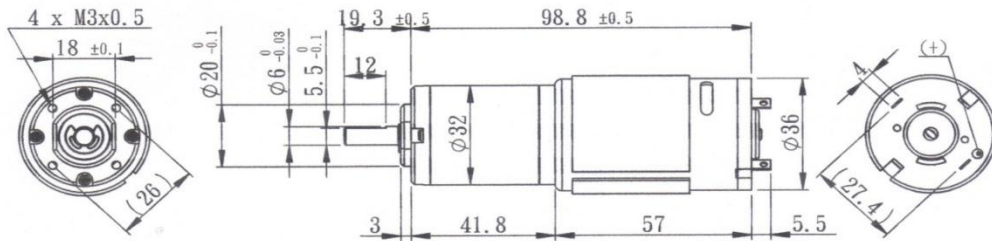
Gráfico No. B9 : Curva de torque y potencia de consumo para motorredurtor 2

ANEXO C

**Motorreductores DC marca
Hennkwell series PK32K3SP**

C -1

DIRECTION OF ROTATION



(unit:mm)

A. Operating Conditions:

1	Operating Voltage Range	6~12	V DC	4	Operating Temperature	-10~+60	°C
2	Rated Voltage	12	V DC	5	Storage Temperature	-30~+85	°C
3	Nominal Voltage	12	V DC	6	Rated Load	30	kgf-cm

B. Electrical Characteristics:

1	No-load Current	0.85	A (MAX.)	6	Stall Current	35	A (MAX.)
2	No-load Speed	37±3	rpm	7	Insulation Resistance(500V)	20	MΩ (MIN.)
3	Rated-load Current	5.0	A (MAX.)	8	Dielectric Strength	250	AC V
4	Rated-load Speed	31.5±3	rpm	9	Motor Brush Type	Carbon Brush	~
5	Stall Torque	250	kgf-cm(MIN.)	10	Output Power at Max.Eff.	25	Watts

C. Mechanical Characteristics:

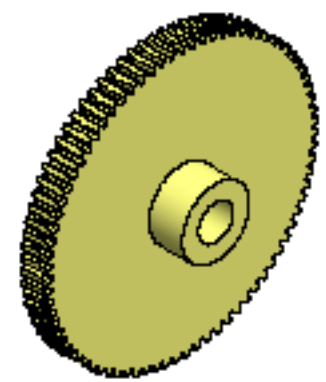
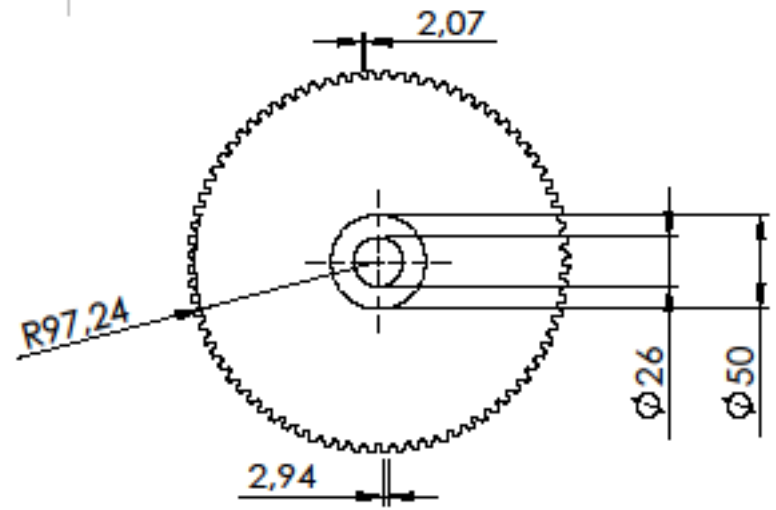
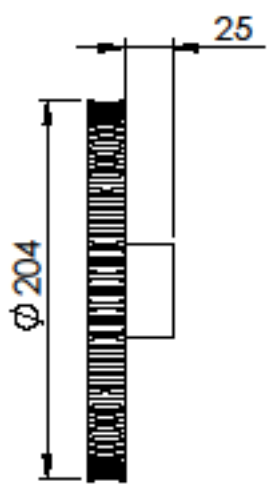
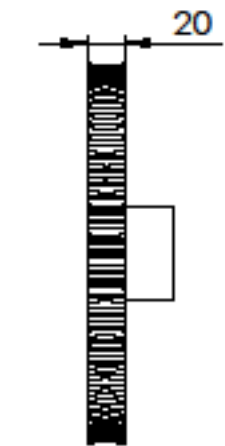
1	Gear Type	Planetary	~	7	Output shaft Radial Load	3	kgf(MAX.)
2	Gear Ratio	1/264	~	8	Output shaft Run-out	0.05	mm(MAX.)
3	Gear Material	Mixed	~	9	Shaft End play	0.3	mm(MAX.)
4	Rated Tolerance Torque	15	kgf-cm(MAX.)	10	Bearing Type	Ball	~
5	Momentary Tolerance Torque	45	kgf-cm	11	Net Weight	340±20	grams
6	Output shaft Axial Load	2.5	kgf(MAX.)				

ANEXO D	Características del Duralon o Nylon Tipo 6	D -1
----------------	---	-------------

Prueba ASTM o UL	Propiedad	Tipo				Fundible
		6/6	6	6/12	11	
Físicas						
D792	Gravedad específica	1.14	1.13	1.06	1.04	1.15–1.17
D792	Volumen específico (pulg ³ /lb)	24.2	24.5	25.9	26.6	23.8
D570	Absorción de agua, 24 h. 1/3 pulg de espesor (%)	1.2	1.6	0.25	0.4	0.9
Mecánicas						
D638	Resistencia a la tensión (psi)	12,000	11,800	8,800	8,500	11,000– 14,000
D638	Elongación (%)	60	150	150	120	10–50
D638	Módulo de tensión (10 ⁵ psi)	4.2	3.8	2.9	1.8	3.5–4.5
D790	Módulo de fluencia (10 ⁵ psi)	4.1	4.0	2.9	1.5	—
D256	Resistencia de impacto, izod (pie-lb/pulg de muesca)	1.0	1.0	1.0	3.3	0.9
D785	Dureza, Rockwell R	121	119	114	—	112–120
Térmicas						
C177	Conductividad térmica (Btu-pulg/hr-ft ² -°F)	1.7	1.7	1.5	—	1.7
D696	Coefficiente de expansión térmica (10 ⁻⁵ pulg/pulg -°F)	4.0	4.5	5.0	5.1	5.0
D648	Temperatura de deflexión (°F)					
	A 264 psi	194	152	194	118	300–425
	A 66 psi	455	365	356	154	400–425
UL 94	Régimen nominal de inflamabilidad, 1/8 pulg	V-2	V-2	V-2	—	—
Eléctricas						
D149	Resistencia dieléctrica (V/mil) Tiempo corto, 1/8 pulg. de espesor	600	400	400	425	500–600 ^a
D150	Constante dieléctrica A 1 khz	3.9	3.7	4.0	3.3	3.7
D150	Factor de disipación A 1 khz	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
D257	Resistividad de volumen (ohm-cm) A 73 °F, 50% RH	10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁵	2 × 10 ¹³	—
D495	Resistencia al arco (s)	116	—	121	—	—

^a 0.04 pulg de espesor del espécimen.
Fuente: Reproducido de Machine Design, April 16, 1987, © Penton Publishing, Inc., Cleveland, OH.

ANEXO E	Planos de la estructura Mecánica	E -1
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Engrane Motor 2. ➤ Tubo-Eje panel solar. ➤ Rodamiento 6202RS. ➤ Soporte aluminio ➤ Rodamiento 6004. ➤ Eje principal. ➤ Engrane Motor 1. ➤ Base de soporte. ➤ Base de giro. ➤ Tornillo sin fin Motor1 y Motor2. ➤ Acople soporte. ➤ Soporte panel solar. ➤ Ensamble seguidor solar con vista explosionada. 		



SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

NOMBRES:
Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

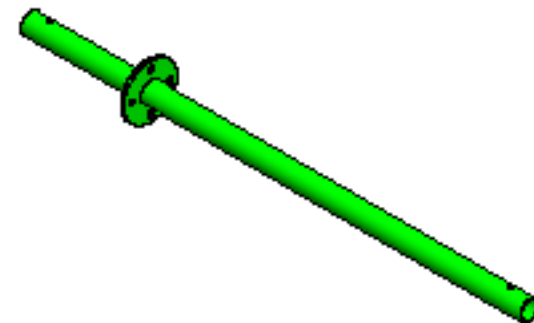
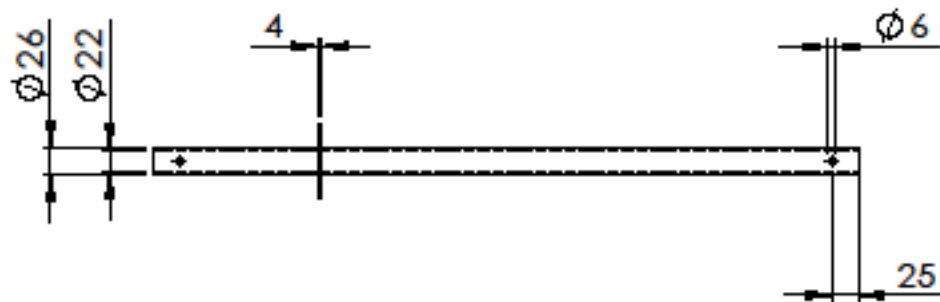
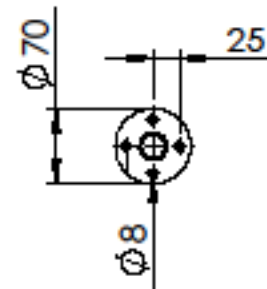
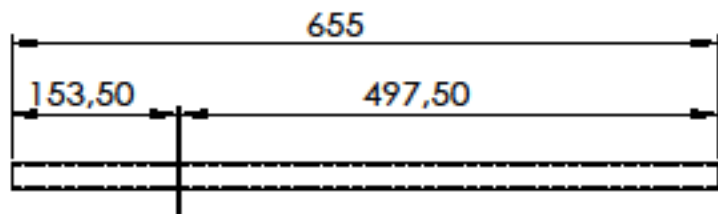
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

TÍTULO:

Engrane motor 2

A4



SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

NOMBRES:

Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

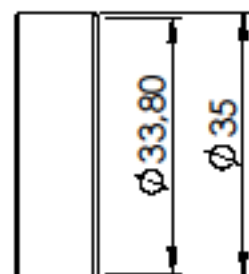
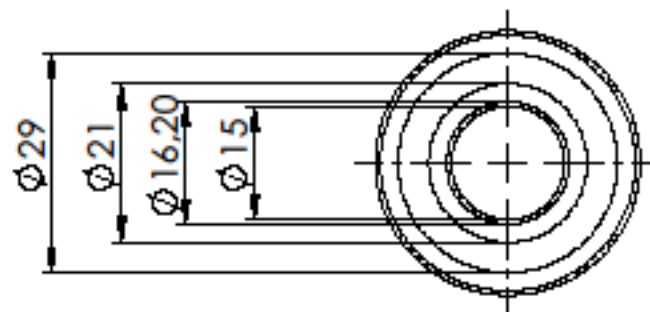
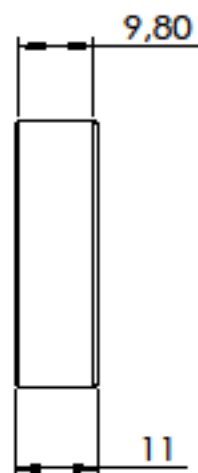
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

TÍTULO:

Tubo-Eje panel solar

A4



SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

NOMBRES:

Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

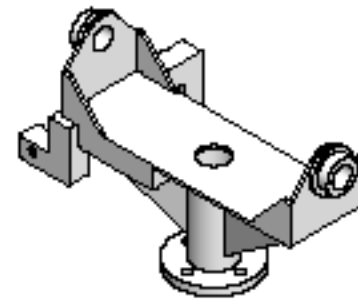
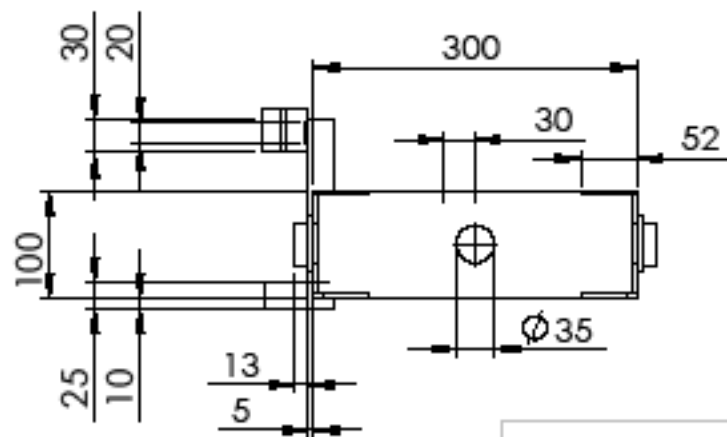
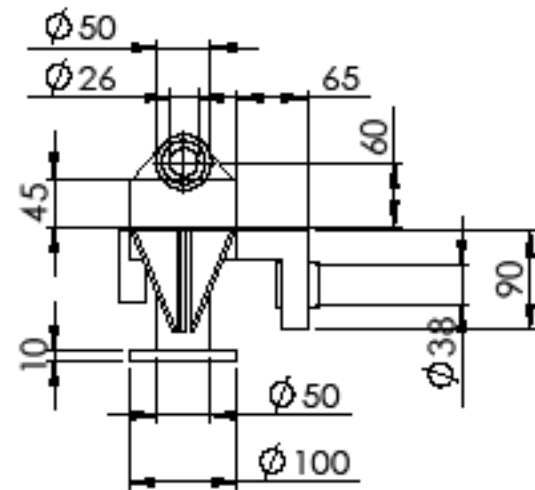
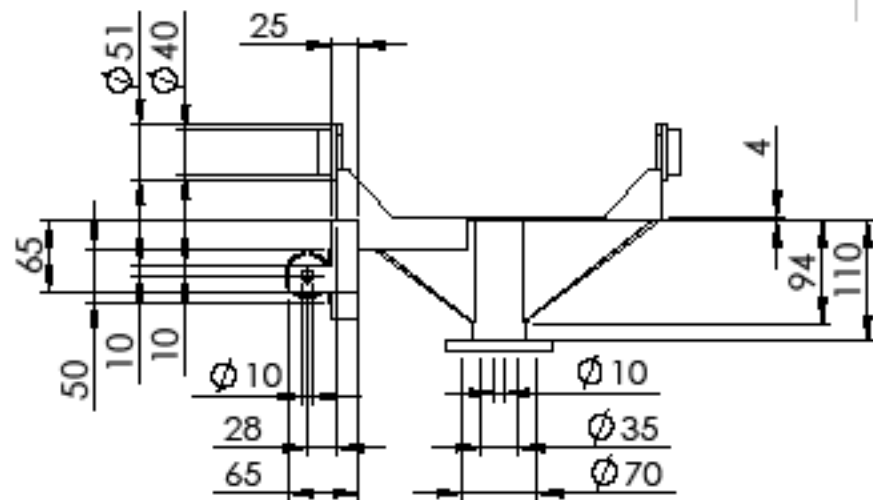
TÍTULO:

Rodamiento 6202RS

A4

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

NOMBRES:

Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

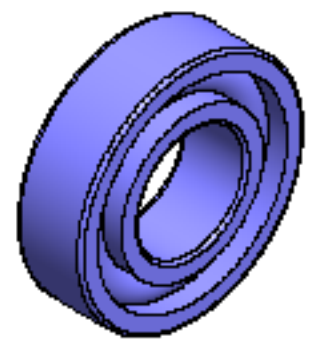
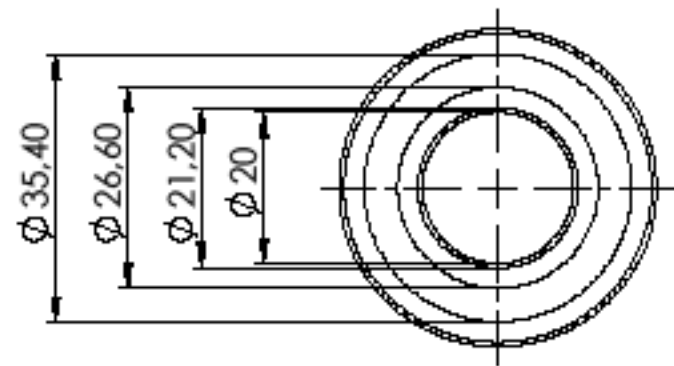
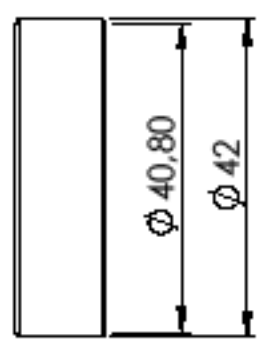
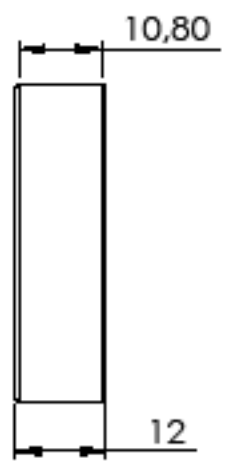
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

TÍTULO:

Soporte aluminio

A4



SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

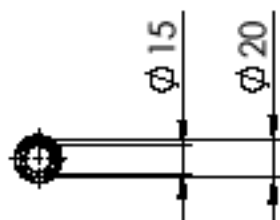
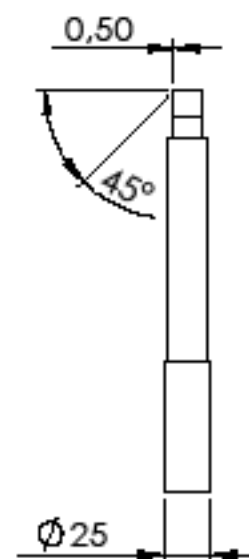
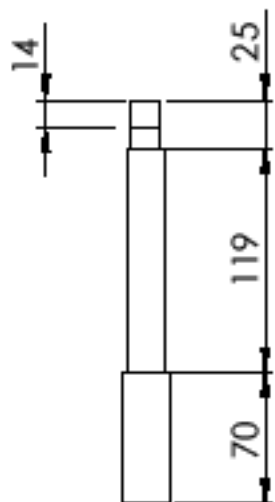
NOMBRES:
Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

TÍTULO:
Rodamiento 6004

A4



SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

NOMBRES:

Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

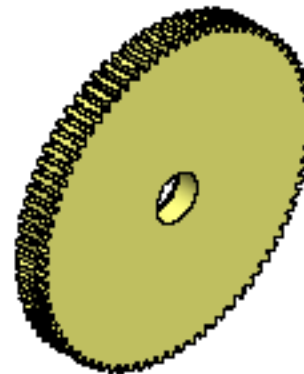
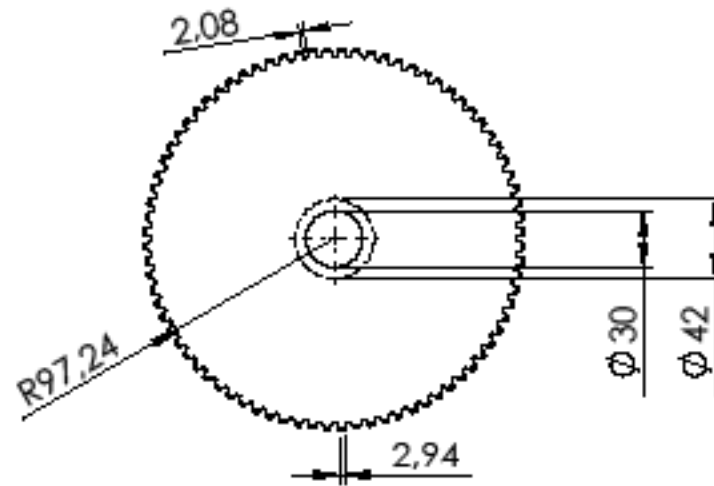
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

TÍTULO:

Eje principal

A4



SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

NOMBRES:

Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

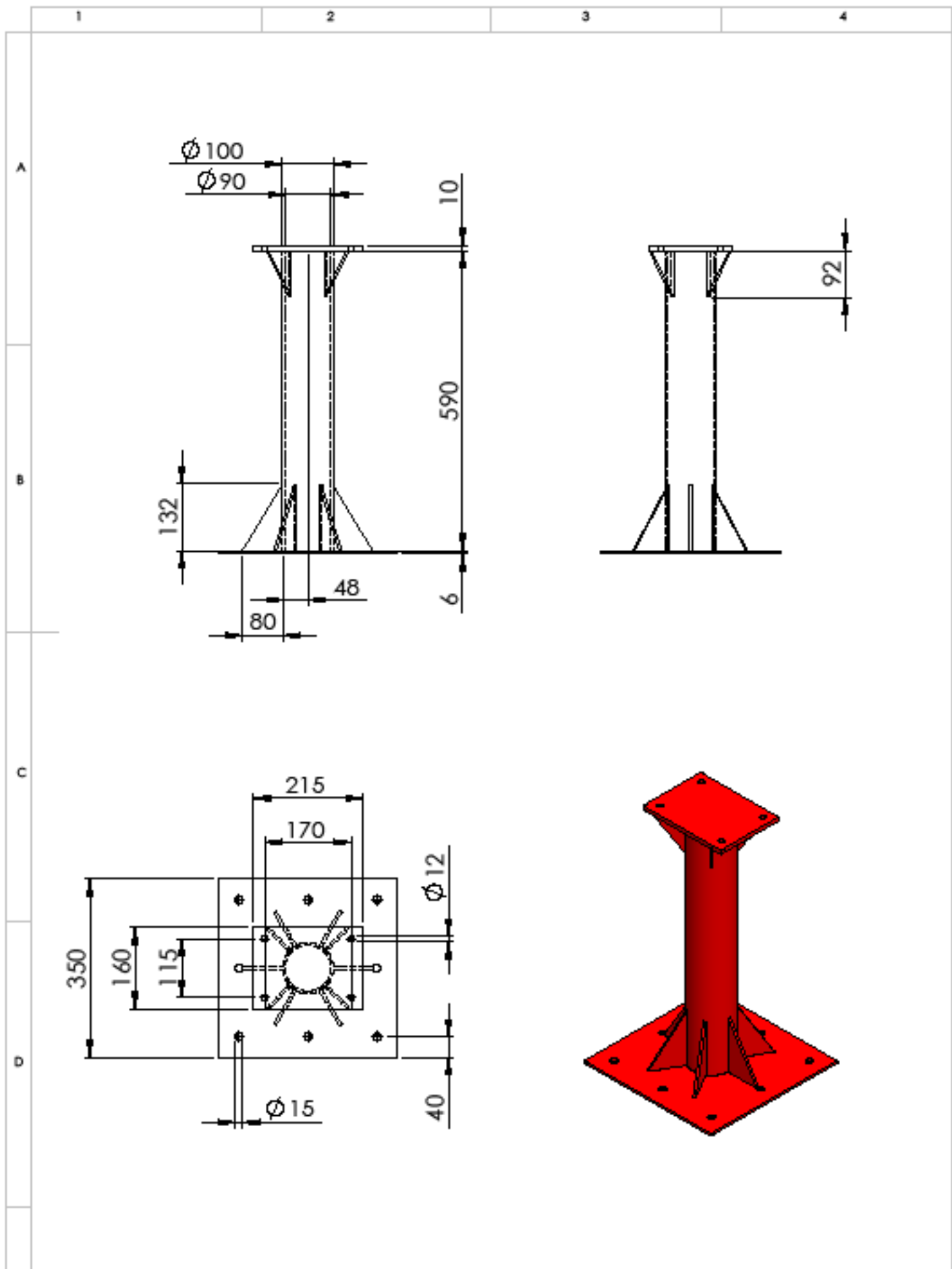
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

TÍTULO:

Engrane motor 1

A4



<p>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM</p>	<p>ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO</p>	<p>TÍTULO:</p> <p>Base de soporte</p>
<p>NOMBRES:</p> <p>Pabón Herrera Luis Alberto Tonato Paucar Diana Gabriela</p>	<p>CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN</p>	<p>A4</p>
<p>ESCALA:1:10</p>		<p>HOJA 1 DE 1</p>

1 2 3 4 5 6

A

B

C

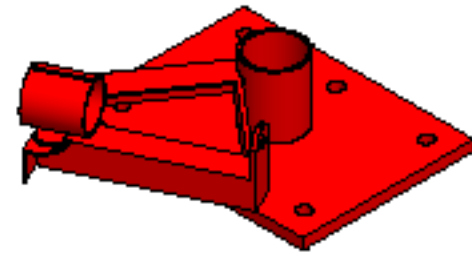
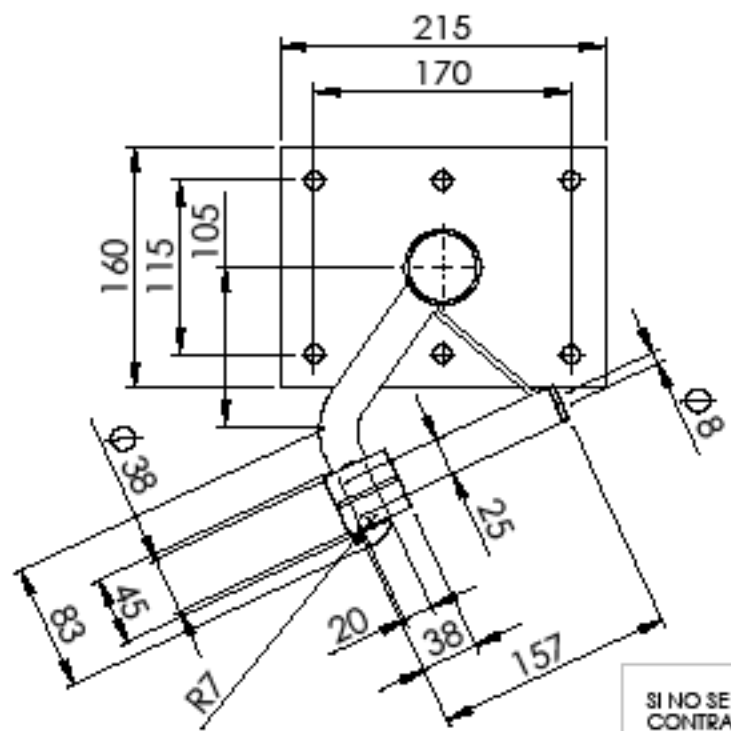
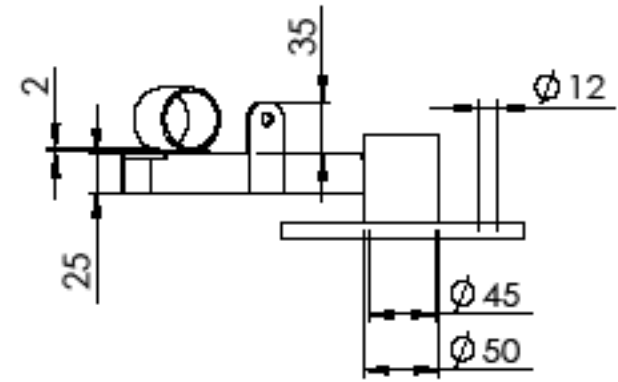
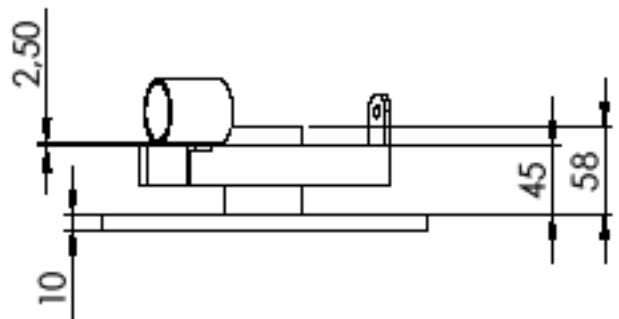
D

A

B

C

D



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

NOMBRES:
Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

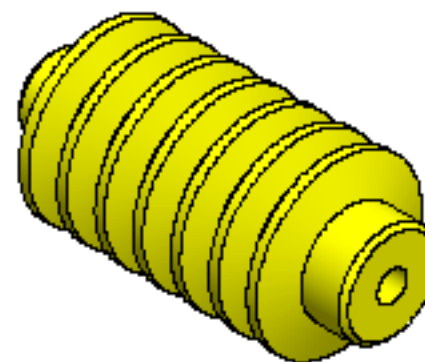
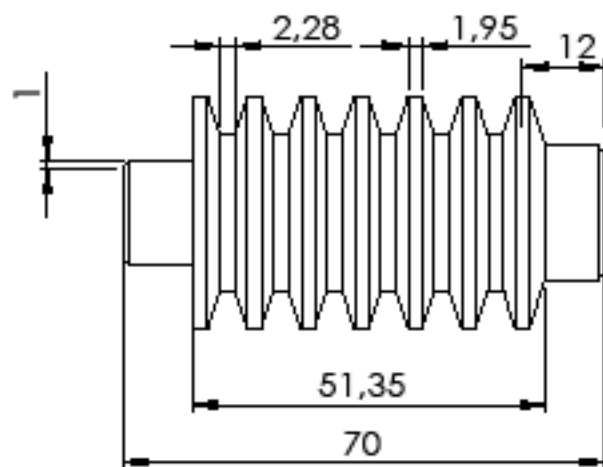
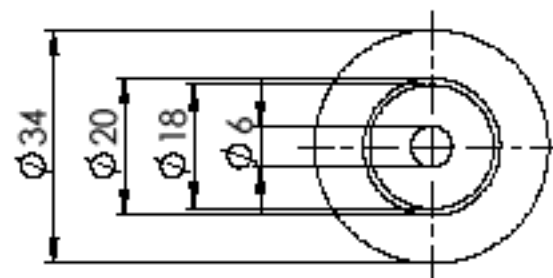
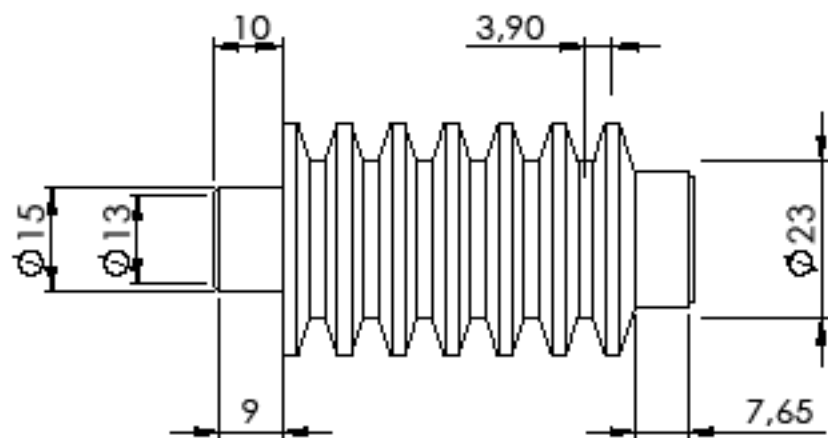
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

TÍTULO:
Base de giro

A4

1 2 ESCALA:1:5 HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

NOMBRES:

Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

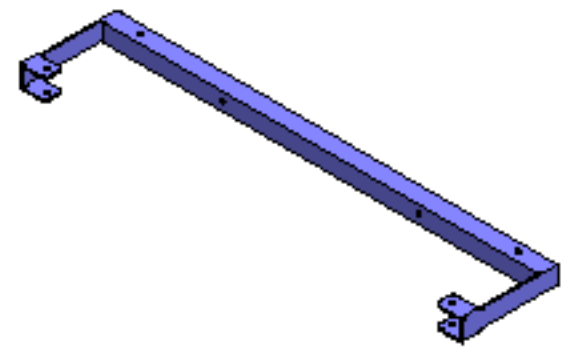
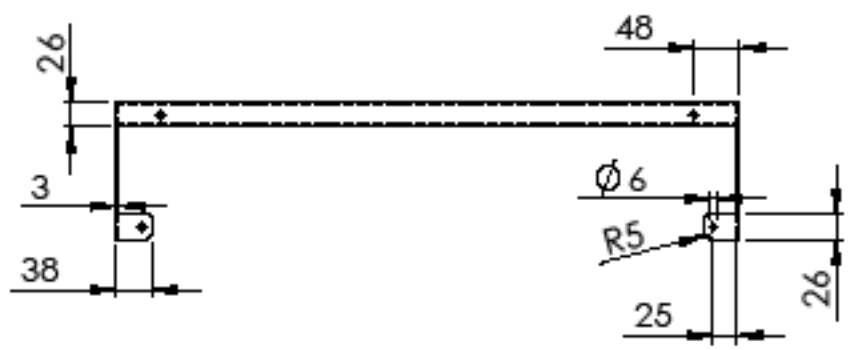
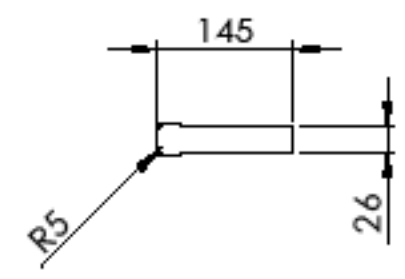
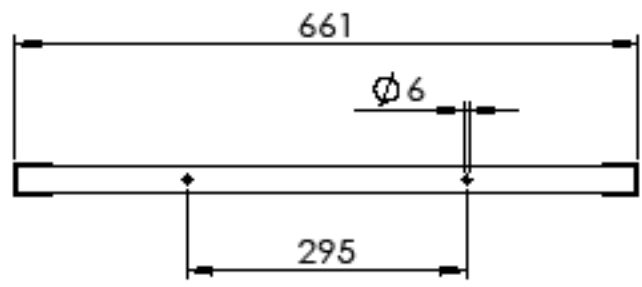
TÍTULO:

Tornillo sin fin

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1

A4



SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

NOMBRES:
Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

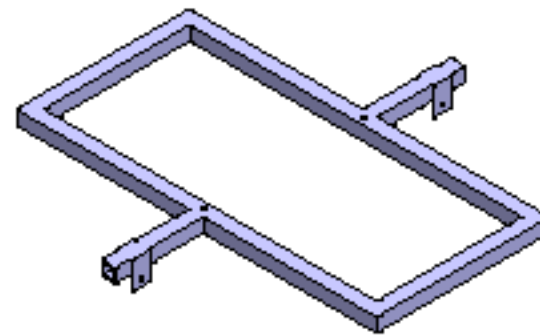
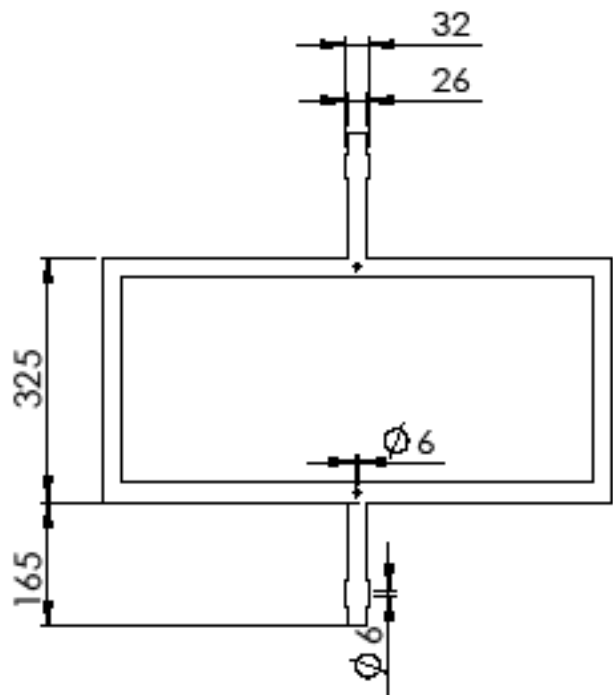
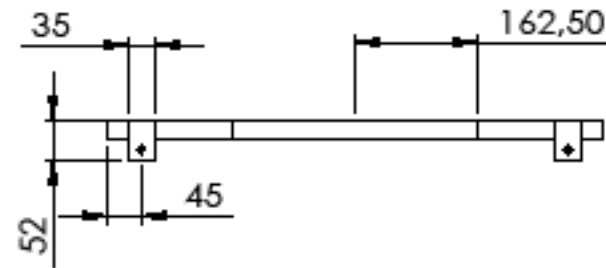
TÍTULO:

Acople soporte

A4

ESCALA:1:8

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

NOMBRES:

Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

TÍTULO:

Soporte panel solar

A4

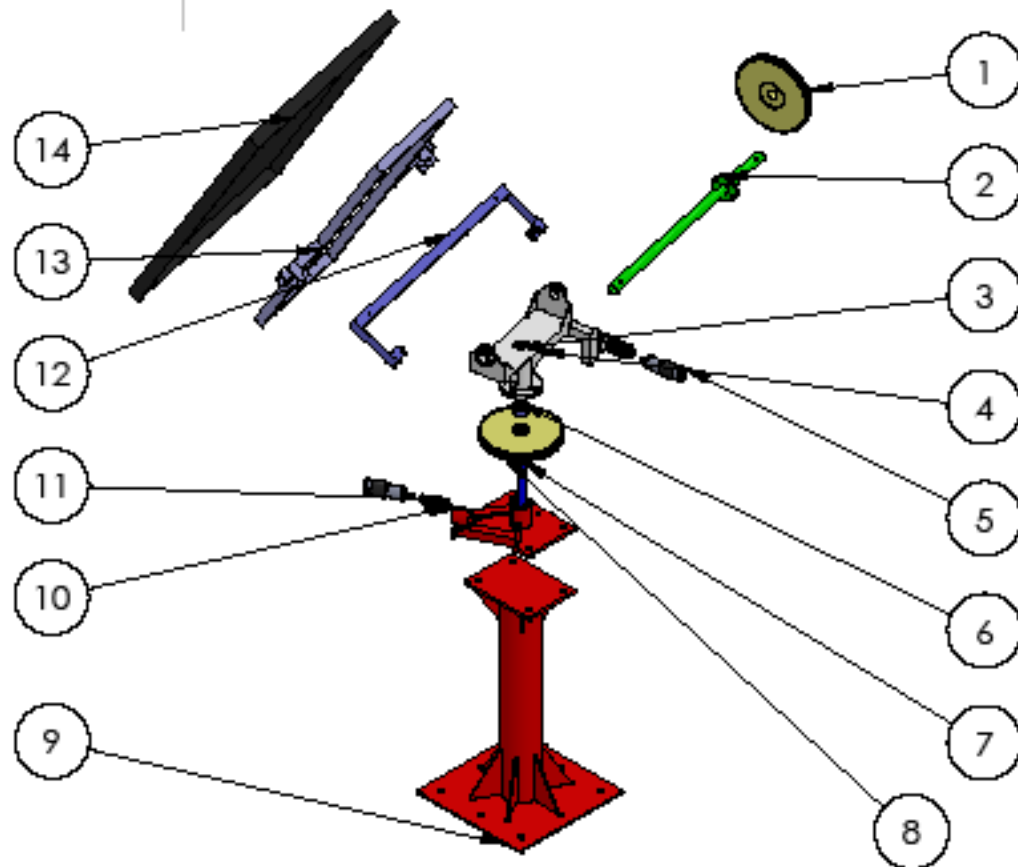
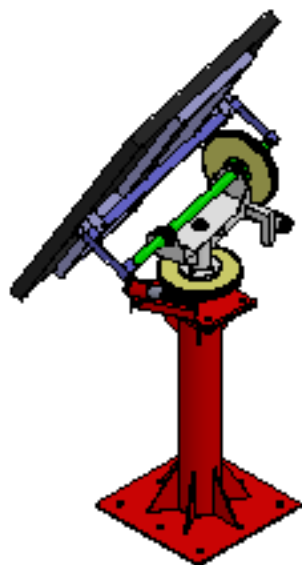


Tabla de LDM		
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Engrane 80dte F	1
2	Tubo-Eje panel solar F	1
3	Rodamiento 6202RS F	1
4	Soporte aluminio F	1
5	Moto-reductor	2
6	Rodamiento 6004 F	1
7	Eje principal F	1
8	Engrane 80dte F2	1
9	Base de soporte F	1
10	Base de giro F	1
11	Tornillo sin fin	2
12	Acople soporte	1
13	Soporte panel solar	1
14	Panel Solar	1

SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN
MM

NOMBRES:

Pabón Herrera Luis Alberto
Tonato Paucar Diana Gabriela

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN

TÍTULO:

Ensamble seguidor solar
con vista explosionada

A4

ANEXO F	Características del Aluminio 7075 -T6	F -1
----------------	--	-------------

Aleación y tratamiento	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Resistencia al corte		Resistencia a la fatiga	
	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
1060-O	10	69	4	28	43	7	48	3	21
1060-H14	14	97	11	76	12	9	62	5	34
1060-H18	19	131	18	124	6	11	121	6	41
1350-O	12	83	4	28	28	8	55		
1350-H14	16	110	14	97		10	69		
1350-H19	27	186	24	165		15	103	7	48
2014-O	27	186	14	97	18	18	124	13	90
2014-T4	62	427	42	290	20	38	262	20	138
2014-T6	70	483	60	414	13	42	290	18	124
2024-O	27	186	11	76	22	18	124	13	90
2024-T4	68	469	47	324	19	41	283	20	138
2024-T361	72	496	57	393	12	42	290	18	124
2219-O	25	172	11	76	18				
2219-T62	60	414	42	290	10			15	103
2219-T87	69	476	57	393	10			15	103
3003-O	16	110	6	41	40	11	121	7	48
3003-H14	22	152	21	145	16	14	97	9	62
3003-H18	29	200	27	186	10	16	110	10	69
5052-O	28	193	13	90	30	18	124	16	110
5052-H34	38	262	31	214	14	21	145	18	124
5052-H38	42	290	37	255	8	24	165	20	138
6061-O	18	124	8	55	30	12	83	9	62
6061-T4	35	241	21	145	25	24	165	14	97
6061-T6	45	310	40	276	17	30	207	14	97
6063-O	13	90	7	48		10	69	8	55
6063-T4	25	172	13	90	22				
6063-T6	35	241	31	214	12	22	152	10	69
7001-O	37	255	22	152	14				
7001-T6	98	676	91	627	9			22	152
7075-O	33	228	15	103	16	22	152		
7075-T6	83	572	73	503	11	48	331	23	159

Nota: Propiedades comunes:
Densidad: 0.095 a 0.102 lb/pulg³ (2635 a 2829 kg/m³)
Módulo de elasticidad: 10 a 10.6 × 10⁶ psi (69 a 73 GPa)
Resistencia a la fatiga a 5 × 10⁸ ciclos

ANEXO G	Configuración de la tarjeta POLOLU TREX DMC01	G -1
<p>La tarjeta de control TREX es un controlador versátil de motor DC diseñado para combinar a la perfección el control autónomo y humano de los robots de pequeñas y medianas empresas. La tarjeta TREX puede controlar dos motores bidireccionales y un motor unidireccional a través de tres interfaces de control independiente: control de radio (RC) pulsos de los servos, voltaje analógico, y serie asíncrono (RS-232 o TTL). Se utiliza cinco canales de entrada para recibir el RC o el control de señales analógicas. Al operar en RC o modo analógico, los cinco canales de la función de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canal 1: motor 1 velocidad y dirección, en el modo MIX, gira a la izquierda / derecha • Canal 2: motor 2 velocidad y dirección o, en el modo MIX, va hacia delante / atrás • Canal 3: auxiliar (unidireccional), velocidad del motor auxiliar. • Canal 4: Puede ser usado para invertir el "modo de giro" • Canal 5: Determina si los motores están controlados por las entradas de canal analógico o la interfaz serial. 		

ANEXO G	Configuración de la tarjeta POLOLU TREX DMC01	G -2
----------------	--	-------------

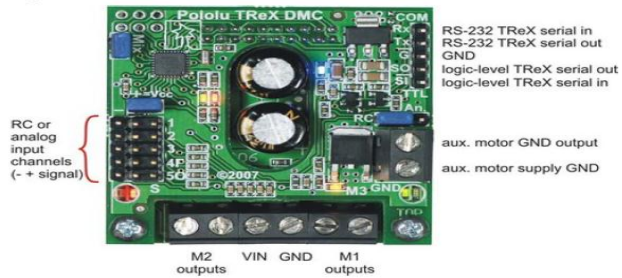


Gráfico No. G1: Pines de Conexión de entradas y salidas

La TREX viene con cuatro bloques cortocircuito de color azul, estos puentes permiten modificar su comportamiento, sin comandos de configuración serial. Se recomienda que siempre apague su TRex antes de cambiar los puentes, no es estrictamente necesario, pero es la práctica más segura.



Gráfico No. G2: Jumpers de la Tarjeta

Calibración automática mediante DAQ

La TREX se calibra por el aprendizaje, del primero de los valores neutros de todos los canales y el aprendizaje de los extremos, los pasos a seguir son los siguientes:

1. Apagar la Trex.
2. Enviar 0V desde las salidas analógicas de la DAQ a los canales de entradas de la Trex.

ANEXO G	Configuración de la tarjeta POLOLU TREX DMC01	G - 3
<p>3. Enviar 2,5V desde las salidas analógicas de la DAQ. Estos son los voltajes neutros del control.</p> <p>4. Colocar el puente CHANNEL MIX JUMPER.</p> <p>5. Conectar el puente LEARNING-MODE (cortocircuitar el contacto serie de salida, SO, a la tierra, G). NUNCA SE DEBE CONECTAR ESTE PUENTE MIENTRAS SE ENCIENDE LA PLACA.</p> <p>6. Colocar el puente MODE JUMPER para seleccionar RC o analógico (dependiendo del tipo de controlador que está tratando de calibrar).</p> <p>7. Restaurar la alimentación a su Trex. Ver el led en estado rojo y verde parpadeando al unísono alrededor de una vez por segundo.</p> <p>8. Retirar el puente MIX CHANNEL. Si los leds rojo y verde parpadean en torno a cuatro veces por segundo, el Trex es incapaz de detectar una señal de pulso válida de RC en cualquiera de sus canales de entrada. Si en lugar el led rojo está encendido permanentemente, ahora está en el modo de aprendizaje, que procede en las siguientes cuatro fases:</p> <p>Fase de aprendizaje el modo 1: aprender neutrales</p> <p>Mientras que el led rojo está fijo, el Trex está tratando de aprender los valores neutros de los cinco canales. No se debe mover los voltajes de control en todo, mientras que el led rojo está encendido. Sólo debe tomar alrededor de dos segundos para la primera fase, aunque podría ser mucho más corto si la Trex encuentra problemas de aprendizaje a los neutrales de los cinco canales.</p> <p>Fase de aprendizaje el modo 2: Informe de aprendizaje neutral</p> <p>Una vez que la fase uno es atravesada, la Trex flashea sus LEDS de estado cinco veces para indicar éxito en el aprendizaje neutral o fallo para cada canal.</p>		

ANEXO G	Configuración de la tarjeta POLOLU TREX DMC01	G - 4
<p>Un destello verde significa que el valor neutral se aprendió con éxito para el canal correspondiente. Un destello rojo significa que hay un problema y un canal que no se va a aprender. Por ejemplo, un patrón de flasheo de "rojo, rojo, verde, rojo, verde" significa que los neutrales se aprendieron con éxito para los canales 3 y 5, los canales 1, 2 y 4 no se va a aprender. Si los cinco destellos de color rojo, el proceso de aprendizaje termina aquí.</p> <p>Fase de aprendizaje el modo 3: el aprendizaje de los extremos</p> <p>Esta fase comienza cuando ambos leds el rojo y el verde se iluminan simultáneamente y dura aproximadamente diez segundos. Durante este tiempo, la Trex está tratando de determinar los valores máximos y mínimos para cada uno de los cinco canales. Se debe tratar de mantener cada canal en cada uno de sus dos extremos por lo menos medio segundo y mover el voltaje de control lenta y constantemente. Para el proyecto se utilizó un rango desde 1 a 4 voltios, es decir se debe mover desde 1 V hasta 4 V lenta y constantemente. Si se realiza estas acciones con una duración mayor a 10 segundos la Trex no aprenderá los rangos de control.</p> <p>Fase de aprendizaje el modo 4: informe final de aprendizaje</p> <p>Esta fase es idéntica a la fase 2, excepto que aquí el destello verde representa los canales que fueron aprendidos en su totalidad. El patrón de parpadeo se repite hasta que el Trex se restablece. Ahora cada vez que la Trex se inicia, rápidamente destella los led en este patrón para indicar que los canales están calibrados y cuales no</p> <p style="text-align: center;">Nota: Una vez que el aprendizaje es completo, se debe retirar el puente de learning-mode y restablecer la Trex.</p>		

ANEXO H	Tarjeta de adquisición de datos NI-USB 6009	H - 1
----------------	--	--------------

La tarjeta USB-6009 de National Instruments brinda funcionalidad de adquisición de datos básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio. Es accesible para uso de estudiantes y lo suficientemente poderoso para aplicaciones de medida más sofisticadas. Para usuarios de Mac OS X y Linux, descargue el software NI-DAQmx Base y programe el USB-6009 con LabView o C.

Para cursos suplementarios con experimentos prácticos sobre teoría de simulación, medidas y automatización, Para un muestreo más rápido, medidas más precisas y mayor número de canales, considere los dispositivos de adquisición de datos de alto rendimiento energizados por bus USB, NI USB-6210, NI USB-6211 y NI USB-6212.

Especificaciones:

Formato Físico	USB
Sistema Operativo / Objetivo	Windows, Linux, Mac OS, Pocket PC
Tipos de Medida	Voltaje
Familia de Productos DAQ	Serie B
Compatibilidad con RoHS	Sí
Entrada Analógica	
Número de Canales	8 SE/4 DI
Velocidad de Muestreo	48 kS/s
Resolución	14 bits
Muestreo Simultáneo	No
Rango de Voltaje Máximo	-10..10 V
Precisión del Rango	138 mV
Rango de Voltaje Mínimo	-1..1 V
Precisión del Rango	37.5 mV
Número de Rangos	8
Memoria Interna	512 B
Salida Analógica	
Número de Canales	2
Razón de Actualización	150 S/s
Resolución	12 bits

ANEXO H	Tarjeta de adquisición de datos NI-USB 6009	H - 2
Rango de Voltaje Máximo	-10..10 V	
Precisión del Rango	138 mV	
Rango de Voltaje Mínimo	-1..1 V	
Precisión del Rango	37.5 mV	
Número de Rangos	8	
Memoria Interna	512 B	
Salida Analógica		
Número de Canales	2	
Razón de Actualización	150 S/s	
Resolución	12 bits	
Rango de Voltaje Máximo	0..5 V	
Precisión del Rango	7 mV	
Rango de Voltaje Mínimo	0..5 V	
Precisión del Rango	7 mV	
Capacidad de Corriente (Canal/Total)	5 mA/10 mA	
E/S Digital		
Número de Canales	12 DIO	
Temporización	Software	
Niveles Lógicos	TTL	
Máximo Rango de Entrada	0..5 V	
Máximo Rango de Salida	0..5 V	
Entrada de Flujo de Corriente	Sinking, Sourcing	
Filtros de Entrada Programables	No	
Salida de Flujo de Corriente	Sinking, Sourcing	
Capacidad de Corriente (Canal/Total)	8.5 mA/102 mA	
Temporizador Watchdog	No	
¿Soporta Estados de Encendido Programables?	No	
¿Soporta Protocolo de Sincronización para E/S?	No	
¿Soporta E/S de Patrones?	No	

ANEXO H	Tarjeta de adquisición de datos NI-USB 6009	H - 3
<hr/>		
Capacidad de Corriente (Canal/Total)	8.5 mA/102 mA	
Temporizador Watchdog	No	
¿Soporta Estados de Encendido Programables?	No	
¿Soporta Protocolo de Sincronización para E/S?	No	
¿Soporta E/S de Patrones?	No	
Contadores/Temporizadores		
Número de Contadores/Temporizadores	1	
Resolución	32 bits	
Frecuencia Máxima de la Fuente	5 MHz	
Entrada Mínima de Ancho de Pulso	100 ns	
Niveles Lógicos	TTL	
Rango Máximo	0.5 V	
Estabilidad de Tiempo	50 ppm	
Sincronización GPS	No	
Generación de Pulso	No	
Operaciones a Búfer	Sí	
Eliminación de Rebotes	No	
Temporización/Disparo/Sincronización		
Bus de Sincronización (RTSI)	No	
Disparo	Digital	
<hr/>		
Contadores/Temporizadores		
Número de Contadores/Temporizadores	1	
Resolución	32 bits	
Frecuencia Máxima de la Fuente	5 MHz	
Entrada Mínima de Ancho de Pulso	100 ns	
Niveles Lógicos	TTL	
Rango Máximo	0.5 V	
Estabilidad de Tiempo	50 ppm	
Sincronización GPS	No	
Generación de Pulso	No	
Operaciones a Búfer	Sí	

ANEXO H	Tarjeta de adquisición de datos NI-USB 6009	H - 4
----------------	--	--------------

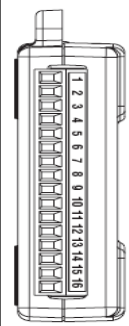
Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Gráfico No. H1: Asignación de terminales analógicos


Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Gráfico No. H2: Asignación de terminales digitales

ANEXO I

**Hoja de datos del Optotransistor
4N-25**

I -1

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

**GENERAL PURPOSE 6-PIN
PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS**

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

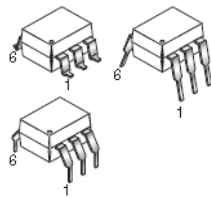
**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

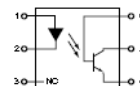
**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

WHITE PACKAGE (-M SUFFIX)

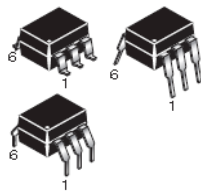


SCHEMATIC



**PIN 1 ANODE
2 CATHODE
3 NO CONNECTION
4 EMITTER
5 COLLECTOR
6 BASE**

BLACK PACKAGE (NO -M SUFFIX)



DESCRIPTION

The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

FEATURES

- Also available in white package by specifying -M suffix, eg. 4N25-M
- UL recognized (File # E90700)
- VDE recognized (File # 94786)
 - Add option V for white package (e.g., 4N25V-M)
 - Add option 300 for black package (e.g., 4N25.300)

APPLICATIONS

- Power supply regulators
- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs

ANEXO I

Hoja de datos del Optotransistor 4N-25

I -2

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS

4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

4N35
H11A4

4N36
H11A5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Unit
EMITTER						
Input Forward Voltage	($I_F = 10\text{ mA}$)	V_F		1.18	1.50	V
Reverse Leakage Current	($V_R = 6.0\text{ V}$)	I_R		0.001	10	μA
DETECTOR						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	($I_C = 1.0\text{ mA}$, $I_F = 0$)	BV_{CEO}	30	100		V
Collector-Base Breakdown Voltage	($I_C = 100\ \mu\text{A}$, $I_F = 0$)	BV_{CBO}	70	120		V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	($I_E = 100\ \mu\text{A}$, $I_F = 0$)	BV_{ECO}	7	10		V
Collector-Emitter Dark Current	($V_{CE} = 10\text{ V}$, $I_F = 0$)	I_{CEO}		1	50	nA
Collector-Base Dark Current	($V_{CB} = 10\text{ V}$)	I_{CBO}			20	nA
Capacitance	($V_{CE} = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_{CE}		8		pF

ISOLATION CHARACTERISTICS

Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	(Non-'M', Black Package) ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ min}$)	V_{ISO}	5300			Vac(rms)
	('M', White Package) ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$)		7500			Vac(pk)
Isolation Resistance	($V_{IO} = 500\text{ VDC}$)	R_{ISO}	10^{11}			Ω
Isolation Capacitance	($V_{IO} = \&$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_{ISO}		0.5		pF
	('M' White Package)			0.2	2	pF

Note

* Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$

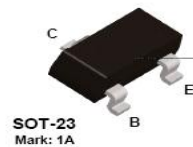
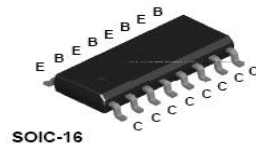
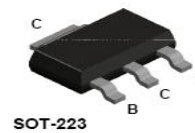
ANEXO I	Hoja de datos del Optotransistor 4N-25	I -3
----------------	---	-------------

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

**GENERAL PURPOSE 6-PIN
PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS**

4N25	4N26	4N27	4N28	4N35	4N36
4N37	H11A1	H11A2	H11A3	H11A4	H11A5

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)									
DC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Unit		
Current Transfer Ratio, Collector to Emitter	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V})$	CTR	4N35 4N36 4N37	100			%		
			H11A1	50					
			H11A5	30					
			4N25 4N26 H11A2 H11A3	20					
			4N27 4N28 H11A4	10					
			4N35 4N36 4N37	40					
			$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, T_A = -55^\circ\text{C})$						
			$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, T_A = +100^\circ\text{C})$						
	Collector-Emitter Saturation Voltage		$(I_C = 2 \text{ mA}, I_F = 50 \text{ mA})$	$V_{CE(SAT)}$	4N25 4N26 4N27 4N28				0.5
$(I_C = 0.5 \text{ mA}, I_F = 10 \text{ mA})$		4N35 4N36 4N37				0.3			
		H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5				0.4			
AC Characteristic									
Non-Saturated Turn-on Time	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$ (Fig.20)	T_{ON}	4N25 4N26 4N27 4N28 H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5		2		μs		
Non Saturated Turn-on Time	$(I_C = 2 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$ (Fig.20)	T_{ON}	4N35 4N36 4N37		2	10	μs		

2N3904**MMBT3904****MMPQ3904****PZT3904****NPN General Purpose Amplifier**

This device is designed as a general purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier. Sourced from Process 23.

Absolute Maximum Ratings*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V _{CEO}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V _{CBO}	Collector-Base Voltage	60	V
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I _C	Collector Current - Continuous	200	mA
T _J , T _{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

ANEXO J

Hoja de especificaciones del transistor 2n3904

J - 2

Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
--------	-----------	-----------------	-----	-----	-------

OFF CHARACTERISTICS

$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0 \text{ mA}, I_B = 0$	40		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \text{ } \mu\text{A}, I_E = 0$	60		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10 \text{ } \mu\text{A}, I_C = 0$	6.0		V
I_{BL}	Base Cutoff Current	$V_{CE} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 0$		50	nA
I_{CEX}	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 0$		50	nA

ON CHARACTERISTICS*

h_{FE}	DC Current Gain	$I_C = 0.1 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 50 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 100 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$		0.2 0.3	V V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$	0.65	0.85 0.95	V V

SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

f_T	Current Gain - Bandwidth Product	$I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 20 \text{ V},$ $f = 100 \text{ MHz}$	300		MHz
C_{obo}	Output Capacitance	$V_{CB} = 5.0 \text{ V}, I_E = 0,$ $f = 1.0 \text{ MHz}$		4.0	pF
C_{ibo}	Input Capacitance	$V_{EB} = 0.5 \text{ V}, I_C = 0,$ $f = 1.0 \text{ MHz}$		8.0	pF
NF	Noise Figure (except MMPQ3904)	$I_C = 100 \text{ mA}, V_{CE} = 5.0 \text{ V},$ $R_s = 1.0 \text{ kW}, f = 10 \text{ Hz to } 15.7 \text{ kHz}$		5.0	dB

SWITCHING CHARACTERISTICS (except MMPQ3904)

t_d	Delay Time	$V_{CC} = 3.0 \text{ V}, V_{BE} = 0.5 \text{ V},$		35	ns
t_r	Rise Time	$I_C = 10 \text{ mA}, I_{B1} = 1.0 \text{ mA}$		35	ns
t_s	Storage Time	$V_{CC} = 3.0 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$		200	ns
t_f	Fall Time	$I_{B1} = I_{B2} = 1.0 \text{ mA}$		50	ns

*Pulse Test: Pulse Width $\leq 300 \text{ } \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$

Spice Model

NPN (Is=6.734f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=74.03 Bf=416.4 Ne=1.259 Ise=6.734 Ikf=66.78m Xtb=1.5 Br=.7371 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=3.638p Mjc=.3085 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=4.493p Mje=.2593 Vje=.75 Tr=239.5n Tf=301.2p Itf=.4 Vtf=4 Xtf=2 Rb=10)

Thermal Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max		Units
		2N3904	*PZT3904	
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625 5.0	1,000 8.0	mW mW/°C
R_{qC}	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3		°C/W
R_{qA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	125	°C/W

Symbol	Characteristic	Max		Units
		**MMBT3904	MMPQ3904	
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	350 2.8	1,000 8.0	mW mW/°C
R_{qA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient Effective 4 Die Each Die	357	125 240	°C/W °C/W °C/W

*Device mounted on FR-4 PCB 36 mm X 18 mm X 1.5 mm; mounting pad for the collector lead min. 6.2mm

**Device mounted on FR-4 PCB 1.6" X 1.6" X 0.06."

Test Circuits

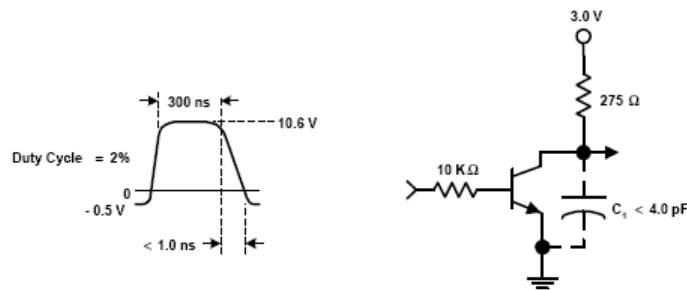


FIGURE 1: Delay and Rise Time Equivalent Test Circuit

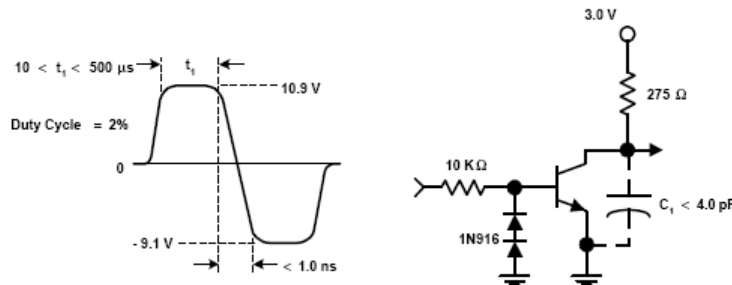
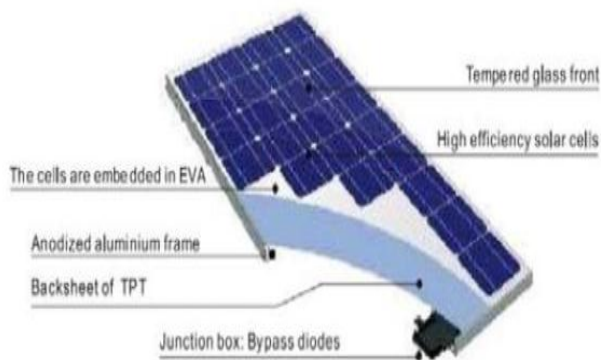


FIGURE 2: Storage and Fall Time Equivalent Test Circuit

ANEXO K	Especificaciones del panel solar Exmork 50Wp	K - 1
---------	---	-------

EXMORK
艾莫克新能源

PANELES SOLARES 50P



ANEXO K	Especificaciones del panel solar Exmork 50Wp	K - 2
----------------	---	--------------

Parámetros	Tipo	50P
		Silicio Poli cristalino
Potencia máxima (watt)	W	50
Tolerancia de potencia		+3% /-3%
Voltaje óptima (Vmp)	V	17.5V
Corriente óptima (Imp)	A	2.86A
Voltaje máxima (Voc)	V	22.0V
Corriente máxima (Isc)	A	3.07A
Dimensiones		670*620*35mm
Marco (tipo, material y gruesor)		Aluminium anodizado. Alloy 35mm
Voltaje máxima externa permitida		600V
Coficiente de temperatura de Isc		±0.05%
Coficiente de temperatura de Voc		-0.33%
Coficiente de temperatura de P		-0.23%
Coficiente de temperatura de Imp		+0.08%
Coficiente de temperatura de Vmp		-0.33%
Resistencia a cargas mecánicas		200kg/m2
Eficiencia de conversión		> 15.75%



For over 10 years we have been specializing in wind and water power products. We service everything we sell. Scores of companies come and go, but we have consistently been in the market to take care of our customers.

ANEXO L	Solarímetro Ambient Weather SP-216	L - 1
<p>El medidor de energía solar Ambient Weather 206 (piranómetro) es ideal para el control de eficiencia de paneles solares, tratamientos de ventanas de autos y casas, y otras aplicaciones donde la energía solar es importante.</p> <p>Simplemente encienda, apunte a la fuente de energía de luz y lea la grande. Las mediciones son en W/m2 o BTU.</p> <p>Perfecto para propietarios, técnicos e ingenieros.</p> <div data-bbox="740 891 922 1339" data-label="Image"> </div> <p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Especificaciones: <ul style="list-style-type: none"> Duración de la batería: aprox. 100 hr Precisión: $\pm 10\text{W/m}^2$ [$\pm 3 \text{ BTU} / (\text{ft}^2 * \text{h})$] o $\pm 5\%$, error adicional de temperatura inducido: $\pm 0.38\text{W/m}^2 / \text{degC}$ [$\pm 0,12 \text{ BTU} / (\text{ft}^2 * \text{h}) / \text{degC}$] del 25 degC Temperatura de funcionamiento: 5 degC a 40 ° C degC 		

ANEXO L	Solarímetro Ambient Weather SP-216	L - 2
<ul style="list-style-type: none"> <p>• Pantalla:</p> <p>Pantalla LCD 3.5 "</p> <p>Tiempo de muestreo: Aprox. 0,25 segundos.</p> <p>Resolución: 0.1W/m2, 0,1 BTU / (ft2 * h).</p> <p>Rango: 1999W/m2, 634 BTU / (ft2 * h).</p> <p>Dimensiones y peso: 5 (L) x 2 (W) x 1.5 (H) mm, aprox. 0,3 libras.</p> <p>EMC: este instrumento es conforme a CEM y ha pasado pruebas de compatibilidad según EN61326 (1997) + A1 (1998) + A2 (2001).</p> <p>• Accesorios:</p> <p>Libro de usuarios.</p> <p>Batería de 9V.</p> <p>Bolsa de transporte blanda.</p> 		

ANEXO M			Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema						M - 1		
Panel Fijo											
RADIACIÓN SOLAR											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
6:00:24	1	0	6:31:36	60	75	7:02:50	220	233	7:34:04	305	317
6:01:25	5	4	6:32:37	64	66	7:03:50	228	239	7:35:04	337	320
6:02:25	5	5	6:33:38	66	71	7:04:50	259	245	7:36:04	320	315
6:03:26	5	3	6:34:38	75	80	7:05:50	230	240	7:37:04	338	319
6:04:27	9	6	6:35:38	96	104	7:06:51	231	243	7:38:04	312	319
6:05:27	9	6	6:36:39	118	112	7:07:51	250	240	7:39:05	322	325
6:06:27	9	7	6:37:39	134	115	7:08:52	229	236	7:40:06	333	333
6:07:27	10	6	6:38:39	127	116	7:09:52	249	238	7:41:06	345	350
6:08:28	10	8	6:39:39	129	118	7:10:53	254	241	7:42:06	344	344
6:09:28	11	5	6:40:39	140	127	7:11:53	224	240	7:43:07	356	348
6:10:29	12	9	6:41:39	138	130	7:12:54	225	252	7:44:07	356	354
6:11:30	13	6	6:42:40	154	139	7:13:55	283	282	7:45:07	349	355
6:12:30	13	8	6:43:40	100	98	7:14:55	317	310	7:46:07	360	362
6:13:31	15	9	6:44:41	101	97	7:15:56	316	327	7:47:07	351	360
6:14:31	15	9	6:45:41	138	152	7:16:57	324	323	7:48:07	350	359
6:15:31	19	17	6:46:42	129	149	7:17:57	235	236	7:49:07	363	369
6:16:31	20	19	6:47:42	142	153	7:18:57	250	250	7:50:08	389	376
6:17:32	32	29	6:48:42	69	88	7:19:57	300	287	7:51:08	371	382
6:18:32	35	30	6:49:43	130	123	7:20:58	193	199	7:52:09	376	383
6:19:32	18	32	6:50:44	180	108	7:21:58	246	235	7:53:09	394	356
6:20:32	21	34	6:51:45	184	165	7:22:58	399	379	7:54:10	411	394
6:21:33	25	29	6:52:45	102	104	7:23:59	351	370	7:55:10	417	401
6:22:33	32	32	6:53:46	113	117	7:25:00	395	376	7:56:10	426	407
6:23:34	42	28	6:54:46	141	126	7:26:00	315	329	7:57:10	426	408
6:24:35	35	32	6:55:46	120	130	7:27:01	367	348	7:58:11	423	415
6:25:35	34	38	6:56:47	203	199	7:28:01	159	168	7:59:12	415	420
6:26:36	19	39	6:57:48	225	231	7:29:01	227	234	8:00:12	417	429
6:27:36	25	47	6:58:48	223	232	7:30:01	286	277	8:01:13	417	437
6:28:36	30	56	6:59:48	235	230	7:31:02	154	147	8:02:13	436	448
6:29:36	39	58	7:00:49	235	232	7:32:03	323	311	8:03:13	444	464
6:30:36	62	60	7:01:49	240	235	7:33:03	329	316	8:04:13	289	294

ANEXO M			Mediciones de radiación solar 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema						M - 2		
<u>Panel Fijo</u>											
RADIACIÓN SOLAR											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
8:05:14	494	485	8:36:27	400	196	9:07:38	194	204	9:38:54	1066	1048
8:06:15	404	397	8:37:28	443	424	9:08:38	246	226	9:39:55	262	271
8:07:15	490	498	8:38:29	423	422	9:09:38	298	303	9:40:55	234	246
8:08:16	158	365	8:39:29	683	685	9:10:39	412	652	9:41:56	699	716
8:09:16	146	151	8:40:30	228	246	9:11:40	318	314	9:42:57	1058	1066
8:10:16	119	113	8:41:31	297	308	9:12:41	249	261	9:43:57	1101	1095
8:11:16	104	119	8:42:32	244	251	9:13:41	907	887	9:44:57	604	594
8:12:16	138	125	8:43:32	337	349	9:14:41	765	752	9:45:58	354	337
8:13:17	160	146	8:44:32	328	335	9:15:42	783	789	9:46:59	323	337
8:14:18	142	150	8:45:32	305	287	9:16:42	799	813	9:47:59	310	283
8:15:19	244	227	8:46:32	395	273	9:17:43	815	797	9:49:00	531	546
8:16:19	489	472	8:47:32	713	696	9:18:44	749	649	9:50:01	928	913
8:17:20	165	180	8:48:33	301	296	9:19:44	794	795	9:51:01	1011	1031
8:18:21	170	176	8:49:33	220	238	9:20:45	808	794	9:52:01	1056	1053
8:19:21	193	183	8:50:34	229	229	9:21:46	802	794	9:53:01	950	794
8:20:22	189	191	8:51:34	230	223	9:22:47	829	809	9:54:01	640	659
8:21:22	197	196	8:52:34	500	488	9:23:47	829	815	9:55:02	1074	1064
8:22:22	197	196	8:53:35	227	239	9:24:48	823	835	9:56:02	1088	1082
8:23:23	183	199	8:54:35	252	249	9:25:48	850	858	9:57:02	1110	1107
8:24:23	187	205	8:55:35	226	242	9:26:48	914	913	9:58:02	510	504
8:25:23	231	224	8:56:35	226	235	9:27:49	930	946	9:59:03	838	838
8:26:24	247	229	8:57:36	245	259	9:28:49	602	587	10:00:04	1079	1091
8:27:24	220	233	8:58:36	574	571	9:29:49	974	974	10:01:04	745	892
8:28:25	221	223	8:59:36	622	847	9:30:50	1028	1014	10:02:04	676	675
8:29:25	226	224	9:00:36	417	412	9:31:50	433	451	10:03:04	1187	1194
8:30:25	228	276	9:01:37	346	339	9:32:51	312	285	10:04:05	406	399
8:31:25	296	314	9:02:37	880	888	9:33:51	303	306	10:05:06	648	335
8:32:25	300	307	9:03:37	555	573	9:34:52	512	760	10:06:06	1104	1110
8:33:26	265	285	9:04:37	844	834	9:35:53	276	295	10:07:06	1036	1055
8:34:27	263	257	9:05:37	236	252	9:36:53	800	1027	10:08:07	249	264
8:35:27	341	350	9:06:38	284	288	9:37:54	1038	1048	10:09:07	254	259

ANEXO M	Mediciones de radiación solar 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema	M - 3
----------------	--	--------------

Panel Fijo

RADIACIÓN SOLAR											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
10:10:08	272	265	10:41:20	332	349	11:12:30	1234	1245	11:43:42	399	401
10:11:09	264	283	10:42:20	360	366	11:13:30	431	444	11:44:42	425	412
10:12:09	286	292	10:43:21	408	427	11:14:30	410	394	11:45:43	459	446
10:13:09	328	324	10:44:22	390	370	11:15:30	375	388	11:46:44	487	476
10:14:10	557	540	10:45:22	345	353	11:16:31	414	399	11:47:45	723	715
10:15:10	693	696	10:46:23	316	333	11:17:32	480	463	11:48:45	713	698
10:16:10	932	501	10:47:23	328	324	11:18:32	492	484	11:49:45	426	417
10:17:10	1130	1127	10:48:23	310	322	11:19:32	488	489	11:50:46	364	383
10:18:11	506	514	10:49:23	349	332	11:20:33	564	573	11:51:47	383	376
10:19:12	464	464	10:50:23	371	365	11:21:33	418	402	11:52:47	396	380
10:20:12	412	406	10:51:23	379	359	11:22:33	1256	1253	11:53:47	388	406
10:21:13	370	355	10:52:23	339	353	11:23:33	1310	1297	11:54:48	514	523
10:22:13	317	318	10:53:24	324	343	11:24:34	1065	1056	11:55:49	389	407
10:23:13	327	322	10:54:24	335	338	11:25:34	843	701	11:56:50	384	389
10:24:13	359	350	10:55:25	333	339	11:26:35	403	416	11:57:50	386	381
10:25:14	422	414	10:56:26	330	349	11:27:35	411	416	11:58:50	380	392
10:26:14	473	459	10:57:26	352	350	11:28:36	478	486	11:59:51	391	407
10:27:14	390	399	10:58:26	364	344	11:29:37	847	854	12:00:51	670	668
10:28:15	399	387	10:59:26	354	346	11:30:37	491	485	12:01:51	1015	1015
10:29:16	412	407	11:00:26	383	364	11:31:37	452	455	12:02:51	1402	1417
10:30:16	349	354	11:01:26	386	377	11:32:38	412	410	12:03:52	1047	1053
10:31:16	348	337	11:02:27	407	390	11:33:38	455	444	12:04:53	638	638
10:32:17	346	329	11:03:27	398	415	11:34:38	395	381	12:05:53	702	711
10:33:17	367	348	11:04:27	390	397	11:35:38	397	378	12:06:53	495	500
10:34:18	906	911	11:05:28	428	426	11:36:39	390	393	12:07:53	450	462
10:35:18	406	396	11:06:29	485	540	11:37:39	809	812	12:08:54	535	552
10:36:18	383	365	11:07:29	426	430	11:38:39	437	425	12:09:55	932	914
10:37:19	341	348	11:08:29	539	524	11:39:40	391	392	12:10:56	466	486
10:38:19	446	439	11:09:29	975	969	11:40:40	394	395	12:11:56	397	417
10:39:19	828	836	11:10:29	1397	1393	11:41:41	385	382	12:12:57	395	393
10:40:20	443	451	11:11:30	1183	1174	11:42:41	376	392	12:13:58	401	389

ANEXO M	Mediciones de radiación solar 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema	M - 4
----------------	--	--------------

Panel Fijo

RADIACIÓN SOLAR											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
12:14:58	408	393	12:46:11	384	400	13:17:25	1193	1173	13:48:35	707	688
12:15:59	330	352	12:47:11	380	392	13:18:25	1208	1192	13:49:36	1081	1084
12:16:59	329	338	12:48:12	357	359	13:19:25	1239	1220	13:50:36	1090	1094
12:18:00	298	316	12:49:12	350	335	13:20:25	1160	1172	13:51:36	1124	1121
12:19:00	318	305	12:50:12	652	742	13:21:26	990	1008	13:52:36	795	806
12:20:00	290	298	12:51:12	373	393	13:22:27	1315	1313	13:53:36	1043	1048
12:21:01	307	311	12:52:13	1338	1321	13:23:27	1288	1299	13:54:37	1045	1048
12:22:01	329	309	12:53:14	1383	1379	13:24:27	1117	1102	13:55:38	1048	1065
12:23:01	286	303	12:54:14	927	942	13:25:28	1361	1367	13:56:39	1048	1064
12:24:02	422	301	12:55:14	502	420	13:26:28	425	564	13:57:39	1075	1062
12:25:02	422	423	12:56:14	1124	1114	13:27:28	342	332	13:58:40	1060	1057
12:26:03	274	283	12:57:15	992	1000	13:28:28	512	294	13:59:40	1101	1089
12:27:04	254	268	12:58:15	403	391	13:29:28	647	638	14:00:41	1108	1098
12:28:04	1141	1155	12:59:16	395	390	13:30:28	1178	1175	14:01:41	1152	1135
12:29:04	1211	1197	13:00:17	524	515	13:31:28	1190	1192	14:02:41	1207	1212
12:30:04	1239	1222	13:01:17	559	548	13:32:29	1196	1185	14:03:42	421	419
12:31:04	1229	1248	13:02:17	895	907	13:33:29	1218	1228	14:04:43	320	327
12:32:04	1275	1293	13:03:18	840	821	13:34:30	1235	1234	14:05:44	349	364
12:33:05	1401	1391	13:04:18	1207	1219	13:35:30	1195	1183	14:06:45	393	375
12:34:05	1523	1513	13:05:18	1205	1186	13:36:31	1260	1247	14:07:46	311	324
12:35:05	1549	1553	13:06:19	1199	1211	13:37:31	1237	1250	14:08:46	302	303
12:36:06	1528	1547	13:07:19	1177	1169	13:38:31	991	988	14:09:46	278	278
12:37:07	963	528	13:08:20	1164	1144	13:39:31	381	382	14:10:46	265	235
12:38:07	725	712	13:09:21	1129	1132	13:40:32	1191	1181	14:11:46	204	213
12:39:08	509	514	13:10:21	1131	1131	13:41:32	1051	1041	14:12:47	217	201
12:40:09	435	446	13:11:22	1120	1135	13:42:33	1173	1161	14:13:48	209	198
12:41:09	927	944	13:12:23	1140	1139	13:43:33	772	773	14:14:48	216	218
12:42:10	844	863	13:13:23	1139	1142	13:44:34	302	299	14:15:48	327	319
12:43:10	394	391	13:14:23	1129	1138	13:45:34	451	449	14:16:48	231	251
12:44:11	362	371	13:15:24	1148	1148	13:46:34	459	462	14:17:49	206	224
12:45:11	360	377	13:16:24	1158	1157	13:47:35	1071	1080	14:18:50	300	218

ANEXO M			Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema						M - 5		
<u>Panel Fijo</u>											
RADIACIÓN SOLAR											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
14:19:51	375	356	14:51:03	275	258	15:22:15	523	719	15:53:24	531	512
14:20:51	307	303	14:52:03	271	278	15:23:15	341	328	15:54:24	501	500
14:21:52	303	284	14:53:04	262	269	15:24:15	290	291	15:55:25	489	489
14:22:52	392	397	14:54:04	282	269	15:25:15	279	259	15:56:26	481	501
14:23:52	322	327	14:55:05	286	270	15:26:16	254	237	15:57:26	502	506
14:24:52	456	447	14:56:05	260	255	15:27:16	221	225	15:58:26	511	501
14:25:52	976	991	14:57:06	250	248	15:28:16	220	212	15:59:27	490	495
14:26:53	989	994	14:58:06	248	229	15:29:16	209	203	16:00:27	469	479
14:27:54	1006	997	14:59:07	287	295	15:30:16	200	183	16:01:27	450	464
14:28:54	950	945	15:00:07	220	212	15:31:17	208	200	16:02:27	446	460
14:29:54	973	979	15:01:07	221	208	15:32:18	541	550	16:03:27	452	462
14:30:54	958	964	15:02:07	215	205	15:33:18	477	457	16:04:27	459	449
14:31:55	945	963	15:03:08	200	201	15:34:18	614	632	16:05:28	444	453
14:32:55	442	453	15:04:09	198	193	15:35:18	491	484	16:06:28	439	451
14:33:55	436	379	15:05:10	186	195	15:36:18	591	604	16:07:28	349	354
14:34:55	448	455	15:06:11	199	195	15:37:19	601	603	16:08:28	201	154
14:35:55	256	271	15:07:12	208	200	15:38:19	595	615	16:09:28	139	130
14:36:55	276	267	15:08:12	225	213	15:39:19	366	352	16:10:29	125	143
14:37:56	272	283	15:09:12	241	242	15:40:20	243	255	16:11:30	191	191
14:38:56	333	338	15:10:12	315	302	15:41:20	573	587	16:12:30	158	166
14:39:57	757	760	15:11:12	525	507	15:42:20	510	528	16:13:31	250	267
14:40:57	620	626	15:12:13	802	808	15:43:20	478	129	16:14:32	373	387
14:41:58	672	653	15:13:13	792	798	15:44:20	153	157	16:15:32	365	359
14:42:59	926	926	15:14:13	802	805	15:45:20	489	502	16:16:32	421	417
14:44:00	883	881	15:15:13	798	793	15:46:21	428	428	16:17:32	396	411
14:45:00	884	874	15:16:14	785	791	15:47:22	509	490	16:18:32	415	409
14:46:00	867	855	15:17:14	807	790	15:48:22	481	476	16:19:32	389	408
14:47:00	863	845	15:18:14	782	792	15:49:23	463	482	16:20:33	432	416
14:48:01	877	862	15:19:14	793	785	15:50:24	486	492	16:21:33	404	402
14:49:02	788	801	15:20:14	811	815	15:51:24	491	495	16:22:34	379	387
14:50:02	586	272	15:21:15	834	819	15:52:24	488	508	16:23:35	379	380

ANEXO M			Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema						M - 6		
<u>Panel Fijo</u>											
RADIACIÓN SOLAR											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
16:24:36	367	375	16:55:48	260	258	17:26:59	35	41	17:58:13	8	5
16:25:36	369	370	16:56:48	267	247	17:28:00	33	37	17:59:13	7	7
16:26:36	366	364	16:57:48	243	237	17:29:00	35	36	18:00:14	2	10
16:27:36	345	358	16:58:49	231	233	17:30:01	34	37			
16:28:36	359	360	16:59:49	229	225	17:31:01	31	36			
16:29:36	371	357	17:00:50	228	222	17:32:02	29	32			
16:30:37	375	356	17:01:50	227	218	17:33:02	29	29			
16:31:38	367	357	17:02:50	215	209	17:34:03	28	28			
16:32:38	345	343	17:03:50	212	200	17:35:03	28	32			
16:33:39	313	333	17:04:51	189	187	17:36:03	27	36			
16:34:39	325	336	17:05:51	167	163	17:37:03	26	31			
16:35:39	330	333	17:06:51	152	151	17:38:04	24	30			
16:36:39	316	328	17:07:52	200	160	17:39:04	24	25			
16:37:39	332	322	17:08:53	153	156	17:40:05	24	26			
16:38:39	330	321	17:09:53	140	143	17:41:06	18	19			
16:39:40	302	313	17:10:53	135	111	17:42:06	21	21			
16:40:40	290	310	17:11:53	120	86	17:43:06	17	18			
16:41:40	292	310	17:12:53	132	75	17:44:06	14	14			
16:42:41	309	309	17:13:54	132	72	17:45:06	20	21			
16:43:41	296	312	17:14:54	110	74	17:46:06	20	24			
16:44:42	306	312	17:15:55	95	74	17:47:07	15	16			
16:45:42	326	307	17:16:55	97	68	17:48:08	18	19			
16:46:42	291	273	17:17:56	85	59	17:49:08	19	20			
16:47:42	255	250	17:18:56	84	56	17:50:09	13	16			
16:48:43	277	268	17:19:56	72	50	17:51:10	13	13			
16:49:44	262	265	17:20:56	76	46	17:52:11	13	14			
16:50:45	270	264	17:21:56	71	42	17:53:11	12	11			
16:51:45	201	259	17:22:57	49	42	17:54:11	12	8			
16:52:46	190	183	17:23:57	34	35	17:55:12	12	6			
16:53:46	224	223	17:24:57	35	42	17:56:12	10	11			
16:54:47	275	263	17:25:58	37	52	17:57:13	9	10			

ANEXO M			Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema						M - 7		
<u>Panel Móvil</u>											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
6:00:24	5	4	6:28:36	97	88	6:56:47	547	335	7:25:00	856	844
6:01:25	7	5	6:29:36	103	97	6:57:48	698	673	7:26:00	710	696
6:02:25	6	5	6:30:36	133	121	6:58:48	709	683	7:27:01	825	845
6:03:26	7	6	6:31:36	180	160	6:59:48	690	675	7:28:01	288	301
6:04:27	4	5	6:32:37	143	161	7:00:49	673	688	7:29:01	513	506
6:05:27	9	8	6:33:38	131	148	7:01:49	668	688	7:30:01	696	686
6:06:27	7	8	6:34:38	235	211	7:02:50	653	673	7:31:02	312	298
6:07:27	9	8	6:35:38	429	434	7:03:50	688	698	7:32:03	768	764
6:08:28	7	9	6:36:39	481	483	7:04:50	705	687	7:33:03	807	847
6:09:28	9	9	6:37:39	494	507	7:05:50	715	694	7:34:04	815	822
6:10:29	10	11	6:38:39	496	499	7:06:51	719	698	7:35:04	813	808
6:11:30	11	12	6:39:39	520	504	7:07:51	705	696	7:36:04	819	835
6:12:30	12	13	6:40:39	534	548	7:08:52	707	685	7:37:04	832	836
6:13:31	12	14	6:41:39	534	524	7:09:52	716	729	7:38:04	833	820
6:14:31	13	16	6:42:40	549	565	7:10:53	723	721	7:39:05	849	828
6:15:31	14	17	6:43:40	248	259	7:11:53	723	735	7:40:06	860	838
6:16:31	23	22	6:44:41	180	223	7:12:54	737	739	7:41:06	873	851
6:17:32	30	29	6:45:41	541	540	7:13:55	775	778	7:42:06	881	854
6:18:32	34	32	6:46:42	562	556	7:14:55	798	787	7:43:07	887	870
6:19:32	37	38	6:47:42	550	545	7:15:56	764	745	7:44:07	889	865
6:20:32	37	38	6:48:42	180	189	7:16:57	683	661	7:45:07	892	876
6:21:33	42	39	6:49:43	360	355	7:17:57	367	390	7:46:07	896	890
6:22:33	45	43	6:50:44	253	244	7:18:57	447	433	7:47:07	892	888
6:23:34	45	42	6:51:45	537	523	7:19:57	555	552	7:48:07	897	913
6:24:35	61	58	6:52:45	181	160	7:20:58	276	285	7:49:07	903	888
6:25:35	131	129	6:53:46	186	168	7:21:58	402	411	7:50:08	913	906
6:26:36	79	75	6:54:46	200	219	7:22:58	847	836	7:51:08	924	910
6:27:36	72	67	6:55:46	240	229	7:23:59	812	799	7:52:09	932	946

ANEXO M			Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema						M - 8		
<u>Panel Móvil</u>											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
7:53:09	849	877	8:21:22	227	255	8:49:33	285	254	9:17:43	1114	1112
7:54:10	935	951	8:22:22	224	244	8:50:34	271	234	9:18:44	875	868
7:55:10	947	943	8:23:23	231	250	8:51:34	258	278	9:19:44	1115	1129
7:56:10	954	969	8:24:23	231	235	8:52:34	658	662	9:20:45	1117	1127
7:57:10	954	943	8:25:23	273	243	8:53:35	281	297	9:21:46	1125	1123
7:58:11	962	970	8:26:24	266	282	8:54:35	284	295	9:22:47	1143	1156
7:59:12	970	951	8:27:24	264	268	8:55:35	270	294	9:23:47	1156	1136
8:00:12	954	940	8:28:25	256	262	8:56:35	265	283	9:24:48	1176	1189
8:01:13	951	964	8:29:25	260	231	8:57:36	297	312	9:25:48	1209	1217
8:02:13	969	955	8:30:25	350	369	8:58:36	731	745	9:26:48	1282	1286
8:03:13	1007	1023	8:31:25	410	417	8:59:36	1206	1197	9:27:49	1330	1348
8:04:13	573	585	8:32:25	378	391	9:00:36	578	585	9:28:49	798	789
8:05:14	1013	1009	8:33:26	354	335	9:01:37	431	417	9:29:49	1310	1289
8:06:15	804	808	8:34:27	322	306	9:02:37	1251	1228	9:30:50	1336	1278
8:07:15	1032	1035	8:35:27	498	471	9:03:37	789	803	9:31:50	563	551
8:08:16	749	733	8:36:27	258	261	9:04:37	1195	1180	9:32:51	344	361
8:09:16	259	244	8:37:28	612	620	9:05:37	331	316	9:33:51	370	351
8:10:16	173	196	8:38:29	659	671	9:06:38	398	375	9:34:52	972	955
8:11:16	172	184	8:39:29	1121	1138	9:07:38	269	244	9:35:53	346	365
8:12:16	182	199	8:40:30	317	298	9:08:38	297	276	9:36:53	1283	1271
8:13:17	204	210	8:41:31	401	414	9:09:38	396	367	9:37:54	1321	1319
8:14:18	206	215	8:42:32	318	328	9:10:39	897	875	9:38:54	1327	1321
8:15:19	326	328	8:43:32	451	421	9:11:40	415	427	9:39:55	311	298
8:16:19	826	840	8:44:32	432	387	9:12:41	331	340	9:40:55	277	257
8:17:20	238	253	8:45:32	351	332	9:13:41	1224	1208	9:41:56	831	815
8:18:21	223	226	8:46:32	330	318	9:14:41	1068	1080	9:42:57	1310	1329
8:19:21	230	256	8:47:32	926	938	9:15:42	1036	1017	9:43:57	1342	1343
8:20:22	233	250	8:48:33	388	369	9:16:42	1127	1124	9:44:57	704	714

ANEXO M			Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema						M - 9		
<u>Panel Móvil</u>											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
9:45:58	401	393	10:14:10	635	629	10:42:20	368	384	11:10:29	1454	1458
9:46:59	394	371	10:15:10	776	785	10:43:21	455	366	11:11:30	1214	1220
9:47:59	322	340	10:16:10	558	559	10:44:22	364	353	11:12:30	1292	1265
9:49:00	633	620	10:17:10	1314	1298	10:45:22	352	335	11:13:30	455	465
9:50:01	1143	1150	10:18:11	560	578	10:46:23	334	314	11:14:30	403	412
9:51:01	1263	1258	10:19:12	491	481	10:47:23	319	297	11:15:30	397	383
9:52:01	1316	1328	10:20:12	429	447	10:48:23	320	301	11:16:31	403	395
9:53:01	1032	1023	10:21:13	362	364	10:49:23	330	310	11:17:32	469	459
9:54:01	838	833	10:22:13	329	315	10:50:23	364	365	11:18:32	520	538
9:55:02	1330	1331	10:23:13	332	313	10:51:23	349	361	11:19:32	502	512
9:56:02	1360	1365	10:24:13	370	353	10:52:23	347	359	11:20:33	582	566
9:57:02	1383	1397	10:25:14	436	418	10:53:24	338	351	11:21:33	407	998
9:58:02	647	945	10:26:14	489	500	10:54:24	331	316	11:22:33	1289	1284
9:59:03	1120	1136	10:27:14	415	398	10:55:25	335	321	11:23:33	1366	1363
10:00:04	1349	1360	10:28:15	397	393	10:56:26	345	356	11:24:34	1022	1033
10:01:04	1033	1035	10:29:16	422	401	10:57:26	338	344	11:25:34	691	711
10:02:04	781	794	10:30:16	357	345	10:58:26	337	348	11:26:35	426	441
10:03:04	1422	1420	10:31:16	341	325	10:59:26	340	344	11:27:35	422	435
10:04:05	489	496	10:32:17	338	356	11:00:26	361	340	11:28:36	491	511
10:05:06	385	395	10:33:17	355	336	11:01:26	381	345	11:29:37	844	856
10:06:06	1272	1274	10:34:18	984	978	11:02:27	389	367	11:30:37	484	502
10:07:06	1198	1182	10:35:18	407	408	11:03:27	413	391	11:31:37	455	451
10:08:07	307	898	10:36:18	372	358	11:04:27	399	381	11:32:38	410	434
10:09:07	302	287	10:37:19	358	377	11:05:28	426	406	11:33:38	441	442
10:10:08	302	288	10:38:19	444	442	11:06:29	567	584	11:34:38	379	364
10:11:09	324	299	10:39:19	914	929	11:07:29	427	415	11:35:38	371	361
10:12:09	330	321	10:40:20	462	470	11:08:29	522	532	11:36:39	393	376
10:13:09	363	381	10:41:20	351	352	11:09:29	1034	1023	11:37:39	824	844

ANEXO M			Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema						M - 10		
<u>Panel Móvil</u>											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
11:38:39	423	424	12:06:53	494	506	12:35:05	1571	1565	13:03:18	908	1103
11:39:40	389	361	12:07:53	469	454	12:36:06	1606	1583	13:04:18	1286	1274
11:40:40	392	359	12:08:54	552	553	12:37:07	523	505	13:05:18	1264	1246
11:41:41	381	361	12:09:55	921	909	12:38:07	680	687	13:06:19	1285	1266
11:42:41	396	367	12:10:56	486	504	12:39:08	511	519	13:07:19	1237	1247
11:43:42	401	387	12:11:56	420	439	12:40:09	449	444	13:08:20	1209	1193
11:44:42	416	378	12:12:57	392	408	12:41:09	978	959	13:09:21	1199	1196
11:45:43	447	423	12:13:58	392	365	12:42:10	867	847	13:10:21	1196	1209
11:46:44	474	455	12:14:58	396	370	12:43:10	393	376	13:11:22	1202	1215
11:47:45	720	713	12:15:59	355	344	12:44:11	377	384	13:12:23	1202	1214
11:48:45	682	687	12:16:59	336	343	12:45:11	377	328	13:13:23	1202	1219
11:49:45	412	409	12:18:00	319	312	12:46:11	399	345	13:14:23	1200	1227
11:50:46	376	368	12:19:00	308	298	12:47:11	396	356	13:15:24	1210	1235
11:51:47	365	376	12:20:00	307	326	12:48:12	362	334	13:16:24	1230	1258
11:52:47	375	365	12:21:01	312	317	12:49:12	340	345	13:17:25	1250	1230
11:53:47	401	415	12:22:01	311	302	12:50:12	734	722	13:18:25	1268	1278
11:54:48	572	580	12:23:01	303	291	12:51:12	394	413	13:19:25	1302	1287
11:55:49	398	381	12:24:02	304	291	12:52:13	1359	1373	13:20:25	1230	1208
11:56:50	384	368	12:25:02	426	280	12:53:14	1417	1428	13:21:26	1157	1141
11:57:50	374	366	12:26:03	282	272	12:54:14	937	938	13:22:27	1423	1419
11:58:50	387	369	12:27:04	265	250	12:55:14	422	424	13:23:27	1419	1413
11:59:51	405	415	12:28:04	1176	1177	12:56:14	1158	1160	13:24:27	1212	1192
12:00:51	671	691	12:29:04	1215	1205	12:57:15	884	903	13:25:28	1486	1480
12:01:51	1064	1058	12:30:04	1237	1249	12:58:15	394	402	13:26:28	559	561
12:02:51	1399	1345	12:31:04	1275	1295	12:59:16	397	381	13:27:28	351	333
12:03:52	1030	1011	12:32:04	1321	1303	13:00:17	536	544	13:28:28	310	295
12:04:53	639	655	12:33:05	1414	1432	13:01:17	578	767	13:29:28	646	635
12:05:53	736	581	12:34:05	1540	1555	13:02:17	949	1078	13:30:28	1327	1346

ANEXO M			Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema						M - 11		
<u>Panel Móvil</u>											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
13:31:28	1349	1333	13:59:40	1229	1238	14:27:54	1238	1230	14:56:05	300	320
13:32:29	1340	1333	14:00:41	1249	1235	14:28:54	1205	1217	14:57:06	284	301
13:33:29	1372	1374	14:01:41	1302	1317	14:29:54	1216	1230	14:58:06	268	249
13:34:30	1380	1382	14:02:41	1396	1234	14:30:54	1245	1227	14:59:07	352	309
13:35:30	1320	1306	14:03:42	479	475	14:31:55	1252	1233	15:00:07	237	219
13:36:31	1431	1437	14:04:43	357	374	14:32:55	586	678	15:01:07	237	217
13:37:31	1449	1461	14:05:44	392	365	14:33:55	471	379	15:02:07	239	221
13:38:31	1094	1085	14:06:45	413	357	14:34:55	548	345	15:03:08	232	246
13:39:31	413	401	14:07:46	357	343	14:35:55	318	299	15:04:09	224	226
13:40:32	1358	1371	14:08:46	335	324	14:36:55	304	285	15:05:10	222	228
13:41:32	1201	1205	14:09:46	307	317	14:37:56	328	344	15:06:11	229	238
13:42:33	1328	1336	14:10:46	265	270	14:38:56	394	398	15:07:12	229	211
13:43:33	940	958	14:11:46	234	225	14:39:57	1016	1003	15:08:12	246	248
13:44:34	330	356	14:12:47	221	211	14:40:57	756	1035	15:09:12	282	261
13:45:34	483	465	14:13:48	220	237	14:41:58	753	1042	15:10:12	353	364
13:46:34	482	467	14:14:48	246	227	14:42:59	1230	1210	15:11:12	660	678
13:47:35	1196	1178	14:15:48	371	350	14:44:00	1198	1239	15:12:13	1124	1108
13:48:35	808	818	14:16:48	293	301	14:45:00	1204	1243	15:13:13	1137	1137
13:49:36	1207	1214	14:17:49	257	260	14:46:00	1200	1258	15:14:13	1152	1146
13:50:36	1220	1231	14:18:50	251	266	14:47:00	1201	1223	15:15:13	1155	1158
13:51:36	1275	1261	14:19:51	405	416	14:48:01	1220	1202	15:16:14	1145	1164
13:52:36	773	780	14:20:51	386	392	14:49:02	1126	1167	15:17:14	1158	1139
13:53:36	1175	1160	14:21:52	327	313	14:50:02	342	353	15:18:14	1161	1151
13:54:37	1176	1287	14:22:52	478	488	14:51:03	309	287	15:19:14	1177	1180
13:55:38	1191	1208	14:23:52	375	358	14:52:03	321	331	15:20:14	1201	1120
13:56:39	1193	1205	14:24:52	502	521	14:53:04	311	290	15:21:15	1220	1021
13:57:39	1187	1234	14:25:52	1215	1220	14:54:04	303	305	15:22:15	1051	876
13:58:40	1187	1245	14:26:53	1228	1232	14:55:05	310	323	15:23:15	439	424

ANEXO M			Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema						M - 12		
<u>Panel Móvil</u>											
HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
15:24:15	373	316	15:52:24	916	879	16:20:33	918	851	16:48:43	782	777
15:25:15	328	266	15:53:24	927	868	16:21:33	898	849	16:49:44	781	769
15:26:16	298	256	15:54:24	908	883	16:22:34	877	814	16:50:45	787	801
15:27:16	291	245	15:55:25	892	878	16:23:35	856	831	16:51:45	761	744
15:28:16	268	239	15:56:26	929	949	16:24:36	847	811	16:52:46	484	555
15:29:16	263	252	15:57:26	940	959	16:25:36	843	828	16:53:46	620	600
15:30:16	254	234	15:58:26	934	946	16:26:36	837	804	16:54:47	786	769
15:31:17	279	256	15:59:27	925	906	16:27:36	838	802	16:55:48	778	768
15:32:18	860	872	16:00:27	956	969	16:28:36	843	833	16:56:48	763	753
15:33:18	721	730	16:01:27	939	946	16:29:36	851	881	16:57:48	742	755
15:34:18	1032	1015	16:02:27	927	929	16:30:37	876	878	16:58:49	730	727
15:35:18	778	797	16:03:27	927	919	16:31:38	873	864	16:59:49	722	707
15:36:18	1037	1044	16:04:27	919	921	16:32:38	864	850	17:00:50	757	753
15:37:19	1047	1061	16:05:28	909	678	16:33:39	838	826	17:01:50	746	739
15:38:19	1077	1067	16:06:28	928	435	16:34:39	845	864	17:02:50	742	745
15:39:19	615	627	16:07:28	702	347	16:35:39	837	825	17:03:50	736	601
15:40:20	416	431	16:08:28	252	223	16:36:39	830	815	17:04:51	673	569
15:41:20	1023	1031	16:09:28	204	217	16:37:39	843	859	17:05:51	581	556
15:42:20	908	909	16:10:29	213	195	16:38:39	836	854	17:06:51	530	540
15:43:20	210	200	16:11:30	316	210	16:39:40	832	819	17:07:52	546	521
15:44:20	256	273	16:12:30	297	201	16:40:40	830	834	17:08:53	558	511
15:45:20	851	861	16:13:31	506	521	16:41:40	826	832	17:09:53	491	508
15:46:21	770	767	16:14:32	777	794	16:42:41	830	810	17:10:53	306	223
15:47:22	873	865	16:15:32	755	768	16:43:41	844	834	17:11:53	159	123
15:48:22	859	845	16:16:32	876	888	16:44:42	850	846	17:12:53	124	114
15:49:23	868	860	16:17:32	880	871	16:45:42	844	830	17:13:54	121	114
15:50:24	879	852	16:18:32	893	884	16:46:42	759	774	17:14:54	134	112
15:51:24	895	850	16:19:32	902	913	16:47:42	691	708	17:15:55	131	112

ANEXO M	Mediciones de radiación solar del 03 de Octubre del 2012, tomadas con el solarímetro y con el sistema	M - 13
----------------	--	---------------

Panel Móvil

HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA	HORA	SOLARÍMETRO	SISTEMA
17:16:55	122	88	17:28:00	48	54	17:39:04	32	47	17:50:09	12	31
17:17:56	113	80	17:29:00	47	65	17:40:05	29	48	17:51:10	12	32
17:18:56	95	79	17:30:01	42	58	17:41:06	25	40	17:52:11	12	30
17:19:56	76	77	17:31:01	39	44	17:42:06	20	44	17:53:11	9	29
17:20:56	68	78	17:32:02	37	24	17:43:06	25	41	17:54:11	12	31
17:21:56	66	77	17:33:02	36	42	17:44:06	18	43	17:55:12	10	25
17:22:57	62	75	17:34:03	38	51	17:45:06	24	39	17:56:12	8	17
17:23:57	55	69	17:35:03	40	52	17:46:06	19	13	17:57:13	8	14
17:24:57	51	67	17:36:03	37	51	17:47:07	18	32	17:58:13	10	13
17:25:58	52	54	17:37:03	37	50	17:48:08	18	14	17:59:13	9	12
17:26:59	52	34	17:38:04	34	49	17:49:08	20	29	18:00:14	4	12

ANEXO N	Error relativo para las mediciones realizadas el día 03 de Octubre	N - 1
----------------	---	--------------

Panel Fijo

Error									
HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %
6:00:24	-100.0	6:36:39	-5.1	7:12:54	12.0	7:49:07	1.7	8:25:23	-3.0
6:01:25	-20.0	6:37:39	-14.2	7:13:55	-0.4	7:50:08	-3.3	8:26:24	-7.3
6:02:25	0.0	6:38:39	-8.7	7:14:55	-2.2	7:51:08	3.0	8:27:24	5.9
6:03:26	-40.0	6:39:39	-8.5	7:15:56	3.5	7:52:09	1.9	8:28:25	0.9
6:04:27	-33.3	6:40:39	-9.3	7:16:57	-0.3	7:53:09	-9.6	8:29:25	-0.9
6:05:27	-33.3	6:41:39	-5.8	7:17:57	0.4	7:54:10	-4.1	8:30:25	21.1
6:06:27	-22.2	6:42:40	-9.7	7:18:57	0.0	7:55:10	-3.8	8:31:25	6.1
6:07:27	-40.0	6:43:40	-2.0	7:19:57	-4.3	7:56:10	-4.5	8:32:25	2.3
6:08:28	-20.0	6:44:41	-4.0	7:20:58	3.1	7:57:10	-4.2	8:33:26	7.5
6:09:28	-54.5	6:45:41	10.1	7:21:58	-4.5	7:58:11	-1.9	8:34:27	-2.3
6:10:29	-25.0	6:46:42	15.5	7:22:58	-5.0	7:59:12	1.2	8:35:27	2.6
6:11:30	-53.8	6:47:42	7.7	7:23:59	5.4	8:00:12	2.9	8:36:27	-51.0
6:12:30	-38.5	6:48:42	27.5	7:25:00	-4.8	8:01:13	4.8	8:37:28	-4.3
6:13:31	-40.0	6:49:43	-5.4	7:26:00	4.4	8:02:13	2.8	8:38:29	-0.2
6:14:31	-40.0	6:50:44	-40.0	7:27:01	-5.2	8:03:13	4.5	8:39:29	0.3
6:15:31	-10.5	6:51:45	-10.3	7:28:01	5.7	8:04:13	1.7	8:40:30	7.9
6:16:31	-5.0	6:52:45	2.0	7:29:01	3.1	8:05:14	-1.8	8:41:31	3.7
6:17:32	-9.4	6:53:46	3.5	7:30:01	-3.1	8:06:15	-1.7	8:42:32	2.9
6:18:32	-14.3	6:54:46	-10.6	7:31:02	-4.5	8:07:15	1.6	8:43:32	3.6
6:19:32	77.8	6:55:46	8.3	7:32:03	-3.7	8:08:16	131.0	8:44:32	2.1
6:20:32	61.9	6:56:47	-2.0	7:33:03	-4.0	8:09:16	3.4	8:45:32	-5.9
6:21:33	16.0	6:57:48	2.7	7:34:04	3.9	8:10:16	-5.0	8:46:32	-30.9
6:22:33	0.0	6:58:48	4.0	7:35:04	-5.0	8:11:16	14.4	8:47:32	-2.4
6:23:34	-33.3	6:59:48	-2.1	7:36:04	-1.6	8:12:16	-9.4	8:48:33	-1.7
6:24:35	-8.6	7:00:49	-1.3	7:37:04	-5.6	8:13:17	-8.8	8:49:33	8.2
6:25:35	11.8	7:01:49	-2.1	7:38:04	2.2	8:14:18	5.6	8:50:34	0.0
6:26:36	105.3	7:02:50	5.9	7:39:05	0.9	8:15:19	-7.0	8:51:34	-3.0
6:27:36	88.0	7:03:50	4.8	7:40:06	0.0	8:16:19	-3.5	8:52:34	-2.4
6:28:36	86.7	7:04:50	-5.4	7:41:06	1.4	8:17:20	9.1	8:53:35	5.3
6:29:36	48.7	7:05:50	4.3	7:42:06	0.0	8:18:21	3.5	8:54:35	-1.2
6:30:36	-3.2	7:06:51	5.2	7:43:07	-2.2	8:19:21	-5.2	8:55:35	7.1
6:31:36	25.0	7:07:51	-4.0	7:44:07	-0.6	8:20:22	1.1	8:56:35	4.0
6:32:37	3.1	7:08:52	3.1	7:45:07	1.7	8:21:22	-0.5	8:57:36	5.7
6:33:38	7.6	7:09:52	-4.4	7:46:07	0.6	8:22:22	-0.5	8:58:36	-0.5
6:34:38	6.7	7:10:53	-5.1	7:47:07	2.6	8:23:23	8.7	8:59:36	36.2
6:35:38	8.3	7:11:53	7.1	7:48:07	2.6	8:24:23	9.6	9:00:36	-1.2

ANEXO N	Error relativo para las mediciones realizadas el día 03 de Octubre	N - 2
----------------	---	--------------

Panel Fijo

Error									
HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %
9:01:37	-2.0	9:37:54	1.0	10:14:10	-3.1	10:50:23	-1.6	11:26:35	3.2
9:02:37	0.9	9:38:54	-1.7	10:15:10	0.4	10:51:23	-5.3	11:27:35	1.2
9:03:37	3.2	9:39:55	3.4	10:16:10	-46.2	10:52:23	4.1	11:28:36	1.7
9:04:37	-1.2	9:40:55	5.1	10:17:10	-0.3	10:53:24	5.9	11:29:37	0.8
9:05:37	6.8	9:41:56	2.4	10:18:11	1.6	10:54:24	0.9	11:30:37	-1.2
9:06:38	1.4	9:42:57	0.8	10:19:12	0.0	10:55:25	1.8	11:31:37	0.7
9:07:38	5.2	9:43:57	-0.5	10:20:12	-1.5	10:56:26	5.8	11:32:38	-0.5
9:08:38	-8.1	9:44:57	-1.7	10:21:13	-4.1	10:57:26	-0.6	11:33:38	-2.4
9:09:38	1.7	9:45:58	-4.8	10:22:13	0.3	10:58:26	-5.5	11:34:38	-3.5
9:10:39	58.3	9:46:59	4.3	10:23:13	-1.5	10:59:26	-2.3	11:35:38	-4.8
9:11:40	-1.3	9:47:59	-8.7	10:24:13	-2.5	11:00:26	-5.0	11:36:39	0.8
9:12:41	4.8	9:49:00	2.8	10:25:14	-1.9	11:01:26	-2.3	11:37:39	0.4
9:13:41	-2.2	9:50:01	-1.6	10:26:14	-3.0	11:02:27	-4.2	11:38:39	-2.7
9:14:41	-1.7	9:51:01	2.0	10:27:14	2.3	11:03:27	4.3	11:39:40	0.3
9:15:42	0.8	9:52:01	-0.3	10:28:15	-3.0	11:04:27	1.8	11:40:40	0.3
9:16:42	1.8	9:53:01	-16.4	10:29:16	-1.2	11:05:28	-0.5	11:41:41	-0.8
9:17:43	-2.2	9:54:01	3.0	10:30:16	1.4	11:06:29	11.3	11:42:41	4.3
9:18:44	-13.4	9:55:02	-0.9	10:31:16	-3.2	11:07:29	0.9	11:43:42	0.5
9:19:44	0.1	9:56:02	-0.6	10:32:17	-4.9	11:08:29	-2.8	11:44:42	-3.1
9:20:45	-1.7	9:57:02	-0.3	10:33:17	-5.2	11:09:29	-0.6	11:45:43	-2.8
9:21:46	-1.0	9:58:02	-1.2	10:34:18	0.6	11:10:29	-0.3	11:46:44	-2.3
9:22:47	-2.4	9:59:03	0.0	10:35:18	-2.5	11:11:30	-0.8	11:47:45	-1.1
9:23:47	-1.7	10:00:04	1.1	10:36:18	-4.7	11:12:30	0.9	11:48:45	-2.1
9:24:48	1.5	10:01:04	19.7	10:37:19	2.1	11:13:30	3.0	11:49:45	-2.1
9:25:48	0.9	10:02:04	-0.1	10:38:19	-1.6	11:14:30	-3.9	11:50:46	5.2
9:26:48	-0.1	10:03:04	0.6	10:39:19	1.0	11:15:30	3.5	11:51:47	-1.8
9:27:49	1.7	10:04:05	-1.7	10:40:20	1.8	11:16:31	-3.6	11:52:47	-4.0
9:28:49	-2.5	10:05:06	-48.3	10:41:20	5.1	11:17:32	-3.5	11:53:47	4.6
9:29:49	0.0	10:06:06	0.5	10:42:20	1.7	11:18:32	-1.6	11:54:48	1.8
9:30:50	-1.4	10:07:06	1.8	10:43:21	4.7	11:19:32	0.2	11:55:49	4.6
9:31:50	4.2	10:08:07	6.0	10:44:22	-5.1	11:20:33	1.6	11:56:50	1.3
9:32:51	-8.7	10:09:07	2.0	10:45:22	2.3	11:21:33	-3.8	11:57:50	-1.3
9:33:51	1.0	10:10:08	-2.6	10:46:23	5.4	11:22:33	-0.2	11:58:50	3.2
9:34:52	48.4	10:11:09	7.2	10:47:23	-1.2	11:23:33	-1.0	11:59:51	4.1
9:35:53	6.9	10:12:09	2.1	10:48:23	3.9	11:24:34	-0.8	12:00:51	-0.3
9:36:53	28.4	10:13:09	-1.2	10:49:23	-4.9	11:25:34	-16.8	12:01:51	0.0

ANEXO N**Error relativo para las
mediciones realizadas el día 03 de
Octubre****N - 3****Panel Fijo**

Error									
HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %
12:02:51	1.1	12:39:08	1.0	13:15:24	0.0	13:51:36	-0.3	14:27:54	-0.9
12:03:52	0.6	12:40:09	2.5	13:16:24	-0.1	13:52:36	1.4	14:28:54	-0.5
12:04:53	0.0	12:41:09	1.8	13:17:25	-1.7	13:53:36	0.5	14:29:54	0.6
12:05:53	1.3	12:42:10	2.3	13:18:25	-1.3	13:54:37	0.3	14:30:54	0.6
12:06:53	1.0	12:43:10	-0.8	13:19:25	-1.5	13:55:38	1.6	14:31:55	1.9
12:07:53	2.7	12:44:11	2.5	13:20:25	1.0	13:56:39	1.5	14:32:55	2.5
12:08:54	3.2	12:45:11	4.7	13:21:26	1.8	13:57:39	-1.2	14:33:55	-13.1
12:09:55	-1.9	12:46:11	4.2	13:22:27	-0.2	13:58:40	-0.3	14:34:55	1.6
12:10:56	4.3	12:47:11	3.2	13:23:27	0.9	13:59:40	-1.1	14:35:55	5.9
12:11:56	5.0	12:48:12	0.6	13:24:27	-1.3	14:00:41	-0.9	14:36:55	-3.3
12:12:57	-0.5	12:49:12	-4.3	13:25:28	0.4	14:01:41	-1.5	14:37:56	4.0
12:13:58	-3.0	12:50:12	13.8	13:26:28	32.7	14:02:41	0.4	14:38:56	1.5
12:14:58	-3.7	12:51:12	5.4	13:27:28	-2.9	14:03:42	-0.5	14:39:57	0.4
12:15:59	6.7	12:52:13	-1.3	13:28:28	-42.6	14:04:43	2.2	14:40:57	1.0
12:16:59	2.7	12:53:14	-0.3	13:29:28	-1.4	14:05:44	4.3	14:41:58	-2.8
12:18:00	6.0	12:54:14	1.6	13:30:28	-0.3	14:06:45	-4.6	14:42:59	0.0
12:19:00	-4.1	12:55:14	-16.3	13:31:28	0.2	14:07:46	4.2	14:44:00	-0.2
12:20:00	2.8	12:56:14	-0.9	13:32:29	-0.9	14:08:46	0.3	14:45:00	-1.1
12:21:01	1.3	12:57:15	0.8	13:33:29	0.8	14:09:46	0.0	14:46:00	-1.4
12:22:01	-6.1	12:58:15	-3.0	13:34:30	-0.1	14:10:46	-11.3	14:47:00	-2.1
12:23:01	5.9	12:59:16	-1.3	13:35:30	-1.0	14:11:46	4.4	14:48:01	-1.7
12:24:02	-28.7	13:00:17	-1.7	13:36:31	-1.0	14:12:47	-7.4	14:49:02	1.6
12:25:02	0.2	13:01:17	-2.0	13:37:31	1.1	14:13:48	-5.3	14:50:02	-53.6
12:26:03	3.3	13:02:17	1.3	13:38:31	-0.3	14:14:48	0.9	14:51:03	-6.2
12:27:04	5.5	13:03:18	-2.3	13:39:31	0.3	14:15:48	-2.4	14:52:03	2.6
12:28:04	1.2	13:04:18	1.0	13:40:32	-0.8	14:16:48	8.7	14:53:04	2.7
12:29:04	-1.2	13:05:18	-1.6	13:41:32	-1.0	14:17:49	8.7	14:54:04	-4.6
12:30:04	-1.4	13:06:19	1.0	13:42:33	-1.0	14:18:50	-27.3	14:55:05	-5.6
12:31:04	1.5	13:07:19	-0.7	13:43:33	0.1	14:19:51	-5.1	14:56:05	-1.9
12:32:04	1.4	13:08:20	-1.7	13:44:34	-1.0	14:20:51	-1.3	14:57:06	-0.8
12:33:05	-0.7	13:09:21	0.3	13:45:34	-0.4	14:21:52	-6.3	14:58:06	-7.7
12:34:05	-0.7	13:10:21	0.0	13:46:34	0.7	14:22:52	1.3	14:59:07	2.8
12:35:05	0.3	13:11:22	1.3	13:47:35	0.8	14:23:52	1.6	15:00:07	-3.6
12:36:06	1.2	13:12:23	-0.1	13:48:35	-2.7	14:24:52	-2.0	15:01:07	-5.9
12:37:07	-45.2	13:13:23	0.3	13:49:36	0.3	14:25:52	1.5	15:02:07	-4.7
12:38:07	-1.8	13:14:23	0.8	13:50:36	0.4	14:26:53	0.5	15:03:08	0.5

ANEXO N**Error relativo para las mediciones realizadas el día 03 de Octubre****N - 4****Panel Fijo**

Error									
HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %	HORA	Relativo %
15:04:09	-2.5	15:40:20	4.9	16:16:32	-1.0	16:52:46	-3.7	17:29:00	2.9
15:05:10	4.8	15:41:20	2.4	16:17:32	3.8	16:53:46	-0.4	17:30:01	8.8
15:06:11	-2.0	15:42:20	3.5	16:18:32	-1.4	16:54:47	-4.4	17:31:01	16.1
15:07:12	-3.8	15:43:20	-73.0	16:19:32	4.9	16:55:48	-0.8	17:32:02	10.3
15:08:12	-5.3	15:44:20	2.6	16:20:33	-3.7	16:56:48	-7.5	17:33:02	0.0
15:09:12	0.4	15:45:20	2.7	16:21:33	-0.5	16:57:48	-2.5	17:34:03	0.0
15:10:12	-4.1	15:46:21	0.0	16:22:34	2.1	16:58:49	0.9	17:35:03	14.3
15:11:12	-3.4	15:47:22	-3.7	16:23:35	0.3	16:59:49	-1.7	17:36:03	33.3
15:12:13	0.7	15:48:22	-1.0	16:24:36	2.2	17:00:50	-2.6	17:37:03	19.2
15:13:13	0.8	15:49:23	4.1	16:25:36	0.3	17:01:50	-4.0	17:38:04	25.0
15:14:13	0.4	15:50:24	1.2	16:26:36	-0.5	17:02:50	-2.8	17:39:04	4.2
15:15:13	-0.6	15:51:24	0.8	16:27:36	3.8	17:03:50	-5.7	17:40:05	8.3
15:16:14	0.8	15:52:24	4.1	16:28:36	0.3	17:04:51	-1.1	17:41:06	5.6
15:17:14	-2.1	15:53:24	-3.6	16:29:36	-3.8	17:05:51	-2.4	17:42:06	0.0
15:18:14	1.3	15:54:24	-0.2	16:30:37	-5.1	17:06:51	-0.7	17:43:06	5.9
15:19:14	-1.0	15:55:25	0.0	16:31:38	-2.7	17:07:52	-20.0	17:44:06	0.0
15:20:14	0.5	15:56:26	4.2	16:32:38	-0.6	17:08:53	2.0	17:45:06	5.0
15:21:15	-1.8	15:57:26	0.8	16:33:39	6.4	17:09:53	2.1	17:46:06	20.0
15:22:15	37.5	15:58:26	-2.0	16:34:39	3.4	17:10:53	-17.8	17:47:07	6.7
15:23:15	-3.8	15:59:27	1.0	16:35:39	0.9	17:11:53	-28.3	17:48:08	5.6
15:24:15	0.3	16:00:27	2.1	16:36:39	3.8	17:12:53	-43.2	17:49:08	5.3
15:25:15	-7.2	16:01:27	3.1	16:37:39	-3.0	17:13:54	-45.5	17:50:09	23.1
15:26:16	-6.7	16:02:27	3.1	16:38:39	-2.7	17:14:54	-32.7	17:51:10	0.0
15:27:16	1.8	16:03:27	2.2	16:39:40	3.6	17:15:55	-22.1	17:52:11	7.7
15:28:16	-3.6	16:04:27	-2.2	16:40:40	6.9	17:16:55	-29.9	17:53:11	-8.3
15:29:16	-2.9	16:05:28	2.0	16:41:40	6.2	17:17:56	-30.6	17:54:11	-33.3
15:30:16	-8.5	16:06:28	2.7	16:42:41	0.0	17:18:56	-33.3	17:55:12	-50.0
15:31:17	-3.8	16:07:28	1.4	16:43:41	5.4	17:19:56	-30.6	17:56:12	10.0
15:32:18	1.7	16:08:28	-23.4	16:44:42	2.0	17:20:56	-39.5	17:57:13	11.1
15:33:18	-4.2	16:09:28	-6.5	16:45:42	-5.8	17:21:56	-40.8	17:58:13	-37.5
15:34:18	2.9	16:10:29	14.4	16:46:42	-6.2	17:22:57	-14.3	17:59:13	0.0
15:35:18	-1.4	16:11:30	0.0	16:47:42	-2.0	17:23:57	2.9	18:00:14	400.0
15:36:18	2.2	16:12:30	5.1	16:48:43	-3.2	17:24:57	20.0		
15:37:19	0.3	16:13:31	6.8	16:49:44	1.1	17:25:58	40.5		
15:38:19	3.4	16:14:32	3.8	16:50:45	-2.2	17:26:59	17.1		
15:39:19	-3.8	16:15:32	-1.6	16:51:45	28.9	17:28:00	12.1		

ANEXO N		Error relativo para las mediciones realizadas el día 03 de Octubre						N - 5	
<u>Panel Móvil</u>									
ERROR									
HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %
6:00:24	25.0	6:30:36	9.92	7:00:49	-2.18	7:31:02	4.70	8:01:13	-1.35
6:01:25	40.0	6:31:36	12.50	7:01:49	-2.91	7:32:03	0.52	8:02:13	1.47
6:02:25	20.0	6:32:37	-11.18	7:02:50	-2.97	7:33:03	-4.72	8:03:13	-1.56
6:03:26	16.7	6:33:38	-11.49	7:03:50	-1.43	7:34:04	-0.85	8:04:13	-2.05
6:04:27	-20.0	6:34:38	11.37	7:04:50	2.62	7:35:04	0.62	8:05:14	0.40
6:05:27	12.5	6:35:38	-1.15	7:05:50	3.03	7:36:04	-1.92	8:06:15	-0.50
6:06:27	-12.5	6:36:39	-0.41	7:06:51	3.01	7:37:04	-0.48	8:07:15	-0.29
6:07:27	12.5	6:37:39	-2.56	7:07:51	1.29	7:38:04	1.59	8:08:16	2.18
6:08:28	-22.2	6:38:39	-0.60	7:08:52	3.21	7:39:05	2.54	8:09:16	6.15
6:09:28	0.0	6:39:39	3.17	7:09:52	-1.78	7:40:06	2.63	8:10:16	-11.73
6:10:29	-9.1	6:40:39	-2.55	7:10:53	0.28	7:41:06	2.59	8:11:16	-6.52
6:11:30	-8.3	6:41:39	1.91	7:11:53	-1.63	7:42:06	3.16	8:12:16	-8.54
6:12:30	-7.7	6:42:40	-2.83	7:12:54	-0.27	7:43:07	1.95	8:13:17	-2.86
6:13:31	-14.3	6:43:40	-4.25	7:13:55	-0.39	7:44:07	2.77	8:14:18	-4.19
6:14:31	-18.8	6:44:41	-19.28	7:14:55	1.40	7:45:07	1.83	8:15:19	-0.61
6:15:31	-17.6	6:45:41	0.19	7:15:56	2.55	7:46:07	0.67	8:16:19	-1.67
6:16:31	4.5	6:46:42	1.08	7:16:57	3.33	7:47:07	0.45	8:17:20	-5.93
6:17:32	3.4	6:47:42	0.92	7:17:57	-5.90	7:48:07	-1.75	8:18:21	-1.33
6:18:32	6.3	6:48:42	-4.76	7:18:57	3.23	7:49:07	1.69	8:19:21	-10.16
6:19:32	-2.6	6:49:43	1.41	7:19:57	0.54	7:50:08	0.77	8:20:22	-6.80
6:20:32	-2.6	6:50:44	3.69	7:20:58	-3.16	7:51:08	1.54	8:21:22	-10.98
6:21:33	7.7	6:51:45	2.68	7:21:58	-2.19	7:52:09	-1.48	8:22:22	-8.20
6:22:33	4.7	6:52:45	13.13	7:22:58	1.32	7:53:09	-3.19	8:23:23	-7.60
6:23:34	7.1	6:53:46	10.71	7:23:59	1.63	7:54:10	-1.68	8:24:23	-1.70
6:24:35	5.17	6:54:46	-8.68	7:25:00	1.42	7:55:10	0.42	8:25:23	12.35
6:25:35	1.55	6:55:46	4.80	7:26:00	2.01	7:56:10	-1.55	8:26:24	-5.67
6:26:36	5.33	6:56:47	63.28	7:27:01	-2.37	7:57:10	1.17	8:27:24	-1.49
6:27:36	7.46	6:57:48	3.71	7:28:01	-4.32	7:58:11	-0.82	8:28:25	-2.29
6:28:36	10.23	6:58:48	3.81	7:29:01	1.38	7:59:12	2.00	8:29:25	12.55
6:29:36	6.19	6:59:48	2.22	7:30:01	1.46	8:00:12	1.49	8:30:25	-5.15

ANEXO N		Error relativo para las mediciones realizadas el día 03 de Octubre						N - 6	
Panel Móvil									
ERROR									
HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %
8:31:25	-1.68	9:01:37	3.36	9:31:50	2.18	10:02:04	-1.64	10:32:17	-5.06
8:32:25	-3.32	9:02:37	1.87	9:32:51	-4.71	10:03:04	0.14	10:33:17	5.65
8:33:26	5.67	9:03:37	-1.74	9:33:51	5.41	10:04:05	-1.41	10:34:18	0.61
8:34:27	5.23	9:04:37	1.27	9:34:52	1.78	10:05:06	-2.53	10:35:18	-0.25
8:35:27	5.73	9:05:37	4.75	9:35:53	-5.21	10:06:06	-0.16	10:36:18	3.91
8:36:27	-1.15	9:06:38	6.13	9:36:53	0.94	10:07:06	1.35	10:37:19	-5.04
8:37:28	-1.29	9:07:38	10.25	9:37:54	0.15	10:08:07	-65.81	10:38:19	0.45
8:38:29	-1.79	9:08:38	7.61	9:38:54	0.45	10:09:07	5.23	10:39:19	-1.61
8:39:29	-1.49	9:09:38	7.90	9:39:55	4.36	10:10:08	4.86	10:40:20	-1.70
8:40:30	6.38	9:10:39	2.51	9:40:55	7.78	10:11:09	8.36	10:41:20	-0.28
8:41:31	-3.14	9:11:40	-2.81	9:41:56	1.96	10:12:09	2.80	10:42:20	-4.17
8:42:32	-3.05	9:12:41	-2.65	9:42:57	-1.43	10:13:09	-4.72	10:43:21	24.32
8:43:32	7.13	9:13:41	1.32	9:43:57	-0.07	10:14:10	0.95	10:44:22	3.12
8:44:32	11.63	9:14:41	-1.11	9:44:57	-1.40	10:15:10	-1.15	10:45:22	5.07
8:45:32	5.72	9:15:42	1.87	9:45:58	2.04	10:16:10	-0.18	10:46:23	6.37
8:46:32	3.77	9:16:42	0.27	9:46:59	6.20	10:17:10	1.23	10:47:23	7.41
8:47:32	-1.28	9:17:43	0.18	9:47:59	-5.29	10:18:11	-3.11	10:48:23	6.31
8:48:33	5.15	9:18:44	0.81	9:49:00	2.10	10:19:12	2.08	10:49:23	6.45
8:49:33	12.20	9:19:44	-1.24	9:50:01	-0.61	10:20:12	-4.03	10:50:23	-0.27
8:50:34	15.81	9:20:45	-0.89	9:51:01	0.40	10:21:13	-0.55	10:51:23	-3.32
8:51:34	-7.19	9:21:46	0.18	9:52:01	-0.90	10:22:13	4.44	10:52:23	-3.34
8:52:34	-0.60	9:22:47	-1.12	9:53:01	0.88	10:23:13	6.07	10:53:24	-3.70
8:53:35	-5.39	9:23:47	1.76	9:54:01	0.60	10:24:13	4.82	10:54:24	4.75
8:54:35	-3.73	9:24:48	-1.09	9:55:02	-0.08	10:25:14	4.31	10:55:25	4.36
8:55:35	-8.16	9:25:48	-0.66	9:56:02	-0.37	10:26:14	-2.20	10:56:26	-3.09
8:56:35	-6.36	9:26:48	-0.31	9:57:02	-1.00	10:27:14	4.27	10:57:26	-1.74
8:57:36	-4.81	9:27:49	-1.34	9:58:02	-31.53	10:28:15	1.02	10:58:26	-3.16
8:58:36	-1.88	9:28:49	1.14	9:59:03	-1.41	10:29:16	5.24	10:59:26	-1.16
8:59:36	0.75	9:29:49	1.63	10:00:04	-0.81	10:30:16	3.48	11:00:26	6.18
9:00:36	-1.20	9:30:50	4.54	10:01:04	-0.19	10:31:16	4.92	11:01:26	10.43

ANEXO N		Error relativo para las mediciones realizadas el día 03 de Octubre						N -7	
<u>Panel Móvil</u>									
ERROR									
HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %
11:02:27	5.99	11:32:38	-5.53	12:02:51	4.01	12:33:05	-1.26	13:03:18	-17.68
11:03:27	5.63	11:33:38	-0.23	12:03:52	1.88	12:34:05	-0.96	13:04:18	0.94
11:04:27	4.72	11:34:38	4.12	12:04:53	-2.44	12:35:05	0.38	13:05:18	1.44
11:05:28	4.93	11:35:38	2.77	12:05:53	26.68	12:36:06	1.45	13:06:19	1.50
11:06:29	-2.91	11:36:39	4.52	12:06:53	-2.37	12:37:07	3.56	13:07:19	-0.80
11:07:29	2.89	11:37:39	-2.37	12:07:53	3.30	12:38:07	-1.02	13:08:20	1.34
11:08:29	-1.88	11:38:39	-0.24	12:08:54	-0.18	12:39:08	-1.54	13:09:21	0.25
11:09:29	1.08	11:39:40	7.76	12:09:55	1.32	12:40:09	1.13	13:10:21	-1.08
11:10:29	-0.27	11:40:40	9.19	12:10:56	-3.57	12:41:09	1.98	13:11:22	-1.07
11:11:30	-0.49	11:41:41	5.54	12:11:56	-4.33	12:42:10	2.36	13:12:23	-0.99
11:12:30	2.13	11:42:41	7.90	12:12:57	-3.92	12:43:10	4.52	13:13:23	-1.39
11:13:30	-2.15	11:43:42	3.62	12:13:58	7.40	12:44:11	-1.82	13:14:23	-2.20
11:14:30	-2.18	11:44:42	10.05	12:14:58	7.03	12:45:11	14.94	13:15:24	-2.02
11:15:30	3.66	11:45:43	5.67	12:15:59	3.20	12:46:11	15.65	13:16:24	-2.23
11:16:31	2.03	11:46:44	4.18	12:16:59	-2.04	12:47:11	11.24	13:17:25	1.63
11:17:32	2.18	11:47:45	0.98	12:18:00	2.24	12:48:12	8.38	13:18:25	-0.78
11:18:32	-3.35	11:48:45	-0.73	12:19:00	3.36	12:49:12	-1.45	13:19:25	1.17
11:19:32	-1.95	11:49:45	0.73	12:20:00	-5.83	12:50:12	1.66	13:20:25	1.82
11:20:33	2.83	11:50:46	2.17	12:21:01	-1.58	12:51:12	-4.60	13:21:26	1.40
11:21:33	-59.22	11:51:47	-2.93	12:22:01	2.98	12:52:13	-1.02	13:22:27	0.28
11:22:33	0.39	11:52:47	2.74	12:23:01	4.12	12:53:14	-0.77	13:23:27	0.42
11:23:33	0.22	11:53:47	-3.37	12:24:02	4.47	12:54:14	-0.11	13:24:27	1.68
11:24:34	-1.06	11:54:48	-1.38	12:25:02	52.14	12:55:14	-0.47	13:25:28	0.41
11:25:34	-2.81	11:55:49	4.46	12:26:03	3.68	12:56:14	-0.17	13:26:28	-0.36
11:26:35	-3.40	11:56:50	4.35	12:27:04	6.00	12:57:15	-2.10	13:27:28	5.41
11:27:35	-2.99	11:57:50	2.19	12:28:04	-0.08	12:58:15	-1.99	13:28:28	5.08
11:28:36	-3.91	11:58:50	4.88	12:29:04	0.83	12:59:16	4.20	13:29:28	1.73
11:29:37	-1.40	11:59:51	-2.41	12:30:04	-0.96	13:00:17	-1.47	13:30:28	-1.41
11:30:37	-3.59	12:00:51	-2.89	12:31:04	-1.54	13:01:17	-24.64	13:31:28	1.20
11:31:37	0.89	12:01:51	0.57	12:32:04	1.38	13:02:17	-11.97	13:32:29	0.53

ANEXO N

Error relativo para las mediciones
realizadas el día 03 de Octubre

N -8

Panel Móvil

ERROR									
HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %
13:33:29	-0.15	14:03:42	0.84	14:33:55	24.27	15:04:09	-0.88	15:34:18	1.67
13:34:30	-0.14	14:04:43	-4.55	14:34:55	58.84	15:05:10	-2.63	15:35:18	-2.38
13:35:30	1.07	14:05:44	7.40	14:35:55	6.35	15:06:11	-3.78	15:36:18	-0.67
13:36:31	-0.42	14:06:45	15.69	14:36:55	6.67	15:07:12	8.53	15:37:19	-1.32
13:37:31	-0.82	14:07:46	4.08	14:37:56	-4.65	15:08:12	-0.81	15:38:19	0.94
13:38:31	0.83	14:08:46	3.40	14:38:56	-1.01	15:09:12	8.05	15:39:19	-1.91
13:39:31	2.99	14:09:46	-3.15	14:39:57	1.30	15:10:12	-3.02	15:40:20	-3.48
13:40:32	-0.95	14:10:46	-1.85	14:40:57	-26.96	15:11:12	-2.65	15:41:20	-0.78
13:41:32	-0.33	14:11:46	4.00	14:41:58	-27.74	15:12:13	1.44	15:42:20	-0.11
13:42:33	-0.60	14:12:47	4.74	14:42:59	1.65	15:13:13	0.00	15:43:20	5.00
13:43:33	-1.88	14:13:48	-7.17	14:44:00	-3.31	15:14:13	0.52	15:44:20	-6.23
13:44:34	-7.30	14:14:48	8.37	14:45:00	-3.14	15:15:13	-0.26	15:45:20	-1.16
13:45:34	3.87	14:15:48	6.00	14:46:00	-4.61	15:16:14	-1.63	15:46:21	0.39
13:46:34	3.21	14:16:48	-2.66	14:47:00	-1.80	15:17:14	1.67	15:47:22	0.92
13:47:35	1.53	14:17:49	-1.15	14:48:01	1.50	15:18:14	0.87	15:48:22	1.66
13:48:35	-1.22	14:18:50	-5.64	14:49:02	-3.51	15:19:14	-0.25	15:49:23	0.93
13:49:36	-0.58	14:19:51	-2.64	14:50:02	-3.12	15:20:14	7.23	15:50:24	3.17
13:50:36	-0.89	14:20:51	-1.53	14:51:03	7.67	15:21:15	19.49	15:51:24	5.29
13:51:36	1.11	14:21:52	4.47	14:52:03	-3.02	15:22:15	19.98	15:52:24	4.21
13:52:36	-0.90	14:22:52	-2.05	14:53:04	7.24	15:23:15	3.54	15:53:24	6.80
13:53:36	1.29	14:23:52	4.75	14:54:04	-0.66	15:24:15	18.04	15:54:24	2.83
13:54:37	-8.62	14:24:52	-3.65	14:55:05	-4.02	15:25:15	23.31	15:55:25	1.59
13:55:38	-1.41	14:25:52	-0.41	14:56:05	-6.25	15:26:16	16.41	15:56:26	-2.11
13:56:39	-1.00	14:26:53	-0.32	14:57:06	-5.65	15:27:16	18.78	15:57:26	-1.98
13:57:39	-3.81	14:27:54	0.65	14:58:06	7.63	15:28:16	12.13	15:58:26	-1.27
13:58:40	-4.66	14:28:54	-0.99	14:59:07	13.92	15:29:16	4.37	15:59:27	2.10
13:59:40	-0.73	14:29:54	-1.14	15:00:07	8.22	15:30:16	8.55	16:00:27	-1.34
14:00:41	1.13	14:30:54	1.47	15:01:07	9.22	15:31:17	8.98	16:01:27	-0.74
14:01:41	-1.14	14:31:55	1.54	15:02:07	8.14	15:32:18	-1.38	16:02:27	-0.22
14:02:41	13.13	14:32:55	-13.57	15:03:08	-5.69	15:33:18	-1.23	16:03:27	0.87

ANEXO N		Error relativo para las mediciones realizadas el día 03 de Octubre						N -9	
<u>Panel Móvil</u>									
ERROR									
HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %	HORA	RELATIVO %
16:04:27	-0.22	16:28:36	1.20	16:52:46	-12.79	17:16:55	38.64	17:41:06	-37.50
16:05:28	34.07	16:29:36	-3.41	16:53:46	3.33	17:17:56	41.25	17:42:06	-54.55
16:06:28	113.33	16:30:37	-0.23	16:54:47	2.21	17:18:56	20.25	17:43:06	-39.02
16:07:28	102.31	16:31:38	1.04	16:55:48	1.30	17:19:56	-1.30	17:44:06	-58.14
16:08:28	13.00	16:32:38	1.65	16:56:48	1.33	17:20:56	-12.82	17:45:06	-38.46
16:09:28	-5.99	16:33:39	1.45	16:57:48	-1.72	17:21:56	-14.29	17:46:06	46.15
16:10:29	9.23	16:34:39	-2.20	16:58:49	0.41	17:22:57	-17.33	17:47:07	-43.75
16:11:30	50.48	16:35:39	1.45	16:59:49	2.12	17:23:57	-20.29	17:48:08	28.57
16:12:30	47.76	16:36:39	1.84	17:00:50	0.53	17:24:57	-23.88	17:49:08	-31.03
16:13:31	-2.88	16:37:39	-1.86	17:01:50	0.95	17:25:58	-3.70	17:50:09	-61.29
16:14:32	-2.14	16:38:39	-2.11	17:02:50	-0.40	17:26:59	52.94	17:51:10	-62.50
16:15:32	-1.69	16:39:40	1.59	17:03:50	22.46	17:28:00	-11.11	17:52:11	-60.00
16:16:32	-1.35	16:40:40	-0.48	17:04:51	18.28	17:29:00	-27.69	17:53:11	-68.97
16:17:32	1.03	16:41:40	-0.72	17:05:51	4.50	17:30:01	-27.59	17:54:11	-61.29
16:18:32	1.02	16:42:41	2.47	17:06:51	-1.85	17:31:01	-11.36	17:55:12	-60.00
16:19:32	-1.20	16:43:41	1.20	17:07:52	4.80	17:32:02	54.17	17:56:12	-52.94
16:20:33	7.87	16:44:42	0.47	17:08:53	9.20	17:33:02	-14.29	17:57:13	-42.86
16:21:33	5.77	16:45:42	1.69	17:09:53	-3.35	17:34:03	-25.49	17:58:13	-23.08
16:22:34	7.74	16:46:42	-1.94	17:10:53	37.22	17:35:03	-23.08	17:59:13	-25.00
16:23:35	3.01	16:47:42	-2.40	17:11:53	29.27	17:36:03	-27.45	18:00:14	-66.67
16:24:36	4.44	16:48:43	0.64	17:12:53	8.77	17:37:03	-26.00		
16:25:36	1.81	16:49:44	1.56	17:13:54	6.14	17:38:04	-30.61		
16:26:36	4.10	16:50:45	-1.75	17:14:54	19.64	17:39:04	-31.91		
16:27:36	4.49	16:51:45	2.28	17:15:55	16.96	17:40:05	-39.58		

ANEXO N

Error relativo para las mediciones realizadas el día 03 de Octubre

N -10

Error de Medición para el Panel Fijo

Error Relativo (-)					Error Relativo (+)														
-100.0	-22.2	-7.0	-4.8	-3.7	-2.5	-1.9	-1.3	-0.8	-0.3	0.0	0.3	0.8	1.2	1.8	2.6	3.4	4.6	6.0	12.1
-73.0	-22.1	-6.7	-4.7	-3.6	-2.5	-1.9	-1.3	-0.8	-0.3	0.0	0.3	0.8	1.2	1.8	2.6	3.4	4.6	6.0	13.8
-54.5	-20.0	-6.5	-4.7	-3.6	-2.5	-1.8	-1.3	-0.8	-0.3	0.0	0.3	0.8	1.2	1.8	2.6	3.5	4.7	6.1	14.3
-53.8	-20.0	-6.3	-4.6	-3.6	-2.5	-1.8	-1.3	-0.8	-0.3	0.0	0.3	0.8	1.3	1.8	2.6	3.5	4.7	6.2	14.4
-53.6	-20.0	-6.2	-4.6	-3.6	-2.4	-1.8	-1.3	-0.8	-0.3	0.0	0.3	0.8	1.3	1.8	2.6	3.5	4.8	6.4	14.4
-51.0	-17.8	-6.2	-4.5	-3.5	-2.4	-1.8	-1.3	-0.8	-0.2	0.0	0.3	0.8	1.3	1.8	2.7	3.5	4.8	6.7	15.5
-50.0	-16.8	-6.1	-4.5	-3.5	-2.4	-1.7	-1.3	-0.8	-0.2	0.0	0.3	0.8	1.3	1.8	2.7	3.5	4.8	6.7	16.0
-48.3	-16.4	-5.9	-4.5	-3.5	-2.4	-1.7	-1.2	-0.7	-0.2	0.0	0.3	0.8	1.3	1.8	2.7	3.6	4.8	6.7	16.1
-46.2	-16.3	-5.9	-4.4	-3.4	-2.4	-1.7	-1.2	-0.7	-0.2	0.0	0.3	0.8	1.3	1.8	2.7	3.6	4.9	6.8	17.1
-45.5	-14.3	-5.8	-4.4	-3.3	-2.4	-1.7	-1.2	-0.7	-0.2	0.0	0.4	0.9	1.3	1.9	2.7	3.7	4.9	6.8	19.2
-45.2	-14.3	-5.8	-4.3	-3.3	-2.3	-1.7	-1.2	-0.7	-0.1	0.0	0.4	0.9	1.4	1.9	2.7	3.8	5.0	6.9	19.7
-43.2	-14.2	-5.7	-4.3	-3.2	-2.3	-1.7	-1.2	-0.6	-0.1	0.0	0.4	0.9	1.4	2.0	2.8	3.8	5.0	6.9	20.0
-42.6	-13.4	-5.6	-4.3	-3.2	-2.3	-1.7	-1.2	-0.6	-0.1	0.0	0.4	0.9	1.4	2.0	2.8	3.8	5.1	7.1	20.0
-40.8	-13.1	-5.6	-4.2	-3.2	-2.3	-1.7	-1.2	-0.6	-0.1	0.0	0.4	0.9	1.4	2.0	2.8	3.8	5.1	7.1	21.1
-40.0	-11.3	-5.5	-4.2	-3.1	-2.3	-1.7	-1.2	-0.6	-0.1	0.0	0.4	0.9	1.4	2.0	2.8	3.9	5.1	7.2	23.1
-40.0	-10.6	-5.4	-4.2	-3.1	-2.2	-1.7	-1.2	-0.6	-0.1	0.0	0.4	0.9	1.4	2.0	2.9	3.9	5.2	7.5	25.0
-40.0	-10.5	-5.4	-4.1	-3.1	-2.2	-1.7	-1.2	-0.6		0.0	0.4	0.9	1.5	2.0	2.9	4.0	5.2	7.6	25.0
-40.0	-10.3	-5.3	-4.1	-3.0	-2.2	-1.7	-1.1	-0.5		0.0	0.4	0.9	1.5	2.1	2.9	4.0	5.2	7.7	27.5
-40.0	-9.7	-5.3	-4.1	-3.0	-2.2	-1.7	-1.1	-0.5		0.0	0.5	0.9	1.5	2.1	2.9	4.0	5.3	7.7	28.4
-39.5	-9.6	-5.3	-4.1	-3.0	-2.2	-1.6	-1.1	-0.5		0.0	0.5	0.9	1.5	2.1	2.9	4.1	5.3	7.9	28.9
-38.5	-9.4	-5.2	-4.0	-3.0	-2.2	-1.6	-1.1	-0.5		0.0	0.5	1.0	1.5	2.1	3.0	4.1	5.4	8.2	32.7
-37.5	-9.4	-5.2	-4.0	-3.0	-2.1	-1.6	-1.0	-0.5		0.0	0.5	1.0	1.6	2.1	3.0	4.1	5.4	8.3	33.3
-33.3	-9.3	-5.2	-4.0	-3.0	-2.1	-1.6	-1.0	-0.5		0.0	0.5	1.0	1.6	2.1	3.0	4.1	5.4	8.3	36.2
-33.3	-8.8	-5.1	-4.0	-3.0	-2.1	-1.6	-1.0	-0.5		0.0	0.5	1.0	1.6	2.2	3.1	4.2	5.4	8.3	37.5
-33.3	-8.7	-5.1	-4.0	-2.9	-2.1	-1.6	-1.0	-0.5		0.0	0.6	1.0	1.6	2.2	3.1	4.2	5.5	8.7	40.5
-33.3	-8.7	-5.1	-3.9	-2.9	-2.1	-1.6	-1.0	-0.5		0.1	0.6	1.0	1.6	2.2	3.1	4.2	5.6	8.7	48.4
-33.3	-8.7	-5.1	-3.8	-2.8	-2.1	-1.5	-1.0	-0.5		0.1	0.6	1.0	1.6	2.2	3.1	4.2	5.6	8.7	48.7
-32.7	-8.6	-5.1	-3.8	-2.8	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5		0.2	0.6	1.0	1.6	2.2	3.1	4.2	5.6	8.8	58.3
-30.9	-8.5	-5.0	-3.8	-2.8	-2.0	-1.5	-1.0	-0.4		0.2	0.6	1.0	1.6	2.3	3.1	4.3	5.7	9.1	61.9
-30.6	-8.5	-5.0	-3.8	-2.8	-2.0	-1.5	-1.0	-0.4		0.2	0.6	1.0	1.7	2.3	3.2	4.3	5.7	9.6	77.8
-30.6	-8.3	-5.0	-3.8	-2.7	-2.0	-1.4	-1.0	-0.4		0.3	0.6	1.1	1.7	2.3	3.2	4.3	5.8	10.0	86.7
-29.9	-8.1	-5.0	-3.8	-2.7	-2.0	-1.4	-0.9	-0.3		0.3	0.7	1.1	1.7	2.3	3.2	4.3	5.9	10.1	88.0
-28.7	-7.7	-5.0	-3.8	-2.7	-2.0	-1.4	-0.9	-0.3		0.3	0.7	1.1	1.7	2.4	3.2	4.3	5.9	10.3	105.3
-28.3	-7.5	-4.9	-3.7	-2.7	-2.0	-1.4	-0.9	-0.3		0.3	0.7	1.1	1.7	2.4	3.2	4.3	5.9	11.1	131.0
-27.3	-7.4	-4.9	-3.7	-2.6	-2.0	-1.4	-0.9	-0.3		0.3	0.8	1.1	1.7	2.5	3.3	4.4	5.9	11.3	400.0
-25.0	-7.3	-4.8	-3.7	-2.6	-1.9	-1.4	-0.9	-0.3		0.3	0.8	1.2	1.7	2.5	3.4	4.4	5.9	11.8	0.3
-23.4	-7.2	-4.8	-3.7	-2.5	-1.9	-1.3	-0.9	-0.3		0.3	0.8	1.2	1.7	2.5	3.4	4.5	5.9	12.0	
PROMEDIO ERROR %:										7.6									
										ERROR: 7.5 %									
										7.1									

Error de Medición para el Panel Móvil

Error Relativo (-)										Error Relativo (+)									
-68.97	-20.00	-6.25	-3.81	-2.89	-2.05	-1.56	-1.20	-0.78	-0.27	0.14	0.75	1.27	1.63	2.18	3.23	4.44	5.54	7.63	12.50
-66.67	-19.28	-6.23	-3.78	-2.88	-2.05	-1.55	-1.16	-0.78	-0.26	0.15	0.77	1.29	1.63	2.18	3.30	4.46	5.63	7.67	12.50
-65.81	-18.75	-5.99	-3.73	-2.86	-2.04	-1.54	-1.16	-0.77	-0.25	0.18	0.81	1.29	1.63	2.18	3.33	4.47	5.65	7.69	12.55
-62.50	-17.68	-5.93	-3.70	-2.83	-2.02	-1.54	-1.15	-0.74	-0.25	0.18	0.83	1.30	1.65	2.19	3.33	4.47	5.67	7.74	13.00
-61.29	-17.65	-5.90	-3.70	-2.81	-1.99	-1.53	-1.15	-0.73	-0.24	0.19	0.83	1.30	1.65	2.21	3.36	4.49	5.67	7.76	13.13
-61.29	-17.33	-5.83	-3.65	-2.81	-1.98	-1.49	-1.15	-0.73	-0.23	0.22	0.84	1.32	1.66	2.22	3.36	4.50	5.72	7.78	13.13
-60.00	-14.29	-5.69	-3.59	-2.66	-1.95	-1.49	-1.15	-0.72	-0.23	0.25	0.87	1.32	1.66	2.24	3.40	4.52	5.73	7.87	13.92
-60.00	-14.29	-5.67	-3.57	-2.65	-1.94	-1.48	-1.14	-0.67	-0.22	0.27	0.87	1.32	1.67	2.28	3.45	4.52	5.77	7.90	14.94
-59.22	-14.29	-5.65	-3.51	-2.65	-1.92	-1.47	-1.14	-0.66	-0.22	0.28	0.88	1.33	1.67	2.36	3.48	4.54	5.99	7.90	15.65
-58.14	-13.57	-5.64	-3.48	-2.64	-1.91	-1.45	-1.12	-0.66	-0.19	0.28	0.89	1.34	1.68	2.47	3.54	4.55	6.00	8.05	15.69
-54.55	-12.82	-5.53	-3.41	-2.63	-1.88	-1.43	-1.11	-0.61	-0.18	0.38	0.92	1.35	1.69	2.51	3.56	4.65	6.00	8.14	15.81
-52.94	-12.79	-5.39	-3.40	-2.63	-1.88	-1.43	-1.09	-0.61	-0.18	0.39	0.92	1.38	1.69	2.54	3.62	4.70	6.07	8.22	16.41
-43.75	-12.50	-5.29	-3.37	-2.63	-1.88	-1.41	-1.08	-0.60	-0.17	0.39	0.93	1.38	1.73	2.55	3.66	4.72	6.13	8.36	16.67
-42.86	-11.97	-5.21	-3.35	-2.56	-1.86	-1.41	-1.07	-0.60	-0.16	0.40	0.94	1.40	1.76	2.59	3.68	4.74	6.14	8.37	16.96
-39.58	-11.73	-5.15	-3.35	-2.55	-1.85	-1.41	-1.06	-0.60	-0.15	0.40	0.94	1.40	1.78	2.62	3.69	4.75	6.15	8.38	18.04
-39.02	-11.49	-5.06	-3.34	-2.53	-1.85	-1.41	-1.02	-0.58	-0.14	0.41	0.94	1.41	1.81	2.63	3.71	4.75	6.18	8.53	18.28
-38.46	-11.36	-5.04	-3.32	-2.44	-1.82	-1.40	-1.02	-0.55	-0.11	0.41	0.95	1.42	1.82	2.68	3.77	4.75	6.19	8.55	18.78
-37.50	-11.18	-4.81	-3.32	-2.41	-1.80	-1.40	-1.01	-0.50	-0.11	0.42	0.95	1.44	1.83	2.74	3.81	4.80	6.20	8.77	19.49
-31.91	-11.11	-4.76	-3.31	-2.40	-1.79	-1.39	-1.00	-0.49	-0.08	0.42	0.98	1.44	1.84	2.77	3.87	4.80	6.25	8.98	19.64
-31.53	-10.98	-4.72	-3.19	-2.38	-1.78	-1.38	-1.00	-0.48	-0.08	0.45	1.02	1.45	1.87	2.77	3.91	4.82	6.31	9.19	19.98
-31.03	-10.16	-4.72	-3.16	-2.37	-1.75	-1.38	-0.99	-0.48	-0.07	0.45	1.02	1.45	1.87	2.80	4.00	4.86	6.35	9.20	20.00
-30.61	-9.09	-4.71	-3.16	-2.37	-1.75	-1.35	-0.99	-0.47		0.45	1.03	1.45	1.88	2.83	4.01	4.88	6.37	9.22	20.25
-27.74	-8.68	-4.66	-3.15	-2.37	-1.74	-1.35	-0.96	-0.42		0.47	1.04	1.46	1.91	2.83	4.08	4.92	6.38	9.23	22.46
-27.69	-8.62	-4.65	-3.14	-2.29	-1.74	-1.34	-0.96	-0.41		0.52	1.07	1.47	1.95	2.89	4.10	4.93	6.45	9.92	23.31
-27.59	-8.54	-4.61	-3.14	-2.23	-1.72	-1.34	-0.95	-0.41		0.52	1.08	1.47	1.96	2.98	4.12	5.00	6.67	10.05	24.27
-27.45	-8.33	-4.60	-3.12	-2.20	-1.70	-1.33	-0.90	-0.40		0.53	1.08	1.49	1.98	2.99	4.12	5.07	6.80	10.23	24.32
-26.96	-8.20	-4.55	-3.11	-2.20	-1.70	-1.32	-0.90	-0.39		0.53	1.11	1.50	2.00	3.01	4.18	5.08	7.03	10.25	25.00
-26.00	-8.16	-4.33	-3.09	-2.20	-1.69	-1.30	-0.89	-0.37		0.54	1.13	1.50	2.01	3.01	4.20	5.15	7.13	10.43	26.68
-25.49	-7.69	-4.32	-3.05	-2.19	-1.68	-1.29	-0.89	-0.36		0.57	1.13	1.53	2.03	3.03	4.21	5.17	7.14	10.71	28.57
-25.00	-7.60	-4.25	-3.02	-2.18	-1.68	-1.28	-0.88	-0.33		0.60	1.14	1.54	2.04	3.12	4.27	5.23	7.24	11.24	29.27
-24.64	-7.30	-4.19	-3.02	-2.18	-1.67	-1.27	-0.85	-0.32		0.61	1.17	1.54	2.08	3.16	4.31	5.23	7.24	11.37	34.07
-23.88	-7.19	-4.17	-2.99	-2.15	-1.64	-1.26	-0.82	-0.31		0.62	1.17	1.55	2.10	3.17	4.35	5.24	7.40	11.63	37.22
-23.08	-7.17	-4.03	-2.97	-2.14	-1.63	-1.24	-0.82	-0.29		0.64	1.20	1.56	2.10	3.17	4.36	5.29	7.40	12.13	38.64
-23.08	-6.80	-4.02	-2.93	-2.11	-1.63	-1.23	-0.81	-0.28		0.65	1.20	1.59	2.12	3.20	4.36	5.33	7.41	12.20	40.00
-22.22	-6.52	-3.92	-2.91	-2.11	-1.61	-1.22	-0.81	-0.27		0.67	1.20	1.59	2.13	3.21	4.37	5.41	7.46	12.35	41.25
-20.29	-6.36	-3.91	-2.91	-2.10	-1.58	-1.20	-0.80	-0.27		0.73	1.23	1.59	2.17	3.21	4.44	5.41	7.61	12.50	46.75
PROMEDIO ERROR: %										PROMEDIO ERROR: %									
7										6.9									
ERROR: ±7.0%																			

ANEXO O	PROMEDIO DE RADIACION SOLAR POR HORAS DESDE EL 01/09/2012 HASTA EL 01/10/2012	O - 1
----------------	--	--------------

PARA EL PANEL FIJO

	6:00:00	7:00:00	8:00:00	9:00:00	10:00:00	11:00:00	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00
01/09/2012	0	65	85	354	765	239	1352	329	402	177	181	71	7
02/09/2012	2	46	141	206	282	184	311	185	141	61	43	23	2
03/09/2012	1	31	77	176	179	402	422	489	632	343	214	232	14
04/09/2012	0	70	192	329	907	217	180	642	809	450	145	115	24
05/09/2012	3	158	213	793	1045	1106	472	206	934	876	242	114	16
06/09/2012	0	46	87	613	285	328	312	496	722	271	550	102	17
07/09/2012	0	32	310	640	891	1157	1308	903	1073	888	184	78	15
08/09/2012	4	30	434	718	330	488	1129	350	411	279	127	84	14
09/09/2012	2	69	108	164	198	400	284	643	344	219	222	138	9
10/09/2012	1	65	447	243	164	308	1149	1201	294	269	566	76	10
11/09/2012	3	48	119	877	1091	735	1404	307	433	777	491	183	8
12/09/2012	2	37	80	166	177	423	330	377	474	389	250	98	12
13/09/2012	0	39	74	149	182	237	203	369	209	892	521	62	6
14/09/2012	1	35	261	113	232	257	160	326	134	237	162	35	8
15/09/2012	0	33	72	285	228	381	1302	1278	1137	767	468	188	8
16/09/2012	3	143	380	877	874	1036	279	484	378	220	465	83	14
17/09/2012	4	147	380	296	257	509	840	347	309	515	333	126	14
18/09/2012	2	60	145	162	302	414	209	393	675	419	479	177	11
19/09/2012	4	152	366	641	852	1038	1091	1050	895	645	431	170	17
20/09/2012	3	125	389	635	862	1011	1088	1060	911	655	288	8	9
21/09/2012	3	68	198	350	368	1084	1272	1105	978	671	461	171	6
22/09/2012	1	43	232	238	346	450	678	1545	426	988	193	96	14
23/09/2012	0	172	115	383	371	388	389	266	249	566	148	67	4
24/09/2012	6	64	269	830	934	1135	1423	1202	330	47	33	24	2


ANEXO O		PROMEDIO DE RADIACION SOLAR POR HORAS DESDE EL 01/09/2012 HASTA EL 01/10/2012											O - 2			
		6:00:00	7:00:00	8:00:00	9:00:00	10:00:00	11:00:00	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00		
25/09/2012		0	52	180	782	403	249	287	588	478	347	247	132	7		
26/09/2012		0	118	504	237	204	361	444	282	354	289	141	60	21		
27/09/2012		3	75	184	838	285	558	431	394	172	203	176	101	5		
28/09/2012		4	79	417	512	388	575	544	480	396	664	582	183	7		
29/09/2012		3	32	76	187	277	227	439	332	340	306	570	49	16		
30/09/2012		3	74	382	265	1058	513	421	496	1005	766	266	180	17		
01/10/2012		1	40	438	277	343	482	446	417	368	213	390	102	10		
PROMEDIO		2.12	76.1	274.32	423.58	445.51	525.12	571.11	578.99	488.08	435.98	315.35	106.19	10.55		

ANEXO O		PROMEDIO DE RADIACION SOLAR POR HORAS DESDE EL 01/09/2012 HASTA EL 01/10/2012											O - 3	
PARA EL PANEL MOVIL														
	6:00:00	7:00:00	8:00:00	9:00:00	10:00:00	11:00:00	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00	
01/09/2012	0	60	79	326	866	229	733	339	380	166	190	78	6	
02/09/2012	2	34	119	181	264	180	306	184	138	55	37	15	4	
03/09/2012	1	25	56	183	146	400	417	489	655	340	279	584	21	
04/09/2012	0	193	188	416	1099	206	173	1197	861	431	145	100	13	
05/09/2012	3	533	299	1050	1209	1134	445	198	1001	1142	312	134	18	
06/09/2012	1	32	73	947	261	316	313	457	756	302	943	234	28	
07/09/2012	1	46	570	969	1052	1190	1286	889	1191	1245	180	101	28	
08/09/2012	0	27	853	1045	316	476	1091	345	384	288	118	115	21	
09/09/2012	1	182	220	155	188	394	282	650	341	240	237	318	12	
10/09/2012	2	91	898	237	144	309	1131	1213	328	326	1043	104	17	
11/09/2012	1	36	122	1160	1262	760	1371	313	475	1177	958	297	18	
12/09/2012	0	34	72	159	167	409	328	371	491	391	233	88	10	
13/09/2012	3	31	65	128	163	229	200	368	202	1259	841	49	3	
14/09/2012	1	27	352	98	226	252	163	316	137	247	178	36	11	
15/09/2012	0	40	78	405	346	390	1274	1271	1229	1081	871	606	14	
16/09/2012	2	564	799	951	1034	1079	271	474	388	276	901	114	20	
17/09/2012	0	545	814	294	239	527	853	347	326	741	503	429	23	
18/09/2012	0	67	122	152	290	409	203	396	751	538	905	619	23	
19/09/2012	4	525	807	958	1018	1078	1068	1067	1026	968	837	566	15	
20/09/2012	2	220	810	930	1018	1056	1077	1064	1025	950	391	10	1	
21/09/2012	1	54	179	403	386	1121	746	1147	1140	1088	980	635	9	
22/09/2012	0	36	301	211	367	437	679	1562	431	1371	238	98	15	
23/09/2012	1	554	101	434	362	387	384	263	233	746	141	64	5	
24/09/2012	1	87	397	1217	1130	1198	1406	1245	354	44	23	20	6	

ANEXO O	PROMEDIO DE RADIACION SOLAR POR HORAS DESDE EL 01/09/2012 HASTA EL 01/10/2012	O - 4
----------------	--	--------------

	6:00:00	7:00:00	8:00:00	9:00:00	10:00:00	11:00:00	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00
25/09/2012	1	54	242	1187	392	236	281	586	498	393	307	207	5
26/09/2012	1	338	1025	221	198	346	436	270	344	321	142	52	18
27/09/2012	4	93	186	1112	253	562	421	388	179	199	206	136	11
28/09/2012	4	87	657	592	380	574	539	487	431	1002	1110	740	18
29/09/2012	0	21	65	170	268	221	434	325	333	321	1110	84	9
30/09/2012	4	69	843	278	1229	519	409	506	1167	1172	474	662	27
01/10/2012	1	34	809	263	330	478	438	429	381	230	736	262	13
PROMEDIO	1.66	153.40	459.75	513.23	471.96	520.97	530.66	575.73	516.98	614.29	552.93	277.73	12.93

ANEXO P	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	P - 1
<div data-bbox="316 459 427 631" data-label="Image"> </div> <hr data-bbox="454 481 1252 492"/> <div data-bbox="526 548 1061 582" data-label="Section-Header"> <h3><u>MEDIDOR DE RADIACIÓN SOLAR</u></h3> </div> <div data-bbox="443 638 1348 728" data-label="Text"> <p>Este manual tiene por finalidad facilitar la operación del sistema al usuario y permitir la corrección frente a posibles fallos.</p> </div> <div data-bbox="619 772 1013 806" data-label="Section-Header"> <h3><u>DESCRIPCIÓN GENERAL</u></h3> </div> <div data-bbox="300 884 1348 1198" data-label="Text"> <p>El sistema implementado para trazar el perfil de radiación solar, consta de dos paneles solares, uno colocado fijo y otro sobre una estructura mecánica capaz de seguir la trayectoria del sol, una caja metálica en la que se encuentran los circuitos de control del sistema, una tarjeta de adquisición de datos que recibe y envía señales desde un computador en el que se encuentra el programa de control y la HMI implementados en LabView.</p> </div> <div data-bbox="300 1265 1348 1534" data-label="Text"> <p>La interfaz gráfica permite determinar si el sistema tiene algún problema de funcionamiento, así como también, observar el perfil y las medidas de radiación solares tanto del panel fijo como del móvil en tiempo real, los ángulos de azimut y elevación del panel solar móvil y un historial de las medidas obtenidas desde que se pone en operación el sistema.</p> </div> <div data-bbox="300 1601 1348 1803" data-label="Text"> <p>La estructura mecánica se mueve según un determinado ángulo de azimut (motorreductor 1) cada hora desde las 05:00 hasta las 18:00 y también se mueve según el ángulo de elevación (motorreductor 2) cada media hora desde las 06:00 hasta las 18:30 regresando a una posición horizontal el panel a las 18:50.</p> </div>		

ANEXO P	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	P - 2
<p style="text-align: center;">CONTENIDO GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Descripción de la HMI ✓ Panel Principal ✓ Panel Secundario, HISTORIAL ✓ Operación del sistema ✓ Tabla de Posibles Fallos y Soluciones del Sistema <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 20px;">  <div style="margin-left: 5px;"> <p>IMPORTANTE</p> <hr style="border: 1px solid black; margin-top: 5px;"/> <ul style="list-style-type: none"> - Leer con atención este manual antes de operar el sistema. - Verificar el correcto estado de todos los elementos del sistema, cables y circuitos antes de ejecutar el programa de control. - Realizar una correcta polarización de los motorreductores: <p>Tanto el motorreductor 1 como el motorreductor 2 poseen una señal tipo óvalo junto a uno de sus terminales de polarización que indica que allí se conectará el negativo de su alimentación.</p> <p>Debido a la programación de control del sistema es muy importante conectar correctamente la polarización a los motorreductores para que el sistema se mueva y ubique al panel solar en la dirección del sol.</p> </div> </div>		

ANEXO P	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	P - 3
----------------	--	--------------

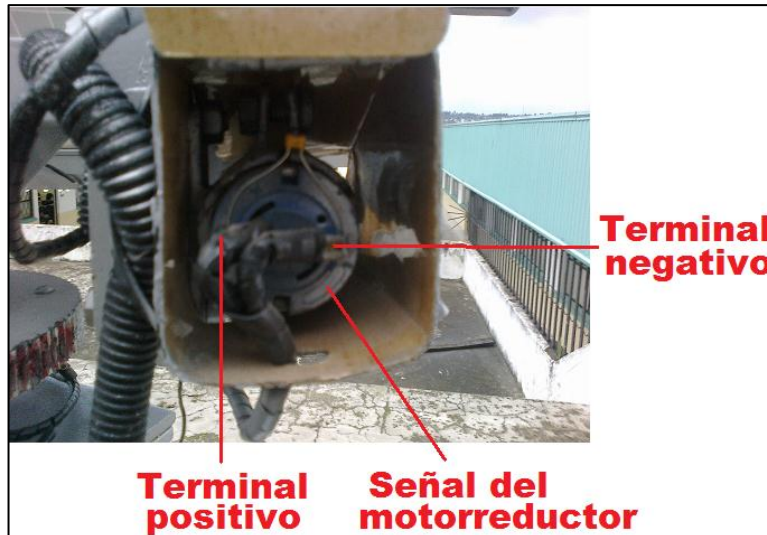


Figura P1: Correcta polarización de los motorreductores



DESCRIPCIÓN DE LA HMI

- PANEL PRINCIPAL**

Este panel contiene indicadores visuales como valores de radiación solar, parámetros de posición del panel móvil y todas las alarmas que permiten al usuario visualizar si existe alguna anomalía durante el funcionamiento del sistema. En el siguiente gráfico se muestra los componentes del panel principal:



1. PERFIL DE RADIACIÓN SOLAR.

Este indicador grafica los perfiles de radiación solar en W/m² del panel fijo y móvil en tiempo real.

2. INDICADOR DE ALERTA DE LA TARJETA 1





Muestra el estado de la tarjeta controladora del motorreductor 1. Los estados posibles son los siguientes:









Tarjeta 1 encendida. Estado normal de funcionamiento.



Tarjeta 1 apagada. Revisar la tabla de “Posibles fallos y soluciones del sistema” que se encuentra al final de este manual.

ANEXO P	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	P - 5
<p>3. INDICADOR DE ALERTA DE LA TARJETA 2</p> <p>Muestra el estado de la tarjeta controladora del motorreductor 2. Los estados posibles son los siguientes:</p> <p> Tarjeta 2 encendida. Estado normal de funcionamiento.</p> <p> Tarjeta 2 apagada. Revisar la tabla de “Posibles fallos y soluciones del sistema” que se encuentra al final de este manual.</p> <p>4. INDICADOR DE ALERTA DEL FINAL 1</p> <p>Indican si el final de carrera 1 ha sido activado por el movimiento de azimut de la estructura. Presenta dos estados de funcionamiento:</p> <p> Final de carrera 1 desactivado. Funcionamiento normal</p> <p> Final de carrera 1 activado. En color amarillo indica que la estructura esta en el límite de su movimiento permitido, si está funcionando correctamente en máximo 10 segundos el final de carrera se desactivará y su indicador volverá a su estado NORMAL, caso contrario revisar la tabla de “Posibles fallos y soluciones del sistema”.</p>		

ANEXO P	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	P - 6
<p>5. INDICADOR DE ALERTA DEL FINAL 2</p> <p>Indican si el final de carrera 2 ha sido activado por el movimiento de azimut de la estructura. Presenta dos estados de funcionamiento:</p> <p> Final de carrera 2 desactivado. Funcionamiento normal</p> <p> Final de carrera 2 activado. En color amarillo indica que la estructura esta en el límite de su movimiento permitido, si está funcionando correctamente en máximo 10 segundos el final de carrera se desactivará y su indicador volverá a su estado NORMAL, caso contrario revisar la tabla de “Posibles fallos y soluciones del sistema”.</p> <p>6. INDICADOR DE ALERTA DEL FINAL 3</p> <p>Indican si el final de carrera 3 ha sido activado por el movimiento de elevación de la estructura. Presenta dos estados de funcionamiento:</p> <p> Final de carrera 3 desactivado. Funcionamiento normal</p> <p> Final de carrera 3 activado. En color amarillo indica que la estructura esta en el límite de su movimiento permitido, si está funcionando correctamente en máximo 10 segundos el final de carrera se desactivará y su indicador volverá a su estado NORMAL, caso contrario revisar la tabla de “Posibles fallos y soluciones del sistema”.</p>		

ANEXO P	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	P - 7
<p>7. INDICADOR DE ALERTA DEL FINAL 4</p> <p>Indican si el final de carrera 4 ha sido activado por el movimiento de elevación de la estructura. Presenta dos estados de funcionamiento:</p> <p> Final de carrera 4 desactivado. Funcionamiento normal</p> <p> Final de carrera 4 activado. En color amarillo indica que la estructura esta en el límite de su movimiento permitido, si está funcionando correctamente en máximo 10 segundos el final de carrera se desactivará y su indicador volverá a su estado NORMAL, caso contrario revisar la tabla de “Posibles fallos y soluciones del sistema”.</p> <p>8. BOTÓN HISTORIAL</p> <p>Al presionarlo aparece la ventana HISTORIAL que servirá para mostrar los perfiles de radiación solar almacenados en el computador.</p> <p>Ver detalles de la ventana Historial en Panel Secundario.</p> <p>9. BOTÓN STOP</p> <p>Al mantener presionado este botón durante 2 segundos detiene el programa de control de manera segura.</p> <p>10. INDICADORES DE LATITUD, ALTURA Y AZIMUT SOLAR</p> <p>Muestran el valor de la latitud para la ciudad de Latacunga, el ángulo de elevación y el ángulo de azimut solar.</p>		

11. INDICADORES DE RADIACIÓN MÁXIMA

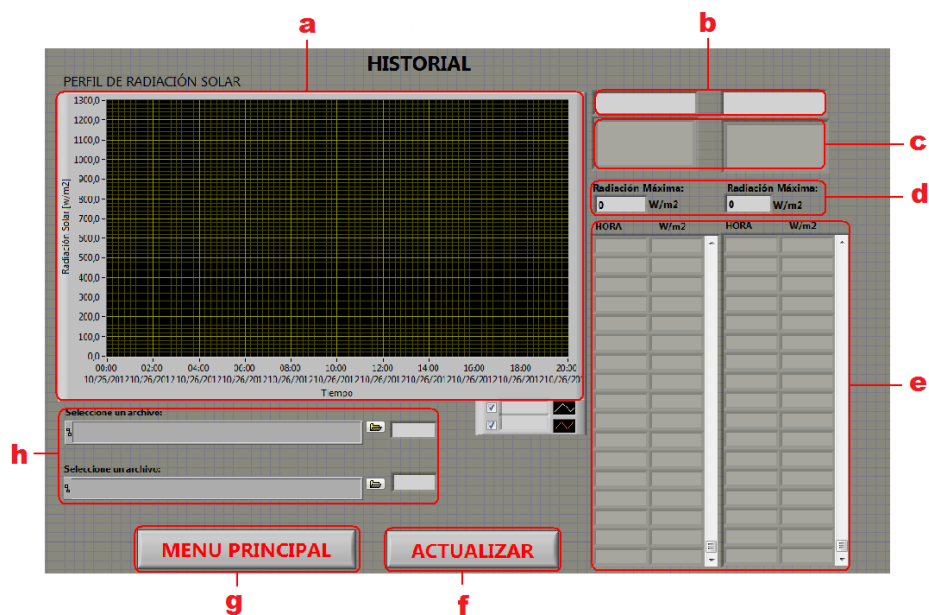
Indican los valores de radiación máxima en W/m² para el panel fijo y móvil, desde que se ejecutó el programa. Si por algún motivo el programa se detiene mediante el botón **STOP** o se apaga el computador, el valor de este indicador se reinicia y empieza a mostrar el nuevo valor máximo de la radiación solar.


12. INDICADORES DE RADIACIÓN ACTUAL

Indican los valores de radiación solar en W/m², del panel fijo y móvil en tiempo real.

- **PANEL SECUNDARIO**

Llamado también ventana **Historial**, esta ventana consta de las siguientes partes:



ANEXO P	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	P - 9
<p>a. Perfil de radiación solar de los paneles fijo y móvil. Grafica los perfiles de radiación de los archivos seleccionados.</p> <p>b. Nombre de los archivos seleccionados Publica el nombre de los archivos seleccionados. Hay dos opciones: PANEL FIJO o PANEL MOVIL.</p> <p>c. Fecha del archivo seleccionado Despliega la fecha de los archivos seleccionados.</p> <p>d. Radiación solar máxima Muestra la radiación solar máxima de los valores del archivo.</p> <p>e. Tabla de valores Despliega todos los valores almacenados en la hoja de cálculo con su respectiva hora.</p> <p>f. Botón ACTUALIZAR Mediante este botón se actualiza la gráfica de los perfiles de radiación solar escogidos.</p> <p>g. Botón MENÚ PRINCIPAL Sirve para regresar al MENÚ PRINCIPAL.</p> <p>h. Selección de archivos. Permite escoger dos archivos de Excel que poseen los datos almacenados de las mediciones de radiación solar realizadas por el sistema. Para seleccionar los archivos se presiona el siguiente icono:  y buscamos en la dirección de memoria del computador:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para el panel fijo: C:\HISTORIAL\FIJO - Para el panel móvil: C:\HISTORIAL\MOVIL 		

OPERACIÓN DEL SISTEMA

Para un correcto funcionamiento del sistema se recomienda seguir los siguientes pasos:

- I. Revisar que todos los cables se encuentren conectados correctamente a los circuitos de control.
- II. Encender el sistema presionando el Interruptor de *encendido/apagado* colocado en la caja metálica que posee los circuitos de control.
- III. Conectar la DAQ a la PC.
- IV. Encender el computador del sistema.
- V. Abrir el programa en LABVIEW mediante el acceso directo creado en el escritorio con nombre: **MEDIDOR DE RADIACIÓN SOLAR**.

Acceso al programa en LABVIEW



VI. Ejecutar el programa mediante la opción **RUN**:



VII. Asegurarse que las alertas de las tarjetas 1 y 2 presenten el estado **ON** y las alertas de los finales 1, 2, 3 y 4 presenten el estado **NORMAL**. Si se presenta alguna alarma revisar la tabla de “Posibles Fallas y soluciones del Sistema”




Una vez ejecutado el programa y de no existir ninguna alarma, el panel automáticamente se posicionará en dirección al sol según la hora del sistema diariamente.


- VIII. Los cuatro indicadores de radiación solar deben indicar el valor de radiación solar.

RADIACIÓN ACTUAL [W/m ²]		RADIACIÓN MÁXIMA [W/m ²]		LATITUD
PANEL FIJO	1245	MÁXIMO FIJO	1245	-1
PANEL MOVIL	1123	MÁXIMO MOVIL	1123	ALTURA SOLAR
				60
				AZIMUT SOLAR
				150

- IX. El sistema está listo para ubicarse automáticamente desde las 05:00 hasta las 18:30 diariamente, mientras el sistema no presente fallas. Los valores de radiación solar se almacenarán cada minuto.

- X. Para acceder al HISTORIAL de los datos de radiación solar medidos pulse el botón:



- XI. Damos clic en los iconos:  y escogemos los archivos para el panel fijo y móvil.



archivos en Excel

- XII. Actualizamos los perfiles de radiación solar mediante el botón **ACTUALIZAR**:

ACTUALIZAR

- XIII. Para regresar al menú principal presione el botón **MENÚ PRINCIPAL**:

MENU PRINCIPAL

TABLA DE POSIBLES FALLOS Y SOLUCIONES DEL SISTEMA

FALLA	CAUSA	SOLUCIÓN	
Tarjetas controladoras de motores apagadas	Final auxiliar 1 activado	Desconectar los cables amarillo-negro de la tarjeta controladora de motor 1. Enviar 10Vdc por los cables que fueron desconectados. Amarillo(-); Negro (+)	
	Final auxiliar 2 activado	Desconectar los cables amarillo-negro de la tarjeta controladora de motor 1. Enviar 10Vdc por los cables que fueron desconectados. Amarillo(+); Negro (-)	
	Final auxiliar 3 activado	Desconectar los cables amarillo-negro de la tarjeta controladora de motor 2. Enviar 10Vdc por los cables que fueron desconectados. Amarillo(+); Negro (-)	
	Final auxiliar 4 activado	Desconectar los cables amarillo-negro de la tarjeta controladora de motor 2. Enviar 10Vdc por los cables que fueron desconectados. Amarillo(-); Negro (+)	
	Fallo en la fuente de alimentación 12Vdc		Revisar suministro de 110Vac hacia la fuente
			Revisar las borneras de alimentación de las tarjetas controladoras de motores
			Reemplazar la fuente de alimentación de 12 Vdc
	Fallo en las tarjetas controladoras de motores		Revisar el correcto funcionamiento según la guía de usuario de la tarjetas
			Revisar los cables de entrada y salida de señales
			Reemplazar las tarjetas
Fallo en las tarjetas de seguridad		Chequear el correcto funcionamiento de la tarjeta que contiene el optoacoplador	

TABLA DE POSIBLES FALLOS Y SOLUCIONES DEL SISTEMA

FALLA	CAUSA	SOLUCIÓN
Motorreductores no giran	Borneras y terminales de conexión flojas	Ajustar correctamente cables y terminales a las borneras
	Tarjetas controladoras de motores apagadas	Revisar las soluciones detalladas anteriormente para este problema
	Poco suministro de energía de la fuente de alimentación	Verificar el correcto nivel de energía suministrado por la fuente de 12Vdc
	Motores averiados	Reemplazar los motores por otros de iguales características técnicas
	Sin señal de control	Comprobar el correcto nivel de voltaje en las entradas de control de las tarjetas de los motores
La estructura mecánica no se mueve	Falla en las tarjetas controladoras de motores	Revisar las soluciones detalladas anteriormente para este problema
	Motorreductores no giran	Revisar las soluciones detalladas anteriormente para este problema
	Atascamiento del sistema de engrane y tornillo sin fin	Lubricar el sistema de transmisión de movimiento con grasa
	Fallo del software de control	Revisar el suministro de energía del computador Revisar si el programa de control se encuentra ejecutándose

Latacunga, 26 de Octubre del 2012

AUTORÍA

ELABORADO POR:

Luis Alberto Pabón Herrera

CC: 180413859-0

Diana Gabriela Tonato Paucar

CC: 180429015-1

APROBADO POR:

Ing. Eddie Galarza
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO POR:

Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO