



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA  
PUBLICITARIO ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR, Y  
CONTROLADO CON UN RELÉ INTELIGENTE (ZELIO)”**

**CHUQUÍN VASCO NELSON SANTIAGO**

**MÁRQUEZ SAÑAY FERNANDO RICARDO**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO**

Riobamba – Ecuador

2011

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA PUBLICITARIO ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR, Y CONTROLADO CON UN RELÉ INTELIGENTE (ZELIO)”**

**POR:**

CHUQUÍN VASCO NELSON SANTIAGO

MÁRQUEZ SAÑAY FERNANDO RICARDO

Egresados de la Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de la  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

**TESIS**

Entregada como parcial complementación de los requerimientos

para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico en la

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba – Ecuador  
2011

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Marzo 28 del 2010

Fecha

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**NELSON SANTIAGO CHUQUÍN VASCO**

---

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA PUBLICITARIO  
ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR, Y CONTROLADO CON UN RELÉ  
INTELIGENTE (ZELIO)”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

f) Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO FACULTAD MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

f) Ing. Jorge Lema M.  
DIRECTOR DE TESIS

---

f) Ing. Rodrigo Díaz.  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CHUQUÍN VASCO NELSON SANTIAGO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA PUBLICITARIO ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR, Y CONTROLADO CON UN RELÉ INTELIGENTE (ZELIO)”

**Fecha de Examinación:** Marzo 28 del 2011

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. Geovanny Novillo (Presidente TribunalDefensa)			
ING. Jorge Lema (Director de Tesis)			
ING. Rodrigo Díaz (Asesor)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Marzo 28 del 2011

Fecha

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**MÁRQUEZ SAÑAY FERNANDO RICARDO**

---

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA PUBLICITARIO  
ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR, Y CONTROLADO CON UN RELÉ  
INTELIGENTE (ZELIO)”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

f) Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO FACULTAD MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

f) Ing. Jorge Lema M.  
DIRECTOR DE TESIS

---

f) Ing. Rodrigo Díaz.  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** MÁRQUEZ SAÑAY FERNANDO RICARDO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA PUBLICITARIO ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR, Y CONTROLADO CON UN RELÉ INTELIGENTE (ZELIO)”

**Fecha de Examinación:** Marzo 28 del 2011

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. Geovanny Novillo (Presidente Tribunal Defensa)			
ING. Jorge Lema (Director de Tesis)			
ING. Rodrigo Díaz (Asesor)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos: teórico - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

f) Nelson Santiago Chuquín Vasco

---

f) Fernando Ricardo Márquez Sañay

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa politécnica, y en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, que en el transcurso de estos años supo brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad y sobre todo para el país.

Y en especial para todos mis familiares, profesores, amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa mi vida.

**Nelson Santiago Chuquín Vasco.**

Me permito extender mi sincero agradecimiento a todos quienes conforman la Escuela de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH: autoridades, profesores, empleados y amigos en general ya que de una u otra manera colaboraron para que se plasmara el logro más importante de mi vida estudiantil.

En especial mi agradecimiento infinito a los ingenieros Jorge Lema y Rodrigo Díaz quienes con su amplio conocimiento profesional asistieron en la elaboración de la presente Tesis de Grado.

**Fernando Ricardo Márquez Sañay.**



## **DEDICATORIA**

A mi divino niño por toda la sabiduría t tranquilidad brindad en cada momento de mi vida.

Al esfuerzo, sacrificio y amor de mis padrea Nelson Eduardo Chuquín Lozada y Laura Patricia Vasco Ortiz por todo el apoyo brindado y por siempre estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida y de mis estudios.

Al inmensurable e incondicional apoyo de mis hermanos, tíos, primos y amigos les agradezco de todo corazón, además este título va para todas las personas que nunca creyeron en mis conocimientos.

A todos quienes forman parte de la escuela de ingeniería mecánica sobre todo un agradecimiento profundo a mis maestros y en especial a doña Laurita por todo el apoyo brindado siempre.

**Nelson Santiago Chuquín Vasco.**

A Dios: por brindarme el conocimiento y llenarme de perseverancia en los momentos difíciles.

A mis padres: Galo Márquez y Azucena Sañay a quienes les pertenece gran parte de este triunfo, gracias por su apoyo incondicional. A mis hermanos: Alexandra y Fabián por demostrarme que somos una familia unida.

A mi esposa Jacqueline y mi hijo Fernandito, gracias a su amor y motivación diaria me impulsaron a llegar a la meta.... No los defraudaré.

**Fernando Ricardo Márquez Sañay.**

## TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>		<u>PÁGINA</u>
<b>1.</b>	<b>GENERALIDADES</b>	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo general.....	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
<b>2.</b>	<b>ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA</b>	
2.1	Generación eléctrica en Ecuador.....	4
2.1.1	Emisión de gases de efecto invernadero en Ecuador y el área andina.....	6
2.2	La importancia de la reducción de emisiones contaminantes.....	8
2.3	Protocolo de Kioto.....	11
2.4	El futuro de la energía solar fotovoltaica en Ecuador.....	13
2.4.1	Beneficios ambientales de los sistemas fotovoltaicos.....	13
2.4.2	Incentivo del Estado ecuatoriano a la generación fotovoltaica.....	14
<b>3.</b>	<b>ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y EL POTENCIAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA</b>	
3.1	Energías renovables.....	17
3.2	Energía solar fotovoltaica.....	18
3.2.1	Células fotovoltaicas.....	19
3.2.2	Fundamentos de los sistemas fotovoltaicos.....	23
3.2.2.1	El efecto fotoeléctrico.....	24
3.2.2.2	Efecto de la temperatura.....	26
3.2.2.3	Efecto de la radiación incidente.....	27
3.2.3	Ventajas de la energía solar fotovoltaica.....	29

3.3	La radiación solar.....	30
3.3.1	El potencial de radiación solar terrestre.....	32
3.3.2	Instrumentos de medición solar.....	34
3.3.3	Medición de la irradiación total.....	36
3.3.3.1	Mediciones de heliofanía y temperatura promedio.....	37

#### **4. LOS DISTINTOS TIPOS DE ILUMINACIÓN**

4.1	Características de los tipos de iluminación.....	40
4.2	La iluminación actualmente utilizada en sistemas publicitarios.....	42
4.2.1	Iluminación incandescente.....	42
4.2.2	Iluminación halógena.....	43
4.2.3	Iluminación fluorescente.....	44
4.2.4	Iluminación fluorescente CFL (Compact fluorescent light).....	46
4.2.5	Iluminación neón.....	47
4.2.6	Iluminación LED.....	48
4.2.6.1	Que es un LED?.....	49
4.2.6.2	Módulos LED.....	49
4.2.6.3	Aplicación tecnología LED.....	50
4.2.6.4	Ventajas de los módulos LED.....	50
4.2.6.5	Mercado potencial tecnología LED.....	51
4.2.6.6	Características generales.....	51
4.3	Comparación eficacia y eficiencia luminosa en sistemas de iluminación.....	51
4.4	Relación de costos módulos led/otro tipo de iluminación.....	52

#### **5. DISEÑO DE LA PUBLICIDAD Y SISTEMA DE ROTULACION**

5.1	La publicidad.....	55
5.1.1	Características de la publicidad.....	56
5.1.2	Funciones de la publicidad.....	56
5.2	Metodología del diseño de la publicidad.....	57
5.2.1	Análisis de contenido.....	58

5.2.2	Definición y selección del material.....	59
5.2.2.1	Letras de alto relieve.....	59
5.2.2.2	Tipos de iluminación.....	60
5.3	Diseño de la publicidad (material y tamaño).....	61

## **6. CALCULO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO**

6.1	Componentes del sistema solar fotovoltaico.....	62
6.1.1	Paneles solares fotovoltaicos.....	64
6.1.1.1	Comportamiento del panel fotovoltaico.....	66
6.1.1.2	HPS (paneles solares fotovoltaicos).....	69
6.1.1.3	Potencia de los paneles solares fotovoltaicos.....	71
6.1.2	Regulador de carga.....	71
6.1.3	Inversor de voltaje.....	73
6.1.4	Baterías o acumuladores.....	75
6.1.4.1	Características de las baterías.....	77
6.1.4.2	Mantenimiento y vida útil de los acumuladores.....	78
6.2	Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico.....	78
6.2.1	Energía total de consumo.....	79
6.2.2	Cálculo y selección del número de paneles solares.....	81
6.2.2.1	Factores para la colocación de los paneles fotovoltaicos.....	85
6.2.3	Cálculo y selección de la batería de almacenamiento.....	88
6.2.4	Cálculo y selección del regulador de carga.....	90
6.2.5	Selección del inversor.....	91
6.2.6	Cálculo y selección del conductor.....	91
6.3	Pérdidas en un sistema fotovoltaico.....	95
6.4	Instalación y consideraciones de los sistemas solares fotovoltaicos.	98
6.4.1	Instrucciones de seguridad.....	98
6.4.2	Equipos, accesorios, herramientas e instrumentos.....	99
6.4.3	Protocolo de inspección visual de los equipos.....	100
6.4.4	Etapas de la instalación.....	101
6.4.4.1	Etapa A. Aspectos mecánicos.....	101
6.4.4.2	Etapa B. Aspectos eléctricos.....	104
6.4.4.3	Etapa C. Aspectos operacionales.....	106

6.4.5	Problemas frecuentes de los sistemas fotovoltaicos.....	108
6.5	Potencia real adquirida por el panel de 100Wp.....	108
6.5.1	Día miércoles 9 de febrero/2011.....	109
6.5.2	Día domingo 13 de febrero/2011.....	110
6.5.3	Día lunes 28 de febrero/2011.....	111
6.5.4	Día martes 01 de marzo/2011.....	112
6.5.5	Día jueves 03 de marzo/2011.....	114
6.6	Importancia del factor inclinación panel fotovoltaico (Radiación 100W).....	115

## **AUTOMATIZACIÓN DEL ENCENDIDO DEL RÓTULO**

### **7. PUBLICITARIO A TRAVÉS DE UN RELÉ INTELIGENTE (ZELIO)**

7.1	Técnicas de control.....	116
7.1.1	Factores del control.....	117
7.2	Relé Inteligente ZELIO.....	117
7.2.1	Aplicaciones de los relés inteligentes Zelio.....	118
7.2.2	Ventajas relé Zelio.....	119
7.2.3	Desventajas relé Zelio.....	120
7.3	Características del Zelio SR2 B121 FU.....	120
7.3.1	Elementos del Zelio SR2 B121 FU.....	121
7.4	Particularidades, consideraciones y alternativas de selección.....	122
7.5	Diseño del circuito eléctrico de conexión del Zelio SR2 B121 FU..	122
7.6	Montaje y desmontaje.....	123
7.6.1	Condiciones de funcionamiento.....	124
7.7	Funcionamiento del sistema de control (programación).....	125
7.7.1	Requisitos de sistemas operativos.....	126
7.7.2	Software Zelio soft 2.....	126
7.7.3	Tipos de programación software Zelio Soft 2.....	130
7.7.3.1	Esquema de contactos KOP.....	131
7.7.3.2	Diagrama de funciones FUP.....	135
7.8	Tutorial de funcionamiento del sistema de iluminación (programa LADDER).....	137

## **8. ANÁLISIS ECONÓMICO**

8.1	Análisis de costos del sistema fotovoltaico, de iluminación y automatización en su totalidad.....	139
8.1.1	Costos directos.....	139
8.1.2	Costos indirectos.....	141
8.1.3	Costo total.....	142
8.1.4	Fórmula de reajuste.....	142
8.2	Análisis del precio de la energía solar generada en Ecuador.....	143
8.3	Tiempo de recuperación de la inversión y valor real del KWh generado por el sistema diseñado.....	143

## **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

9.1	Conclusiones.....	146
9.2	Recomendaciones.....	150

BIBLIOGRAFIA

LINKOGRAFIA.

ANEXOS

PLANOS

## LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	GENERACIÓN ELÉCTRICA METODOS CONVENCIONALES 1 KWh...	11
2.2	PRECIOS DE KWh GENERADOS CON ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES.....	16
3.1	HELIOFANÍA DE RIOBAMBA (horas sol / día ).....	38
3.2	TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO RIOBAMBA (°C).....	39
4.1	EFICIENCIA ENERGÉTICA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.....	52
4.2	COMPARACIÓN CONSUMO/COSTO SISTEMAS DE ILUMINACIÓN...	54
6.1	UNIDADES DE ENERGÍA SOLAR Y FACTORES DE CONVERSIÓN.....	79
6.2	ÁNGULOS DE INCLINACIÓN, FUNCIÓN DE LA LATITUD DEL LUGAR.....	88
6.3	CALIBRE DE CONDUCTORES AWG Y SUS DIÁMETROS DE CABLE..	94
6.4	EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZAR.....	99
6.5	HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR.....	99
6.6	VERIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS BÁSICOS.....	100
6.7	ETAPAS DEL PROCESO DE INSTALACIÓN.....	101
6.8	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	107
6.9	PROBLEMAS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	108
6.10	DÍA MIÉRCOLES 9 DE FEBRERO/2011.....	109
6.11	DÍA DOMINGO 13 DE FEBRERO/2011.....	110
6.12	DÍA LUNES 28 DE FEBRERO/2011.....	111
6.13	DÍA MARTES 1 DE MARZO/2011.....	113
6.14	DÍA JUEVES 3 DE MARZO/2011.....	114
6.15	IMPORTANCIA INCLINACIÓN PANEL FOTOVOLTAICO.....	115
7.1	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO ZELIO SR2 B121 FU.....	124
8.1	COSTOS DIRECTOS.....	140
8.2	COSTOS INDIRECTOS (30%).....	141
8.3	COSTOS TOTALES.....	142

## LISTA DE FIGURAS

<b><u>FIGURA</u></b>		<b><u>PÁGINA</u></b>
2.1	Generación eléctrica Ecuador 2010.....	4
2.2	Generación eléctrica Ecuador 2010.....	5
2.3	Emisiones de CO <sub>2</sub> por generación eléctrica.....	6
2.4	Aumento de la temperatura en los próximos 100 años debido al efecto invernadero.....	7
2.5	Porcentaje de emisiones de CO <sub>2</sub> en el área andina.....	8
2.6	Efecto invernadero y calentamiento global.....	9
2.7	Niveles de CO <sub>2</sub> en la atmósfera durante los últimos 300.00 años.....	10
2.8	El protocolo de Kioto del 2008-2012.....	12
3.1	Energía solar fotovoltaica.....	18
3.2	Célula fotovoltaica.....	19
3.3	Diagrama interno de una fotocelda.....	20
3.4	Panel formado con células de silicio monocristalino.....	21
3.5	Panel formado con células de silicio policristalino.....	21
3.6	Panel formado con células de silicio amorfo.....	22
3.7	Fabricación de una celda fotovoltaica.....	23
3.8	Sistema fotovoltaico simple.....	24
3.9	El efecto fotoeléctrico.....	25
3.10	Efecto de la temperatura.....	26
3.11	Efecto de la radiación incidente.....	28
3.12	La radiación solar mundial.....	31
3.13	Radiación directa, difusa y reflejada.....	32
3.14	Radiación solar sobre Ecuador.....	33
3.15	Radiación solar sobre América del Sur.....	34
3.16	Heliógrafo tipo Campbell Stokes.....	35
3.17	El piranómetro.....	36
3.18	El solarímetro fotovoltaico.....	36
4.1	Intensidad luminosa.....	41
4.2	Iluminancia.....	41
4.3	El foco incandescente.....	42
4.4	El foco halógeno.....	43
4.5	El foco fluorescente T8.....	44
4.6	El foco ahorrador o CFL.....	46
4.7	Iluminación neón.....	47
4.8	Módulos LED.....	49
4.9	Comparación lúmenes por vatio consumido de sistemas de iluminación...	53
5.1	Ejemplo de publicidad.....	55
5.2	Letras en alto relieve.....	59
5.3	Esquema para la elaboración del letrero luminoso.....	61
6.1	Sistema solar fotovoltaico con cargas de corriente alterna.....	63



6.2	Sistema solar fotovoltaico con cargas de corriente continua.....	63
6.3	Elementos de un panel fotovoltaico.....	64
6.4	Paneles solares con exposición solar.....	67
6.5	Diagrama HPS (horas de pico solar).....	69
6.6	Mapa solar de HPS.....	70
6.7	Regulador de carga Morningstar – SunSavere.....	72
6.8	Conexiones del regulador de carga.....	73
6.9	Inversor de voltaje VECO 400 Watt.....	74
6.10	Baterías de almacenamiento de energía solar Millenium.....	76
6.11	Baterías libres de mantenimiento de ciclo profundo.....	78
6.12	Módulos LED utilizados en el letrero luminoso.....	80
6.13	Ángulo de orientación.....	86
6.14	Ángulo de inclinación.....	87
6.15	Latitud de Riobamba de acuerdo a google earth.....	87
6.16	Pérdida en sistemas fotovoltaicos.....	95
6.17	Pérdida en sistemas fotovoltaicos.....	97
6.18	Instalación de un sistema fotovoltaico con seguridad.....	98
6.19	Posibilidades de instalación del panel fotovoltaico.....	102
6.20	Instalación de cables en borne de la batería.....	104
6.21	Esquema general de conexiones eléctricas.....	105
6.22	Conexión de los cables con terminales tipo ojo.....	106
7.1	Relés inteligentes marca Zelio.....	118
7.2	Elemento relé Zelio (1).....	121
7.2	Elemento relé Zelio (2).....	121
7.3	Circuito de alimentación de energía eléctrica Zelio.....	123
7.4	Dimensiones para montaje del relé inteligente Zelio SR2B121FU.....	124
7.5	Esquema de instalación del relé inteligente Zelio SR2B121FU.....	125
7.6	Modo simulación Zelio Soft 2.....	126
7.7	Modo run Zelio Soft 2.....	128
7.8	LADDER Zelio Soft 2.....	131
7.9	Temporizador tipo A Zelio Soft 2.....	133
7.10	Temporizador tipo T Zelio Soft 2.....	134
7.11	Temporizador tipo L o Li Zelio Soft 2.....	134
7.12	FUP Zelio Soft 2.....	135

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIACIONES

<b>Símbolo</b>	<b>Definición</b>
°C	Grados Celsius
°K	Grados Kelvin
A	Amperios
Ah	Amperios - hora
API	Autómata programable industrial
APU	Análisis de precios unitarios
Ar	Tamaño del panel solar
AUT	Días de autonomía sin brillo solar
<b>Automatización</b>	Controlar una máquina para realizar un trabajo
AWG	American Wire Gauge.
<b>Borne</b>	Terminal de conexión eléctrica de un dispositivo
cm <sup>2</sup>	Centímetros cuadrados
CO	Monóxido de carbono
CO2	Dióxido de carbono
<b>data loggers</b>	Instrumento para reunir valores de medición
DBO	Demanda biológica de oxígeno
DESC	Porcentaje de descarga de la batería.
DQO	Demanda química de oxígeno
E/S	Entradas y salidas
Ed	Consumo de energía eléctrica
EPP	Elementos de protección personal
ERNC	Energías renovables no convencionales

<b>EVA</b>	etil-vinil-acetato
<b>FUP</b>	Diagrama de funciones
<b>FV</b>	Fotovoltaico
<b>FVS</b>	Sistemas fotovoltaicos
<b>h</b>	Hora
<b>Hertz</b>	Unidad para medir la frecuencia.
<b>HPS</b>	Horas pico solar
<b>I</b>	Radiación solar incidente sobre superficie terrestre
<b>Ics</b>	Constante solar de irradiación
<b>Id</b>	Irradiación
<b>IEC 61215</b>	Normas paneles fotovoltaicos
<b>IPCC</b>	Grupo intergubernamental sobre cambios climáticos
<b>KW-h</b>	Kilowatio hora
<b>KOP</b>	Esquema de contactos o LADDER
<b>LED</b>	Diodo emisor de luz
<b>Ley de Planck</b>	Intensidad de la radiación emitida por un cuerpo negro
<b>LVD</b>	Desconexión automática por bajo voltaje
<b>m/s</b>	Metros sobre segundo
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>mA</b>	Miliamperios
<b>Mb</b>	Megabytes
<b>MDL</b>	Mecanismo de desarrollo limpio
<b>mm</b>	Milímetros
<b>MW/m<sup>2</sup></b>	Radiación solar (megavatio por metro cuadrado)
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido de nitrógeno

<b>NH<sub>3</sub></b>	Amoniaco
<b>nm</b>	Nanómetros
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxido nitroso
<b>P</b>	Potencia
<b>Piranógrafo</b>	Instrumento medición radiación solar global
<b>Piranómetro</b>	Instrumento medición radiación directa.
<b>PLC</b>	Programable logic controller
<b>p-n</b>	Unión molecular
<b>Programa</b>	Combinación lógica de los bloques de funciones.
<b>Relé</b>	Contactador binario todo o nada
<b>Relé inteligente</b>	Autómata programable de control
<b>REND</b>	Eficiencia de la batería de almacenamiento
<b>Run</b>	Estado de acción de un dispositivo.
<b>SECE</b>	Sistema europeo de comercio de emisiones
<b>S.I.N</b>	Sistema nacional interconectado
<b>Software</b>	Programas de utilización en PC
Solarímetro	Instrumento medición solar
<b>SSFVs</b>	Sistemas solares fotovoltaicos
<b>Stop</b>	Estado de un dispositivo detenido
<b>t/año</b>	Toneladas por año
<b>Temporización</b>	Control de una acción por tiempo.
<b>V</b>	Voltaje
<b>VAC</b>	Voltaje corriente alterna
<b>VDC</b>	Voltaje corriente directa
<b>V<sub>pmax</sub></b>	Voltaje máximo

<b>V<sub>pn</sub></b>	Voltaje nominal
<b>W</b>	Wattios
<b>W/m<sup>2</sup></b>	Wattios sobre metro cuadrado
<b>Wh/día</b>	Wattios hora sobre día
<b>Wp</b>	Wattios pico
<b>μm</b>	Micrómetro

## **LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO1: Regulación No. CONELEC – 009/06
- ANEXO 2: Datos técnicos Panel fotovoltaico 100 Wp.
- ANEXO 3: Datos técnicos Controlador de carga
- ANEXO 4: Datos técnicos Batería de almacenamiento.
- ANEXO 5: Datos técnicos Inversor de voltaje 12VDC/110VCA
- ANEXO 6: Registro Oficial No. 358. Ministerio de Relaciones Laborales
- ANEXO 7: Análisis de Precios Unitarios (APU)
- ANEXO 8: Normas de calidad de aceros según norma ISO 9001.
- ANEXO 9: Procedimientos de soldadura (WPS) para aceros al carbono.
- ANEXO 10: Fotografías: instalación, medición y pruebas sistema fotovoltaico.

## SUMARIO

En la actualidad, la fuerte demanda energética está provocando un alto grado de emisiones contaminantes a la atmósfera. Es por eso que la principal aportación de la realización de este proyecto es: Contribuir con la situación ambiental del planeta procurando incentivar a la gente que la energía solar es una de las primeras alternativas para evitar el efecto invernadero, teniendo en cuenta que es un recurso renovable no contaminante.

En este trabajo investigativo se emplea la energía solar para la obtención de energía eléctrica, para poder alimentar un sistema publicitario que contará con un Relé inteligente (Zelio), el cual se encargará de sus horas de funcionamiento.

Teniendo en cuenta el consumo energético se procede a calcular la demanda de los módulos led que son utilizados en la publicidad por su eficiencia luminosa, para así poder calcular cada uno de los elementos de nuestro sistema fotovoltaico que garantizará eficientemente la demanda durante los 365 días, con una duración mínima de los equipos de alrededor de 25 años, tomado en cuenta un punto demasiado importante que en el Ecuador se tiene un promedio de 3 horas pico sol.

Como punto final se toman datos: de corriente y de voltaje reales, para determinar la capacidad de generar energía en un día soleado, nublado, lluvioso etc. Obteniendo datos tentativos de potencia (watts): Día nublado: 200W, Día soleado 80%: 350W, Día lluvioso y sol a un 20%: 120W, llegando a la certeza de que el sistema generador de energía siempre suplirá la demanda energética.

## SUMMARY

Now a day, the strong energy demand is causing a high degree of pollutant emissions to the atmosphere. That 's why the main contribution of this proyect is: Contribute with the environmental situation of the planet to encourage people to use the solar energy as one of the first alternatives to avoid greenhouse effect, taking into account that it's a renewable non polluting resource.

In this investigated work, we used the solar energy to get electrical energy, in order to feed an advertising system that would have an intelligent relay wich will be responsible for its operation hours.

Taking into account the consumption, we calculate the energy demand of the led modules that will be used in advertising by its luminous efficiency, to calculate each one of the elements of our photovoltaic system that ensure the efficiently demand during the 365 days of the year, with a minimum duration of 25 years, taking into account a very important point in Ecuador's have an average of 3 peak sun hours.

Finally, data have been taken: from real voltage and current, to determinate the capacity to produce energy in a sunny, cloudy or rainy. Getting data of power (watts); cloudy day 200 W, sunny day 80%: 350 W and rain day 20%: 120 W, with the conviction that the energy generator systems always replace the energy demand.



# CAPÍTULO I

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 Antecedentes**

La ESPOCH, desde hace más de 3 décadas, posee el potencial de contribuir al cambio y adelanto de la provincia y el país. En la actualidad y con base firme, en la Escuela de Ingeniería Mecánica se vienen desarrollando nuevas propuestas que sean beneficiosas para la ciudad y el medio ambiente. Es por ello que se ha planteado una nueva forma de generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos que aprovechen el recurso solar privilegiado de nuestro país; tecnología novedosa que sin duda aún no se ha establecido en nuestra ciudad y Ecuador en general.

En la ESPOCH no existen antecedentes documentados de investigación acerca de generación eléctrica con aprovechamiento de radiación solar, en cambio sí se ha destinado un espacio respecto al calentamiento de agua vía paneles solares térmicos y otro muy corto relacionado a la publicidad mediante rotulación de diferentes tipos.

Normalmente, los letreros luminosos tienen un costo relacionado con su funcionamiento (costo por KWh consumido) y el mantenimiento cada año, pero con la introducción de la generación solar fotovoltaica para su alimentación energética, este costo se puede reducir notablemente. El beneficio económico para los futuros propietarios de esta innovación tecnológica es evidente, además del hecho de que este tipo de letreros contribuirán a una Riobamba más ecológica.

Es común observar que para la iluminación de toda publicidad se está utilizando iluminación incandescente, fluorescente, o con neón, que es costosa y de escasa eficiencia energética. Se requiere una solución más eficiente y de igual calidad de luminosidad, como la tecnología LED. Es decir no solamente crear equipos que mejoren nuestra calidad de vida, sino que también proporcionen una actitud ambientalmente responsable, que es muy importante en la actualidad que vivimos.

## **1.2 Justificación**

Actualmente se recrimina la gran cantidad de carteles publicitarios que se sitúan sobre avenidas, edificios y calles, aumentando masivamente los niveles de contaminación visual; pero este no es el mayor inconveniente de la publicidad luminosa, su verdadera amenaza está en la enorme cantidad de energía que gastan día a día, una parte desperdiciada por sus bajas eficiencias energéticas que en conjunto suma mucho dinero. Si a esto le agregamos los problemas de generación energéticos propios de nuestro país, los cuales inclusive de cuando en cuando nos llevan a racionamientos de energía eléctrica, el problema se vuelve de vital importancia.

Es por esta razón que se pone en consideración como tesis el **DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA PUBLICITARIO ALIMENTADO ENTERAMENTE CON ENERGÍA SOLAR Y CONTROLADO MEDIANTE UN RELÉ INTELIGENTE ZELIO**. La ubicación del mismo será en la ciudad de Riobamba y estará compuesto por un sistema solar fotovoltaico transportable que funcionará en el local comercial en el cual estará dicha publicidad. El rótulo contará además con módulos LED que colaborarán al ahorro energético que tanto se requiere en nuestro país, gastando mucho menos dinero que la iluminación tradicional. Se ha considerado indispensable enfocar gran parte de esta investigación a la generación eléctrica mediante el aprovechamiento del recurso solar de nuestra ciudad y país, la capacidad de generación de los equipos y los tipos de iluminación que se utilizan actualmente comparados con la utilización de LEDs.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Diseñar, construir y realizar pruebas en un sistema publicitario con módulos LED alimentado con energía solar y controlado mediante un relé inteligente (Zelio).

### 1.3.2 Objetivos específicos

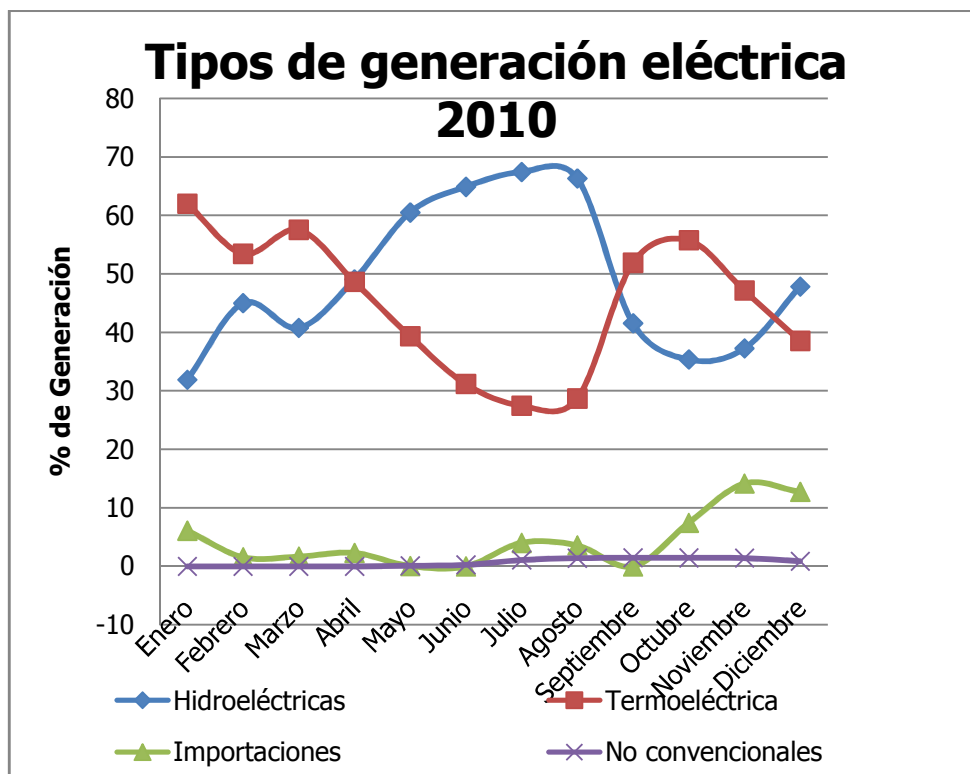
- Determinar las ventajas de la utilización de los recursos energéticos renovables no convencionales (energía solar) con respecto a los otros sistemas de generación actualmente utilizados en nuestro país.
- Estudiar y analizar el marco teórico acerca de la generación eléctrica a través de paneles fotovoltaicos: sus ventajas, limitaciones, requerimientos, eficiencias y producciones diarias.
- Realizar un estudio de disponibilidad de recursos energéticos solares en la ciudad de Riobamba, encontrando las horas pico sol, radiación solar incidente y la temperatura ambiente promedio.
- Investigar cuáles son los tipos de iluminación actualmente utilizados en publicidades señalando sus características y comparando las eficacias y eficiencias en dichos sistemas de iluminación con la iluminación LED.
- Calcular y seleccionar los diferentes componentes del sistema generador de energía solar fotovoltaica: estableciendo los pasos a seguir para una adecuada instalación y determinando las soluciones a los problemas frecuentes que se puedan encontrar en el mismo.
- Aprender analizar y programar el encendido automático del sistema publicitario mediante el relé inteligente Zelio.
- Evaluar costos directos, indirectos y totales de la realización del proyecto mediante el programa APU.

## CAPÍTULO II

### 2. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA CONVENCIONAL

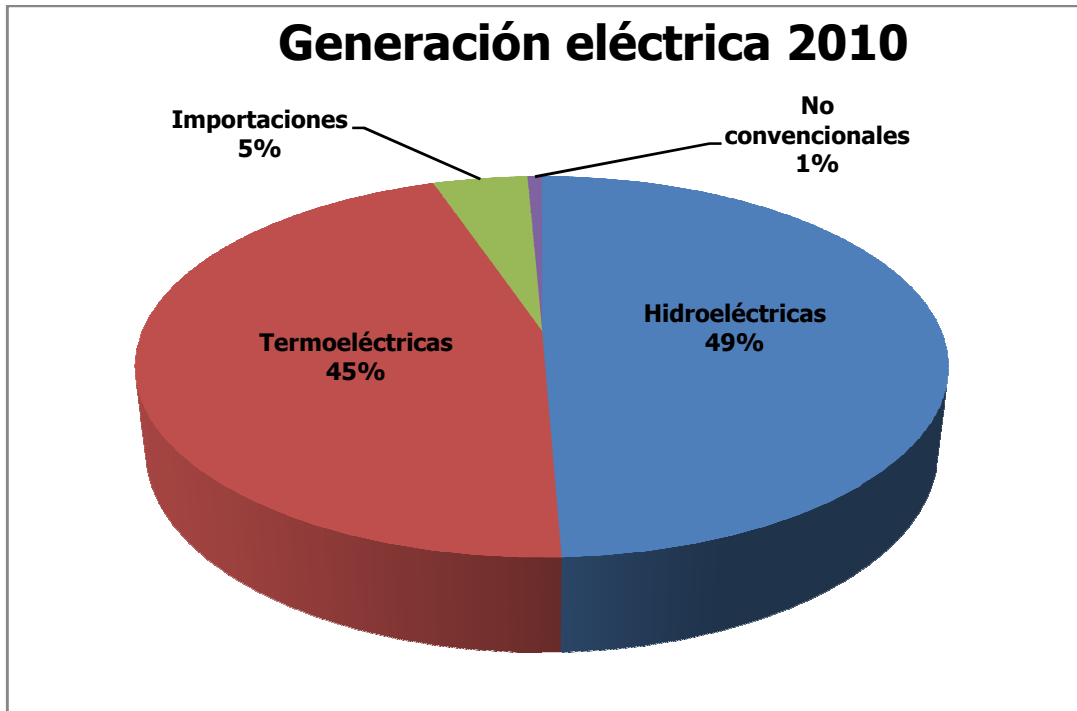
#### 2.1 Generación eléctrica en Ecuador

El Ecuador en la actualidad, debido al crecimiento de la demanda energética y a que la construcción de centrales hidroeléctricas que suplan dicha de demanda conlleva mucho tiempo en su construcción, ha incrementado su dependencia de la quema de combustibles fósiles e importaciones energéticas en los últimos años. Por ejemplo en el último año 2010, la energía eléctrica generada fue mayoritariamente aportada por las centrales hidroeléctricas ya existentes, pero cerca del 45% provino de centrales de generación energética no renovable (termoeléctricas), una cifra negativa a considerar ya que sin duda generan energía, pero a un costo alto y ambientalmente muy nocivo.



**Figura 2.1 Generación eléctrica Ecuador 2010**

Fuente: Ministerio de electricidad y energía renovable del Ecuador



**Figura 2.2 Generación eléctrica Ecuador 2010**

Fuente: Ministerio de electricidad y energía renovable del Ecuador

Analizando los resultados se determina que el sistema energético ecuatoriano es prácticamente en un 50% alimentado con energía proveniente de la quema de combustibles de origen fósil (utilizados en termoeléctricas); y de energías renovables (hidroeléctrica). En total contraste con las energías no convencionales (eólica, fotovoltaica, geotérmica, etc.), las cuales no llegan al 1% de generación.

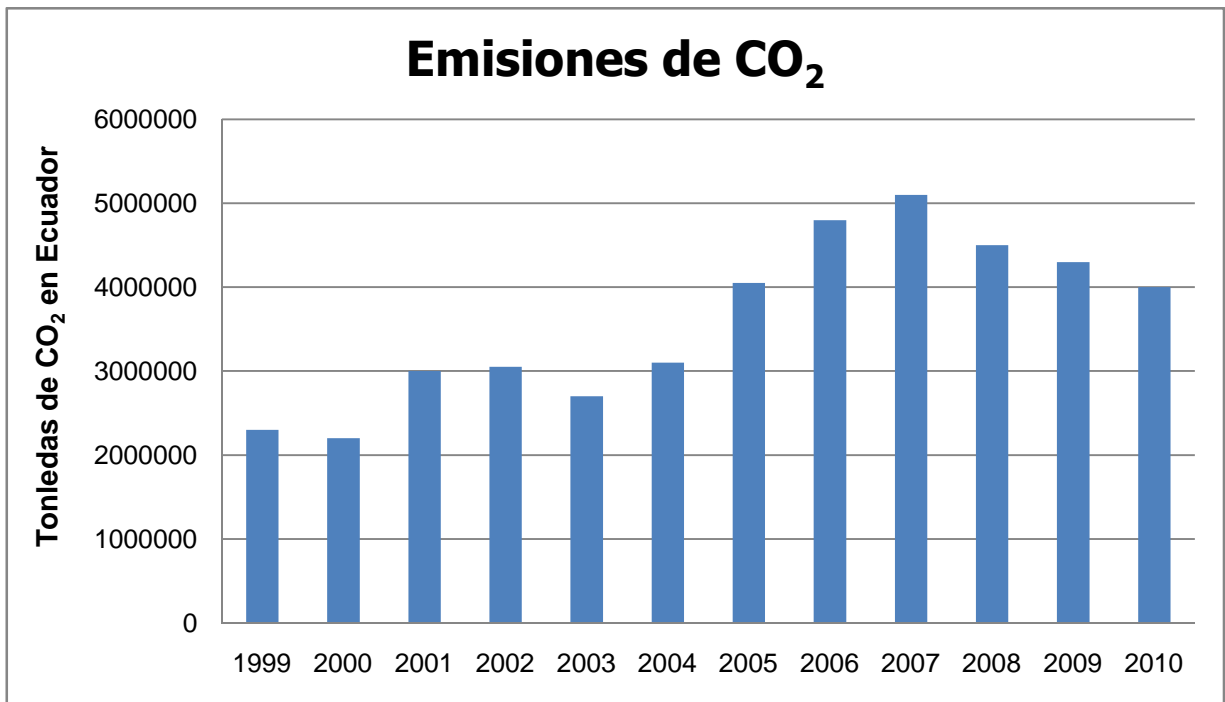
El precio medio de venta de energía en el mercado mayorista ocasional fue de 0,117 USD/kWh, cantidad relativamente alta debido a la generación eléctrica predominante de centrales térmicas y a las importaciones realizadas.

Sin duda el ecosistema es el más afectado con el sistema de generación actual en nuestro país, es por ello que el Estado ecuatoriano de acuerdo al CONELEC y el Ministerio de electricidad y energía renovable, aspiran que para el 2020 dicha generación sea mayoritaria de fuentes renovables y que alcancen un 85% del total de generación.

Si se generara energía eléctrica con métodos no convencionales como la generación fotovoltaica se estaría colaborando ambientalmente con el país.

### 2.1.1 Emisión de gases de efecto invernadero en Ecuador y el área andina

Los índices señalan que: a nivel nacional, la quema de combustibles para generación energética es la segunda causa de emisión de CO<sub>2</sub> (30%), luego de la deforestación (70%). En los últimos 4 años, se ha emitido un promedio anual de más de 4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> solamente por generación eléctrica.



**Figura2.3 Emisiones de CO<sub>2</sub> por generación eléctrica.**

Fuente: Plan Nacional de Electrificación 2009-2020.pdf – CONELEC

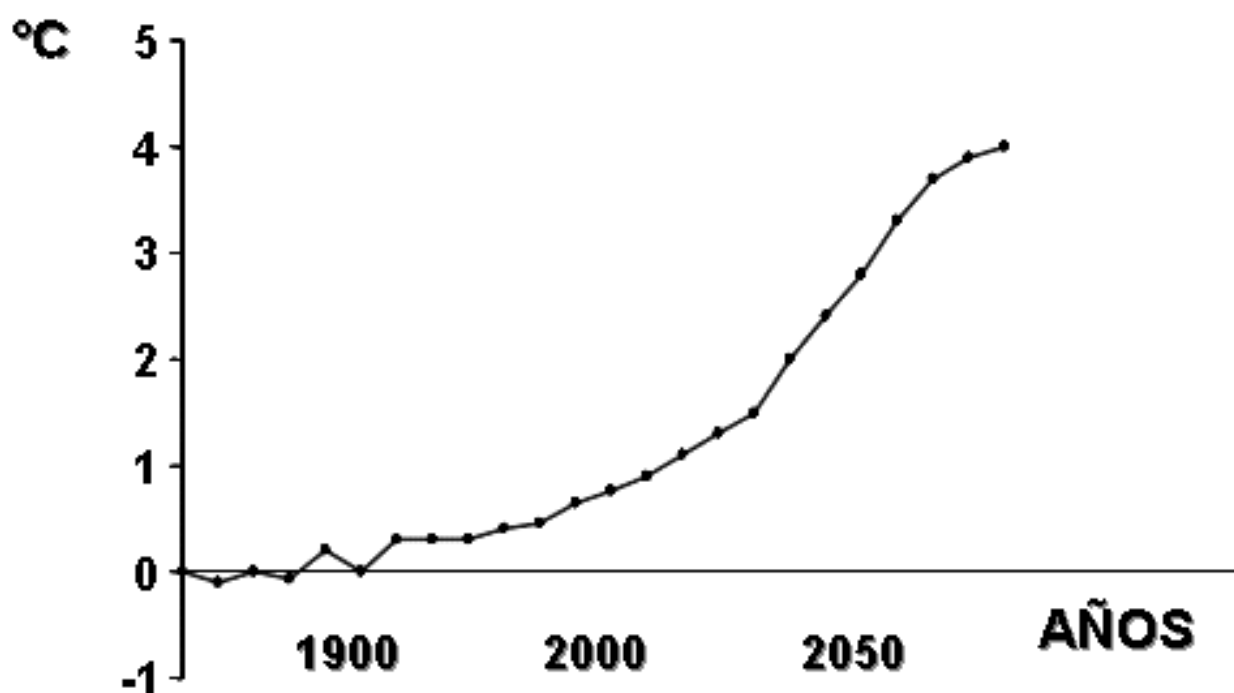
El sector termoeléctrico es la fuente más importante de gases de efecto invernadero.

Los principales gases producidos son el CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> derivados de la quema de combustibles fósiles, así como el de las minas de carbón, y de las instalaciones de hidrocarburos y gas. Los sectores transformadores: “producción de electricidad” tienen una contribución al efecto invernadero del 30 %.

Las investigaciones del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) ponen de manifiesto que las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero de origen humano, elevarán la temperatura media mundial entre 1,4 y 5,8 °C en los próximos

100 años. Dichos gases influirán también en las pautas meteorológicas, los recursos hídricos, los ciclos de las estaciones, los ecosistemas y los acontecimientos climáticos extremos.

La capacidad de absorción de las plantas y árboles de todo el mundo es alrededor de 2500 ton/año de CO<sub>2</sub>, sin embargo no llega a absorber la cantidad de dióxido de carbono emanada por los seres humanos de alrededor de 6500 ton/año. De continuarse de este modo y de no implementarse programas de eficiencia energética y/o generación renovable, la temperatura tomará un fuerte incremento.

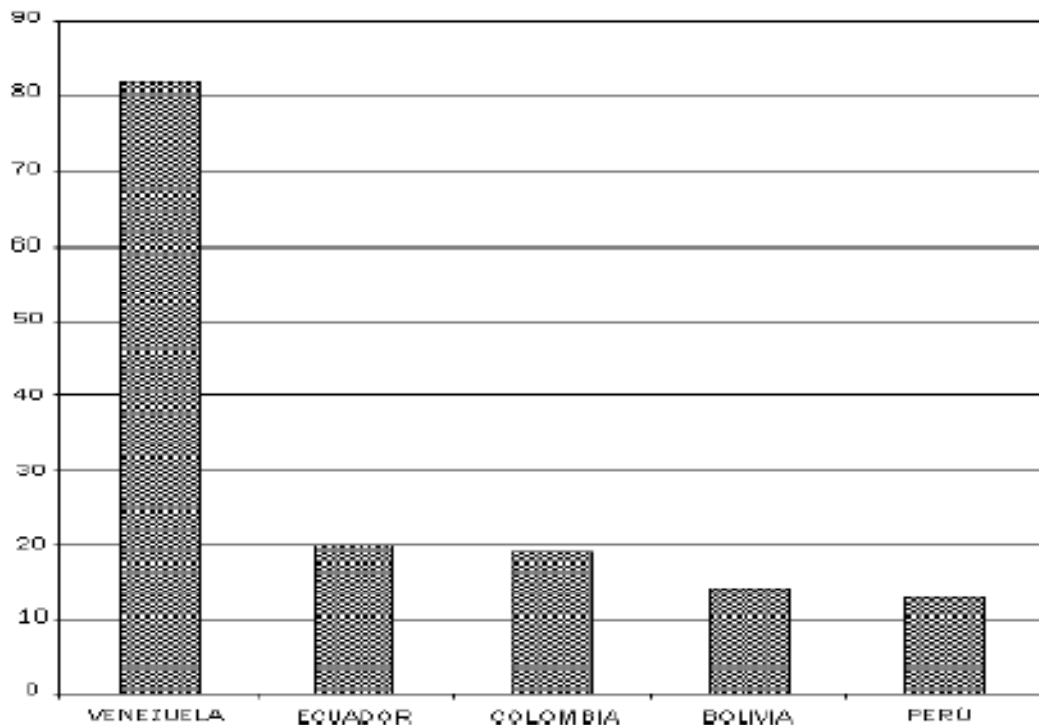


**Figura 2.4 Aumento de temperatura en los próximos 100 años debido al efecto invernadero.**

Fuente: World Resources Institute: Climate protection initiative.pdf 1999

Según las últimas investigaciones la temperatura en el siglo pasado aumentó en 0,45°C y ya se están comenzando a sentir sus efectos en la aparición de inundaciones, sequías y fenómenos naturales.

Una gran parte de esa afectación está en nuestra región debido a que en otras partes del mundo ya se han tomado cartas en el asunto. En la siguiente gráfica se muestra el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> de los países andinos por año.



**Figura 2.5 Porcentaje de emisiones de CO<sub>2</sub> en el área andina**

Fuente: Torres Mónica. Desarrollo sustentable en el Ecuador.pdf - Mayo 1999

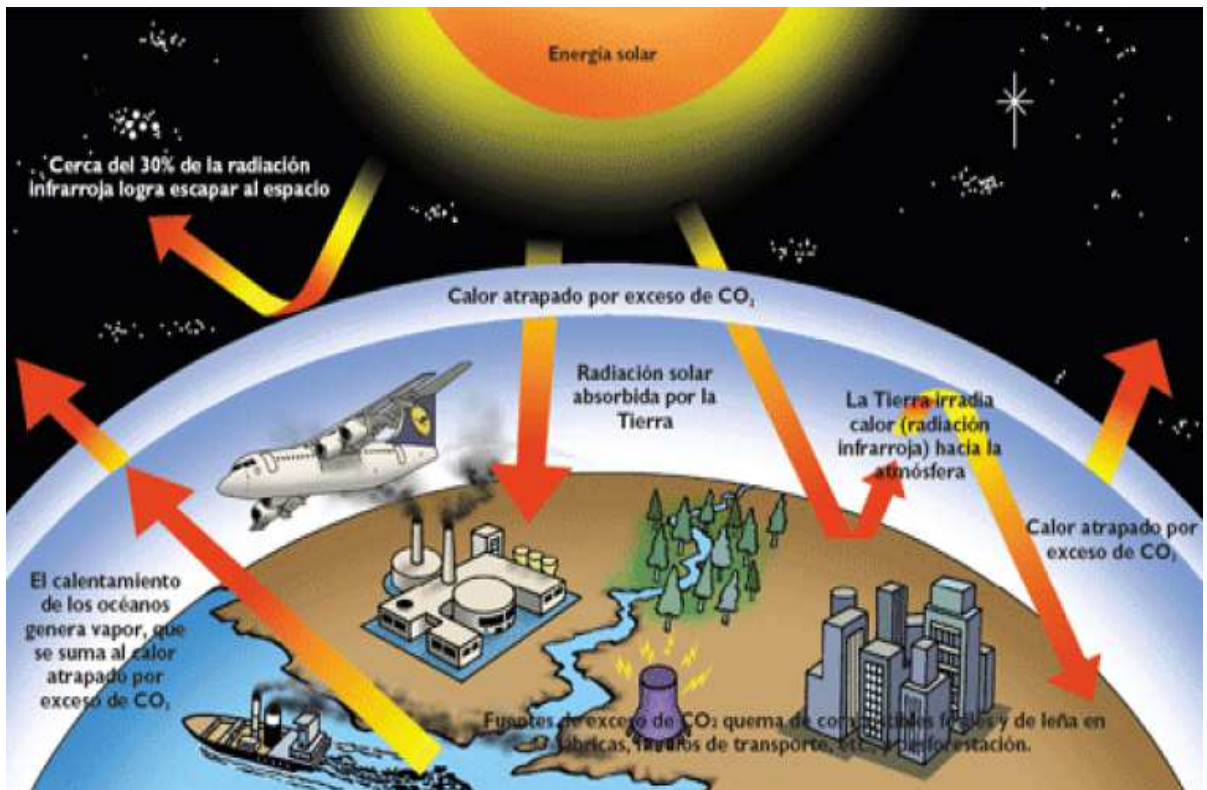
## 2.2 La importancia de la reducción de emisiones contaminantes

El CO<sub>2</sub> comprende más del 50% de los gases de efecto invernadero producidos por actividades humanas, convirtiéndolo en el mayor contribuyente de las alteraciones climáticas. Este efecto se refiere al aumento de temperatura ambiental promedio debido a la imposibilidad de escape de la radiación calórica proveniente del sol hacia el espacio exterior. De acuerdo al IPCC, los efectos concretos del aumento en los niveles de estos gases están provocando y causará a futuro son los siguientes:

- Aumento mundial del nivel de los océanos.
- Sequías e inviernos más fuertes y prolongados, especialmente en las zonas subtropicales, lo que llevaría a una escasez de agua generalizada.
- Desplazamiento de las especies hacia altitudes o latitudes más frías, buscando los climas a los que están habituados. Aquellas especies que no sean capaces de adaptarse ni desplazarse se extinguirán.



- Extinción de especies vegetales y animales debido a las nuevas condiciones de sus hábitats naturales.



**Figura 2.6 Efecto invernadero y calentamiento global**

Fuente: [www.laprensagrafica.com/efecto invernadero](http://www.laprensagrafica.com/efecto-invernadero)

La generación fotovoltaica puede contribuir a la reducción de emisiones provenientes de combustibles fósiles y al cambio climático causado por ellas, contribuyendo al cumplimiento de los compromisos internacionales para mitigación del cambio climático, tales como el Protocolo de Kioto.

Según estudios de la Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica, se puede alcanzar una reducción mundial de 4,2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a un ritmo acelerado de crecimiento de instalaciones de generación fotovoltaica, una cantidad equivalente a 190 plantas de generación de carbón de tamaño medio (750MW).

Una comparación básica realizada señala que: entre un generador diesel con un sistema fotovoltaico, en promedio, hay una reducción promedio de **1kg/kWh** de CO<sub>2</sub> emitido al ambiente.

Existen ahorros aún mayores cuando se considera el reemplazo de lámparas de queroseno para iluminación, resultando en promedios de 25 kg/kWh.

Entre los gases emitidos por consumo de combustibles fósiles también comprenden el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), y varios óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), que al mezclarse con el vapor de agua presente en la atmósfera reaccionan formando ácidos nítricos y sulfúricos disueltos, generando la denominada lluvia ácida y produciendo:

- Acidificación de masas de agua (lagos, ríos), con la consiguiente extinción de algas y peces.
- Acidificación de bosques, praderas y cultivos, con la consiguiente afectación y muerte de árboles y plantas.

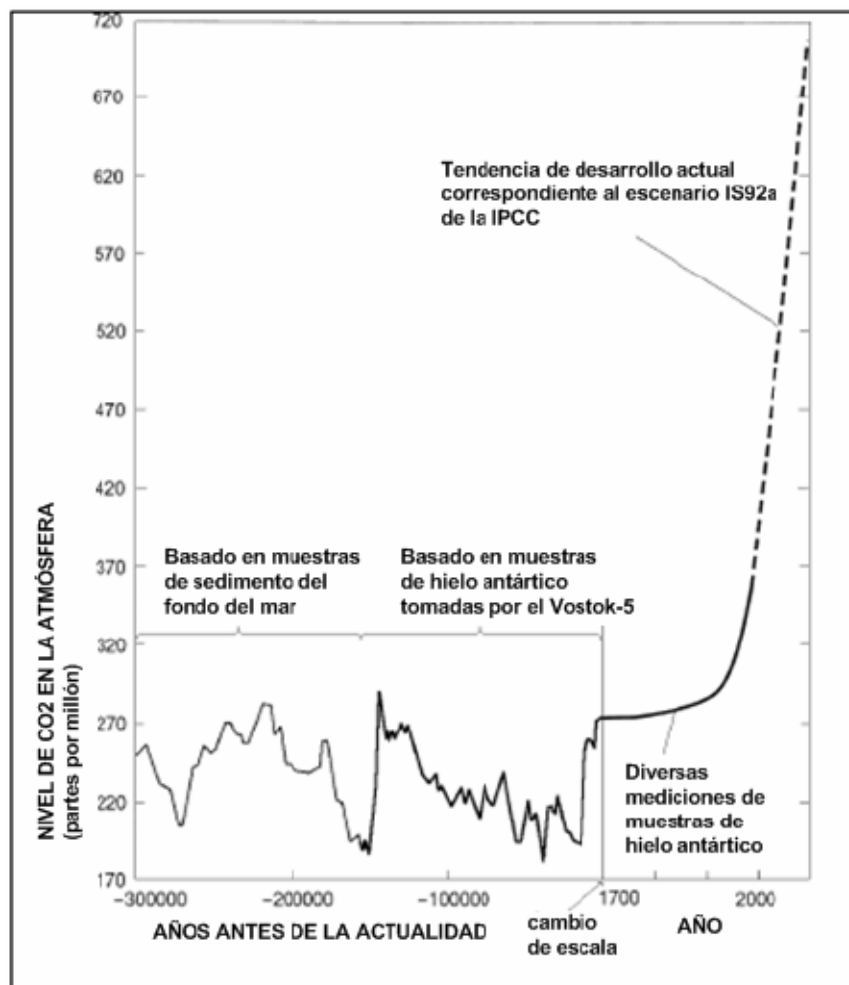


Figura 2.7 Niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera durante los últimos 300.000 años

Fuente: Renewable Energy – Elsevier Science.pd

## Relación Kwh consumidos y producción de CO2

**TABLA 2.1 GENERACIÓN ELÉCTRICA MÉTODOS CONVENCIONALES 1Kwh**

<b>GENERACION ELECTRICA 1Kwh</b>		
<b>Combustible</b>	<b>Poder calorífico</b>	<b>1 Kwh</b>
Carbón	5800	0,66 Kg
Petróleo	10000	0,28 lt
Diesel	10000	0,28 lt
Gasolina	10200	0,27 lt
Gas natural	11000	0,41 m3

Fuente: Brokerin. Los sistemas eléctricos de potencia.

La tonelada equivalente de petróleo (Tep) es una unidad de energía. Su valor equivale a la energía que hay en un tonelada petróleo y, como puede variar según la composición de este, se ha tomado un valor convencional de:

$$1 \text{ Tep} = 41.868 \text{ MJ} = 11.630 \text{ kWh}$$

El Tep sirve también para comparar los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera:

1 tep Gas Natural = 2.1 toneladas de CO<sub>2</sub> (1 kWh producido emite 0.18 Kg de CO<sub>2</sub>).

1 tep Carbón = 3.8 toneladas de CO<sub>2</sub> (1 kWh producido 0.33 Kg de CO<sub>2</sub>).

1 tep Gasoil = 2.9 toneladas de CO<sub>2</sub> (1 kWh producido 0.29 Kg de CO<sub>2</sub>).

Con esos datos podemos concluir: si el sistema fotovoltaico produce 146 kWh al año, estará ahorrando 47,70 kg de dióxido de carbono.

Como se puede notar la conversión de la energía solar a eléctrica se realiza de manera limpia, directa, y no tiene partes móviles por eso es la más compatible con el entorno ecológico.

### 2.3 El protocolo de Kioto

Como ya se ha publicado, existen muchos beneficios derivados del uso de energía fotovoltaica, apuntados especialmente hacia la reducción de emisiones contaminantes, de acuerdo con las directrices del protocolo ambiental de Kioto, firmado en 1997.

El Protocolo de Kioto especifica objetivos y programas de cumplimiento obligatorio dirigidos a lograr una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los países suscriptores mediante la reducción de hasta un 5% de las mismas en el período de 2008-2012, comparadas con los niveles de 1990. El Protocolo fue firmado en un inicio por 84 países y a partir de su firma, ha sido ratificado y adherido por 166 países. Para poder entrar en vigencia, el Protocolo necesita ser ratificado por al menos 55 países, responsables del 55% de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Después de cumplir este requerimiento en 2002, el Protocolo de Kioto superó un segundo impedimento al ratificar en Rusia el tratado en noviembre de 2004. El Protocolo entró en vigor y adquirió la condición de cumplimiento obligatorio el 16 de febrero de 2005.

El gobierno de Estados Unidos se retiró del proceso de Kioto y no muestra intenciones de participar nuevamente, al menos hasta que exista un cambio de política por parte del mismo. El otro único país industrializado que ha anunciado que no ratificará el protocolo es Australia.



**Figura 2.8 El protocolo de Kioto ratificado del 2008 al 2012**

Fuente: <http://www.erenovable.net/blog/la-gran-aportacion-de-el-protocolo-de-kioto/>

Los signatarios deben acatar el cumplimiento de los objetivos, tanto en las medidas de reducción de las emisiones domésticas como en el uso de los diferentes mecanismos comerciales diseñados en el protocolo.

Ya se han emprendido pasos concretos para la creación de un comercio de emisiones del mercado global de dióxido de carbono para el año 2009, y el Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (SECE) ya está establecido y funcionando. Los denominados mecanismos de flexibilidad (el Mecanismo de Desarrollo Limpio [MDL] y la Aplicación Conjunta [AC]) también están en marcha, y se están desarrollando y aprobando proyectos a un ritmo creciente y constante.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio permite a los países industrializados invertir en proyectos destinados a países en vías de desarrollo que contribuyan a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en esos países.

## **2.4 El futuro de la energía solar fotovoltaica en Ecuador**

El costo de generación de energía mediante paneles fotovoltaicos es todavía alto; fluctúa entre US\$0,20 - 0,30 por kWh generado. Dado que en la mayoría de regiones del mundo el precio de generación convencional fluctúa entre 3 y 13 centavos, estos sistemas no pueden competir directamente en costos con la energía proveniente de las distribuidoras, excepto en mercados remotos donde éstas no tienen redes instaladas y los costos de las líneas de transmisión no serían amortizables. Gracias a la investigación e inversión en mejoramiento de tecnología que se está elaborando en este campo, se espera que los costos de producción por kWh se reduzcan hasta el rango de US\$0.12 - 0.15 por kWh o menos en los próximos 20 años.

### **2.4.1 Beneficios ambientales de los sistemas fotovoltaicos**

Los principales beneficios asociados al uso de las tecnologías de generación eléctrica de energía solar son los siguientes:

- La energía solar fotovoltaica no emite carbono ni otros gases y partículas contaminantes, a diferencia de la quema de carbón de piedra, gas natural o petróleo

(comestibles fósiles), de los que proviene el 45% de la generación eléctrica ecuatoriana.

- No presenta riesgos de emisiones radioactivas, a diferencia de la energía generada por fusión nuclear.
- No reduce el caudal de ríos y arroyos, a diferencia de las centrales hidroeléctricas.
- No consumen ni contaminan el agua.
- Su generación energética no produce residuos.
- La disponibilidad de combustible es ilimitada y no está sujeta a problemas logísticos, de suministro ni de agotamiento del recurso.
- Su generación es distribuida, eliminando los costos de construcción y servicio de infraestructura para transporte de energía e impactos ambientales asociados a la misma.

En adelante los países deben establecer la necesidad de contribuir a la generación fotovoltaica por la gran contaminación existente, además de las normas de cada uno de los países a la contribución del tratado de Kioto.

#### **2.4.2 Incentivos del Estado ecuatoriano a la generación fotovoltaica**

En la última década, se ha tratado de concienciar sobre la utilización inminente de los recursos renovables no convencionales (energía solar fotovoltaica) debido a lo ya expuesto sobre la contaminación ambiental existente actualmente en nuestro país.

Es por ello que el Estado ecuatoriano consiente de dicha problemática ha emitido una reglamentación en la cual busca compensar los valores altos de adquisición de equipos de generación eléctrica renovable con costos diferenciados por Kwh consumido.

## **REGULACIÓN No. CONELEC – 009/06 (FRAGMENTO)**

Esta regulación, basada en el Artículo 63 de la ley de régimen del Sector eléctrico ecuatoriano, en el cual se especifica algunas resoluciones, dentro de las cuales destaca:

- El Estado impulsará a través de la banca de desarrollo, las universidades, las instituciones privadas y los organismos públicos, al uso y desarrollo de los recursos energéticos no convencionales.
  
- El abastecimiento de la electricidad en Ecuador debe considerar la diversificación y participación de las energías renovables no convencionales, a efectos de disminuir la vulnerabilidad y dependencia de generación eléctrica a base de combustibles fósiles.
  
- Es de fundamental importancia la aplicación de mecanismos que promuevan y garanticen el desarrollo sustentable de las tecnologías renovables no convencionales, considerando que los mayores costos iniciales de inversión, se compensan con los bajos costos variables de producción, lo cual a mediano plazo, incidirá en una reducción de los costos de generación y el consiguiente beneficio a los usuarios finales.

En un punto del fragmento de la Reglamentación 009/06 se habla de compensar los valores iniciales de inversión que son altos, es por ello que uno de los objetivos fundamentales de esta regulación es establecer los precios a reconocerse por la energía generada mediante recursos energéticos no convencionales expresadas en centavos de dólar americano, de la siguiente manera:

**TABLA 2.2 PRECIOS DE KWh GENERADOS CON ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES**

<b>CENTRALES</b>	<b>PRECIO</b> <b>(cUSD/KWh)</b>	<b>PRECIO</b> <b>(cUSD/KWh)</b>
	<b>Territorio continental</b>	<b>Territorio Insular</b>
EÓLICAS	9.39	12.21
FOTOVOLTAICAS	52.04	57.24
BIOMASA Y BIOGAS	9.67	10.64
GEOTÉRMICAS	9.28	10.21
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS HASTA 5 MW	5.8	6.38
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS MAYORES A 5 MW HASTA 10MW	5	5.5

Fuente: [www.meer.gob.ec/CONELEC](http://www.meer.gob.ec/CONELEC) Regulación 009/06 (FRAGMENTO)

Los precios establecidos en esta Regulación se garantizarán y estarán vigentes por un período de 12 años a partir de la fecha de emisión en el año 2008.

Los precios fijados en esta Regulación, son también aplicables para el caso de sistemas no incorporados al S.N.I.

Para efectos de las liquidaciones, el CENACE determinará, en conjunto con los generadores no convencionales y distribuidores que no se encuentren incorporados al S.N.I., el procedimiento necesario para efectuar la liquidación de la energía que entregan y reciben.

Como se puede apreciar, claramente el Estado ha tratado de compensar económicamente la generación eléctrica fotovoltaica, sin embargo aún no se difunde de manera adecuada estas resoluciones de tal manera que la población en general impulse o por lo menos se intente proveerse de este tipo de energía.



## CAPÍTULO III

### **3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y EL POTENCIAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA**

#### **3.1 Energías renovables**

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de la naturaleza, se las considera inagotables, de gran cantidad de energía almacenada, y capaces de regenerarse por medios naturales. También se las llama energías alternativas debido a que pueden suplir a las energías o fuentes energéticas tradicionales, con un apreciable menor efecto contaminante.

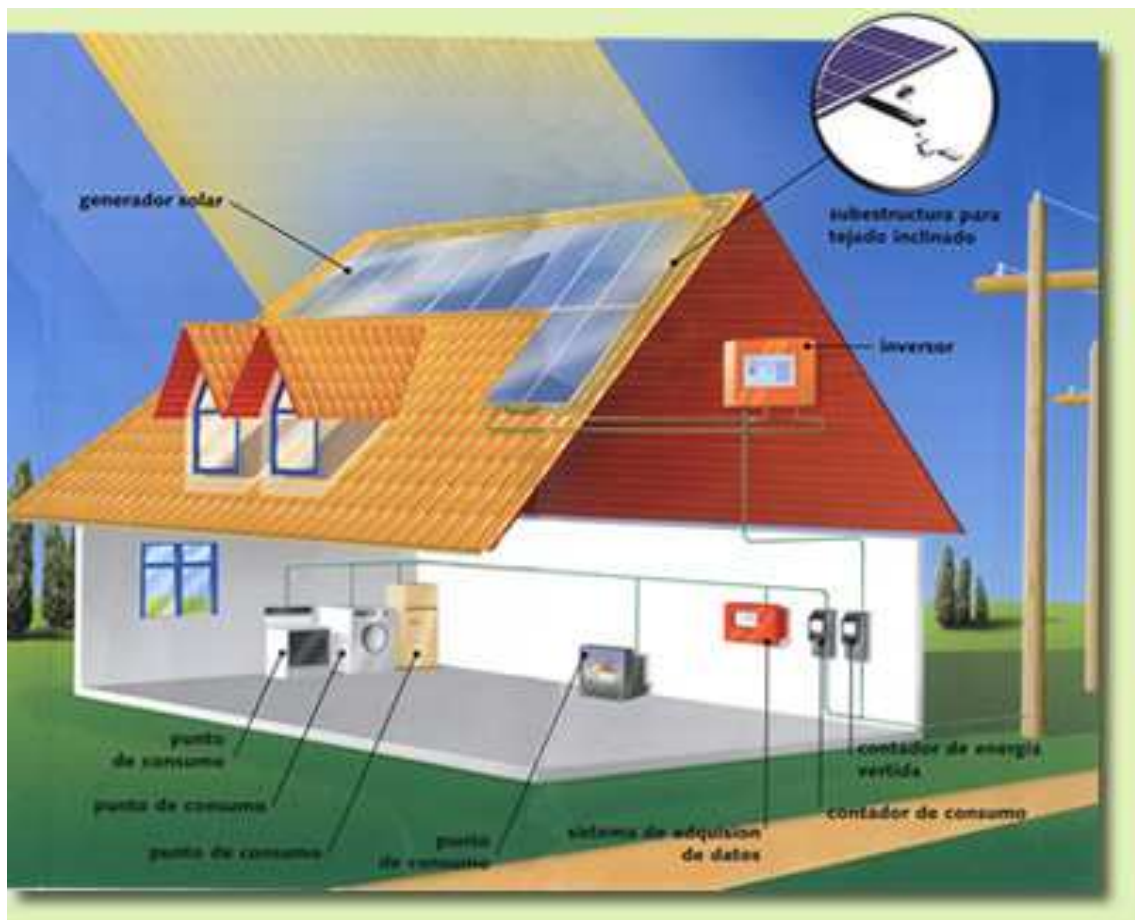
Las energías renovables dentro de las cuales se incluyen: la energía solar fotovoltaica, eólica, geotérmica mareomotriz, etc. podrían solucionar muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica.

La justificación de la utilización de energías renovables se basa en los siguientes aspectos:

- Las fuentes de energía fósil actualmente explotadas terminarán agotándose, según los pronósticos actuales, en el transcurso de este siglo XXI.
- Evitar en la medida de lo posible la construcción de grandes infraestructuras de generación y distribución de energía eléctrica que afecten al ecosistema existente.
- Ayudar en gran parte a la implantación de un desarrollo sostenible que nos ayude a coexistir con nuestro planeta.
- Contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, que incidan en la mitigación de los impactos del cambio climático, mediante la adopción de energías renovables y prácticas de eficiencia energética en los procesos productivos de los agronegocios, para propiciar el ahorro de la energía y la disminución de costos de producción.

### 3.2 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se caracteriza por funcionar a base de paneles fotovoltaicos que captan las radiaciones luminosas del sol y las transforman en una corriente eléctrica. En ésta existe una conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado “célula fotovoltaica”.



**Figura 3.1 Energía solar fotovoltaica**

Fuente: [www.electricasas.com/e/energia-solar/fotovoltaica-energia-solar-electricidad](http://www.electricasas.com/e/energia-solar/fotovoltaica-energia-solar-electricidad)

La conversión de la energía de la luz solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como “efecto fotovoltaico o fotoeléctrico”.

Presenta características peculiares entre las que se destacan:

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

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

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

### 3.2.1 Células fotovoltaicas



**Figura 3.2 Célula fotovoltaica**

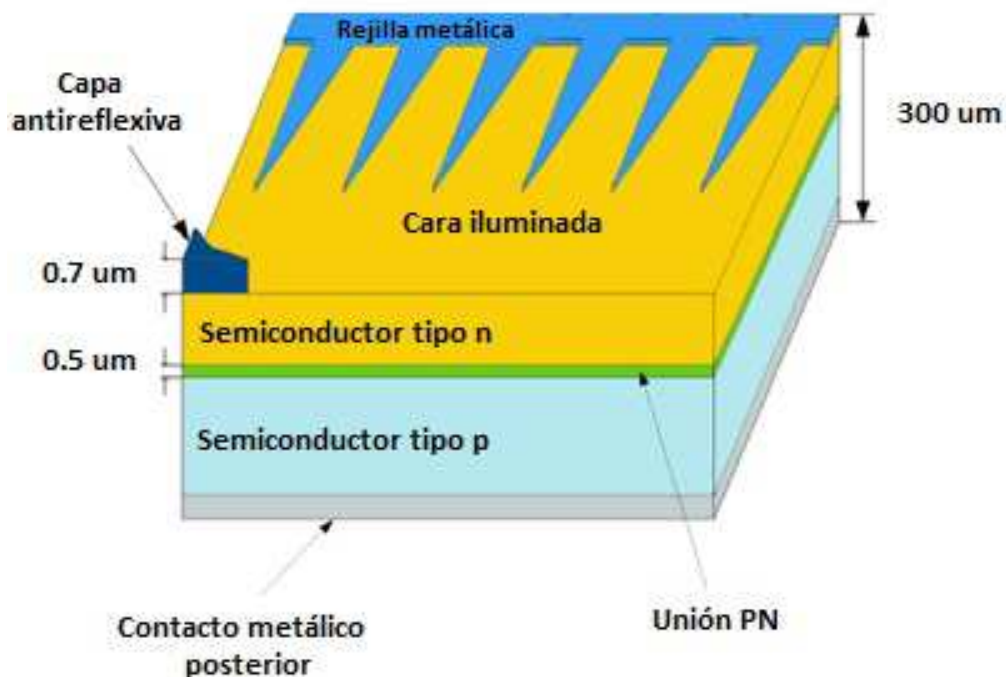
Fuente: <http://www.terra.org/articulos/art02211.html>

Los paneles fotovoltaicos destinados a generación energética están compuestos por células fotovoltaicas, que es donde realmente tiene lugar la transformación de la energía luminosa (fotones) en electricidad (electrones en movimiento), aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores.

Dichas células están formadas por dispositivos tipo diodo constituidos por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante (mediante una unión p-n) que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.

La celda cuenta con dos terminales: la cara expuesta a la luz, posee un enrejado metálico muy fino (plata y/o aluminio), el cual colecta los electrones fotogenerados. Esta capa corresponde a la terminal negativa. La otra cara cuenta con una capa metálica, usualmente de aluminio. Esta corresponde a la terminal positiva ya que en ella se acumulan las cargas positivas. También la celda está cubierta con una película delgada anti reflejante para disminuir las pérdidas por reflexión.

Son capaces de generar amperajes a un voltaje de 0,46 a 0,48 V, luego las células se montan en serie sobre paneles fotovoltaicos para conseguir un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas.



**Figura 3.3 Diagrama interno de una fotocelda**

Fuente: [www.electricidad-gratuita.com/fundamentos-fotovoltaicos-3.html](http://www.electricidad-gratuita.com/fundamentos-fotovoltaicos-3.html)

### Tipos de células fotovoltaicas

- **Silicio monocristalino:** caracterizado por una disposición ordenada y periódica, de forma que solo tiene una orientación cristalina, donde todos los átomos están dispuestos simétricamente. Presenta un color azulado oscuro y con un cierto brillo metálico. Alcanzan rendimientos de hasta el 17%.



**Figura 3.4 Panel formado con células de silicio monocristalino**

Fuente: <http://fuentesrenovables.blogspot.com/2008/11/clulasfotovoltaicas.html>

- **Silicio policristalino:** silicio depositado sobre otro sustrato, como una capa de 10-30 micrómetros y tamaño de grano entre 1 micrómetro y 1 mm. Las direcciones de alineación van cambiando cada cierto tiempo durante el proceso de deposición. Alcanzan rendimientos de hasta el 12%.



**Figura 3.5 Panel formado con células de silicio policristalino**

Fuente: <http://fuentesrenovables.blogspot.com/2008/11/clulasfotovoltaicas.html>

- **Silicio amorfo:** compuesto hidrogenado de silicio, no cristalino, depositado sobre otra sustancia con un espesor de 1  $\mu\text{m}$ . Presentan un color marrón y gris oscuro. Esta tecnología permite disponer de células de muy delgado espesor y fabricación más simple y barata, aunque con eficiencia del 6-8%.



**Figura 3.6 Panel formado con células de silicio amorfo**

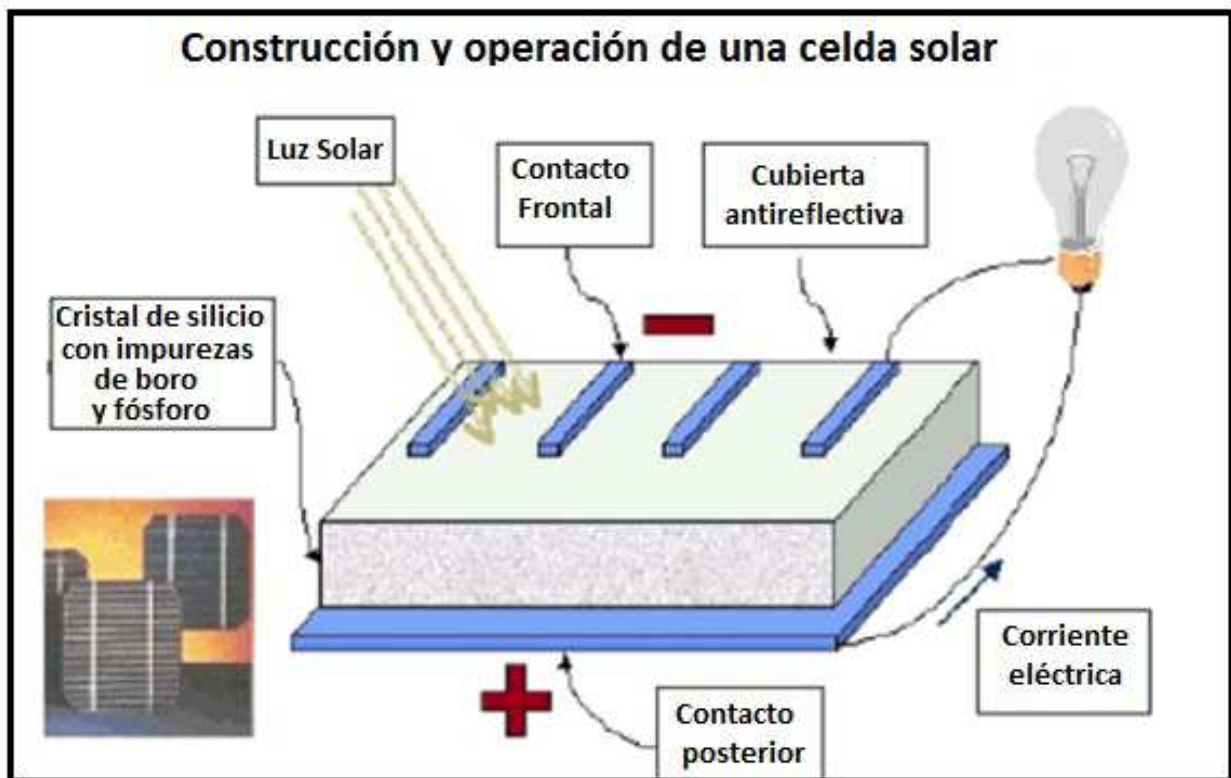
Fuente: <http://fuentesrenovables.blogspot.com/2008/11/clulasfotovoltaicas.html>

### **Fabricación de células fotovoltaicas**

Las celdas fotovoltaica comerciales se fabrican con lingotes de silicio de alta pureza (material muy abundante en la arena). El lingote es rebanado en forma de placas delgadas llamadas obleas. El espesor típico usado es del orden de 0.3 mm. Una fracción muy pequeña de tal espesor es impregnado con átomos de fósforo. A esta capa se le conoce como tipo-n.

El resto de la oblea es impregnado con átomos de boro y se forma la capa conocida como tipo-p. Estas capas forman un campo eléctrico (voltaje interno construido) dentro de la oblea y cerca de la superficie que recibe la luz del sol. Dicho voltaje es el responsable de separar a las cargas fotogenerados positivas (huecos) y negativas (electrones).

La formación de la unión p-n mediante la deposición de varios materiales (boro y fósforo generalmente), y su integración en la estructura de silicio cristalino forman la celda, finalmente se provee a la célula de contactos eléctricos adecuados.



**Figura 3.7 Fabricación de una celda fotovoltaica**

Fuente: [www.electricidad-gratuita.com/produccion-celda-fvh-fv4.html](http://www.electricidad-gratuita.com/produccion-celda-fvh-fv4.html)

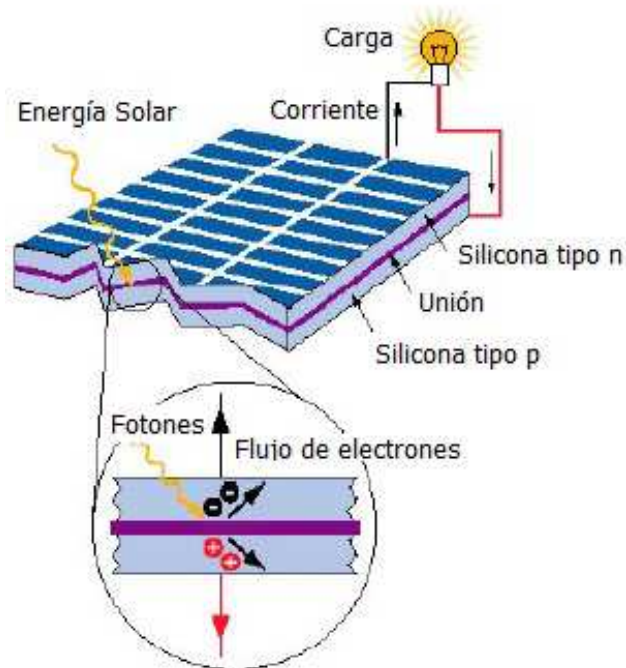
### 3.2.2 Fundamentos de los sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos poseen paneles para la generación, estos están formados por celdas fotovoltaicas, y estas celdas basan su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico.

El principio básico del efecto fotovoltaico o fotoeléctrico es que, es posible liberar electrones de los átomos del material semiconductor y en estos electrones libres hacer el material conductor.

La cantidad de energía mínima para liberar a un electrón de su posición fija se llama Band-gap.

Cuando un fotón cae sobre un semiconductor puede suministrar suficiente energía para liberar a un electrón.



**Figura 3.8 Sistema fotovoltaico simple**

Fuente: Green Empowerment-ITDG Manual de Capacitaciones Sistemas Fotovoltaicas

### 3.2.2.1 El efecto fotoeléctrico

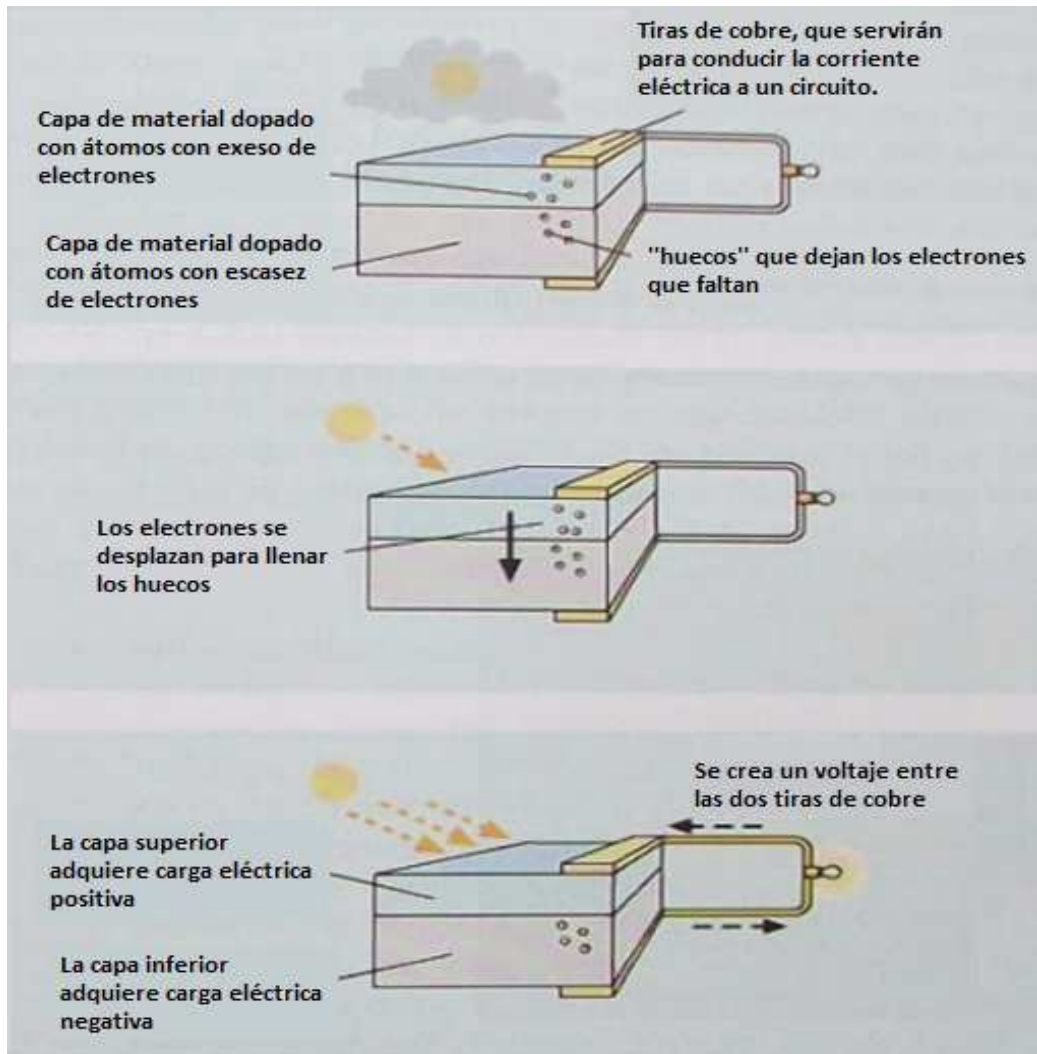
Como se ha dicho anteriormente, es en las células fotovoltaicas donde tiene lugar la transformación de la energía luminosa del sol en electricidad.

Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente que proporciona la radiación incidente. Una capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

Cuando sobre un semiconductor incide una radiación luminosa con energía suficiente para romper los enlaces de los electrones de valencia y generar pares electrón-hueco, la existencia de una unión p-n separa dichos pares, afluyendo electrones a la zona n y huecos a la zona p, creando en resumen una corriente eléctrica que atraviesa la unión desde la zona n a la p, y que puede ser entregada a un circuito exterior (saliendo por la zona p y entrando por la n).

De esta manera, cuando se expone una célula fotovoltaica a la luz del sol se hace posible la circulación de electrones y la aparición de corriente eléctrica entre las dos caras de la célula.





**Figura 3.9 El efecto fotoeléctrico**

Fuente:<http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/largoviaje/fotovolcomofuncionan.html>

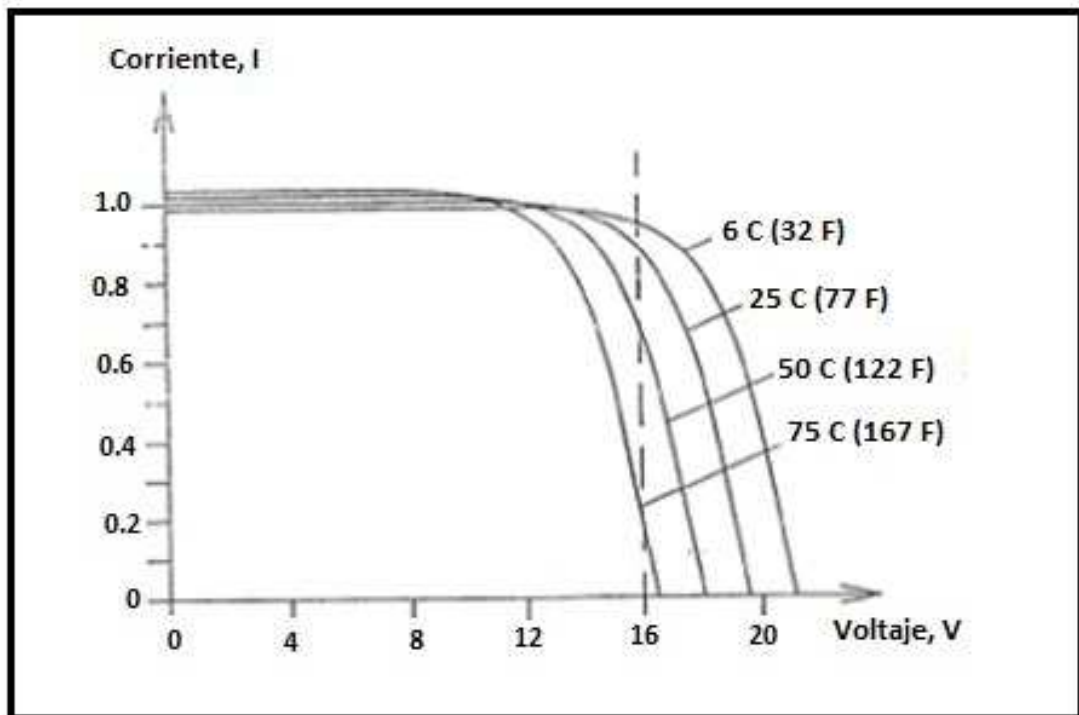
En la figura se aprecia un material semiconductor (el silicio), es expuesto a los rayos solares, que contienen energía luminosa (fotones). Estos fotones aportan energía a los electrones de valencia de los átomos de silicio.

La cantidad de energía eléctrica que un sistema fotovoltaico produce depende principalmente de dos factores:

- La cantidad de luz solar incidente;
- La eficiencia del sistema fotovoltaico para convertir esa luz en electricidad.

La fabricación de células fotovoltaicas aún resulta cara (se precisa un silicio de una gran pureza), pero éste es un campo en el que se está investigando mucho, como consecuencia del problema energético mundial.

### 3.2.2.2 Efecto de la temperatura



**Figura 3.10 Efecto de la temperatura**

Fuente: [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html).

De las caracterizaciones de paneles fotovoltaicos elaborados por los fabricantes de los mismos, se han llegado a elaborar una serie de curvas expuestas en la figura 18, las cuales muestran que: el voltaje del punto de máxima potencia disminuye al aumentar la temperatura. Se debe seleccionar el módulo cuyo voltaje de máxima potencia coincida con el voltaje de la batería, considerando además la temperatura de las celdas solares. La temperatura de las celdas puede llegar a ser de **10 a 15 °C** más alta que la temperatura ambiente.

Un panel produce sus vatios nominales cuando la temperatura en la superficie del mismo es 25°C. Lógicamente entonces los paneles solares no trabajan tan bien cuando la temperatura ambiente es muy elevada. Trabajan mejor en un día frío con sol brillante, que en un día caliente con sol brillante.

Los paneles solares funcionan al máximo con una temperatura ambiente de 25 °C; si la temperatura es mayor, no trabajarán con un grado de eficiencia del 100%.

Por cada grado que la temperatura del panel es más que 25 °C, la potencia del panel es 0.5% menos eficiente, por ejemplo:

Temperatura ambiente = 30 °C

$30^{\circ}\text{C} + 15^{\circ}\text{C} = 45^{\circ}\text{C}$

Temperatura del Panel Solar = 45°C

Temperatura del Panel Solar para 100% de eficiencia = 25°C (esta es una constante para todos los paneles solares).

$45^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C}$  (cantidad de grados de temperatura sobre el óptimo)

$20^{\circ}\text{C} \times 0.5\% = 10\%$ , así que la eficiencia del panel es de un 90 % a una temperatura ambiente de 30 °C.

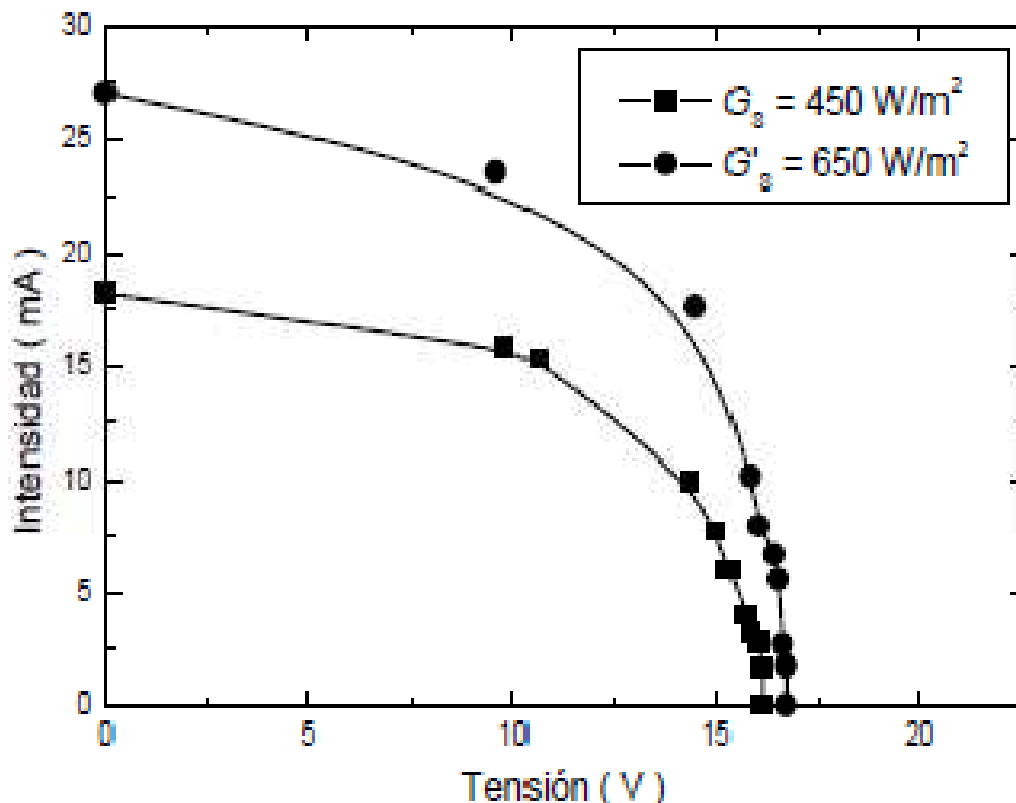
Es importante entonces asegurar que el módulo solar opere en el punto de máxima potencia con el voltaje de batería que se necesita y a la temperatura de la celda que se tenga. Para nuestro caso se ha investigado la temperatura ambiente promedio existente en la ciudad de Riobamba, de tal forma de especificar un rendimiento por efecto de la temperatura promedio del panel solar utilizado.

### **3.2.2.3 Efecto de la radiación incidente**

La curva característica es la relación entre la intensidad eléctrica que suministra la célula y la diferencia de potencial entre sus extremos. Esta relación se ve afectada por la intensidad de la

radiación dada en un instante. La curva característica depende adicionalmente de la temperatura a la que se encuentre la célula.

En la siguiente figura se muestran dos curvas características de un panel comercial, para dos diferentes niveles de intensidad de radiación,  $G = 450 \text{ W/m}^2$  y  $G = 650 \text{ W/m}^2$



**Figura 3.11 Efecto de la radiación incidente**

Fuente: [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html).

Los puntos extremos de las curvas se corresponden con las condiciones:

- Cortocircuito: en este caso la célula tiene una intensidad de corriente máxima (27 mA para irradiancia de  $650 \text{ W/m}^2$  y apenas 18 mA para irradiancia de  $450 \text{ W/m}^2$ )
- Circuito abierto: no circula corriente y se produce el voltaje máximo de la célula (unos 17 V).

Del análisis de la figura se puede determinar que la radiación incidente sobre la célula fotovoltaica (panel fotovoltaico) afecta de forma determinante sobre la cantidad de amperios que suministra a prácticamente el mismo nivel de voltaje generado.

Estas curvas se obtienen experimentalmente en laboratorios que suministren un valor de radiación constante en un determinado tiempo, es por ello que no se puede caracterizar un panel con la radiación solar real, ya que se sabe que esta varía significativamente durante el día y no permanece constante.

### **3.2.3 Ventajas de la energía solar fotovoltaica**

- La energía que procede del sol es limpia y renovable, no cuesta dinero.
- No contamina: produce emisiones de CO<sub>2</sub> insignificantes y no emite otros gases contaminantes a la atmósfera.
- No consume combustibles ni se produce ninguna combustión.
- No genera residuos ni ruidos.
- Su instalación es relativamente simple.
- Impacto visual reducido (proporcionalmente a su aplicación).
- Requiere poco mantenimiento.
- Tienen una vida larga (los fabricantes señalan una vida promedio de 25 años).
- Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- Instalación en zonas rurales: desarrollo tecnologías propias.

- El silicio, elemento base para la fabricación de las células fotovoltaicas, es muy abundante, no siendo necesario explotar yacimientos de forma intensiva.
- Se puede aplicar en lugares de bajo consumo energético, por ejemplo en casas ubicadas en sitios rurales donde no llega la red eléctrica general, o su transmisión es muy costosa.
- Tolera aumentar la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.
- Actualmente ya existen distribuidores de estos equipos en nuestro país, con lo cual se aumenta la posibilidad de desarrollar proyectos o ser del caso buscar los equipos para un lugar en específico.

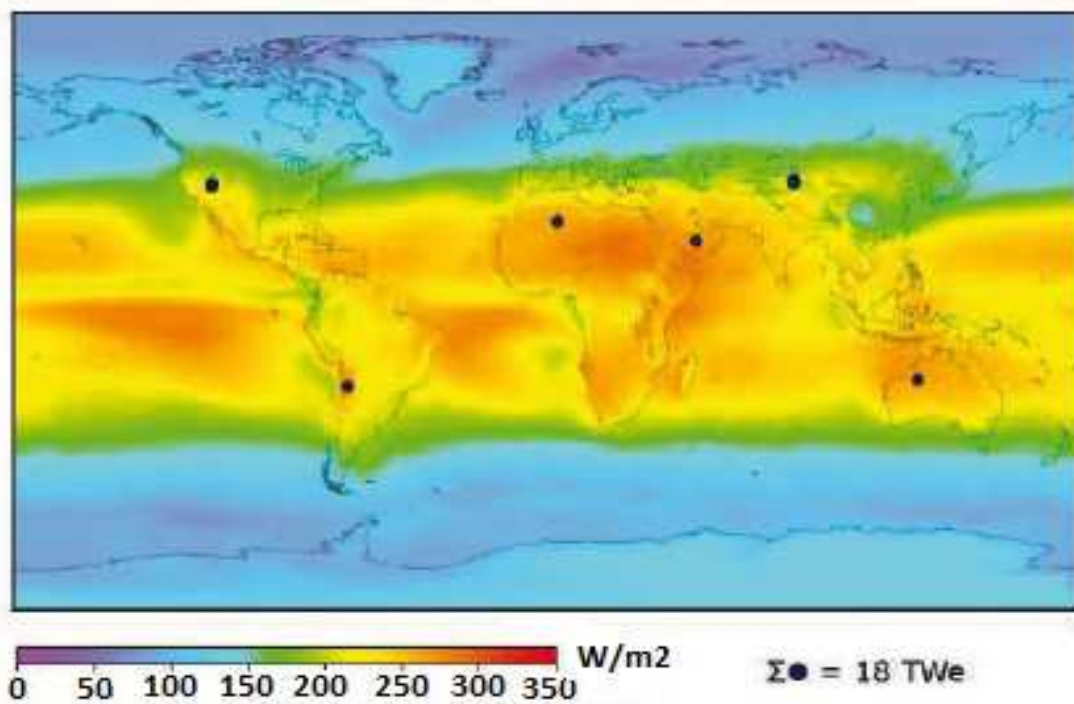
### **3.3 La radiación solar**

La energía solar mantiene a la gran mayoría de los organismos vivos conocidos, proveyendo todo el calor y la luz que nuestro planeta recibe. Así, ha sido y sigue siendo el principal factor en moldear el curso de la evolución en la Tierra.

Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. La radiación solar distribuye sus longitudes de onda desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.

La magnitud de radiación solar que llega a la Tierra puede ser medida y su unidad es el  $W/m^2$  (vatio por metro cuadrado).

La radiación que atraviesa la superficie del sol tiene una potencia de alrededor de  $60 MW/m^2$ , llegando al tope de la atmósfera terrestre sólo algo más de  $1,3 kW/m^2$ ; este valor es conocido como constante solar  $I_{cs}$  y se la define como la energía proveniente del sol que, por unidad de tiempo, es recibida en la unidad de área por una superficie perpendicular a la radiación ubicada en el espacio a la distancia media sol-tierra.



**Figura 3.12 La radiación solar mundial**

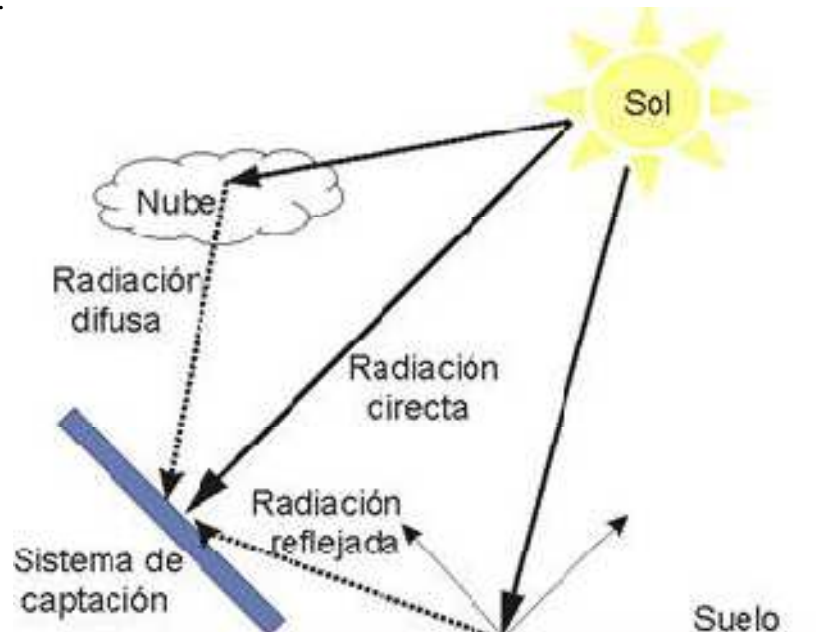
Fuente: HORIKOSHI I., Tesis: Análisis de las componentes armónicas de los inversores fotovoltaicos de conexión a red, Escuela Politécnica de Madrid 2009, pg 28.

Luego de pasar por la atmósfera terrestre, donde es parcialmente absorbida y redistribuida, la radiación solar alcanza la superficie de la Tierra con valores máximos que raramente superan  $1 \text{ kW/m}^2$  en días despejados. Esta energía corresponde a radiación cuya longitud de onda va desde  $10\text{-}13 \text{ }\mu\text{m}$  hasta  $10 \text{ }\mu\text{m}$ , pero el 98 % de ella se concentra en el intervalo entre  $0,3 \text{ }\mu\text{m}$  y  $4,0 \text{ }\mu\text{m}$ , límites que casi coinciden con los de la atmósfera.

La radiación solar tiene tres tipos:

- **La radiación directa.** Es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias, esta puede reflejarse y concentrarse para su utilización.
- **La radiación difusa.** Es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión (cambio en la dirección de un rayo de luz cuando este no logra traspasar la interfaz entre dos medios) y refracción solar en la atmosfera (es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro), en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres, en este tipo de radiación no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones.

- **La radiación reflejada:** Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos.



**Figura 3.13 Radiación directa, difusa y reflejada**

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolicofotovoltaico/Image28031.jpg>

### 3.3.1 El potencial de radiación solar terrestre

La energía que recibimos del sol es más que suficiente para cubrir toda la demanda energética del mundo. En realidad la energía que recibimos es 10,000 veces el actual consumo de energía del mundo.

Se define la irradiación como la cantidad de Kwh que se pueden generar en relación a la radiación solar sobre 1 m<sup>2</sup>. La irradiación no está distribuida equitativamente sobre la superficie de la Tierra, primeramente debido a la forma de la Tierra, las áreas alrededor del Ecuador reciben más energía solar que otras partes.

En segundo lugar, debido a las diferencias en la humedad del aire, despeje del cielo y nubosidad, hay variaciones de país en país, aún si se encuentran en la misma latitud.



# ENERGÍA SOLAR

## Sitios Potenciales



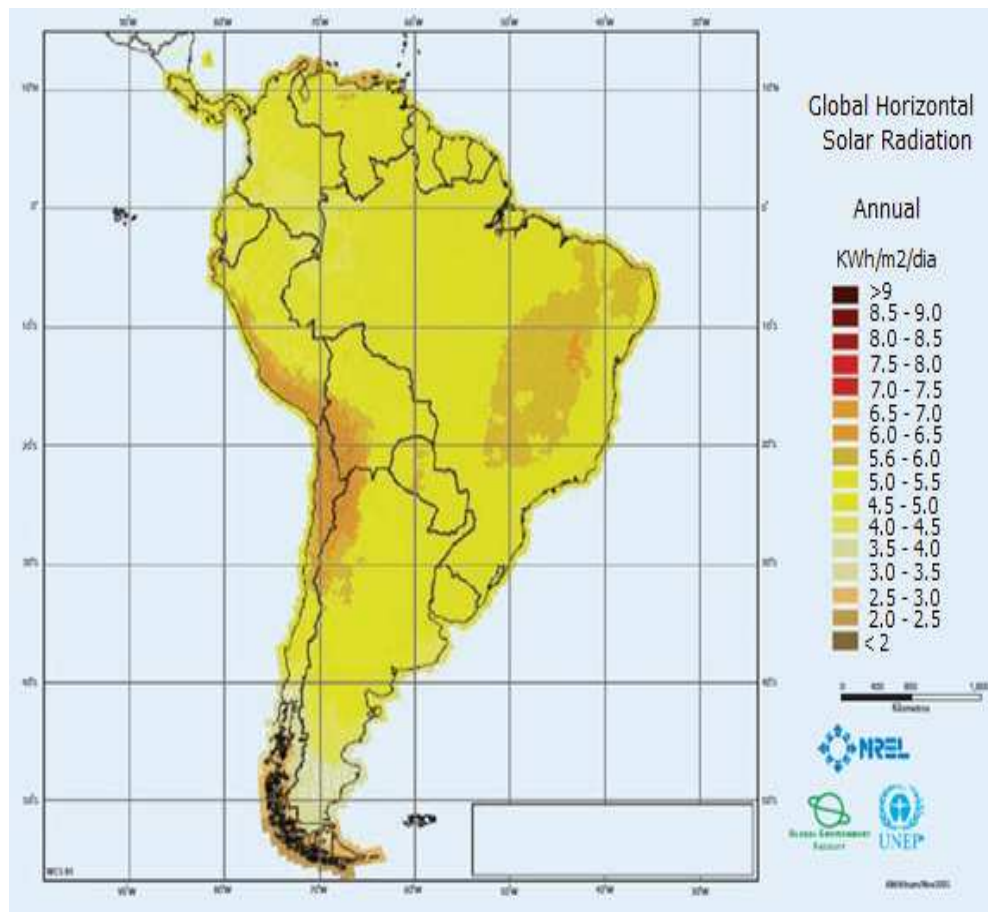
**Figura 3.14 Radiación solar sobre Ecuador**

Fuente: [www.enerpro.com.ec/descargas:energiasrenovables.pps](http://www.enerpro.com.ec/descargas:energiasrenovables.pps)

Las áreas desérticas (secos y claros), reciben mayor irradiación que las áreas tropicales donde la humedad es mucho mayor. Aún más hay fluctuaciones debido a la rotación de la tierra alrededor de su propio eje (fluctuación diaria) y alrededor del sol (fluctuación estacionaria). En días claros la energía solar está distribuida a lo largo del día en una especie de distribución de Gauss (forma de campana).

Dentro del Ecuador, existen lugares muy convenientes para la localización de paneles fotovoltaicos, especialmente en el sur de la provincia de Loja, el noreste de la provincia del Azuay, las zonas de altiplano al sur de Riobamba y las circundantes al nevado Chimborazo, el callejón interandino central y norte desde Ambato hasta el valle del Chota, la zona costera de la provincia de Esmeraldas, gran parte del Oriente ecuatoriano, en especial la zona ubicada entre Lago Agrio y la Joya de los Sachas, entre otros. Lamentablemente, gran parte de la región Costa, ubicada entre el sureste de Esmeraldas y El Oro, no es idónea para la instalación

de sistemas fotovoltaicos. Las condiciones climáticas y de vegetación hacen que en esta zona exista nubosidad la mayor parte del tiempo, reduciendo en gran forma la captación de radiación solar directa, tal como se puede observar en los mapas.



**Figura 3.15 Radiación solar sobre América del Sur**

Fuente: NREL – Atlas solar Ecuador con fines de generación eléctrica CONELEC 2008

### 3.3.2 Instrumentos de medición solar

Los equipos instalados inicialmente con el fin de evaluar de alguna manera la radiación solar global fueron los heliógrafos de Campbell-Stokes (destinados a medir las horas diarias de insolación o de brillo de sol, también conocida como heliofanía efectiva), otros en cambio fueron los piranógrafos tipo Robitzsch o piranómetros esféricos de Bellani (también llamados lucímetros a destilación) a fin de registrar la radiación global incidente a diario (o semanalmente) sobre un plano horizontal.



**Figura 3.16 Heliógrafo tipo Campbell Stokes**

Fuente: Tesis: Elaboración de una normativa para el diseño y diagnóstico de sistemas fotovoltaicos en Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. 2010. pp15

Este heliógrafo es el llamado Campbell-Stokes consiste en una esfera de vidrio que, a modo de lente convergente, concentra los rayos solares sobre una cartulina arrollada en forma de semicilindro por la parte exterior de dicha esfera. Esta disposición permite que en las horas en que el sol brilla la lente actúe de lupa, haciendo que sobre dicha cartulina se vaya registrando una zona quemada cuya longitud y posición indica las horas de insolación correspondientes al período de medida. Esto es posible gracias a que dicha cartulina lleva impresas líneas horarias, lo que permite leer directamente el número de horas en que ha habido insolación.

El nombre del instrumento que sirve para medir la energía solar es el solarímetro:

**El piranómetro:** tiene una pequeña plancha de metal negro dentro con una termocupla unida a ella. Esta plancha negra se calienta al sol y con la termocupla el aumento de temperatura se puede medir. La plancha y la termocupla están cubiertas y aisladas por una cúpula de vidrio. La salida de la termocupla es medida para la irradiación instantánea total en un momento dado.



**Figura 3.17 El piranómetro**

Fuente: Tesis: Elaboración de una normativa para el diseño y diagnóstico de sistemas fotovoltaicos en Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. 2010. pp15

**El solarímetro fotovoltaico** no es nada más que una célula fotovoltaica pequeña que genera electricidad. La cantidad de electricidad es nuevamente medida para la irradiación instantánea. Los solarímetros fotovoltaicos son mucho más económicos que los piranómetros pero menos exactos.



**Figura 3.18 El solarímetro fotovoltaico**

Fuente: <http://www.instrumentacion-metrologia.es/SOLARÍMETROS>

### 3.3.3 Medición de la irradiación total

La irradiación instantánea es solo útil para determinar el comportamiento de una instalación en determinado momento; por ejemplo, durante una inspección al término.

La mayor parte del tiempo sin embargo, es más relevante analizar la irradiación durante un período más largo; por día, por mes o por año. Especialmente si se desea monitorear el comportamiento de un sistema en detalle entonces será necesario medir la entrada y salida del sistema por un período más largo (varios meses, un año). Sólo en esa forma los disturbios o problemas a corto plazo pueden reglamentarse y hacerse evaluaciones más exactas del comportamiento.

Si la insolación total por hora o por día es requerida, tendrán que utilizarse los data loggers para almacenar y agregar las mediciones instantáneas.

Los data loggers son costosos y por lo tanto sólo se utilizan para un monitoreo detallados de sistemas grandes o para estudiar sistemas experimentales.

Es importante, en un proyecto de monitoreo, la insolación se mida bajo el mismo ángulo en que están colocados los paneles.

En la actualidad y para el análisis de la presente tesis se ha utilizado los datos ya tomados por la estación Meteorológica de la ESPOCH durante un periodo de 10 años de forma que se aseguren los valores en los cálculos correspondientes.

### **3.3.3.1 Mediciones de heliofanía y temperatura promedio**

Para el cálculo del recurso solar disponible en nuestra ciudad o donde se vaya a implantar paneles fotovoltaicos como fuente energética, se requiere conocer algunos datos tomados en un intervalo de al menos 10 años con la finalidad de garantizar confiabilidad de resultados.

Para este efecto se detallan los valores recopilados por la estación meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH, con el objetivo de encontrar el valor promedio en los últimos 10 años en la ciudad de Riobamba.

En dicha estación meteorológica se utiliza un heliógrafo tipo Campbell Stokes (figura 24), el cual indica el número de horas de sol brillante diariamente.

En la Tabla III, se muestran los datos estadísticos de la heliofanía en Riobamba, de los últimos 10 años:

**TABLA 3.1 HELIOFANÍA DE RIOBAMBA** (horas sol / día)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
<b>2001</b>	5,4	5,5	4,2	4,7	5,2	6,8	3,1	2,7	4,3	7,1	5,5	6,1	5,1
<b>2002</b>	6,3	4,8	3,6	4,6	3,8	3,4	4,2	4,8	4,7	3,8	2,6	2,9	4,1
<b>2003</b>	3,8	3,3	2,3	3,1	1,8	1,5	5,0	2,6	1,7	5,3	5,3	4,7	3,4
<b>2004</b>	8,1	4,8	3,4	4,2	4,9	5,5	5,5	6,3	4,5	5,2	5,3	6,1	5,3
<b>2005</b>	6,7	4,4	3,2	5,9	4,9	5,4	7,2	5,2	5,5	3,8	7,6	3,1	5,2
<b>2006</b>	4,8	6,7	4,3	3,9	6,7	5,5	5,3	4,2	4,1	5,7	5,2	4,2	5,0
<b>2007</b>	3,2	6,2	3,8	3,8	5,3	3,7	7,0	5,2	3,1	4,4	5,0	4,5	4,6
<b>2008</b>	5.23	3.8	4.2	4.5	4.5	5.8	5.94	5.5	5	5.4	5.13	5.3	5.025
<b>2009</b>	3.9	3.4	5.4	4.8	6.2	5.1	5.9	3.9	6.7	5.7	6.6	6.4	5.33
<b>2010</b>	5.9	5.1	5.7	4.6	4.8	4.2							5.05

Fuente: Estación agro meteorológica de la ESPOCH

El valor promedio encontrado de heliofanía para la ciudad de Riobamba es de **4.8 horas sol/día**, sin embargo para fines de asegurar la instalación fotovoltaica se ha tomado el menor valor obtenido en ese tiempo que es 3,4 horas sol/día.

También se requiere conocer los datos de Temperatura Ambiental ( $^{\circ}\text{C}$ ) de la ciudad de Riobamba, esto con el fin de determinar la eficiencia por temperatura aproximada de los paneles fotovoltaicos a utilizar.

Los valores de temperatura fueron medidos con los equipos pertenecientes a dicha estación meteorológica, como su termómetro ambiental.

Los valores encontrados de temperatura ambiental en la ciudad de Riobamba y facilitados por la estación meteorológica se detallan a continuación:

**TABLA 3.2 TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO DE RIOBAMBA (°C)**

	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>PROM</b>
<b>2001</b>	12,9	13	13,1	13,6	13,7	12,6	12,8	13,9	13	14,9	14,2	14,5	13,5
<b>2002</b>	14,4	14	13,9	14,2	13,9	12,3	12,9	12,4	13,1	13,1	12,9	13,7	13,4
<b>2003</b>	14,1	14	13,4	12,8	13,3	11,8	12,1	12,9	14,4	14,6	14,2	13,8	13,5
<b>2004</b>	15,5	14	14,4	13,8	13,8	12,8	12,5	12,6	13,4	14,2	14,3	14,4	13,8
<b>2005</b>	17,1	15	13,5	14,3	14,9	13,8	13,3	13,4	14	13,8	14,5	13,7	14,2
<b>2006</b>	14	14	13,6	13,7	13,8	12,5	12,6	12,9	13,2	14,4	13,6	14,1	13,6
<b>2007</b>	14,6	15	13,8	13,4	13,8	12	12,9	12,3	12,1	13,4	13,6	14,3	13,4
<b>2008</b>	15.25	14.4	14.15	14.05	14.2	13.6	13.1	12.95	13.85	14.6	14.8	14.55	14.13
<b>2009</b>	14.75	13.75	15.6	15.05	14.55	14.25	14.5	14.15	14	15.9	15.35	16.4	14.82
<b>2010</b>	15.3	15.7	16.15	15.9	15.4	15.05							15.58

Fuente: Estación agro meteorológica de la ESPOCH

El valor promedio encontrado de Temperatura Ambiente para la ciudad de Riobamba es de **13.87 °C**

## CAPÍTULO IV

### 4. LOS DISTINTOS TIPOS DE ILUMINACIÓN

Existen dos tipos de iluminación en forma general: la natural procedente del sol, y la artificial, que requiere de energía eléctrica para producir iluminación. La luz natural es la de mejor calidad, sin embargo, su aprovechamiento está sujeto a factores como horas de luz solar efectivas, época del año, estado del tiempo, etc.

La luz artificial es una solución fundamental para las necesidades de iluminación, de modo que su uso generalizado se extiende a los sectores residencial, industrial, comercial y de servicios, donde se puede encontrar una gran variedad de alternativas en los sistemas de iluminación, de acuerdo con los requerimientos de cada uso final.

#### 4.1 Características de los tipos de iluminación

Existen parámetros importantes que se deben conocer con respecto a las lámparas:

**Flujo luminoso:** cualquier lámpara genera energía radiante en forma de luz, ésta se mide en lúmenes. (Lm). El lumen es una unidad de potencia lumínica; un vatio (W) tiene 683 lúmenes.

**Eficacia:** las lámparas tienen capacidad para convertir la electricidad en luz visible. La calidad de la luz emitida es dividida entre la potencia (W) utilizada para determinar su eficacia. Esta calidad se expresa en lúmenes entre vatios (Lm/W), lo que mide la eficiencia energética de la lámpara.

**Intensidad luminosa:** si ponemos un reflector de aluminio alrededor de una lámpara, la luz se concentrará en una dirección particular. Los lúmenes totales emitidos no pueden cambiar en gran medida, sin embargo, la intensidad luminosa, que es la concentración de luz en una dirección particular, puede variar considerablemente. La intensidad luminosa es medida en candelas (cd).

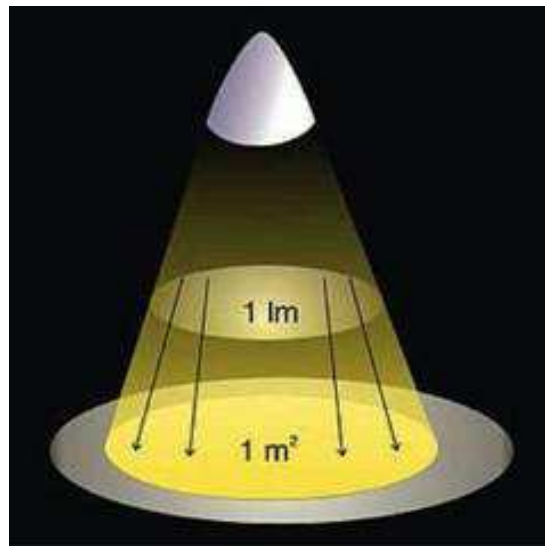




**Figura 4.1 Intensidad luminosa**

Fuente: [http://icelkarola.blogspot.com/2009\\_01\\_01\\_archive.html](http://icelkarola.blogspot.com/2009_01_01_archive.html)

**Illuminancia:** cuando la luz incide en una superficie crea iluminancia en esa superficie. Esta, entonces, es una medida del flujo luminoso que incide sobre cierta superficie por unidad de área; es medida en lux (lx).



**Figura 4.2 Iluminancia**

Fuente: <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/603057>

## 4.2 La iluminación actualmente utilizada en sistemas publicitarios

A los tipos de iluminación artificiales se los puede clasificar en aquellas utilizadas para interiores (iluminación de habitaciones) y para exteriores (iluminación de calles o rotulación), sin embargo los tipos de iluminación no son iguales en su costo económico, rendimiento o luminosidad.

Dentro de los sistemas de iluminación mayormente utilizados en la publicidad iluminada tenemos:

### 4.2.1 Iluminación incandescente

La lámpara incandescente es la de más bajo rendimiento luminoso de las lámparas utilizadas: de **12 a 18 lm/W** (lúmenes por vatio de potencia) y la que menor vida útil o durabilidad tiene: unas 1000 horas, pero es la más difundida.

Su eficiencia es muy baja, ya que solo convierte en trabajo (luz visible) alrededor del **15%** de la energía consumida. Otro 25% se transforma en energía calorífica y el 60% restante en radiación no perceptible, luz ultravioleta y luz infrarroja, que acaban convirtiéndose en calor.

Tienen buena calidad de luz, son fáciles de conseguir y su instalación es muy simple; sin embargo, su costo de operación es muy alto, debido a su corta vida y a su bajísima eficiencia.



**Figura 4.3 El foco incandescente**

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara\\_incandescente](http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_incandescente)

#### 4.2.2 Iluminación halógena

Este tipo de iluminación emite una luz 30 % más blanca y brillante empleando menos potencia en Watt que la incandescente. Son más eficientes, por lo que consumen menos energía eléctrica por lumen de intensidad de luz aportado. Son mucho más pequeñas comparadas con una incandescente normal de la misma potencia en Watt.



**Figura 4.4 El foco halógeno**

Fuente:[http://www.alipso.com/monografias4/Eficiencia\\_energetica\\_en\\_iluminacion/](http://www.alipso.com/monografias4/Eficiencia_energetica_en_iluminacion/)

Entre las desventajas de este tipo de iluminación tenemos que: debido a que el filamento se encuentra muy cerca de la envoltura el cristal de cuarzo se calienta excesivamente.

Las lámparas halógenas tienen también un amplio y eficiente empleo en la iluminación del hogar, tiendas comerciales, oficinas, faros delanteros de los automóviles o coches, parques, etc.

Su eficiencia luminosa alcanza entre **20 y 25 lm/W** (lúmenes por watt de consumo) en comparación con los 10 ó 18 lm/W que aporta una lámpara incandescente.

Eficiencia luminosa de una halógena de doble envoltura de 60W = 19-25 lm/W

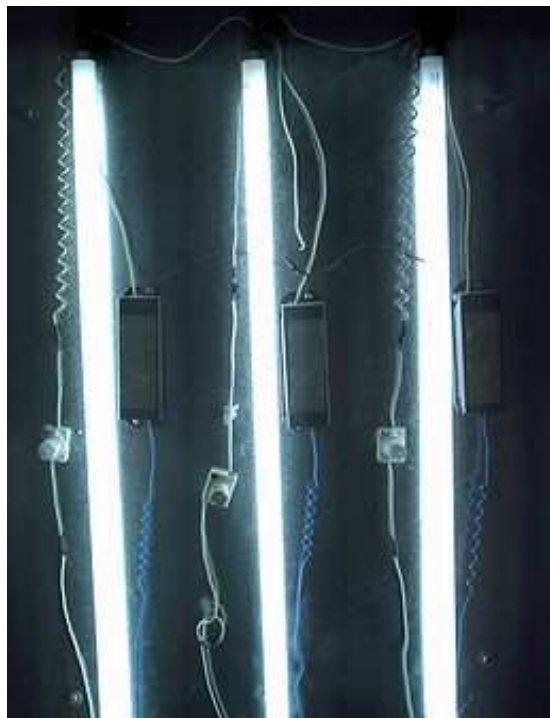
### 4.2.3 Iluminación fluorescente

La luminaria fluorescente, también denominada tubo fluorescente, es una luminaria que cuenta con una lámpara de vapor de mercurio a baja presión y que es utilizada normalmente para la iluminación doméstica e industrial. La eficiencia energética en comparación a los incandescentes y halógenos es evidente

Entre las ventajas de las lámparas fluorescentes se encuentran las siguientes:

- Aportan más luminosidad con menos watt de consumo que los focos incandescentes y halógenos.
- Poseen una vida útil prolongada entre (5 mil y 7 mil horas).
- Tienen poca pérdida de energía en forma de calor.

En la actualidad la mayoría de los tubos de lámparas fluorescentes que se fabrican corresponden al tipo T-8, de 1 pulgada de diámetro (25,4 mm).



**Figura 4.5 El foco fluorescente T8**

Fuente: <http://www.afinidadelctrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=191>

Las lámparas fluorescentes tienen un rendimiento luminoso que puede estimarse entre **50 y 90 lúmenes por vatio** (lm/W). Su potencia también están en función de su tamaño, la de 20W mide unos 60 cm, la de 40W, 1,20 m y la de 60W 1,50m.

Son más eficaces en la luminosidad que las lámparas incandescentes, ya que la electricidad está destinada principalmente a la obtención de la propia luz, y no tanto al calentamiento.

Los tubos tienen una duración de entre 15 y 20 veces la duración de una lámpara incandescente, y consumen un 80% menos de electricidad que una bombilla incandescente.

Su índice de rendimiento de color habitualmente va de **62 a 93**, siendo el valor de 100 la representación correcta de colores en los objetos iluminados y 70 un valor considerado aceptable.

Entre las desventajas que podemos señalar de este tipo de iluminación, y consecuente disminución en su utilización podemos señalar:

- Las lámparas fluorescentes no dan una luz continua, sino que muestran un parpadeo que depende de la frecuencia de la corriente eléctrica aplicada, y esto no se nota mucho a simple vista, pero una exposición continua a esta luz puede dar dolor de cabeza.
- Las lámparas fluorescentes ven reducida su vida útil si son encendidas y apagadas de manera continuada, visto que su acción de encender les cuesta mucho más trabajo que mantenerse encendidas.
- Las lámparas fluorescentes necesitan de unos momentos de calentamiento antes de alcanzar su flujo luminoso normal.
- El tipo de luz emitida es difusa, por lo tanto no es aconsejable para la lectura.
- Se debe tener en cuenta que este tipo de lámparas (fluorescentes) son consideradas residuos peligrosos debido a su contenido de vapor de mercurio, por lo cual se debe disponer adecuadamente para evitar efectos ambientales negativos.

Eficacia luminosa de un tubo estándar de 36W = 80lm/W

#### 4.2.4 Iluminación fluorescente CFL (Compact fluorescent light)

En comparación con las lámparas incandescentes, las CFL tienen una vida útil mayor y consumen menos energía eléctrica para producir la misma iluminación. Las lámparas compactas fluorescentes utilizan un 80% menos de energía (debido principalmente a que producen mucho menos calor) y pueden durar hasta 12 veces más, ahorrando así dinero en la factura eléctrica. Las CFL consumen aproximadamente una cuarta parte de la potencia de las incandescentes.

Cada vez que una persona instala una bombilla de bajo consumo se ahorra la emisión de 20 kg de CO<sub>2</sub> a la atmósfera al año (según el tipo de fuentes de generación eléctrica).



**Figura 4.6 El foco ahorrador o CFL**

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara\\_fluorescente\\_compacta](http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_fluorescente_compacta)

Entre las ventajas principales de este tipo de iluminación tenemos:

- Son “frías”: la mayor parte de la energía que consumen la convierten en luz que es lo que se espera de una bombilla.

- Utilizan entre un 50 y un 80% menos de energía que una bombilla normal incandescente para producir la misma cantidad de luz. Una lámpara de bajo consumo de 22 vatios equivale a una bombilla incandescente que consume 100 vatios con menos pago por energía eléctrica.
- Las bombillas de bajo consumo duran hasta 10 veces más y solo cuestan siete veces más. “10 veces más” significa hasta 10 o 12.000 horas, que equivale a entre 5 y 10 años para un uso medio de tres horas al día a lo largo de todo un año.

Entre las desventajas principales de los CFL tenemos:

- En su interior se utiliza vapor de mercurio, para la generación de radiación ultravioleta que generará luz visible al contacto con los "fósforos" del tubo. Este vapor de mercurio es tóxico y es un agente contaminante del medio ambiente.

#### **4.2.5 Iluminación neón**

Una lámpara de neón es una descarga de gas que contiene principalmente gas neón a baja presión. Este término se aplica también a dispositivos parecidos rellenos de otros gases nobles, normalmente con el objeto de producir colores diferentes.



**Figura 4.7 Iluminación neón**

Fuente: <http://sites.google.com/site/rotulostorralbasl/rotulos-de-neon-leds>

### **Ventajas de su utilización:**

- Totalmente flexible lo que permite facilidad en diseño y colocación.
- Puede doblarse en cualquier ángulo, utilizando simplemente sus manos lo que otorga grandes avances con respecto a los complejos métodos de producción de neón.
- Vida útil de 50000h (aprox. 10 años), más del triple que los tubos de neón los cuales poseen alrededor de 15000h (aprox. 3 años). Percibiendo un beneficio de 7 años.
- Rápido ensamble, obteniendo facilidad para empalmar y libertades para el diseño.

A diferencia de los otros sistemas de iluminación, la eficiencia del tipo neón está relacionada por su consumo energético por metro, esta llega a ser de:

Consumo de 30W /metro; y la eficiencia luminosa alrededor de 5 Lúmenes/ watt

Lo que finalmente puede dar una eficiencia luminosa de: **150 Lm/m**, haciendo imposible la comparación con los otros sistemas de iluminación, sin embargo como ya se ha enumerado tiene una gama amplia de colores para utilizar, es por ello que es de gran aceptación en la iluminación de rótulos.

#### **4.2.6 Iluminación LED**

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



Sin embargo al mismo tiempo que son las más eficientes del mercado, aún no ha ingresado en los servicios de la iluminación sobre todo por su costo que aún es alto, a considerar en relación a los costos de los otros sistemas de iluminación.

#### **4.2.6.1 Qué es un LED?**

Un LED es una luz brillante producida por un diodo, emite poco calor, y no produce gases venenosos, no es fácilmente dañado por alto voltaje, por lo que ha sido reconocido alrededor del mundo como una nueva generación de productos ambientales y de alta tecnología.

#### **4.2.6.2 Módulos LED**

Los módulos LED se componen de un cuerpo plástico cubierto de una capa pegamento transparente que hermetiza todo el equipo, haciendo posible su utilización en ambientes exteriores y resistentes al agua, excelente disipación de calor, de fácil montaje, bajo consumo, larga duración, etc.



**Figura 4.8 Módulos LEDS**

Fuente: Catálogo Inteleads. [www.inteled.com.mx](http://www.inteled.com.mx)

#### **4.2.6.3 Aplicaciones tecnología LED**

- Señalización de rótulos luminosos, letras iluminadas, etc.
- Iluminación oculta, efectos luminosos de pequeño tamaño, etc.
- Reemplazo de iluminación tradicional con NEON.

#### **4.2.6.4 Ventajas de los módulos LED**

- Los sistemas de iluminación LED no se desgastan fácilmente y proporcionan al mismo tiempo una intensidad de luz constante a través de un largo período.
- 100,000 horas de tiempo de vida: puede ser usado por 20 años, asumiendo que se usarán los 365 días del año/ 12 horas al día.
- Ahorrador de energía, (consumo muy bajo de potencia).
- Luz súper alta: existen módulos de 1,2 y 3 focos con luz súper alta. Colores como el rojo, ámbar, azul verde, blanco y RGB están disponibles.
- Ambiente de trabajo: Puede ser utilizado con seguridad ya sea al interior o al exterior a temperaturas de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$  y humedad  $< 65\%$
- Instalación rápida: Los nuevos modelos de LEDs son de 12VDC, conexiones uniformes haciendo que la instalación sea fácil y rápida para todo tipo de palabras y cajas de luz. También afirma un traslado seguro.
- Su alta eficiencia y alta iluminación están de acuerdo a los estándares de calidad. Un solo módulo consume menos de 0.5W, ahorrando más del 90% de poder que el tradicionalmente usa el neón.

#### **4.2.6.5 Mercado potencial tecnología LED**

Los LEDS, son productos que van directamente a sustituir con éxito algunas de las aplicaciones del Neón haciendo de éste un mercado potencial, además de su mayor facilidad de instalación, y menor peligrosidad.

Otra característica a tener en cuenta es que cualquier persona que tenga conocimientos de instalaciones eléctricas puede usarlo, lo que expande la gama de clientes potenciales a fabricantes de anuncios luminosos, estructuras de iluminación, agencias de decoración, firmas de construcción, entre otros.

#### **4.2.6.6 Características generales**

- Alto brillo y larga duración.
- Bajo consumo de electricidad.
- Bajo mantenimiento y bajo costo de operación
- Bajo voltaje de operación (12Vdc)

### **4.3 Comparación eficacia y eficiencia luminosa en sistemas de iluminación**

La siguiente tabla muestra las eficacias y eficiencias luminosas de varias fuentes de luz utilizadas en los sistemas de iluminación actualmente en los países tanto publicitarios como domésticos:

**TABLA 4.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN**

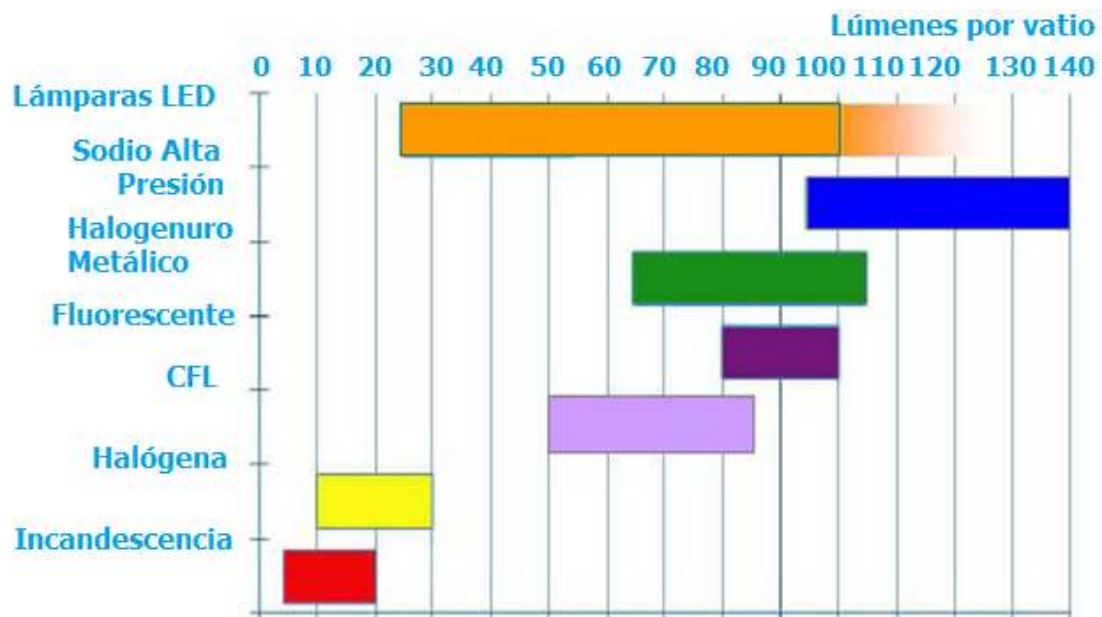
<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>	<b>Eficacia luminosa (lm/W)</b>	<b>Eficiencia luminosa (%)</b>
<b>Combustión</b>	vela	0.3	0.04%
	gas natural	1–2	0.15–0.3%
<b>Incandescente</b>	100–200 W tungsteno incandescente	13.8 –15.2	2.0–2.2%
<b>Halógeno</b>	60 W – 100W	25 - 42	3,66% - 6,15%
<b>Fluorescente</b>	T8 tubo con balasto electrónico 30W	80–100	11,7%–14,6%
<b>Fluorescente CFL</b>	18 W	70	10,25%
<b>Lámpara LED</b>	LED blanco MR16 3W	80	11,80%

Fuente: [http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Luminous\\_efficacy](http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Luminous_efficacy)

De los resultados: los más eficientes son el fluorescente T8 y la lámpara LED MR16 3W, sin embargo la diferencia radica en el consumo de energía, y por su puesto es incomparable el impacto ambiental de cada uno de ellos por lo ya expuesto.

#### **4.4 Relación de costos módulos led / otro tipo de iluminación**

Si bien es cierto que la inversión inicial en la adquisición de los módulos LED es mayor que cualquier otro equipo de iluminación, esta se ve compensada pues ha alcanzado valores de eficiencia que pueden llegar a ser 30 veces más eficientes que una lámpara incandescente típica. Una forma de determinar esta ganancia es por los lúmenes alcanzados por vatio consumido.



**Figura 4.9 Comparación lúmenes por vatio consumido de sistemas luminosos.**

Fuente: Comparación de los niveles de eficiencia energética de los dispositivos lumínicos.

Tomado de: Sistemas de iluminación, eficiencia y sostenibilidad energética en la empresa. Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética. Línea] <[http://www.energylab.es/fotos/091105104635\\_YTi6.pdf](http://www.energylab.es/fotos/091105104635_YTi6.pdf)>,

Otro aspecto importante es el ahorro de energía, el mismo que puede expresarse en forma de ahorro de recursos económicos y en reducción de emisión de gases tipo invernadero.

En la actualidad para nuestra ciudad el costo de la energía eléctrica tomada de la red de distribución EERSA (Empresa Eléctrica Riobamba S.A) se encuentra a un valor de 8 centavos de dólar por KWh consumido para clientes residenciales y alrededor de 10 centavos de dólar a clientes comerciales.

Para relacionar el consumo energético de cada tipo de iluminación en letreros luminosos a ese costo de energía, se considera un tiempo de utilización diaria de 5 horas durante 30 días:

**TABLA 4.2 COMPARACIÓN CONSUMO/COSTO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN**

<b>CARGA</b>	<b>POTENCIA (W)</b>	<b>USO (H/MES)</b>	<b>CONSUMO MES</b>	<b>PAGO POR CONSUMO</b>	<b>COSTO DE ADQUISIC.</b>
Incandescente	100	150	15 KWh/mes	1.2 usd	0,65 ctvs.
Fluorescente	15	150	2.25 KWh/mes	0,18usd	2,30dólares
Halógeno	90	150	13,5KWh/mes	1,08 usd	2,50 dólares
Ahorrador	30	150	4,55 KWh/mes	0,36 usd	2,00 dólares
LEDS	9	150	1.3KWh/mes	0,108 usd	27,00 dólares

De la tabla antes expuesta es fácil determinar tanto la diferencia en los costos de adquisición de estos equipos, como su consumo económico mensual.

Para la actualidad de Ecuador aún los costos de adquisición de la tecnología de iluminación LED es cara en nuestro medio, sin embargo es incuestionable su ahorro económico futuro, esto considerando su largo tiempo de vida útil comparado con los otros sistemas de iluminación.

Otro factor importante en la diferenciación de estos distintos tipos de iluminación es el factor ecológico, ya la utilización de focos halógenos o fluorescentes implican el manejo de residuos peligrosos cuando se desechan, sin embargo la utilización de LEDS no requiere de mayores requerimientos en su desecho.

## CAPÍTULO V

### 5. DISEÑO DE LA PUBLICIDAD Y SISTEMA DE ROTULACIÓN

#### 5.1 La publicidad

Se puede definir a la publicidad desde varios puntos de vista, como la perspectiva de Carl H. Hovland: “una interacción en la que un individuo transmite estímulos para modificar la conducta de otros individuos”. Bajo dicha definición, la publicidad lanza estímulos al interesado buscando modificar su conducta a favor de los productos o servicios que está mostrándoles.



**Figura 5.1 Ejemplo de publicidad**

Fuente: ATW Publicidad (<http://atw1.com/blog/tag/publicidad>)

En un anuncio publicitario, se da la información suficiente para que el consumidor conozca el producto o servicio ofrecido. Por otro lado, la forma en que se envía el mensaje comunica algo extra: los beneficios de lo ofrecido. Es este factor el que realmente logra impactar a las audiencias y crea un vínculo fuerte con ellos.

### 5.1.1 Características de la publicidad

Dentro de las propiedades características que debe poseer una publicidad encontramos las siguientes:

**Pervasividad:** representa la posibilidad de difundirse y permanecer en todos los ámbitos posibles de la sociedad.

**Intencionalidad:** la publicidad es de conocimiento público y su principal intención es vender bienes o servicios.

**Funcionalidad:** la publicidad siempre está buscando formas de ofrecerse ante el público como un elemento de utilidad y rentabilidad.

**Gregarismo:** la publicidad puede tomar elementos de diferentes ramas de la vida para cumplir con sus funciones: por ejemplo tomar los colores de un equipo de fútbol determinado y estimular a un grupo de personas al consumo de un producto.

**Comprensividad:** debido a que la publicidad se da en un tiempo y espacio, sólo podemos hablar de comunicación cuando el receptor recibe y devuelve el mensaje y para ello se requiere de una adecuada comprensividad de la publicidad.

### 5.1.2 Funciones de la publicidad

Dentro de un contexto general podemos decir que la publicidad tiene la función de ampliar la participación de los individuos en el mercado de consumo, mediante mensajes convencionales y no convencionales que se difunden.

Algunas de las funciones que cumple la publicidad podemos mencionar:

1. Brindar información sobre bienes y servicios ofrecidos en cuanto a precios, materiales, equipos, tecnología, etc.



2. Estimular la competencia y promover la calidad mediante la identificación de las marcas, de los productos y los distribuidores.
3. Facilitar tiempo, lugar y accesibilidad a los productos ofrecidos.

## **5.2 Metodología del diseño de la publicidad**

Uno de los factores importantes a considerar en el desarrollo de la presente Tesis es la elaboración de la publicidad que se va a realizar en forma de letrero luminoso; esta va a estar ubicada en un local comercial céntrico de la ciudad de Riobamba, para lo cual se ha considerado algunas alternativas en el diseño y elaboración, de manera que sea de total agrado tanto del dueño del local comercial como de los potenciales consumidores, se ha hecho un análisis de disponibilidad de espacios, colores, tamaños, materiales, etc. detallados de la siguiente manera:

Se ha considerado que el letrero luminoso sea:

- **Atractivo:** es decir que llame la atención de las personas que lo observen, y que lo estimule a realizar una compra.
- **Objetivo:** se ha determinado que el local comercial venderá productos de consumo femenino (bisutería, perfumería, etc.), para lo cual en primera instancia se ha buscado canales que generen impacto en dicho público como: colores, tipos de letra, tamaños de letra, etc.
- **Claro:** es decir que la publicidad sea de fácil comprensión de los productos que ofrece.
- **Resaltar las características:** en el local comercial se venderá productos en plata, por lo cual se ha buscado utilizar colores brillantes para la publicidad, de tal forma que indirectamente sea resaltado una cualidad de los productos.
- **Calidad:** para el efecto se han analizado varias alternativas tanto en costos como en materiales de la publicidad, para determinar la mejor opción en acuerdo con sus propietarios.

### 5.2.1 Análisis de contenido

En este punto se busca el nombre definitivo del local comercial, el cual debe reunir las características publicitarias antes mencionadas. Para este propósito se considera algunas opciones que pueden resultar valederas en la conformación del mismo. Tomando el ejemplo de las grandes empresas se puede elegir el nombre del negocio según las siguientes normativas:

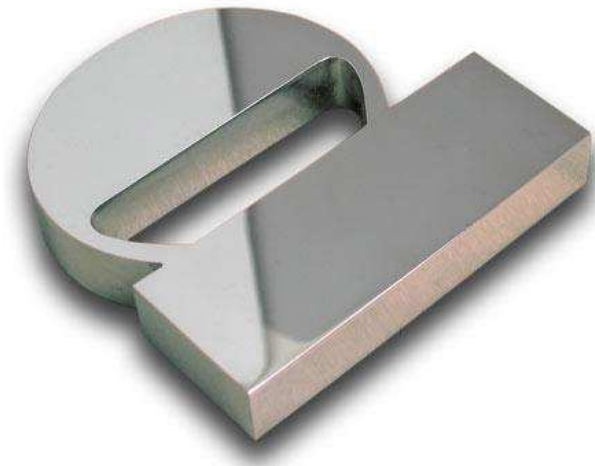
- 1. Nombre del local comercial que lleve un apellido:** una forma simple y formal puede ser utilizar nombres o apellidos o bien utilizar combinaciones. Ejemplos: Hermanos Copher, Mac Donalds, Mercedes Benz, Ford, Wendy's, Ferrari, etc.
- 2. Nombre del local comercial que haga referencia a los productos:** se desea que los productos se los relacione a primera vista con el local. Por ejemplo: Burger King (hamburguesas), Pizza Hut (Pizza), Multirepuestos, Mundo Plástico, La Casa de las Velas, etc.
- 3. Nombres creativos:** se puede elegir una palabra o término con un significado especial al cual se le dará un concepto global. Ejemplos: Yahoo!, Google, Michellin, Starbucks, Toyota, Cetron, etc.
- 4. Eufonía:** capacidad de proporcionarle fuerza e impacto a un nombre. Para ello hay que utilizar un menor espacio y tiempo de pronunciación. Ejemplo: Ford, Nestlé, Peugeot. Nike, Boing.
- 5. Pronunciabilidad:** hay que buscar un nombre breve y simple en su forma, incluso agradable de pronunciar. Ejemplo: Kodak, Nестea.

De las varias alternativas manejadas por los propietarios del local se llega a la conclusión que la publicidad llevará letras en alto relieve con el nombre **ROSELY** debido a que es un nombre corto, que hace referencia al sexo femenino (público al cual está dirigida la publicidad), de fácil pronunciación y que representa la belleza, dulzura e incomparable lucidez de las joyas en plata.

## 5.2.2 Definición y selección del material

### 5.2.2.1 Letras de alto relieve

Una de las principales causas de destrucción de los sistemas publicitarios que se debe evitar es el desgaste, la corrosión, la ruptura y todo esto debido a la intemperie; es por eso que todas estas eventualidades pueden prevenirse escogiendo adecuadamente los materiales dentro de la gama muy amplia que dispone el ingeniero. Entre ellos están no solamente los metales, sino también los plásticos (termoestables y termoplásticos), cauchos, materiales cerámicos, pinturas, acrílicos, etc.



**Figura 5.2 Letras en alto relieve**

Fuente: Letras de bronce con relieve ([www.aabat.cl](http://www.aabat.cl))

Las características óptimas para una buena selección del material son:

- Condiciones ambientales.
- Resistencia a la corrosión.
- Facilidad en la soldadura.
- Brillo.
- Tiempo de construcción.
- Cuestiones económicas.
- Realce, presencia y sobre todo que brinde una atracción al consumidor.

Las principales alternativas de construcción se consideraron 2:

1. Letras corpóreas o de alto relieve hechas enteramente con acero inoxidable (soldables) y una base o soporte de las letras hechas de madera.
2. Letras de alto relieve hechas en sus costados por tol galvanizado y sus tapas de acrílico, la base realizada en lona de publicidad forrada con vinil de cualquier color que se requiera.

De las dos alternativas se seleccionó la segunda, debido a su menor tiempo de construcción, mayor facilidad de proporcionales el color seleccionado, menor peso de total del sistema, menor costo y mayor realce de las letras.

#### **5.2.2.2 Tipos de iluminación**

De las formas de iluminación publicitarias (fluorescentes, neón o leds), se seleccionó la nueva tecnología de módulos LEDES por las siguientes razones:

**Simplicidad en la instalación:** a la hora de instalar los módulos LEDs, no requiere de personal calificado ya que es una conexión muy simple (voltaje de corriente directa) y de bajo voltaje.

**Resistencia a la rotura:** los módulos LEDs, son resistentes a los golpes y se pueden manipular sin tener que tener excepcionales cuidados con ellos, esto sin contar que son resistentes al agua.

**Ahorro energético:** el consumo energético de los módulos LED es muy bajo, inferior a la mayoría de los sistemas de iluminación que se utilizan actualmente.

**Independencia del rotulista:** los módulos LED, son productos que no necesitan especialización por lo que cualquier rotulista con una mínima información previa puede usarlo sin depender de terceras personas.

**Cuida el medio ambiente:** los módulos LED no contienen mercurio ni otras sustancias nocivas que afecten al medio ambiente como si es el caso del neón.

**Sin problemas de temperatura:** a diferencia de otras fuentes de luz como los fluorescentes, el LED puede trabajar a temperaturas muy bajas manteniendo un alto rendimiento lumínico. Además el calor que desprenden es tan bajo que lo hacen apropiado para sitios donde se debe mantener una temperatura baja y constante.

### 5.3 Diseño de la publicidad (material y tamaño)

Luego de determinar el nombre que llevará la publicidad con letras en alto relieve de tol y acrílico, base de lona con vinil y con iluminación con leds, se establece que:

- El color de la iluminación debe ser magenta que es un color en concordancia con el nombre del local.
- Se utilizará un tipo de letra Alba especial que proporciona una mayor facilidad en la elaboración de las letras.
- El fondo para la colocación de las letras en alto relieve será elaborado en lona de impresión publicitaria forrada con vinil de color negro, para proporcionar un contraste con las letras y resaltar aún más el color de las mismas.
- Se debe realizar un soporte con tubos estructurales que presten sustento estático a todo el letrero publicitario.



Figura 5.3 Esquema para la elaboración del letrero luminoso

## CAPÍTULO VI

### **6. CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO**

#### **6.1 Componentes del sistema solar fotovoltaico**

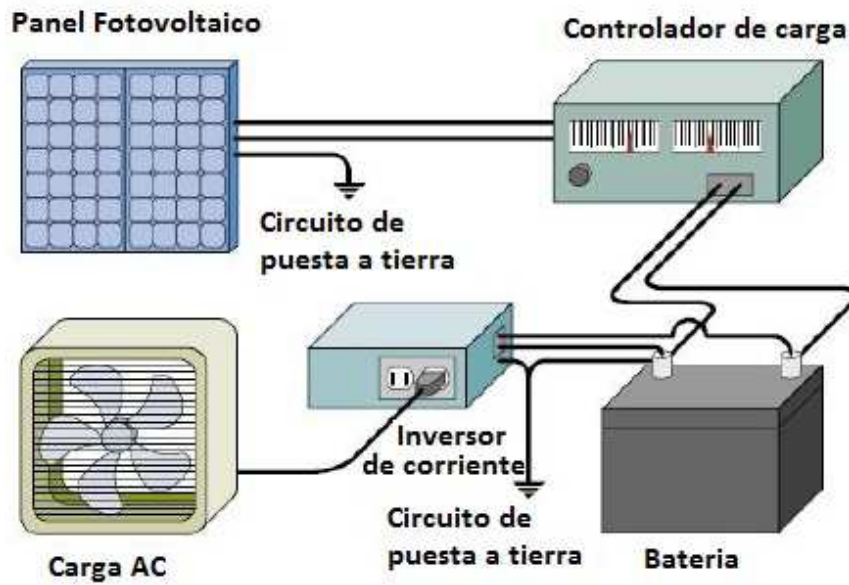
Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos:

**Módulos o paneles fotovoltaicos**, que son los que reciben las radiaciones solares y las convierten en una corriente eléctrica continua.

**Regulador de carga**, para regular el paso de la electricidad de los módulos a los puntos de consumo o la batería, garantizando una larga vida útil para la misma. Se debe tener en cuenta que en las instalaciones solares fotovoltaicas, las baterías están sometidas a ciclos de carga y descarga constantes, por lo que sufren mucho si la regularización no es buena. El regulador controla la tensión (V) y la corriente (I). En algunos casos también proporciona las siguientes informaciones: indicación de batería en proceso de carga, indicación de batería cargada totalmente, y protección contra carga excesiva. Tiene también sensores de temperatura para que la carga se desarrolle correctamente.

**Baterías especiales (baterías solares)**, ya que como se ha dicho están sometidas a continuos ciclos de carga y descarga, y están desarrolladas de tal forma que sus componentes satisfagan estas características de los sistemas fotovoltaicos.

**Inversor (también llamado convertidor)**, para transformar la corriente continua (12 V, por ejemplo) recibida de los paneles, en corriente alterna (120 V). Hay que tener en cuenta que la mayoría de los aparatos funcionan con corriente alterna. Estos inversores deben llevar protección contra descarga del sistema, exceso de temperatura, batería baja e inversión de polaridad.



**Figura 6.1 Sistema solar fotovoltaico con cargas de corriente alterna**

Fuente: [http://html.rincondelvago.com/energia-solar-fotovoltaica\\_4.html](http://html.rincondelvago.com/energia-solar-fotovoltaica_4.html)

En muchos de los casos no es necesaria la utilización del inversor debido a que existen algunos aparatos que funcionan con corriente continua de 12 voltios.

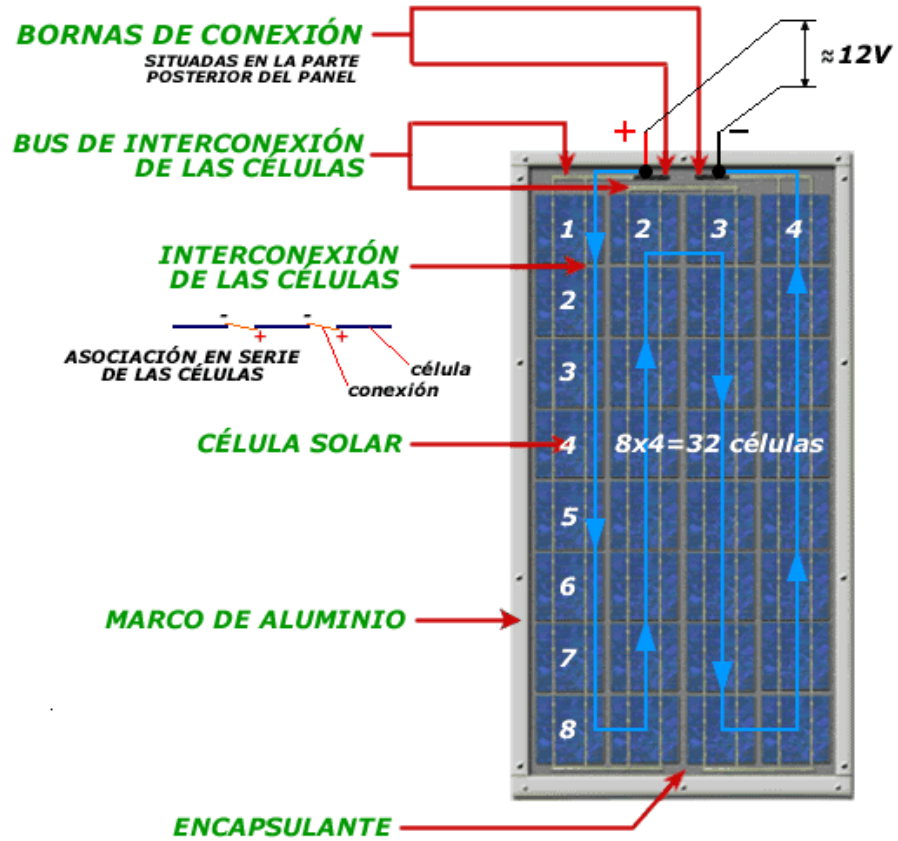


**Figura 6.2 Sistema solar fotovoltaico con cargas de corriente continua**

Fuente: [http://html.rincondelvago.com/energia-solar-fotovoltaica\\_4.html](http://html.rincondelvago.com/energia-solar-fotovoltaica_4.html)

### 6.1.1 Paneles solares fotovoltaicos

#### EL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO



#### ELEMENTOS DE UN PANEL FOTOVOLTAICO



Figura 6.3 Elementos de un panel fotovoltaico

Fuente: FIRCO Proyecto de Energía Renovable



Un panel solar está constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles fotovoltaicos se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica.

Estos elementos son:

- **Cubierta exterior de cara al sol:** es de vidrio que debe facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar. Se caracteriza por su resistencia mecánica, alta transmisividad y bajo contenido en hierro.
- **Encapsulante:** de silicona o más frecuentemente EVA (etil-vinil-acetato). Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición al sol, buscándose además un índice de refracción similar al del vidrio protector para no alterar las condiciones de la radiación incidente.
- **Protección posterior:** igualmente debe dar rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos. Usualmente se emplean láminas formadas por distintas capas de materiales, de diferentes características.
- **Marco metálico:** que asegura una suficiente rigidez y estanqueidad al conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel. La unión entre el marco metálico y los elementos que forman el módulo está realizada mediante distintos tipos de sistemas resistentes a las condiciones de trabajo del panel.
- **Cableado y bornes de conexión:** habituales en las instalaciones eléctricas, protegidos de la intemperie por medio de cajas.

- **Diodo de protección:** su misión es proteger contra sobre-cargas u otras alteraciones de las condiciones de funcionamiento de panel.

### 6.1.1.1 Comportamiento del panel fotovoltaico

Se debe conocer ciertos parámetros para determinar cómo afectan éstos a los paneles fotovoltaicos:

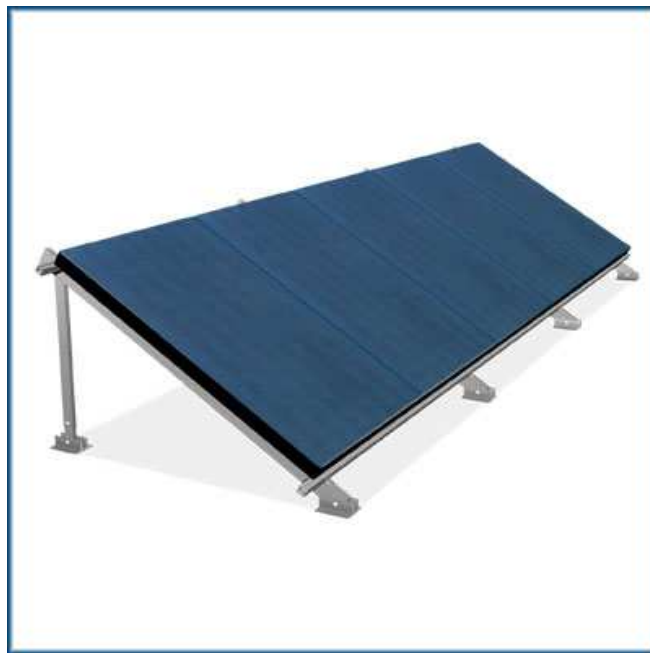
**La intensidad aumenta con la radiación** permaneciendo más o menos constante el voltaje, los valores de la radiación cambian a lo largo de todo el día en función del ángulo del sol con el horizonte, este valor de radiación que cambia con el día afecta proporcionalmente a los amperios generados por el panel solar.

**La exposición al sol de las células provoca su calentamiento**, lo cual conlleva cambios en la producción de electricidad. Una radiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  es capaz de calentar una célula unos  $30^\circ\text{C}$  por encima de la temperatura del aire circundante. A medida que aumenta la temperatura, la tensión generada es menor, por lo que es recomendable montar los paneles de tal manera que estén bien aireados y, en el caso de que sea usual alcanzar altas temperaturas, plantearse la posibilidad de instalar paneles con un mayor número de células.

Este factor condiciona enormemente el diseño de los sistemas de concentración, ya que las temperaturas que se alcanzan son muy elevadas, por lo que las células, deben estar diseñadas para trabajar en ese rango de temperatura o bien, contar con sistemas adecuados para la disipación de calor.

**El número de células por modulo afecta principalmente al voltaje**, puesto que cada una de ellas produce  $0.4\text{V}$ . La  $V_{oc}$  del módulo aumenta en esa proporción. Un panel solar fotovoltaico se diseña para trabajar a una tensión nominal  $V_{pn}$ , procurando que los valores de  $V_{Pmax}$  en las condiciones de iluminación y temperatura más frecuentes coincidan con  $V_{pn}$ .

Los parámetros bajo los que operan los paneles fotovoltaicos, para una determinada localización, hacen que la característica de voltaje DC de salida varíe dentro de un margen considerable a lo largo de todo el año. La radiación y la temperatura ambiente experimentan además otro tipo de variación debidos a factores diurnos y estacionarios. Los paneles solares tienen entre 28 y 40 células, aunque lo más típico es que cuenten con 36. Normalmente, los paneles utilizados, están diseñados para trabajar en combinación con baterías de tensiones múltiplo de 12V.



**Figura 6.4 Paneles solares con exposición solar**

Fuente:<http://www.metalesextruidos.com/es/noticias/detalle/0ReoRpkUf0kbK3qOCp/>

**Los paneles solares se pueden conectar:**

**En serie:** por ejemplo si tenemos un módulo de 12 V y 1,5 A y lo conectamos en serie con otro módulo de las mismas características tendremos un conjunto de 2 módulos de 24 V y 1,5 A (se suman los voltajes y se mantienen las intensidades).

**En paralelo:** si tenemos los dos módulos del ejemplo anterior y los conectamos en paralelo, tendremos un conjunto de 12 V y 3 A (se mantienen los voltajes y se suman las intensidades).

Los paneles se deben instalar en zonas sin sombras (siempre que sea posible). Tampoco se deben hacer sombra entre ellos. Se deben mantener siempre limpios de hojas, ramas, polvo, suciedad, etc. Su fijación debe ser firme, ya que tienen que permanecer fijos en el sitio más de 25 años (su vida útil).

Generalmente, las celdas son hechas en forma redonda o cuadrada, del orden de los 100 cm<sup>2</sup>. Para el cargado de baterías el voltaje de salida de un módulo debería siempre ser un poco más alto que el voltaje de la batería.

Esto significa que un módulo FV diseñado para cargar batería de 12V debería producir alrededor de 13V, dicho módulo puede hacerse, de 33 celdas de silicio en serie ( $24 \times 0.55 = 13.2$  V).

El tamaño usual de los módulos es de alrededor de 0.5 m<sup>2</sup> a 1 m<sup>2</sup> que es el tamaño más pequeño posible para un panel de 12V cuando se utilizan celdas de 100 cm<sup>2</sup>. Un factor importante que determina la salida de un panel fotovoltaico es el factor de empaque.

Algunos módulos se hacen de tal manera que relativamente gran parte del panel permanece vacío, mientras que en otros módulos las celdas se empaican de manera bastante densa. Esto aumenta la salida neta por metro cuadrado de un módulo, aún si las mismas celdas FV se usan. La salida usual de los módulos FV es alrededor de 100 Wp por metro cuadrado.

El rendimiento de un panel está especificado conforme a normas (principalmente la IEC 61215). Las condiciones de ensayo son para una potencia luminosa de 1 KW/m<sup>2</sup>, y una temperatura de la célula de 25 °C. Se requiere una ventilación adecuada en la parte trasera de los módulos.

A la hora de determinar el emplazamiento de los módulos, la exposición al viento u otras corrientes de refrigeración es una consideración importante.

Los especialistas en el campo de la energía fotovoltaica no expresan la potencia instalada de un sistema en vatios (W), sino en vatios-pico (Wp).

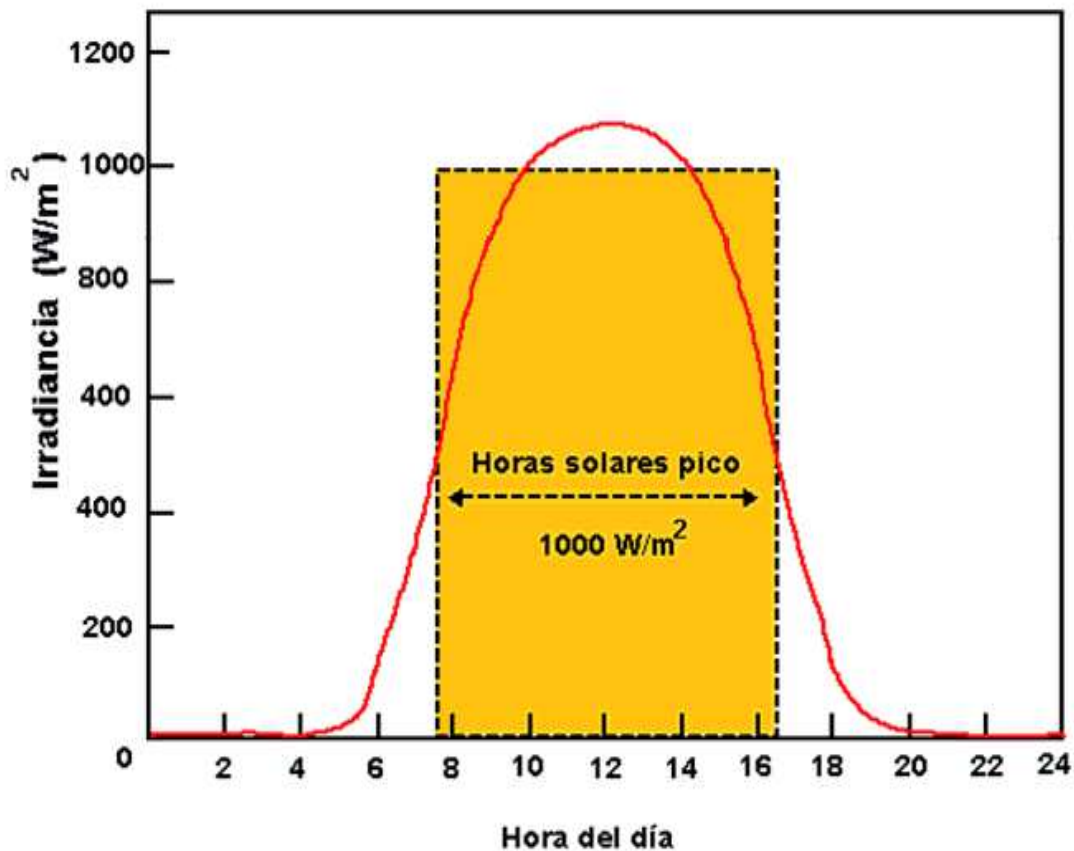
### 6.1.1.2 HPS (Paneles solares fotovoltaicos)

Para poder diseñar un sistema fotovoltaico, debemos saber con cuánta energía solar contamos en el lugar donde lo vamos a instalar. En la mayor parte de los lugares del mundo se conoce cuánta energía solar promedio está disponible.

Este promedio se mide en Horas de sol perfecto o HSP (PSH en inglés).

Una hora perfecta de sol representa una hora de sol luminoso, sin nubes. Por lo tanto, si una región tiene un HSP de 4, significa que se puede contar con un promedio de 4 horas de sol radiante, sin nubes, por día.

Una hora perfecta de sol equivale a una radiación de 1000 w (vatios) por  $m^2$  durante una hora.



**Figura 6.5 Diagrama HPS (horas de picos solar)**

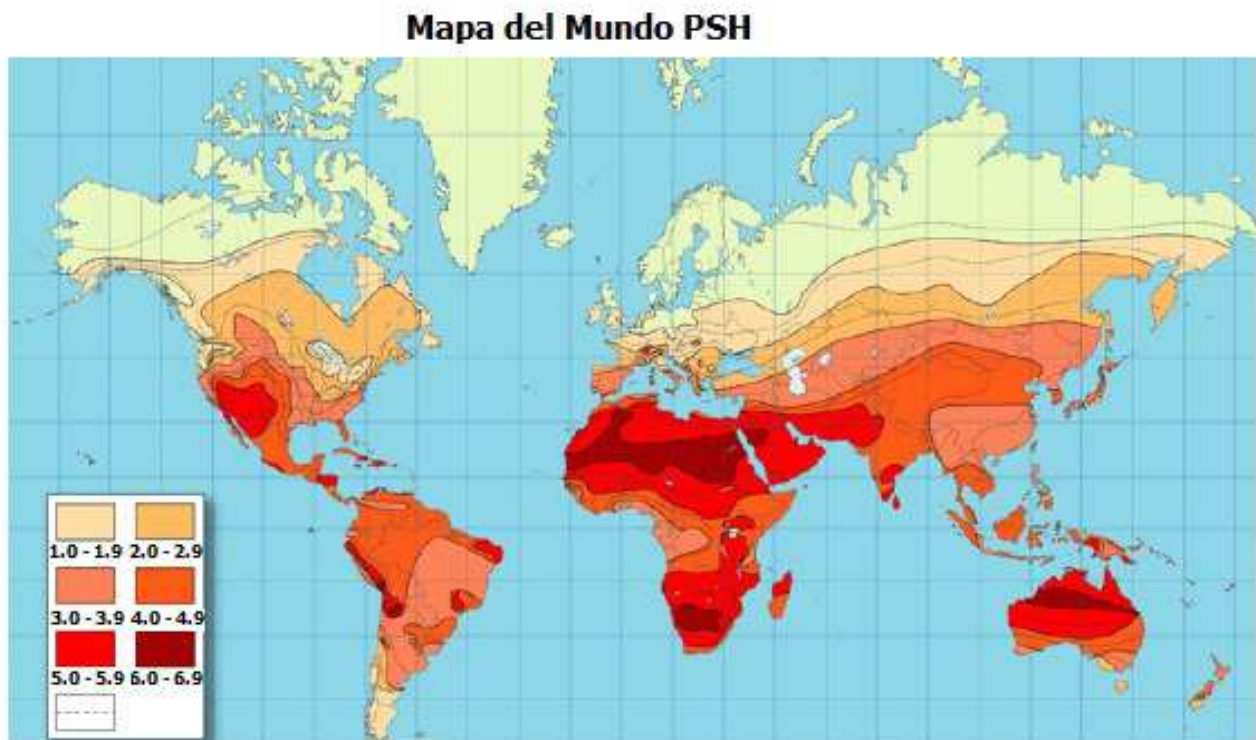
Fuente: [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

Por lo tanto el HSP se obtiene sumando toda la energía recibida en el día y dividiendo esta suma por 1000 w/m<sup>2</sup>.

En la figura 43, el área definida por el rectángulo (irradiación en base a HPS) es aproximadamente igual al área definida por la curva horaria de irradiancia real a lo largo de todo el día.

Desgraciadamente, no todos los días no todos los días tienen la misma cantidad de luz solar. Para obtener la HSP de una región específica, es necesario obtener las cifras de cada día durante un año y sacar el promedio. Por ejemplo, en la región amazónica del Ecuador, las HSP son 3. Algunos días es 5 y otros 1, pero el promedio es 3. Por suerte, no es necesario hacer los cálculos mencionados, ya que científicos han estado haciéndolos durante décadas y con esta información se han creado los mapas de la página siguiente.

Horas pico sol a nivel del mundo:



**Figura 6.6 Mapa solar de HPS**

Fuente: [http://www.sunwize.com/info\\_center/insolmap.htm](http://www.sunwize.com/info_center/insolmap.htm)

### **6.1.1.3 Potencia de los paneles solares fotovoltaicos**

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en vatios-pico (Wp), lo cual indica la capacidad de generar energía en condiciones óptimas.

La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas. Por ejemplo, un módulo de 55 Wp es capaz de producir 55 W más o menos un 10 % de tolerancia cuando recibe una radiación solar de 1.000 vatios por metro cuadrado ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) y sus celdas poseen una temperatura de 25 °C. En condiciones reales, este mismo módulo produciría una potencia mucho menor que 55 W.

En el mercado, se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia, desde 5 Wp; de potencia media, por ejemplo 55 Wp; y de alta potencia, hasta 160 Wp. En aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 Wp.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar.

La elección apropiada del tipo y capacidad del módulo fotovoltaico depende de las características propias de la instalación fotovoltaica, tales como radiación solar existente y consumo energético requerido.

### **6.1.2 Regulador de carga**

Para un funcionamiento satisfactorio de la instalación fotovoltaica en la unión de los paneles solares con la batería ha de instalarse un sistema de regulación de carga. Este sistema es siempre necesario, salvo en el caso de los paneles autorregulados.

El regulador tiene como función fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Si, una vez que se ha alcanzado la carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía, se inicia en la batería procesos de gasificación (hidrólisis del agua en hidrógeno y oxígeno) o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligroso y, en cualquier caso, acortaría sensiblemente la vida de la misma.

Otra función del regulador es la prevención de la sobredescarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería, siendo éste un fenómeno, que como ya se ha dicho, puede provocar una sensible disminución en la capacidad de carga de la batería en sucesivos ciclos.

Algunos reguladores incorporan una alarma sonora o luminosa previa a la desconexión para que el usuario pueda tomar medidas adecuadas, como reducción del consumo, u otras.

Los reguladores más modernos integran las funciones de prevención de la sobrecarga, y que además suministra información del estado de carga de la batería.



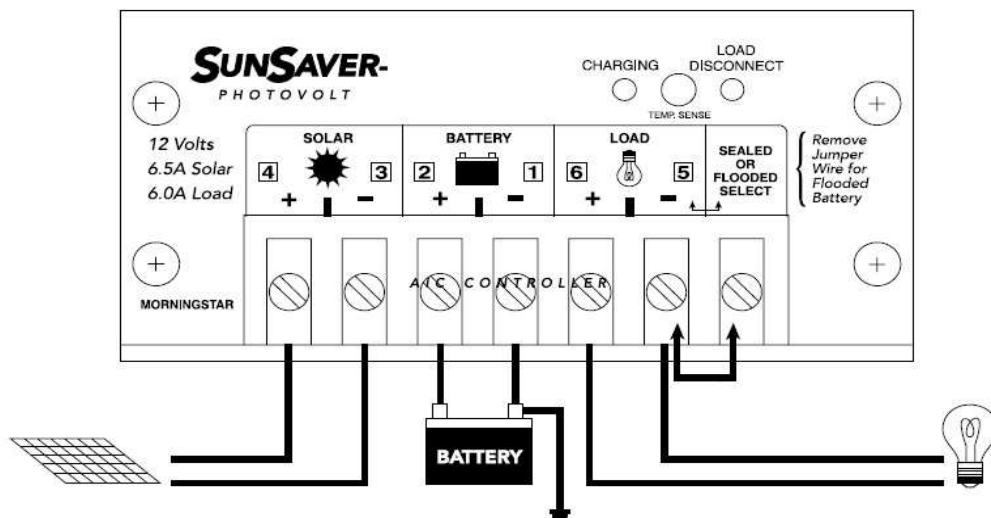
**Figura 6.7 Regulador de carga Morningstar - SunSaver**

Fuente: [www.proviento.com.ec/descargas/reguladoresdescarga/SS10L.pdf](http://www.proviento.com.ec/descargas/reguladoresdescarga/SS10L.pdf)



Estos reguladores también pueden incorporar sistemas que sustituyan a los diodos encargados de impedir el flujo de electricidad de la batería a los paneles solares en la oscuridad, con un costo energético mucho menor. También es interesante incorporar modelos de regulación que introducen modos de carga “en flotación”, lo cual permite una carga más completa de las baterías y un mejor aprovechamiento de la energía de los paneles.

Las características eléctricas que definen un regulador son su tensión nominal y la intensidad máxima que es capaz de disipar.



**Figura 6.8 Conexiones del regulador de carga**

Fuente: [www.proviento.com.ec/descargas/reguladoresdearga/SS20L.pdf](http://www.proviento.com.ec/descargas/reguladoresdearga/SS20L.pdf)

Existen diversas marcas y tipos de reguladores. Es necesario un controlador con desconexión automática por bajo voltaje (LVD) y con indicadores luminosos del estado de carga. Estas opciones permiten la desconexión automática de la batería cuando el nivel de carga de ésta ha descendido a valores peligrosos. .

### 6.1.3 Inversor de voltaje

Este aparato tiene la finalidad de adaptar las características de la corriente generada a la demanda total o parcial para las aplicaciones. En determinadas aplicaciones que trabajan en corriente continua, no es posible hacer coincidir las tensiones proporcionadas por el acumulador con la solicitada por todos los elementos de consumo. En este caso se requiere de un convertidor de tensión continua.

El inversor de voltaje de una u otra manera “burla” al transformador forzando a la corriente continua a actuar como si fuese corriente alterna. Esto se logra mediante la interrupción permanente de la corriente continua; pasándola a través de dos o más transistores que se encienden y apagan continuamente.



**Figura 6.9 Inversor de voltaje VEC0 400 Watt**

Fuente: [http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-25832394-inversor-de-corriente-12-110v-800w-max-400w-rms-vector-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-25832394-inversor-de-corriente-12-110v-800w-max-400w-rms-vector-_JM)

En otras aplicaciones, la utilización incluye elementos que trabajan en corriente alterna. Puesto que tanto los paneles como las baterías trabajan en corriente continua, es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente en alterna.

La eficiencia del inversor varía en función de la potencia consumida por la carga. Esta variación es necesario conocerla, sobre todo si la carga en alterna es variable a fin de que el punto de trabajo del equipo se ajuste lo mejor posible a un valor promedio especificado.

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

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

- Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.

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

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

Un inversor también consume energía y por tanto disminuye la eficiencia general del sistema. La ventaja del inversor es que el voltaje de operación es mucho más alto y por tanto puede evitarse el uso de cables gruesos. Especialmente cuando deben usarse cables largos podría ser económicamente viable utilizar un inversor.

#### 6.1.4 Baterías o acumuladores

En las instalaciones fotovoltaicas lo más habitual es utilizar un conjunto de baterías asociadas en serie o paralelo para almacenar la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación. La fiabilidad de la instalación depende en gran medida del sistema de acumulación.

De cara a su empleo en instalaciones de electrificación fotovoltaica, es necesario conocer los siguientes conceptos:

- **Capacidad:** es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperios-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga, es decir una batería de 130Ah es capaz de suministrar 130A en una hora o 13A en diez horas. Para acumuladores fotovoltaicos es usual referirse a tiempos de descarga de 100 horas. Las baterías tienen un voltaje nominal que suele ser de 2, 6, 12, 24V, aunque siempre varíe durante los distintos procesos de operación. Es importante el voltaje de carga, que es la tensión necesaria para vencer la resistencia que opone el acumulador a ser cargado.

- **Eficiencia de carga:** es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para la carga puede ser remplazada para la descarga posterior. Si la eficiencia de carga es baja, es necesario dotarse de un mayor número de paneles para realizar las mismas aplicaciones.
- **Autodescarga:** es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.
  
- **Profundidad de descarga:** se denomina profundidad de descarga al valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado. Como ejemplo, si tenemos una batería de 100Ah y la sometemos a una descarga de 20Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%.

Es necesario recalcar que cuanto menos profundos sean los ciclos de carga/descarga, mayor será la duración del acumulador.

También es importante saber que, para la mayoría de los tipos de baterías, un acumulador que queda totalmente descargado, puede quedar dañado seriamente y perder gran parte de su capacidad de carga.



**Figura 6.10 Baterías de almacenamiento de energía solar Millenium**

Fuente: [www.proviento.com.ec/descargas/baterías/27-DC-85.pdf](http://www.proviento.com.ec/descargas/baterías/27-DC-85.pdf)

Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se requiere de una adecuada selección de baterías para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite.

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuada para la utilización de aparatos eléctricos.

Provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que puede producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar).

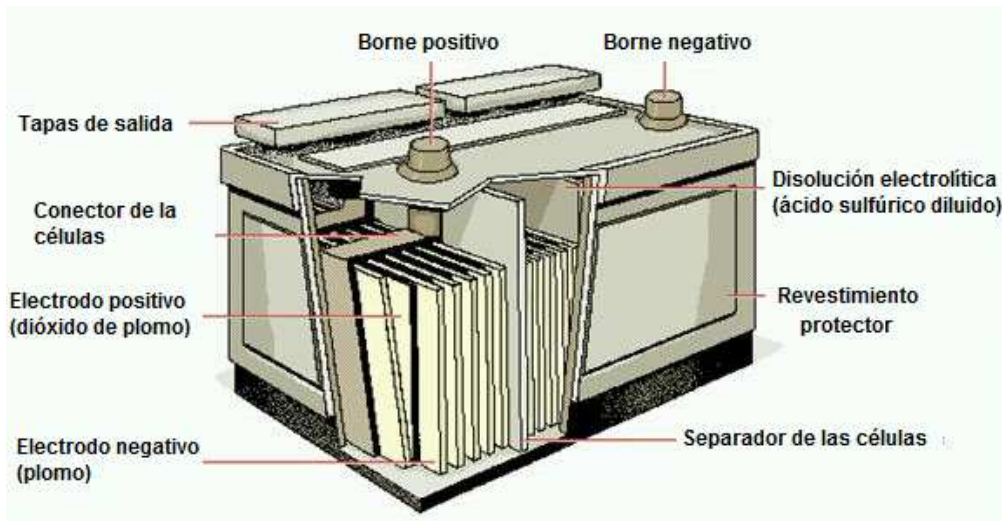
#### **6.1.4.1 Características de las baterías**

Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse.

En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas.

Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 amperios durante 2 segundos, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas.

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar.



**Figura 6.11 Baterías libres de mantenimiento de ciclo profundo**

Fuente: <http://www.importacionesfabiola.com/acumuladoresenergiasolar.html>

#### **6.1.4.2 Mantenimiento y vida útil de los acumuladores**

Diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas “baterías libre de mantenimiento”, no lo necesitan.

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida.

Las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son elementos bastante sensibles a la forma como se realizan los procesos de carga y descarga.

## **6.2 Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico**

Se le denomina dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico a una serie de procesos de cálculo que logran optimizar los equipos para la generación de la energía eléctrica de origen solar, realizando un balance adecuado de cargas o puntos de consumo desde el punto de vista técnico y económico.

La insolación, la potencia solar, así como muchas otras variables pueden medirse en diversos tipos de unidades.

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

**TABLA 6.1 UNIDADES DE ENERGÍA SOLAR Y FACTORES DE CONVERSIÓN**

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

Fuente: NREL – Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica CONELEC

### **6.2.1 Energía total de consumo**

Los requerimientos energéticos para la iluminación del sistema publicitario establecen gran parte el diseño del sistema. Por lo tanto es importante determinar el consumo energético final lo más detallado posible:

### **Iluminación módulos led:**

De acuerdo a las especificaciones de los módulos leds utilizados en la publicidad, estos tienen las siguientes características:

**Potencia:** en las mediciones realizadas en los módulos led se obtuvieron los siguientes resultados:

**Voltaje:** 12 VDC

**Corriente medida:** 32mA

$$P = V \times I \quad (1)$$

$$P = (12\text{VDC}) \times (0.032 \text{ A})$$

$$P = 0,384 \text{ W/módulo}$$



**Figura 6.12 Módulos LED utilizados en el letrero luminoso**

### **Demanda energética o requerida:**

El letrero luminoso con letrascorpóreas requiere la colocación interior de 8 módulos led por letra, el letrero cuenta con 6 letras, por lo tanto se requiere suministrar energía a 48 módulos led, en dos letras se requiere de 1 led más, en total 50 leds de iluminación. Luego el sistema



también debe suministrar energía eléctrica a dos focos reflectores apuntados hacia las vitrinas de exhibición de 30 Watts cada uno.

De acuerdo al diseño requerido se tiene:

$$50 \text{ módulos} \times 0,384 \text{ Watt} = 19,2 \text{ Watts}$$

$$2 \text{ focos} \times 30 \text{ Watt} = 60 \text{ Watts.}$$

**Total carga necesaria:**  $19,2 \text{ Watt} + 60 \text{ Watt} = 79,2 \text{ Watts}$

**Total horas uso:** 3,5 horas a diario (de 18h00 a 21h30)

**Consumo de energía por cada día:**

$$79,2 \text{ Watts} \times 3,5 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} = 277,2 \frac{\text{W} - \text{h}}{\text{dia}} = 0,277 \frac{\text{Kw} - \text{h}}{\text{dia}} \quad (2)$$

### 6.2.2 Cálculo y selección del número de paneles solares

Los métodos para determinar el tamaño y número de paneles tienen sus limitaciones: debido a que se fija una demanda energética y se utiliza un valor de irradiación fijo (aunque este sea el mínimo posible en un determinado tiempo) nunca va a ser 100% confiable, por lo cual es necesario asegurar el diseño sobredimensionando el sistema.

#### Primer método de selección del número de paneles:

La fórmula a utilizar supone un aprovechamiento del recurso solar (a  $1000 \text{ W/m}^2$ ) aproximadamente del **10%** y asumiendo que la potencia generada por los paneles por metro cuadrado es de  $100 \text{ Wp}$ .

Es este porcentaje de aprovechamiento del recurso solar el que incluye un factor de corrección en la fórmula de cálculo: utilizar 1000 significaría un panel de aprovechamiento 10%; sin embargo se utiliza un valor de 1200 porque la eficiencia en la generación del sistema es siempre un poco más baja que la eficiencia del panel aproximadamente 8%.

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula:

$$A_r = 1200 \times \frac{(E_d)}{(I_d)} \quad (3)$$

**Dónde:**

**A<sub>r</sub>:** Tamaño del panel (Wp)

**E<sub>d</sub>:** Consumo de energía (kWh/día) = **0.2772 KWh/día**

**I<sub>d</sub>:** **HPS** en el peor de los casos se ha determinado (Tabla IV) que existen **3.5** horas pico de sol radiante por día.

$$A_r = \frac{(1200) \times (0.2772 \text{ KWh/día})}{(3.5 \text{ HPS})}$$

$$A_r = 95,04 \text{ Wp}$$

Entonces se selecciona 1 módulo de **100 Wp**.

### **Segundo método de selección del número de paneles:**

En este método se considera un factor global de rendimiento o coeficiente de pérdidas totales en el sistema, y su cálculo está determinado tanto por la demanda energética requerida como por el recurso energético disponible:

**Demanda energética o requerida:**

$$0,2772 \text{ Kwh/día}$$

**Recurso energético disponible:** (el peor de los casos) 3,5 HPS

Planteando las fórmulas:

$$E = \frac{E_T}{R} \quad (4)$$

Dónde:

**E**= consumo energético corregido.

**E<sub>T</sub>**= consumo energético teórico.

**R**= Coeficiente de pérdidas totales.

Calculando R:

$$R = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{K_A \times D_{AUT}}{P_d} \right] \quad (5)$$

**K<sub>A</sub>: 0,005** Auto descarga diaria de batería. A falta de datos del fabricante se recomienda utilizar un 0,5% diario. Otro factor a considerar es que este coeficiente aumenta con la temperatura, y varía con el tipo de batería, estimando el coeficiente de descarga diaria de:

- **0,002** para las de Ni Cd o de Pb Ca sin mantenimiento.
- **0,005** para las baterías estacionarias de plomo-ácido, (de uso normal en instalaciones solares).
- **0,012** para cualquier otro tipo o muy deteriorada por el uso.

Con temperaturas extremas, se puede calcular la descarga teórica que se dará a esa temperatura:

$$K'_A = (0,0014 t^{\circ 2} + 0,0021 t^{\circ} + 0,4) \cdot K_A \quad (6)$$

En este caso: en la ciudad de Riobamba no se van a alcanzar temperaturas extremas de acuerdo al promedio alcanzado en la tabla V (13,4 °C), por lo tanto no se requiere la aplicación de esta fórmula.

Se selecciona el valor de **0,05**.

**K<sub>B</sub>**: Pérdidas en acumuladores. En general **0,05** para baterías sin descargas intensas; y **0,1** para viejos acumuladores, para fuertes descargas, o bajas temperaturas.

Se selecciona el valor de **0,05**.

**K<sub>C</sub>**: contempla el rendimiento del convertidor CC/CA que suele variar del 75% al 95% a falta de otros datos, se tomará el valor de **0,05** para inversores sinodales puros y trabajo óptimo, **0,1** para trabajos lejos del óptimo, y **0** si no hay inversor.

Se selecciona el valor de **0,05**.

**K<sub>R</sub>**: debido al rendimiento del regulador, en el que su tecnología electrónica es similar a la del convertidor, con valores comprendidos entre **0,1** a **0,01** (90 - 99% de  $\eta$ ); en el caso de convertidores muy confiables se puede utilizar **0**.

Se selecciona el valor de **0,05**.

**K<sub>x</sub>**: agrupa a cualquier otro tipo de pérdidas no consideradas, tomando normalmente el valor de **0,15** cuando no se conocen las potencias teóricas; **0,1** en general, sin conocer los rendimientos; puede reducirse hasta **0,05** si se han tenido en cuenta los rendimientos de cada carga instalada.

Se selecciona el valor de **0,05**.

➤ Para una batería de plomo-ácido, nueva, un regulador de  $\eta$  95%, 2 días de autonomía  $D_{\text{aut}}$  y una  $P_D$  del 55% (profundidad de descarga); conociendo las potencias teóricas, **R** será:

$$R = [1 - (0,005 + 0,05 + 0,05 + 0,05)]. [1 - \frac{(0,005 \times 3)}{0,5}]$$

$$R = 0,785$$

$$E = \frac{(277,2)}{(0,785)} = 352,92 \text{ Wh/día}$$

### **Número de paneles solares:**

A falta de datos del fabricante, se estima el rendimiento del panel solar (nuevo) en un valor de 95%.

$$N_p = \frac{E}{0,95 \times W_p \times HPS} \quad (7)$$

$$N_p = \frac{352,92}{0,95 \times 100 \times 3,5} = 1,05$$

Con lo cual se selecciona **1 panel de 100WP**.

### **6.2.2.1 Factores para la colocación de los paneles fotovoltaicos**

Para un adecuado aprovechamiento de los paneles fotovoltaicos hay que darle una cierta orientación e inclinación para que la radiación solar sobre el modulo fotovoltaico sea lo más perpendicular posible.

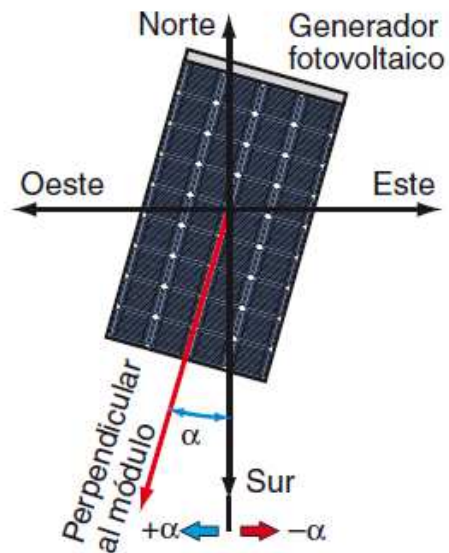
#### **Orientación del panel fotovoltaico**

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

**Ángulo de azimut ( $\alpha$ ):** ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la superficie del generador y la dirección Sur (figura 51). Vale 0 grados si coincide con la orientación sur, es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. Si coincide con el este su valor es  $-90$  y si coincide con el oeste su valor es  $+90$  grados.

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

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

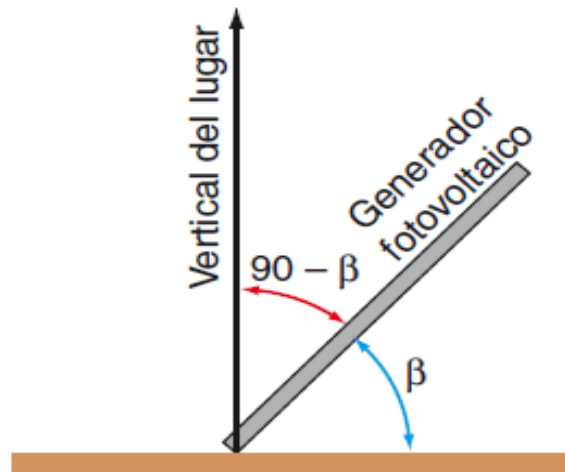


**Figura 6.13 Ángulo de orientación**

Fuente: Pareja M. Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada. Marcombo 2010, pag 89.

### **Inclinación del panel fotovoltaico**

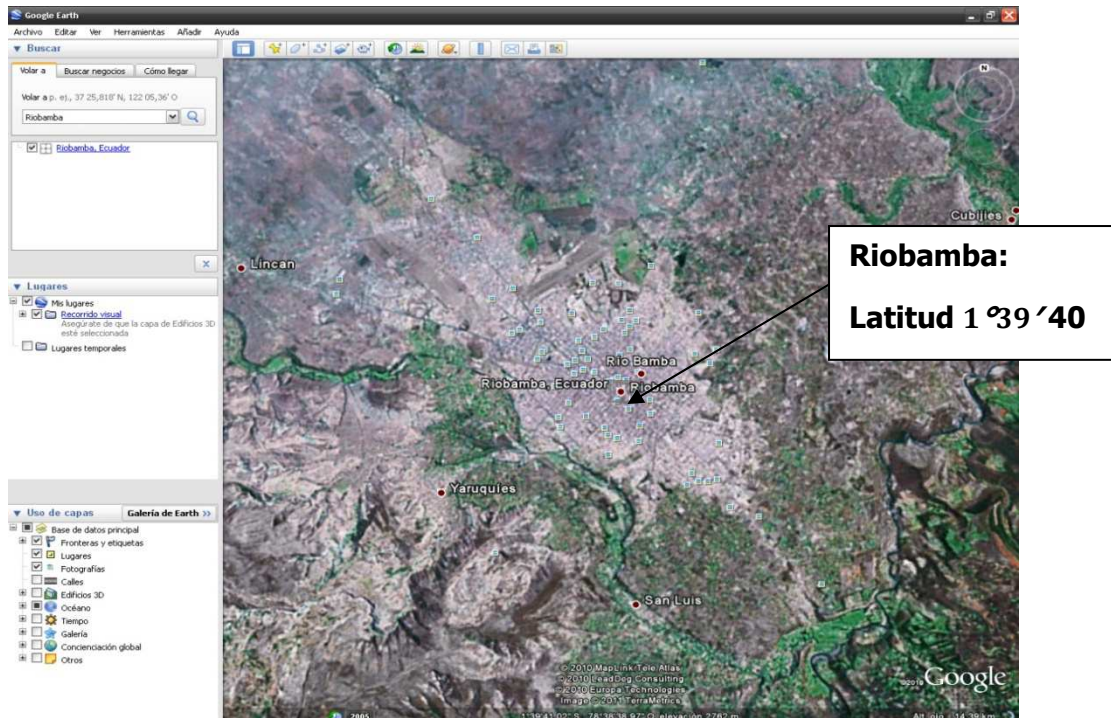
**Ángulo de inclinación ( $\beta$ ):** ángulo que forma la superficie del generador con el plano horizontal (figura 52). Su valor es 0 si el módulo se coloca horizontal y 90 grados si se coloca vertical. La captación de energía solar puede variar y será máxima cuando la posición de la placa sea perpendicular a la radiación.



**Figura 6.14 Ángulo de inclinación**

Fuente: Pareja M., Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada. Marcombo 2010, pg 89

Cuando se realiza la instalación de un sistema fotovoltaico se requiere conocer la latitud geográfica del lugar donde se vaya a ubicar, para ello se puede utilizar aparatos como un GPS, o mediante herramientas informáticas como el googleearth.



**Figura 6.15 Latitud geográfica de Riobamba de acuerdo a googleearth**

Fuente: [www.googleearth.com.ec/Riobamba](http://www.googleearth.com.ec/Riobamba) 2011

**Datos del Lugar:** Riobamba, Latitud geográfica: 1°39'

**TABLA 6.2 ÁNGULOS DE INCLINACIÓN, FUNCIÓN DE LA LATITUD DEL LUGAR**

<b>Latitud del lugar</b>	<b>Ángulo en Invierno</b>	<b>Ángulo en Verano</b>
0 al 5 grados	15 grados	15 grados
15 a 25 grados	Latitud	Latitud
25 a 30 grados	Latitud + 5 grados	Latitud - 5 grados
30 a 35 grados	Latitud + 10 grados	Latitud - 10 grados
35 a 40 grados	Latitud + 15 grados	Latitud - 15 grados
más de 40 grados	Latitud + 20 grados	Latitud - 20 grados

Fuente: Pareja M. Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada.2010, pg 90

La inclinación que se aplica en el sistema fotovoltaico es de **15°** como recomendación durante todo el año.

### **6.2.3 Cálculo y selección de la batería de almacenamiento**

El tamaño de la batería solar de almacenamiento depende de la confiabilidad del suministro de potencia. Se ha considerado estimar un almacenamiento de potencia en la batería de 2 días. Esto significa que la capacidad de la batería debe ser de por lo menos 2 veces el consumo de carga diario para poder suplir energía durante 2 días sin brillo solar.

Además se considera en el análisis que las baterías no funcionan a un 100% de eficiencia y que las baterías por recomendación de su fabricante nunca deben descargarse por completo. Para una batería común de ácido - plomo la eficiencia puede ser del 90% pero depende mucho del uso de la batería. Cuando se carga y se usa constantemente, la eficiencia será alta.

Cuando la batería sea poco utilizada la auto descarga provocará una baja eficiencia. Las baterías no pueden ser descargadas en más del 55% de lo contrario su tiempo de vida disminuirá paulatinamente.



### Primer método de cálculo de baterías:

#### Cálculo del tamaño de la batería:

$$\text{Tamaño} = \frac{(\text{AUT} \times E_d)}{(\text{REND} \times \text{DESC})} \quad (8)$$

Para el cálculo se tiene:

**AUT (Autonomía- días sin brillo solar) = 2**

**$E_d = 0,2772$  kWh/día**

**REND (eficiencia de la batería) = 90%** (datos del fabricante, nuevo)

**DESC (descarga de la batería) = 55%**

$$\text{Tamaño de batería} = \frac{(2 \times 0.2772)}{(0.90 \times 0.55)} = 1.12$$

Tamaño de batería= 1,12 kWh

**Tamaño= 1120Wh**

$$\text{Número baterías} = \frac{\text{Tamaño}}{(\text{Ah} \times \text{V})} \quad (9)$$

**Ah = Cantidad de Amperios hora que suministra la batería = 85**

**V = Voltaje de salida = 12 VDC**

$$\text{Número baterías} = \frac{1120 \text{ Wh}}{85(\text{Ah}) \times 12(\text{Vcc})} = 1,09$$

Se selecciona **1 Batería Millenium de 85 Ah y 12 V.**

### Segundo método de cálculo de baterías:

$$C = \frac{(E \times AUT)}{(V \times P_d)} \quad (10)$$

#### **Dónde:**

E = Consumo energético = **277,2Wh/día**

AUT= días de autonomía solar = **2**

V= voltaje nominal de operación = **12VDC**

P<sub>d</sub>= Porcentaje de descarga de la batería = **55%**

$$C = \frac{277,2 \times 2}{12 \times 0,55} = 84 \text{ Ah}$$

Se selecciona una batería de **85 Ah** de marca MILLENIUM.

#### **6.2.4 Cálculo y selección del regulador de carga**

El tamaño de la unidad de control está determinado por la máxima corriente que puede esperarse del sistema fotovoltaico. Esta puede ser tanto la corriente de los paneles a la batería y/o uso final, o la corriente de la batería hasta el uso final. Ambas corrientes máximas deben calcularse para determinar la capacidad de la unidad de control.

El controlador se selecciona según la máxima corriente que pasa por los cables:

1. Panel - batería = 100 Watt y Batería de 12 V = 100/12 = **8.33 A**
2. Batería – carga = 79,2 Watt a 12V = 6,6 A

Entonces el controlador seleccionado debe soportar una corriente mínima de 8,33 A (la mayor intensidad de corriente).

Se selecciona el controlador **SunSaverSS-20L** que soporta una corriente hasta **20A**.

### **6.2.5 Selección del inversor**

Un inversor también consume energía y por tanto disminuye la eficiencia general del sistema. La ventaja del inversor es que el voltaje de operación es mucho más alto y por tanto puede evitarse el uso de cables gruesos. Especialmente cuando deben usarse cables largos es económicamente viable utilizar un inversor.

**El inversor debe ser capaz de garantizar los parámetros siguientes:**

Carga energética de 50 módulos led a 0.384 W y 2 focos reflectores de 30 W.

P máxima de 277,2 Watt en 3,5 horas (día de funcionamiento).

Voltaje de entrada 12VCD

Voltaje de salida 110VCA

Frecuencia de 60 Hz

Se selecciona un Inversor **VECTOR VECO 24B** que suministra hasta 400 Watts.

### **6.2.6 Cálculo y selección del conductor**

El cálculo de la sección del conductor a utilizar en una instalación fotovoltaica es muy importante, debido fundamentalmente a que se trabaja con corriente continua de bajo valor (12 V) y como consecuencia el número de amperios aumenta, haciendo que las pérdidas en los conductores eléctricos sean notorias si éstos no están bien dimensionados.

La resistencia de un conductor viene dada por:

$$R = L / (\sigma S) \quad (11)$$

**Dónde:**

**R** = Resistencia en ohmios

**L** = Longitud en metros

**S** = Sección del conductor en mm

**$\sigma$**  = Conductividad (inversa de la resistividad)

La misma resistencia de un conductor se puede definir como:

$$R = (V_a - V_b) / I \quad (12)$$

Dónde:  $V_a - V_b$  es la diferencia de potencial entre los puntos a y b;  $I$  es la intensidad eléctrica.

Luego, sustituyendo, resulta que:

$$\frac{(V_a - V_b)}{I} = \frac{L}{\sigma S} \quad (13)$$

Donde el valor constante de la resistividad para conductores de **cobre** es de:

$$\sigma = 1/\rho = \frac{1}{0.01786} = 56$$

Por lo tanto despejando la sección del conductor es:

$$S = \frac{2 LI}{56(V_a - V_b)} \quad (14)$$

**Dónde:**

**S** = Sección en  $\text{mm}^2$

**L** = Longitud en metros hasta el receptor

**I** = Intensidad en amperios

**V<sub>a</sub>-V<sub>b</sub>** = Caída de tensión en voltios

El factor 2 incluido en la fórmula nos da la distancia real de conductor, ya que normalmente solo se mide la distancia entre el generador y el receptor, existiendo un conductor de ida y otro de vuelta

La caída de tensión se calcula para un porcentaje de la tensión nominal, que variara entre los equipos que interconecta.

- Caída de tensión entre panel y regulador: máxima 1,5% y recomendada 1%
- Caída de tensión entre regulador y acumulador: máxima 1% y recomendada 0,5%
- Caída de tensión entre acumulador e inversor: máxima y recomendada 1%
- Caída de tensión entre acumulador/inversor y cargas: máxima y recomendada 3%

Los elementos del sistema fotovoltaico se encuentran a las siguientes distancias:

**Longitud panel-regulador:** máximo 1,5m

**Longitud regulador-batería:** máximo 1,5m

**Longitud batería/inversor:** máximo 1m

**Longitud batería-inversor/carga:** máximo 1m

La máxima corriente que admite el sistema fotovoltaico ya calculada será entre el panel y el batería, la cual es 8,33 Amperios, por lo tanto:

$$S = \frac{2LI}{56(V_a - V_b)}$$

Donde (Va-Vb) se define como:

$$(V_a - V_b) = (12V) \times (1,5\%) = 0,18$$

$$S = \frac{2(1,5)(8,33)}{56(0,18)} = 2,48 \text{ mm}^2$$

Despejando el diámetro del conductor se tiene:

$$2,48 \text{ mm}^2 = \frac{\pi \times \varnothing^2}{4}$$

Donde el diámetro  $\varnothing$  es **1.77 mm**

Se selecciona el conductor de acuerdo a la tabla de calibres AWG:

**TABLA 6.3 CALIBRE DE CONDUCTORES AWG Y SUS DIÁMETROS DE CABLE**

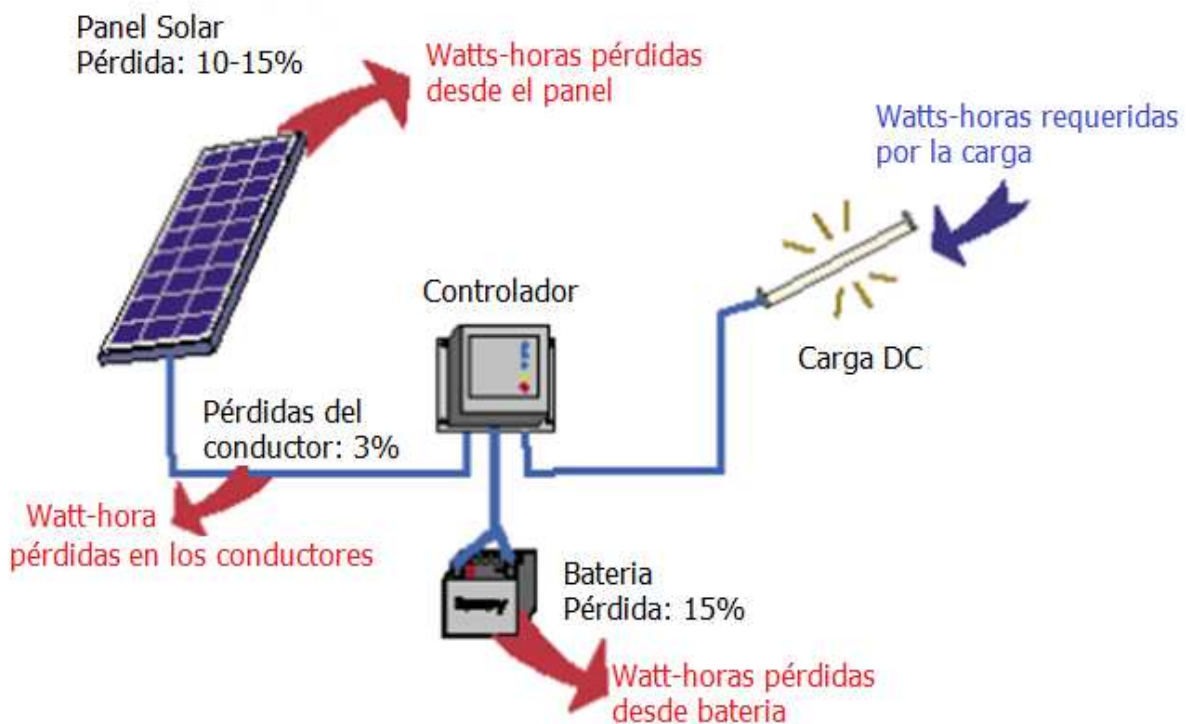
<b>Diámetro mm</b>	<b>Diámetro pulgadas</b>	<b>AWG</b>
0.812	0.032	20
1.020	0.040	18
1.290	0.051	16
1.630	0.064	14
<b>2.050</b>	<b>0.081</b>	<b>12</b>
2.590	0.102	10

Fuente: CRC Handbook (1976), CRC Press.

De acuerdo al diámetro del conductor calculado se selecciona de la tabla un conductor **número 12 AWG**.

### 6.3 Pérdidas en un sistema fotovoltaico

Tomando en cuenta los requerimientos energéticos (cargas) y el tamaño de los equipos seleccionados se considera un aspecto muy importante: cuando se genera energía eléctrica se producen pérdidas en todo el sistema, lo cual hace que nunca se generen los valores nominales, sino algo menos. Es decir todos los elementos ya han sido seleccionados tomando un factor de eficiencia que asegura que la producción de electricidad será la suficiente como para suministrar a la carga durante el tiempo establecido.



**Figura 6.16 Pérdidas en sistemas fotovoltaicos**

Fuente: Manual de capacitación en sistemas fotovoltaicos. Perú 2005

**Eficiencia en el panel FV** En un día de radiación ideal, un panel de 100 Wp produciría 100 W de potencia. Casi nunca es así. Un panel solar solo produce sus vatios nominales bajo circunstancias específicas:

- 1) Sol perfecto perpendicular la superficie (valor máximo).
- 2) Temperatura máxima de 25 °C en la superficie del panel.

Tomando en cuenta el asunto del sol perfecto porque se usa HSP para las horas del sol, en vez de contar las horas del sol durante el día. Aun cuando se parece que hay sol bueno por 6 o 8 horas por día, se usa el valor HSP para evaluar o estimar cuanto vatio horas produciría un panel. Por ejemplo, se podría pensar que un panel de 100W produciría 600 u 800 vatio-horas en un día porque hay sol 6 o 8 horas. Sin embargo, si el HSP estimado es de 3,5, entonces solo podemos asumir que el panel produciría 3,5 HPS x 100W o 350 vatio - horas en un día.

Tomando en cuenta la temperatura ambiente: un panel produce sus vatios nominales cuando la temperatura de la superficie del panel es 25C. Entonces, tenemos que ajustar para cuando la temperatura del panel NO es 25 grados C.

$$\text{Temperatura del panel} = 15^{\circ}\text{C} + \text{Temperatura ambiente } ^{\circ}\text{C}$$

Por cada grado que la temperatura del panel es más que 25 °C, la potencia del panel es 0.5% menos. Por ejemplo, una temperatura ambiente de 18°C tendremos:

$$\text{Temperatura del panel} = 15^{\circ}\text{C} + 18^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Temperatura del panel} = 33^{\circ}\text{C}$$

Temperatura en la superficie del panel será:  $33^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 8^{\circ}\text{C}$

$8^{\circ}\text{C} \times 0.5\% = 4\%$ , así que la eficiencia del panel es de un 96 % o una reducción de generación del 4%.

En resumen, instalando un panel de 100 Wp en un área con un HPS de 3,5 y donde el promedio de temperatura del aire es 18 grados C, podemos esperar que se produzca:

$$100 \text{ Wp} \times 96\%(\text{pérdidas temperatura}) \times 3,5 \text{ HPS} = 336 \text{ Watt} - \text{h/día}$$

Pero, esta potencia todavía es al panel, no a la carga. Todavía se necesita mover la energía a través del alambre y la batería. Perderemos energía en cada uno.



**Eficiencia en la batería:** La mayoría de las baterías tiene un eficiencia de 85% (para baterías de buena calidad y nuevas puede alcanzar el 90%). Esto significa que cuando la energía pasa por la batería, 10% de la energía está perdida.

**Eficiencia del Alambre:** se habla de la necesidad de usar alambre grueso para evitar grandes caídas de tensión. Se debe minimizar la caída de tensión a 1% o menos. Entonces, se necesita incluir un factor de pérdida para establecer lo que se pierde en el alambre. Si el tamaño del alambre es correcto, este factor puede ser 3%. Si se usa alambre demasiado delgado o largo, entonces este factor puede ser más que 10%, que es demasiado. La eficiencia entonces de los conductores puede alcanzar el 97%.

**100W x 90% por pérdida de temp x 85% por pérdida de batería X 97% por pérdida de alambre = 74W**



**Figura 6.17 Pérdidas en sistemas fotovoltaicos**

Fuente: Manual de capacitación en sistemas fotovoltaicos. Perú 2005

Para este ejemplo se considera que la eficiencia del panel de 90%, la de la batería 85% y los conductores del 97%, por lo tanto se genera:

$$100 \text{ Wp} \times 0,9 \times 0,85 \times 0,97 = 74 \text{ Watt}$$

Entonces, multiplicando 74W por Horas Pico del Sol (HSP), en un día con HSP= 3,5, la energía, en horas-vatios disponibles para las cargas será:

$$74 \text{ Watt} \times 3 \text{ HPS} = 259 \text{ Watt/día}$$

Esto es muy diferente: esperar 259 Wh/día que si no se hubiera asumido las pérdidas y esperado tener 100 vatios por 3,5 horas o 350 Wh/día.

Este ejemplo es para un sistema DC, sin inversor. Un controlador de carga es muy eficiente, pero el inversor provoca pérdidas. Si hay un inversor en el sistema, hay que añadir otro factor de pérdidas. Los inversores son usualmente 85% a 90% eficientes.

#### **6.4 Instalación y consideraciones de los sistemas solares fotovoltaicos**

A falta de reglamentación nacional respecto a estos temas, los SSFVs van ser evaluados con los procedimientos y especificación establecidos en el Reglamento Técnico “Especificaciones y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural”, RD N° 003-2007-EM-/DGE (Perú). Así mismo deberán cumplir las reglas preventivas establecidas en el Código Nacional de Electricidad, salvaguardando las condiciones de seguridad, de la vida animal y vegetal, y de la propiedad, frente a los peligros derivados del uso de la electricidad.

##### **6.4.1 Instrucciones de seguridad**

El técnico, que se hará cargo de la instalación del SSFV deberá estar provisto de los implementos de seguridad y equipos de protección personal (EPP) básicos, así mismo deberá tener conocimiento de las normas básicas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo.



**Figura 6.18 Instalación de un sistema fotovoltaico con seguridad**

Fuente: Curso Práctico Energía Solar Fotovoltaica

#### 6.4.2 Equipos, accesorios, herramientas e instrumentos

A efectos de instalar el SSFV en forma segura y eficiente, el técnico instalador deberá contar con los equipos y accesorios necesarios, así mismo con las herramientas e instrumentos mínimos:

**TABLA 6.4 EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZAR**

ITEM	DESCRIPCION	SUGERIDO
1	Modulo Fotovoltaico	12 Vcc, 100 Wp
2	Soporte fotovoltaico	Material adecuado. Aluminio
3	Batería	12 Vcc, 85 Ah
4	Controlador de carga	12 Vcc, 10 A
5	Convertidor de tensión	12 Vcc
6	Módulos LED	12 Vcc, 0,36 W
7	Conductor aislado	Calibre: 2x3,33mm <sup>2</sup> , equivalente 12 AWG
8	Tablero de control	Material adecuado, contra polvo, humedad, etc

Fuente: PROVIENTO S.A Energía Renovables Ecuador

**TABLA 6.5 HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR**

ITEM	DESCRIPCION
1	Alicate de corte aislado
2	Alicate universal aislado
3	Destornillador plano perillero (3,0 mm)
4	Destornilladores planos (4,0-7,0mm)
5	Destornilladores estrella (4,0-6,0 mm)
6	Llaves mixtas (1/4''- 3/16'')
7	Multímetro
8	Cinta métrica
9	Arco y hoja de sierra
10	Martillo
11	Cavador de tierra
12	Nivel

Fuente: Guía de instalación de sistemas fotovoltaicos domesticos.pdf

### 6.4.3 Protocolo de inspección visual de los equipos

Este tiene como objetivo verificar en forma visual que el SSFV reúne los requisitos básicos para su instalación. Los posibles defectos que se pudieran detectar en la inspección, sugieren no ejecutar la instalación y verificar con el proveedor el cumplimiento de las especificaciones establecidas en el proceso de adquisición.

**TABLA 6.6 VERIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS BÁSICOS**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>SOPORTE MÓDULO FOTOVOLTAICO</b>	
<b>1</b>	El soporte debe ser de un material adecuado, y diseñado para ser fijado al módulo.
<b>2</b>	El soporte debe contar con la ferretería apropiada para su fijación al módulo.
<b>MÓDULO FOTOVOLTAICO</b>	
<b>3</b>	El vidrio frontal y las cintas de conexión no deben mostrar rajaduras o quebraduras.
<b>4</b>	La etiqueta, placa de datos y de conexión del módulo deben ser legibles.
<b>5</b>	La caja de conexión no debe mostrar rajaduras o estar suelta.
<b>BATERÍA</b>	
<b>6</b>	Los bornes de los electrodos deben estar en buen estado.
<b>7</b>	Los sujetadores de la batería deben estar en buen estado.
<b>8</b>	Deberá ser suministrada con su etiqueta, placa de datos, y debe mostrar recomendaciones de mantenimiento e instalación.
<b>CONTROLADOR DE CARGA</b>	
<b>9</b>	Los bornes de conexión del controlador de carga deberán tener espacio para conductor(es) aislado(s) o cable(s) de, al menos, 4 mm <sup>2</sup> de sección.
<b>10</b>	Deberán ser suministrados debidamente etiquetados o con su placa de datos.
<b>11</b>	Debe estar protegido contra polaridad inversa (positivo y negativo) en las líneas del módulo fotovoltaico y de la batería, respectivamente.
<b>MÓDULOS LED</b>	
<b>12</b>	Datos básicos: marca, modelo, consumo eléctrico (potencia (W) y tensión (V)). Eficiencia luminosa, vida útil (horas trabajo).
<b>13</b>	Deben tener identificados sus bornes de conexión positivo (+) y negativo (-).
<b>14</b>	Posibilidad de operar con difusores de luz, no deben generar acumulación de suciedad o insectos en el tiempo.

#### 6.4.4 Etapas de la instalación

El procedimiento de instalación del SSFV se debe realizar de forma ordenada y segura, comprende los siguientes pasos principales:

**TABLA 6.7 ETAPAS DEL PROCESO DE INSTALACIÓN**

<b>ETAPA</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>
<b>ETAPA A. ASPECTOS MECÁNICOS</b>	
<b>A.1</b>	Instalación del soporte y estructura del módulo fotovoltaico.
<b>A.2</b>	Fijación del tablero de control.
<b>A.3</b>	Anclaje del controlador de carga.
<b>A.4</b>	Anclaje del convertidor de tensión CC/CA.
<b>A.5</b>	Anclaje de la bornera de conexiones.
<b>A.6</b>	Fijación de la caja de la batería.
<b>ETAPA B. ASPECTOS ELÉCTRICOS</b>	
<b>B.1</b>	Conexiones entre accesorios, cargas y el controlador de carga.
<b>B.2</b>	Conexiones de la batería – controlador de carga.
<b>B.3</b>	Conexiones del módulo fotovoltaico – controlador de carga.
<b>ETAPA C. ASPECTOS OPERACIONALES</b>	
<b>C.1</b>	Prueba de funcionamiento del sistema.
<b>C.2</b>	Limpieza y ordenamiento del lugar de trabajo, instrucciones al usuario.
<b>C.3</b>	Informe de instalación.

Fuente: Guía de instalación de sistemas fotovoltaicos domesticos.pdf

##### 6.4.4.1 Etapa A.- Aspectos mecánicos

###### A.1.- Instalación del soporte del módulo fotovoltaico

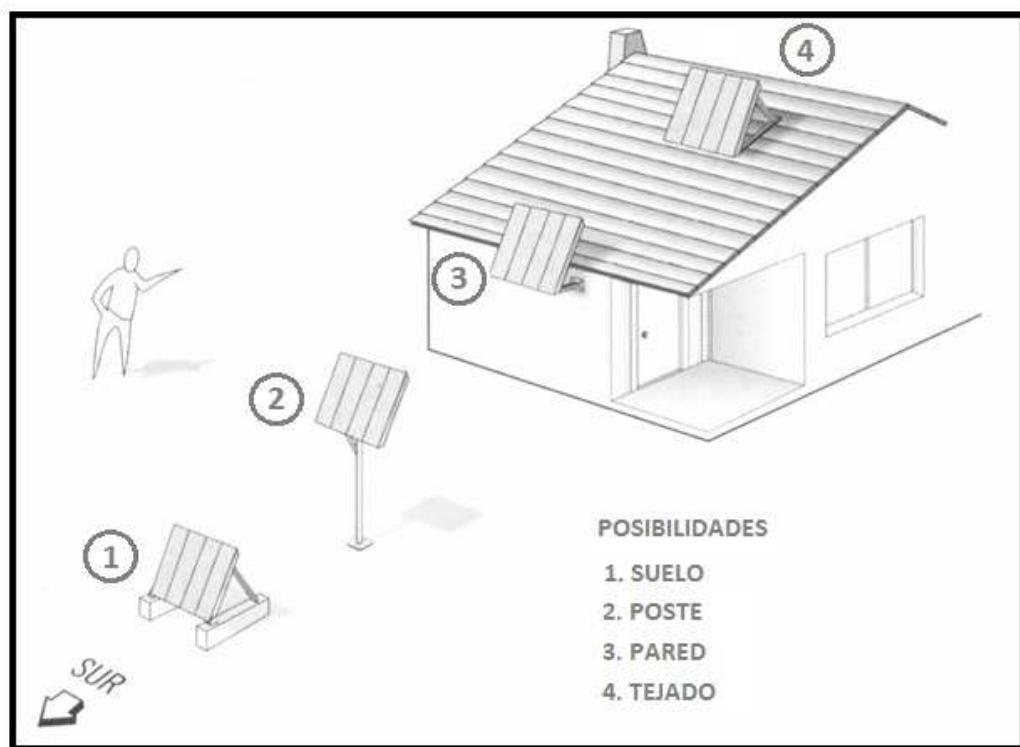
**En el suelo:** grandes ventajas como accesibilidad y facilidad de montaje. Sin embargo, es más susceptible de poder quedar obsoleta por acumulación de suciedad, se inunde, o ser objeto de rotura por animales o personas.

**En el poste:** Usual en instalaciones donde se dispone previamente de un poste (madera, hierro galvanizado u otro material adecuado). Este es el tipo de montaje para comunidades rurales y sistemas de comunicación aisladas.

**En la pared:** Otra alternativa, cada vez más utilizada sobre todo en instalaciones domésticas, consiste en acoplar la estructura a una de las paredes. La acción del viento queda drásticamente disminuida ya que no puede incidir prácticamente por la parte posterior, y un viento frontal no hará más que ejercer fuerza directa sobre los puntos de apoyo.

**En el tejado:** La instalación en la cubierta de un edificio es uno de los métodos más usados a la hora de realizar el montaje de un equipo solar, ya que normalmente se puede disponer del lugar adecuado para garantizar la perfecta orientación, además de suficiente espacio.

Una parte importante de un SSFV es la estructura de soporte del módulo. Ello asegura que los módulos puedan colocarse con el ángulo de inclinación recomendado (15 °) en dirección al sol (norte magnético) y brindar seguridad a la instalación.



**Figura 6.19** Posibilidades de instalación del panel fotovoltaico

Fuente: Alcor E., Instalaciones solares fotovoltaicas, España 2010. pp 96

Se considera como opción viable una combinación de los métodos de instalación del soporte del panel solar, el soporte está colocado en un carrito transportador que es lo suficientemente baja en altura para accesibilidad y facilidad de montaje y posee un mecanismo de regulación del ángulo de inclinación.

## **A.2.- Instalación del tablero de control**

En cuanto a la instalación del tablero de control, se considera: buscar siempre la seguridad del usuario, conservando la estética en el espacio y conexionado eléctrico. Se integra en el tablero de control: el controlador de carga, el convertidor de tensión CA/CC y la bornera de conexiones.

## **A.3.- Instalación del controlador de carga**

Para la instalación del controlador dentro del equipo se deja los espacios recomendados: mínimo 3,0 cm a cada lado del controlador. Los terminales del controlador deben ser de fácil acceso y estar claramente indicados los bornes y polaridades de los componentes a ser conectados (módulo fotovoltaico, batería, y carga).

El controlador de no contar con una protección electrónica, debe ser protegido mediante fusibles. Así mismo, debe estar protegido contra la polaridad inversa (positivo y negativo) en la línea del módulo y de la batería, respectivamente.

Todos sus terminales, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios deben ser de material inoxidable.

## **A.4.- Instalación del convertidor de tensión**

En cuanto a la instalación del convertidor de tensión, ésta ser efectuada, dejando espacios suficientes (mínimo 3 cm.) a cada lado del convertidor. Los terminales del convertidor deben ser de fácil acceso y estar claramente indicada sus polaridades de los requerimientos de cargas a ser conectados, debe permitir una fácil conexión de conductores o cables aislados.

#### **A.5.- Instalación de la bornera de conexiones**

Se debe considerar que algunas veces deben ingresar dos o más pares de conductores aislados o cables (Calibre: 2x 4 mm<sup>2</sup>, ó 12 AWG) en un mismo terminal de la bornera de conexiones.



**Figura 6.20 Instalación de cables en borne de la batería**

Fuente: <http://energicentro.blogspot.com/2010/10/poste-borne-de-una-bateria-hola.html>

#### **A.6.- Instalación del soporte y caja de batería**

El principal factor a considerar son los materiales con riesgo para la salud humana o al ambiente. Utilizar materiales para procurar una adecuada ventilación y adecuado soporte de la batería de almacenamiento es recomendable.

#### **6.4.4.2 Etapa B.- Aspectos eléctricos**

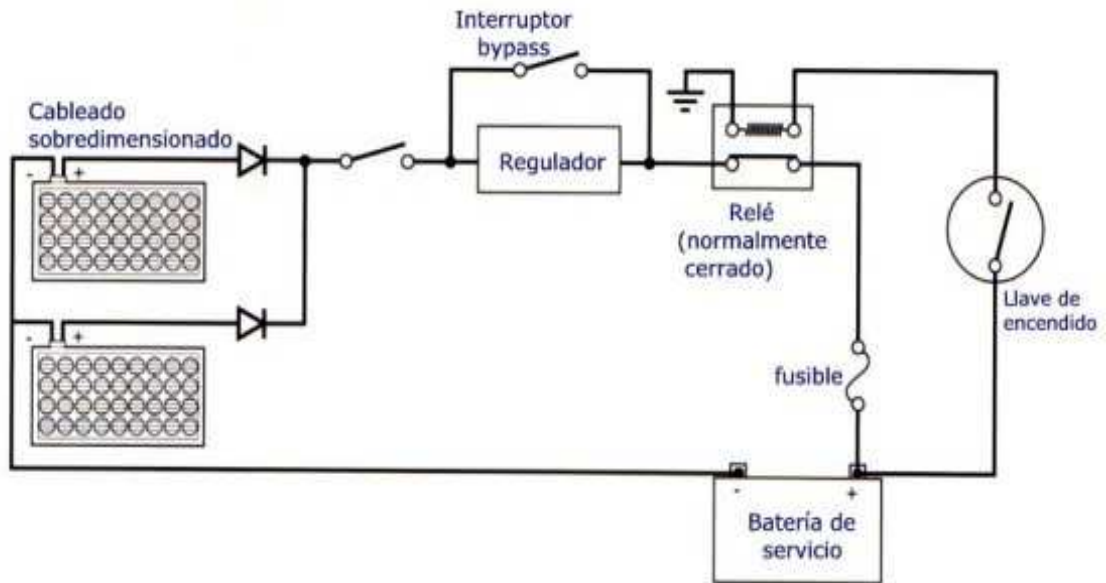
##### **B.1.- Conexiones entre accesorios, cargas y el controlador de carga**

En cuanto al conexionado entre los accesorios (enchufes, tomacorrientes, interruptores, etc.) y los equipos de utilización (módulos LED), existen las siguientes consideraciones: tener identificados mediante marcas, la polaridad positivo (+), negativo (-), en cada uno de los accesorios, así como en los terminales de los conductores aislados o cables a conectar.



## B.2.- Conexiones de la batería - controlador de carga

La polaridad debe estar señalizada sobre la batería al lado de cada terminal con las siguientes simbologías, (+) para la polaridad positiva y, (-) para la polaridad negativa. Los conductores aislados o cables polarizados (+) y (-) deben ser fijados a los bornes (conectores) de la batería, los que deben ser entregados con sus respectivas arandelas y tuercas.

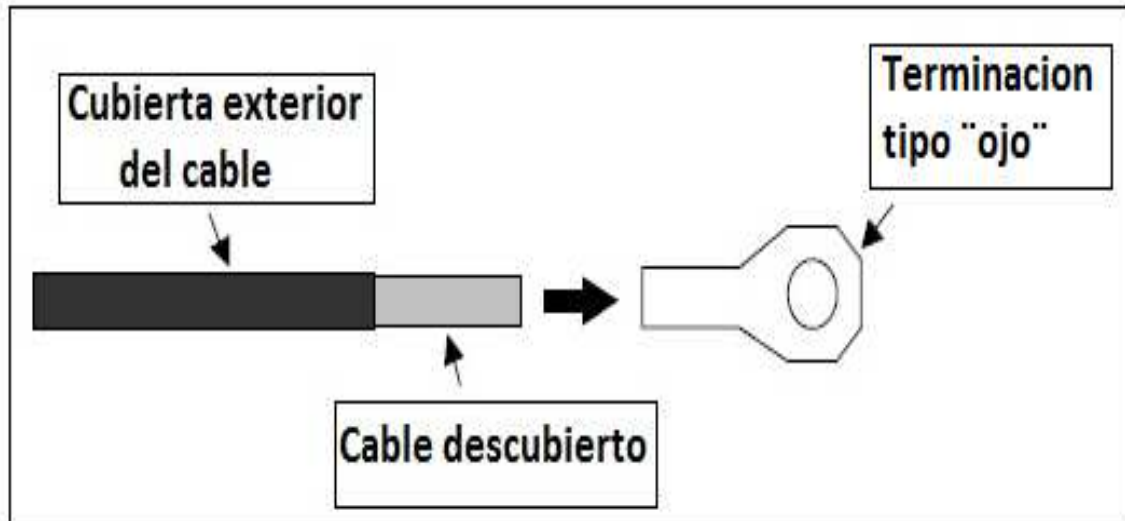


**Figura 6.21 Esquema general de conexiones eléctricas**

Fuente: <http://renewablengineering.blogspot.com/2009/12/esquemas-de-conexion-tierra-en-sistemas.html>

Retirar la cubierta exterior del conductor aislado o cable, dejando expuestos los conductores aislados o cable, sin recubrimiento (15 cm a 20 cm). En la conexión de baterías es usual la utilización de terminales tipo "ojo", (considerar que cada fabricante de batería puede tener diferentes tipos de conectores).

Considerar que una vez realizado los procedimientos de instalación el controlador de carga se activará (siempre que la batería este cargada, tensión nominal, 12 VDC), iluminando sus indicadores, mostrando el estado de operación del sistema.



**Figura 6.22 Conexión de los cables con terminales tipo ojo**

Fuente: Guía de instalación de sistemas fotovoltaicos domesticos.pdf

### **B.3.- Conexiones del módulo fotovoltaico - controlador de carga**

Los conductores aislados o cables polarizados (+) y (-) deben ser conectados en los terminales o bornes del módulo en su caja de conexiones. Se debe considerar las distancias de conexión entre el tablero de control y el módulo fotovoltaico, con la finalidad de garantizar, caídas de tensión inferiores a 1 % entre el módulo fotovoltaico y el controlador de carga.

#### **6.4.4.3 Etapa C.- Aspectos operacionales**

En esta etapa se debe establecer un adecuado funcionamiento del sistema solar fotovoltaico ya instalado, su puede seguir el siguiente procedimiento:

##### **C.1.- Prueba de funcionamiento del sistema**

Una vez instalado el SSFV, se propone el siguiente protocolo de revisión o prueba de funcionamiento de los elementos para conservar de una mejor manera todos los componentes del sistema fotovoltaico:

**TABLA 6.8 FUNCIONAMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO**

<b>MÓDULO FOTOVOLTAICO</b>	
Medir la tensión, cuando el panel se expone a la radiación solar, debe indicar la tensión:	
<b>1</b>	Cercano al nominal: funcionan las celdas correctamente. ( $V_n = 12 \text{ Vcc}$ ).
<b>2</b>	Cerca a cero y el clima es favorable: posiblemente tenga fallas el conjunto de celdas
<b>3</b>	Igual a cero: el sistema tiene circuito abierto.
<b>CONTROLADOR DE CARGA</b>	
<b>1</b>	Verificar que no tenga contacto directo a tierra.
<b>2</b>	Evaluar la resistencia y/o continuidad del fusible, debe indicar continuidad.
<b>BATERÍA</b>	
Medir la tensión en sus conectores o terminales:	
<b>1</b>	Valor cercano a 12 Vcc, la batería carga correctamente.
<b>2</b>	Valor no alcanza 12 Vcc, evaluar en forma periódica la tensión en la batería
<b>3</b>	Valor por debajo de los 12 Vcc, la batería no está operando correctamente
<b>CARGA</b>	
<b>1</b>	Si luego de terminada la instalación, éstas no funcionan, verificar que la conexión de los terminales del aparato a usar (polaridad), sean los correctos.
<b>SEGURIDAD</b>	
<b>1</b>	El módulo fotovoltaico debe estar instalado en un lugar libre de sombras, con una inclinación de $15^\circ$ y orientado al norte magnético.
<b>2</b>	Las conexiones deben ser seguras y moderado apriete.
<b>3</b>	Las tapas de la caja de conexiones deben cerrar correctamente.
<b>4</b>	Pulsando o colocando en posición encendido, los módulos LED deben funcionar.

Fuente: Guía de instalación de sistemas fotovoltaicos domesticos.pdf

## **C2.- Limpieza y ordenamiento del lugar de trabajo**

Dejar limpio y ordenado el área de trabajo y proporcionar indicaciones al usuario, sobre el mantenimiento básico y cuidados de operación o uso del SSFV.

#### 6.4.5 Problemas frecuentes en sistemas fotovoltaicos

Se detalla algunos problemas y sus posibles causas para poder realizar la respectiva inspección y el posible mantenimiento:

**TABLA 6.9 PROBLEMAS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

<b>MÓDULOS LED, NO ENCIENDEN</b>	
<b>1</b>	Verificar que las conexiones de las cargas hacia el controlador de carga estén correctas. Efectuar inspección visual polaridad (+) y (-).
<b>2</b>	Verificar que el nivel de tensión en la batería es el adecuado ( $V_n = 12 \text{ Vcc}$ ), tener cuidado con la polaridad.
<b>3</b>	Verificar si los módulos LED están en buen estado. Efectuar inspección visual.
<b>MÓDULO FOTOVOLTAICO NO GENERA ELECTRICIDAD</b>	
<b>1</b>	Medir el estado de continuidad de los diodos o de los fusibles, según corresponda.
<b>2</b>	Verificar que las conexiones del módulo al controlador de carga, estén correctas, polaridad y continuidad.
<b>POCAS HORAS DE ENERGÍA DEL SSFV</b>	
<b>1</b>	Verificar si todas las conexiones están correctas, inspeccionar los conductores aislados o cables y terminales, caso contrario revisar el dimensionamiento del sistema.
<b>2</b>	Verificar el estado de la batería. El voltaje debe ser próximo a 12 VDC
<b>3</b>	Verificar la limpieza del módulo fotovoltaico o si se producen sombras, tener en cuenta la estacionalidad (días nublados) y la autonomía establecida para el sistema en el dimensionado.

Fuente: Guía de instalación de sistemas fotovoltaicos domesticos.pdf

#### 6.5 Potencia real adquirida por el panel de 100 Wp.

Con la finalidad de establecer la producción de energía diaria que se puede alcanzar con el sistema de generación fotovoltaico, se han tomado datos reales de voltaje y corriente, y al tabular sus resultados, encontrar el consumo máximo por día de utilización.

Para este efecto se debe tener las siguientes consideraciones: permitir que la batería se encuentre en un 40% de su capacidad para poder medir datos de corriente, ya que si la batería se encuentra en un 95% cargada no existirá amperaje de generación.

Con la utilización de equipos en buen estado (voltímetros y amperímetros), se conecta los equipos (tomando muy en cuenta la polaridad de los mismos) y se procede a la toma de datos respectivos.

Se ha estimado conveniente tomar datos reales cada 15 min, desde las 9H00 hasta las 17H00, y con las variaciones climatológicas que se presenten.

Los datos encontrados, así como la descripción de la climatología del día de la medición, se detallan a continuación

### 6.5.1 Día miércoles 9 de febrero/2011

Este día se presenta con alta nubosidad, no existe la presencia de lluvia, sin embargo no existe valores elevados de radiación para generar energía con el sistema fotovoltaico.

**TABLA 6.10 DÍA MIÉRCOLES 9 DE FEBRERO/2011**

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
09:00	4.3	12.67	54.481
09:15	2.62	12.57	32.933
09:30	2.4	12.56	30.144
09:45	2.05	12.52	25.666
10:00	3.19	12.62	40.258
<b>PROMEDIO</b>			36.696

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
10:00	3.19	12.62	40.258
10:15	4.83	12.75	61.583
10:30	3.79	12.72	48.209
10:45	1.5	12.56	18.84
11:00	1.48	12.55	18.574
<b>PROMEDIO</b>			37.493

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
11:00	1.48	12.55	18.57
11:15	1.31	12.53	16.41
11:30	1.3	12.55	16.32
11:45	1.43	12.56	17.96
12:00	1.76	12.61	22.19
<b>PROMEDIO</b>			18.29

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
12:00	1.76	12.61	22.194
12:15	1.77	12.63	22.355
12:30	2.03	12.67	25.72
12:45	2.66	12.74	33.888
13:00	2.99	12.78	38.212
<b>PROMEDIO</b>			28.474

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
13:00	2.99	12.78	38.21
13:15	3.65	12.85	46.9
13:30	4.18	12.9	53.92
13:45	2.85	12.83	36.57
14:00	1.68	12.73	21.39
<b>PROMEDIO</b>			39.4

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
14:00	1.68	12.73	21.386
14:15	1.06	12.67	13.43
14:30	0.69	12.61	8.7009
14:45	0.31	12.56	3.8936
15:00	0.37	12.66	4.6842
<b>PROMEDIO</b>			10.419

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
15:00	0.37	12.66	4.684
15:15	0.22	12.53	2.757
15:30	0.14	12.51	1.751
15:45	0.13	12.51	1.626
16:00	0.15	12.51	1.877
<b>PROMEDIO</b>			2.539

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
16:00	0.15	12.51	1.8765
16:15	0.22	12.53	2.7566
16:30	0.15	12.51	1.8765
16:45	0.19	12.52	2.3788
17:00	0.2	12.53	2.506
<b>PROMEDIO</b>			2.2789

De las tablas correspondientes y mediciones se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Temperatura:** 16 grados
- **Radiación Promedio:** 219,48 W/m<sup>2</sup>
- **HPS:** 1,75 horas sol
- **Potencia Total:** 175,59 W

### 6.5.2 Día domingo 13 de febrero/2011

Este día se presenta: en la mañana con alta nubosidad y baja sensación térmica, al medio día se presentan valores aceptables de radiación solar para generación eléctrica, a partir de las 14H00 llueve con poca intensidad, sin embargo para asegurar los equipos no se toman más datos. Los valores alcanzados son:

**TABLA 6.11 DÍA DOMINGO 13 DE FEBRERO/2011**

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
09:00	1.8	12.58	22.64
09:15	3.6	12.65	45.54
09:30	3.79	12.72	48.21
09:45	1.4	12.56	17.58
10:00	1.34	12.4	16.62
<b>PROMEDIO</b>			30.12

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
10:00	1.35	12.58	13.93
10:15	1.25	12.48	15.6
10:30	1.3	12.55	16.315
10:45	1.67	12.56	20.975
11:00	1.79	12.78	22.876
<b>PROMEDIO</b>			17.939

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
11:00	1.83	12.65	23.15
11:15	1.65	12.55	20.71
11:30	2.08	12.75	26.52
11:45	2.76	12.73	35.13
12:00	3.14	12.89	40.47
<b>PROMEDIO</b>			29.2

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
12:00	5.65	13.35	75.428
12:15	5.53	13.36	73.881
12:30	6.65	13.57	90.241
12:45	6.38	13.43	85.683
13:00	6.76	13.56	91.666
<b>PROMEDIO</b>			83.38

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
13:00	6.76	13.56	91.67
13:15	5.4	13.38	72.25
13:30	4.9	13.41	65.71
13:45	4.58	13.4	61.37
14:00	1.1	13.05	14.36
<b>PROMEDIO</b>			61.07

De las tablas correspondientes y mediciones se obtuvieron los siguientes resultados:

**Datos Importantes:**

- **Temperatura:** 13 grados
- **Radiación Promedio:** 443,4108 W/m<sup>2</sup>
- **HPS:** 2,21 horas sol
- **Potencia Total:** 221,7054 W

**6.5.3Día lunes 28 de febrero/2011**

El día se presenta con presencia de rayos solares desde la mañana, al medio día se alcanzan los más altos valores de radiación, los datos tomados son:

**TABLA 6.12 DÍA LUNES 28 DE FEBRERO/2011**

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
09:00	1.65	12.56	20.72
09:15	1.23	12.59	15.49
09:30	2.1	12.73	26.73
09:45	2.86	12.65	36.18
10:00	3.28	12.93	42.41
<b>PROMEDIO</b>			28.31

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
10:00	4.25	12.99	55.208
10:15	4.85	13.36	64.796
10:30	4.36	13.39	58.38
10:45	4.23	13.45	56.894
11:00	1.15	13.6	15.64
<b>PROMEDIO</b>			50.183

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
11:00	7.4	12.99	96.13
11:15	6.24	13.13	81.93
11:30	7.16	13.26	94.94
11:45	7.07	13.31	94.1
12:00	5.43	13.39	72.71
<b>PROMEDIO</b>			87.96

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
12:00	5.43	13.39	72.708
12:15	6.85	13.48	92.338
12:30	6.53	13.52	88.286
12:45	7.27	13.34	96.982
13:00	6.96	13.8	96.048
<b>PROMEDIO</b>			89.272

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
13:00	6.96	13.8	96.05
13:15	6.56	13.79	90.46
13:30	6.27	13.83	86.71
13:45	6.26	13.93	87.2
14:00	5.22	14.26	74.44
<b>PROMEDIO</b>			86.97

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
14:00	5.22	14.26	74.437
14:15	5.22	13.95	72.819
14:30	6.53	12.85	83.911
14:45	5.06	14.32	72.459
15:00	5.38	14.08	75.75
<b>PROMEDIO</b>			75.875

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
15:00	5.38	14.08	75.75
15:15	4.95	13.49	66.78
15:30	4.65	13.22	61.47
15:45	4.22	13.11	55.32
16:00	1.78	13.33	23.73
<b>PROMEDIO</b>			56.61

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
16:00	1.78	13.33	23.727
16:15	1.45	13.45	19.503
16:30	0.59	13.25	7.8175
16:45	0.34	13.23	4.4982
17:00	0.26	13.05	3.393
<b>PROMEDIO</b>			11.788

De las tablas correspondientes y mediciones se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Temperatura:** 19 grados
- **Radiación Promedio:** 608,711 W/m<sup>2</sup>
- **HPS:** 4,86 horas sol
- **Potencia Total:** 486,969 W

#### 6.5.4 Día martes 01 de marzo/2011

Este día se presenta muy similar al lunes 28 de febrero de 2011, sin embargo a momentos se presentan nubosidades que reducen de alguna manera la radiación incidente y por consiguiente la generación, los datos obtenidos fueron:



**TABLA 6.13 DÍA MARTES 1 DE MARZO/2011**

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
09:00	1.65	12.56	20.72
09:15	1.23	12.59	15.49
09:30	2.1	12.73	26.73
09:45	2.86	12.65	36.18
10:00	3.28	12.93	42.41
<b>PROMEDIO</b>			28.31

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
10:00	5.25	12.99	68.198
10:15	4.85	13.36	64.796
10:30	4.9	13.39	65.611
10:45	4.23	13.45	56.894
11:00	2.15	13.6	29.24
<b>PROMEDIO</b>			56.948

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
11:00	7.4	12.99	96.13
11:15	6.24	13.13	81.93
11:30	7.16	13.26	94.94
11:45	7.07	13.31	94.1
12:00	7.24	13.39	96.94
<b>PROMEDIO</b>			92.81

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
12:00	7.14	13.39	95.605
12:15	7.53	13.48	101.5
12:30	7.19	13.52	97.209
12:45	7.17	13.62	97.655
13:00	6.96	13.8	96.048
<b>PROMEDIO</b>			97.604

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
13:00	6.96	13.8	96.05
13:15	6.56	13.79	90.46
13:30	6.63	13.83	91.69
13:45	6.26	13.93	87.2
14:00	6.22	14.26	88.7
<b>PROMEDIO</b>			90.82

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
14:00	6.22	14.26	88.697
14:15	7.01	13.95	97.79
14:30	6.53	12.85	83.911
14:45	5.06	15.5	78.43
15:00	6.02	14.08	84.762
<b>PROMEDIO</b>			86.718

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
15:00	6.02	14.08	84.76
15:15	0.29	13.49	3.912
15:30	4.9	13.41	65.71
15:45	4.58	13.4	61.37
16:00	1.1	13.05	14.36
<b>PROMEDIO</b>			46.02

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
16:00	6.76	13.56	91.666
16:15	5.4	13.38	72.252
16:30	4.9	13.41	65.709
16:45	4.58	13.4	61.372
17:00	1.1	13.05	14.355
<b>PROMEDIO</b>			61.071

De las tablas correspondientes y mediciones se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Temperatura:** 17 grados
- **Radiación Promedio:** 689,9 W/m<sup>2</sup>
- **HPS:** 4,13 horas sol
- **Potencia Total:** 413,9 W

### 6.5.5 Día jueves 03 de marzo/2011

Este día se presenta sin mayores nubosidades, no se registraron altos valores de radiación solar, por lo tanto bajos valores de generación, los datos obtenidos fueron:

**TABLA 6.14 DÍA JUEVES 3 DE MARZO/2011**

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
09:00	1.5	12.47	18.71
09:15	1.32	12.47	16.46
09:30	1.98	12.49	24.73
09:45	2.05	12.59	25.81
10:00	2.56	12.77	32.69
<b>PROMEDIO</b>			23.68

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
10:00	3.67	12.89	47.306
10:15	3.98	12.8	50.944
10:30	4	12.94	51.76
10:45	4.6	12.94	59.524
11:00	4.61	12.95	59.7
<b>PROMEDIO</b>			53.847

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
11:00	4.87	12.89	62.77
11:15	5.03	12.99	65.34
11:30	5.5	13.02	71.61
11:45	6.1	13.02	79.42
12:00	7.01	13.02	91.27
<b>PROMEDIO</b>			74.08

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
12:00	7.01	13.02	91.27
12:15	7.01	13.02	91.27
12:30	7.05	13.05	92.003
12:45	7.1	13.05	92.655
13:00	7.1	13.07	92.797
<b>PROMEDIO</b>			91.999

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
13:00	6.99	13.08	91.43
13:15	6.98	13.1	91.44
13:30	6.7	13.1	87.77
13:45	6.7	13.12	87.9
14:00	6.5	13.13	85.35
<b>PROMEDIO</b>			88.78

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
14:00	6.45	13.16	84.882
14:15	6.02	13.16	79.223
14:30	5.97	13.17	78.625
14:45	5.9	13.3	78.47
15:00	5.2	13.45	69.94
<b>PROMEDIO</b>			78.228

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
15:00	4.94	13.21	65.26
15:15	4.56	13.21	60.24
15:30	4.29	13.21	56.67
15:45	4.01	13.25	53.13
16:00	3.67	13.24	48.59
<b>PROMEDIO</b>			56.78

HORA	I (A)	V (V)	P (W)
16:00	3.5	13.7	47.95
16:15	3.47	13.77	47.782
16:30	2.09	13.4	28.006
16:45	1.76	14.1	24.816
17:00	0.78	14.5	11.31
<b>PROMEDIO</b>			31.973

- **Temperatura:** 16 grados
- **Radiación Promedio:** 649,77 W/m<sup>2</sup>
- **HPS:** 3,89 horas sol
- **Potencia Total:** 389,86W

## 6.6 Importancia del factor inclinación panel fotovoltaico. (Radiación de 100W)

**TABLA 6.15 IMPORTANCIA INCLINACIÓN PANEL FOTOVOLTAICO**

Latitud del lugar	Angulo en Invierno	Angulo en Verano
0 al 5 grados	15 grados	15 grados
15 a 25 grados	Latitud	Latitud
25 a 30 grados	Latitud + 5 grados	Latitud - 5 grados

IMPORTANCIA INCLINACIÓN PANEL FOTOVOLTAICO			
Angulo Inclinación	Voltaje	Corriente	Potencia
0	12.53	0.02	0.2506
2	12.53	0.03	0.3759
4	12.53	0.02	0.2506
6	12.53	0.03	0.3759
8	12.53	0.03	0.3759
10	12.53	0.02	0.2506
12	12.53	0.02	0.2506
14	12.53	0.02	0.2506
16	12.53	0.02	0.2506
18	12.52	0.02	0.2504
20	12.52	0.01	0.1252
22	12.52	0.01	0.1252
24	12.52	0.01	0.1252
26	12.5	0.01	0.125
28	12.5	0.01	0.125
30	12.5	0.01	0.125
32	12.51	0.01	0.1251
34	12.51	0.01	0.1251
36	12.51	0.01	0.1251
38	12.51	0	0
40	12.51	0	0
42	12.51	0	0
44	12.51	0	0
46	12.51	0	0
50	12.51	0	0

Se comprueba experimentalmente que la inclinación del panel en el Ecuador, al encontrarse prácticamente perpendicular a los rayos solares, es recomendable colocar el panel a una inclinación máximo de 15 grados respecto a la horizontal.

## CAPÍTULO VII

### 7. AUTOMATIZACIÓN DEL ENCENDIDO DEL RÓTULO PUBLICITARIO A TRAVÉS DE UN RELÉ INTELIGENTE (ZELIO)

#### 7.1 Técnicas de control

Una técnica de control se define como el proceso para asegurar que las actividades reales se realicen conforme a las actividades planificadas, es decir mantener el sistema funcionando siempre por buen camino.

La palabra control es sinónimo de automatización, es por ello que se puede establecer al control como:

**Control como verificación:** para apreciar si está correcto, verificar con pruebas.

**Control como comparación:** con algún estándar de referencia, determinar si está en correspondencia con el estándar y realizar las acciones correctivas de no estarlo.

Un estándar puede ser definido como una unidad de medida que sirve como modelo, guía o patrón con base en la cual se efectúa el control. Por ejemplo el tiempo, si se establece un tiempo de funcionamiento, el patrón será el número de horas para que el sistema funcione, luego de este tiempo el control debe realizar las acciones correctivas necesarias para que el sistema deje de funcionar.

Los estándares pueden ser físicos y representar cantidades, unidades de servicio, horas-hombre, velocidad, volumen de rechazo, etc.

**Medición de resultados:** Si el control se fija adecuadamente y si existen medios disponibles para determinar exactamente su trabajo, la comparación del desempeño real con lo esperado se debe determinar lo más exacto posible.

**Corrección:** Si como resultado de la medición se detectan desviaciones, corregir inmediatamente esas desviaciones y establecer nuevos planes y procedimientos para que no se vuelvan a presentar.

**Retroalimentación:** Una vez corregidas las desviaciones, reprogramar el proceso de control con la información obtenida causante del desvío.

### **7.1.1 Factores del control**

Existen cuatro factores que deben ser considerados al aplicar el proceso de control.

- Cantidad
- Tiempo
- Costo
- Calidad

Los tres primeros son de carácter cuantitativo y el último es eminentemente cualitativo.

El factor cantidad se aplica a actividades en la que el volumen es importante. A través del factor tiempo se controlan las fechas programadas. El costo es utilizado como un indicador de la eficiencia administrativa. La calidad se refiere a las especificaciones que debe realizarse en los procesos, es decir una medición de si se está realizando el proceso correctamente o no.

## **7.2 Relé Inteligente ZELIO**

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de contactores, al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

En la actualidad no se puede entender un proceso de control simplemente intervenido por técnicas cableadas.

El ordenador y los equipos programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones hayan sido sustituidas por otras controladas de forma programada. Para la programación de los circuitos automatizados en cada uno de estos equipos se debe utilizar programas mediante un ordenador y conexión mediante cable de datos.



**Figura 7.1 Relés inteligentes marca Zelio**

Fuente: [www.schneider-electric.ec](http://www.schneider-electric.ec)

Por ejemplo el programa autorizado para programar los relés inteligentes Zelio se requiere el programa ZELIO SOFT.

El software ZelioSoft está diseñado para pequeños sistemas de automatismos. Se usa tanto en los sectores de la industria como en el de servicios.

### **7.2.1 Aplicaciones de los relés inteligentes Zelio**

- Automatización de máquinas de terminaciones, producción, ensamblaje o embalaje.
- Automatización de equipos auxiliares en máquinas del sector textil, plásticos y sector de proceso de materiales.

- Automatización de maquinaria para la agricultura (riego, bombeo, invernaderos, etc.).
- Automatización de barreras, cortinas eléctricas, controles de acceso,
- Automatización de instalaciones de iluminación.
- Automatización de compresores y sistemas de aire acondicionado.

La simplicidad de su programación, garantizada por el uso de dos lenguajes (LADDER y FBD), cumple con las exigencias en la automatización.

Los relés inteligentes son convenientes para sistemas de automatismos simples de hasta 20 E/S. Si es requerido, en los relés modulares pueden agregarse extensiones de E/S y un módulo de comunicación Modbus con un mayor desempeño y flexibilidad, desde 10 hasta 40 E/S

### **7.2.2 Ventajas relé Zelio**

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que no es necesario dibujar el esquema de contactos.
- La lista de materiales para control queda reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente representa una reducción de costos.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómeta, etc.

- Poder tener un control diario en el encendido y apagado de un electrodoméstico, un sistema publicitario etc.

### 7.2.3 Desventajas relé Zelio

- La programación requerida para estos autómatas si bien es cierto es muy simple y práctica, siempre se va a requerir adquirir estos conocimientos previos para la utilización de los mismos, por lo tanto es una desventaja que no todas las personas tengan acceso a ese tipo de programación.
- El costo inicial también puede ser un inconveniente.

De acuerdo a las especificaciones y requerimientos del proceso a controlar, se ha seleccionado un Relé inteligente **Zelio SR2 B121FU**.

### 7.3 Características del Zelio SR2 B121FU

La información proporcionada por el fabricante es:

- Solución avanzada que tiene en cuenta las variaciones de las especificaciones, gracias a una programación rápida y de alto rendimiento.
- Programación en **FBD** (diagrama de bloques de funciones) o **LADDER** (diagrama de contactos).
- Programación y parametrización que se adapta a los requerimientos.
- En un PC con el software ergonómico ZelioSoft



### 7.3.1 Elementos del Zelio SR2 B121FU



**Figura 7.2 (1). Elementos relé Zelio**

Fuente: Software ZelioSoft 2

1. Entrada Digital
2. Botón de la parte frontal
3. Relé auxiliar M
4. Salida Q
5. Temporizador
6. Contador
- 7.



**Figura 7.2 (2). Elementos relé Zelio**

Fuente: Software ZelioSoft 2

8. Comparador de contador
9. Comparador analógico
10. Reloj Semanal
11. Monitor de operación
12. Luz de fondo
13. Cambio de horario de verano-invierno

#### **7.4 Particularidades, consideraciones y opciones tecnológicas (alternativas de selección)**

El control de proceso no requiere de medición o retroalimentación para accionar el mecanismo de control, sin embargo requiere de un adecuado control de los contactos con respecto al tiempo. Los requerimientos de tiempo de iluminación del sistema publicitario, se ha determinado que la automatización del sistema sea para los días Lunes a Sábado de 18h00 a 21h30, además la instalación de una botonera para el encendido o apagado del equipo de ser necesario.

##### **Consideraciones:**

- Alimentación 100-240 VAC
- Entradas digitales mínimo 3
- Salidas Digitales mínimo 3
- Pantalla del teclado
- Reloj (importante)
- Programación LADDER/FBD

##### **Tecnologías alternativas**

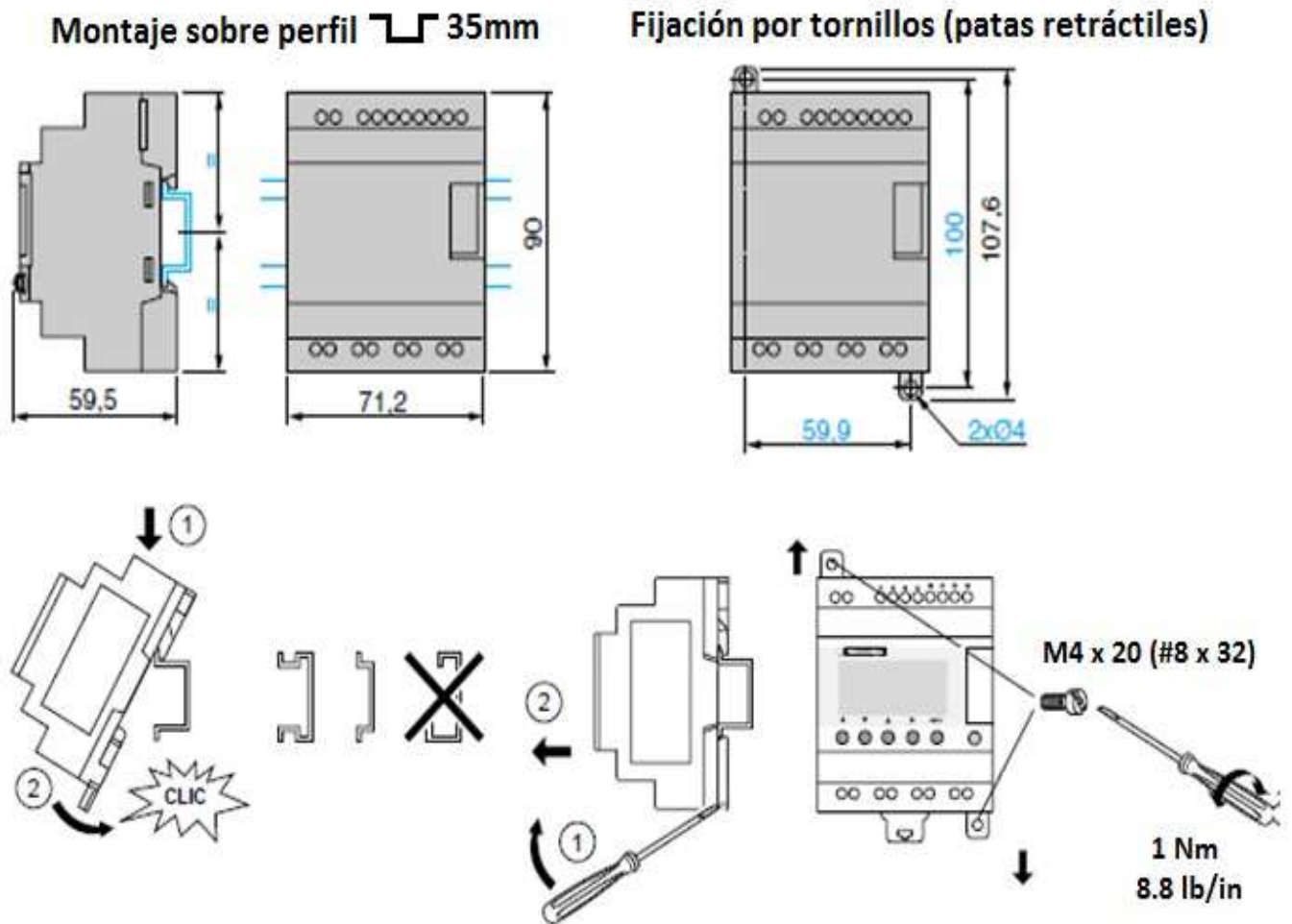
- Zelio SR2 B121 FU, Zelio SR2 B201 FU, Zelio SR3 B101 FU, Zelio SR3 B261 FU.

#### **7.5 Diseño del circuito eléctrico de conexión del Zelio SR2B121FU**

Los equipos que conforman el sistema de control están incluidos en un tablero de control para fácil utilización del usuario, y se compone de:

- Botonera ON/OFF
- Disyunto térmico (seguridad) de cortocircuito.
- Contactor (enclavamiento)
- Zelio SR2 B121FU





**Figura 7.4 Dimensiones para montaje del relé inteligente Zelio SR2B121FU**

Fuente: [www.schneider-electric.ec/descargas/SR2&SR3mounting](http://www.schneider-electric.ec/descargas/SR2&SR3mounting)

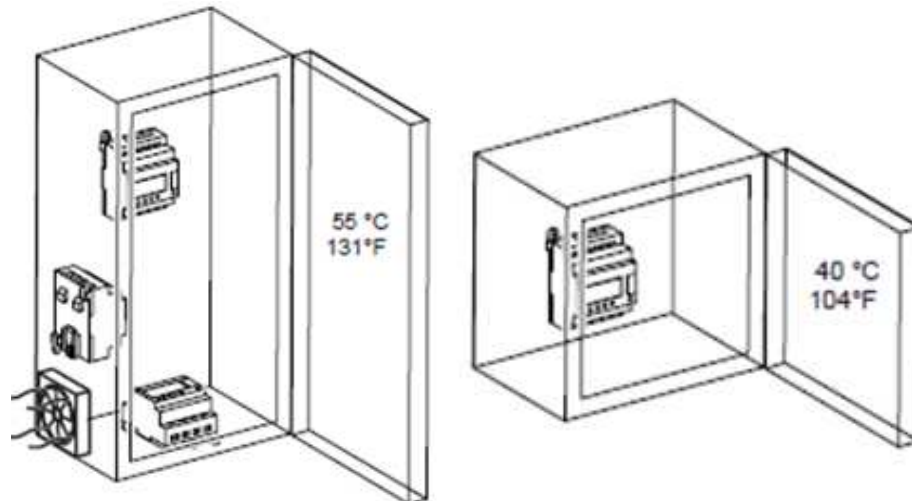
### 7.6.1 Condiciones de funcionamiento

Para un adecuado funcionamiento del relé Inteligente Zelio SR2B121FU se debe tener en cuenta las siguientes condiciones de funcionamiento:

**TABLA 7.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO ZELIO SR2B121FU**

Temperatura de funcionamiento	de -20 a 55 °C
Temperatura de almacenamiento	de -40 a + 70 °C
Humedad relativa	Nivel RH1, del 30 a 95% (no condensante)

Grado de protección	IP20 (IEC 60529)
Altitud	Utilización : 0 a 3000 m
	Transporte : 0 a 3048 m
Resistencia a las vibraciones (IEC 60068-2-6)	En montaje en carril y panel De 5 a 9 Hz; amplitud: 3.5 mm De 9 a 150 Hz; aceleración: 1g 10 ciclos /eje, 1 octava /minuto
Resistencia mecánica a los golpes (IEC 60068-2-27)	147 m/sec <sup>2</sup> (15g), duración 11 msec 3 golpes por eje.
Norma de aplicación / condiciones de funcionamiento	EN61131-2 (IEC 61131-2)



**Figura 7.5 Esquema de instalación del Relé Inteligente Zelio SR2B121FU**

Fuente: [www.schneider-electric.ec/descargas/SR2&SR3mounting](http://www.schneider-electric.ec/descargas/SR2&SR3mounting)

### 7.7 Funcionamiento del sistema de control (programación)

ZelioSoft 2 es un software diseñado especialmente para controladores o relés inteligentes Zelio de Schneider en el cual se pueden realizar simulaciones de circuitos que después pueden ser llevados al equipo para que este lo reproduzca.

### 7.7.1 Requisitos de sistemas operativos

El programa **ZelioSoft 2** es un programa que pequeña capacidad, pero de gran utilidad debido a sus funcionalidades de programación en bloque de funciones FDB o lenguaje de contactos LADDER. En lo que respecta a requerimientos son muy limitados, se requiere un espacio de disco de menos de 512 MB y es compatible con versiones de Windows 95-98-2000, NT 4.0 SP5, Windows XP Pro, Vista, 7. Además no requiere un procesador de elevado rendimiento.

### 7.7.2 Software Zeliosoft 2

#### Utilización del programa

Cuando se haya ingresado al programa en **BDF** o en **LADDER**, se puede simular y, a continuación, transferir la programación al Zelio.

#### Modo simulación: prueba del programa

Una vez finalizado el programa, se puede probar mediante un clic en el icono "S" situado en la parte superior derecha (1) o en el menú Modoy, a continuación, Simulación. Para iniciar el programa, hacer clic en (RUN) (2), como se indica a continuación:



**Figura 7.6 Modo simulación ZelioSoft 2**

Fuente: Software ZelioSoft 2

El forzado se realiza mediante un clic en la función o en el pin de entrada o de salida. No es necesario que el módulo esté conectado al PC para realizar la simulación.

### **Transferencia de una aplicación**

La escritura de programación se puede realizar desde un PC hacia un ZelioLogic, o directamente en el Zelio mediante sus teclas de interfaz.

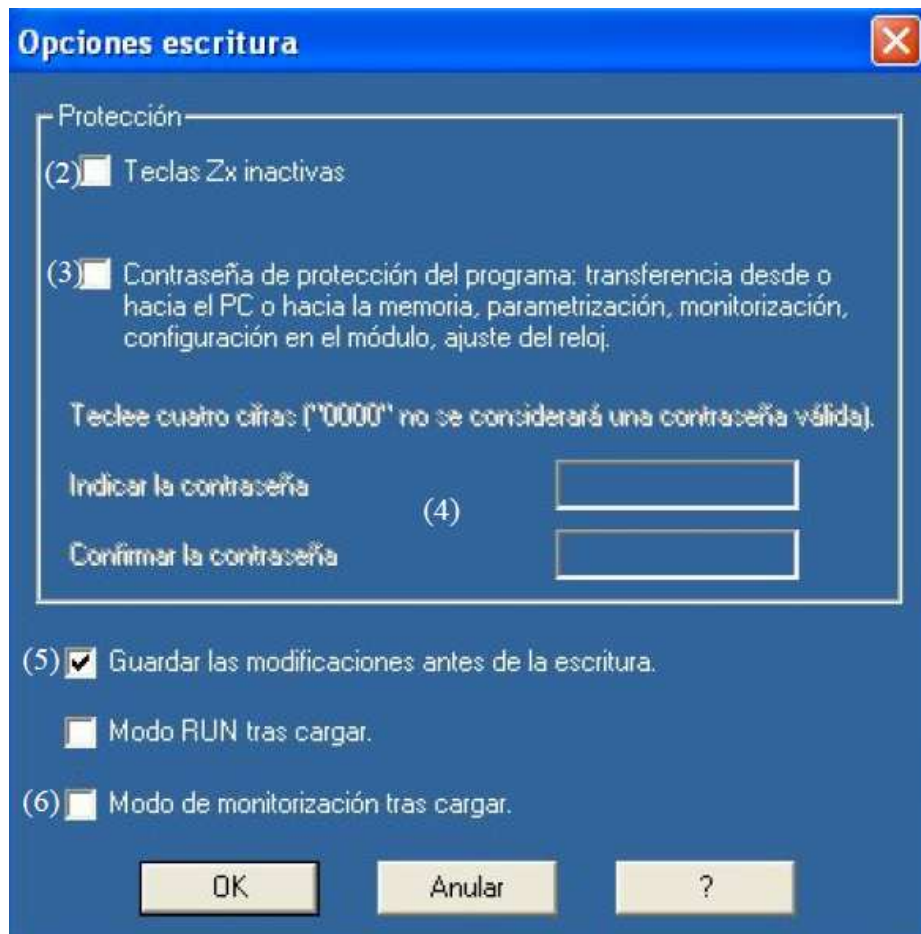
Si se va a realizar una transferencia de programación desde una PC se puede realizar de la siguiente manera:

- Para enviar un programa a ZelioLogic: menú Transferencia, Transferir programa y, a continuación, clic en PC->Módulo.
  
- Si el tipo de módulo seleccionado no es compatible con el tipo de módulo conectado, se puede modificar el tipo de módulo en **Selección del módulo/programación** en el menú **Módulo**. También se puede realizar un diagnóstico del módulo conectado en **Diagnóstico del módulo** en el menú **Módulo**.
  
- Si el módulo conectado está en modo **RUN**, no se puede transferir el programa. Se puede poner en modo **STOP** a través del software mediante la opción **STOP Módulo** en el menú **Transferencia**.

Si el tipo de módulo seleccionado es el mismo que el tipo de módulo conectado, se muestra la ventana de diálogo (figura 67) en la cual se puede realizar:

En (2), se puede activar o no la accesibilidad de las teclas Zx (que se emplean en entrada en el programa). (3) Se puede proteger el programa presente en el módulo mediante una contraseña que se introduce en (4). Para registrar la aplicación del ordenador, seleccionar (5). Por último, si desea ejecutar el modo de monitorización detallado a continuación, se selecciona (6).

A continuación, clic en **OK** para transferir el programa.



**Figura 7.7 Modo runZelioSoft 2**

Fuente: Software ZelioSoft 2

**Nota 1:** El módulo sobrescribe el programa presente en el módulo antes de la transferencia.

**Nota 2:** Si se ha cargado anteriormente (o cuando lo utiliza por primera vez) un programa en Ladder (si programa en BDF) o en BDF (si programa en Ladder) en el módulo, el software deberá actualizar el firmware del módulo. Durante la transferencia se le propondrá llevar a cabo dicha actualización.

### **Transferencia del programa Zelio soft2 hacia el PC**

Esta función de transferencia permite recuperar una aplicación de un módulo mediante el programa.



Desde el programa: menú **Transferencia, Transferir programa** y, a continuación, clic en **Módulo-> PC**. Después de la petición de confirmación, se realiza la transferencia. El software carga el programa presente en el módulo.

**Nota:** Si el programa del módulo está bloqueado, el módulo solicitará el código antes de la transferencia.

### **Puesta en marcha del módulo mediante el software**

Se hace clic en **RUN Módulo** en el menú **Transferencia**. Cuando transfiera un programa al módulo, éste se pone en modo **RUN** de forma automática.

### **Modo monitorización: seguimiento en tiempo real**

El módulo se encuentra conectado al PC. Este modo posee las mismas características que el modo simulación. El estado de cualquier entrada o salida de Zeliologic se puede visualizar o modificar mediante el software. Estas entradas se pueden ver desde la ventana de edición, al igual que en la ventana de supervisión.

El panel frontal permite controlar el proceso y actuar sobre las teclas a distancia mediante la selección de la ventana del panel frontal. Para iniciar el modo de monitorización durante la transferencia del programa, se marca la casilla correspondiente en la ventana de transferencia, o clic en el icono situado en la parte superior derecha cuando el módulo esté conectado y contenga el programa correspondiente.

### **Impresión de la aplicación**

Se puede editar una carpeta completa de la aplicación. Seleccionar **Archivo, Imprimir...** (Mientras esté en **modo Edición**).

Seleccionar los parámetros que se necesite.

Antes de imprimir, se puede seleccionar **Archivo, Presentación preliminar**.

## **Definición de la fecha y la hora mediante el software**

Parámetro importante de programación, pues el control a realizar emplea relojes. Es necesario asegurarse de que el módulo muestre la hora correcta. Se puede definir la hora mediante el software a través de un clic en la opción **Ajustar reloj** del menú **Módulo**.

## **Función contraseña**

La contraseña protege el acceso a un programa. Cuando se transfiere el programa en ZelioLogic, se abre la ventana de opción de escritura y permite seleccionar la casilla "**Proteger mediante contraseña...**". Una vez que se haya activado la contraseña, no se podrá escribir en el módulo ni leer el programa sin antes indicarla. De este modo, el programa está protegido. Si desea acceder al menú y, por ejemplo, realizar un reajuste de la hora, se debe introducir la contraseña.

## **Bloqueo del panel frontal**

La función de bloqueo del panel frontal sirve para evitar cualquier acceso a los menús. El bloqueo se activa cuando el programa está en marcha, pero también cuando está parado. Para poner el programa en marcha o pararlo una vez activado el bloqueo, hay que hacerlo mediante el software.

Cuando escribe el programa en ZelioLogic, se abre la ventana de opción de escritura. En ese caso, basta con seleccionar la casilla "**Colocar candado en panel frontal del módulo**"

### **7.7.3 Tipos de programación software Zelio Soft 2**

#### **Lenguaje de programación**

En informática se define como cualquier lenguaje artificial que puede utilizarse para definir una secuencia de instrucciones para su procesamiento por un ordenador o computadora.

Un lenguaje de programación es mediante el cual podemos comunicarnos con el hardware y dar así las órdenes adecuadas para la realización de un determinado proceso, para nuestro caso la programación se realiza en un ordenador, luego es transferido al controlador mediante un cable de datos y luego se realiza la acción de control.

El programa está formado por un conjunto de instrucciones, sentencias, bloques funcionales y grafismos que indican las operaciones a realizar. Las instrucciones representan la tarea más elemental de un programa: leer una entrada, realizar una operación, activar una salida, etc. La sentencia representa el mínimo conjunto de instrucciones o sentencias que realizan una tarea o función compleja.

### **Tipos de programación**

- **Lenguaje de contactos (KOP)**
- **Lenguaje de funciones (FUP)**

#### **7.7.3.1 Esquema de contactos KOP**

La representación del lenguaje de programación gráfico KOP (esquema de contactos o LADDER) es similar a la de los esquemas de circuitos. Los elementos de un esquema de circuitos, tales como los contactos normalmente cerrados y normalmente abiertos, se agrupan en segmentos. Uno o varios segmentos constituyen el área de instrucciones de un bloque lógico.

### **Lenguaje de contactos (LADDER)**



**Figura 7.8 LADDER Zelio Soft 2**

Fuente: Software ZelioSoft 2

Es un lenguaje netamente gráfico, derivado del lenguaje de relés. Mediante símbolos se representa contactos, bobinas, etc.

Con este tipo de diagramas se describe normalmente la operación eléctrica de distintos tipos de máquinas, y puede utilizarse para sintetizar un sistema de control y, con las herramientas de software adecuadas, realizar la programación del relé inteligente.

### **Los contactos**

Los elementos a evaluar para decidir si activar o no las salidas en determinado "escalón", son variables lógicas o binarias, que pueden tomar solo dos estados: 1 ó 0. Estos estados que provienen de entradas van a los relés internos del mismo.

En la programación Escalera (Ladder), estas variables se representan por contactos, que justamente pueden estar en solo dos estados: abierto o cerrado.

Las salidas de un programa Ladder son equivalentes a las cargas (bobinas de relés, lámparas, etc.) en un circuito eléctrico.

### **Las funciones lógicas más complejas son:**

- Temporizadores
- Contadores

Se representan en formato de bloques.

Sobre estos bloques se define:

1. La base de los tiempos y el tiempo final en el caso de temporizadores
2. El módulo de contaje y condiciones de paro y reset en el caso de contadores.

Existen también bloques funcionales complejos que permiten la manipulación de datos y las operaciones con variables digitales de varios bits.

## Los temporizadores

Como lo indica su nombre, cada vez que alcanzan cierto valor de tiempo activan un contacto interno. Dicho valor de tiempo, denominado PRESET o meta, debe ser declarado por el usuario.

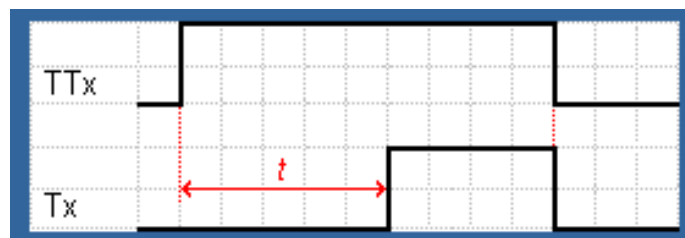
Luego de haberse indicado el tiempo de meta, se le debe indicar con cuales condiciones debe empezar a temporizar, o sea a contar el tiempo.

Para ello, los temporizadores tienen una entrada denominada START o inicio, a la cual deben llegar los contactos o entradas que sirven como condición de arranque.

Dichas condiciones, igual que cualquier otro renglón de Ladder, pueden contener varios contactos en serie, en paralelo, normalmente abiertos o normalmente cerrados.

## Principales tipos de temporizadores

- **Tipo A:** Trabajo, comando mantenido

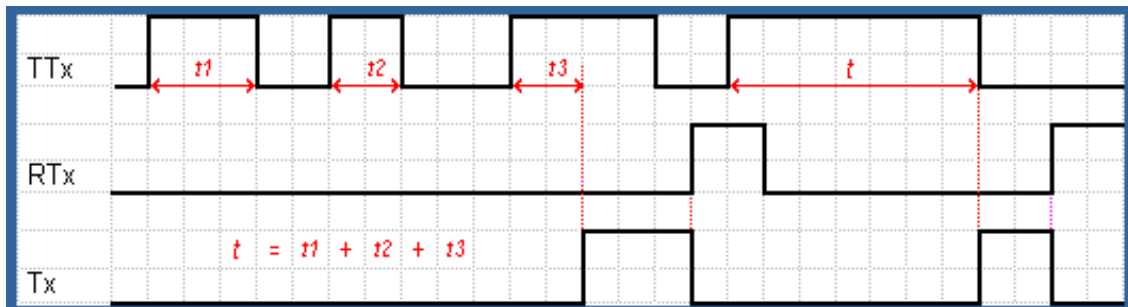


**Figura 7.9** Temporizador tipo A Zelio Soft 2

Fuente: Software ZelioSoft 2

**Ejemplo:** Retrasar el arranque de un segundo motor para reducir el consumo de energía.

- **Tipo T:** Totalizador de trabajo

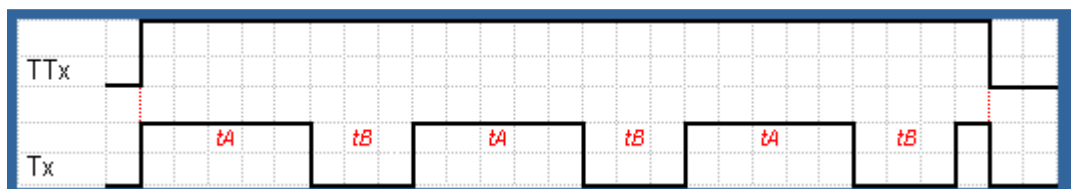


**Figura 7.10 Temporizador tipo T Zelio Soft 2**

Fuente: Software ZelioSoft 2

**Ejemplo:** Solicitar la sustitución de un material cuando se ha sobrepasado la duración de utilización.

- **Tipo L o Li:** Luz intermitente de comando mantenido/asimétrica



**Figura 7.11 Temporizador tipo L o Li Zelio Soft 2**

Fuente: Software ZelioSoft 2

**Ejemplo:** Ejecutar un comando de señal acústica y crear un timbre de alarma.

## Los contadores

Definidos como posiciones de memoria que almacenan un valor numérico, mismo que se incrementa o decrementa según la configuración dada a dicho contador. Como los temporizadores, un contador debe tener un valor prefijado como meta o PRESET, el cual es

un número que el usuario programa para que dicho contador sea activo o inactivo según el valor alcanzado.

Esta función permite realizar contajes progresivos o regresivos de los pulsos hasta un valor de preselección definido en la ventana de parámetros.

El bloque de función contador posee una entrada de contaje (**CC**) (en cada excitación de la bobina, el contador aumenta o disminuye en intervalos de 1 según el sentido de contaje seleccionado), una entrada Puesta a cero (**RC**), una entrada de sentido de contaje (**DC**) (el bloque realiza un contaje regresivo si se activa esta entrada) y una salida **C** que permiten saber cuál es el nivel controlado por el contador. Cuando se alcanza el valor de preselección, esta salida pasa a 1 hasta la puesta a cero o el contaje en sentido contrario. El valor de contaje y el valor de preselección se pueden visualizar en la pantalla del Módulo.

### 7.7.3.2 Diagrama de funciones FUP

El lenguaje de programación FUP (diagrama de funciones) utiliza los símbolos gráficos del álgebra booleana para representar la lógica.

También es posible representar en conexión directa con los cuadros lógicos funciones complejas, por ejemplo, funciones matemáticas.



**Figura 7.12 FUP ZelioSoft 2**

Fuente: Software ZelioSoft 2

1. Entradas
2. Funciones BDF
3. Funciones grafcet/SFC

4. Funciones lógicas
5. Salidas

### Elementos fundamentales:



**Las entradas DIG (digitales)**

Se puede personalizar la aplicación mediante la selección de otro icono para representar, por ejemplo, un detector de presencia o un botón pulsador luminoso.



**El reloj de 1 segundo**

Puede cablear en entrada un reloj de 1 segundo.



**La salida DIG (digital)**

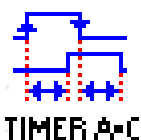
Se puede personalizar la aplicación mediante la selección de otro icono para representar, por ejemplo, un ventilador o una resistencia de calefacción.

Para cambiar de icono, coloque un bloque DIG en la hoja de cableado y, a continuación, haga doble clic en él. Se ofrecen diversos tipos de salidas DIG.



**La salida de luz de fondo**

Esta salida permite controlar la luz de fondo de la pantalla del módulo.



**El temporizador A/C**



Permite aplicar a la señal de salida un retardo de paso a ON, un retardo de paso a OFF o los dos retardos en función de la señal de entrada. Este bloque se puede emplear para realizar un reloj contador de función A o función C.



### **El programador horario semanal y anual**

Esta función sirve para activar o desactivar la salida en un momento determinado del día, la semana o el año. Este bloque funciona con un principio de eventos. Para crear un evento. Se selecciona la hora a la que se produce el evento.

## **7.8 Tutorial de funcionamiento del sistema de iluminación (programa LADDER)**

El tutorial de funcionamiento en lenguaje LADDER del sistema de iluminación se encuentra en detalle en anexos de la presente Tesis de Grado.

## CAPÍTULO VIII

### **8. ANÁLISIS ECONÓMICO**

Al determinar el costo inicial de un sistema fotovoltaico que reemplace la energía eléctrica entregada por la red local aún es muy alto; por lo tanto no resulta beneficioso económicamente. Sin embargo cuando se instala este tipo de sistemas, es lógico pensar que se convierta en el dueño de una pequeña central generadora de energía, teniendo por lo tanto que asumir los gastos de materiales de construcción, instalación, así como los de mantenimiento.

Para el análisis de un sistema fotovoltaico se han de considerar algunos aspectos de evaluación como los siguientes:

- No existe la posibilidad de comparar un sistema fotovoltaico con otro; ya que cada uno tiene sus características de evaluación como: localización del sistema, la radiación solar, ángulo de inclinación, potencias de carga, HPS, etc.
- No se puede comparar la energía producida por un sistema fotovoltaico con la energía producida por fuentes tradicionales, éstas son de distinta calidad si consideramos el impacto ambiental producido, la intermitencia de la energía e incluso su costo de generación y comercialización.
- Para realizar una comparación correcta es necesario hablar de valor de la energía producida y no del costo por consumo. Sin duda el costo de un KWh generado por un sistema fotovoltaico es mucho mayor que el de la red eléctrica. Es por ello que la rentabilidad de este tipo de proyectos se ve influenciada por el apoyo gubernamental hacia la utilización de energías renovables.
- La vida útil de estos sistemas se encuentra cercano a los 25 años de uso con lo que el ahorro económico de consumo eléctrico será para esa cantidad de tiempo.

## **8.1 Análisis de costos del sistema fotovoltaico, de iluminación y automatización en su totalidad**

El presupuesto para el diseño, selección e instalación de un sistema solar fotovoltaico es considerado como una inversión inicial alta, debido a que los componentes de dicho sistema requieren tecnología de última generación de alto costo de adquisición; luego se consideran algunos otros costos que forman parte del proyecto como son:

- Adquisición de materiales y elementos necesarios (cables, conectores, tomacorrientes, herramientas, madera, pintura, pernos, tuercas, etc.).
- Construcción de las unidades auxiliares a la instalación (soporte del panel, transportador del sistema fotovoltaico).
- Mano de obra.
- Costos por la elaboración del letrero luminoso con LEDs.
- Transporte.
- Instalación total del sistema.

El análisis económico del presente proyecto está elaborado con costos directos, indirectos y costo total del proyecto. Estos se enumeran a continuación, sin embargo el análisis detallado se elaboró en el programa APU 95 anexo en la memoria técnica.

### **8.1.1 Costos directos**

Detallan la inversión fija que se requiere en la elaboración del proyecto, para este análisis se divide los costos por:

- Sistema solar fotovoltaico.
- Sistema publicitario.
- Sistema de control automático.
- Soporte y transporte del SFV

**TABLA 8.1 COSTOS DIRECTOS**

<b>MATERIALES</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
1	Acrílico	1	46,66	46,66
2	Ángulos doblados de 30X30X1,5 (m)	6	1,5	9
3	Batería Millenium 85 Ah	1	179,2	179,2
4	Cable AWG #12 (m)	4	1	4
5	Cable Programación Zelio SR2CBL01	1	74,93	74,93
6	Caja control automático	1	11,2	11,2
7	Controlador SunSaver SS-20L	1	100,8	100,8
8	Electrodos (lb)	3	1,8	5,4
9	Inversor 12VDC a 120VCA 400W	1	112	112
10	Lona de vinil (m2)	2,5	45	112,5
11	Madera Esp. 14 mm (m2)	0,5	5	2,5
12	Madera Esp. 3mm (m2)	1	5	5
13	Módulos LEDs.	50	3,36	168
14	Panel fotovoltaico 100 Wp	1	448	448
15	Pernos	4	0,1	0,4
16	Pintura (gal)	2	5,3	10,6
17	Pulsadores	2	3	6
18	Relé Inteligente Zelio SR2B121FU	1	133,24	133,24
19	Ruedas	4	2,02	8,06
20	Taipe	1	1	1
21	Tol Galvanizado (m2)	1	10	10
22	Tornillos	45	0,1	4,5
23	Tubos Cuadrados de 25X25X2 (m)	18	2,3	41,4
24	Visagras	6	0,2	1,2
<b>MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>HORA/EQUIPO</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>TOTAL</b>
1	Alicate	1	3	3
2	Amoladora	2	2	4
3	Compresor	1	3	3
4	Destornillador estrella	1	1,3	1,3
5	Destornillador plano	1	1,3	1,3
6	Pelacables	1	4,5	4,5
7	Soldadora Eléctrica	6	4	24
8	Soldadora Oxi-acetilénica	1	9	9
9	Taladro	2	3,5	7

<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>HORA/HOMBRE</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>TOTAL</b>
1	Ayudante de taller	9	2	18
2	Electricista	3	3	9
3	Pintor a soplete	2	3	6
4	Sol. Eléctrico, oxiacetilénico	3	7	21
<b>TRANSPORTE</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
1	Sistema solar fotovoltaico	1	24	24
2	Sistema publicitario.	1	13,55	13,55
3	Sistema de automatización	1	14,15	14,15
4	Soporte y transportador SFV	1	8,5	8,5
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>1666,89</b>

### 8.1.2 Costos indirectos

En los costos indirectos se consideran algunos valores referenciales en relación a los costos directos, se ha estimado conveniente para este caso un valor del 30%. Estos costos desglosan sus valores a continuación:

**TABLA 8.2 COSTOS INDIRECTOS (30%)**

<b>ITEM</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>PORCEN</b>	<b>VALOR</b>
1	Imprevistos costos directos	3%	50
2	Montaje de equipos	3%	50
3	Secretaria	0%	0
4	Conserje	0%	0
5	Servicios Básicos (Luz, Agua, Telf)	0%	0
6	Utilidad	12%	200,02
7	Diseño ingenieril (Automatización y Soporte)	9%	150,02
8	Ingeniero residente	0%	0
9	Construcciones provisionales	0%	0
10	Combustible	3%	50
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>		<b>30%</b>	<b>500,04</b>

### 8.1.3 Costo total

El costo total del proyecto está representado por la suma de los costos directos e indirectos, por lo tanto:

**TABLA 8.3 COSTOS TOTALES**

<b>COSTO TOTAL</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>VALOR</b>
1	Costos directos. (USD)	1666,89
2	Costos indirectos. (USD)	500,04
	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>	<b>2166,93</b>

El costo total del proyecto se ha considerado en un valor de **2166,93 dólares** los cuales son financiados completamente por el dueño del local comercial en el cual va a ser instalado el sistema de generación.

### 8.1.4 Fórmula de reajuste

El análisis económico realizado en el programa APU 95 (Análisis de Precios Unitarios), permite obtener los coeficientes de la fórmula de reajuste en el caso de ser oportuno realizar una oferta del presente proyecto, estos se detallan a continuación:

$$0.897 \frac{M}{M_0} + 0.036 \frac{E}{E_0} + 0.033 \frac{MO}{MO_0} + 0.018 \frac{R}{R_0} + 0.008 \frac{MM}{MM_0} + 0.006 \frac{C}{C_0} + 0.002 \frac{V}{V_0}$$

Dónde:

**M/M<sub>0</sub>** Materiales costo según la fecha calculada / Materiales costo actual

**E/E<sub>0</sub>** Equipos costo según la fecha calculada / Equipos costo actual

**MO/MO<sub>0</sub>** Mano obra costo según la fecha calculada / Mano obra costo actual

**R/R<sub>0</sub>** Repuestos costo según la fecha calculada / Repuesto costo actual

**MM/MM<sub>0</sub>** Mant. mecánico costo según la fecha calculada / Mant. mecánico costo actual

**C/C<sub>0</sub>** Combustible costo según la fecha calculada / Combustible costo actual

**V/V<sub>0</sub>** Varios costo según la fecha calculada / Varios costo actual.

## **8.2 Análisis del precio de la energía solar generada en Ecuador**

Uno de los principales inconvenientes en utilizar los sistemas fotovoltaicos como generadores de energía eléctrica es el costo inicial de los elementos que se requiere adquirir para dicha generación.

Al analizar el costo de la energía eléctrica por Kwh consumido en nuestro país (promedio de 8 centavos de dólar), es lógico pensar que el ahorro económico que se va a alcanzar no es muy alto; esto debido a que la energía que consumimos en nuestro país es subvencionada, es decir que el Estado asume parte del costo real que tiene la energía. Este valor de subsidio según el CONELEC alcanza un valor del **60%**, entonces en realidad el costo por Kwh consumido en nuestro país se debería cobrar 13 centavos de dólar.

Sin embargo no se puede comparar la generación eléctrica tradicional de nuestro país (Generación hidráulica, térmica e Importaciones) con la generación eléctrica por fuentes renovables (Energía solar fotovoltaica) debida fundamentalmente a los impactos ecológicos que producen cada una de ellas.

El Estado ecuatoriano ha tratado de compensar dichos valores elevados en la adquisición de estos equipos modernos de generación eléctrica, emitiendo una regulación (Regulación 009/06) en la cual el Estado pagará un valor estimado en 52,04 centavos de dólar por KWh generado mediante energía solar fotovoltaica en el territorio ecuatoriano.

Es éste el valor utilizado en los análisis económicos del presente proyecto debido a que es ese el valor recomendado para una adecuada recuperación de la inversión en un tiempo razonable.

## **8.3 Tiempo de recuperación de la inversión y valor real del KWh generado por el sistema diseñado**

Se busca determinar de qué manera afectan los precios de adquisición de los equipos de generación fotovoltaica y el ahorro que estos producen anualmente.

En el análisis se consideran solo los costos por generación eléctrica con el sistema solar fotovoltaico, y no se consideran los costos por automatización y aplicación (iluminación de la publicidad), dichos costos afectarían significativamente la tasa y tiempo de retorno de la inversión, con lo cual el proyecto no sería económicamente viable.

Los costos por adquisición del sistema fotovoltaico ascienden a: **864 dólares** (en los cuales se incluyen panel fotovoltaico, batería de almacenamiento, regulador de carga e inversor de voltaje, y sin considerar los costos indirectos).

En primer lugar se determina el ahorro económico anual que se alcanza con el costo real por Kwh consumido de la red local (8 centavos de dólar):

$$\text{Generación de energía} = (4 \text{ HPS}) \times (100 \text{ Wp}) \times (0,85)$$

$$\text{Generación de energía} = 340 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

$$340 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \times \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ Kwh}}{1000 \text{ Wh}} = 124,1 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$$

Es decir que, en promedio el sistema fotovoltaico adquirido produce **124,1 Kwh/ año**, con lo cual el ahorro económico obtenido es:

$$A = 124,1 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}} \times \frac{0,08 \text{ dólares}}{\text{Kwh}} = 9,93 \text{ dólares/año}$$

Se ha estimado la vida promedio de los componentes del sistema fotovoltaico en 25, donde se generarían:

$$124,1 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}} \times 25 \text{ años} = 3102,5 \text{ Kwh/ 25años}$$



**Entonces:**

El ahorro económico en 25 años sería:

$$9,93 \frac{\text{dólares}}{\text{año}} \times 25 \text{ años} = 248,25 \text{ dólares}$$

Para el cálculo del costo de la energía producida por el sistema fotovoltaico, se considera un tiempo de 25 años promedio de utilización de los equipos, y el valor de adquisición de los equipos:

$$\text{Costo por Kwh generado} = \frac{864 \text{ dólares}}{3102,5 \text{ Kwh}} = 0,278 \frac{\text{dólares}}{\text{Kwh}}$$

Por lo tanto con el sistema fotovoltaico se genera energía eléctrica a un costo de 28 centavos de dólar por Kwh generado, el cual está dentro del rango de precios que paga el CONELEC (Regulación 009/06) para el territorio ecuatoriano.

Según la regulación antes mencionada el Estado ecuatoriano compensa la generación por energía fotovoltaica a un costo de 52,04 centavos de dólar, a ese costo la inversión se recuperaría en:

$$124,1 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}} \times \frac{0,5204 \text{ dólares}}{\text{Kwh}} = 64,58 \text{ dólares/año}$$

$$\text{Tiempo recuperación} = \frac{864 \text{ dólares}}{64,58 \text{ dólares/año}}$$

$$\text{Tiempo recuperación} = 13,3 \text{ años}$$

Es decir que la inversión se recuperaría dentro del rango de tiempo de utilización de los equipos estimados en 25 años.

## CAPÍTULO IX

### **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **9.1 Conclusiones**

- La implementación de sistemas solares fotovoltaicos en nuestro país es una opción eficaz y conveniente pues a escala humana la energía del sol resulta inagotable y su utilización es prácticamente sin impacto ambiental, a diferencia de los otros tipos de generación eléctrica actualmente utilizados en Ecuador, los cuales alcanzan un 45% de generación con altos índices de contaminación ecológica.
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> se ven reducidas significativamente con la utilización de los sistemas fotovoltaicos, pues la aplicación de éstos reduce aproximadamente 1kg de CO<sub>2</sub>/Kwh generado con la quema de combustibles en la generación térmica, creando “Bonos o Certificados Verdes” para nuestro país.
- El Estado ecuatoriano, consciente de la importancia de la generación eléctrica con fuentes no convencionales, ha implantado políticas con las cuales busca compensar los altos costos de adquisición de los equipos con un valor por Kwh generado para grandes o pequeños productores, dicha regulación (Regulación 009/06) se encuentra vigente desde al año 2008, sin embargo no existe una adecuada difusión de información sobre este tema que sin duda es de interés de la colectividad en general.
- El implantar una pequeña planta generadora de energía eléctrica si bien es cierto contempla un alto costo de adquisición, a la larga produce rentabilidad económica debido a que la energía utilizada del sol no tiene costo, y con cero gastos por mantenimiento.
- Mediante la implementación de estos proyectos se puede lograr alcanzar la meta de reducir los niveles de contaminación y alta eficiencia energética que exige el ecosistema de nuestro planeta.

- En nuestro país aún existe falta de información con respecto a los sistemas solares fotovoltaicos y sus grandes beneficios ecológicos, esto sin contar que son muy pocas las empresas dedicadas completamente a la elaboración de este tipo de proyectos y la comercialización de sus componentes.
- La posición geográfica privilegiada de todo el territorio ecuatoriano facilita la planificación e instalación de sistemas fotovoltaicos ya que el sol recorre durante todo el año en un sector prácticamente perpendicular a nuestro país, es decir se puede superar factores críticos como la orientación de los paneles o sistemas de seguimiento solar que encarecerían los costos del proyecto.
- Los paneles solares están diseñados y fabricados a un valor de aprovechamiento del recurso solar máximo de 10%, sin embargo estos equipos generan su máxima potencia en horas pico solar a una radiación que puede llegar a  $1000 \text{ W/m}^2$  compensando de esta manera su rendimiento.
- Los acumuladores de energía requeridos en estos tipos de sistemas son de ciclo profundo, es decir que se requiere que estos mantengan largos períodos de descarga con bajo amperaje, contrario a las baterías de automóvil las cuales producen altos amperajes pero en muy cortos períodos de tiempo, es por esta razón que no es posible la utilización de baterías de automóvil en los sistemas fotovoltaicos.
- Al dimensionar y seleccionar los equipos de generación se ha conseguido alimentar energéticamente al sistema de iluminación del presente proyecto con absoluta seguridad, sin embargo al tratarse de generación eléctrica ésta puede ser utilizada para otras aplicaciones de corriente alterna, extendiéndose así sus aplicaciones finales.
- Un aspecto muy importante del sistema fotovoltaico es la selección de los cables conductores, pues estos deben ser específicos para estos sistemas y no cables de conducción de energía eléctrica domésticos, buscando siempre caídas de tensión muy bajas.

- La potencia total instalada con el panel fotovoltaico es de 100 Wp, para alimentar una carga de 277,2 W-h/día, usando un panel poli cristalino de marca EXMORK.
- La eficiencia total del sistema es aproximadamente del 80% esto considerando el rendimiento de cada uno de los componentes, luego la incidencia de la temperatura y radiación incidente sobre el panel.
- El sistema fotovoltaico se ha dimensionado en función a los datos históricos de: heliofanía (Horas pico solar) y temperatura ambiente promedio de la ciudad de Riobamba, proporcionados por la Estación Agro Meteorológica de la ESPOCH entre los años 2000 y 2010, en el tratamiento de estos datos se llega a un valor de irradiación solar incidente promedio de 4 HPS y radiación solar de  $680 \text{ W/m}^2$ , sin embargo para asegurar la instalación se ha decidido utilizar el valor menor encontrado en ese rango de tiempo que es 3,5 HPS.
- De la utilización experimental de los equipos se concluye que existe incidencias fundamentales de la temperatura ambiental y radiación, generación, y a mayor temperatura, menor generación de energía, y a mayor radiación mayor generación eléctrica.
- La instalación del sistema de iluminación con los módulos LEDs, está relacionada con el ahorro energético planteado, pues estas funcionan a 12 VDC con bajo consumo energético, larga durabilidad, y buena intensidad luminosa, es decir más rentables que los sistemas tradicionales de iluminación de neón, focos fluorescentes o focos incandescentes.
- Para realizar el control o automatización del sistema publicitario se ha utilizado un relé inteligente Zelio SR2B121FU, debido a sus características, facilidad de programación y cambios en los parámetros de ser requerido.
- Las pruebas de campo realizadas con el equipo de generación instalado demuestra que en nuestro país no es necesario la utilización de equipos de seguimiento solar,

debido a que Riobamba se encuentra a una Latitud geográfica: 1°39' la colocación del panel a 15° de inclinación es suficiente para que exista una generación promedio durante todo el año.

- De estas mismas pruebas se obtuvieron los datos de generación reales del sistema, los cuales bordean los 400 Wh generados en un día con muy buena radiación solar y un mínimo de 175 Wh para poca radiación incidente.
- En lo referente a costos, los sistemas publicitarios que utilizan módulos LEDs son mucho más eficientes que los que utilizan neón, focos fluorescentes o focos incandescentes, pero requieren mayor inversión inicial.
- Del análisis económico realizado concluimos que no existe la posibilidad de encontrar una tasa de retorno inmediata debido fundamentalmente a que el costo de la energía eléctrica en nuestro país es subvencionada, sin embargo de los costos obtenidos se determina que la energía producida por el sistema se puede establecer un precio referencial de 28cUSD/Kwh generado.
- De acuerdo al CONELEC en sus últimas regulaciones (Regulación 009/06) la generación de energía por medios renovables no convencionales tiene la posibilidad de ser comercializada a un costo para la energía solar fotovoltaica de 52,04 cUSD/Kwh; utilizando dicho valor el tiempo de recuperación de la inversión del sistema generador fotovoltaico se recuperaría en 13 años aproximadamente.
- La rentabilidad de los sistemas solares fotovoltaicos es a largo plazo, pues los componentes con un mantenimiento adecuado están diseñados para durar hasta 25 años, con lo cual se equilibra la inversión inicial.

## 9.2 Recomendaciones

- La masificación de los sistemas fotovoltaicos en los próximos años en nuestro país es recomendable, es por ello que se debería impulsar al uso de estos sistemas con programas de exoneración de impuestos por parte del Gobierno para abaratar los costos de inversión.
- Es recomendable crear una normativa por parte de las empresas distribuidoras en nuestro país para el diseño, construcción y funcionamiento de sistemas de energía alternativa, esto aplacaría en parte la falta de información bibliográfica que se tiene respecto a estos sistemas.
- A fin de optimizar el funcionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos es recomendable realizar un monitoreo constante de los equipos ya instalados de tal manera que se pueda ampliar las capacidades de generación.
- Es recomendable mantener una adecuada ventilación hacia el panel que mantenga la temperatura en valores convenientes. A mayor temperatura, la potencia generada se reduce. Por esta razón se debe verificar la temperatura de operación de los paneles.
- Se recomienda promover la capacitación de técnicos ecuatorianos en energías renovables no convencionales. Técnicos que conozcan las diferentes tecnologías y que a la vez capaciten a las personas interesadas, solo así se conocerán más a fondo y se podrá aprovechar de mejor manera las fuentes de energía naturales.
- Es recomendable que en todas las universidades de nuestro país se implanten carreras universitarias de pregrado y postgrado especializadas en las diferentes energías renovables no convencionales con profesores conocedores del tema tanto nacionales como del extranjero.
- Se recomienda que el equipo que contiene tanto el regulador como la batería de almacenamiento no se coloquen en los interiores de habitaciones debido a que

dichas baterías emiten gases y evitar posibles accidentes en la manipulación de estos equipos.

- Se recomienda que se revise los valores actuales de importación de los equipos de generación renovables no convencionales, tratando de subvencionarlos, de este modo permitir que una cantidad más grande productos ingresen a nuestro país y de este modo se abaraten los costos de adquisición de los mismos.
- Es recomendable insistir en el uso de iluminación con la nueva tecnología LED; mucho más eficientes que las bombillas incandescentes y mucho menos nocivas al ambiente en el momento del desecho y reciclaje que las bombillas ahorradoras de vapor de mercurio.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. **PEREJA APARICIO, M.** Energía Solar Fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada. 1ra Edición. Madrid:Marcombo, 2010
- [2]. **ALCOR, E.** Instalaciones Solares Fotovoltaicas. 3ra Edición. Madrid: Promotora General de Estudios S.A., 2008.
- [3]. **ABELLA, M.** Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica. 1ra Edición. Madrid: Era Solar, 2009.
- [4]. **ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA.** Energía Solar Fotovoltaica, Manual del instalador. Junta de Castilla y León. Catalunya, 2008.
- [5]. **SANCHEZ, S.** ENERGIAS RENOVABLES: Conceptos y Aplicaciones. Documento público (pdf). Fundación Natura. Quito: 2003.
- [6]. **SANTILLAN, R.** Fuentes Alternas de Energía, Energía Solar. Riobamba. ESPOCH: 2000.
- [7]. **Biomass Users Network (BUN-CA).** Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica. 1ra Edición. San José, Costa Rica: BUN-CA, 2002.
- [8]. **CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN ENERGÉTICA (CIE).** Atlas Solar del Ecuador. Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). Quito: Documento pdf, 2008.
- [9]. **CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CONELEC).** Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2008. Quito: Documento pdf, 2009.
- [10]. **CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CONELEC).** Plan Maestro de Electrificación 2009-2020. Quito: Documento pdf, 2009
- [11]. **PANJON, L.** Implementación de Sistemas Fotovoltaicos en zonas rurales del Cantón Morona Santiago. Documento público. Cuenca: Unidad de Energías Renovables CENTROSUR, 2008
- [12]. **SCHNEIDER ELECTRIC.** The Essential Guide for automation. Documento público. España: Schneider electric, 2010.
- [13]. **OÑATE, D.** Diseño de una Instalación Solar Fotovoltaica. Documento público. España: 2006.
- [14]. **ALVARADO, E. JARAMILLO, J.** Sistemas Fotovoltaicos para iluminación en 12V. Documento público. Loja: UTPL, 2010.



- [15]. **ESCUADERO, A.** Sistemas de energía solar fotovoltaica para equipos de telecomunicaciones. Dimensionado. Documento público. Madrid: Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid, 2007.
- [16]. **HULSHORST, W.** Manual Práctico de Evaluación de una instalación de energía fotovoltaica a pequeña escala. Documento público. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2010.
- [17]. **VARIOS AUTORES.** Instalación Solar Fotovoltaica conectada a la Red. Memoria Técnica. Cataluña: 2010.
- [18]. **VARIOS AUTORES.** Instalación y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos. Documento público. Bogotá: 2009.
- [19]. **VARIOS AUTORES.** Electricidad Gratuita con paneles Solares. Documento público. Lima: 2006.
- [20]. **GROSSI, H.** Disponibilidad y características de la Radiación Solar en Sudamérica. Documento público. Lujan – Argentina: 2003.
- [21]. **GREENPEACE.** Guía Solar: Como disponer de Energía Solar Fotovoltaica conectada a la red. 1ra Edición. Madrid: Documento público, 2003.
- [22]. **INTELED.** Catálogo de productos. México: 2010.
- [23]. **PORTALANZA, N. JIMENEZ, H.** Estandarización de sistemas de calentamiento de agua con energíasolar en la ciudad de Riobamba. Tesis de Grado. ESPOCH, Riobamba, 2009.
- [24]. **CADENA, A.** Guía para la preparación de anteproyectos de energía solar fotovoltaica. Tesis de Grado. EPN, Quito, 2009.
- [25].  **DIAZ, P.** Confiabilidad de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 2003.
- [26]. **JOACHIN, C.** Diseño de un Sistema Solar Fotovoltaico Aislado, para el suministro de Energía Eléctrica a la comunidad rural Buena Vista, San Marcos. Tesis de Grado. Universidad San Carlos de Guatemala. Junio, 2008.
- [27]. **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS PERÚ.** Especificaciones y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural. Reglamento Técnico. Tacna: 2004.
- [28]. **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS PERÚ.** Configuración de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos y Ensayos. Reglamento Técnico. Tacna, 2004.

- [29]. **INSTITUTO DE ENERGÍA SOLAR.** Norma Técnica Universal para Sistemas Fotovoltaicos Domésticos. Versión 2. Thermie B: SUP-995-96. (Traducción) Madrid, 1998 Revisado en 2001.

## LINKOGRAFÍA

- Procedimiento de selección de elementos de un sistema solar fotovoltaico:  
<http://www.solarweb.net/forosolar/fotovoltaica-sistemas-aislados-la-red/calculo-seccion-cables-cc>  
2010-07-30 14:23:16
- Autómatas programables para control de iluminación  
<http://neoparaiso.com/logo/>  
2010-08-04 11:56:06
- Características del Relé Inteligente Zelio SR2B121FU  
[http://www.schneider-electric.ec/sites/ecuador/es/productos-servicios/automatizacion-control/oferta-de-productos/presentacion-de-rango.page?p\\_function\\_id=18&p\\_family\\_id=233&p\\_range\\_id=531&p\\_tab\\_type=downloads&p\\_url=http://www.global-download.schneider-electric.com/repositorySchneider/index.nsf/DisplayProductDocumentation?OpenAgent&L=ES&App=Schneider&~ES~EN&p=531%26c=41&#](http://www.schneider-electric.ec/sites/ecuador/es/productos-servicios/automatizacion-control/oferta-de-productos/presentacion-de-rango.page?p_function_id=18&p_family_id=233&p_range_id=531&p_tab_type=downloads&p_url=http://www.global-download.schneider-electric.com/repositorySchneider/index.nsf/DisplayProductDocumentation?OpenAgent&L=ES&App=Schneider&~ES~EN&p=531%26c=41&#)  
2010-08-06 16:15:15
- Sección de conductores eléctricos en sistemas fotovoltaicos:  
[http://www.hmsistemas.es/shop/catalog/calculadora\\_seccion.php?osCsid=08ac5600afe7f2395ed36b937af5721d](http://www.hmsistemas.es/shop/catalog/calculadora_seccion.php?osCsid=08ac5600afe7f2395ed36b937af5721d)  
2010-09-15 10:14:26
- Distribuidores de paneles solares en ecuador:  
<http://www.proviento.com.ec/index.html>  
2010-09-30 19:32:15
- Seguidores solares información:  
<http://www.solar-trackers.com/es/>  
2010-09-30 19:34:30
- Programación en relés inteligentes:  
<http://www.automatas.org/fabricante.htm>  
2010-10-02 10:15:32
- Caracterización de paneles solares:  
<http://www.solar-electric.com/>  
2010-10-02 11:15:21
- Efecto fotovoltaico en sistemas generadores de electricidad solar

<http://www.solarweb.net/forosolar/>

2010-10-10 15:16:21

- Letras corpóreas en publicidad iluminadas con LEDs:

<http://www.rotulosalfatec.com/>

2010-10-23 12:10:56

- Características, precios de módulos LEDs blancos:

<http://www.inteled.com.mx/>

2010-11-01 08:25:23

- Energía con recursos renovables, información:

[http://www.ciner.org/index.php?permalink=censolar\\_1249](http://www.ciner.org/index.php?permalink=censolar_1249)

2010-11-02 15:23:58

- Posición geográfica de Riobamba: latitud:

<http://www.googleearth.es/>

2010-11-18 17:17:23

- Demanda energética en Ecuador, porcentaje termoeléctricas

<http://www.cenace.org.ec>

2011-01-20 12:30:20

- Reglamentación de energía solar fotovoltaica Ecuador

- <http://www.conelec.gov.ec>

2011-01-20 12:45:15

- Precios de la energía eléctrica distribuida Ecuador

<http://www.meer.gov.ec>

2011-01-23 15:16:23

# **ANEXOS**

# PLANOS