

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN EL  
AEROGENERADOR EXISTENTE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO  
SUPERIOR AERONÁUTICO”**

**POR: A/C. FLORES PIÑA LUIS SANTIAGO**

**Trabajo de graduación como requisito para la obtención del título de:**

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**2011**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el **A/C. FLORES PIÑA LUIS SANTIAGO**, como requerimiento previo a la obtención del Título de tecnólogo en **ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**.

---

**ING. EDUARDO PASOCHOA**  
Director del Trabajo de Graduación

Latacunga, 13 de Octubre del 2011

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de grado a mis padres, por los valores en la formación humana me han entregado; a mi esposa, a mi hijo, en fin a toda mi familia por su apoyo incondicional, y su perseverancia a salir adelante pese a todos los inconvenientes que se presentaron en el transcurso de la realización del proyecto de grado.

**A/C. Luis Santiago Flores Piña**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco la culminación de este proyecto de grado primeramente a Dios, por brindarme la salud y fuerzas, factores vitales para realizar cualquier actividad; a mi madre, por todo ese apoyo incondicional que día a día me brinda, pese a todos los problemas que día tras día se vive, así mismo agradezco a mi padre y a toda mi familia por su apoyo tajante que en el transcurso de la vida me han brindado, agradezco también a mi esposa y a mi hijo que han sido mi inspiración para levantarme cada día y seguir luchando por nuestros sueños y proyectos; cabe recalcar el agradecimiento a mi director de tesis por toda su enseñanza que en el transcurso de mi formación profesional me ha brindado, le deseo muchos éxitos; y en fin agradezco a todas aquellas personas que de una u otra forma estuvieron inmiscuidos en la realización del proyecto.

**A/C. Luis Santiago Flores Piña**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE FOTOS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	01
RESUMEN .....	02
SUMARY.....	03

### CAPÍTULO I

#### EL TEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	04
1.2 Formulación del problema.....	05
1.3 Justificación e importancia .....	05
1.4 Objetivos .....	05
1.4.1 Objetivo general .....	05
1.4.2 Objetivos específicos.....	06
1.5 Alcance.....	06

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de los paneles solares.....	07
2.1.1 Historia .....	07
2.1.2 Las cuatro generaciones de las células fotovoltaicas.....	09
2.2 Definición de panel solar .....	11
2.3 Tipos de paneles o celdas solares .....	12

2.3.1	Tipos de paneles solares en función de la forma .....	15
2.3.2	Diferencia de los tipos de paneles solares .....	17
2.4	Potencia y voltaje de salida .....	19
2.4.1	Rendimiento y dimensiones .....	19
2.4.2	Temperatura .....	20
2.4.3	Auto-regulación .....	20
2.5	Comprobaciones y precauciones .....	20
2.6	Principios de funcionamiento.....	21
2.6.1	Principios teóricos de funcionamiento .....	21
2.7	Factores de eficiencia de una célula solar.....	23
2.7.1	Punto máximo de potencia .....	23
2.8	Aplicaciones de los paneles solares.....	24
2.9	Irradiación del sol .....	24
2.10	Ángulo de inclinación.....	26
2.11	Instalación de paneles solares .....	27
2.11.1	Orientación .....	27
2.11.2	Ubicación.....	27
2.11.3	Ventilación.....	28
2.11.4	Calibre de cableado.....	28
2.11.5	Combinación de paneles solares .....	28
2.12	Esquema de bloques.....	30
2.13	Instrumentos que acompañan a los paneles solares .....	30
2.13.1	Controlador de carga.....	31
2.13.2	Controlador de carga tipo INDOOR.....	32
2.13.3	Inversores.....	33
2.13.3.1	Técnicas para el control de inversores .....	34
2.13.3.1.1	Técnicas de la señal cuadrada .....	34
2.13.3.1.2	Técnica de control con zona muerta.....	37
2.13.3.1.3	Inversores con modulación por ancho de pulso .....	38
2.13.4	Inversor regulapower DF 1751 12VDC 1000VA a 110 VAC.....	41
2.13.5	Baterías de ciclo profundo.....	42
2.13.6	Relés .....	42
2.13.7	Circuito de conmutación automática (Conmutador).....	44
2.13.7.1	Circuito de control del sistema actual .....	44

2.13.7.2	Diseño del circuito de control.....	46
2.13.7.2.1	Microcontrolador PIC 16F877A .....	46
2.13.7.2.2	Regulador de voltaje LM7805.....	49
2.13.7.3	Circuito de potencia.....	50
2.14	Puertas automáticas.....	52
2.14.1	Introducción.....	52
2.14.2	Mecanismos de las puertas automáticas.....	53
2.14.3	Puertas automáticas REX .....	54
2.14.3.1	Instrucciones de uso automatización para las puertas .....	54

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1	Estado actual del aerogenerador EXMORK W300 .....	56
3.2	Cálculo de los paneles solares.....	60
3.2.1	Irradiación solar.....	60
3.3	Adquisición de los equipos .....	64
3.3.1	Panel solar Exmork 80W .....	64
3.3.2	Batería de ciclo profundo power sonic .....	65
3.3.2.1	Características.....	66
3.3.2.2	Curvas características .....	67
3.4	Componentes adicionales.....	68
3.4.1	Alambre para la instalación del panel.....	68
3.4.2	Terminales para sujetar la batería.....	69
3.5	Instalación del panel solar.....	69
3.5.1	Fabricación de soporte para el panel .....	70
3.5.2	Sitio estratégico para colocar el panel solar .....	71
3.5.3	Colocación del soporte en la terraza.....	71
3.5.4	Colocación del panel solar en el soporte.....	72
3.5.5	Instalación de los conectores del panel solar .....	73
3.5.6	Fabricación del mueble .....	74
3.5.7	Implementación del panel de control .....	75
3.6	Representación esquemática para la instalación del panel solar .....	75

3.7 Circuito de control con el PIC 16F877A .....	76
3.7.1 Programación del PIC 16F877A .....	77
3.8 Circuito de potencia (Nuevas Conexiones) .....	78
3.9 Circuito de control del sistema .....	79
3.10 Instalación final del módulo y colocación de canaletas .....	80
3.11 Pruebas y análisis de resultados del panel solar .....	80
3.11.1 Pruebas del panel solar en vacío .....	80
3.11.2 Pruebas de panel solar con carga .....	81
3.11.2.1 Pruebas realizadas en la mañana .....	81
3.11.2.2 Pruebas realizadas al medio día .....	82
3.11.2.3 Pruebas realizadas en la tarde .....	83
3.11.3 Pruebas del conmutador .....	84
3.11.4 Pruebas del aerogenerador .....	84
3.12 Análisis costo-beneficio .....	85
3.12.1 Gastos primarios .....	85
3.12.2 Gastos secundarios .....	85
3.12.3 Gasto total .....	86

## **CAPÍTULO IV**

4.1 Conclusiones .....	87
4.2 Recomendaciones .....	89
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	91
ABREVIATURAS .....	94
BIBLIOGRAFÍA .....	96
ANEXOS	
HOJA DE VIDA	
HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS	
CESIÓN DE DERECHOS PROPIEDAD INTELECTUAL	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos técnicos de las puertas automáticas .....	54
Tabla 3.1 Datos climáticos del año .....	56
Tabla 3.2 Consumo de energía de las puertas automáticas .....	60
Tabla 3.3 Medidas del panel solar sin carga.....	80
Tabla 3.4 Medidas del panel solar con carga.....	81
Tabla 3.5 Medidas tomadas en la mañana .....	81
Tabla 3.6 Medidas tomadas al medio día .....	82
Tabla 3.7 Medidas tomadas en la tarde .....	83
Tabla 3.8 Medidas tomadas al conmutador .....	84
Tabla 3.9 Gastos primarios .....	85
Tabla 3.10 Gastos secundarios.....	86
Tabla 3.11 Gasto total .....	86

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 2.1. Circuito de control .....	45
Diagrama 2.2. Circuito de potencia anterior .....	51
Diagrama 3.1 Esquema de bloques de la conexión final.....	75
Diagrama 3.2 Circuito de control con PIC 16F877A.....	76
Diagrama 3.3 Circuito de potencia (nueva conexión).....	78
Diagrama 3.4 Circuito de control del sistema .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Barra de silicio policristalino .....	9
Figura 2.2. Panel solar monocristalino .....	12
Figura 2.3. Panel solar policristalino.....	12
Figura 2.4. Funcionamiento de panel solar tipo tándem.....	14
Figura 2.5. Panel solar con reflectantes .....	15
Figura 2.6. Panel solar de forma teja .....	16
Figura 2.7. Panel solar bifacial .....	16
Figura 2.8. Dimensiones de las celdas fotovoltaicas.....	19
Figura 2.9. Variación de voltaje del panel con la temperatura.....	20
Figura 2.10. Comprobaciones de los paneles solares.....	21
Figura 2.11. Representación de la diferencia de potencial, o voltaje con respecto al tiempo en corriente continua .....	22
Figura 2.12. La irradiación máxima corresponde a las zonas de color anaranjado en donde se reciben más de 2.250 Kwatios/m <sup>2</sup> año .....	25
Figura 2.13. El sol en invierno .....	26
Figura 2.14. Orientación del panel solar.....	27
Figura 2.15. Ubicación del panel solar .....	28
Figura 2.16. Instalación y seguridad.....	29
Figura 2.17. Esquema de bloques para instalación del panel solar .....	30
Figura 2.18. Controlador de carga tipo outdoor.....	31
Figura 2.19. Clasificación de los inversores .....	34
Figura 2.20. Inversor push-pull.....	34
Figura 2.21. Señal cuadrada obtenida .....	35
Figura 2.22. Armónicos de ondas cuadradas y triangulares .....	36
Figura 2.23. Amplitud de los armónicos de ondas cuadradas y triangulares .....	37
Figura 2.24. Señal de salida con zona muerta .....	38
Figura 2.25. Armónico de la onda cuadrada con zona muerta.....	38
Figura 2.26. Circuito básico del inversor PWM.....	39
Figura 2.27. Señal de salida PWM.....	40
Figura 2.28. Armónicos de la señal PWM .....	40
Figura 2.29. Reducción de armónicos.....	41

Figura 2.30. Partes de relé .....	43
Figura 2.31. Funcionamiento de un relé.....	43
Figura 2.32. Regulador de voltaje LM7805 (TO 220). .....	49
Figura 2.33. Puertas de ascensores.....	52
Figura 2.34. Puertas automáticas.....	53
Figura 2.35. Control manual de la REX.....	55
Figura 3.1. Batería power sonic.....	66
Figura 3.2. Polaridad de la batería .....	66
Figura 3.3. Medidas de la batería.....	67
Figura 3.4. Curvas características de la batería .....	68

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 2.1. Controlador de carga tipo INDOOR.....	32
Foto 2.2. Entradas del controlador tipo INDOOR .....	33
Foto 2.3 Inversor y sus conexiones.....	41
Foto 2.4 Circuito de control .....	45
Foto 2.5 Circuito de potencia.....	50
Foto 3.1 Estado inicial de los equipos del aerogenerador.....	58
Foto 3.2 Batería de ciclo profundo SP160.....	59
Foto 3.3 Nueva Batería de ciclo profundo Power Sonic .....	59
Foto 3.4 Panel solar Exmork 80W.....	64
Foto 3.5 Alambre para conexión .....	66
Foto 3.6 Terminales para batería. ....	66
Foto 3.7 Soporte para el panel solar. ....	70
Foto 3.8 Soporte del panel a diferentes ángulos de inclinación. ....	70
Foto 3.9 Cuarto de control del ascensor, ubicado en la terraza del ITSA. ....	71
Foto 3.10 Materiales para la perforación.....	71
Foto 3.11 Perforación y colocación del soporte.....	72
Foto 3.12 Panel solar sobre el soporte.....	73
Foto 3.13 Conexión de los conectores y alambres.....	73
Foto 3.14 Controlador y terminales con indicación solar.....	74
Foto 3.15 Mueble para colocación de equipos.....	74
Foto 3.16 Kit del panel solar.....	75
Foto 3.17 Tablero de equipos instalados. ....	80
Foto 3.18 Medidas de voltaje del panel solar en vacío.....	81

## ÍNDICE DE ANEXOS

Investigación del problema (anteproyecto) .....	Anexo "A"
Especificaciones del panel solar Exmork.....	Anexo "B"
Características del PIC 16F877A .....	Anexo "C"
Características del regulador de voltaje 7805 .....	Anexo "D"

## **Introducción**

Hoy en día el avance tecnológico en todo el mundo es acelerado, ya sea este en empresas grandes o pequeñas, en instituciones de calidad superior, y hasta incluso en nuestros propios hogares. Gracias a que se están implementando nuevas formas de generar energía sin contaminar el medio ambiente. Se ha presenciado en los últimos años la falta de lluvia debido al calentamiento global eso afecta directamente a las centrales hidroeléctricas que nos proveen de tan necesaria energía eléctrica y como consecuencia en algunos casos se tuvo constantes apagones en el país generando pérdidas grandes de dinero e impidieron el crecimiento en algunas empresas y porque no decirlo al ITSA.

Actualmente el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico consta de un aerogenerador que tiene la capacidad de generar energía eólica la misma que necesita de constante viento para sus propósitos. Y sabemos que el sitio en el que está ubicado el Instituto, en algunos meses del año tenemos la presencia de viento, mientras que el sol se presenta siempre, es por eso que se busca la forma de aprovechar en este caso la energía solar, y con ello ayudar a la disminución del consumo de energía eléctrica, y también el ahorro económico que mensualmente se paga a la Empresa Eléctrica de Cotopaxi.

Por lo tanto se instaló un panel solar apto para complementar al aerogenerador que se encuentra instalado en el Instituto, se estudió los mejores resultados para que el panel solar pueda trabajar eficazmente, así mismo la forma de almacenamiento de la energía que adquiriera tanto el panel solar como también el aerogenerador. Se realizó una readecuación de todos los equipos para mejorar su rendimiento.

## Resumen

Mediante el siguiente trabajo investigativo se pudo llevar a cabo la implementación de un panel solar de 80W en el aerogenerador existente en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico. Para realizar la implementación mencionada fue necesario efectuar un estudio del aerogenerador, de las características, especificaciones y funcionamiento, se estudió también el número de paneles solares que sería el más factible para la instalación. Posterior a ello, se procedió a la cotización y a la compra de los equipos que faltaban para la instalación. Seguido se realizó la instalación del panel solar, tomando en cuenta el sitio específico que sería en la terraza del Instituto, ya que en el mismo no existe presencia de ningún tipo de sombra, antes de esto se instaló el panel solar en un soporte diseñado específicamente con posibilidad de realizar giros a diferentes ángulos debido a que el sol tiende a cambiar de posición en invierno y en verano. Posteriormente se procedió a la ubicación de los equipos que estaban mal ubicados, gracias a que se envió a confeccionar un mueble y se adquirió canaletas para la alineación de los mismos, luego se realizó pruebas tanto al panel solar en vacío como también con carga, se llegó a la conclusión que la máxima efectividad del panel solar es al medio día, llegando a alcanzar en días soleados una potencia máxima de 65 WH, se realizó también pruebas en el controlador de carga, en el inversor y en la batería llegando a la conclusión de que funcionan bien pero el inconveniente estaba en que el inversor genera una caída de tensión considerable, el mismo que crea un inconveniente en el funcionamiento. Las pruebas se realizaron con un foco de 110V, debido a que al estar conectadas las puertas automáticas tenían riesgo de dañarse.

Posterior a esto se realizó la tesis escrita tomando en cuenta todo lo que se realizó y como también los objetivos trazados al inicio de la investigación, al final se adquirió las conclusiones y recomendaciones respectivas.

## Summary

Using the following research work is able to carry out the implementation of an 80W solar panel on the existing wind turbine in the Aeronautical Institute of Technology. For the implementation in question was necessary to conduct a wind turbine, features, specifications, etc. Was studied also the number of solar panels that would be more feasible for installation. Following this we proceeded to the price and the purchase of equipment needed for the installation. Following this made the installation of solar panel taking into account the specific site would be on the terrace of the Institute and in the same no presence of any shade, before that was installed solar panel on a stand designed specifically with the possibility of making sharp turns at different angles because the sun tends to change position in winter and summer. Following this we proceeded to the location of the teams that were misplaced, because that was sent to make a piece of furniture was purchased and gutters for the alignment of them, after those tests are done both in vacuum solar panel as well to load, I conclude that the solar panel reaches its maximum effectiveness in reaching noon on sunny days, a maximum power of 65 WH, was also conducted tests on the charge controller, the inverter and battery coming concluded that work well but the downside was that the inverter generates a significant voltage drop, it creates an inconvenience in operation. Tests were conducted with a focus 110V, because the automatic doors to be connected were at risk of damage.

Following this monograph was conducted taking into account everything that was done and also taking into account the goals set at the beginning of the investigation, eventually acquired the conclusions and recommendations.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Actualmente se ve reflejado el crecimiento acelerado de la tecnología en todo el mundo, ya sea este en empresas grandes o pequeñas, en instituciones de calidad superior, y hasta incluso en nuestros propios hogares. Gracias a que se están implementando nuevas formas de generar energía sin miedo a contaminar el medio ambiente.

Según los avances tecnológicos se puede proveer de energías alternativas para poder generar electricidad, la cual es necesaria e indispensable para el ser humano, que por supuesto no se necesita depender del caudal de agua que necesitan las centrales hidroeléctricas o la quema de combustibles de las centrales térmicas, si no tomarlas de factores ambientales.

Se ha presenciado en los últimos años la falta de lluvia debido al calentamiento global eso afecta directamente a las centrales hidroeléctricas que nos proveen de tan necesaria energía eléctrica y como consecuencia en algunos casos se tubo constantes apagones en el país generando pérdidas grandes de dinero e impidieron el crecimiento en algunas empresas y porque no decirlo al ITSA.

Actualmente el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico cuenta con un aerogenerador que tiene la capacidad de generar energía eólica la misma que necesita de constante viento para sus propósitos. En el lugar en el que está instalado el aerogenerador, en algunos meses del año existe la presencia de viento, pero es escasa, mientras que siempre se tiene la presencia de sol, es por eso que se busca la forma de aprovechar en este caso la energía solar, y con ello

ayudar a la disminución del consumo de energía eléctrica, y también el ahorro económico que mensualmente se paga a la empresa eléctrica de Cotopaxi.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo mejorar la operatividad del aerogenerador existente en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, mediante la implementación de paneles fotovoltaicos?

## **1.3 Justificación e importancia**

Actualmente la tecnología está cambiando la manera de coexistir del ser humano, y en específico la forma de combatir el calentamiento global, es decir, disminuir la contaminación ambiental que tanto nos afecta hoy por hoy a los seres vivos.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico hoy en día se encuentra en un campo competitivo, fomentando a sus alumnos como principal valor el cuidado al medio ambiente. Y siguiendo este valor el Instituto tiene implementado un aerogenerador, el mismo que sirve para generar energía por medio del viento, de allí la importancia de complementar este tipo de generador, debido a la necesidad de aprovechar tanto el viento que no siempre se presenta, como también el sol.

La finalidad de complementar este generador de energía es aportar con suficiente energía, para los fines con los que se realizó la implementación del aerogenerador, como es la de energizar las puertas automáticas de ingreso al Instituto.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Optimizar la operatividad del aerogenerador existente en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, mediante la instalación de paneles

fotovoltaicos, con el fin de aportar de energía apta a una parte del Instituto, y así también contribuir en la disminución de la contaminación ambiental.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Investigar las especificaciones del aerogenerador y su equipo instalado en el Instituto.
- ✓ Investigar las características del generador de energía solar y la forma de almacenar dicha energía.
- ✓ Realizar los cálculos necesarios para perfeccionar el funcionamiento del sistema eólico mediante el panel solar.
- ✓ Implementar el panel solar tomando en cuenta la ubicación y orientación.
- ✓ Documentar todo lo investigado.

#### **1.5 Alcance**

La investigación se ejecutará en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y necesariamente se tomará información del internet, y los beneficiarios serán todas aquellas personas que conforman la familia del ITSA: estudiantes, docentes, personal de servicio, etc., aportando también a la investigación de fuentes de energía renovable y su utilización.

Al integrar este proyecto al aerogenerador se aprovechará, dos factores ambientales, como es el viento y el sol, sin causar impacto ambiental, con el fin de proveer energía eléctrica para las puertas de ingreso al Instituto.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS<sup>1</sup>

##### 2.1.1 Historia

El término fotovoltaico proviene del griego φῶς:phos, que significa “luz” y voltaico, que proviene del campo de la electricidad, en honor al físico italiano Alejandro Volta, (que también proporciona el término voltio a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de medidas). El término fotovoltaico se comenzó a usar en Inglaterra desde el año 1849.

El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, pero la primera célula solar no se construyó hasta 1883. Su autor fue Charles Fritts, quien recubrió una muestra de selenio semiconductor con un pan de oro para formar el empalme. Este primitivo dispositivo presentaba una eficiencia de sólo un 1%. Russell Ohl patentó la célula solar moderna en el año 1946, aunque Sven Ason Berglund había patentado, con anterioridad, un método que trataba de incrementar la capacidad de las células fotosensibles.

La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los Laboratorios Bell, descubrieron, de manera accidental, que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz.

Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de, aproximadamente, el 6%. La URSS lanzó su primer satélite espacial en el año 1957, y los EEUU un año después. En el diseño de éste se usaron células solares creadas por Peter Iles en un esfuerzo encabezado por la compañía Hoffman Electronics.

---

<sup>1</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/panel_fotovoltaico)

La primera nave espacial que usó paneles solares fue el satélite norteamericano Vanguard, lanzado en marzo de 1958. Este hito generó un gran interés en la producción y lanzamiento de satélites geoestacionarios para el desarrollo de las comunicaciones, en los que la energía provendría de un dispositivo de captación de la luz solar. Fue un desarrollo crucial que estimuló la investigación por parte de algunos gobiernos y que impulsó la mejora de los paneles solares.

En 1970 la primera célula solar con heteroestructura de arseniuro de galio (GaAs) y altamente eficiente se desarrolló en la extinta URSS por Zhore Alferov y su equipo de investigación.

La producción de equipos de deposición química de metales por vapores orgánicos o MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition), no se desarrolló hasta los años 80 del siglo pasado, limitando la capacidad de las compañías en la manufactura de células solares de arseniuro de galio. La primera compañía que manufacturó paneles solares en cantidades industriales, a partir de uniones simples de GaAs, con una eficiencia de AM0 (Air Mass Zero) del 17% fue la norteamericana ASEC (Applied Solar Energy Corporation). La conexión dual de la celda se produjo en cantidades industriales por ASEC en 1989, de manera accidental, como consecuencia de un cambio del GaAs sobre los sustratos de GaAs a GaAs sobre sustratos de germanio.

El dopaje accidental de germanio (Ge) con GaAs como capa amortiguadora creó circuitos de voltaje abiertos, demostrando el potencial del uso de los sustratos de germanio como otras celdas. Una celda de uniones simples de GaAs llegó al 19% de eficiencia AM0 en 1993. ASEC desarrolló la primera celda de doble unión para las naves espaciales usadas en los EEUU, con una eficiencia de un 20% aproximadamente.

Estas celdas no usan el germanio como segunda celda, pero usan una celda basada en GaAs con diferentes tipos de dopaje. De manera excepcional, las células de doble unión de GaAs pueden llegar a producir eficiencias AM0 del orden del 22%. Las uniones triples comienzan con eficiencias del orden del 24%

en el 2000, 26% en el 2002, 28% en el 2005, y han llegado, de manera corriente al 30% en el 2007. En 2007, dos compañías norteamericanas Emcore Photovoltaics y Spectrolab, producen el 95% de las células solares del 28% de eficiencia.

### 2.1.2 Las cuatro generaciones de células fotovoltaicas



Figura 2.1 Barra de silicio policristalino.

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/panel_fotovoltaico)

La **primera generación** de células fotovoltaicas consistía en una gran superficie de cristal simple. Una simple capa con unión diodo p-n, capaz de generar energía eléctrica a partir de fuentes de luz con longitudes de onda similares a las que llegan a la superficie de la Tierra provenientes del Sol. Estas células están fabricadas, usualmente, usando un proceso de difusión con obleas de silicio. Esta primera generación (conocida también como células solares basadas en oblea) es, la tecnología dominante en la producción comercial y constituyen, aproximadamente, el 86% del mercado de células solares terrestres.

La **segunda generación** de materiales fotovoltaicos se basa en el uso de depósitos epitaxiales muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. Hay dos clases de células fotovoltaicas epitaxiales: las espaciales y las terrestres. Las células espaciales, usualmente, tienen eficiencias AM0 (Air Mass Zero) más altas (28-30%), pero tienen un costo por vatio más alto. En las terrestres la película delgada se ha desarrollado usando procesos de bajo coste, pero tienen una eficiencia AM0 (7-9%), más baja, y, por razones evidentes, se cuestionan para aplicaciones espaciales.

Las predicciones antes de la llegada de la tecnología de película delgada apuntaban a una considerable reducción de costos para células solares de película delgada. Reducción que ya se ha producido. Actualmente hay un gran número de tecnologías de materiales semiconductores bajo investigación para la producción en masa. Se pueden mencionar, entre estos materiales, al silicio amorfo, silicio policristalino, silicio microcristalino, telururo de cadmio y sulfuros y seleniuros de indio. Teóricamente, una ventaja de la tecnología de película delgada es su masa reducida, muy apropiada para paneles sobre materiales muy ligeros o flexibles. Incluso materiales de origen textil. La llegada de películas delgadas de Ga y As para aplicaciones espaciales (denominadas células delgadas) con potenciales de eficiencia AM0 por encima del 37% está actualmente, en estado de desarrollo para aplicaciones de elevada potencia específica. La segunda generación de células solares constituye un pequeño segmento del mercado fotovoltaico terrestre, y aproximadamente el 90% del mercado espacial.

La **tercera generación** de células fotovoltaicas que se están proponiendo son muy diferentes de los dispositivos semiconductores de las generaciones anteriores, ya que realmente no presentan la tradicional unión p-n para separar los portadores de carga fotogenerados. Para aplicaciones espaciales, se están estudiando dispositivos de huecos cuánticos (puntos cuánticos, cuerdas cuánticas, etc.) y dispositivos que incorporan nanotubos de carbono, con un potencial de más del 45% de eficiencia AM0. Para aplicaciones terrestres, se encuentran en fase de investigación dispositivos que incluyen células fotoelectroquímicas, células solares de polímeros, células solares de nanocristales y células solares de tintas sensibilizadas.

Una hipotética **cuarta generación** de células solares consistiría en una tecnología fotovoltaica compuesta en las que se mezclan, conjuntamente, nanopartículas con polímeros para fabricar una capa simple multiespectral. Posteriormente, varias capas delgadas multiespectrales se podrían apilar para fabricar las células solares multiespectrales definitivas. Células que son más eficientes, y baratas. Basadas en esta idea, y la tecnología multiunión, se han usado en las misiones de Marte que ha llevado a cabo la NASA. La primera capa

es la que convierte los diferentes tipos de luz, la segunda es para la conversión de energía y la última es una capa para el espectro infrarrojo. De esta manera se convierte algo del calor en energía aprovechable. El resultado es una excelente célula solar compuesta. La investigación de base para esta generación se está supervisando y dirigiendo por parte de la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) para determinar si esta tecnología es viable o no. Entre las compañías que se encuentran trabajando en esta cuarta generación se encuentran Xsunx, Konarka Technologies, Inc., Nanosolar, Dyesol y Nanosys.

## 2.2 DEFINICIÓN DE PANEL SOLAR

Un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad. Los paneles fotovoltaicos: están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, del griego "fotos", luz. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía luminosa produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.<sup>2</sup>

Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos (llamados a veces paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (electricidad solar). El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

Radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>

Temperatura de célula de 25 °C (no temperatura ambiente).<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar)

<sup>3</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico)

## 2.3 TIPOS DE PANELES O CELDAS SOLARES

**Células Monocristalinas**, las cuales se componen de secciones de un único cristal de silicio, basadas en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza.



Figura 2.2 Panel solar monocristalino

Fuente: [www.blogenergiasrenovables.com/tipos-de-paneles-solares](http://www.blogenergiasrenovables.com/tipos-de-paneles-solares)

**Células Policristalinas**, están formadas por pequeñas partículas cristalizadas, se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Visualmente son reconocibles por tener su superficie un aspecto granulado.



Figura 2.3 Panel solar policristalino

Fuente: [www.blogenergiasrenovables.com/tipos-de-paneles-solares](http://www.blogenergiasrenovables.com/tipos-de-paneles-solares)

**Células de película delgada**, también denominadas, de silicio amorfo (thin film), basadas también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna.<sup>4</sup>

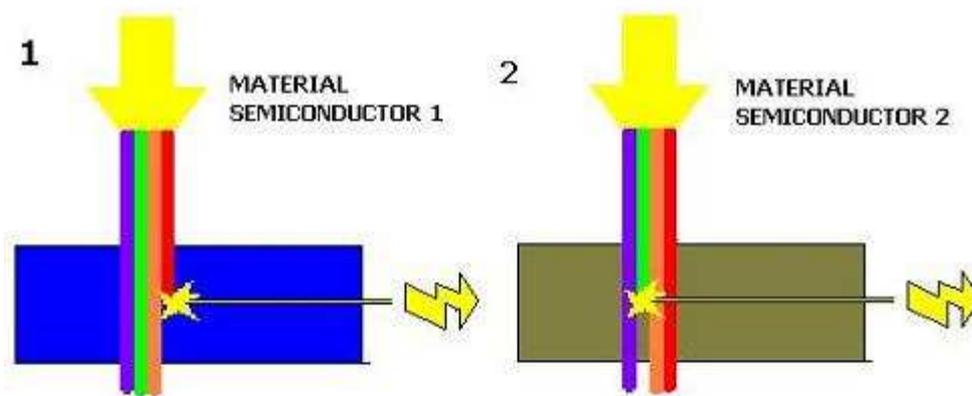
#### Otros tipos de paneles:<sup>5</sup>

**Teluro de cadmio**, rendimiento en laboratorio 16% y en módulos comerciales 8%

**Arseniuro de Galio**, uno de los materiales más eficientes presenta unos rendimientos en laboratorio del 25.7% siendo los comerciales del 20%.

**Diseleniuro de cobre en indio**, con rendimientos en laboratorio próximos al 17% y en módulos comerciales del 9%.

Existen también los llamados paneles **Tándem** que combinan dos tipos de materiales semiconductores distintos. Debido a que cada tipo de material aprovecha sólo una parte del espectro electromagnético de la radiación solar, mediante la combinación de dos o tres tipos de materiales es posible aprovechar una mayor parte del mismo. Con este tipo de paneles se ha llegado a lograr rendimientos del 35%. Teóricamente con uniones de 3 materiales podría llegarse hasta rendimientos del 50%



<sup>4</sup> <http://www.blogenergiasrenovables.com/tipos-de-paneles-solares>

<sup>5</sup> <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>

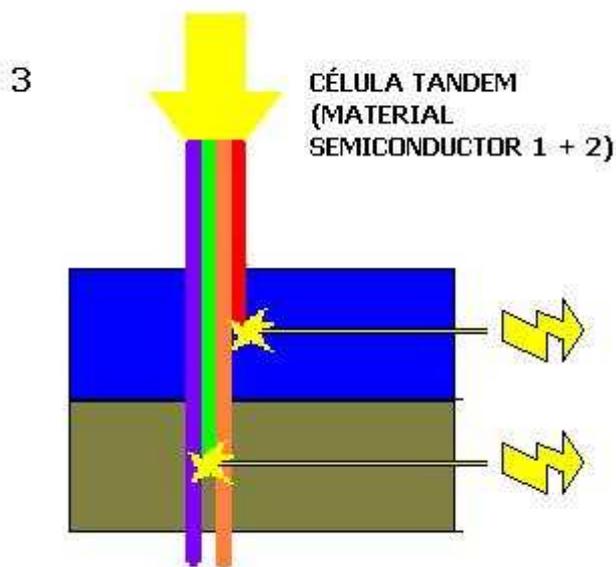


Figura 2.4 Funcionamiento de panel solar tipo tándem

Fuente: [www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm](http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm)

(1) Célula con material semiconductor 1, solo aprovecha una parte del espectro electromagnético de que está compuesta la luz solar. (2) La célula con el material semiconductor 2 aprovecha otra parte del espectro electromagnético de la luz diferente al del material semiconductor 1. (3) en la célula Tándem se combinan ambos tipos de materiales, con lo que se aprovecha la parte del espectro electromagnético de ambos tipos de materiales son capaces de transformar en energía eléctrica. El rendimiento total será en teoría la suma de los rendimientos de ambos tipos de células por separado.

La mayoría de los módulos comercializados actualmente están realizados de silicio monocristalino, policristalino y amorfo. El resto de materiales se emplean para aplicaciones más específicas y son más difíciles de encontrar en el mercado.

Mención especial merece una nueva tecnología que está llamada a revolucionar el mundo de la energía solar fotovoltaica. Se trata de un nuevo tipo de panel solar muy fino, muy barato de producir y que según dicen sus desarrolladores presenta el mayor nivel de eficiencia de todos los materiales. Este nuevo tipo de panel está basado en el Cobre Indio Galio Diselenido (CIGS) y se prevé que en un futuro no muy lejano, debido a su competitiva relación entre

producción de energía/costo pueda llegar a sustituir a los combustibles fósiles en la producción de energía.

### 2.3.1 Tipos de paneles solares en función de la forma.<sup>6</sup>

**Paneles con sistemas de concentración:** Mediante una serie de superficies reflectantes, concentra la luz sobre los diferentes paneles fotovoltaicos. Aunque el porcentaje de conversión tienda a no variar, una misma superficie de panel producirá más electricidad ya que recibe una cantidad concentrada de fotones.

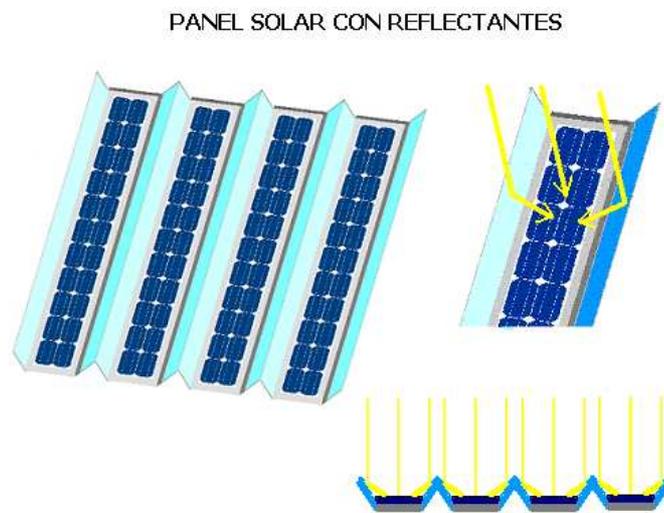


Figura 2.5 Panel solar con reflectantes

Fuente: <http://eliseosebastian.com/blog/formas-tamanos-y-tipos-de-paneles-solares-que-existen/>

**Paneles de formato baldosa o teja:** Son paneles de pequeño tamaño, y están especialmente pensados para ser combinados en gran número, de forma que cubran grandes superficies.

---

<sup>6</sup> <http://eliseosebastian.com/blog/formas-tamanos-y-tipos-de-paneles-solares-que-existen/>



Figura 2.6 Panel solar de forma teja

Fuente: <http://eliseosebastian.com/blog/formas-tamanos-y-tipos-de-paneles-solares-que-existen/>

**Paneles solares bifaciales:** Son paneles especiales basados en un tipo de panel capaz de transformar en electricidad la radiación solar que le recibe por absolutamente cualquiera de sus dos caras.

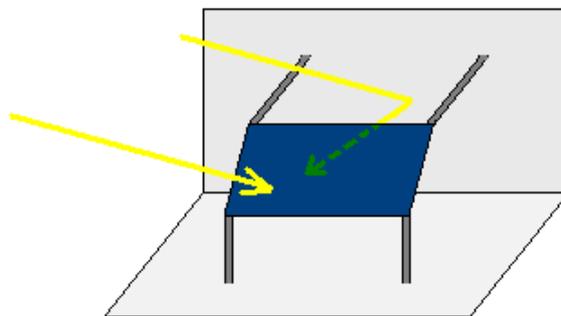


Figura 2.7 Panel solar bifacial

Fuente: <http://eliseosebastian.com/blog/formas-tamanos-y-tipos-de-paneles-solares-que-existen/>

Los paneles solares, también conocidos como fotovoltaicos o módulos PV, varían en longitud y anchura, y tienen mayormente cerca de dos (2) pulgadas de espesor.

Por lo general pesan alrededor de 30 libras pero, los paneles solares más grandes que oscilan de 5 pies x 3 pies son un tanto dificultosos en ser manipulados o llevados a los techos de las casas o edificios.

Existe una amplia selección de paneles solares para uso doméstico o para los techos: Con marcos, plegables, enrollables y laminados. Todos ellos están enmarcados en un estándar de la industria, para ser rentable y sobre todo aplicables en asuntos domésticos especialmente.

A diferencia de los paneles solares rígidos los paneles solares plegables son de menor peso, tanto ligeros que puede pesar menos de 5 libras y se pueden plegar hasta que cabe fácilmente en una mochila.

Los Flexibles / Panel Solar Enrollable son también son ligeros, pero más abultado que los paneles plegables.

Mucho se usan estos paneles solares enrollables en los barcos, ya que son duraderos y se puede guardar fácilmente después de su uso.

Los paneles solares de techo también conocidos como paneles solares laminados, son cada vez más comunes, pero aún están disponibles pero en forma limitada. Generalmente estos productos laminados de capa fina tipo de paneles solares son más caros por vatio y requieren más material cuadrados para producir la misma potencia de los módulos enunciados arriba.<sup>7</sup>

### **2.3.2 Diferencia de los tipos de paneles solares**

La diferencia principal entre ellas viene determinada por la manera en que los átomos de silicio están colocados, es decir, por su estructura cristalina.

Otra diferencia entre ellas es su rendimiento, es decir, que porcentaje de radiación solar es transformado en energía eléctrica. En el caso de las células monocristalinas y policristalinas no existe gran diferencia de rendimiento entre ellas, siendo mayor el rendimiento cuanto mayores son los cristales, por el contrario al tener mayor tamaño la célula, también es mayor su grosor, su peso, y por añadidura, su coste. El rendimiento de las células cristalizadas es mayor que las de silicio amorfo.

---

<sup>7</sup> <http://eliseosebastian.com/blog/formas-tamanos-y-tipos-de-paneles-solares-que-existen/>

Las células monocristalinas tienen rendimientos superiores al 24% en laboratorio, pero en la realidad, los paneles comerciales rondan el 15%. Son las primeras que salieron al mercado y su calidad y potencias obtenidas por unidad de superficie son las más elevadas de todas. Por el contrario son las más caras, las más pesadas y las más frágiles frente a impactos, aunque los bastidores en los cuales van montadas ofrecen todo tipo de garantías para su correcta protección.

Las células policristalinas proporcionan rendimientos de hasta un 19% en laboratorio, y de un 14% aproximadamente en los módulos comercializados. La potencia obtenida es un poco inferior a las monocristalinas, pero su coste es inferior.

Debido a las características intrínsecas del silicio cristalizado, las células obtenidas mediante dicha tecnología presentan un grosor considerable. Si en vez de dicha técnica de cristalización, se emplea un tipo de silicio con otra estructura o de otros materiales basados en materiales semiconductores, es posible conseguir paneles de menor grosor y incluso permitiendo su adaptación a superficies irregulares.

Las células basadas en Silicio amorfo tienen rendimientos máximos alcanzados en laboratorio de hasta un 13%, siendo el de los módulos comerciales de alrededor del 8%. Las células basadas en materiales con características semiconductoras obtienen los siguientes rendimientos en sus versiones comerciales:

**Teluro de cadmio**, en torno al 8%.

**Arseniuro de Galio**, sobre un 20%, siendo éste uno de los materiales más eficientes.

**Diseleniuro de cobre en indio**, en torno al 9%.

La elección de un tipo de célula u otro depende en gran parte del tipo de instalación a realizar, potencia que se espera conseguir, superficie disponible, orientación y cómo no, del presupuesto disponible.<sup>8</sup>

## 2.4 POTENCIA Y VOLTAJE DE SALIDA<sup>9</sup>

### 2.4.1 Rendimiento y dimensiones

Las células fotovoltaicas cristalinas proporcionan un voltaje en circuito abierto de 0,5 voltios aproximadamente, independientemente del tamaño que tengan.

La corriente eléctrica que producen es de unos 0,25 amperios (250 miliamperios) por cada pulgada cuadrada de célula. Las células de un panel se conectan en serie hasta obtener el voltaje deseado, pero al igual que las baterías conectadas en serie, esa conexión no aumenta su capacidad de generar corriente. Por ejemplo, un panel con 36 células de cinco pulgadas produciría unos 18 voltios capaces de producir una intensidad de corriente de 5 amperios, lo que significa una potencia de unos 90 vatios (la potencia es el resultado del voltaje por la intensidad de la corriente). A continuación presentamos un ejemplo.

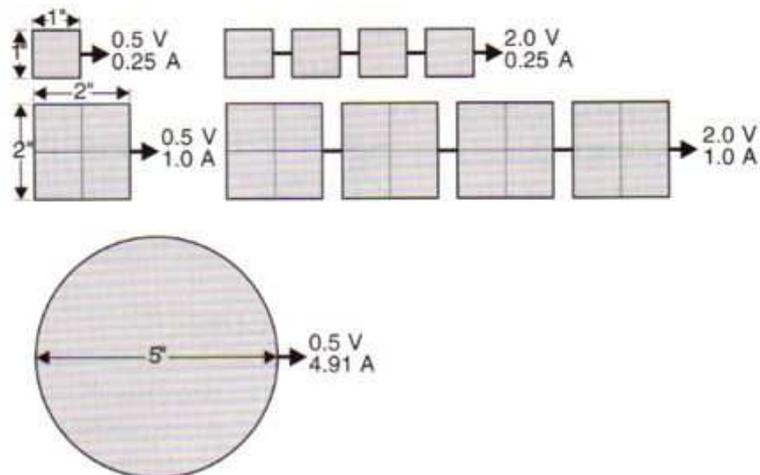


Figura 2.8 Dimensiones de las celdas fotovoltaicas

Fuente: [www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares.htm)

<sup>8</sup> <http://www.blogenergiasrenovables.com/tipos-de-paneles-solares>

<sup>9</sup> [http://www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares\\_en\\_embarcaciones.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares_en_embarcaciones.htm)

## 2.4.2 Temperatura

Las células solares pierden eficacia de voltaje cuando su temperatura aumenta. Por cada aumento de 6° C, el rendimiento disminuye aproximadamente un 3%. No es extraño que un panel solar alcance en verano temperaturas superiores a los 50° C, provocando una reducción del voltaje de un 15%

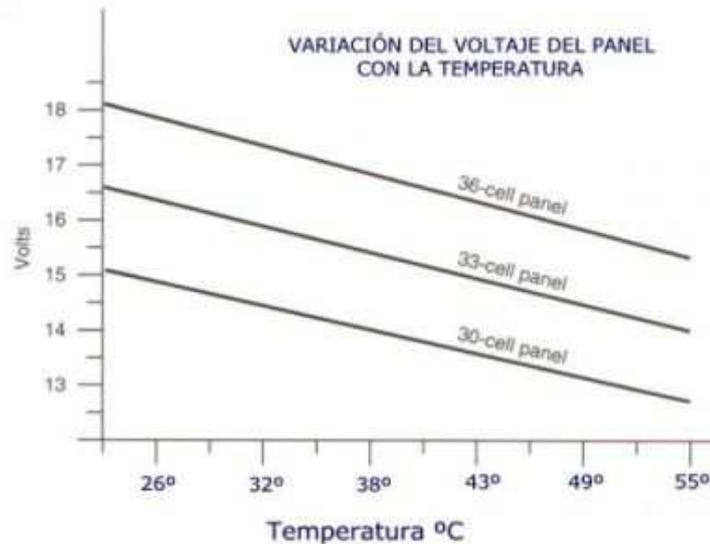


Figura 2.9 Variación de voltaje del panel con la temperatura

Fuente: [www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares.htm)

## 2.4.3 Auto-regulación

Los paneles auto-regulados son los que tienen menos células (30 ó 33) y por lo tanto producen un voltaje que se puede aplicar directamente para cargar baterías de 12 voltios. Por desgracia, la caída de tensión producida por el aumento de temperatura los vuelve ineficaces comparados con los paneles de 36 células.

## 2.5 COMPROBACIONES Y PRECAUCIONES<sup>10</sup>

Un panel solar empieza a generar corriente en el mismo instante en que se expone a la luz solar. Para evitar el riesgo de cortocircuito, cubra el panel durante su manipulación con un material totalmente opaco.

<sup>10</sup> [http://www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares\\_en\\_embarcaciones.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares_en_embarcaciones.htm)

Normalmente los paneles solares suelen carecer de problemas si permanecen limpios y no reciben maltrato mecánico. Para comprobar el funcionamiento de estos es necesario realizar medidas de voltaje con el panel desconectado y seguidamente con el panel conectado al circuito de carga. La mayoría de los problemas que pueden surgir tendrán relación con la corrosión en las cajas de conexiones. Si dispone de una caja es recomendable que la rellene con silicona una vez terminado la conexión.

La mayoría de fabricantes garantizan el rendimiento de los paneles por un periodo determinado de tiempo, se debe evaluar este dato antes de decidirse por uno u otro. Si el rendimiento del panel disminuye más de un 10% antes del periodo garantizado, el panel podría estar presentando problemas de fabricación.

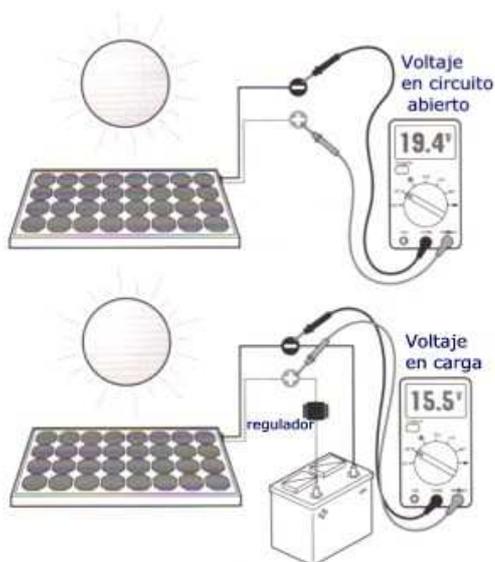


Figura 2.10 Comprobaciones de los paneles solares

Fuente: [www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares.htm)

## 2.6 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO<sup>11</sup>

### 2.6.1 Principios teóricos de funcionamiento

Algunos de los fotones, que provienen de la radiación solar, impactan sobre la primera superficie del panel, penetrando en este y siendo absorbidos por materiales semiconductores, tales como el silicio o el arseniuro de galio.

<sup>11</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/panel_fotovoltaico)

Los electrones, subpartículas atómicas que forman parte del exterior de los átomos, y que se alojan en orbitales de energía cuantizada, son golpeados por los fotones (interaccionan) liberándose de los átomos a los que estaban originalmente confinados.

Esto les permite, posteriormente, circular a través del material y producir electricidad. Las cargas positivas complementarias que se crean en los átomos que pierden los electrones, (parecidas a burbujas de carga positiva) se denominan huecos y fluyen en el sentido opuesto al de los electrones, en el panel solar.

Se ha de comentar que, así como el flujo de electrones corresponde a cargas reales, es decir, cargas que están asociadas a desplazamiento real de masa, los huecos, en realidad, son cargas que se pueden considerar virtuales puesto que no implican desplazamiento de masa real.

Un conjunto de paneles solares transforman la energía solar (energía en forma de radiación y que depende de la frecuencia de los fotones) en una determinada cantidad de corriente continua, también denominada DC (acrónimo del inglés Direct Current y que corresponde a un tipo de corriente eléctrica que se describe como un movimiento de cargas en una dirección y un sólo sentido, a través de un circuito. Los electrones se mueven de los potenciales más bajos a los más altos).

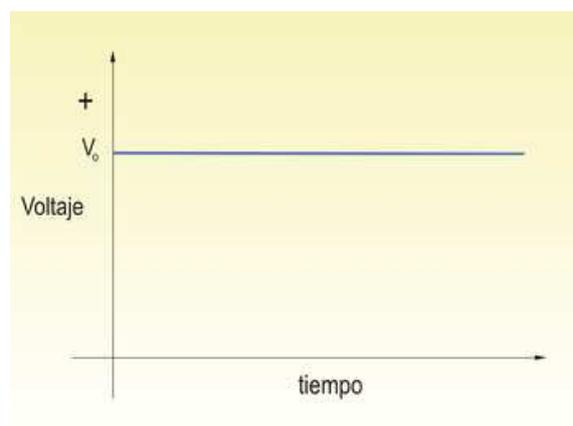


Figura 2.11 Representación de la diferencia de potencial, o voltaje con respecto al tiempo en corriente continua.

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/panel_fotovoltaico)

Opcionalmente:

La corriente continua se lleva a un circuito electrónico conversor (inverter) que transforma la corriente continua en corriente alterna, (AC) (tipo de corriente disponible en el suministro eléctrico de cualquier hogar) de 120 o 240 voltios.

La potencia de AC entra en el panel eléctrico de la casa.

La electricidad generada se distribuye, casi siempre, a la línea de distribución de los dispositivos de iluminación de la casa, ya que estos no consumen excesiva energía, y son los adecuados para que funcionen correctamente con la corriente generada por el panel.

La electricidad que no se usa se puede enrutar y usar en otras instalaciones.

## **2.7 FACTORES DE EFICIENCIA DE UNA CÉLULA SOLAR<sup>12</sup>**

### **2.7.1 Punto de máxima potencia**

Una placa o célula solar puede operar en un amplio rango de voltajes e intensidades de corriente. Esto puede lograrse variando la resistencia de la carga, en el circuito eléctrico, por una parte, y por la otra variando la irradiación de la célula desde el valor cero (valor de cortocircuito) a valores muy altos (circuito abierto) y se puede determinar el punto de potencia máxima teórica, es decir, el punto que maximiza  $V$  y tiempo frente a  $I$ , o lo que es lo mismo, la carga para la cual la célula puede entregar la máxima potencia eléctrica para un determinado nivel de radiación.

El punto de potencia máxima de un dispositivo fotovoltaico varía con la iluminación incidente. Para sistemas bastante grandes se puede justificar un incremento en el precio con la inclusión de dispositivos que midan la potencia instantánea por medida continua del voltaje y la intensidad de corriente (y de ahí la potencia transferida), y usar esta información para ajustar, de manera dinámica,

---

<sup>12</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/panel_fotovoltaico)

y en tiempo real, la carga para que se transfiera, siempre, la máxima potencia posible, a pesar de las variaciones de luz, que se produzcan durante el día.

## **2.8 APLICACIONES DE LOS PANELES SOLARES <sup>13</sup>**

- ✓ Centrales conectadas a red con subvención a la producción.
- ✓ Estaciones repetidoras de microondas y de radio.
- ✓ Electrificación de pueblos en áreas remotas (Electrificación rural).
- ✓ Instalaciones médicas en áreas rurales.
- ✓ Corriente eléctrica para casas de campo.
- ✓ Sistemas de comunicaciones de emergencia.
- ✓ Sistemas de vigilancia de datos ambientales y de calidad del agua.
- ✓ Faros, boyas y balizas de navegación marítima.
- ✓ Bombeo para sistemas de riego, agua potable en áreas rurales y abrevaderos para el ganado.
- ✓ Balizamiento para protección aeronáutica.
- ✓ Sistemas de protección catódica.
- ✓ Sistemas de desalinización.
- ✓ Vehículos de recreo.
- ✓ Señalización ferroviaria.
- ✓ Sistemas para cargar los acumuladores de barcos.
- ✓ Fuente de energía para naves espaciales.
- ✓ Postes SOS (Teléfonos de emergencia de carretera).
- ✓ Parquímetros.
- ✓ Recarga de Scooters Eléctricos.

## **2.9 IRRADIACIÓN DEL SOL <sup>14</sup>**

El sol emite constantemente enormes cantidades de energía; una fracción de ésta alcanza la tierra. La cantidad de energía solar que recibimos en un solo día resulta más que suficiente para cubrir la demanda mundial de todo un año. Sin embargo, no toda la energía proveniente del sol puede ser utilizada de manera

---

<sup>13</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/panel_fotovoltaico)

<sup>14</sup> <http://www.fondear.com/>

efectiva. Parte de la luz solar es absorbida en la atmósfera terrestre o, reflejada nuevamente al espacio.

La intensidad de la luz solar que alcanza nuestro planeta varía según el momento del día y del año, el lugar y las condiciones climáticas. La energía total registrada se denomina "radiación" e indica la intensidad de dicha luz. La radiación se expresa en Vatios hora /m<sup>2</sup> y por día.

Con el fin de simplificar los cálculos, la energía solar se expresa en equivalentes a horas de luz solar plena. La luz solar plena registra una potencia de unos 1,000 Vatios /m<sup>2</sup>. Ésta es, aproximadamente, la cantidad de energía solar registrada durante un día soleado de verano, con cielo despejado, en una superficie de un metro cuadrado, colocada perpendicular al sol. La radiación varía según el momento del día. Sin embargo, también puede variar considerablemente de un lugar a otro, especialmente en regiones montañosas. La radiación fluctúa entre un promedio de 1,000 kWh/m<sup>2</sup> al año, en los países del norte de Europa (tales como Alemania), y 2,000 a 2,500 kWh/m<sup>2</sup> al año, en las zonas desérticas. Estas variaciones se deben a las condiciones climáticas y a la diferencia con respecto a la posición relativa del sol en el cielo (elevación solar), la cual depende de la latitud de cada lugar.

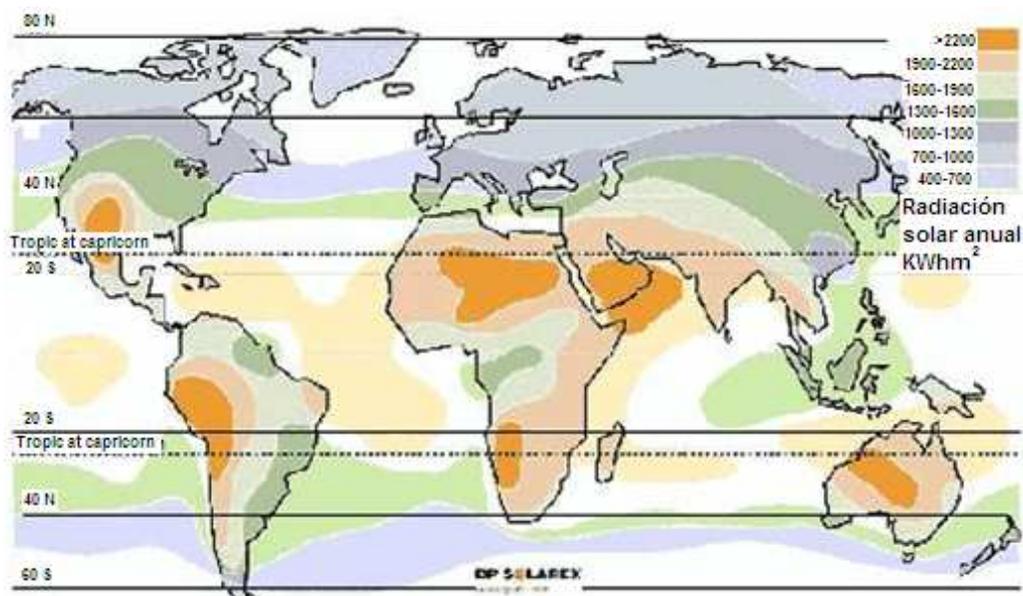


Figura 2.12 La irradiación máxima corresponde a las zonas de color anaranjado en donde se reciben más de 2.250 Kwatios/m<sup>2</sup> año.

Fuente: [www.fondear.com](http://www.fondear.com)

## 2.10 ÁNGULO DE INCLINACIÓN<sup>15</sup>

El sol se desplaza en el cielo de este a oeste. Los paneles solares alcanzan su máxima efectividad cuando están orientados hacia el sol, en un ángulo perpendicular con éste a mediodía. Por lo general, los paneles solares son colocados sobre un techo o una estructura y tienen una posición fija; no pueden seguir la trayectoria del sol en el cielo. Por lo tanto, no estarán orientados hacia el astro con un ángulo óptimo (90 grados) durante toda la jornada. El ángulo entre el plano horizontal y el panel solar se denomina ángulo de inclinación.

Debido al movimiento terrestre alrededor del sol, existen también variaciones estacionales. En invierno, el sol no alcanzará el mismo ángulo que en verano. Idealmente, en verano los paneles solares deberían ser colocados en posición ligeramente más horizontal para aprovechar al máximo la luz solar. Sin embargo, los mismos paneles no estarán, entonces, en posición óptima para el sol del invierno. **Con el propósito de alcanzar un mejor rendimiento anual promedio, los paneles solares deberán ser instalados en un ángulo fijo**, determinado en algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno. Cada latitud presenta un ángulo de inclinación óptimo. Los paneles deben colocarse en posición horizontal únicamente en zonas cercanas al Ecuador.

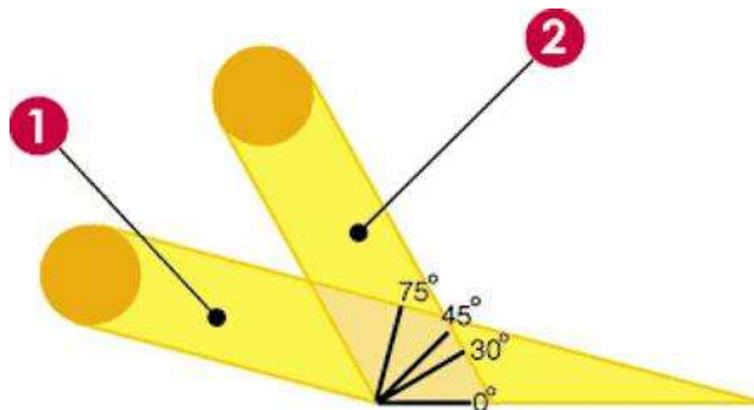


Figura 2.13 El sol en invierno

(1) se levanta mucho menos que en verano

(2) Por ello debemos ajustar además el ángulo azimutal del panel.

Fuente: [www.fondear.com](http://www.fondear.com)

<sup>15</sup> <http://www.fondear.com/>

## 2.11 INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES<sup>16</sup>

### 2.11.1 Orientación

Los paneles solares podrían orientarse siguiendo la posición del sol para conseguir el máximo rendimiento a todas horas del día. Debido a la trayectoria del sol, la mejor opción consiste en orientar horizontalmente el panel. Como es extraño que se instale un sistema de seguimiento del sol, piense en la máxima altura de este según su latitud y la estación del año en la que se encuentra.



Figura 2.14 Orientación del panel solar

Fuente: [www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares.htm)

### 2.11.2 Ubicación

Algunos paneles son demasiado sensibles a la presencia de sombras, incluso una estrecha sombra de un palo puede repercutir en una disminución del voltaje de salida. La solución siempre reside en ubicar las placas solares en los lugares donde tenemos garantizada una insolación sin sombras, especialmente en las horas centrales del día.

---

<sup>16</sup> [http://www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares\\_en\\_embarcaciones.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares_en_embarcaciones.htm)

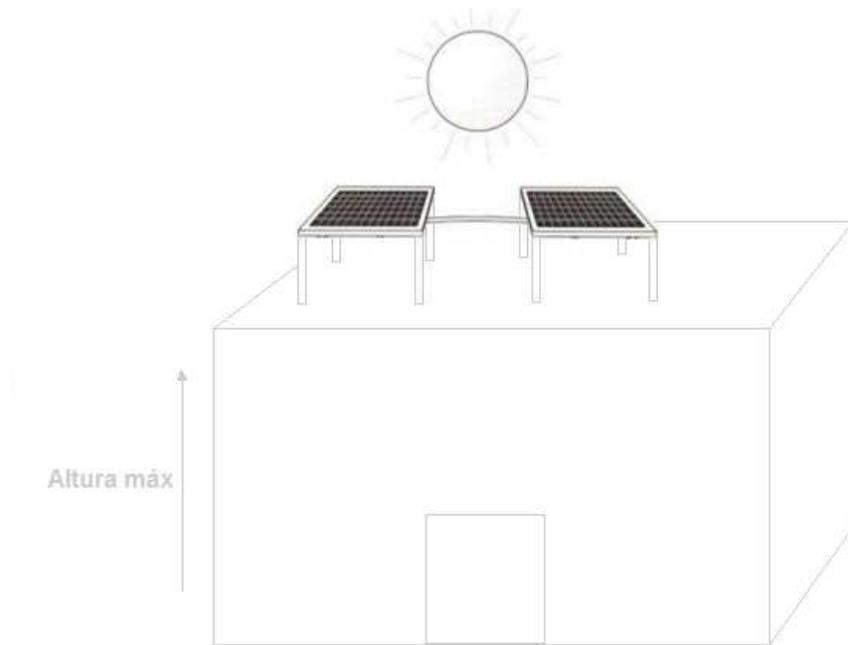


Figura 2.15 Ubicación del panel solar

Fuente: [www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares.htm)

### **2.11.3 Ventilación.**

Como mencionábamos anteriormente, la temperatura de funcionamiento del panel condiciona considerablemente el voltaje de salida, por lo que un panel bien ventilado o dos paneles con ventilación entre ellos es una consideración acertada.

### **2.11.4 Calibre del cableado**

En relación a la corriente de pico (corriente máxima instantánea) que puede proporcionar un panel solar, es conveniente sobredimensionar el cableado utilizado; puesto que con la dificultad de obtener una buena insolación sumada al coste de un panel solar no desearemos perder ni una milésima de corriente por culpa de un cable subdimensionado.

### **2.11.5 Combinación de paneles**

Al igual que las baterías, pueden combinarse múltiples paneles para aumentar la corriente proporcionada, para esto, se deberán conectar los paneles

solares en paralelo, adicionando en cada terminal positivo un diodo en serie que evite la realimentación de corriente al panel.

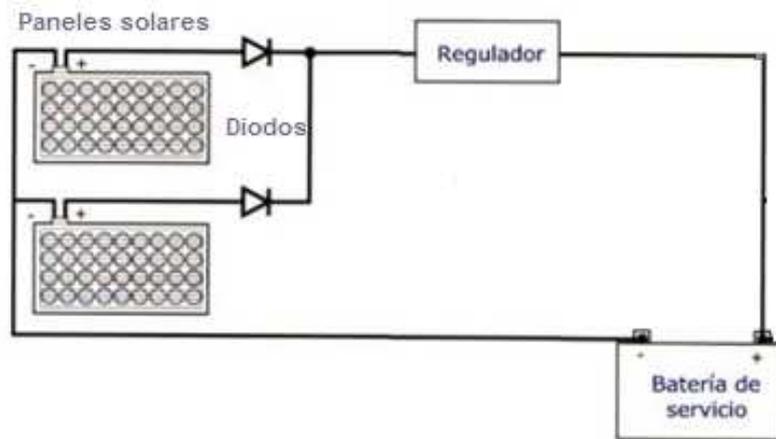


Figura 2.16 Instalación y seguridad.

Fuente: [www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares.htm)

### **Diodos**

Un diodo instalado en la salida positiva del panel permite la circulación de corriente hacia las baterías, y previene que durante la noche haya un flujo de corriente en sentido inverso que podría dañar el panel.

Un diodo a la salida de cada panel en instalaciones combinadas proporciona un aislamiento eléctrico entre ellos.

No obstante conviene saber que los diodos causan una pequeña pérdida de voltaje, lo cual es otra razón adicional para usar paneles de 36 células. Existen diodos del tipo Schottky que minimizan la pérdida de voltaje.

### **Regulador**

Si la salida del panel solar sobrepasa en un 1% la capacidad de la batería se necesita un regulador para prevenir sobrecargas. Algunos reguladores tienen la función de detectar corrientes inversas, lo que permitiría la eliminación de los diodos de bloqueo.

## 2.12 ESQUEMA DE BLOQUES<sup>17</sup>

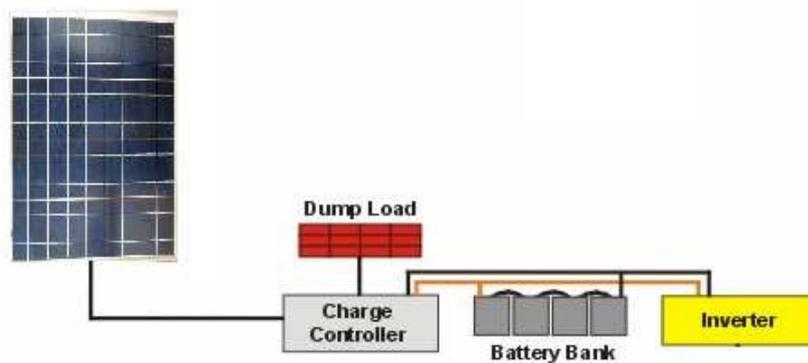


Figura 2.17 Esquema de bloques para instalación del panel solar

Fuente: [www.proviento.com.ec](http://www.proviento.com.ec)

### Explicación:

Como se puede observar en el diagrama anterior el panel solar va conectado hacia el controlador de carga, cada controlador de carga lleva consigo un dump load o disipador de carga el cual como su nombre lo indica disipa la energía protegiendo al controlador de carga cuando exista demasiada corriente. Del mismo controlador irá conectado el inversor encargado de convertir la corriente continua en corriente alterna y la batería que se encargará de almacenar la energía para cuando el panel no esté en presencia de luz.

## 2.13 INSTRUMENTOS QUE ACOMPAÑAN A LOS PANELES SOLARES

### 2.13.1 Controlador de carga<sup>18</sup>

Los controladores o reguladores de carga son dispositivos electrónicos que permiten a los paneles solares entregar su carga a las baterías. El controlador también permite conectar la batería a la carga o aplicación en uso. Generalmente, estos controladores monitorean el sistema y establecen los parámetros para que funcione correctamente. Algunos incorporan LVD o desconexión por bajo voltaje de la batería, con esto se logra que las baterías nunca se descarguen completamente y así aumentan su vida útil.

<sup>17</sup> <http://www.proviento.com.ec/>

<sup>18</sup> <http://www.atinachile.cl/content/view/234785/Instrucciones-Basicas-para-conectar-paneles-Solares.html>

La necesidad de montar un controlador está dada por que un panel solar entrega electricidad durante las horas de luz día, pero en la noche el panel se transforma en una resistencia que consume electricidad. Si un panel se conectara directamente a las baterías estaría consumiendo parte de la energía que entregó durante el día. El controlador previene este regreso de electricidad y además ayuda a mantener el sistema fotovoltaico en condiciones de operación óptimas.

Entre los distintos controladores podemos encontrar algunos básicos con sólo funciones básicas de conexión entre panel, batería y carga hasta sistemas que pueden monitorearse remotamente. Así mismo varían las capacidades de regulación partiendo desde 6Amp hasta 200Amp y más. Los voltajes varían entre 12, 24 y 48V.



Figura 2.18 Controlador de carga tipo outdoor.

Fuente: [www.proviento.com.ec](http://www.proviento.com.ec)

### 2.13.2 Controlador de carga tipo INDOOR<sup>19</sup>

El controlador de carga tiene dos indicadores grandes análogos, para el voltaje y amperaje del sistema.

Seis focos LED indican adicionalmente el estado de operación:

Generación eólica

Generación solar

Sobre voltaje

---

<sup>19</sup> <http://www.proviento.com.ec/>

Voltaje baja

Fusible

Polaridad inversa

Cada controlador de carga viene conjuntamente con su disipador de energía, conectada en forma trifásica. Este disipador es parte del sistema de seguridad de freno: El aerogenerador frena normalmente utilizando la energía eléctrica.

Como “freno manual” cada controlador dispone de un interruptor que se titula “Manual Brake”. A través de este interruptor se cortocircuitan los polos del aerogenerador. De tal forma el generador altamente eficiente está casi atracado por la energía de inducción que imposibilita que puede girar.

Los controladores vienen con una entrada para 10A en energía solar. Para un sistema de 12VDC esto significa una potencia máxima de 100Wp para un sistema de 24VDC el sistema fotovoltaico puede alcanzar hasta 200Wp.



Foto 2.1 Controlador de carga tipo INDOOR.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

El controlador de carga tipo INDOOR en la parte trasera tiene 10 conectores, en los cuales conectamos los cables de la batería, los cables del generador eólico, los cables del disipador de energía y los cables del panel solar. Tomar en cuenta las polaridades de ser necesario.

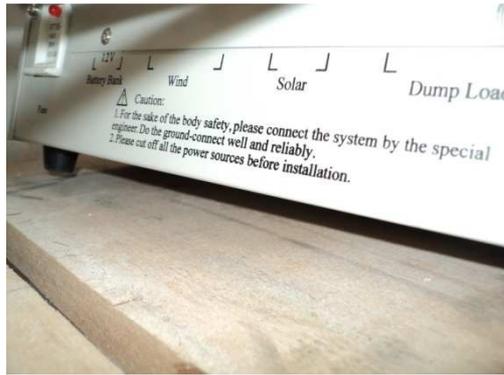


Foto 2.2 Entradas del controlador tipo INDOOR.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 2.13.3 Inversores

Los inversores son circuitos que convierten la corriente continua en corriente alterna. A continuación tenemos algunos tipos de inversores:

**Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).**- En este caso se requiere que, a partir de energía continua previamente almacenada en baterías, se obtenga una tensión alterna para la alimentación de centros de consumo donde no se puede permitir una pérdida de consumo.

**Control de velocidad de motores AC.**- La alimentación se obtiene a partir de la tensión de red, obteniendo una etapa intermedia de tensión continua.<sup>20</sup>

**Sistemas autónomos.**- Aquellos que obtienen su energía a partir de baterías, es decir los inversores autónomos se caracterizarán por ser el propio dispositivo quién determina la frecuencia y la forma de onda de la tensión alterna suministrada a la carga. Dentro de los inversores estáticos con semiconductores, podemos distinguir dos grandes grupos:

- Con transistores para aplicaciones de baja potencia (<500kW).
- Con SRC aplicables hasta potencias más elevadas (<MW).

A continuación tenemos un resumen de dicha clasificación, en función de su naturaleza y funcionamiento:<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Escuela Politécnica Superior de Elche-Electrónica de Potencia (Tema: Inversores).pdf

<sup>21</sup> I.T.T.(S.E.) - Universidad de Valencia - Curso 06/07(Inversores).pdf

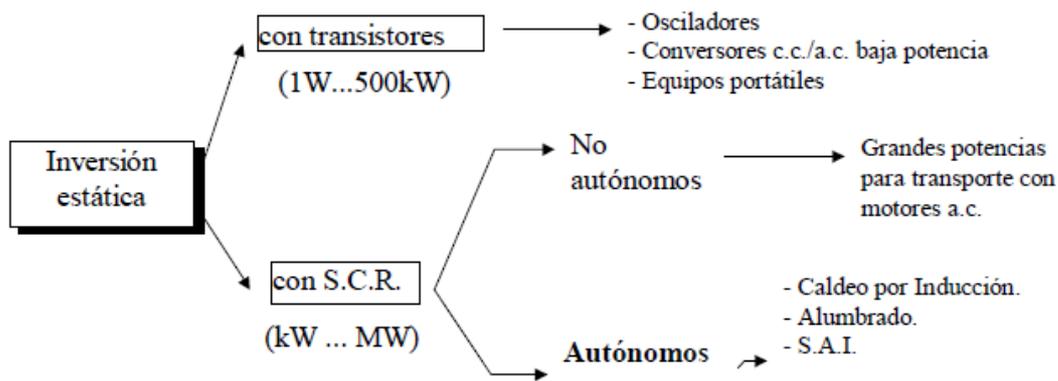


Figura 2.19 Clasificación de los inversores.

Fuente: I.T.T. (S.E.) - Universidad de Valencia - Curso 06/07(Inversores).pdf

### 2.13.3.1 Técnicas para el control de inversores<sup>22</sup>

#### 2.13.3.1.1 Técnica de la señal cuadrada

Consiste en obtener la corriente alterna mediante el control de la dirección de la corriente, el 50% del tiempo la corriente circula en un sentido y el otro 50% de tiempo en sentido contrario. El circuito típico para este inversor es el denominado Inversor Push-Pull.

Se usa este circuito porque requiere una sola fuente de alimentación de corriente continua y utiliza un transformador con toma central en el primario para inducir corrientes de sentido contrario en el secundario, como se observa en la figura 2.20

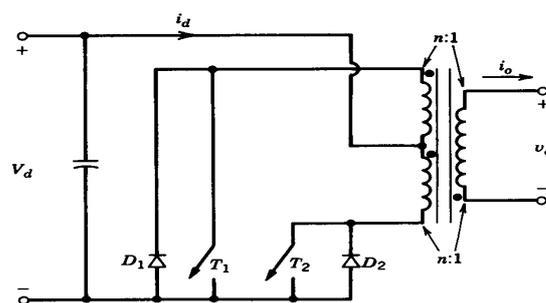


Figura 2.20 Inversor push-pull

Fuente: Power electronics, converters

Para obtener el primer sentido de la corriente es suficiente con cerrar el transistor T1 el tiempo necesario determinado por la frecuencia deseada; para obtener el segundo sentido se abre el transistor T1 y se cierra el transistor T2,

<sup>22</sup> Power electronics, converters

esta secuencia de conmutación producirá la señal cuadrada alternada en el secundario del transformador. Las principales características de este inversor son las siguientes:

- Se puede variar la frecuencia
- No se puede variar la amplitud
- Existen solo los armónicos impares
- Esta técnica se usa para control de motores de inducción debido a que el voltaje promedio (en los semiperiodos) es mayor que en una corriente alterna pura, con lo que se obtiene un mayor torque.
- La onda cuadrada resultante no es apropiada para cargas electrónicas debido a la gran cantidad de armónicos de esta onda.

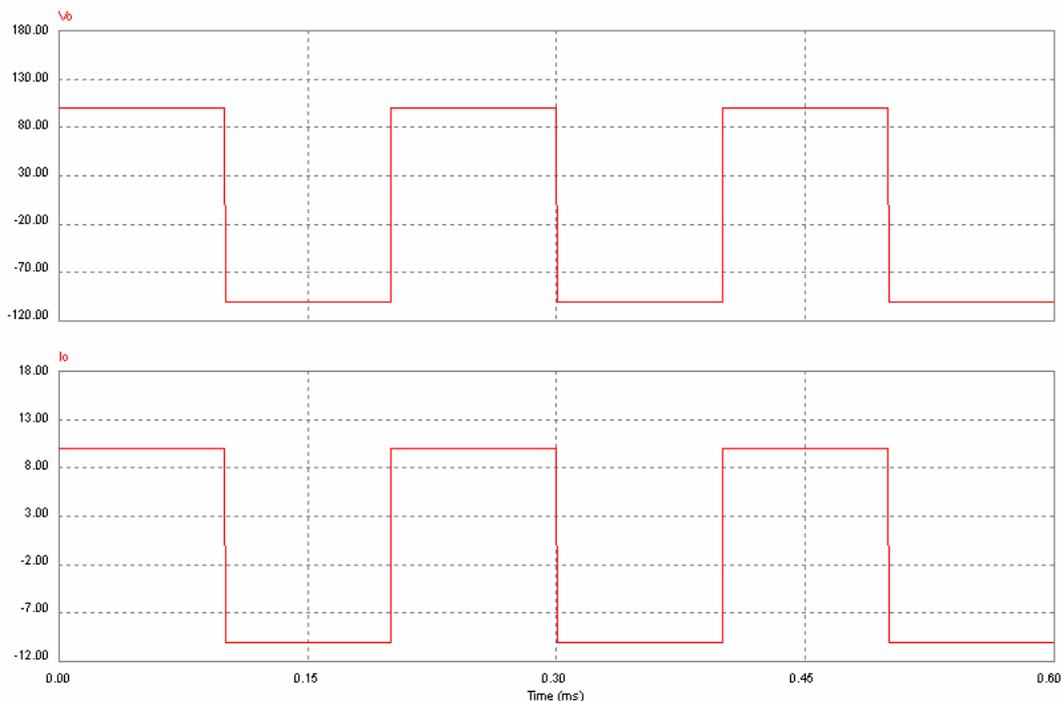


Figura 2.21 Señal cuadrada obtenida

Fuente: Power electronics, converters

**Armónicos de la onda cuadrada.-** Una de las principales desventajas de los inversores de onda cuadrada es el elevado valor del armónico 3<sup>o</sup> de la tensión de salida.

Para disminuir o eliminar los armónicos no deseados deberíamos diseñar un filtro pasa bajos, pero debido a que los armónicos a eliminar se encuentran

muy cerca del armónico fundamental el cual no tiene que ser eliminado, dicho filtro debe ser extremadamente exacto, por lo tanto existen otras técnicas para eliminar dichos armónicos. A continuación se presenta los diferentes armónicos que se dan en una señal cuadrada.

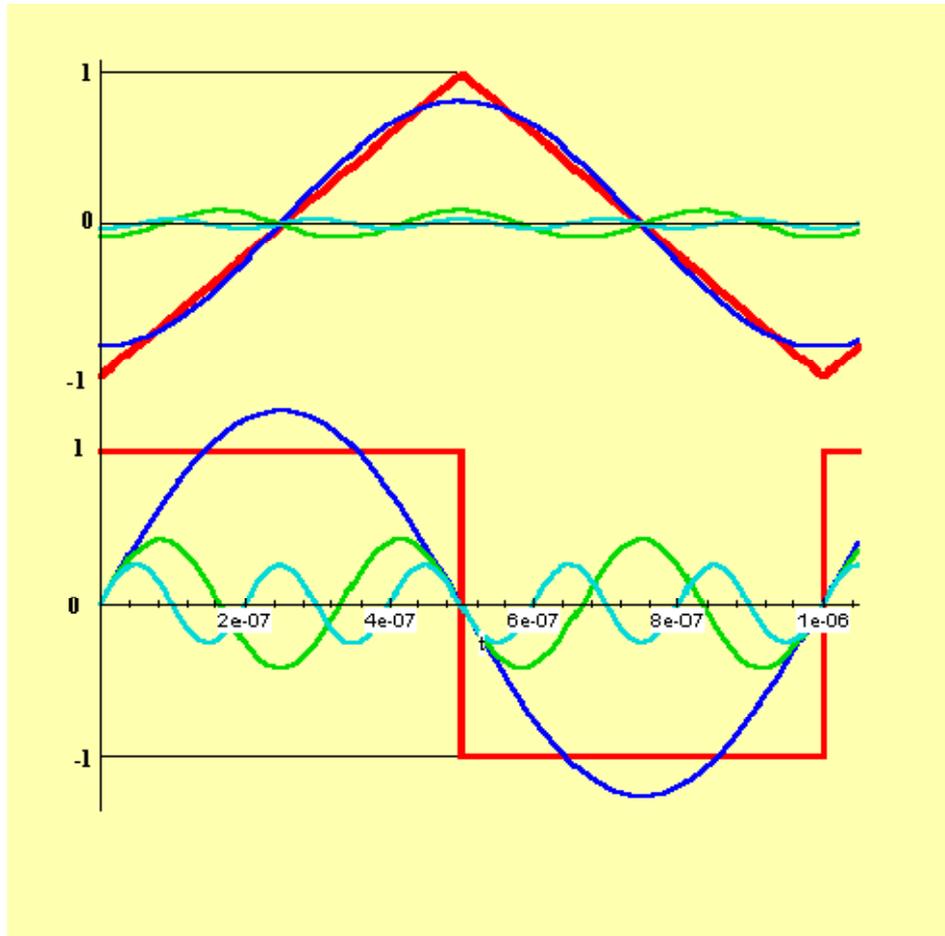


Figura 2.22 Armónicos de ondas cuadradas y triangulares

Fuente: Power electronics, converters

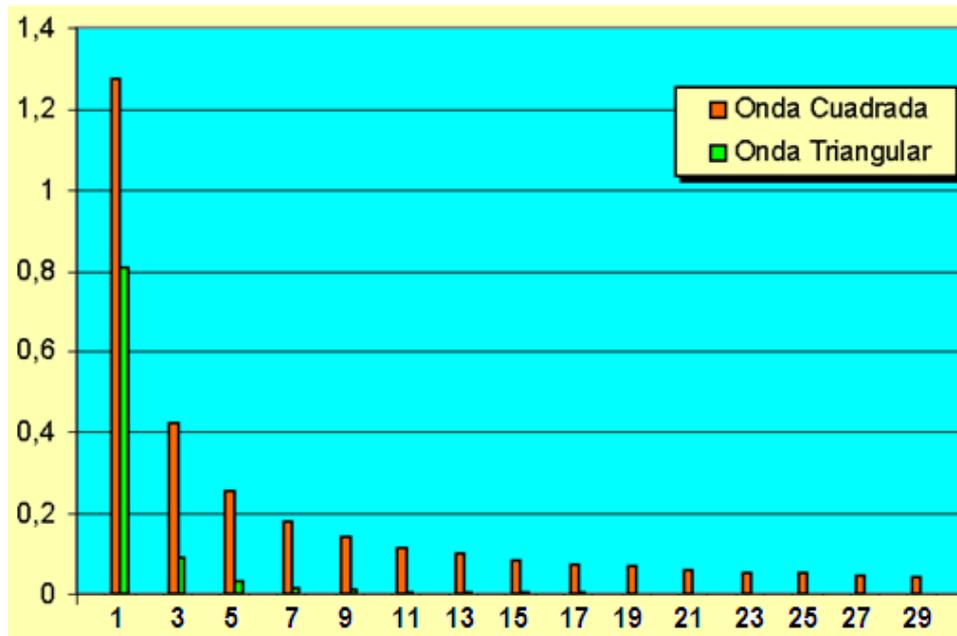


Figura 2.23 Amplitud de los armónicos de ondas cuadradas y triangulares

Fuente: Power Electronics, Converters

### 2.13.3.1.2 Técnica de control con zona muerta

Consiste en mantener apagados los transistores de conmutación por un tiempo específico durante el intervalo de la conmutación entre T1 y T2, este intervalo se denomina zona muerta, las características de ésta técnica son las siguientes:

- Se puede variar la amplitud.
- Se puede variar la frecuencia.
- Existen armónicos impares.
- Se ha demostrado matemáticamente que con zona muerta de  $\alpha = 60^\circ$  se puede eliminar el armónico 3° y múltiplos de 3.
- No se utiliza para control de motores de inducción debido a que se reduce el voltaje medio.
- Se utiliza en unidades UPS (unidad de energía ininterrumpida) y equipos electrónicos.

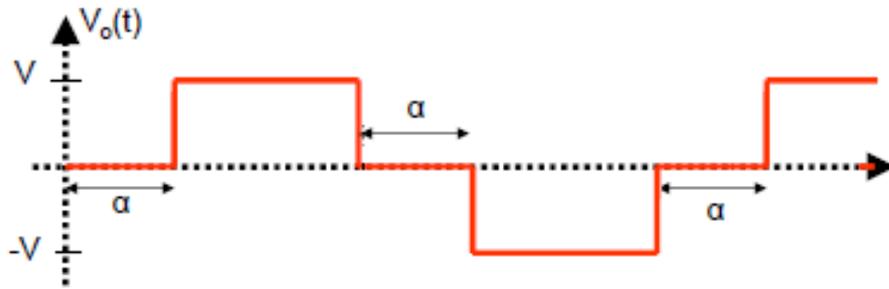


Figura 2.24 Señal de salida con zona muerta

Fuente: Power Electronics, Converters

**Armónicos de la onda cuadrada con zona muerta.-** Una de las principales ventajas de los inversores de onda cuadrada con zona muerta es que se puede eliminar armónicos  $3^o$  y múltiplos de tres de la tensión de salida como se muestra a continuación.

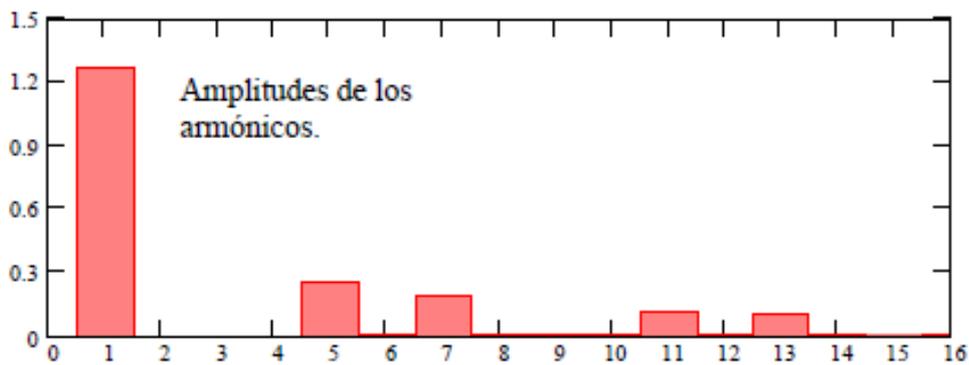


Figura 2.25 Armónico de la onda cuadrada con zona muerta

Fuente: Power Electronics, Converters

A simple vista se puede observar el armónico que le sigue a la fundamental es el  $5^o$  y su amplitud es de 0,3 lo cual representa un aporte poco significativo a la potencia total de la onda. Esta técnica es apropiada para eliminar el tercer armónico, pero requiere del diseño de un nuevo circuito de control para el disparo de los transistores de conmutación.

### 2.13.3.1.3 Inversores con modulación por ancho de pulso (PWM)

La modulación por anchura de pulsos (PWM) permite reducir el THD de la corriente de salida, por lo que se reduce el tamaño del filtro de salida. Con esta

modulación se permite un control de la amplitud del armónico fundamental de la tensión de salida. Para esta modulación se necesitan de dos señales:

1. Señal de referencia, control o moduladora (sinusoide)
2. Señal portadora (triangular)

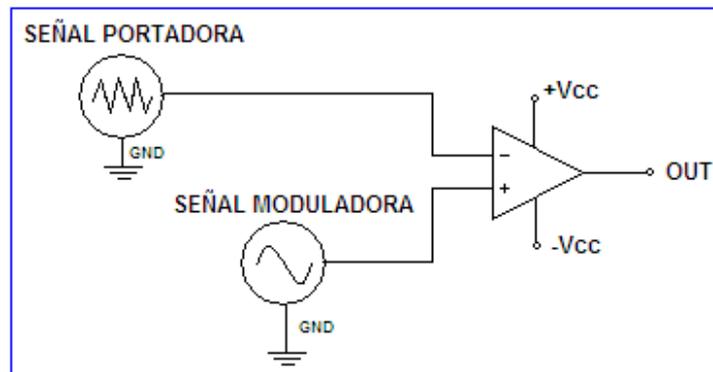


Figura 2.26 Circuito básico del inversor PWM

Fuente: Power Electronics, Converters

El principio de funcionamiento de este circuito es que para tener una señal de salida modulada se necesita una entrada de señal triangular que servirá de portadora y una señal moduladora de forma sinusoidal que es la forma de onda que se desea generar. Entonces tenemos la amplitud fija cuando la frecuencia de la portadora es mucho mayor que la frecuencia de la moduladora ( $f_p \gg f_m$ ), y tenemos una amplitud variable siempre y cuando las dos frecuencias sean iguales.

Las frecuencias armónicas existen en y alrededor de los múltiplos de la frecuencia de conmutación. Los valores de algunos armónicos son bastantes grandes, a veces mayores que la componente fundamental.

Como estos armónicos se encuentran en frecuencias altas, para eliminarlos puede bastar un simple filtro paso bajo. El índice de modulación (mf) se define como la relación entre las frecuencias de las señales portadora y de referencia.

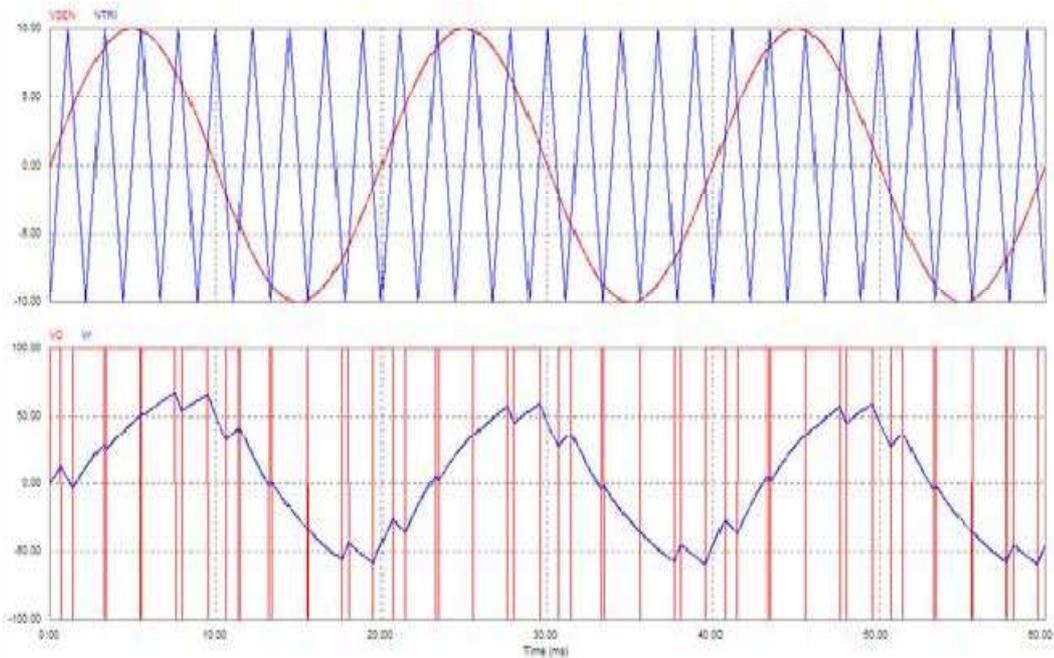


Figura 2.27 Señal de salida PWM

Fuente: Power Electronics, Converters

**Armónicos de la señal PWM.-** Una de las principales ventajas de los inversores PWM es que se puede eliminar armónicos fácilmente realizando un filtro pasa bajos, ya que este desplaza los armónicos a frecuencias altas. Como podemos ver en la figura 2.28 no hay mucha presencia de armónicos siendo así que el primer armónico aparece en 1KHz con una amplitud insignificativa. Por lo tanto esta técnica es la mejor para obtener una corriente alterna prácticamente pura.

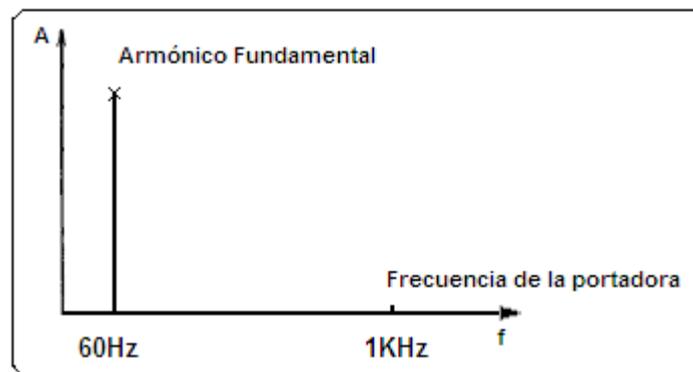


Figura 2.28 Armónicos de la señal PWM

Fuente: Power Electronics, Converters

A continuación se muestra un resumen de las formas en las que se pueden reducir armónicos.<sup>23</sup>

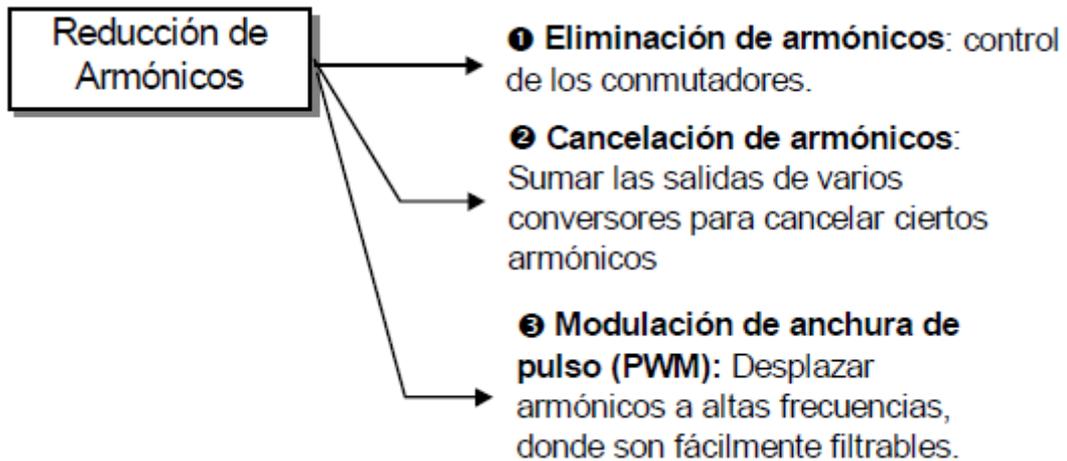


Figura 2.29 Reducción de armónicos

Fuente: Power Electronics, Converters

#### 2.13.4 Inversor RegulaPower DF1751 12 VDC 1000VA a 110 VAC<sup>24</sup>

Es un inversor de 1000 voltio amperios, de entrada 12 VDC y una salida de 110 VAC cuadrada de 60 Hz. Posee un circuito inversor Push-Pull que produce una onda cuadrada de salida con un valor pico de 110 voltios. Ya que la carga a su salida es el circuito de la puerta automática de 120W, el inversor se encuentra sobredimensionado y produce pérdidas que descarga innecesariamente la batería de almacenamiento de energía.



Foto 2.3 Inversor y sus conexiones.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

<sup>23</sup> I.T.T.(S.E.) - Universidad de Valencia - Curso 06/07(Inversores).pdf

<sup>24</sup> <http://www.proviento.com/>

### **2.13.5 Baterías de ciclo profundo<sup>25</sup>**

Las baterías de ciclo profundo son acumuladores de electricidad que pueden soportar sucesivos y continuos ciclos. Un ciclo es una carga y descarga al 80% de la capacidad de la batería. Una batería de ciclo profundo promedio tiene sobre 2000 ciclos de vida, es decir, mínimo 3 años de vida útil, descargando su energía lenta pero constantemente. Una batería de auto puede descargar gran parte de su energía rápidamente, para dar arranque al motor, pero su vida útil es limitada y menos aún si se descarga al 80% varias veces.

Se dividen principalmente en abiertas o húmedas, que necesitan mantención del nivel del electrolito; y cerradas, que incluso pueden tener el electrolito en forma de gel, que no necesita mantención y que además pueden ser montadas en forma vertical u horizontal. Las baterías húmedas son usadas principalmente en electrificación rural en pequeña escala, mientras que las de gel son usadas en zonas donde se realiza mantención una vez por año, o para instalar en estructuras móviles, tales como barcos y vehículos recreacionales donde las placas necesitan estar protegidas de los golpes producidos por el movimiento.

Las baterías de ciclo profundo son las adecuadas para aplicaciones con energías renovables y respaldos de energía porque pueden entregar su energía en forma continuada durante varios años sin problemas.

### **2.13.6 Relés<sup>26</sup>**

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835.

---

<sup>25</sup> <http://www.atinachile.cl/content/view/234785/Instrucciones-Basicas-para-conectar-paneles-Solares.html>

<sup>26</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores". De ahí "relé".



Figura 2.30 Partes de un relé

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

En la Figura 2.30 se representa, de forma esquemática, la disposición de los distintos elementos que forman un relé de un único contacto de trabajo o circuito.

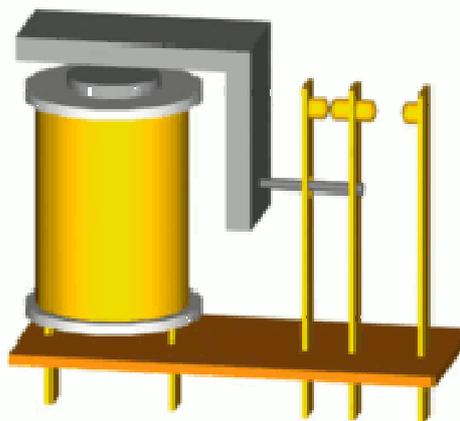


Figura 2.31 Funcionamiento de un relé

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

Se denominan contactos de trabajo aquellos que se cierran cuando la bobina del relé es alimentada y contactos de reposo a los cerrados en ausencia de alimentación de la misma. De este modo, los contactos de un relé pueden ser normalmente abiertos, NA o NO, Normally Open por sus siglas en inglés, normalmente cerrados, NC, Normally Closed, o de conmutación. La lámina central se denomina lámina inversora o de contactos inversores o de conmutación que son los contactos móviles que transmiten la corriente a los contactos fijos.

Los contactos normalmente abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos es ideal para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.

Los contactos normalmente cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.

Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto NA y uno NC con una terminal común.

### **2.13.7 Circuito de conmutación automática (Conmutador)**

Un circuito conmutador sirve para cambiar automáticamente el paso de corriente hacia las puertas automáticas, ya sea este la corriente de la red o la corriente del inversor. Este circuito conmuta a la energía de la red pública en caso de que no se genere suficiente energía eólica y solar para cargar la batería.

#### **2.13.7.1 Circuito de control del sistema actual**

El sistema de generador eólico posee un circuito de conmutación automático que desconecta el sistema eólico cuando la energía generada no es suficiente para cargar la batería de almacenamiento, y a la vez conecta la energía de la red eléctrica local para evitar que las puertas automáticas dejen de funcionar.



Foto 2.4 Circuito de control.

Fuente: Trabajo de graduación Sr. Julio Chasi ITSA 2010

Elaborado por: Flores Luis

A continuación se muestra el diagrama del circuito de control y sus conexiones.

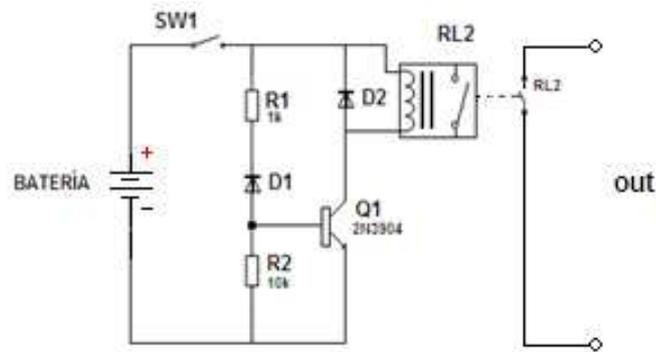


Diagrama 2.1 Circuito de control

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

**Representación:**

SW1: Interruptor general

D1: Diodo zener

D2: Diodo de protección 2

R1: Resistencia de 1k

R2: Resistencia de 10k

Q1: Transistor 2N3904

RL2: Relé 2

### **Funcionamiento del circuito de control:**

Este circuito de conmutación está alimentado con la corriente de la batería, tiene un switch SW1 que es un interruptor general manual este tiene la función de encender o apagar el circuito de forma manual. Este interruptor debe permanecer encendido para que la conmutación sea automática, entonces cuando tenemos en la batería un voltaje de 12 voltios este entra en funcionamiento pasando la corriente por la resistencia R1 hacia el transistor Q1, al igual que la resistencia R2, el diodo zener D1 cumple la función de comparar los voltajes cuando es menor de 12 Vdc entonces este no permite que la corriente pase entonces permanece apagado, mientras que cuando es mayor o igual a 12 Vdc este permite el paso de corriente hacia el transistor Q1, el cual envía un pulso de corriente al bobinado del relé RL2 para que active sus contactos, cabe recalcar que el diodo D2 sirve de protección para el relé.

**Como se puede observar el circuito es un simple control ON-OFF que conmuta en el límite de los 12 voltios, por lo cual presenta inestabilidad al momento exacto en que el voltaje está en el límite.**

#### **2.13.7.2 Diseño del circuito de control**

Tomando en cuenta los inconvenientes que presenta el circuito de control actual, diseñaremos un circuito utilizando un microcontrolador el cual nos ayudara a realizar la comparación de voltajes más estable.

##### **2.13.7.2.1 Microcontrolador PIC 16F877A <sup>27</sup>**

Se denomina microcontrolador a un dispositivo programable capaz de realizar diferentes actividades que requieran del procesamiento de datos digitales y del control y comunicación digital de diferentes dispositivos.

Los microcontroladores poseen una memoria interna que almacena dos tipos de datos; las instrucciones, que corresponden al programa que se ejecuta, y los registros, es decir, los datos que el usuario maneja, así como registros especiales para el control de las diferentes funciones del microcontrolador.

---

<sup>27</sup> <http://www.monografias.com/trabajos18/descripcion-pic/descripcion-pic.shtml>

Los microcontroladores se programan en Assembler y cada microcontrolador varía su conjunto de instrucciones de acuerdo a su fabricante y modelo. De acuerdo al número de instrucciones que el microcontrolador maneja se le denomina de arquitectura RISC (reducido) o CISC (complejo).

Los microcontroladores poseen principalmente una ALU (Unidad Lógica Aritmética), memoria del programa, memoria de registros, y pines I/O (entrada y/o salida). La ALU es la encargada de procesar los datos dependiendo de las instrucciones que se ejecuten (ADD, OR, AND), mientras que los pines son los que se encargan de comunicar al microcontrolador con el medio externo; la función de los pines puede ser de transmisión de datos, alimentación de corriente para el funcionamiento de este o pines de control específico.

En este proyecto se utilizó el PIC 16F877A. Este microcontrolador es fabricado por MicroChip familia a la cual se le denomina PIC. El modelo 16F877A posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado en la aplicación que posteriormente será detallada.

Algunas de estas características se muestran a continuación:

- Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- Amplia memoria para datos y programa.
- Memoria reprogramable: La memoria en este PIC es la que se denomina FLASH; este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente.
- Set de instrucciones reducidas (tipo RISC), pero con las instrucciones necesarias para facilitar su manejo.

### **Descripción de los puertos.**

#### **Puerto A:**

- Puerto de e/s de 6 pines
- RA0 è RA0 y AN0
- RA1 è RA1 y AN1
- RA2 è RA2, AN2 y Vref-
- RA3 è RA3, AN3 y Vref+

- RA4 è RA4 (Salida en colector abierto) y T0CKI(Entrada de reloj del modulo Timer0)
- RA5 è RA5, AN4 y SS (Selección esclavo para el puerto serie síncrono)

#### **Puerto B:**

- Puerto e/s 8 pines
- Resistencias pull-up programables
- RB0 è Interrupción externa
- RB4-7 è Interrupcion por cambio de flanco
- RB5-RB7 y RB3 e programacion y debugger in circuit

#### **Puerto C:**

- Puerto e/s de 8 pines
- RC0 è RC0, T1OSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del modulo Timer1).
- RC1-RC2 è PWM/COMP/CAPT
- RC1 è T1OSI (entrada osc timer1)
- RC3-4 è IIC
- RC3-5 è SPI
- RC6-7 è USART

#### **Puerto D:**

- Puerto e/s de 8 pines
- Bus de datos en PPS (Puerto paralelo esclavo)
- Puerto E:
- Puerto de e/s de 3 pines
- RE0 è RE0 y AN5 y Read de PPS
- RE1 è RE1 y AN6 y Write de PPS
- RE2 è RE2 y AN7 y CS de PPS

#### **Dispositivos periféricos**

- Timer0: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler de 8 bits.
- Timer1: Temporizador-contador de 16 bits con preescaler que puede incrementarse en modo sleep de forma externa por un cristal/clock.

- Timer2: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler y postescaler.
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Anchura de Impulsos).
- Conversor A/D de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I2C (Master/Slave).
- USART/SCI (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con 9 bit.
- Puerta Paralela Esclava (PSP) solo en encapsulados con 40 pines

La descripción de pines podemos observar en el **ANEXO C**.

### 2.13.7.2.2 Regulador de voltaje LM7805<sup>28</sup>

Para realizar este circuito conmutador necesitaremos de varios elementos, uno de ellos es el regulador de voltaje 7805.

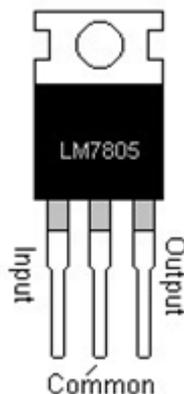


Figura 2.32 Regulador de voltaje LM7805 (TO 220)

Fuente: <http://www.neoteo.com/reguladores-de-voltaje>

Dentro de los reguladores de voltaje con salida fija, se encuentran los pertenecientes a la familia LM78xx, donde “xx” es el voltaje de la salida. Estos son 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18 y 24V, entregando una corriente máxima de 1 Amperio y soporta consumos pico de hasta 2.2 Amperios. Poseen protección contra sobrecargas térmicas y contra cortocircuitos, que desconectan el regulador en caso de que su temperatura de juntura supere los 125°C.

<sup>28</sup> <http://www.neoteo.com/reguladores-de-voltaje>

Los LM78xx son reguladores de salida positiva, mientras que la familia LM79xx son para voltajes equivalentes pero con salida negativa. Así, un LM7805 es capaz de entregar 5 voltios positivos, y un LM7912 entregara 9 voltios negativos. La capsula que los contiene es una TO-220 (figura 2.32), igual a la de muchos transistores de mediana potencia. Para alcanzar la corriente máxima de 1 Amperio es necesario dotarlo de un disipador de calor adecuado, sin el solo obtendremos una fracción de esta corriente antes de que el regulador alcance su temperatura máxima y se desconecte. Las características del regulador de voltaje LM7805 podemos observar en el **ANEXO D**.

### 2.13.7.3 Circuito de potencia

Para el circuito de control se cambió las conexiones del original debido a que tiene un inconveniente, debido a que cuando por alguna razón no hay presencia de la red energía eléctrica normal las puertas automáticas deben de quedarse conectados a la energía renovable en este caso los paneles solares.



Foto 2.5 Circuito de potencia.

Fuente: Trabajo de graduación Sr. Julio Chasi ITSA 2010

Elaborado por: Flores Luis

A continuación se muestra el diagrama esquemático del circuito de potencia y sus conexiones.

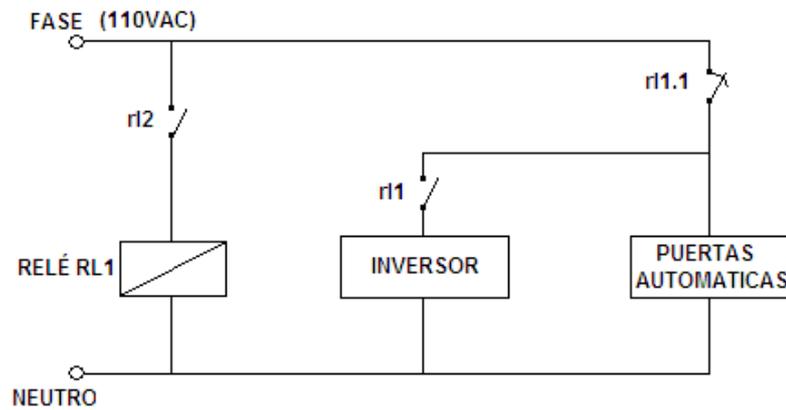


Diagrama 2.2 Circuito de potencia anterior

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### Representación:

r12: Contacto normalmente abierto del relé RL2

RL1: Relé RL1

r1: Contacto normalmente abierto del relé RL1

r1.1: Contacto normalmente cerrado del relé RL1

### Funcionamiento del circuito de potencia:

Este circuito contiene los contactos del circuito de potencia, cuando el circuito de control se activa el relé RL2 cambia sus contactos es decir el contacto r12 que normalmente está abierto se cierra permitiendo así el paso de corriente hacia el relé RL1, posterior a ello este último relé conmuta sus contactos ; entonces tenemos que r1.1 (NC) permite el paso de corriente directa de la red eléctrica 110 VAC, pero cuando la batería está cargada se activa el relé RL1 y r1.1(NC) se abre y el contacto r1(NO) se cierra permitiendo este último el paso de corriente del inversor (110VAC), tal como se muestra en el diagrama 2.2. Este circuito funciona con la energía de la red eléctrica y si no existe la misma, no funciona.

## 2.14 PUERTAS AUTOMÁTICAS<sup>29</sup>

### 2.14.1 Introducción

Las primeras puertas automáticas fueron aquellas destinadas a los ascensores, justamente lo que se intentó con el diseño de estas puertas era hacer el trabajo de esta máquina mucho más simple evitando que las mismas permanezcan sin funcionar debido a que una persona cerró incorrectamente alguna de las puertas en cuestión.

Las puertas automáticas modernas sustituyen a las antiguas de tipo manual pero la ventaja es que para remplazar estas últimas no se necesita de obra manual; las puertas manuales de los ascensores dificultan el acceso a personas que tienen sus manos ocupadas o sufren de alguna discapacidad motriz y es por eso que precisan una apertura automática.

Este problema queda resuelto mediante la instalación de una puerta automática que se adapta a las necesidades del individuo que usa el elevador; actualmente los diseños de estos elevadores son telescópicos de 4 hojas de apertura central; las puertas se abren y cierran mediante un operador de alto rendimiento y funcionamiento silencioso, las ventajas más significativas radican en la fiabilidad, funcionamiento, seguridad y estética.



Figura 2.32 Puertas de ascensores.

Fuente: [www.maquinariapro.com/tecnologia/puertas-automaticas.html](http://www.maquinariapro.com/tecnologia/puertas-automaticas.html)

<sup>29</sup> <http://www.maquinariapro.com/tecnologia/puertas-automaticas.html>

### 2.14.2 Mecanismos de las puertas automáticas

No son únicamente los ascensores los que cuentan con puertas automáticas, las mismas se ubican en los shoppings, tiendas, supermercados, hospitales y hasta complejos de cine como restaurantes; su funcionamiento consiste en carros corredizos que se encargan de sostener el colgado de las hojas de las puertas las cuales pueden estar confeccionadas en madera, aluminio o cristal templado.

El arrastre de dichos carros se realiza por medio de una correa dentada de goma, conocida también con el nombre de correa motriz, ésta se acciona por un motor de 24 volts; para que la apertura de la puerta se realice automáticamente puede usarse cualquier sensor que posea un contacto abierto o un pulsador; el cierre de la misma también se realiza de forma automática. Todos los movimientos se controlan por un sistema numérico evitando desajustes, su sistema está provisto de dos velocidades y un freno o bloqueo y velocidad final; todas las puertas automáticas cuentan con distintos sistemas de seguridad. La barrera infrarroja es la que se encarga de evitar que la puerta se cierre si alguna persona está cruzándola, su apertura antipánico actúa en caso de que algún individuo toque las hojas móviles de la puerta mientras ésta se cierra y por último, las puertas automáticas cuentan con un bloqueo general del sistema el cual se manifiesta si alguna falla del mecanismo de la puerta ocurre (falencias en los ciclos de apertura o cerrado).



Figura 2.33 Puertas automáticas.

Fuente: [www.maquinariapro.com/tecnologia/puertas-automaticas.html](http://www.maquinariapro.com/tecnologia/puertas-automaticas.html)

### 2.14.3 Puertas Automáticas REX<sup>30</sup>

Rex es un automatismo extremadamente simple de montar y poner en marcha, pero de gran éxito por sus importantes contenidos de innovación tecnológica y de diseño.

Está construida, con sistema de bloqueo "único" que contiene grupo de arrastre y cuadro electrónico, con una capacidad máxima de las dos hojas de 140 Kg, con velocidad de apertura de 1,2 m/s.

Puede tener un espacio de paso máximo de serie de hasta 3500 mm.

Tabla 2.1 Datos técnicos de las puertas automáticas

DATOS TÉCNICOS	REX 1
Alimentación	120-230V/50-60Hz
Consumo	1 A
Carrera máx.	3500 mm
Peso máx.	100 Kg
Temperatura	-10°C / +50°C
Grado de protección	IP(Protección contra cuerpos de hasta 12mm, ninguna protección contra agua)

Fuente:<http://www.ditecentrematic.es/productos/puertas-peatonales-automaticas/correderas/rex>.

Elaborado por: Flores Piña Luis Santiago

#### 2.14.3.1 Instrucciones de uso automatización para las puertas

##### Operación de desbloqueo

En casos de mantenimiento, mal funcionamiento o de emergencia, bajar la palanca de desbloqueo y desplazar manualmente las hojas en posición de abertura.

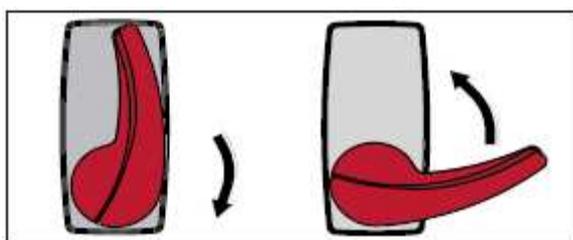
##### Operación de bloqueo

Para volver a bloquear, poner la palanca de desbloqueo en la posición inicial. Efectuar las operaciones de bloqueo y desbloqueo con motor parado.

<sup>30</sup> <http://www.ditecentrematic.es/productos/puertas-peatonales-automaticas/correderas/rex>.

La posición de STOP no permite intervenir a las baterías en caso de emergencia.

N.B.: Para permitir el buen funcionamiento de la puerta y de la recarga permanente de las baterías, el automatismo debe estar siempre alimentado y con las baterías conectadas (también de noche).



FUNCION DE LOS SELECTORES	Com96	ComH-K
PUERTA CERRADA	--	
APERTURA TOTAL BIDIRECCIONAL		
APERT. TOTAL MONODIRECCIONAL		
STOP	☾	
PUERTA ABIERTA	--	
APERTURA PARCIAL		

Figura 2.35 Control manual de la REX.

Fuente: [www.ditecentrematic.es/productos/puertas-peatonales-automaticas/correderas/rex](http://www.ditecentrematic.es/productos/puertas-peatonales-automaticas/correderas/rex)

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1 ESTADO ACTUAL DEL AEROGENERADOR EXMORK W300

Se analizó el estado actual del aerogenerador y se tomó en cuenta las siguientes observaciones.

En la mayoría de los meses del año existe la presencia del sol, mas no del viento, así tenemos en los meses julio, agosto y septiembre la presencia de viento, lo cual tomando como desventaja principal del aerogenerador eólico, es necesario la instalación de un panel solar para aprovechar así la mayoría de energía suministrada del sol.

Tabla 3.1 Datos climáticos del año

<b>Enero del 2010:</b> Temperatura Máxima mensual: 24.5 °C Temperatura Mínima mensual: 4.6 °C Temperatura Media mensual: 14.5 °C	<b>Febrero del 2010:</b> Temperatura Máxima mensual: 25.1 °C Temperatura Mínima mensual: 0.7 °C Temperatura Media mensual: 15.1 °C
<b>Marzo del 2010:</b> Temperatura Máxima mensual: 25.0 °C Temperatura Mínima mensual: 3.7 °C Temperatura Media mensual: 15.2 °C	<b>Abril del 2010:</b> Temperatura Máxima mensual: 22.9 °C Temperatura Mínima mensual: 3.9 °C Temperatura Media mensual: 14.7 °C
<b>Mayo del 2010:</b> Temperatura Máxima mensual: 22.9 °C Temperatura Mínima mensual: 7.9 °C Temperatura Media mensual: 14.9 °C	<b>Junio del 2010:</b> Temperatura Máxima mensual: 19.9 °C Temperatura Mínima mensual: 7.9 °C Temperatura Media mensual: 13.3 °C
<b>Julio del 2010:</b> Temperatura Máxima mensual: 21.9 °C Temperatura Mínima mensual: 0.9 °C Temperatura Media mensual: 13.3 °C	<b>Agosto del 2010:</b> Temperatura Máxima mensual: 21.3 °C Temperatura Mínima mensual: 0 °C Temperatura Media mensual: 12.6 °C

<b>Septiembre del 2010:</b> <b>Temperatura Máxima mensual:</b> 22.3 °C <b>Temperatura Mínima mensual:</b> 0.2 °C <b>Temperatura Media mensual:</b> 13.0 °C	<b>Octubre del 2010:</b> <b>Temperatura Máxima mensual:</b> 26.1 °C <b>Temperatura Mínima mensual:</b> 1.9 °C <b>Temperatura Media mensual:</b> 14.1 °C
<b>Noviembre del 2010:</b> <b>Temperatura Máxima mensual:</b> 27.9 °C <b>Temperatura Mínima mensual:</b> 1.9 °C <b>Temperatura Media mensual:</b> 13.6 °C	<b>Diciembre del 2010:</b> <b>Temperatura Máxima mensual:</b> 23.6 °C <b>Temperatura Mínima mensual:</b> 4.9 °C <b>Temperatura Media mensual:</b> 13.6 °C

Fuente: [clima.meteored.com/clima-en-latacunga+aeropuerto-841230-2010-Diciembre.htm](http://clima.meteored.com/clima-en-latacunga+aeropuerto-841230-2010-Diciembre.htm)

Elaborado por: Flores Piña Luis

Para optimizar la energía producida por el generador eólico y el panel solar que se va a instalar, fue necesario mejorar y corregir las instalaciones existentes. Se tomó en cuenta el mal estado en el que se encontraban los equipos, los empalmes y conexiones mal realizadas, la falta de canaletas para el cableado y la sección de los cables utilizados en las conexiones que acompañan al aerogenerador. En sistemas de generación eólicos y fotovoltaicos es indispensable que las pérdidas en los circuitos se reduzcan al máximo ya que la energía generada no es considerable.



Foto 3.1 Estado inicial de los equipos del aerogenerador.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Flores Luis

La batería solar SP160, una batería de ciclo profundo, se encontraba totalmente deteriorada, debido a que por falta de viento y mantenimiento dicha batería no se cargaba y por esta razón se descargó y se averió, el controlador cuando hay mucho viento, es decir mucha energía, automáticamente conmuta a las resistencias de carga disipando este exceso de energía en forma de calor por seguridad, evitando así dañar el circuito electrónico de regulación. Debido a estos inconvenientes se procedió a la adquisición de una nueva batería.



Foto 3.2 Batería de ciclo profundo SP160.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Flores Luis



Foto 3.3 Nueva Batería de ciclo profundo Power sonic.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Flores Luis

La factibilidad de instalar paneles solares en el aerogenerador se debe justamente a su Controlador de carga que presenta dicha opción en sus terminales de entrada y un circuito de acoplamiento listo para proceder a dicha instalación, con el fin de optimizar la generación de energía limpia aprovechando la energía solar que hoy en día es cada vez mejor aprovechada para proteger al medio ambiente.

### 3.2 CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES SOLARES<sup>31</sup>

Para optimizar el proyecto se realizó el cálculo del panel solar.

#### 3.2.1 Irradiación solar

Se estima que en el Ecuador se tiene una insolación máxima de 1000 watts, 4,5 horas/día, promedio anual. (Cada zona tiene Insolación Diaria diferente: entre 3 y 7 horas variando según su ubicación geográfica, estación del año, latitud y orientación, variando por accidentes geográficos: Ríos, Montañas y Altura).

Tabla 3.2 Consumo de energía de las puertas automáticas

<b>CONSUMOS DE ENERGÍA</b>				
<b>ARTEFACTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P.CONSUMO (W/H)</b>	<b>HORA DE ENCENDIDO</b>	<b>POTENCIA/DIA</b>
Puertas automáticas	1	120	6.6	792 W
Total diario				<b>792W</b>

Fuente: [www.energianatural.com.ar/panelessolares04.html](http://www.energianatural.com.ar/panelessolares04.html)

Elaborado por: Flores Luis

Cabe recalcar que las puertas pueden actuar durante 12 horas diarias, pero no todo el tiempo están funcionando. Mediante la investigación de campo se pudo determinar que aproximadamente la puerta funciona unas 200 veces por hora en promedio, el tiempo que se demora en abrir y cerrar es de 10 segundos, por lo que el tiempo de trabajo total de las puertas es de 200 veces x 10 segundos = 2000 segundos, que nos da un total de 33.3 minutos efectivos de funcionamiento por hora que multiplicado por las 12 horas de trabajo da un total de 6.6 horas de trabajo efectivo.

Para sacar la potencia de consumo de las puertas aplicamos la siguiente fórmula:

<sup>31</sup> <http://www.energianatural.com.ar/panelessolares04.html>

$$P_c = V \text{ (PA)} \times I \text{ (PA)} \quad (3.1)$$

Siendo así:

$$P_c = 120V \times 1A$$

$$P_c = \mathbf{120 W}$$

Donde:

$P_c$  = Potencia de consumo de la puerta automática.

$V \text{ (PA)}$  = Voltaje de la puerta automática.

$I \text{ (PA)}$  = Corriente de consumo de la puerta automática.

Para sacar la potencia total consumida en un día aplicamos la siguiente fórmula:

$$P = C \times P_c \times H_E \quad (3.2)$$

Siendo así:

$$P = 1 \times 120 \text{ w/h} \times 6.6 \text{ h}$$

$$P = \mathbf{792 W \text{ al día}}$$

Donde:

$P$  = Potencia total de consumo diario.

$C$  = Cantidad de carga (Una puerta automática)

$P_c$  = Potencia de consumo.

$H_E$  = Horas de encendido diario

Agregar 15% de pérdida por inversor  $792 \text{ W} \times 15\% \approx 100\text{W}$ .

**CONSUMO TOTAL DIARIO  $P_D = 892 \text{ W}$**

**CONSUMO POR HORA  $P_H = P_D / 12 \text{ h} = 74 \text{ W/H}$**

Cálculo de los amperios necesarios:

Para calcular la corriente diaria necesaria en el sistema de generación de corriente continua a 12 Vcd utilizaremos la siguiente fórmula:

$$P_D / V_{cd} = I_D \quad (3.3)$$

Siendo así:

$$I_D = 892 \text{ W} / 12 \text{ V}$$

$$I_D = \mathbf{74.3 \text{ A}}$$

Donde:

$P_D$  = Potencia de consumo total diario (W)

$V_{cd}$  = Voltaje (Voltios de cd)

$I_D$  = Corriente necesaria por día (Amperios)

Para obtener los amperios que generará nuestro panel solar al día, en este caso el panel de 80 W apto para los equipos con los que contamos en el instituto, aplicamos la siguiente fórmula:

$$I_G = I_P \times 4.5 \text{ horas/día} \quad (3.4)$$

Siendo así:

$$I_G = 4.57 \text{ A} \times 4.5 \text{ horas/día}$$

$$I_G = \mathbf{20.56 \text{ A}}$$

Donde:

$I_G$  = Corriente a generar por día

$I_P$  = Corriente nominal con carga que entrega el panel de 80 W (**VER ANEXO B**)

4.5 H/día = Corriente de insolación estimada en el Ecuador

Para saber el número de paneles necesarios aplicamos la siguiente fórmula:

$$\# P = I_D / I_G \quad (3.5)$$

Siendo así:

$$\# P = 74.3 \text{ A} / 20.56 \text{ A}$$

$$\# P = \mathbf{3 \text{ paneles de } 80 \text{ W}}$$

Donde:

$\# P$  = Número de paneles

$I_D$  = Corriente necesaria por día

$I_G$  = Corriente a generar por día

Debido a que solo se necesita optimizar la energía producida por el aerogenerador existente en el instituto, se instalará solo un panel solar de 80 W. A continuación se subrayan las razones:

- ✓ El aerogenerador genera una potencia de 300W, que junto con el panel solar de 80W generarían potencia suficiente para abastecer a las puertas automáticas.
- ✓ En condiciones óptimas que se encuentren funcionando tanto el aerogenerador como 3 paneles solares, se correría el riesgo de sobrecargar el controlador de carga.
- ✓ El controlador de carga que actualmente existe en el Instituto soporta una entrada para 10A en energía solar, para un sistema de 12VDC esto significa que soporta una potencia máxima de 100Wp.

- ✓ Se conversó con los señores encargados de proporcionar estos aparatos de energía renovable y confirmaron que no era necesario adquirir panel solar de mayor potencia.

### 3.3 ADQUISICIÓN DE LOS EQUIPOS

Una vez analizado la factibilidad de los paneles solares se procedió a la cotización de un panel solar, junto con la batería necesaria para la instalación. Gracias a la empresa ProViento S.A. líderes en proveer aparatos de energía renovable se procedió a la compra del panel solar tipo Exmork de 80W y la batería Power sonic.

A continuación tenemos las especificaciones de todos los equipos que comprenden un aerogenerador.

#### 3.3.1 Panel solar Exmork 80W<sup>32</sup>

El panel solar Exmork 80W, es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar, es por esta razón que será ubicado en un sitio en donde aproveche al máximo la insolación, y por ende este irá conectado al controlador de carga.



Foto 3.4 Panel solar Exmork 80W

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

---

<sup>32</sup> <http://www.proviento.com.ec/>

### **Características del panel solar:**

Tipo: Panel Polycristalino 80 Wp / 12V

Modelo: 80P

Potencia máxima: 80Wp $\pm$ 3% (En vacío)

Voltaje circuito abierto/óptimo: 22 /17.5 V

Corriente cortocircuito/óptimo: 4.91 / 4.57 A

Dimensiones: 920 x 670 x 35 mm

Variación de potencia nominal:  $\pm$ 3%

Junction Box con 2 diodos de Bypass

Las especificaciones de fabrica del panel solar tipo EXMORK de 80W, 12V las podemos ver en **ANEXO B**.

### **3.3.2 Batería ciclo profundo Power Sonic<sup>33</sup>**

La batería Power Sonic modelo PS-121400B-FR es una bateria libre de mantenimiento de ciclo profundo con electrolito líquido diseñada específicamente para sistemas de almacenamiento y respaldo de energía.

La batería Power Sonic debe ser colocada con la cubierta hacia arriba, y puede ser configurada en red, en serie, en paralelo según el requerimiento de voltaje y profundidad de descarga. Los ciclos de vida de esta batería dependen de los parámetros de carga a la cual esta sea sometida. Las cargas de nivelación (equalizing) pueden ser necesarias de forma mensual si el porcentaje de descarga de la batería supera un 40%. Estas baterías deben de ser protegidas de cualquier tipo de exceso de temperaturas.

---

<sup>33</sup> <http://www.power-sonic.com/>

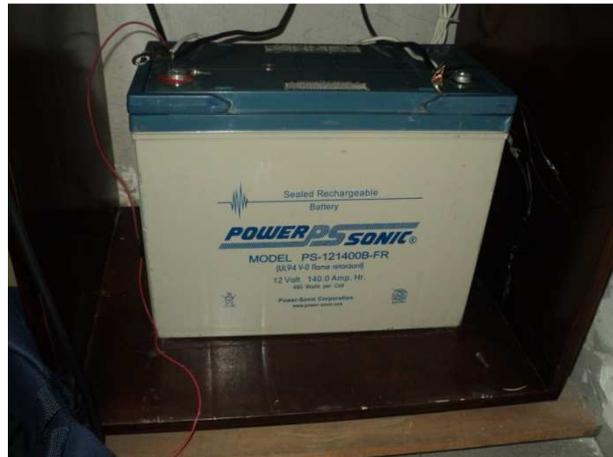


Figura 3.1 Batería Power Sonic

Fuente: <http://www.power-sonic.com/>

### 3.3.2.1 Características

- ✓ Rejillas de plomo-calcio de alta calidad.
- ✓ Placas positivas con 23% de mayor grosor que las placas de arranque.
- ✓ Pasta de alta densidad diseñada para soportar grandes esfuerzos.
- ✓ Placas ensobradas con separadores de polietileno de alta porosidad.
- ✓ Caja y cubierta de polipropileno de alta resistencia a los golpes y temperaturas.
- ✓ Cubierta de válvula regulada con supresor de llama para mayor seguridad.

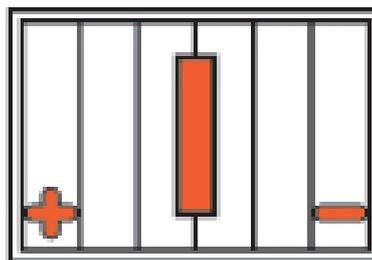


Figura 3.2 Polaridad de la batería.

Fuente: <http://www.power-sonic.com/>

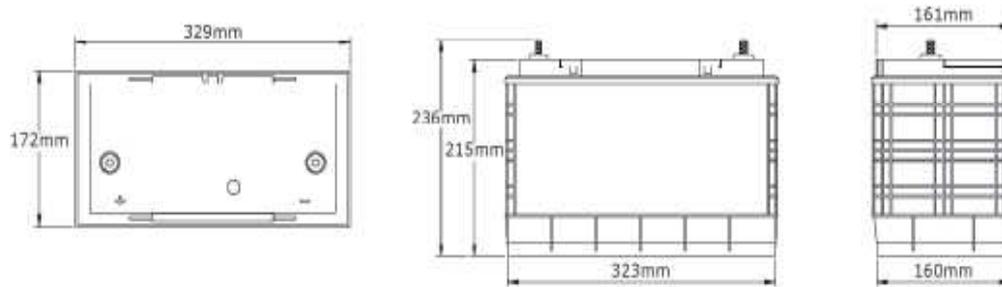


Figura 3.3 Medidas de la batería.

Fuente: <http://www.power-sonic.com/>

### 3.3.2.2 Curvas características

En la figura 3.4 se puede observar que el electrolito de la batería tiende a congelarse dependiendo de la temperatura, así mismo se podría decir que tenemos una carga de la batería estable cuando la batería está menos del 40% de descarga. El ciclo de vida de la batería es las veces que se carga y descarga la batería entonces mientras más ciclos tenga la batería mayor es la profundidad de descarga es decir tiende a descargarse más rápido.

El tiempo de vida útil de esta batería es de un año y tenemos una carga mínima de 100 amperios-hora, la descarga dependerá de cómo se dijo anteriormente de los ciclos y particularmente de la carga a la que está expuesta la batería.

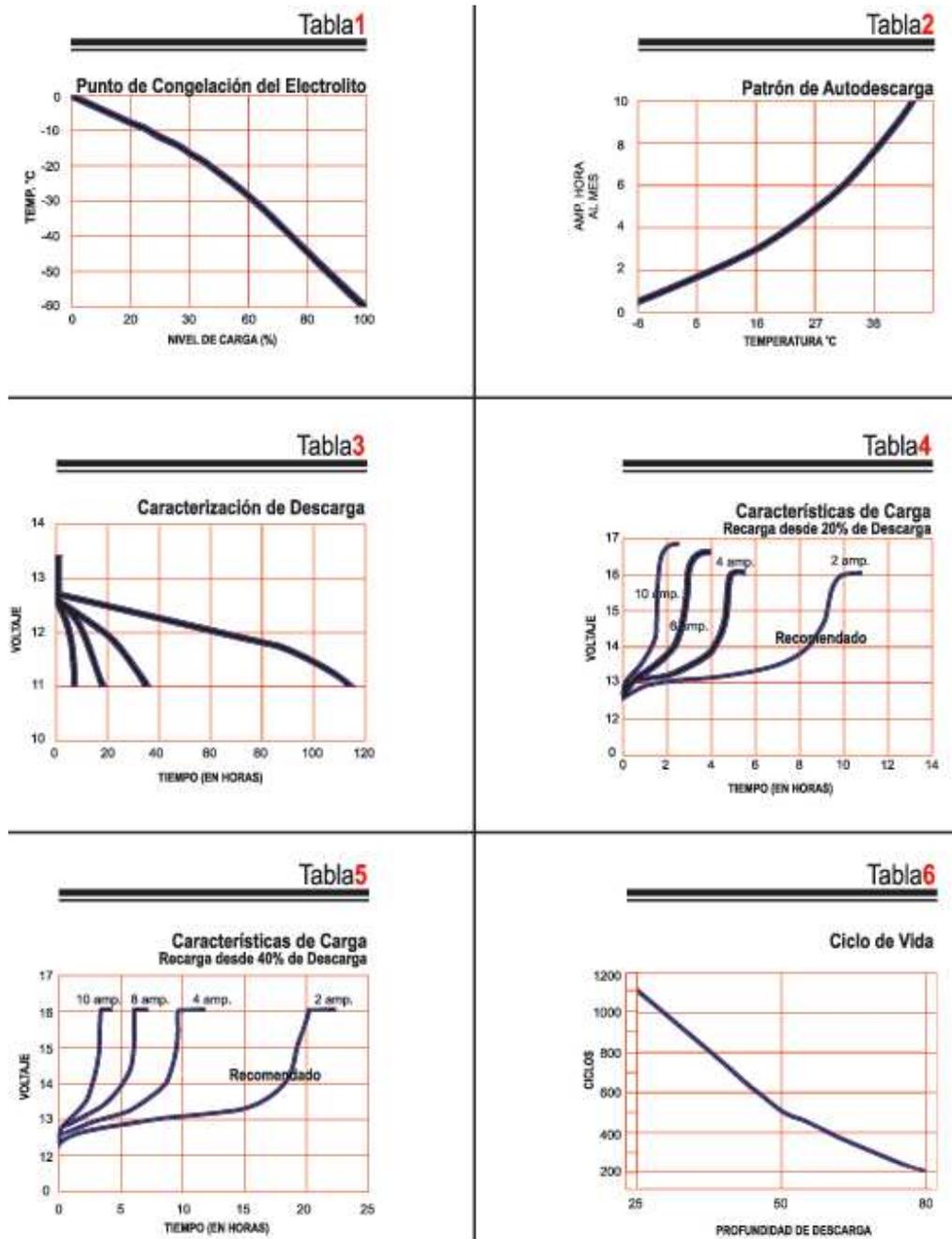


Figura 3.4 Curvas características de la batería.

Fuente: <http://www.power-sonic.com/>

### 3.4 Componentes adicionales

#### 3.4.1 Alambre para la instalación del panel

Para realizar la instalación se adquirió 10 metros de alambre 2x12, apto para dicha instalación.



Foto 3.5 Alambre para conexión

Fuente: Flores Luis

Elaborado por: Flores Luis

### 3.4.2 Terminales para sujetar a la batería

Debido a que anteriormente estaba colocada otra batería y por ende otros terminales, se adquirió terminales aptos para la batería Millennium, para un mejor rendimiento.



Foto 3.6 Terminales para batería.

Fuente: Flores Luis

Elaborado por: Flores Luis

## 3.5 INSTALACIÓN DEL PANEL SOLAR

Para instalar los paneles solares se realizaron los siguientes pasos:

### 3.5.1 Fabricación de soporte para el panel

Se tomó las medidas exactas de panel y se realizó el soporte, con material de aluminio tipo mesa, con perforaciones tanto para sujetar al panel, como para sujetar el soporte hacia el suelo.



Foto 3.7 Soporte para el panel solar.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

Se tomó en cuenta también las inclinaciones que necesita el panel solar, puesto que se facilitó el movimiento de la mesa a diferentes ángulos de inclinación.



Foto 3.8 Soporte del panel a diferentes ángulos de inclinación.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 3.5.2 Sitio estratégico para colocar el panel solar

De acuerdo a lo investigado se buscó un sitio estratégico para colocar el panel solar, ya que en este sitio no debe existir ningún tipo de sombra que obstruya la radiación solar hacia el panel.

El panel solar debe alcanzar su máxima eficiencia al momento de estar en funcionamiento, puesto que se busco el sitio más alto y se coloco en la parte posterior del cuarto de control de los ascensores.



Foto 3.9 Cuarto de control del ascensor, terraza del edificio del ITSA.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 3.5.3 Colocación del soporte en la terraza

Para la colocación del soporte se utilizó un taladro, tornillos tira fondos para que se sujete hacia el suelo.



Foto 3.10 Materiales para la perforación.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

Se procedió a la perforación y colocación del soporte:

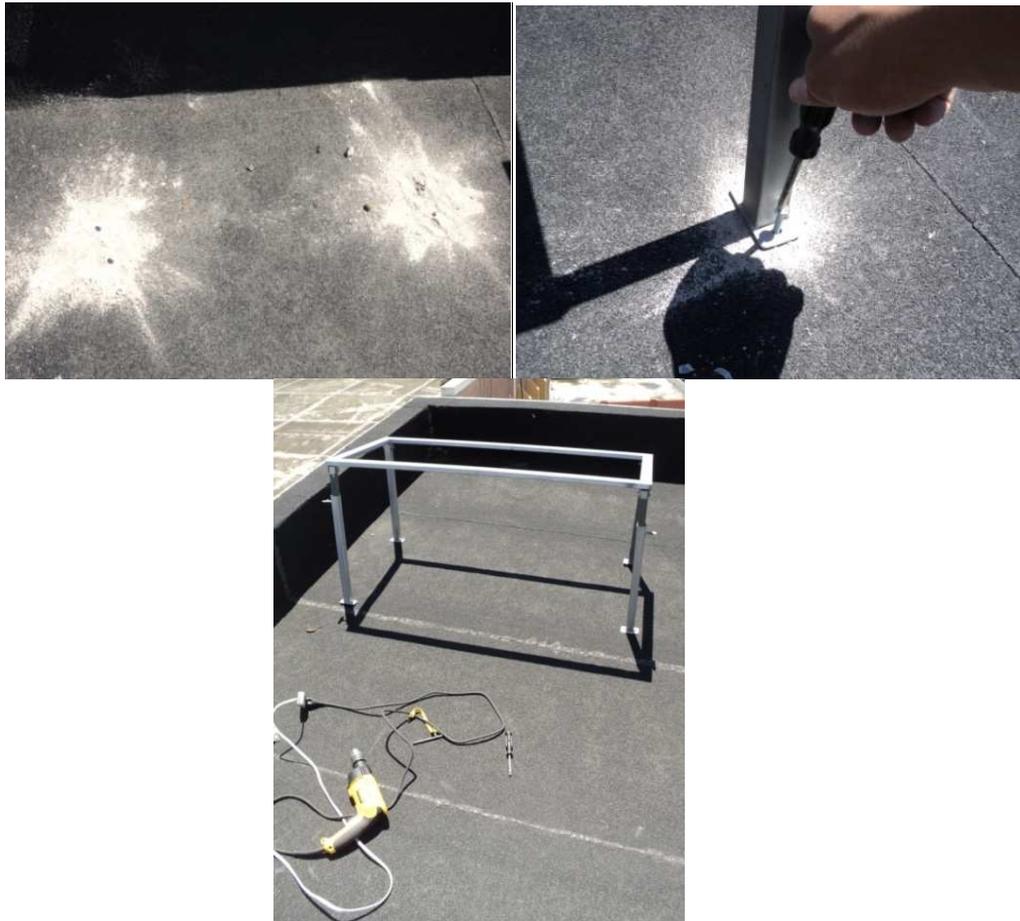


Foto 3.11 Perforación y colocación del soporte.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

#### **3.5.4 Colocación del panel solar en el soporte**

Una vez perforado y sujetado el soporte hacia el piso, procedemos a colocar el panel solar sobre el soporte, para ello utilizamos tornillos, rodela, arandelas de presión y tuercas.



Foto 3.12 Panel solar sobre el soporte.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 3.5.5 Instalación de los conectores del panel solar

Los conectores del panel solar vienen con indicación de positivo – negativo, dichos conectores se deben empalmar o conectar hacia el alambre, el cual se conectará al controlador de carga ubicado en el cuarto de control.



Foto 3.13 Conexión de los conectores y alambres.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

Una vez colocados los conectores con el alambre, procedemos a conectar del otro lado del alambre hacia el controlador de carga, en la parte posterior del mismo se encuentra terminales con indicación para lo requerido.

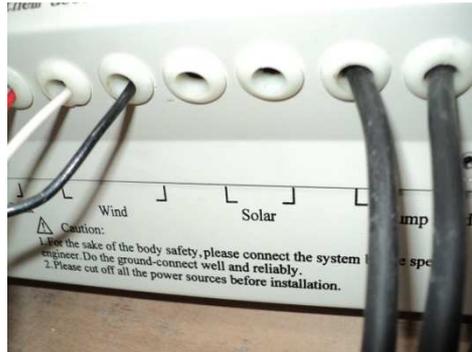


Foto 3.14 Controlador y terminales con indicación solar.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 3.5.6 Fabricación del mueble

Debido a que anteriormente los equipos del aerogenerador estaban ubicados en pésimas condiciones se procedió a la fabricación del mueble apropiado para colocar dichos equipos lo cual facilitará el manejo y detección de fallas en los bloques de control de sistema.



Foto 3.15 Mueble para colocación de equipos.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 3.5.7 Implementación del panel de control

Una vez ubicados los equipos en el mueble se procedió a realizar las conexiones de los equipos analizados,



Foto 3.16 Kit del panel solar.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 3.6 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA PARA LA INSTALACIÓN DEL PANEL SOLAR.

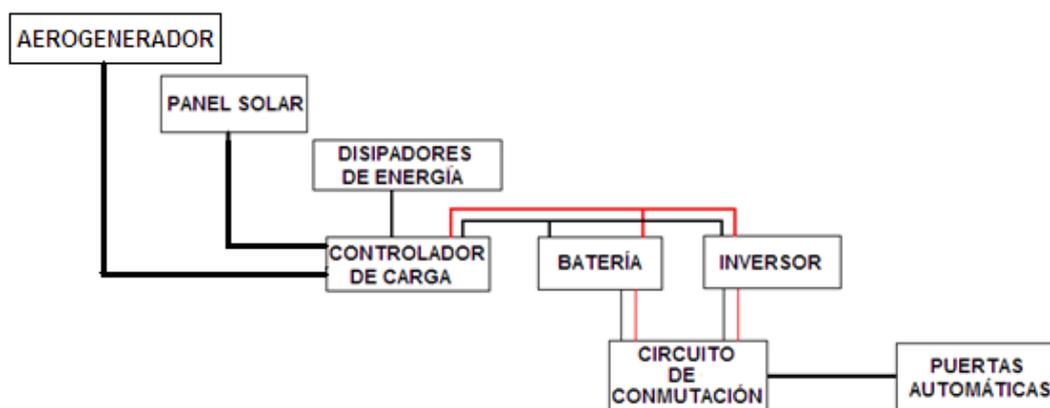


Diagrama 3.1 Esquema de bloques de la conexión final.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 3.7 CIRCUITO DE CONTROL CON EL PIC 16F877A

A continuación presentamos el diseño del circuito de control utilizando el microcontrolador:

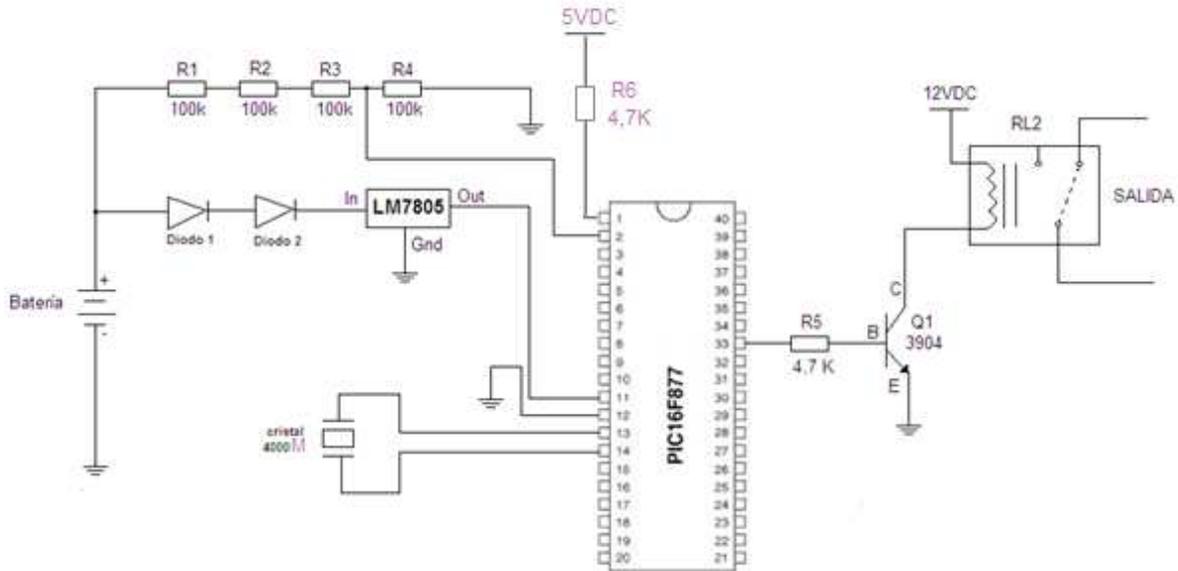


Diagrama 3.2 Circuito de control con PIC 16F877A

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

#### Condiciones:

Si batería  $\geq 12.7$  voltios  $\rightarrow$  RL2/ON

Si batería  $\leq 11.7$  voltios  $\rightarrow$  RL2/OFF

#### Representación:

R1, R2, R3, R4: Resistores de 100K

D1, D2: Diodos ideales

LM7805: Regulador de voltaje de 5V

Cristal de 4000Hz

PIC 16F877: Microcontrolador

RL2: Relé de 12VDC

Q1: Transistor 3904

R5: Resistor de 4,7K

R6: Resistor de 4,7K

### **Funcionamiento del circuito de control con PIC 16F877A:**

La función de este circuito es de conmutar al relé RL2 entre encendido y apagado para esto utilizaremos un microcontrolador, para la alimentación de este microcontrolador utilizamos un regulador de voltaje debido a que la batería entrega 12 VDC, para tener mayor funcionamiento del regulador de voltaje, colocamos antes de la entrada dos diodos en serie, esto ayudará a mantener al regulador el voltaje deseado, entonces a la salida del regulador LM7805 tendremos 5.02V para alimentar al microcontrolador el cual ira conectado al pin 11 y el pin 12 a GND o negativo de la batería, el microcontrolador analizará el voltaje que ingresa, para aquello utilizaremos un divisor de voltaje los cuales son R1, R2, R3 y R4 estas resistencias deben ser de 100K, para poder realizar la división de voltaje más preciso, entonces ingresa al microcontrolador de entrada analógica RA0/AN0 (pin 2). Cabe recalcar que para que funcione el microcontrolador es necesario conectar a los pines 13 y 14 un cristal de 4000MHz para la oscilación, a la salida del microcontrolador (pin 33), ira conectado una resistencia R5 de 4,7K y posterior al transistor 2N3904 el cual enviara un pulso hacia la bobina del relé en este caso si estuviese la batería enviando un voltaje de 12.7 VDC caso contrario el relé no se encendería.

#### **3.7.1 Programación del PIC 16F877A**

La programación del PIC se realiza en un programa llamado Microcode, y la simulación se realiza en un programa llamado Proteus.

- #include<16f877a.h>
- #device adc=10
- #fuses xt,nowdt,put
- #use delay(clock=4M)
- Void main()
- {
- int 16 valor;

```

- Float voltaje,rango;
- Int sw;
- Sw=1;
- Setup_adc_ports(AN0_AN1_AN2_AN3_AN4);
- White(true);
- {
- set_adc_channel(0);
- Delay_us(20)
- Valor=read_adc()
- Voltaje=valor*5/1023.0;
- Rango=voltaje*4.0;
- If (rango>=12.7&&sw==1)
- {
- output_high(pin_bo);
- Sw=0;
- }
- if(rango<=11.7&&sw==0)
- {
- output_low(pin_bo);
- Sw=1;
- }
- delay_ms(500);
- }
- }

```

### 3.8 CIRCUITO DE POTENCIA (NUEVAS CONEXIONES)

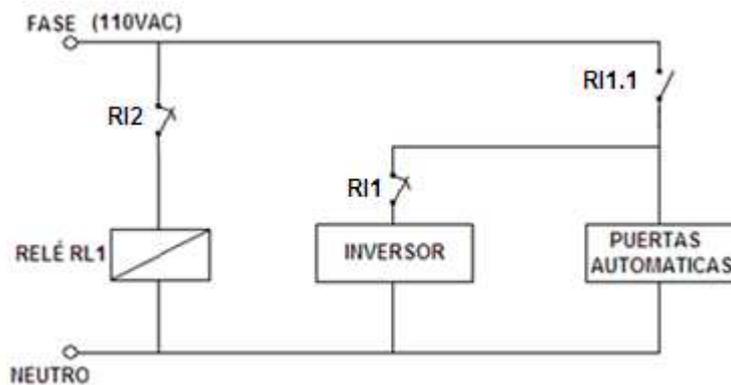


Diagrama 3.3 Circuito de potencia (nueva conexión)

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

#### Representación:

RI2: Contacto normalmente cerrado del relé RL2 del circuito de control

RL1: Contactor de 110V

RI1: Contacto normalmente cerrado del contactor RL1

RI1.1: Contacto normalmente abierto del contactor RL1

### Funcionamiento del circuito de potencia:

Este circuito contiene los contactos del circuito de potencia, cuando el circuito de control se activa el relé RL2 cambia sus contactos es decir el contacto r12 que normalmente está cerrado se abre entonces el contactor RL1 no se enciende y por ende los contactos RI1 y RI1.1 permanecen en estado de reposo o estado original por lo tanto circularía a las puertas automáticas la corriente 110VAC proveniente del inversor, esto sucedería siempre y cuando el voltaje de la batería se igual o mayor de 12.7 voltios. Mientras tanto que cuando la batería sea igual o menor que 11.7 voltios el circuito conmutador se apagaría y por ende el relé RL2 se apagaría y sus contactos vuelven al estado original en este caso RI2 se cerraría y el contactor RL1 se energiza y activa sus contactos en este caso RI1 se abre y RI1.1 se cierra permitiendo así el paso de corriente de la red hacia las puertas automáticas, en caso de que no existiese energía eléctrica de la red los contactos permanecerían en su estado original y las puertas consumirán la energía del inversor hasta que la batería recaiga a los 11.7 voltios.

### 3.9 CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA

A continuación se muestra las conexiones de todos los equipos instalados y el circuito de potencia que se utilizó para optimizar al aerogenerador.

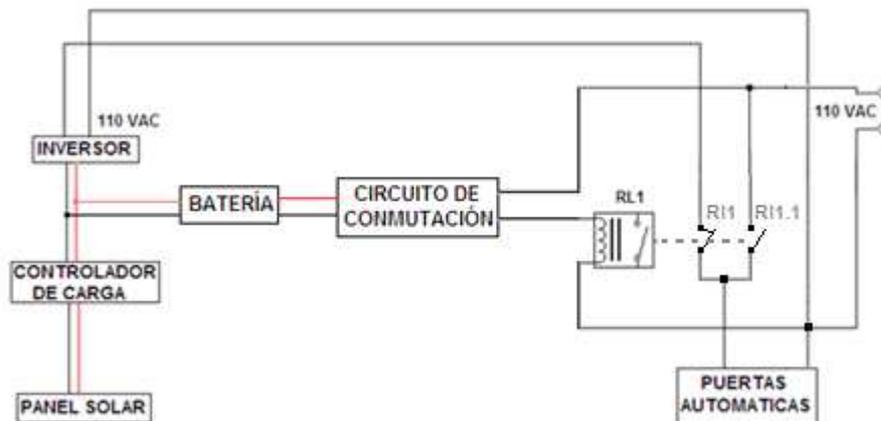


Diagrama 3.4 Circuito de control del sistema

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 3.10 INSTALACIÓN FINAL DEL MÓDULO Y COLOCACIÓN DE CANALETAS

A continuación se muestra la instalación completa de cómo quedó al conectar todos los equipos y ordenarlos con canaletas para una mejor optimización y funcionamiento del equipo del aerogenerador.



Foto 3.17 Tablero de equipos instalados

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 3.11 PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PANEL SOLAR

#### 3.11.1 Pruebas del panel solar en vacío

Estas pruebas se realizaron al medio día, de entre las 12 a 14 Hrs.

Tabla 3.3 Medidas del panel solar sin carga

<b>Panel solar sin carga</b>	
<b>Voltaje</b> (Voltios-V)	<b>V máx = 20.3 V</b>
	<b>V min = 19.6 V</b>
<b>Intensidad</b> (Amperios-A)	<b>I máx = 4.91 A</b>

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

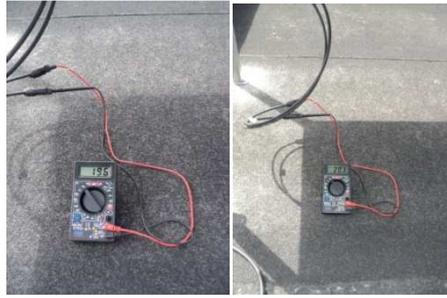


Foto 3.18 Medidas de voltaje del panel solar en vacío

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

Tabla 3.4 Medidas del panel solar con carga

<b>Panel solar con carga</b>	
<b>Voltaje</b> (Voltios-V)	<b>V máx = 13 V</b>
	<b>V min = 10 V</b>
<b>Intensidad</b> (Amperios-A)	<b>I máx = 4.5 A</b>

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### 3.10.2 Pruebas del panel solar con carga

#### 3.10.2.1 Pruebas realizadas en la mañana

Las pruebas se realizaron durante un mes alrededor de entre las 7:00 a 10:00 Hrs.

Tabla 3.5 Medidas tomadas en la mañana

<b>Medidas del panel solar con carga</b>	
<b>Voltaje</b> (Voltios-V)	V max = 10.12 V
	V min = 10 V
<b>Intensidad</b> (Amperios-A)	I máx = 4 A
	I min = 3.8 A
<b>Potencia</b> (Vatios-W)	P máx = 40.48 W
	P min = 38 W
<b>Potencia total</b> (Vatios-hora)	Pt = 120 W

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### **Análisis de resultados:**

Cabe recalcar que las mediciones son aproximadas ya que varía entre 2 a 3 vatios cada 5 ó 10 minutos. Según las pruebas realizadas en la mañana durante un mes a la misma hora se puede observar que tenemos una potencia máxima de 40.48 vatios y una potencia mínima de 38 vatios, en días soleados. Esto quiere decir que la batería se está cargando aproximadamente 40 vatios por hora en la mañana, siendo así un potencia total de 120 vatios por las 3 horas que en la mañana está disponible el panel siempre y cuando exista presencia de radiante y constante sol; por lo tanto es ventajoso de acuerdo a la inclinación del panel solar y tenemos una carga de batería considerable para las aspiraciones posteriores.

#### **3.11.2.2 Pruebas realizadas al medio día**

Pruebas realizadas durante un mes alrededor de entre las 10:00 a 14:00 Hrs.

Tabla 3.6 Medidas tomadas al medio día

<b>Medidas del panel solar con carga</b>	
<b>Voltaje</b> (Voltios-V)	V max = 12 V
	V min = 11.5 V
<b>Intensidad</b> (Amperios-A)	I max = 5.42 A
	I min = 4.5 A
<b>Potencia</b> (Vatios-W)	P max = 65.04 W
	P min = 51.75 W
<b>Potencia total</b> (Vatios-hora)	Pt = 240 W

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### **Análisis de resultados:**

Según estas pruebas realizadas durante un mes a la misma hora podemos notar de que en este horario el panel solar tiene una máxima captación de insolación. Debido a la ubicación del panel solar este alcanza una posición perpendicular con el sol, por lo que tenemos en este transcurso de horas el

aprovechamiento máximo de los rayos del sol, generando así una potencia máxima de 65.04 vatios y una potencia mínima de 51.75 vatios (cuando existe sombra). La batería almacena en este tiempo un aproximado de 60 vatios por hora, teniendo así una potencia total de 240 vatios por las 4 horas que está expuesto al constante sol.

### 3.11.2.3 Pruebas realizadas en la tarde

Pruebas realizadas durante un mes alrededor de entre las 14:00 a 18:00 Hrs.

Tabla 3.7 Medidas tomadas en la tarde

<b>Medidas del panel solar</b>	
<b>Voltaje</b> (Voltios-V)	V max = 12.3 V
	V min = 11.86 V
<b>Intensidad</b> (Amperios-A)	I max = 3.27 A
	I min = 2.26 A
<b>Potencia</b> (Vatios-W)	P max = 40.2 W
	P min = 26.8 W
<b>Potencia total</b> (Vatios-hora)	Pt = 120W

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### Análisis de resultados:

Como podemos observar en este transcurso del día baja la potencia conforme se va ocultando el sol, teniendo así una potencia máxima de 40.2 vatios y una mínima de 26.8 vatios.

La batería se carga con un aproximado de 30 vatios por hora, teniendo así una potencia total de 120 vatios por las 4 horas que está expuesto el panel al sol siempre y cuando no exista presencia de sombra alguna.

Tomando en cuenta estos datos podemos notar que en el transcurso de todo el día el panel solar está en constante funcionamiento, en días soleados, y

en presencia de días nublados la potencia baja en un promedio del 10% lo cual es una pérdida considerable para nuestras aspiraciones.

### 3.11.3 Pruebas del conmutador

Tabla 3.8 Medidas tomadas al conmutador

<b>Conmutador</b>	
<b>Conmutación ON</b>	Se enciende el conmutador cuando en la batería existe un voltaje igual o mayor de 12.7 voltios.
<b>Conmutación OFF</b>	Se apaga el conmutador cuando en la batería existe un voltaje igual o menor de 11.7 voltios

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Luis

### Análisis de resultados

Según las pruebas realizadas el circuito conmutador entra en funcionamiento cuando la batería está totalmente cargada, y genera un voltaje de 12 voltios. Mientras que cuando la batería no está cargada o deja de cargarse el voltaje disminuye y cuando genere un voltaje de 11.7 voltios este se apaga y entra a funcionar las puertas automáticas con los 110 voltios de la red eléctrica normal. Esto permitirá que las puertas automáticas estén siempre en funcionamiento.

### 3.11.4. Pruebas del aerogenerador

En un principio se pensó que el aerogenerador que se encuentra instalado en el Instituto no funcionaba por falta de viento, sin embargo según los datos climáticos en los meses de junio, julio, agosto tenemos la presencia de vientos considerables en los que el aerogenerador debería funcionar pero se llegó a la conclusión de que este aerogenerador no funciona debido a que requiere de mantenimientos constantes debido a que está expuesto a sol, lluvia, etc., es por esta razón que no se pudo realizar cálculos previstos para realizar el análisis y llegar a optimizar al aerogenerador.

### 3.12 Análisis costo – beneficio<sup>34</sup>

Actualmente la adquisición y montaje de una central eléctrica con energía renovable es extremadamente costoso y sobre todo para países en vías de desarrollo, sin embargo en algunos países ya se está reemplazado este tipo de generación por las de combustibles fósiles.

Teniendo en cuenta esto podemos decir que, implementar estos equipos requiere de inversiones iniciales altas para la adquisición de los mismos, y así obtener aerogeneradores y paneles solares de mayor capacidad, este tipo de energía tiene la ventaja de no afectar al medio ambiente y disminuye en un porcentaje el consumo de energía eléctrica de la red local, lo cual sería favorable para el Instituto en sí y para el mundo. A continuación analizaremos la parte económica de todo el proyecto.

#### 3.12.1 Gastos primarios

Tabla 3.9 Gastos primarios (VER ANEXO A)

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total(+iva)</b>
Panel solar Exmork 80W	1	320.00	358.40
Batería ciclo profundo, sellada 115 Ah	1	230.00	257.60
<b>Subtotal 1:</b>	<b>2</b>	<b>Incluido iva</b>	<b>616 USD</b>

Fuente: PROVIENTO S.A. Ecuador

Elaborado por: Flores Piña Luis Santiago

<sup>34</sup> <http://www.proviento.com/>

### 3.12.2 Gastos secundarios

Tabla 3.10 Gastos secundarios

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
10	Metros de alambre 2x12	18.50
1	Soporte para panel (aluminio)	50.00
1	Mueble	100.00
100	Información de Internet (horas)	112.00
1	Gastos impresiones del trabajo de grado	60.00
1	Gastos varios	300.00
	<b>Subtotal 2:</b>	<b>640.50 USD</b>

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Piña Luis Santiago

### 3.12.3 Gasto total

Tabla 3.11 Gasto total

Gastos primarios	616.00 USD
Gastos secundarios	640.50 USD
<b>Total</b>	<b>1256.50 USD</b>

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Piña Luis Santiago

Como podemos ver en las tablas anteriores tenemos un gasto aproximado de 1256.50 dólares lo cual es considerable para las expectativas del Instituto, este gasto se ve reflejado en la finalización del proyecto de grado debido a la investigación y resultados obtenidos que permitirán desarrollar nuevos proyectos con energías renovables en el futuro siempre pensando en el avance del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- Se optimizó la operatividad del sistema de aerogenerador del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico mediante la implementación de un panel fotovoltaico Exmork de 80 vatios que aporta energía eléctrica limpia para el manejo de las puertas automáticas de ingreso a la Institución y también al diseñar un circuito conmutador con un microcontrolador 16F877A el mismo que ayuda a que exista una conmutación sin tener inestabilidad.
- Se realizó un estudio de los equipos instalados en el sistema del aerogenerador para determinar sus características y operatividad, se realizaron las reparaciones y mantenimiento necesarios para poner en funcionamiento el sistema de almacenamiento e inversión de corriente DC-AC del mismo, así como el circuito de conmutación a energía de la red; también se optimizó las instalaciones eléctricas que se encontraban en mal estado.
- Con el fin de complementar al aerogenerador se realizaron los cálculos necesarios para determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos, para alimentar de energía a las puertas automáticas, se obtuvo como resultado que se necesitan 3 paneles solares de 80W para un manejo independiente de las puertas; y solamente de un panel solar para complementar la energía aportada por el aerogenerador (300W). El rendimiento promedio medido del panel solar en la mañana es de 40W/h, al medio día es de 60W/h, y en la tarde 30W/h, por lo tanto es capaz de abastecer un promedio de 40W/h en el día lo cual representa un 50% de la capacidad máxima de generación del panel, y a vez demuestra el cálculo inicial de los 3 paneles solares para abastecer independientemente a las puertas.

- En base a los periodos de trabajo de las puertas automáticas se calculó las necesidades de almacenamiento de energía en la batería que posteriormente debería ser convertida en corriente alterna para manejar las puertas, se obtuvo como resultado que la batería debe entregar por lo menos 74W/h en condiciones normales de trabajo.
- Se pudo observar que debido al movimiento terrestre alrededor del sol, existen variaciones estacionales por lo que en invierno, el sol no alcanzará el mismo ángulo que en verano, por lo cual se diseñó un soporte para el panel solar que permita direccionarlo manualmente de acuerdo al ángulo en que se encuentra el sol, de esta forma se puede conseguir mayor eficiencia en la conversión de la energía.
- Se pudo notar que las baterías tienen un tiempo de vida útil limitado a uno o dos años, este tiempo depende de su ciclo de trabajo, a diferencia de la batería de un automóvil que se carga diariamente con la gran cantidad de energía generada por el alternador, la batería de ciclo profundo tiende a descargarse rápidamente si la luz que incide en el panel solar no es suficiente para abastecer el consumo de las puertas y a la vez para cargar la batería.
- Se diseñó un circuito conmutador utilizando un microcontrolador, el mismo que ayudó a la conmutación automática precisa en un rango de salida de batería entre 11.7 a 12.7VDC.

## **4.2 Recomendaciones**

- Debido a que un panel solar empieza a generar corriente en el mismo instante en que se expone a la luz solar, es recomendable cubrir el panel durante su manipulación con un material totalmente opaco, para evitar el riesgo de cortocircuito.
- Hay paneles que bajan su rendimiento incluso si estuviese en presencia de una mínima sombra, es por esto que se recomienda ubicar al panel solar lo más alto posible y libre de cualquier sombra que pueda afectar su rendimiento.

- Para realizar pruebas y análisis del panel solar se recomienda utilizar en este caso un foco de 110 V / 100W como carga, en lugar de conectar las puertas automáticas, ya que corre el riesgo de afectar su funcionamiento.
- Para mejorar la señal cuadrada que entrega el inversor DC-AC, se debería reemplazar al mismo por un inversor de conversión tipo PWM el cual elimina los armónicos de la señal de salida. Para evitar pérdidas, se debería reemplazar por uno de máximo 200W considerando que la puerta solo requiere 120W para así reducir las pérdidas en el transformador de salida del inversor.
- Por recomendación del fabricante la batería de ciclo profundo debe ser cargada en totalidad cada mes mediante un cargador de baterías para garantizar su funcionamiento correcto durante todo su tiempo de vida útil, también se debe evitar que se descargue a menos el 80% de su capacidad por la misma razón.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Amorfo.-** Sin forma regular o bien determinada.

**Baldosa.-** Placa delgada de cerámica, piedra u otro material resistente, que sirve para solar.

**Bastidores.-** Armazón de madera o de metal para fijar lienzos, vidrios, etc.

**Caudal.-** Caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo

**Crucial.-** Se dice del momento, situación, Etcétera, que tiene efectos importantes en el desarrollo de los acontecimientos.

**Cuánticos.-** Pertenece o relativo a los cuantos de energía.

**Corrosión.-** Desgaste o destrucción lenta y paulatina de una cosa.

**Catódica.-** Del cátodo o relativo a este electrodo negativo.

**Dopaje.-** La utilización de dosis masivas de sustancias

**Difusión.-** Extensión dilatación, aumento del espacio que ocupa algo.

**Epitaxiales.-** Crecimiento de la superficie de un cristal por capas de su misma materia y estructura.

**Espectro.-** El que registra la distribución o la abundancia de átomos ionizados, moléculas o partes de moléculas en función de una masa o de la relación masa-carga.

**Electrificación.-** Adaptación de una instalación o de una máquina para que pueda funcionar con electricidad.

**Electrolito.-** cuerpo de un estado o en disolución puede ser descompuesto por una corriente eléctrica.

**Fotones.-** Partículas de luz que se propagan en el vacío.

**Fluctúa.-** Oscilar, cambiar alternativamente

**Geoestacionarios.-** Pertenece o relativo a los satélites geoestacionarios.

**Microcristalino.-** La celulosa microcristalina es una celulosa purificada, parcialmente despolimerizada.

**Multiunión.-** Las células multiunión están compuestas de varias capas delgadas usando la epitaxia por haz molecular.

**Motriz.-** Que mueve o genera movimiento.

**Nanotubos.-** Los nanotubos se componen de una o varias láminas de grafito u otro material enrolladas sobre sí mismas.

**Nanocristales.-** Partícula nanoscópica que contiene de unos pocos cientos a decenas de millares de átomos los cuales están dispuestos ordenadamente, siguiendo una estructura cristalina

**Nanopartículas.-** Partícula que cuenta con una o más dimensiones en el rango de 0.1 milésimas de milímetro (100 nanómetros) o menos.

**Obleas.-** Hoja muy delgadas.

**Orbitales.-** Es una zona del espacio donde hay más probabilidad de encontrar un electrón. Se encuentra alrededor del núcleo del átomo y tiene una forma más o menos definida.

**Policristalino.-** Tienen más de un tipo de ordenamiento o estructura cristalina. Cada una de esas estructuras se llama grano. Estos se van ordenando en forma regular. Durante la solidificación hay competencia entre los cristales para ocupar el mayor espacio posible. Los extremos de los cristales interactúan entre sí produciendo discontinuidades: límites de granos.

**Polímeros.-** Son materiales de origen tanto natural como sintético, formados por moléculas de gran tamaño, conocidas como macromoléculas.

**Plegables.-** Que se puede plegar o doblar.

**Polietileno.-** El polietileno es químicamente el polímero más simple. Este polímero puede ser producido por diferentes reacciones de polimerización.

**Porosidad.-** Propiedad de los organismos y los cuerpos sólidos de tener poros.

**Polipropileno.-** El polipropileno (PP) es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno).

**Repercutir.-** Transcender, causar efecto una cosa en otra posterior.

**Sustratos.-** Es un estrato que subyace a otro y sobre el cual está en condiciones de ejercer algún tipo de influencia.

**Semiconductor.-** Los semiconductores son materiales cuya conductividad varía con la temperatura, pudiendo comportarse como conductores o como aislantes. Resulta que se desean variaciones de la conductividad no con la temperatura sino controlables eléctricamente por el hombre.

**Subvención.-** Ayuda económica generalmente oficial, para costear o sostener el mantenimiento de una actividad.

**Versatilidad.-** Facilidad grande para el cambio, sobre todo de genio o carácter.

## ABREVIATURAS

AM0 = Air Mass Zero

ASEC = Applied Solar Energy Corporation

AM0 = Air Mass Zero

ASEC = Applied Solar Energy Corporation

AC = Corriente alterna

AH = Amperios hora

DARPA = Defense Advanced Research Projects Agency

DC = Direct Current

EEUU = Estados Unidos

GaAs = Arseniuro de galio

Ge = Germanio

I = Intensidad (corriente)

LVD = Desconexión por bajo voltaje

MOCVD = Metal Organic Chemical Vapor Deposition

NASA = Aeronautic and Space National Administration

PV = paneles fotovoltaicos

PLC = Controlador lógico programable

RAM = Memoria de acceso aleatorio

URSS = Unión de repúblicas socialistas soviéticas.

UPS = Sistema de respaldo de energía

V = Voltaje

W = Watts (Vatios)

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Antecedentes de los paneles fotovoltaicos en:**

[http://es.wikipedia.org/wiki/panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/panel_fotovoltaico)

### **Definición del panel solar en:**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico)

### **Tipos de paneles solares en:**

<http://www.blogenergiasrenovables.com/tipos-de-paneles-solares>

<http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>

### **Tipos de paneles solares en función de su forma en:**

<http://eliseosebastian.com/blog/formas-tamanos-y-tipos-de-paneles-solares-que-existen>

<http://www.blogenergiasrenovables.com/tipos-de-paneles-solares>

### **Potencia y voltaje de salida del panel en:**

[http://www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares\\_en\\_embarcaciones.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares_en_embarcaciones.htm)

### **Comprobaciones y precauciones en:**

[http://www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares\\_en\\_embarcaciones.htm](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares_en_embarcaciones.htm)

### **Principio de funcionamiento en:**

[http://es.wikipedia.org/wiki/panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/panel_fotovoltaico)

### **Factores de eficiencia de una célula solar en:**

[http://es.wikipedia.org/wiki/panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/panel_fotovoltaico)

**Aplicación de los paneles solares en:**

[http://es.wikipedia.org/wiki/panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/panel_fotovoltaico)

**Irradiación del sol en:**

<http://www.fondear.com/>

**Ángulo de inclinación en:**

<http://www.fondear.com/>

**Instalación de paneles solares en:**

[http://www.marviva.org/articulos/paneles\\_y\\_placas\\_solares\\_en\\_embarcaciones.html](http://www.marviva.org/articulos/paneles_y_placas_solares_en_embarcaciones.html)

**Esquema de bloques en:**

<http://www.proviento.com.ec/>

**Controlador de carga en:**

<http://www.atinachile.cl/content/view/234785/Instrucciones-Basicas-para-conectar-paneles-Solares.html>

**Controlador de carga tipo INDOOR en:**

<http://www.porviento.com.ec/>

**Inversores en:**

Escuela Politécnica Superior de Elche-Electrónica de Potencia (Tema: Inversores).pdf

I.T.T. (S.E.) - Universidad de Valencia - Curso 06/07(Inversores).pdf

**Técnicas para el control de inversores en:**

Power electronics, converters

**Inversor RegulaPower DF1751 12 VDC 1000VA a 110 VAC en:**

<http://www.porviento.com.ec/>

**Baterías de ciclo profundo en:**

<http://www.atinachile.cl/content/view/234785/Instrucciones-Basicas-para-conectar-paneles-Solares.html>

**Relés en:**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

**Puertas automáticas en:**

<http://www.maquinariapro.com/tecnologia/puertas-automaticas.html>

**Puertas automáticas REX en:**

<http://www.ditecentrematic.es/productos/puertas-peatonales-automaticas/correderas/rex>.

**Cálculo del número de los paneles solares en:**

<http://www.energianatural.com.ar/panelessolares04.html>

**Panel solar EXMORK 80W en:**

<http://www.proviento.com/>

**Batería de ciclo profundo 115AH en:**

<http://www.proviento.com/>

**Análisis costo-beneficio en:**

<http://www.proviento.com/>

**ANEXOS**

## **ANEXO A**

### **ANTEPROYECTO DE GRADO**

#### **CAPÍTULO I**

##### **EL PROBLEMA**

###### **1.1 Planteamiento del Problema**

Actualmente se ve reflejado el crecimiento acelerado de la tecnología en todo el mundo, ya sea este en empresas grandes o pequeñas, en instituciones de calidad superior, y hasta incluso en nuestros propios hogares. Gracias a que se están implementando nuevas formas de generar energía sin miedo a contaminar el medio ambiente.

Según los avances tecnológicos se puede proveer de energías alternativas para poder generar electricidad, la cual es necesaria e indispensable para el ser humano, que por supuesto no se necesita depender del caudal de agua que necesitan las centrales hidroeléctricas o la quema de combustibles de las centrales térmicas, si no tomarlas de factores ambientales.

Se ha presenciado en los últimos años la falta de lluvia debido al calentamiento global eso afecta directamente a las centrales hidroeléctricas que nos proveen de tan necesaria energía eléctrica y como consecuencia en algunos casos se tubo constantes apagones en el país generando pérdidas grandes de dinero e impidieron el crecimiento en algunas empresas y porque no decirlo al ITSA.

Actualmente el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico consta de un aerogenerador que tiene la capacidad de generar energía eólica la misma que necesita de constante viento para sus propósitos. Y sabemos que el sitio en el que está ubicado el Instituto no existe mucho viento, es decir en algunos meses del año tenemos la presencia de viento, mientras que en otros meses la presencia de sol, es por eso que se busca la forma de aprovechar en este caso la energía

solar, y con ello ayudar a la disminución del consumo de energía eléctrica, y también el ahorro económico que mensualmente se paga a la empresa eléctrica de Cotopaxi.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo contribuir de energía suficiente al aerogenerador existente en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, mediante la complementación de generadores de energía renovable?

## **1.3 Justificación e importancia**

Actualmente la tecnología está cambiando la manera de coexistir del ser humano, y en específico la forma de combatir el calentamiento global, es decir, disminuir la contaminación ambiental que tanto nos afecta hoy por hoy a los seres vivos.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico hoy en día se encuentra en un campo competitivo, fomentando a sus alumnos como principal valor el cuidado al medio ambiente. Y siguiendo este valor el Instituto tiene implementado un aerogenerador, el mismo que sirve para generar energía por medio del viento, de allí la importancia de complementar este tipo de generador, debido a la necesidad de aprovechar tanto el viento que no siempre se presenta, como también el sol, dependiendo de las estaciones del año.

La finalidad de complementar este generador de energía es de aportar con suficiente energía, para los fines con los que se realizó la implementación del aerogenerador, como es la de energizar las puertas automáticas de ingreso al Instituto.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Contribuir de energía suficiente al aerogenerador existente en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, mediante la complementación de generadores de energía renovable.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Investigar las especificaciones del aerogenerador y su equipo instalado en el Instituto.
- ✓ Investigar las características del generador de energía solar y la forma de almacenar dicha energía.
- ✓ Complementar al aerogenerador existente en el ITSA con el fin de conseguir suficiente energía eléctrica.

#### **1.5 Alcance**

La investigación se ejecutará en las instalaciones del Instituto tecnológico Superior Aeronáutico y necesariamente se tomara información del internet, y los beneficiarios serán todos aquellos que conforman la familia del ITSA ya sea estudiantes, docentes, personal de servicio, etc., aportando también a la investigación los docentes de la carrera de Electrónica y personas aptas que conozcan de la misma.

Al integrar este proyecto al aerogenerador se aprovechará, dos factores ambientales sin causar impacto ambiental, como es el viento y el sol, con el fin de sustentar de energía eléctrica para las puertas de ingreso al Instituto.

## **CAPÍTULO II**

### **PLAN METODOLÓGICO**

#### **2.1 Modalidad de investigación**

##### **✓ Bibliográfica**

Se obtendrá información por documentación bibliográfica, y debido a que recién se está implementando estas formas de energía renovable en el Instituto, se tomará en cuenta específicamente toda información que recabemos del internet.

##### **✓ Campo**

La investigación se realizará de cierta forma en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y en lugares aptos para realizar la investigación, se recogerá información con todos los involucrados para obtener inquisición profunda acerca de los materiales necesarios para realizar este proyecto. Se realizará la entrevista a la persona que fue participe en la instalación del aerogenerador.

#### **2.2 Tipos de investigación**

##### **✓ Cuasi-Experimental**

Para la investigación se aplicará el tipo cuasi-experimental ya que tenemos involucrados específicos y no se tomara al azar ya que tenemos la ayuda de personal comprendidos en el tema o la vez que puedan aportar con algún conocimiento a la investigación.

#### **2.3 Niveles de investigación**

### ✓ **Descriptivo**

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades y características de cualquier fenómeno que se someta a un análisis. Es decir es necesario ya que buscaremos conocer toda información acerca del aerogenerador y sus características, ya que se complementará a este el objeto de estudio.

## **2.4 Universo, Población y Muestra**

### ✓ **Universo**

En este caso el universo vendría a ser todos aquellos que forman parte del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y proveedores de los equipos, es decir, quienes estén aptos o posean conocimientos que ayuden al proceso de investigación.

### ✓ **Población**

Se tomara en cuenta como población a docentes que estuvieron vinculados en el proceso de la implementación del aerogenerador, ya que se necesitara información básica, los cuales estarán aptos a compartir.

### ✓ **Muestra**

Se realiza en este caso muestra no-probalística ya que la elección de los elementos no depende de la probabilidad. Depende de otras causas relacionadas con los propósitos de la investigación, es decir se tomara como referencia a solo personas que estuvieron en relación con los proyectos anteriores de implementación.

## **2.5 Recolección de datos**

### **2.5.1 Técnicas**

### ✓ **Bibliográfica**

Se manejará esta técnica, ya que será necesario examinar manuales, también cualquier información específica de Internet, todas serán consideradas como objetos que servirán para finalizar con la investigación.

### ✓ **De campo**

La técnica de campo se utilizará ya que el objeto de estudio estarán relacionados directamente con equipos que ya están instalados en el Instituto y se deberá visualizar e investigar todo acerca de estos equipos, estando así en el lugar de los hechos e involucrado con personal capaz de aportar a la investigación.

Otra técnica de campo que se utilizara es la entrevista, que se la realizara a personal que conozca o se involucre de una u otra forma en la investigación, dicha entrevista constara de preguntas específicas, claras y que me ayudarán a sobresalir en la investigación.

## **2.6 Procesamiento de la investigación**

Debido a que no será necesario realizar encuestas por medio de cuestionarios, se realizará un análisis profundo del resultado de la entrevista, ya que se tomará como herramienta única para la sustentación al proceso de la investigación.

## **2.7 Análisis e interpretación de los resultados**

Una vez que se realice la entrevista se procederá al análisis y a la interpretación del resultado de las preguntas, las mismas que se compararán con datos obtenidos del Internet para mayor comprensión.

## **2.8 Conclusiones y recomendaciones**

Una vez terminada la investigación se encontrará las conclusiones que vendrán a ser las causas de todo el trabajo investigativo en este caso acerca de los paneles solares.

Al terminar también la investigación y durante el trayecto se tendrá anomalías, las cuales servirán para rectificarlas y obtenerlas como recomendaciones, así también cualquier sugerencia tomada por partes de personas involucradas en la investigación.

## CAPITULO III

### EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

#### 3.1 Marco teórico

##### 3.1.1 Antecedentes de la investigación

Para la elaboración de este trabajo de investigación, se tomo en cuenta la necesidad que tiene actualmente el Instituto, de generar constante energía para promover el cuidado del medio ambiente, y para ello se recopilo información especificad del Internet.

##### 3.1.2 Fundamentación teórica

###### ✓ **Energía eólica**<sup>35</sup>

La energía eólica es la energía que se puede lograr del movimiento que produce el viento al interaccionar con las palas de un aerogenerador. Esta energía, que sigue en proceso de desarrollo, nace como respuesta a una mayor demanda del consumo energético, la necesidad de garantizar la continuidad del suministro en zonas importadoras netas de recursos energéticos y de la búsqueda de la sostenibilidad en el uso de los recursos.

En general las mejores zonas de vientos se encuentran en la costa, debido a las corrientes térmicas entre el mar y la tierra; las grandes llanuras continentales, por razones parecidas; y las zonas montañosas, donde se producen efectos de aceleración local.

###### ✓ **Tipos de aerogeneradores**<sup>36</sup>

---

<sup>35</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Aerogenerador>

<sup>36</sup> <http://html.rincondelvago.com/aerogeneradores.html>

En la actualidad existe toda una enorme variedad de modelos de aerogeneradores, diferentes entre sí tanto por la potencia proporcionada, como por el número de palas o incluso por la manera de producir energía eléctrica (aisladamente o en conexión directa con la red de distribución convencional). Pueden clasificarse, pues, atendiendo a distintos criterios:

### **Por la posición del aerogenerador:**

#### **1. Eje Vertical**

Su característica principal es que el eje de rotación se encuentra en posición perpendicular al suelo. Son también llamados "VAWTs", que corresponde a las siglas de la denominación inglesa "vertical axis wind turbines". Existen tres tipos de estos aerogeneradores:

##### **Darrieus**

Consisten en dos o tres arcos que giran alrededor del eje.

##### **Panemonas**

Cuatro o más semicírculos unidos al eje central. Su rendimiento es bajo.

##### **Sabonius**

Dos o más filas de semicilindros colocados opuestamente.

#### **2. Eje horizontal**

Son los más habituales y en ellos se ha centrado el mayor esfuerzo de diseño en los últimos años. Se los denomina también "HAWTs", que corresponde a las siglas de la denominación inglesa "horizontal axis wind turbines". Un prototipo de potencia generada 1'5 Mw. Se presenta en la figura.

## **Por la posición del equipo con respecto al viento**

### **A barlovento**

Las máquinas corriente arriba tienen el rotor de cara al viento. La principal ventaja de los diseños corriente arriba es que se evita el abrigo del viento tras la torre. Con mucho la mayoría de los aerogeneradores tienen este diseño.

Por otro lado, también hay algo de abrigo enfrente de la torre, es decir, el viento empieza a desviarse de la torre antes de alcanzarla, incluso si la torre es redonda y lisa. Así pues, cada vez que el rotor pasa por la torre, la potencia del aerogenerador cae ligeramente.

El principal inconveniente de los diseños corriente arriba es que el rotor necesita ser bastante inflexible, y estar situado a una cierta distancia de la torre. Además una máquina corriente arriba necesita un mecanismo de orientación para mantener el rotor de cara al viento.

### **A sotavento**

Las máquinas corriente abajo tienen el rotor situado en la cara a sotavento de la torre. La ventaja teórica que tienen es que pueden ser construidos sin un mecanismo de orientación, si el rotor y la góndola tienen un diseño apropiado que hace que la góndola siga al viento pasivamente.

Sin embargo, en grandes máquinas ésta es una ventaja algo dudosa, pues se necesitan cables para conducir la corriente fuera del generador. Si la máquina ha estado orientándose de forma pasiva en la misma dirección durante un largo periodo de tiempo y no dispone de un mecanismo de orientación, los cables pueden llegar a sufrir una torsión excesiva.

Un aspecto más importante es que el rotor puede hacerse más flexible. Esto supone una ventaja tanto en cuestión de peso como de dinámica de potencia de la máquina, es decir, las palas se curvarán a altas velocidades del viento, con lo que quitarán parte de la carga a la torre.

El inconveniente principal es la fluctuación de la potencia eólica, debida al paso del rotor a través del abrigo de la torre. Esto puede crear más cargas de fatiga en la turbina que con un diseño corriente arriba.

## **Por el numero de palas**

### **Una pala**

Al tener sólo una pala estos aerogeneradores precisan un contrapeso en el otro extremo para equilibrar. La velocidad de giro es muy elevada. Su gran inconveniente es que introducen en el eje unos esfuerzos muy variables, lo que acorta la vida de la instalación.

### **Dos palas**

Los diseños bipala de aerogeneradores tienen la ventaja de ahorrar el coste de una pala y, por supuesto, su peso. Sin embargo, suelen tener dificultades para penetrar en el mercado, en parte porque necesitan una mayor velocidad de giro para producir la misma energía de salida. Esto supone una desventaja tanto en lo que respecta al ruido como al aspecto visual.

### **Tres palas**

La mayoría de los aerogeneradores modernos tienen este diseño, con el rotor mantenido en la posición corriente arriba, usando motores eléctricos en sus mecanismos de orientación. Este diseño tiende a imponerse como estándar al resto de los conceptos evaluados. La gran mayoría de las turbinas vendidas en los mercados mundiales poseen este diseño.

### **Multipalas**

Con un número superior de palas o multipalas. Se trata del llamado modelo americano, debido a que una de sus primeras aplicaciones fue la extracción de agua en pozos de las grandes llanuras de aquel continente.

## **Por la manera de adecuar la orientación del equipo a la dirección del**

### **Viento en cada momento:**

El mecanismo de orientación de un aerogenerador es utilizado para girar el rotor de la turbina en contra del viento. Se dice que la turbina tiene un error de orientación si el rotor no está perpendicular al viento.

Un error de orientación implica que una menor proporción de la energía del viento pasará a través del área del rotor (esta proporción disminuirá con el coseno del error de orientación) Por tanto, la eficiencia del mecanismo de orientación es fundamental para mantener el rendimiento de la instalación.

### **✓ Impacto sobre el medio<sup>37</sup>**

Este tipo de generadores se ha popularizado rápidamente al ser considerados una fuente limpia de energía renovable, ya que no requieren, para la producción de energía, una combustión que produzca residuos contaminantes o gases implicados en el efecto invernadero. Sin embargo, su localización frecuentemente lugares apartados de elevado valor ecológico, como las cumbres montañosas, que por no encontrarse habitadas conservan su riqueza paisajística y faunística puede provocar efectos perniciosos, como el impacto visual en la línea del horizonte, el intenso ruido generado por las palas, etcétera, además de los causados por las infraestructuras que es necesario construir para el transporte de la energía eléctrica hasta los puntos de consumo. Otro problema que planteaban es la muerte de aves de paso al chocar contra las aspas, aunque debido a la velocidad de giro actual de éstas, ha dejado de ser un problema mayor.

Esta contaminación siempre será menor que la nuclear o la combustión sólida y con menos coste inicial para los ciudadanos. En cuanto a las medidas de seguridad e higiene, los gastos no son tan ingentes como los de las energías anteriormente citadas. Por otro lado, su disponibilidad no es constante, pues no siempre existe esa energía eólica necesaria para mover esas aspas (algunas de

---

<sup>37</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Aerogenerador>

más de 50 metros de longitud) [1] Se trata de encontrar un punto de equilibrio entre la contaminación y la seguridad de la fuente de energía.

### ✓ **Funcionamiento de un aerogenerador**<sup>38</sup>

Gracias a los aerogeneradores transformamos la fuerza del viento en energía eléctrica. Desde principios del siglo XX se han usado molinos para generar electricidad en zonas rurales aisladas. En la actualidad los aerogeneradores se agrupan formando centrales eólicas que abastecen la red eléctrica.

El funcionamiento de los aerogeneradores es muy sencillo, el viento mueve las hélices que conectadas a un generador transforman la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

Existen diferentes tipos de aerogeneradores, dependiendo del tipo de generador, de su potencia y de la disposición de su eje de rotación.

Las partes principales de un aerogenerador son el rotor, la caja de engranajes, el generador, la torre y el sistema de control.

Si nos fijamos en aerogeneradores en funcionamiento podemos observar que la velocidad de movimiento de las hélices es muy lenta. Mediante la caja de engranajes esa velocidad lenta de las palas se transforma en velocidad rápida para alimentar al generador.

### **Controlador de carga**<sup>39</sup>

- ✓ Controlador de carga 300W/12V tipo "Indoor" con disipador de energía, con posibilidad de ingresar 50W de energía solar (sistema híbrido).
- ✓ Indicación de voltaje y amperaje de carga
- ✓ 6 indicadores para viento/ solar, voltaje baja/alta
- ✓ Fusible y batería inversa

### **Inversor**<sup>40</sup>

---

<sup>38</sup> <http://www.renovables-energia.com/2009/05/funcionamiento-aerogeneradores-eolicos/>

<sup>39</sup> <http://www.proviento.com.ec/>

Inversor de 1000VA, entrada 12VDC, salida 110VAC sinusoidal pura 60 Hz.

### **Batería Solar SP 160<sup>41</sup>**

Batería plomo acida de ciclo profundo de casi “libre mantenimiento” 12V/160Ah.

Estos datos se tomaran en cuenta para la compra y realización del proyecto de grado, deberemos conocer sobre cada uno de ellos.

Con la ayuda del manual de operación que se adquiriera al obtener los equipos a instalar podremos familiarizarnos más con todos aquellos equipos.

Para la obtención de los paneles solares se tomara en cuenta las especificaciones de la batería de almacenamiento, deberemos realizar algunos cálculos de la corriente, voltaje, potencia, etc.

## **3.2 Modalidad básica de la investigación**

### **3.2.1 Modalidad bibliográfica**

Gracias a este tipo de investigación, pudimos obtener resultados satisfactorios, ya que se realizó la indagación mediante la importante herramienta como es el internet, y se pudo alimentar de tipos, clasificaciones, ventajas, inconvenientes de los aerogeneradores. También se busco documentación mediante tesis anteriores los cuales no pudimos obtener mucha información, sin embargo obtuvimos una proforma la cual nos va a ayudar en el trayecto de la investigación.

### **3.2.2 Modalidad de campo**

La investigación de campo se realizó en el ITSA, gracias a la ayuda de docentes aptos y propicios en la investigación, de lo que pudimos obtener valiosa información como es, las características mismas de los equipos en los que va a estar implicado el objeto de investigación. También se pudo observar que el ITSA consta en la parte superior de un amplio espacio, lo suficiente como para realizar otras aplicaciones que beneficien y ayuden al crecimiento técnico del Instituto.

---

<sup>40</sup> [http:// www.proviento.com.ec/](http://www.proviento.com.ec/)

<sup>41</sup> [http:// www.proviento.com.ec/](http://www.proviento.com.ec/)

### **3.3 Tipos de investigación**

#### **✓ Investigación cuasi-experimental**

Se hizo uso de la investigación cuasi - experimental porque implica la recolección de información así como la de observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos; es así que se pudo observar ciertas ventajas que se puede dar al complementar el objeto investigativo, como es la de aportar con energía al aerogenerador, y la necesidad que tiene el ITSA si no se aplicara el objeto, puesto que ayuda mucho a seguir fomentando la visión del Instituto.

### **3.4 Niveles de investigación**

#### **✓ Descriptivo**

Gracias a la aplicación de este nivel de investigación, se pudo indagar las características específicas de algunos equipos, con el fin de investigar el objeto el cual deberá tener compatibilidad. Tomando en cuenta también la necesidad que posee el Instituto ya que los quipos instalados anteriormente no abastece con suficiente energía constante, y también tiene cierta desventaja ya que este por más renovable que sea, posee un impacto ambiental considerable.

### **3.5 Universo, población y muestra**

#### **Universo**

Se considera como universo al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, ya que este Instituto es el apoyo fundamental, donde se imparten clases a los estudiantes de los diferentes niveles académicos.

#### **Población.**

Para determinar la factibilidad de nuestro trabajo investigativo se considerará como población a docentes de la Carrera de Electrónica, los mismos que poseen amplia información acerca del aerogenerador instalado. Debido a que no es necesaria la realización de encuestas solamente se realizó entrevista a la persona involucrada en todos los procesos investigativos anteriores.

## **Muestra**

Puesto que no se necesita la probabilidad de preguntar a un cierto número de estudiantes, para establecer el proyecto investigativo se aplicó la muestra no-probabilística, para lo cual se realizó la entrevista al personal apto y capaz de ayudar al proceso investigativo, del cual se obtuvo magnífica información.

### **3.6 Recolección de datos**

#### **✓ Bibliografía**

Para la recolección de datos se utilizará esta técnica, ya que será importante examinar libros referentes al tema de investigación, como también toda información obtenida de Internet, este último de suma importancia ya que sirvió para la realización del marco teórico.

#### **✓ De Campo**

Con la ayuda de esta técnica se pudo recabar información de acuerdo a:

La observación, se tomara toda información en el lugar mismo de los hechos, en este caso se pudo obtener características de ciertos equipos que van relacionados directamente con el objeto de investigación.

La entrevista, que nos sirvió para la obtención de información específica, de implementaciones realizadas anteriormente, dicha entrevista, se estructuró con preguntas concisas que nos servirá para conocer si estamos encaminados bien al proceso de investigación.

### **3.7 Conclusiones y recomendaciones**

## **Conclusiones**

- ✓ Los aerogeneradores son tipos de energía renovable, es decir no deberían causar daño al medio ambiente, sin embargo un mínimo impacto ambiental.
- ✓ El aerogenerador existente en el Instituto tiene un controlador de carga el cual tiene la capacidad de acoplar, paneles solares y así aprovechar dos tipos de efectos ambientales como son el viento y el sol, el cual en algunos casos podría llegarse a aprovechar ambos.
- ✓ El Instituto cuenta con espacio suficiente como para implementar energía solar a un máximo, lo cual le servirá para reducir el consumo eléctrico en un gran porcentaje, pero se necesita poder económico ya sea de aquellos estudiantes que ven la posibilidad de implementar estos, o también del Instituto en sí.
- ✓ El Instituto a más de formar profesionales, se encuentra fomentando a sus estudiantes el cuidado al medio ambiente, del cual se ha tomado por objeto para realizar la investigación.
- ✓ El aerogenerador instalado en el Instituto posee equipos como el controlador de carga de 300W, el cual tiene la capacidad de soportar entrada de paneles solares con una referencia de 50W.
- ✓ El lugar en el que está ubicado el Instituto, no existe de constante viento, hay días en que se presencia de vientos fuertes, como días que se presencia fuertes soles, es por esa razón la complementación a proyectos anteriores, con el fin de aprovechar tanto el viento como el sol.

## **Recomendaciones**

- ✓ El Instituto debería concientizar un poco más a sus estudiantes, ya que por un lado sí se fomenta los efectos del calentamiento global con la

importantísima materia como es Biosfera, sin embargo no se está enseñando la forma de hacer algo para combatir el mismo, y porque no buscar formas de apoyar como implementar otras formas de energía renovable, a más de reciclar papel, etc.

- ✓ Se recomienda al Instituto que busque más fuentes para que los estudiantes egresados realicen su proyecto de grado, tomando en cuenta el cuidado al medio ambiente.
  
- ✓ El Instituto debería asignar un número de estudiantes de acuerdo al poder económico para realizar los respectivos proyectos de grado, y no dejar instalaciones incompletas.

## **CAPÍTULO IV**

### **FACTIBILIDAD**

#### **4.1 Técnica**

Una vez culminado el proceso investigativo, podemos afirmar que es conveniente complementar al aerogenerador otros tipos de generadores como son los paneles solares con el fin de fortalecer a la energía y el cuidado al medio ambiente.

##### **Paneles solares<sup>42</sup>**

Un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad.

Los paneles fotovoltaicos: están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, del griego "fotos", luz. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía luminosa produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

#### **4.2 Operacional**

La implementación de estos equipos requiere de conocimientos previos, adquiridos durante la formación estudiantil, la experiencia laboral, el uso del internet, etc., para con ello no desperdiciar tiempo, ni tampoco dinero al realizar el proyecto. Debido a que los paneles solares no son objeto de estudio para los alumnos durante la formación, excepto si desean realizar el estudio por cuenta

---

<sup>42</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar)

propia, se implementara en un lugar donde su operación sea la mejor y no interfiera o moleste a los beneficiarios.

Gracias a que se realizará la implementación de los paneles solares al aerogenerador, se aportara con la energía que se necesita y también se disminuirá el calentamiento global, ya que sabemos que estos paneles son energía renovable, y con ello también contribuimos a que el Instituto ahorre energía eléctrica y pague menos las planillas de consumo eléctrico.

#### **4.3 Económico financiero, análisis costo-beneficio (tangibles e intangibles)**

El recurso económico que se necesita está a disposición para ejecutar el proyecto, por esta razón se concluye que la tarea es económicamente factible. Existe la relación costo-beneficio en que se basa la factibilidad económica.

##### **4.3.1 Recursos Humanos**

**TABLA 4.1 RECURSOS HUMANOS**

<b>RECURSOS</b>	<b>CARGO</b>
A/C. Flores Piña Luis Santiago	INVESTIGADOR
Docente del ITSA	DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACION

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Piña Luis Santiago

El personal encargado de la sección donde se instalará el proyecto está presto a la colaboración que se requiera para culminar satisfactoriamente el proyecto de grado.

##### **4.4.2 Recurso Técnico**

Se utilizará proyectos de grado anteriores los cuales no se encuentran en la biblioteca del Instituto debido a que son tesis recientes, sin embargo contamos con la ayuda del asesor de los proyectos anteriores el cual nos facilitará, y apoyara en el transcurso de la elaboración del proyecto de grado. Así mismo se

obtendrá información técnica de los equipos, en donde vamos a adquirir los equipos ya que nos informarán lo necesario para una implementación fácil, y también tomando en cuenta el manual de los equipos.

#### 4.4.3 Recursos materiales

- ✓ Computador, el cual nos servirá para realizar el anteproyecto y el proyecto de grado.
- ✓ Impresora, la cual nos servirá para la impresión de documentos, información, etc.

#### 4.4.4 Recursos económicos

### PRESUPUESTO PRIMARIO

**TABLA 4.2 Presupuesto primario (VER ANEXO D)**

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Panel solar Exmork 80W	1	320.00	320.00
Batería ciclo profundo, sellada 115 Ah	3	190.00	570.00
<b>Subtotal 1:</b>	<b>4</b>	<b>Aumentando IVA</b>	<b>996.80 USD</b>

Fuente: PROVIENTO S.A. Ecuador<sup>43</sup>

Elaborado por: Flores Piña Luis Santiago

### PRESUPUESTO SECUNDARIO

<sup>43</sup> ProViento S.A., Ecuador, San Ignacio 1188 y González Suarez – Quito / Ecuador  
Tel/Fax.: (02) 2231844, Cel. Ecuador (Roaming): +59384286666, info@proviento.com, [www.proviento.com](http://www.proviento.com)

**TABLA 4.3 Presupuesto secundario**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
1	Derecho del trámite de grado	177.00
1	Asesor	120.00
70	Información de Internet (horas)	49.00
1	Gastos impresiones del trabajo de grado	60.00
1	Gastos varios	100.00
	<b>Subtotal 2:</b>	<b>506.00 USD</b>

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Piña Luis Santiago

## **PRESUPUESTO TOTAL**

**TABLA 4.4: Presupuesto total**

Presupuesto primario	996.80 USD
Presupuesto secundario	506,00 USD
<b>TOTAL</b>	<b>1502.80 USD</b>

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Flores Piña Luis Santiago

## **CAPÍTULO V**

### **5 Denuncia del tema**

**“IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN EL  
AEROGENERADOR EXISTENTE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO  
SUPERIOR AERONÁUTICO”**

## ANEXO B

Reporte de pruebas de Exmork 80P, condiciones de pruebas: 1000w/m2, AM1.5, 25°C

Type	EX-80P
Parameters	Poly-crystalline silicon
Maximum power (watt) W	80
Production tolerance	+3% /-3%
Maximum power voltage V	17.6V
Maximum power current A	4.57A
Open circuit voltage V	22.0V
Short circuit current A	4.91A
Size of module (wide and high)	920*670*35mm
Frame(type, material and thickness)	Anodized Alum. Alloy 35mm thickness
Number of cells	36pcs, 156*96 poly
By pass Schottky diode(2pcs)	10A
Type of junction box	TUV certified junction box
Certificates	CE, ROHS
Maximum system voltage	600V
Temperature coefficient of Isc	±0.05%_
Temperature coefficient of Voc	-0.33%_
Temperature coefficient of power	-0.23%_
Temperature coefficient of Imp	+0.08%_
Temperature coefficient of Vm	-0.33%_
NOCT(nominal operating cell temperature)	45_(±_)
Insulation	100MOhm
Voltage standoff	AC2000V, DC 3000V
Wind bearing	60m/s(200kg/sq.m)
Impact resistance hail impact test	227g steel ball fall down from 1m height
Encapsulated with toughened glass	Low iron tempered glass with

	thickness of 3.2mm,light transmittance above91%
Superstrate in front	Hi-sheet RC 02B (0.45mm thick)/Japan
Backside foil	PTL3-38/75(0.17mm thick),Krempel/Germany
Conversion efficiency	Cell conversion efficiency_15.75%
Container	20'(256pcs) 40'(512pcs)
Quality guarantee	2years product warranty,10years 90% and 25yesr 80% of the power

## ANEXO C

### CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F877A

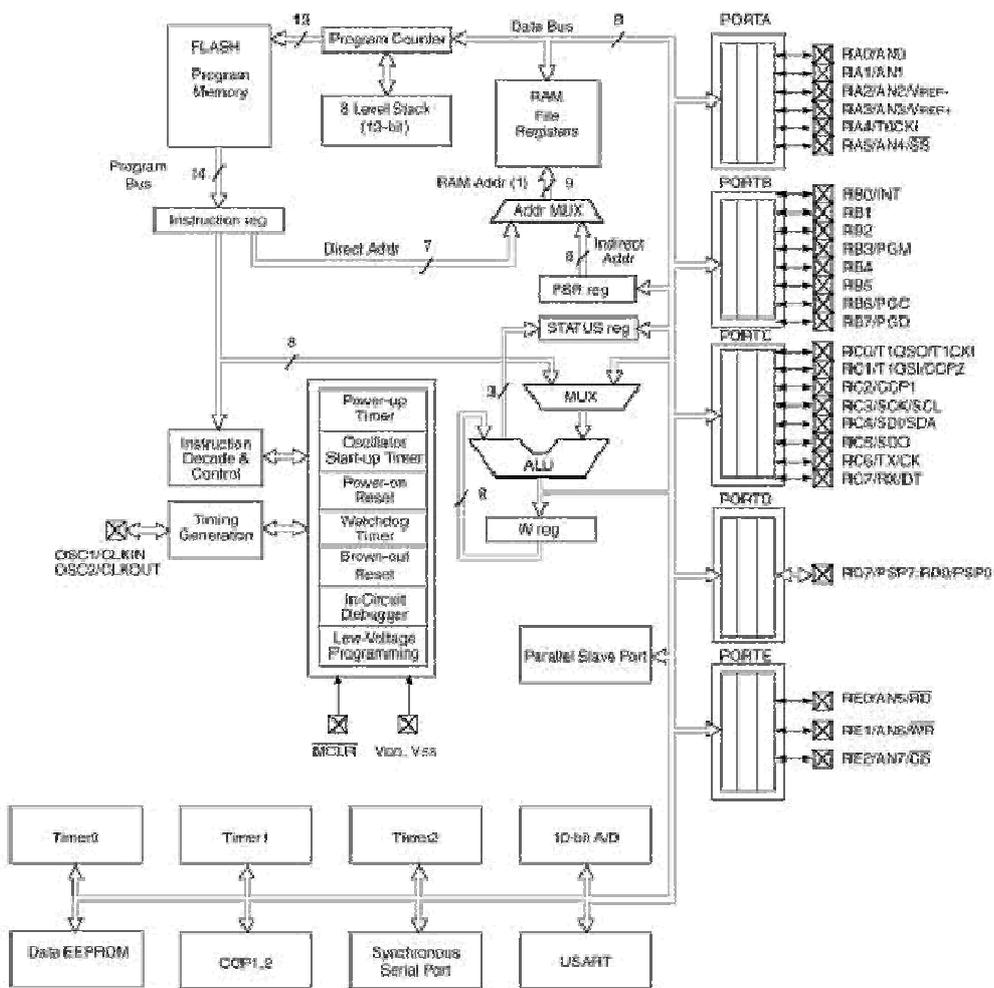
En la siguiente tabla se pueden observar las características más relevantes del dispositivo:

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>16F877</b>
Frecuencia máxima	20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones <a href="#">RAM</a> de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits

Arquitectura	Harvard
CPU	Risc
Canales Pwm	2
Pila Harware	-
Ejecución En 1 Ciclo Máquina	-

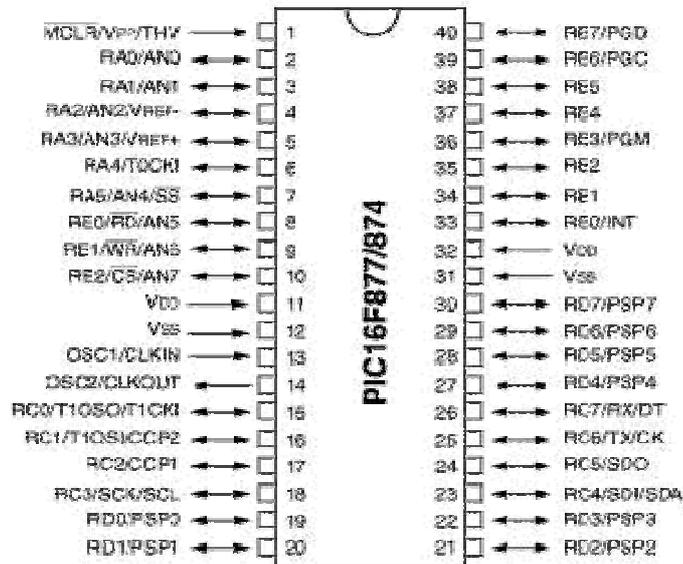
### DIAGRAMA DE BLOQUES

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F674	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F677	8K	368 Bytes	256 Bytes



## DESCRIPCIÓN DE PINES

### PDIP



NOMBRE DEL PIN	PIN	TIPO	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCIÓN
OSC1/CLKIN	13	I	ST/MOS	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa
OSC2/CLKOUT	14	O	-	Salida del oscilador de cristal
MCLR/Vpp/THV	1	I/P	ST	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de programación o modo de control high voltaje test
RA0/AN0	2	I/O	TTL	PORTA es un puerto I/O bidireccional RA0: puede ser salida analógica 0 RA1: puede ser salida analógica 1 RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje RA4: puede ser entrada de reloj el timer0. RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo seleccionado por el puerto serial síncrono.
RA1/AN1	3	I/O	TTL	
RA2/AN2/ Vref-	4	I/O	TTL	
RA3/AN3/Vref+	5	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	I/O	TTL	
RB0/INT	33	I/O	TTL/ST	PORTB es un puerto I/O bidireccional. Puede ser programado todo como entradas RB0 puede ser pin de interrupción externo.  RB3: puede ser la entada de programación de bajo voltaje Pin de interrupción
RB1	34	I/O	TTL	
RB2	35	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	I/O	TTL	
RB4	37	I/O	TTL	

<b>RB5</b>	38	I/O	TTL	Pin de interrupción
<b>RB6/PGC</b>	39	I/O	TTL/ST	Pin de interrupción. Reloj de programación serial
<b>RB7/PGD</b>	40	I/O	TTL/ST	
<b>RC0/T1OSO/T1CKI</b>	15	I/O	ST	<p>PORTC es un puerto I/O bidireccional</p> <p>RC0 puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1</p> <p>RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o salida PMW 2</p> <p>RC2 puede ser una entrada de captura y comparación o salida PWN</p> <p>RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj síncrono para modos SPI e I2C</p> <p>RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C</p> <p>RC5 puede ser la salida de datos SPI</p> <p>RC6 puede ser el transmisor asíncrono USART o el reloj síncrono.</p> <p>RC7 puede ser el receptor asíncrono USART o datos síncronos</p>
<b>RC1/T1OS1/CCP2</b>	16	I/O	ST	
<b>RC2/CCP1</b>	17	I/O	ST	
<b>RC3/SCK/SCL</b>	18	I/O	ST	
<b>RC4/SD1/SDA</b>	23	I/O	ST	
<b>RC5/SD0</b>	24	I/O	ST	
<b>RC6/Tx/CK</b>	25	I/O	ST	
<b>RC7/RX/DT</b>	26	I/O	ST	
<b>RD0/PSP0</b>	19	I/O	ST/TTL	<p>PORTD es un puerto bidireccional paralelo</p>
<b>RD1/PSP1</b>	20	I/O I/O	ST/TTL	
<b>RD2/PSP2</b>	21	I/O I/O	ST/TTL	
<b>RD3/PSP3</b>	22	I/O I/O	ST/TTL	
<b>RD4/PSP4</b>	27	I/O	ST/TTL	
<b>RD5/PSP5</b>	28		ST/TTL	
<b>RD6/PSP6</b>	29		ST/TTL	
<b>RD7/PSP7</b>	30		ST/TTL	
<b>RE0/RD/AN5</b>	8	I/O	ST/TTL	<p>PORTE es un puerto I/O bidireccional</p> <p>RE0: puede ser control de lectura para el puerto esclavo paralelo o entrada analógica 5</p> <p>RE1: puede ser escritura de control para el puerto paralelo esclavo o entrada analógica 6</p> <p>RE2: puede ser el selector de control para el puerto paralelo esclavo o la entrada analógica 7.</p>
<b>RE1/WR/AN</b>	9	I/O	ST/TTL	
<b>RE2/CS/AN7</b>	10	I/O	ST/TTL	
<b>Vss</b>	12.3 1	P	-	Referencia de tierra para los pines lógicos y de I/O
<b>Vdd</b>	11.3 2	P	-	Fuente positiva para los pines lógicos y de I/O
<b>NC</b>	-	-	-	No está conectado internamente

## ANEXO D

### Características del regulador de voltaje 7805

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Output Voltage	V <sub>O</sub>	T <sub>J</sub> = +25 °C	4.9	5	5.1	V
		I <sub>O</sub> = 5mA to 1A, P <sub>O</sub> ≤ 15W V <sub>I</sub> = 7.5V to 20V	4.8	5	5.2	
Line Regulation (Note1)	Regline	V <sub>I</sub> = 7.5V to 25V I <sub>O</sub> = 500mA	-	5	50	mV
		V <sub>I</sub> = 8V to 12V	-	3	50	
		T <sub>J</sub> = +25 °C	V <sub>I</sub> = 7.3V to 20V		-	
			-	1.5	25	
Load Regulation (Note1)	Regload	T <sub>J</sub> = +25 °C I <sub>O</sub> = 5mA to 1.5A	-	9	100	mV
		I <sub>O</sub> = 5mA to 1A	-	9	100	
		I <sub>O</sub> = 250mA to 750mA	-	4	50	
Quiescent Current	I <sub>Q</sub>	T <sub>J</sub> = +25 °C	-	5.0	6.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI <sub>Q</sub>	I <sub>O</sub> = 5mA to 1A	-	-	0.5	mA
		V <sub>I</sub> = 8 V to 25V, I <sub>O</sub> = 500mA	-	-	0.8	
		V <sub>I</sub> = 7.5V to 20V, T <sub>J</sub> = +25 °C	-	-	0.8	
Output Voltage Drift	ΔV/ΔT	I <sub>O</sub> = 5mA	-	-0.8	-	mV/°C
Output Noise Voltage	V <sub>N</sub>	f = 10Hz to 100KHz T <sub>A</sub> = +25 °C	-	10	-	μV/V <sub>O</sub>
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz, I <sub>O</sub> = 500mA V <sub>I</sub> = 8V to 18V	-	68	-	dB
Dropout Voltage	V <sub>Drop</sub>	I <sub>O</sub> = 1A, T <sub>J</sub> = +25 °C	-	2	-	V
Output Resistance	r <sub>O</sub>	f = 1KHz	-	17	-	mΩ
Short Circuit Current	I <sub>SC</sub>	V <sub>I</sub> = 35V, T <sub>A</sub> = +25 °C	-	250	-	mA
Peak Current	I <sub>PK</sub>	T <sub>J</sub> = +25 °C	-	2.2	-	A

## HOJA DE VIDA



### **DATOS PERSONALES**

**NOMBRES:** Luis Santiago Flores Piña

**NACIONALIDAD:** Ecuatoriana

**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Cotopaxi, Latacunga 5 de marzo 1989

**CÉDULA CIUDADANÍA:** 050293779-0

**TIPO DE SANGRE:** ORH (+)

**TELÉFONOS:** 092662143, 095853529, 032262524

**CORREO ELECTRÓNICO:** santyflopy@hotmail.com

**ESTADO CIVIL:** Soltero

**EDAD:** 22 años

### **DIRECCIÓN DE DOMICILIO**

**PROVINCIA:** Cotopaxi

**CIUDAD:** Latacunga

**SECTOR:** Parroquia San Buenaventura, Barrio San Silvestre

### **ESTUDIOS CURSADOS**

**PRIMARIA:** Escuela Fiscal "Simón Bolívar", (1994-2000)

**SECUNDARIA:** Colegio Particular Técnico Industrial "Hermano Miguel", (2000-2006)

- **Título otorgado:** Bachiller Técnico Industrial especialización “Electrónica”

**PROFESIONAL:** Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA)

- **Carrera:** Tecnólogo en “Electrónica mención instrumentación y aviónica”, (2006-2009)

### **CURSOS REALIZADOS**

- **Labview Básico 7.0** modalidad de capacitación realizado en la ciudad de Latacunga, con duración de sesenta horas.
- **Programa integral en redes de información y administración de sistemas operativos**, realizado en la ciudad de Latacunga, con una duración de 80 horas.
- **Suficiencia en ingles**, realizada en el ITSA.

### **PASANTÍAS REALIZADAS**

- **Aeropolicial**, cargo ocupado en el departamento de mantenimiento y realizando prevuelo. (Duración de 200 horas)
- Línea aérea **TAME**, cargo ocupado en el departamento de frenos y ruedas. Realizando prevuelo. (Duración de 200 horas)

### **EXPERIENCIA LABORAL**

Empleado en el PLAY ZONE (Diversión y entretenimiento familiar)  
Cargo desempeñado Técnico, tiempo colaborando a la empresa de un año nueve meses.

### **REFERENCIAS PERSONALES**

**Nombre:** Manuel Piña      **Parentesco:** Tío      **Teléfono:** 032807245

**Nombre:** María Piña      **Parentesco:** Madre      **Teléfono:** 032262524

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA  
EL AUTOR**

---

**A/C. FLORES PIÑA LUIS SANTIAGO**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

---

**ING. PABLO PILATASIG**

Latacunga, 13 de Octubre del 2011.

## **CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Yo, FLORES PIÑA LUIS SANTIAGO, egresado de la carrera de ELECTRÓNICA MENCION INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA , en el año 2009, con Cédula de Ciudadanía N° 050293779-0, autor del Trabajo de Graduación **“IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES EN EL AEROGENERADOR EXISTENTE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”**, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

A/C. FLORES PIÑA LUIS SANTIAGO

Latacunga, 13 de Octubre del 2011.