

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES
**“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electrónico mención
Telecomunicaciones”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PROTOTIPO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMESTICA SUMINISTRADA POR
PANELES FOTOVOLTAICOS**

Autor:

Jaime Paúl Flor Mora

Director:

Ing. Giovanni Cuzco

Riobamba, Junio de 2012

CALIFICACIÓN

Los miembros del tribunal, luego de haber receptado la Defensa de trabajo escrito, hemos determinado la siguiente calificación.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Yesenia Cevallos
Presidente

Firma

Ing. Giovanni Cuzco
Director

Firma

Ing. Aníbal Llanga
Asesor

Firma

DERECHO DE AUTOR

Yo, Jaime Paúl Flor Mora, soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas expuestas en el presente trabajo de investigación, y los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo.

DEDICATORIA

A mi Dios, Padre, Amigo, Creador y Salvador de mi vida, quien me ha dado la capacidad, inteligencia y destreza para realizar todo lo que me he propuesto. A mis padres Jaime y María quienes han formado mi vida y han sido mi apoyo incondicional junto con mis hermanos Andrés, Patricio y Doris. A mi amada esposa Flor María, mi valiente hijo Jaime David y mis hermosas princesas Andreita y Pamelita quienes han compartido su vida junto a mí y han sido mi inspiración y por quienes me he esforzado y luchado para hacer realidad este sueño de mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

Eterna gratitud a mi Dios. A la Universidad Nacional de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería, a sus directivos, profesores y empleados. Al Ingeniero Giovanni Cuzco Director de Tesis y a los miembros del tribunal. A mis amigos y compañeros con quienes compartimos excelentes momentos y conocimiento en la vida Universitaria.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.i
SUMARY	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	14
1.- MARCO REFERENCIAL	14
1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2.- OBJETIVOS	14
1.2.1.- GENERAL	14
1.2.2.- ESPECÍFICOS	15
1.3.- JUSTIFICACIÓN	15
CAPÍTULO II.....	15
2.-MARCO TEÓRICO	16
2.1.- ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.2.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	17
2.2.1.- ELECTRIFICACIÓN SOLAR FOTOVOLTÁICA	17
2.3.- COMPONENTES UTILIZADOS.....	20
2.3.1.- PANELES SOLARES.....	20
2.3.2.- DIODOS.....	23
2.3.3.- TRANSISTOR	30
2.3.4.- TRANSFORMADOR	34
2.3.5.- REGULADOR DE VOLTAJE	37
2.3.6.- RELÉ.....	38
2.3.7.- CAPACITORES CERÁMICOS Y ELECTROLÍTICOS	40
2.3.8.- RESISTENCIA O RESISTOR	42
2.3.9.- CI 555	46
2.3.10.- CI 4047	49
2.3.11.- FUSIBLE.....	52
CAPÍTULO III	54
3.- MARCO METODOLÓGICO	54
3.1.- DESARROLLO DEL TRABAJO	544
3.1.1.- ESTUDIO DE LA NECESIDAD DE ENERGÍA EN UNA CASA	55
3.1.2.- DISEÑO DEL SISTEMA PARA UNA CASA PROMEDIO	59

3.1.2.1.- CALCULO DE ILUMINACIÓN	59
3.1.2.2.- CALCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	68
3.1.2.3.- ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS	86
3.1.2.4.- ASPECTOS ECONÓMICOS	87
3.1.3.- DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	90
3.1.3.1.- RECURSOS UTILIZADOS	108
3.1.3.2.- PRESENTACIÓN DE LA APLICACIÓN	109
3.1.3.3.- PRESENCIA DE ARMÓNICOS EN LA RED	110
CAPÍTULO IV	113
4.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	113
4.1.- RESULTADOS OBTENIDOS	113
4.2.- RADIACIÓN SOLAR Y COSTOS	114
CAPÍTULO V	118
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
5.1.- CONCLUSIONES	118
5.2.- RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFÍA	121
ANEXOS	123
ANEXO A.- Ejemplo del Consumo de un Computador Personal	123
ANEXO B.- Consumos eléctricos.	124
ANEXO C.- Resultados para el potencial solar	125
ANEXO D.- Tabla para documentar los consumos de energía domestica	126
ANEXO E.- Radiación solar en Ecuador	128
ANEXO F.- Costos KWh europa	129
ANEXO G.- Circuito Trazado	130
ANEXO H.- Hojas de datos del fabricante	131

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resistores con materiales especiales.....	44
Cuadro 2. Valores de las resistencias	46
Cuadro 3. Demanda de energía eléctrica en Ecuador.....	55
Cuadro 4. Potencia promedio de gasto de aparatos eléctricos.....	56
Cuadro 5. Factor de utilización en función de las características del local.....	61
Cuadro 6. Reflectancia para diversos materiales y terminaciones	62
Cuadro 7. Equivalencia de potencia de consumo de lámparas.....	67
Cuadro 8. Estimación de consumo de iluminación	68
Cuadro 9. Irradiación solar	71
Cuadro 10. Distancias entre Paneles FV, edificio, angulos de elevacion, acimut.....	74
Cuadro 11. Perdidas de radiación solar por sombras.....	77
Cuadro 12. Valores de irradiación menos pérdidas por orinetación, inclinación, sombra ..	78
Cuadro 13. Horas solares pico (h) mensuales.....	78
Cuadro 14. Factor de cobertura solar NP=1, Wp=130W	79
Cuadro 15. Factor de cobertura solar NP=1, Wp=20W	80
Cuadro 16. Factor de cobertura solar NP=1, Wp=30W	80
Cuadro 17. Estimación de consumos energéticos	83
Cuadro 18. Factor de cobertura solar NP=30	84
Cuadro 19. Factor de cobertura solar NP=8	84
Cuadro 20. Factor de cobertura solar NP=5	85
Cuadro 21. Resumen y elección de equipos para el sistema de iluminación	86
Cuadro 22. Resumen y elección de equipos para el sistema en general.....	86
Cuadro 23. Costo de los equipos del sistema de iluminación	87
Cuadro 24. Costo de los equipos sistema general	88
Cuadro 25. Estimación de recuperación de la inversión para el sistema de energía	89
Cuadro 26. Materiales básicos.....	108
Cuadro 27. Financiamiento	109
Cuadro 28. Costos de Kwh para energía alterna	114
Cuadro 29. Costo de un sistema fotovoltaico para un hogar	117

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Sistema de Electrificación fotovoltaico.....	17
Gráfica 2. Célula fotovoltaica y panel fotovoltaico.....	21
Gráfica 3. Célula Tandem.....	22
Gráfica 4. Composición del diodo.....	24
Gráfica 5. Polarización del diodo	25
Gráfica 6. Funcionamiento del diodo	26
Gráfica 7. Curva diodo real	27
Gráfica 8. Funcionamiento Led	28
Gráfica 9. Simbología del Led.....	29
Gráfica 10. Transistores bipolares	30
Gráfica 11. Modelos de Transistores de unión	31
Gráfica 12. Representación de los transistores	31
Gráfica 13. Símbolo del transistor BJT	32
Gráfica 14. Funcionamiento del transistor	32
Gráfica 15. Polarización del transistor bipolar	32
Gráfica 16. Simbología del transistor NMOS y PMOS.	34
Gráfica 17. Estructura de un transistor NMOS.....	34
Gráfica 18. Representación esquemática del transformador	35
Gráfica 19. Relaciones en un transformador	36
Gráfica 20. Reguladores de voltaje.	37
Gráfica 21. Relés.	39
Gráfica 22. Capacitor electrolítico y cerámico.....	41
Gráfica 23. Representación de una resistencia	42
Gráfica 24. Tipos de resistencias	43
Gráfica 25. Resistencias variables	43
Gráfica 26. Representación de una resistencia variable	44
Gráfica 27. Representación del CI 555.....	47
Gráfica 28. Conexiones de funcionamiento del CI 555.....	47
Gráfica 29. Funcionamiento del CI 555 modo astable	48
Gráfica 30. Diagrama en bloques CI 4047	49
Gráfica 31. Representación del CI 4047.....	50
Gráfica 32. Fusible encapsulado.....	52
Gráfica 33. Uso del fusible	53
Gráfica 34. Planta casa	60
Gráfica 35. Eficiencia de Lm/w.....	66
Gráfica 36. Aprovechamiento de la luz	66
Gráfica 37. Disposición de lamparas LED	67
Gráfica 38. Disposición de lamparas CFL	68
Gráfica 39. Diagrama polar de pérdidas por orientación e inclinación	73
Gráfica 40. Proyección de sombras sobre las superficies Fotovoltaicas	75
Gráfica 41. Diagrama de trayectorias del sol	76
Gráfica 43. Diagrama de funcionamiento del sistema fotovoltaico.....	82
Gráfica 44. Panel Solar.....	90
Gráfica 45. Característica de carga de una batería	94
Gráfica 46. Característica de descarga de una batería.....	95

Gráfica 47. SOC en función de la temperatura.....	96
Gráfica 48. Circuito del cargador automático de baterías	98
Gráfica 49. Inversor centralizado	101
Gráfica 50. Inversor medio puente	102
Gráfica 51. Esquema de bloques del prototipo.....	103
Gráfica 52. Esquema del Inversor	104
Gráfica 53. Sección de potencia del circuito	105
Gráfica 54. Detector de funcionamiento automático.....	107
Gráfica 55. Lámpara CFL.....	107
Gráfica 56. Placa del circuito Cargador de batería e Inversor.....	109
Gráfica 57. Impedancia vs Armónico.....	111

RESUMEN

La explotación indiscriminada de los recursos que nos ofrece nuestro planeta nos ha llevado a un deterioro del mismo de forma acelerada, contaminando nuestro entorno sobre todo en las ciudades y causando un grave daño a nuestra salud y la de nuestra sociedad.

Proteger nuestro planeta del deterioro y la explotación de sus recursos es nuestro deber y obligación si deseamos un mejor futuro para nosotros y nuestros hijos. El uso de energías alternativas para disminuir el rápido deterioro de nuestro planeta es hoy en día uno de los aspectos más importantes para los gobiernos de cada país, los cuales impulsan y fomentan la investigación, desarrollo y la adquisición de esta tecnología.

Aprovechar esta tecnología que no solamente mejora nuestra calidad de vida sino que también protege a nuestra familia y al planeta es algo primordial a lo que debemos enfocarnos, mediante el uso de los Paneles Fotovoltaicos logramos una importante contribución en el cuidado de nuestro planeta, ya que consumen energía pura y también tienen un bajo impacto en la contaminación ambiental. Aunque sus costos son un poco elevados a futuro representan un ahorro en la economía familiar y empresarial.

Para poder implementar esta tecnología a nivel doméstico se ha realizado las investigaciones y la elaboración de este trabajo que utiliza paneles fotovoltaicos para alimentar con energía eléctrica a un aparato eléctrico doméstico, que a futuro podría ser ampliado a la alimentación eléctrica de toda una vivienda.

Como resultado de este Trabajo de Graduación se elaborara un “PROTOTIPO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMESTICA SUMINISTRADA POR PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS”, el cual permitirá obtener energía pura y con un bajo impacto ambiental usando tecnología actual.

SUMMARY

The indiscriminate exploitation of the resources the planet offers to us has led to a continuous deterioration and environment pollution. This is especially in the cities causing serious damages to health and society.

To protect our planet from degradation and exploitation of resources and build a better planet for the future generations depends of us. The use of alternative energy to reduce the fast deterioration of the planet is now one of the most important issues the governments of each country has to deal with. It promotes and encourages research, development and acquisition of this technology.

Taking advantage of this technology that not only improves life quality but also protects families and the planet is the main point to focus on. Using photovoltaic panels makes a big contribution to the planet conservation since pure energy is consumed and also has a low impact on environmental pollution. Although costs may be slightly higher, a saving in the household economy and business may be seen in the future.

To implement this technology in a house, the research and development of this work that uses solar panels to feed electricity to a domestic appliance has been carried out. In future it could be extended and provide with electricity power to an entire home.

As a result of this graduate work a "PROTOTYPE OF DOMESTIC ELECTRICITY SUPPLIED BY PHOTOVOLTAIC SOLAR PANELS" which allows obtaining pure energy and low environmental impact using current technology.

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo de grado permitirá implementar un “PROTOTIPO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMESTICA SUMINISTRADA POR PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS”.

En el primer capítulo se explican las razones por las que se ha llevado a cabo este proyecto y los objetivos que se pretenden conseguir con el desarrollo del trabajo.

En el segundo capítulo del trabajo se explica de forma general la teoría de los componentes y sistemas de transformación de energía utilizados para suministrar energía eléctrica a una vivienda, sistemas de energía con paneles fotovoltaicos, sus características, objetivos y aplicaciones.

En el tercer capítulo se expone la descripción del marco metodológico y los diferentes procesos realizados para suministrar energía eléctrica por medio de los paneles fotovoltaicos.

En el cuarto capítulo se describen las pruebas realizadas en el presente Trabajo de Graduación.

En el último capítulo figuran las conclusiones respecto a los objetivos definidos, los problemas que nos hemos encontrado al realizar dichas pruebas las mejoras que se podrían realizar a la hora de repetir las pruebas y el trabajo que se podría hacer además del que ya está hecho para mejorar los resultados.

CAPÍTULO I

1. - MARCO REFERENCIAL

1.1. - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día hay al alto índice de contaminación en nuestro planeta y explotación de varios recursos naturales que tarde o temprano terminará por agotarse y dejarnos sin una fuente de energía muy importante, además vemos que cada día aumenta el deterioro de nuestro planeta y nos limita a realizar algunas funciones que nos ayudan al desarrollo de la civilización.

Sería muy lamentable que por nuestra irresponsabilidad nos quedemos sin formas de energía para nuestro diario vivir por esta razón es necesario que concienticemos si estamos o no en un rumbo que ayuda a cuidar nuestro planeta.

Es triste ver el desinterés de la gente que, sabiendo de la existencia de otros tipos de energía no hacen el menor esfuerzo para frenar el deterioro de nuestra naturaleza.

Utilizar las tecnologías que hoy en día permiten obtener energía limpia y de bajo impacto al medio ambiente es primordial para tener al futuro una mejor calidad de vida y cuidar nuestro planeta, es por este motivo que se hace imperativo aprovechar estos recursos en beneficio de todos.

A partir de esta gran necesidad de cuidar el planeta y sus recursos, se propone un sistema de energía mediante paneles fotovoltaicos que suministren energía eléctrica a una vivienda, siendo en primera instancia la prioridad probarlo en un aparato eléctrico doméstico.

1.2.- OBJETIVOS

1.2.1.- GENERAL

Realizar un PROTOTIPO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMESTICA SUMINISTRADA POR PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.

1.2.2.- ESPECÍFICOS

- 1.2.2.1.-Realizar el estudio del funcionamiento de los paneles fotovoltaicos.
- 1.2.2.2.-Calcular la demanda de energía eléctrica para una pequeña vivienda
- 1.2.2.3.-Dimensionar un sistema de energía eléctrica fotovoltaica para una pequeña vivienda.
- 1.2.2.4.-Implementar el prototipo del sistema de energía fotovoltaica para un aparato eléctrico doméstico o iluminación.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

Debido a que en la actualidad las fuentes que suministran energía a los hogares en el mundo causan una gran parte de la contaminación al medio ambiente, es de vital importancia encontrar formas alternativas de energía las cuales causen un mínimo o bajo impacto en nuestro planeta y sean accesibles a los hogares de nivel económico promedio.

Tanto el consumo como la obtención de energía eléctrica actual están afectando los recursos naturales que tenemos, por esto es que se debe evitar que el medio ambiente sea explotado indiscriminadamente ya que al cuidarlo aseguramos un mejor futuro de vida para nuestras futuras generaciones.

Es por esta razón que al encontrar una fuente alternativa de energía que ofrezca un bajo impacto al medio ambiente la debemos aprovechar al máximo.

Contar con paneles fotovoltaicos en la actualidad nos suministra esa gran alternativa que estamos buscando, esta es la razón por la cual la realización de un “PROTOTIPO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMESTICA SUMINISTRADA POR PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS” es una de las excelentes alternativas para encontrar nuestra fuente de energía de bajo impacto al medio ambiente.

CAPÍTULO II

2.-MARCO TEÓRICO

2.1.- ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

La energía eléctrica mediante paneles solares al inicio fue aplicada en satélites, en el año 1958 el Vanguard I fue el primer satélite en utilizarlos.

Pese al gran éxito de la tecnología fotovoltaica en el espacio, el costo de los paneles solares seguía siendo demasiado alto para hacerlo competitivo en aplicaciones terrestres.

Esta situación cambió cuando a principios de los años 70 el Dr. Elliot Berman con la ayuda financiera de EXXON consiguió crear una célula solar mucho más barata que reducía el coste por vatio de \$100 a \$20. Para ello empleo un silicio con un grado de pureza menor y unos materiales encapsulantes más baratos.

Tal fue el impulso que esta tecnología recibió que en el año 1975 las aplicaciones terrestres habían ya superado a las espaciales. Poco a poco, en las siguientes décadas, se fueron encontrando nuevas aplicaciones para la energía solar fotovoltaica que siguieron desarrollando el uso de esta tecnología.

A partir de los años 80 aparecen las primeras casas con electrificación fotovoltaica en los países desarrollados. Este concepto propone establecer un sistema de provisión de energía descentralizado en el que cada hogar se genera su propia energía en vez de establecer una gran central y un sistema de distribución de la misma.

En los últimos años, con la aparición de la tecnología de los paneles flexibles a precios asequibles, han proliferado también los gadgets solares destinados a recargar las baterías de numerosos artículos portátiles (teléfonos portátiles, cámaras de fotos, reproductores portátiles de música etc...). así como kits solares para electrificar las caravanas o barcos.

EEUU, tras la subida al poder de Barack Obama, ha anunciado su decisión de apostar fuerte por las energías renovables en unos objetivos de implantación semejantes a los de la Unión Europea para así reducir el impacto en el medio ambiente y la dependencia de ese país al petróleo extranjero.

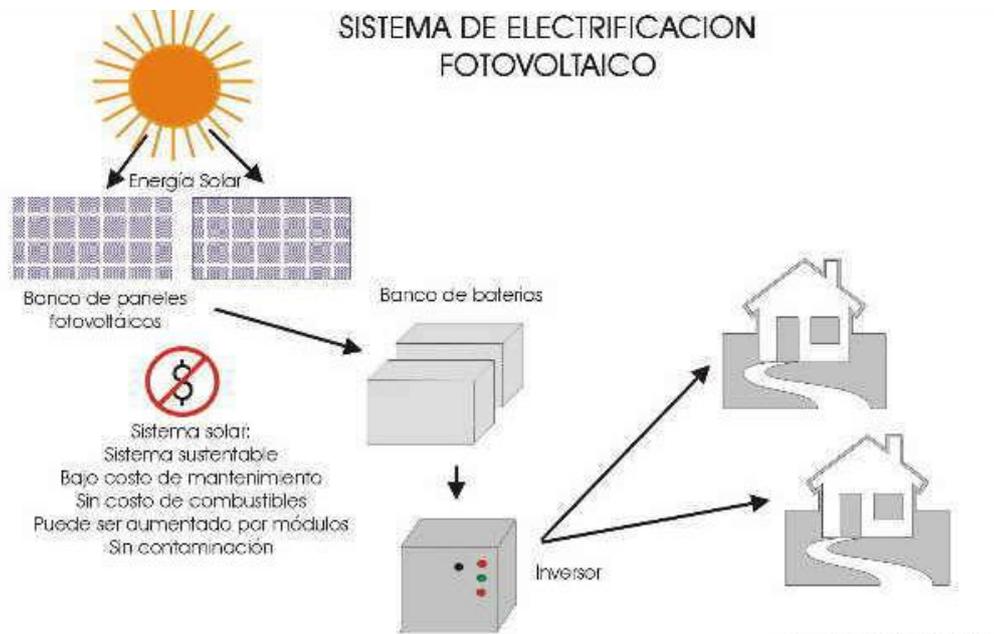
En nuestro país, luego de la crisis energética que se vivió meses atrás, el gobierno ha buscado varias formas de energía que contribuyan a la producción de energía propia, llevando así a invertir en la compra de paneles solares los mismos que van a ser entregados en el oriente ecuatoriano, este anuncio lo hizo el ministro de energía el 07 de marzo del presente.

Como podemos ver actualmente están tomando muy en serio esta nueva alternativa de energía que está cuidando el medio ambiente y mejorando la calidad de vida de los ecuatorianos.

2.2.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1.- ELECTRIFICACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es una forma de obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.



Gráfica 1. Sistema de electrificación fotovoltaico

Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.

El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos.

A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica, operación sujeta a subvenciones para una mayor viabilidad.

Los paneles solares fotovoltaicos producen energía eléctrica con corriente continua a base de la energía solar. Los módulos tienen una vida útil de 25 a 30 años aproximadamente.

En las células de silicio se transforma la energía de los fotones de los rayos solares en energía eléctrica.

Este proceso funciona también cuando hay nubes livianas, pero con menos rendimiento: aquí es importante la construcción interna de cada panel, específicamente cuantas células estén conectadas en serie, y el dimensionamiento del sistema solar. Mejor rendimiento con luz indirecta (con nubes livianas) tienen paneles que internamente constan de 36 (o múltiplos de 36) celdas en serie, porque producen una tensión más alta, que permite cargar las baterías todavía con un promedio de 30% de la potencia máxima.

Las placas fotovoltaicas no tienen partes móviles y por ello no necesitan mayor o cuidadoso mantenimiento. Según su sitio de instalación (polvos) tienen que ser limpiados manualmente con agua.

Los módulos se colocan por ejemplo en el techo, donde llega mayor tiempo el sol o donde hay menos sombra.

A.- GENERALIDADES DE LA ELECTRIFICACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar es:

SUSTENTABLE

El aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía, por sí ya es sustentable, porque usa como fuente de energía los rayos solares y protege entonces al medio ambiente, pero la sostenibilidad también debe incluir un bajo costo de operación y la garantía que el sistema funciona a largo plazo sin mayores costos o dependencias.

FACIL

El manejo de un sistema solar fotovoltaico es tan fácil como conectarse a la red pública.

El mantenimiento normal consiste en limpiar de vez en cuando los vidrios de los paneles. Se puede aprender cómo mantener las baterías (secas o de gel) y controlar el buen estado del sistema.

La mayoría de los equipos, como reguladores o inversores, tienen indicadores del estado o del funcionamiento.

No se tiene que pagar panillas de consumo de luz o comprar y transportar combustible.

No tiene que preocuparse de problemas de aumento de consumo, porque los sistemas son modulares.

Tampoco hay que preocuparse de aumentos del precio de la energía eléctrica o peor de fallas o apagones de la red pública eléctrica.

B.- FUNCIONAMIENTO GENERAL

Se capta y transforma los rayos del sol (photones) con los paneles solares a energía eléctrica continua, que se acumula en el banco de baterías o acumuladores.

Con el inversor se transforma la corriente continua de 12 o 24 voltios en corriente alterna de 110 voltios, la cual se distribuye a través de la red de cables a la(s) casa(s), donde están conectados los consumidores como: lámparas fluorescentes, radiograbadoras, televisores, licuadoras, ventiladores, refrigeradoras, bomba de agua, etc.

Este tipo de sistema de energía eléctrica fotovoltaica reúne como todos los sistemas solares las siguientes características importantes:

SUSTENTABLE

Se dice Sustentable porque la fuente de energía es el sol, no contamina el ambiente, ni consume combustibles, tiene larga vida útil (los paneles más de 25 años) y es aumentable por módulos, no requiere mayor mantenimiento.

INDEPENDIENTE

Se dice Independiente en referencia a las fuentes contaminantes o perecibles como la conexión a la red pública eléctrica y combustibles que contaminan, sólo depende del sol que es una fuente no contaminante.

2.3.- COMPONENTES UTILIZADOS

2.3.1.- Paneles solares

Para la fabricación de paneles solares fotovoltaicos se emplea tecnología muy avanzada y compleja. Sin bien está al alcance de muchos fabricantes la producción de colectores solares térmicos con un grado de eficacia aceptable, no ocurre lo mismo con los paneles solares fotovoltaicos, donde muy pocas compañías en el mundo cuentan con la capacidad y los recursos técnicos necesarios para producirlos.

El funcionamiento de los paneles se basa en el efecto fotovoltaico. Este efecto se produce cuando sobre materiales semiconductores convenientemente tratados incide la radiación solar produciéndose electricidad.

Proceso básico de fabricación:

1- En una lámina de material semiconductor puro se introducen elementos químicos llamados dopantes que hacen que esta tenga un exceso de electrones y aunque no exista en realidad desequilibrio eléctrico (existirá el mismo número de electrones que de neutrones en el total de la plancha del semiconductor) convencionalmente se entiende que esta plancha tiene una carga negativa y se la denomina N

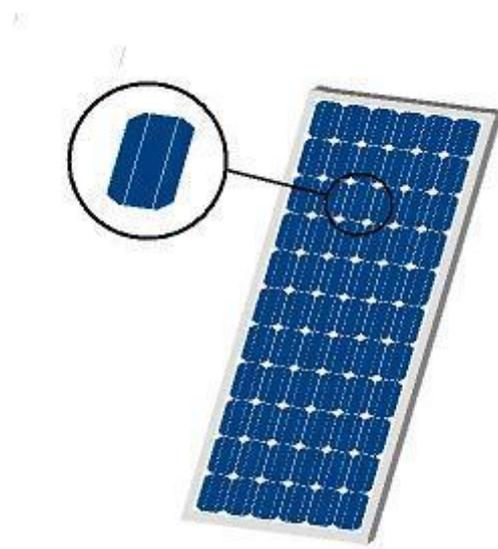
2- Por otro lado en otra lámina de material semiconductor se hace el mismo proceso pero en esta ocasión con otra sustancia dopante que provoca que haya una falta de electrones. Por esta razón se entiende convencionalmente que la plancha tiene una carga positiva y se le denomina P

3- Es en este punto donde se procede a realizar la unión P-N en la cual el exceso de electrones de N pasa al otro cristal y ocupa los espacios libres en P. Con este proceso la zona inmediata a la unión queda cargada positivamente en N y negativamente en P creándose un campo eléctrico cuya barrera de potencial impide que continúe el proceso de trasvase de electrones de una plancha a la otra.

Bases del funcionamiento de las células fotovoltaicas

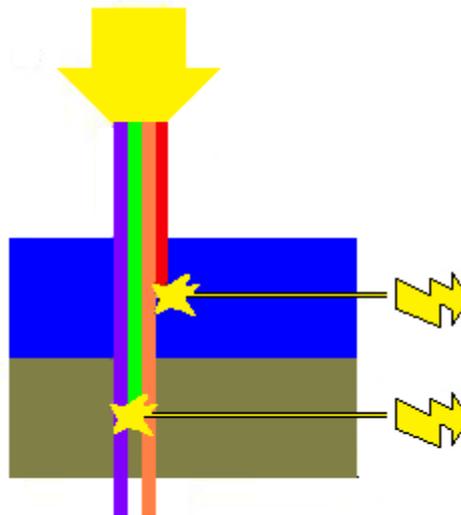
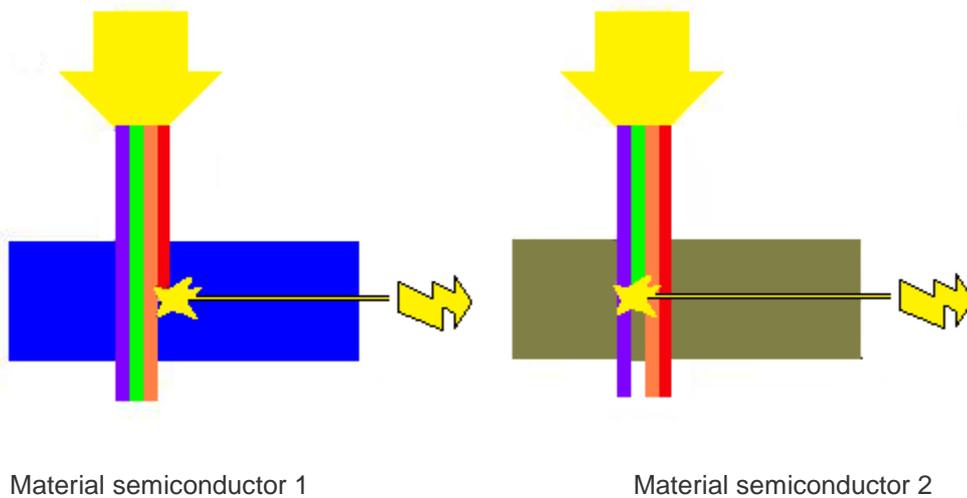
Cuando el conjunto queda expuesto a la radiación solar, los fotones contenidos en la luz transmiten su energía a los electrones de los materiales semiconductores que pueden entonces romper la barrera de potencial de la unión P-N y salir del semiconductor a través de un circuito exterior, produciéndose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

El modulo más pequeño de material semiconductor con unión P-N y por lo tanto con capacidad de producir electricidad, es denominado célula fotovoltaica. Estas células fotovoltaicas se combinan de determinadas maneras para lograr la potencia y el voltaje deseados. Este conjunto de células sobre el soporte adecuado y con los recubrimientos que le protejan convenientemente de agentes atmosféricos es lo que se denomina panel fotovoltaico.



Gráfica 2. Célula fotovoltaica y panel fotovoltaico

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%



Gráfica 3. Célula Tandem (Material semiconductor 1 + 2)

(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 Tandem 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.

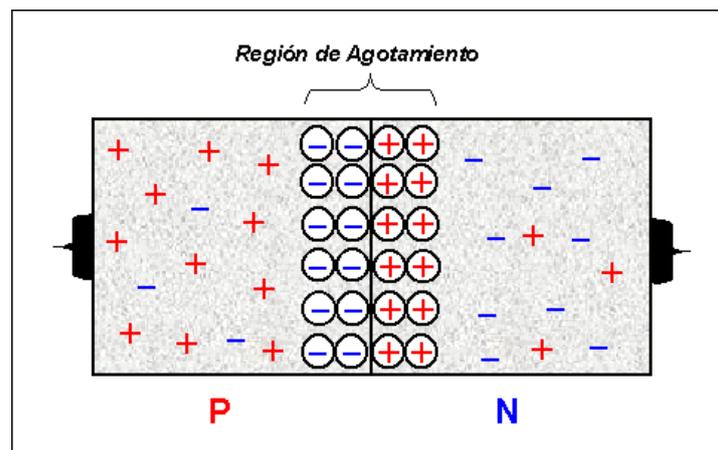
2.3.2.- Diodos

Diodo, componente electrónico que permite el paso de la corriente en un solo sentido. Los diodos más empleados en los circuitos electrónicos actuales son los diodos fabricados con material semiconductor. El más sencillo, el diodo con punto de contacto de germanio, se creó en los primeros días de la radio. En los diodos de germanio (o de silicio) modernos, el cable y una minúscula placa de cristal van montados dentro de un pequeño tubo de vidrio y conectados a dos cables que se sueldan a los extremos del tubo.

Los diodos de unión constan de una unión de dos tipos diferentes de material semiconductor. El diodo Zener es un modelo especial de diodo de unión, que utiliza silicio, en el que la tensión en paralelo a la unión es independiente de la corriente que la atraviesa. Debido a esta característica, los diodos Zener se utilizan como reguladores de tensión.

Por otra parte, en los diodos emisores de luz (LED, acrónimo inglés de Light-Emitting Diode), una tensión aplicada a la unión del semiconductor da como resultado la emisión de energía luminosa. Los LED se utilizan en paneles numéricos como los de los relojes digitales electrónicos y calculadoras de bolsillo.

El diodo semiconductor se forma uniendo los materiales tipo N y tipo P, los cuales deben estar contruidos a partir del mismo material base, el cual puede ser Ge o Si. En el momento en que dos materiales son unidos (uno tipo N y el otro tipo P), los electrones y los huecos que están en, o cerca de, la región de "unión", se combinan y esto da como resultado una carencia de portadores (tanto como mayoritarios como minoritarios) en la región cercana a la unión. Esta región de iones negativos y positivos descubiertos recibe el nombre de Región de Agotamiento por la ausencia de portadores.

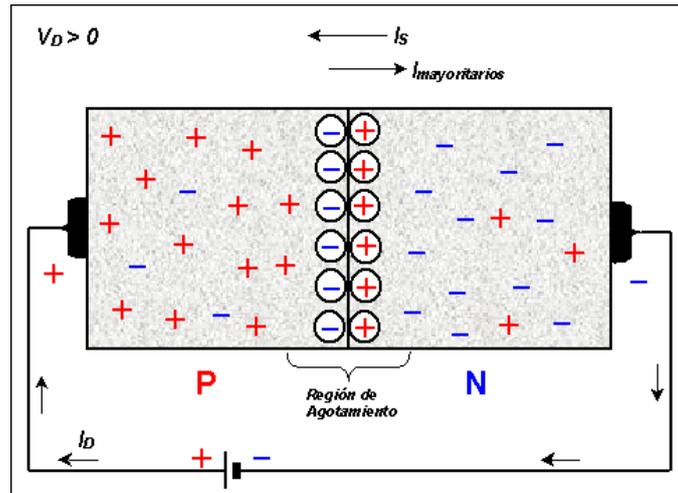


Gráfica 4. Composición del diodo

Existen tres posibilidades al aplicar un voltaje a través de las terminales del diodo:

- No hay polarización ($V_d = 0 \text{ V}$).
- Polarización directa ($V_d > 0 \text{ V}$).
- Polarización inversa ($V_d < 0 \text{ V}$).

$V_d = 0 \text{ V}$. En condiciones sin polarización, los portadores minoritarios (huecos) en el material tipo N que se encuentran dentro de la región de agotamiento pasarán directamente al material tipo P y viceversa. En ausencia de un voltaje de polarización aplicado, el flujo neto de carga (corriente) en cualquier dirección es cero para un diodo semiconductor.



Gráfica 5. Polarización del diodo

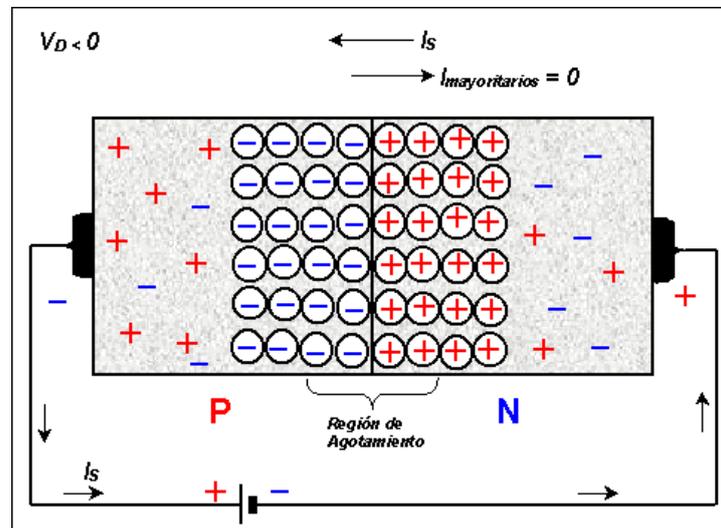
La aplicación de un voltaje positivo "presionará" a los electrones en el material tipo N y a los huecos en el material tipo P para recombinar con los iones de la frontera y reducir la anchura de la región de agotamiento hasta desaparecerla cuando $V_D = 0.7$ V para diodos de Silicio.

$$I_D = I_{\text{mayoritarios}} - I_s$$

Condición de Polarización Inversa ($V_D < 0$ V). Bajo esta condición el número de iones positivos descubiertos en la región de agotamiento del material tipo N aumentará debido al mayor número de electrones libres arrastrados hacia el potencial positivo del voltaje aplicado. El número de iones negativos descubiertos en el material tipo P también aumentará debido a los electrones inyectados por la terminal negativa, las cuales ocuparán los huecos.

El fenómeno explicado anteriormente, en ambos tipos de material N y P, provocará que la región de agotamiento se ensanche o crezca hasta establecer una barrera tan grande que los portadores mayoritarios no podrán superar, esto significa que la corriente I_D del diodo será cero. Sin embargo, el número de portadores minoritarios que estarán entrando a la región de agotamiento no cambiará, creando por lo tanto la corriente I_s . La corriente que existe bajo condiciones de polarización inversa se denomina corriente de saturación inversa, I_s .

El término "saturación" proviene del hecho que alcanza su máximo nivel (se satura) en forma rápida y no cambia significativamente con el incremento en el potencial de polarización inversa, hasta que al valor V_Z o VPI, voltaje pico inverso.



Gráfica 6. Funcionamiento del diodo

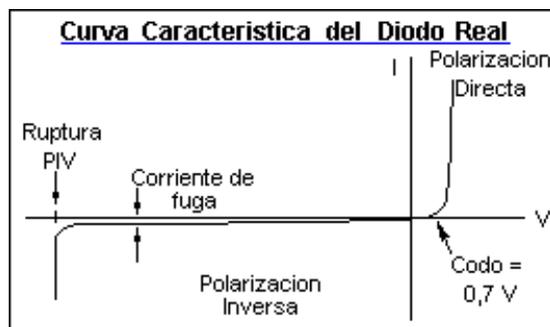
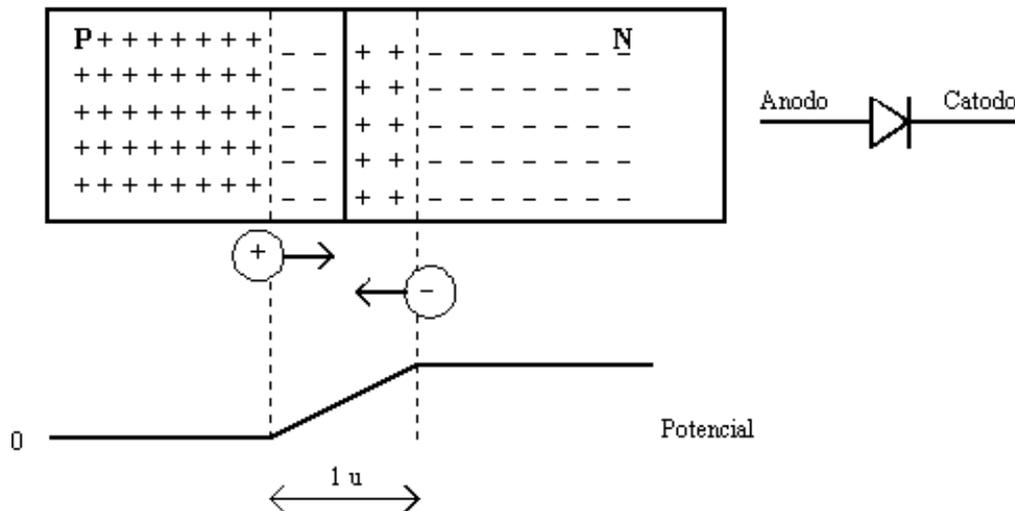
El máximo potencial de polarización inversa que puede aplicarse antes de entrar en la región Zener se denomina Voltaje Pico Inverso o VPI nominal.

Los diodos de silicio tienen generalmente valores nominales de VPI y de corrientes más altos e intervalos de temperatura más amplios que los diodos de germanio.

El general, el funcionamiento de este diodo, a grandes rasgos es la siguiente: En la zona directa se puede considerar como un generador de tensión continua, tensión de codo (0.5-0.7 V para el silicio y 0.2-0.4 V para el germanio). Cuando se polariza en inversa se puede considerar como un circuito abierto. Cuando se alcanza la tensión inversa de disyunción (zona Inversa) se produce un aumento drástico de la corriente que puede llegar a destruir al dispositivo. Este diodo tiene un amplio margen de aplicaciones: circuitos rectificadores, limitadores, fijadores de nivel, protección contra cortocircuitos, demoduladores, mezcladores, osciladores, bloqueo y bypass en instalaciones fotovoltaicas, etc.

Cuando usamos un diodo en un circuito se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones (a partir de las hojas de características suministradas por el fabricante):

- La tensión inversa máxima aplicable al componente, repetitiva o no (VRRR máx o VR máx, respectivamente) ha de ser mayor (del orden de tres veces) que la máxima que este va a soportar.
- La corriente máxima en sentido directo que puede atravesar al componente, repetitiva o no (IFRM máx e IF máx respectivamente), ha de ser mayor (del orden del doble) que la máxima que este va a soportar.
- La potencia máxima que puede soportar el diodo (potencia nominal) ha de ser mayor (del orden del doble) que la máxima que este va a soportar.



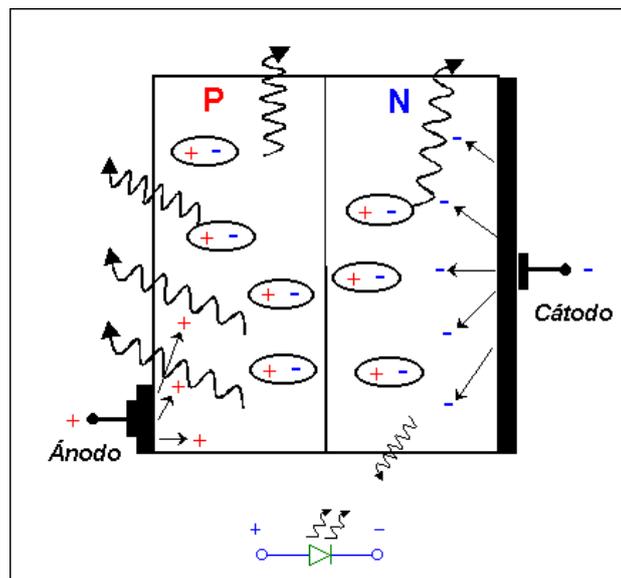
Gráfica 7. Curva Diodo Real

Diodo Emisor de Luz (led)

El LED es un diodo que produce luz visible (o invisible, infrarroja) cuando se encuentra polarizado. El voltaje de polarización de un LED varía desde 1.8 V hasta 2.5 V, y la corriente necesaria para que emita la luz va desde 8 mA hasta los 20 mA.

Principio de Funcionamiento

En cualquier unión P-N polarizada directamente, dentro de la estructura y principalmente cerca de la unión, ocurre una recombinación de huecos y electrones (al paso de la corriente). Esta recombinación requiere que la energía que posee un electrón libre no ligado se transfiera a otro estado. En todas las uniones P-N una parte de esta energía se convierte en calor y otro tanto en fotones. En el Si y el Ge el mayor porcentaje se transforma en calor y la luz emitida es insignificante. Por esta razón se utiliza otro tipo de materiales para fabricar los LED's, como Fosfuro Arseniuro de Galio (GaAsP) o fosfuro de Galio (GaP).



Gráfica 8. Funcionamiento Led

Los diodos emisores de luz se pueden conseguir en colores: verde, rojo, amarillo, ámbar, azul y algunos otros.

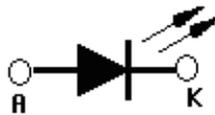
Hay que tener en cuenta que las características obtenidas de las hojas de especificaciones pueden ser distintas para los diodos (1N4001) aunque ambos hayan sido producidos en el mismo lote.

También hay que tener en cuenta otro tipo de tolerancias como los resistores, uno marcado de 100W puede ser realmente de 98W o de 102W o tal vez si ser exacto, y una fuente "ajustada" a 10V puede estar ajustada realmente a 9.9V o a 10.1V o tal vez a 10V.

De acuerdo a otras consideraciones, El diodo LED presenta un comportamiento análogo al diodo rectificador (diodo semiconductor p-n), sin embargo, su tensión de codo tiene un valor mayor, normalmente entre 1.2-1.5 V. Según el material y la tecnología de fabricación estos diodos pueden emitir en el infrarrojo (diodos IRED), rojo, azul, amarillo y verde, dependiendo de cuál sea la longitud de onda en torno a la cual emita el LED.

Entre sus aplicaciones podemos destacar: pilotos de señalización, instrumentación, optoacopladores, etc.

Resulta difícil distinguir, por pura inspección visual, el modelo del LED así como el fabricante: los valores máximos de tensión y corriente que puede soportar y que suministra el fabricante serán por lo general desconocidos. Por esto, cuando se utilice un diodo LED en un circuito, se recomienda que la intensidad que lo atraviese no supere los 20 mA, precaución de carácter general que resulta muy válida.



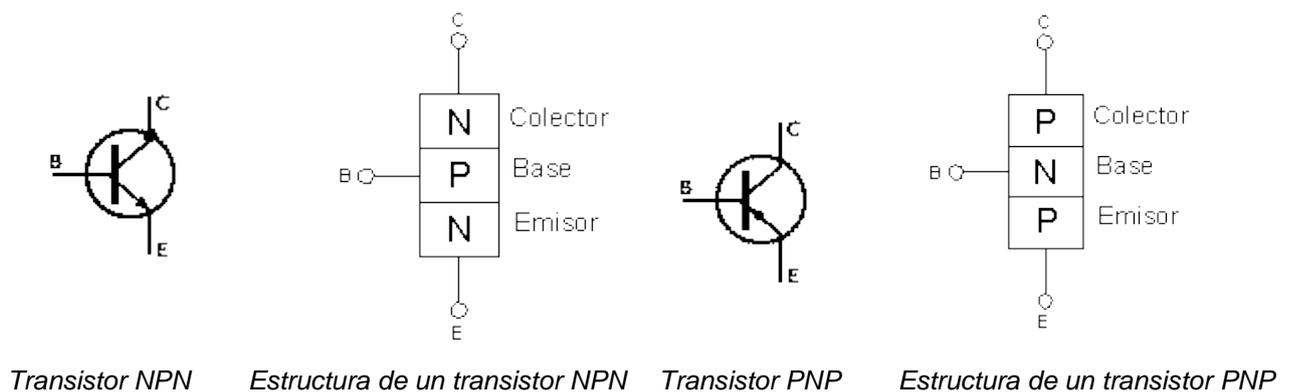
Gráfica 9. Simbología del Led

El diodo LED puede ser tratado de manera análoga a un diodo normal. Sin embargo conviene tener en cuenta que los diodos LED no están fabricados de silicio monocristalino, ya que el silicio monocristalino es incapaz de emitir fotones. Debido a ello, la tensión de polarización directa V_d depende del material con el que esté fabricado el diodo.

El material que compone el diodo LED, es importante ya que el color de la luz emitida por el LED depende únicamente del material y del proceso de fabricación principalmente de los dopados.

2.3.3.- Transistor

Dispositivo semiconductor que permite el control y la regulación de una corriente grande mediante una señal muy pequeña. Existe una gran variedad de transistores. En principio, se explicarán los bipolares. Los símbolos que corresponden a este tipo de transistor son los siguientes:

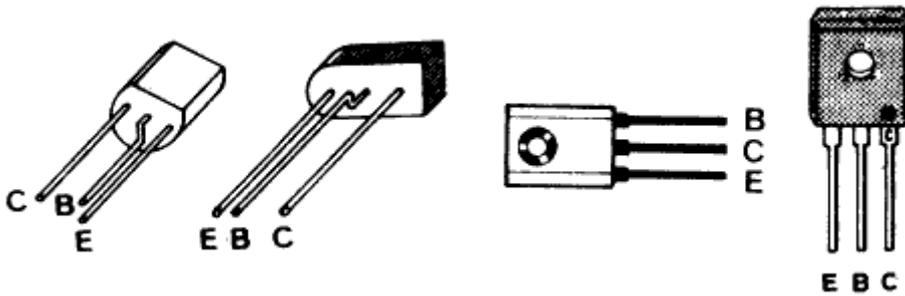


Gráfica 10. Transistores bipolares

Los transistores tienen multitud de aplicaciones, entre las que se encuentran:

- Amplificación de todo tipo (radio, televisión, instrumentación)
- Generación de señal (osciladores, generadores de ondas, emisión de radiofrecuencia)
- Conmutación, actuando de interruptores (control de relés, fuentes de alimentación conmutadas, control de lámparas, modulación por anchura de impulsos PWM)
- Detección de radiación luminosa (fototransistores)

Los transistores de unión (uno de los tipos más básicos) tienen 3 terminales llamados Base, Colector y Emisor, que dependiendo del encapsulado que tenga el transistor pueden estar distribuidos de varias formas.



Gráfica 11. Modelos de Transistores de unión

Por otro lado, los Transistores de Efecto de Campo (FET) tienen también 3 terminales, que son Puerta (Gate), Drenador (Drain) y Sumidero (Sink), que igualmente dependiendo del encapsulado que tenga el transistor pueden estar distribuidos de varias formas.

Tipos de transistores y Simbología

Existen varios tipos que dependen de su proceso de construcción y de las aplicaciones a las que se destinan. Aquí abajo mostramos una tabla con los tipos de uso más frecuente y su simbología:

	Transistor Bipolar de Unión (BJT)
	Transistor de Efecto de Campo, de Unión (JFET)
	Transistor de Efecto de Campo, de Metal-Óxido-Semiconductor (MOSFET)
	Fototransistor

Gráfica 12. Representación de los transistores

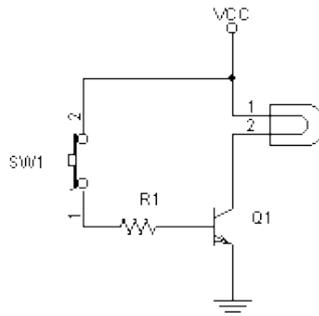
En un esquema electrónico, los transistores se representan mediante su **símbolo**, el **número de transistor** (Q1, Q2, etc) y el **tipo de transistor**, tal como se muestra aquí:



Gráfica 13. Símbolo del Transistor BJT

Funcionamiento Básico

Cuando el interruptor SW1 está abierto no circula intensidad por la Base del transistor por lo que la lámpara no se encenderá, ya que, toda la tensión se encuentra entre Colector y Emisor.

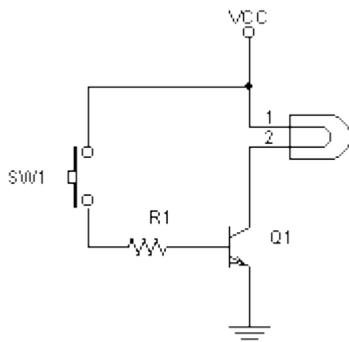


Gráfica 14. Funcionamiento del Transistor

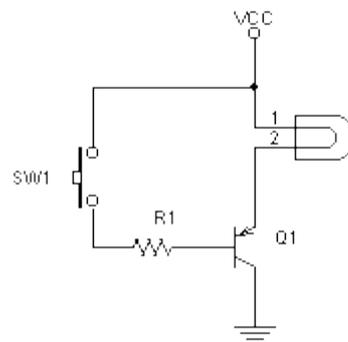
Cuando se cierra el interruptor SW1, una intensidad muy pequeña circulará por la Base. Así el transistor disminuirá su resistencia entre Colector y Emisor por lo que pasará una intensidad muy grande, haciendo que se encienda la lámpara.

Polarización de un Transistor

Una polarización correcta permite el funcionamiento de este componente. No es lo mismo polarizar un transistor NPN que PNP.



Polarización de un transistor NPN



Polarización de un transistor PNP

Gráfica 15. Polarización del transistor bipolar

Generalmente podemos decir que la unión base - emisor se polariza directamente y la unión base - colector inversamente.

Zonas de trabajo

Corte.- No circula intensidad por la Base, por lo que, la intensidad de Colector y Emisor también es nula. La tensión entre Colector y Emisor es la de la batería. El transistor, entre Colector y Emisor se comporta como un interruptor abierto.

Saturación.- Cuando por la Base circula una intensidad, se aprecia un incremento de la corriente de colector considerable. En este caso el transistor entre Colector y Emisor se comporta como un interruptor cerrado. De esta forma, se puede decir que la tensión de la batería se encuentra en la carga conectada en el Colector.

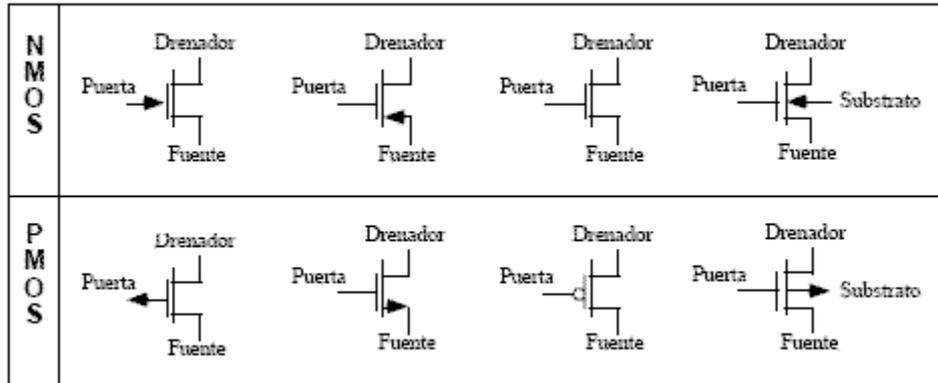
Activa.- Actúa como amplificador. Puede dejar pasar más o menos corriente.

Cuando trabaja en la zona de corte y la de saturación se dice que trabaja en conmutación. En definitiva, como si fuera un interruptor.

Transistor Mosfet

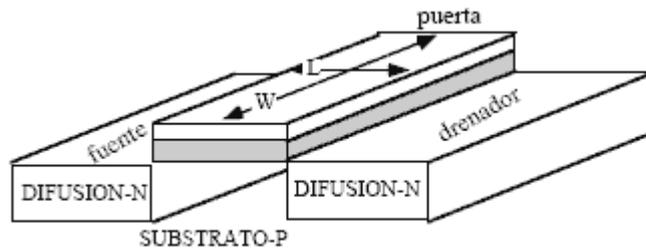
Los transistores MOSFET o Metal-Oxido-Semiconductor (MOS) son dispositivos de efecto de campo que utilizan un campo eléctrico para crear un canal de conducción. Son dispositivos más importantes que los JFET ya que la mayor parte de los circuitos integrados digitales se construyen con la tecnología MOS.

Existen dos tipos de transistores MOS: MOSFET de canal N o NMOS y MOSFET de canal P o PMOS. A su vez, estos transistores pueden ser de acumulación o depleción; en la actualidad los segundos están prácticamente en desuso y son descriptos los MOS de acumulación también conocidos como de enriquecimiento.



Gráfica 16. Simbología del transistor NMOS y PMOS

En la siguiente figura se describe la estructura física de un MOSFET de canal N con sus cuatro terminales: puerta, drenador fuente y sustrato; normalmente el sustrato se encuentra conectado a la fuente.



Gráfica 17. Estructura del transistor NMOS

La puerta, cuya dimensión es $W \cdot L$, está separado del sustrato por un dieléctrico (SiO_2) formando una estructura similar a las placas de un condensador.

Al aplicar una tensión positiva en la puerta se induce cargas negativas (capa de inversión) en la superficie del sustrato y se crea un camino de conducción entre los terminales drenador y fuente.

La tensión mínima para crear esa capa de inversión se denomina tensión umbral o tensión de threshold (V_T) y es un parámetro característico del transistor. Si la $V_{GS} < V_T$, la corriente de drenador-fuente es nula; valores típicos de esta tensión son de de 0.5V a 3V.

2.3.4.- Transformador

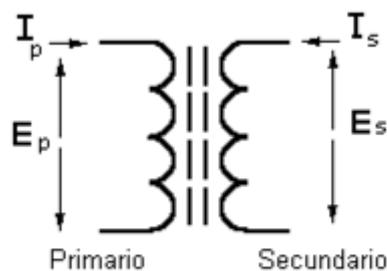
Se denomina transformador o trafo, a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia.

La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, por medio de interacción electromagnética. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente y por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado, fabricado bien sea de hierro dulce o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

Funcionamiento



Gráfica 18. Representación esquemática del transformador.

Si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, circulará por éste una corriente alterna que creará a su vez un campo magnético variable. Este campo magnético variable originará, por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos del devanado secundario.

Relación de Transformación

La relación de transformación nos indica el aumento o decremento que sufre el valor de la tensión de salida con respecto a la tensión de entrada, esto quiere decir, por cada volt de entrada cuántos volts hay en la salida del transformador.

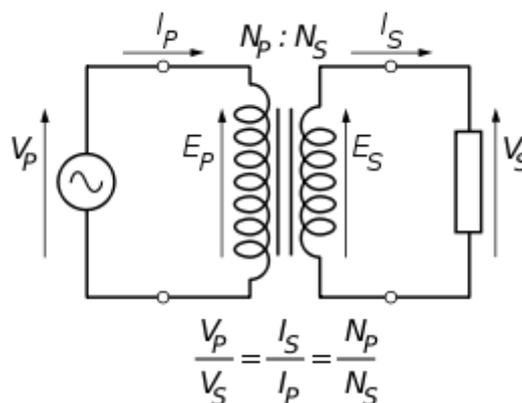
La relación entre la fuerza electromotriz inductora (E_p), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz inducida (E_s), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (N_p) y secundario (N_s).

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

La razón de la transformación (m) de la tensión entre el bobinado primario y el bobinado secundario depende de los números de vueltas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario, en el secundario habrá el triple de tensión.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = m$$

Donde (V_p) es la tensión en el devanado primario ó tensión de entrada, (V_s) es la tensión en el devanado secundario o tensión de salida, (I_p) es la corriente en el devanado primario ó corriente de entrada, e (I_s) es la corriente en el devanado secundario o corriente de salida.



Gráfica 19. Relaciones en un transformador

Esta particularidad se utiliza en la red de transporte de energía eléctrica: al poder efectuar el transporte a altas tensiones y pequeñas intensidades, se disminuyen las pérdidas por el efecto Joule y se minimiza el costo de los conductores.

Así, si el número de espiras (vueltas) del secundario es 100 veces mayor que el del primario, al aplicar una tensión alterna de 230 voltios en el primario, se obtienen 23.000 voltios en el secundario (una relación 100 veces superior, como lo es la relación de espiras). A la relación entre el número de vueltas o espiras del primario y las del secundario se le llama relación de vueltas del transformador o relación de transformación.

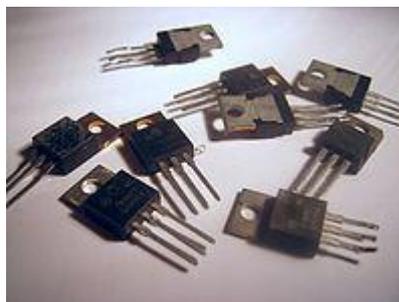
Ahora bien, como la potencia eléctrica aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario, el producto de la fuerza electromotriz por la intensidad (potencia) debe ser constante, con lo que en el caso del ejemplo, si la intensidad circulante por el primario es de 10 amperios, la del secundario será de solo 0,1 amperios (una centésima parte).

2.3.5.- Regulador de voltaje

Un regulador de tensión (a veces traducido del inglés como regulador de voltaje) es un dispositivo electrónico diseñado con el objetivo de proteger aparatos eléctricos y electrónicos sensibles a variaciones de diferencia de potencial o voltaje y ruido existente en la corriente alterna de la distribución eléctrica.

Los reguladores de tensión están presentes en las fuentes de alimentación de corriente continua reguladas, cuya misión es la de proporcionar una tensión constante a su salida.

Un regulador de tensión eleva o disminuye la corriente para que el voltaje sea estable, es decir, para que el flujo de voltaje llegue a un aparato sin irregularidades. Esto, a diferencia de un "supresor de picos" el cual únicamente evita los sobre voltajes repentinos (picos). Un regulador de voltaje puede o no incluir un supresor de picos.



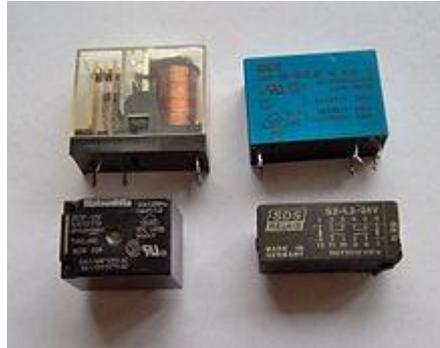
Gráfica 20. Reguladores de voltaje

Hoy en día es más común encontrar en las fuentes de alimentación reguladores integrados, normalmente son componentes muy parecidos a los transistores de potencia, suelen tener tres terminales, uno de entrada, un común o masa, y uno de salida, tienen una capacidad de reducción del rizado muy alta y normalmente sólo hay que conectarles un par de condensadores. Existen circuitos reguladores con un gran abanico de tensiones y corrientes de funcionamiento. La serie más conocida de reguladores integrados es la 78xx y la serie 79xx para tensiones negativas. Los de mayor potencia necesitarán un disipador de calor, este es el principal problema de los reguladores serie lineales tanto discreto como integrado, al estar en serie con la carga las caídas de tensión en sus componentes provocan grandes disipaciones de potencia. Normalmente estos reguladores no son buenos para aplicaciones de audio por el ruido que pueden introducir en preamplificadores. Para ello es mejor utilizar regulación con componentes discretos o reguladores tipo LDO de bajo ruido. Una característica importante de estos reguladores, es la protección térmica y contra corriente excesiva. Lo anterior significa que, cuando la corriente que atraviesa al integrado, entre entrada y salida, adquiere un valor demasiado elevado con el consecuente incremento de temperatura, el integrado posee sensores que logran disminuir la tensión de salida, reduciendo la potencia de todo el circuito, y evitando su deterioro. En estas condiciones el disipador térmico propio del IC, puede llegar a temperaturas sobre 100 °C, condición que destruiría cualquier semiconductor convencional, y que sin embargo, mantiene operativo este dispositivo, protegiendo también el sistema electrónico que es alimentado por él. Debido a estas últimas características estos dispositivos son casi indestructibles, excepto cuando existe una descarga de corriente que fluye en sentido inverso, desde la salida hacia la entrada. Esta situación se controla con diodos rectificadores ubicados en polarización inversa en el mismo regulador.

2.3.6.- Relé

El relé o relevador (del francés relais, relevo) es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de 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. Ya que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, una forma de 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".



Gráfica 21. Relés

Los contactos de un relé pueden ser Normalmente Abiertos (NA o NO (Normally Open)), por sus siglas en inglés), Normalmente Cerrados (Normally Closed)(NC) o de conmutación.

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 son ideales 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 Normalmente Abierto y uno Normalmente Cerrado con una terminal común.

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.

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos (cuando tienen más de un contacto conmutador se les llama contactores en lugar de relés), intensidad admisible por los mismos, tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, etc.

2.3.7.- Capacitores cerámicos y electrolíticos

Los capacitores cerámicos suelen ser de dos tipos diferentes. Los cerámicos tipo disco son los más comunes y tienen una forma muy simple: se trata de un disco de material aislante cerámico de elevada constante dieléctrica metalizado en sus dos caras. Sobre el metalizado se sueldan los dos chicotes de conexión resultando un dispositivo como el mostrado en la figura 3 en donde se observa el capacitor si su baño final de pintura epoxi que tapa el disco y parte de los terminales.

Este tipo de capacitor se provee desde capacidades de 2,2 pF hasta .1 uF en tensiones relativamente bajas de 63V. Existen también capacitores cerámicos tipo disco de mayor tensión para aplicaciones especiales que llegan a valores de 2 KV.

Este tipo de capacitor se utiliza en constantes de tiempo bajas del orden del uS o menores aun. La tolerancia más común es del 5% y los de valores bajos hasta 100 pF no varían con la temperatura y se denominan NP0. Los valores mayores pueden tener coeficientes de variación con la temperatura positivos o negativos que algunas veces se utilizan para compensar el coeficiente del resistor y lograr una constante de tiempo fija que no varíe con la temperatura.

Por lo general estos capacitores están marcados con lo que se llama el método Japonés que consiste en utilizar un código de 3 cifras en donde las dos primeras cifras indican el valor absoluto del capacitor y la tercera indica la cantidad de ceros que se deben agregar a las dos primeras cifras, para obtener la capacidad en pF. Por ejemplo un capacitor marcado 223 es de 22.000 pF. Para que no existan confusiones con los capacitores de bajos valores cuando se utiliza este código se lo escribe subrayado. Si un capacitor es de 220 con subrayado es de 22 pF y si no lo está es de 220pF. Observe que el mismo capacitor de 22 pF podría estar marcado 220 o 22.

Otra tecnología muy parecida es la de los capacitores Plate que se caracterizan por tener una forma rectangular en lugar de la clásica circular como la de los disco. En realidad la palabra Plate es una marca registrada de Philips. Pero su uso es tan común que se lo toma como un denominación de tipo. Están contruidos igual que los disco con una pastilla cerámica plateada en sus dos caras en donde se sueldan posteriormente los terminales de alambre de cobre. La marcación de estos capacitores es simplemente escribir el valor en una unidad cómoda utilizándola la letra de la unidad como una coma decimal.

Por ejemplo un capacitor marcado 4n7 es un capacitor de 4,7 nF. Se puede observar que los capacitores poseen su cabeza pintada de un color que determina la variación de la capacidad con la temperatura. Por ejemplo una cabeza negra significa que es un capacitor NPO que no varía con la temperatura.

Los dos tipos de capacitores tratados suelen tener versiones multicapa que poseen una elevada capacidad en un pequeño tamaño.



Gráfica 22. Capacitor electrolítico y cerámico

Donde se requiera un pequeño tamaño son indispensables los capacitores electrolíticos cuya faja de capacidades suele empezar en .47 μF y llegar hasta 10 mF. Un capacitor electrolítico está construido enrollando dos láminas de aluminio y dos láminas de papel mojado en agua acidulada llamada electrolito. El electrolito es un camino de relativamente baja resistencia es decir que inmediatamente después de fabricado, no tenemos un capacitor sino un dispositivo sin terminar que se llama protocapacitor. El protocapacitor se conecta a una fuente de corriente de modo que el ácido oxide a una de las placas de aluminio. Como el óxido es un aislador, un tiempo después se forma un capacitor electrolítico polarizado en donde la placa positiva esta oxidada.

El valor de capacidad y de tensión no solo depende de las características geométricas de las placas sino que depende fuertemente de este interesante proceso de formación que no es permanente. En efecto el único componente electrónico con fecha de vencimiento es el electrolítico ya que si se lo deja mucho tiempo sin aplicarle tensión se deforma variando su capacidad y su tensión de aislación.

Podríamos decir que un electrolítico (normalmente se obvia la palabra capacitor) es un componente vivo que se alimenta del equipo. Y si el equipo no se usa por mucho tiempo los electrolíticos fallan y hasta inclusive explotan si son circulados por una corriente excesiva. Por lo común el buen diseñador tiene en cuenta el problema y suele (cuando el circuito lo permite) agregar algún pequeño resistor en serie para evitar la explosión. De este modo por lo general el electrolítico se hincha en su cara superior y en su tapón de goma inferior por la presión de los gases generados en su interior, pero no llega a explotar.

2.3.8.- Resistencia o Resistor

Los circuitos electrónicos necesitan incorporar resistencias. Es por esto que se fabrican un tipo de componentes llamados resistores cuyo único objeto es proporcionar en un pequeño tamaño una determinada resistencia, especificada por el fabricante.

Un resistor puede ser representado de la siguiente manera:



Gráfica 23. Representación de una resistencia

Hay resistencias de varios tipos. Los tipos más usuales son:

Bobinadas: Sobre una base de aislante en forma de cilindro se arrolla un hilo de alta resistividad (wolframio, manganina, constantán). La longitud y sección del hilo, así como el material de que está compuesto, darán una resistencia. Esta suele venir expresada por un número impreso en su superficie. Se utilizan para grandes potencias, pero tienen el inconveniente de ser inductivas.

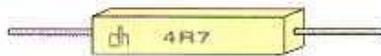
Aglomeradas: Una pasta hecha con gránulos de grafito (el grafito es una variedad del carbono puro; la otra es el diamante). El valor viene expresado por medio de anillos de colores, con un determinado código.

De película de carbón: Sobre un cilindro de cerámica se deposita una fina película de pasta de grafito. El grosor de ésta, y su composición, determinan el valor de la resistencia.

Pirolíticas: Similares a las anteriores, pero con la película de carbón rayada en forma de hélice para ajustar el valor de la resistencia. Son inductivas.



Resistencia bobinada de gran potencia: 10 W en adelante



Resistencia bobinada cementada: de 2 a 15 W



Resistencia de carbón: de 0,25 a 4 W

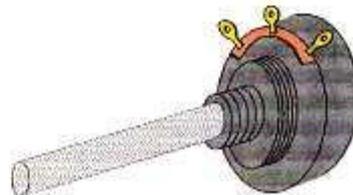
Gráfica 24. Tipos de resistencias

Resistores variables

Hay veces en que interesa disponer de una resistencia cuyo valor pueda variarse a voluntad. Son los llamados reostatos o potenciómetros. Se fabrican bobinados o de grafito, deslizantes o giratorios. Se suelen llamar potenciómetros cuando poseen un eje practicable, y resistencias ajustables cuando para vararlas se precisa la ayuda de una herramienta, porque una vez ajustados no se van a volver a retocar más.



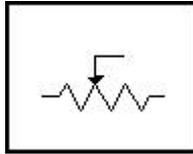
Resistencia ajustable



Resistencia variable
(potenciómetro)

Gráfica 25. Resistencias variables

Los potenciómetros se representan en los circuitos por:



Gráfica 26. Representación de una resistencia variable

Resistores especiales

Existen resistores fabricados con materiales especiales, comúnmente semiconductores, cuya resistencia no es constante, sino que depende de algún parámetro exterior. Por ejemplo:

LDR	LDR (Ligth Dependent Resistance) Resistencia dependiente de la luz
VDR	VDR (Voltage Dependent Resistance) Resistencia dependiente del Voltaje
PTC	PTC (Positive Temperature Coefficient) Coeficiente de Temperatura Positivo
NTC	NTC (Negative Temperature Coefficient) Coeficiente de Temperatura Negativo

Cuadro 1. Resistores con materiales especiales

Valores comerciales

No se fabrican resistores de todos los valores posibles por razones obvias de economía. Además sería absurdo, ya que, por ejemplo, en un resistor de 100 W y 10 % de tolerancia, el fabricante nos garantiza que su valor está comprendido entre 90 W y 100 W, por lo tanto no tiene objeto alguno fabricar resistores de valores comprendidos entre estos dos últimos.

Hay tolerancias del 1 por mil, del 1 %, 5 %, 10 % y 20 %.

Para la serie de resistores que se fabrican con una tolerancia del 10 % que es la más utilizada, los valores comerciales son: **10 18 33 56 12 22 39 68 15 27 47 82** y los mismos seguidos de ceros.

Resistores de valores muy pequeños no son comunes, por la dificultad que entraña ajustar su valor. Resistores de valores muy grandes son difíciles de conseguir, porque en ellos comienza a tener importancia fenómenos como la resistencia superficial, condiciones ambientales, etc, y tampoco es normal su uso.

Por ejemplo:

En la serie de resistores con tolerancia del 10 % el valor más pequeño es de 4,7 W y el mayor de 22 MW. En la serie del 5 % los valores extremos son 0,33 W 7 10 MW.

Conductancia

La conductancia es una magnitud eléctrica que se define como la inversa de la resistencia y se representa con la letra G. Por analogía con la resistencia, podría decirse que la conductancia es la facilidad que un conductor ofrece al paso de la corriente a través de él.

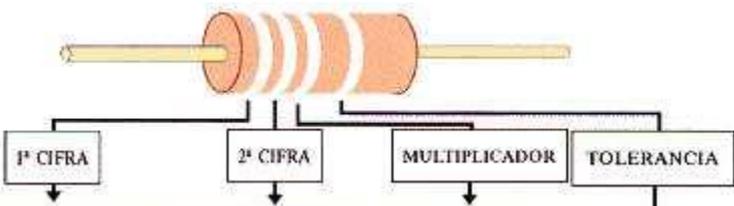
$$G = 1 / R \quad \text{ó} \quad R = 1 / G$$

La unidad de conductancia es el MHO (inverso de Ohm), y se representa por la letra omega invertida.

Código de colores

Ya se ha dicho que los valores óhmicos de los resistores se suelen representar por medio de unos anillos de color pintados en el cuerpo de los mismos. Suelen ser en número de cuatro, y su significado es el siguiente:

- 1er. anillo: 1ª cifra
- 2do anillo: 2ª cifra
- 3er. anillo: Número de ceros que siguen a los anteriores
- 4to. anillo: Tolerancia

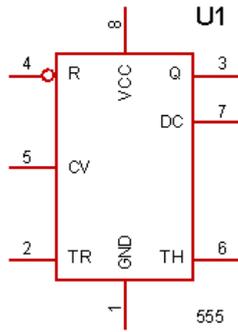


Color de la banda	Valor de la 1ª cifra significativa	Valor de la 2ª cifra significativa	Multiplicador	Tolerancia	Coefficiente de temperatura
Negro	0	0	1	-	-
Marrón	1	1	10	±1%	100ppm/°C
Rojo	2	2	100	±2%	50ppm/°C
Naranja	3	3	1 000	-	15ppm/°C
Amarillo	4	4	10 000	±4%	25ppm/°C
Verde	5	5	100 000	±0,5%	20ppm/°C
Azul	6	6	1 000 000	±0,25%	10ppm/°C
Violeta	7	7	10000000	±0,1%	5ppm/°C
Gris	8	8	100000000	±0.05%	1ppm/°C
Blanco	9	9	1000000000	-	-
Dorado	-	-	0,1	±5%	-
Plateado	-	-	0,01	±10%	-
Ninguno	-	-	-	±20%	-

Cuadro 2. Valores de las resistencias

2.3.9.- CI 555

El 555 es un circuito integrado bastante utilizado y conocido por todos ya que tiene cientos de aplicaciones, ahora vamos a explicar un poco sobre este dispositivo. El temporizador 555 es un dispositivo versátil y muy utilizado, porque puede ser configurado de dos modos distintos, bien como multivibrador monoestable o como multivibrador a estable (ósea como oscilador). Un multivibrador a estable no tiene estado estable y varia, por tanto, una y otra vez (*oscila*) entre dos estados inestables, sin utilizar un circuito de disparo externo.



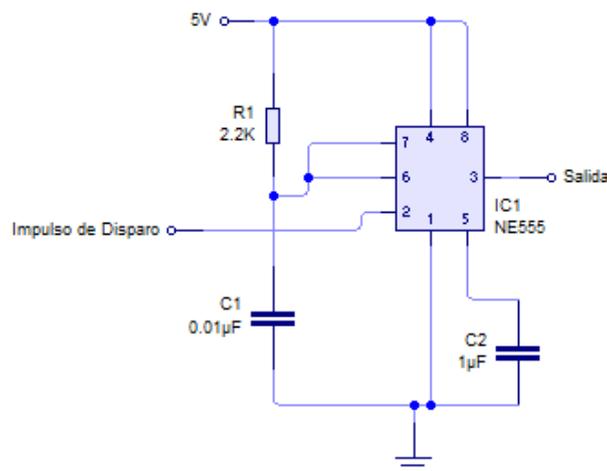
Gráfica 27. Representación del CI 555

Funcionamiento como monoestable

Para configurar un temporizador 555 como monoestable no redispensible, se utilizan una resistencia y un condensador externo, tal como se muestra en el siguiente diagrama, la anchura del impulso de salida se determina mediante la constante de tiempo, que se calcula a partir de R1 y C1, según lo muestra la fórmula:

$$T_w = 1.1 \cdot R_1 \cdot C_1$$

La entrada de la tensión de control no se utiliza y se conecta a un condensador de desacoplo C2, para evitar la aparición de ruido que pudiera afectar los niveles umbral y de disparo.

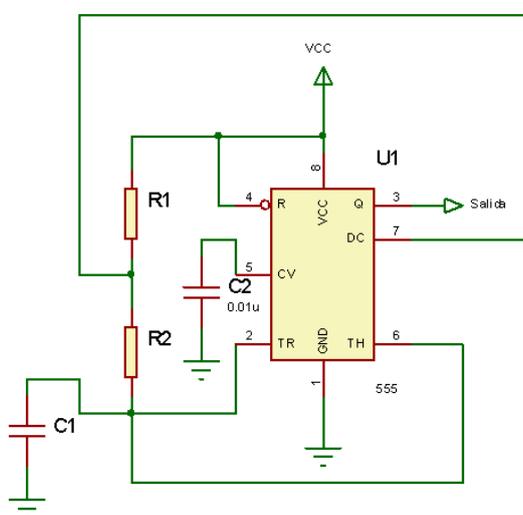


Gráfica 28. Conexiones de funcionamiento del CI 555

En este caso $t_w = 1.1(2.2K)(0.01\mu) = 24.22\mu s$

Funcionamiento como a estable

En la siguiente imagen se ve un temporizador 555 conectado para funcionar como multivibrador a estable, que es un oscilador no sinusoidal. Observe que, en este caso, la entrada umbral (THRESH) está conectada a la entrada de disparo (TRIG). Los componentes externos R1, R2, y C1 conforman la red de temporización que determina la frecuencia de oscilación. El condensador C2 de 0.01uF conectado a la entrada de control (CONT) sirve únicamente para desacoplar y no afecta en absoluto al funcionamiento del resto del circuito, si se desea se puede eliminar.



Gráfica 29. Funcionamiento del CI 555 modo a stable

La frecuencia de oscilación viene dada por la siguiente formula:

$$F = 1.44 / [(R_1 + 2R_2) * C_1]$$

El ciclo de trabajo depende de los valores de R1 y R2 y puede ser ajustado seleccionando diferentes resistencias, dado que C1 se carga a través de R1 + R2 y se descarga únicamente a través de R2, se puede conseguir ciclos de trabajo de un mínimo del 50% aproximadamente, si $R_2 \gg R_1$, de forma que los tiempos de carga y descarga sean aproximadamente iguales.

La expresión para el ciclo de trabajo se obtiene de la manera siguiente. El intervalo de tiempo en que la salida está a nivel ALTO representa lo que tarda $c1$ en cargarse desde $1/3V_{cc}$ hasta $2/3 V_{cc}$. Por lo que el ciclo de trabajo está dado por:

$$\text{Ciclo de trabajo} = [(R1+R2)/(R1+2R)]*100\%$$

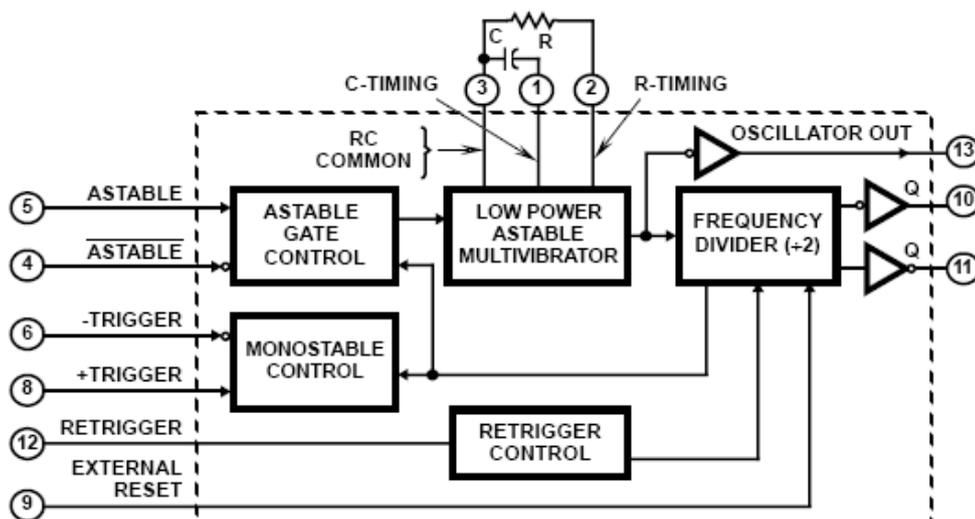
2.3.10.- CI 4047

Básicamente el Circuito Integrado CMOS CD4047 es un multivibrador que puede ser utilizado como astable o monoestable. Para la implementación de uno o de otro circuito utiliza tan solo una capacidad con una resistencia, haciendo realmente sencillo el cálculo de la frecuencia de salida.

El mismo posee tres salidas de frecuencia: la frecuencia principal (pin 13) y dos salidas complementarias, una negada y la otra normal, estas dos son divisores de frecuencias, es decir, son salidas equivalentes a la mitad de la salida principal.

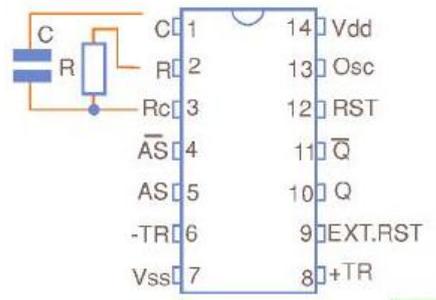
La principal ventaja de este oscilador, es que su ciclo de trabajo es constante del 50%, con una oscilación muy estable.

Admite un amplio rango de tensiones de alimentación desde 3 V hasta 15V y permite obtener frecuencias de oscilación de hasta 1 MHz.



Gráfica 30. Diagrama en bloques CI 4047

Veamos detalladamente la función de estos pines:



Gráfica 31. Representación del CI 4047

C-TIMING (pin 1): Entre este terminal y el 3 se conecta el capacitor que se necesite.

R-TIMING (pin 2): Entre este terminal y el 3 se conecta la resistencia que sea necesaria.

RC COMUN (pin 3): Este terminal es el común entre la resistencia y el capacitor.

(pin 4): Aquí se debe colocar un nivel bajo de tensión para que el circuito funcione como ASTABLE.

ASTABLE (pin 5): Aquí se debe colocar un nivel alto de tensión para que el circuito funcione como ASTABLE, si este terminal no se utiliza se debe colocar un nivel bajo de tensión contrariamente con el terminal 4.

-TRIGGER (pin 6): Disparo negativo. Este se utiliza para la configuración de un monoestable con disparo negativo (por nivel bajo), aquí se debe colocar un nivel bajo de tensión para que el circuito comience con el periodo monoestable.

Vss (pin 7): Terminal de masa.

+TRIGGER (pin 8): Disparo positivo. Este se utiliza para la configuración de un monoestable con disparo positivo (por nivel alto), aquí se debe colocar un nivel alto de tensión para que el circuito comience con el periodo monoestable.

EXTERNAL RESET (pin 9): Reset. Este terminal coloca un nivel bajo a la salida (terminal 13 - OSC OUT), también quedan afectadas las salidas y, con los siguientes niveles de tensión, bajo y alto respectivamente.

Q (pin 10): Es una de las salidas, (inversa del terminal 11), que comparada con la salida OSCILLATOR OUT tiene la mitad de la frecuencia.

Q (pin 11): Es la otra de las salidas, (inversa del terminal 10), que comparada con la salida OSCILLATOR OUT tiene la mitad de la frecuencia.

RETRIGGER (pin 12): Redisparo. Este terminal se utiliza en la configuración de Monoestable, para redisparar dentro del ciclo de la temporización, entonces si se coloca un nivel alto en este pin antes que se termine el periodo del monoestable, se sumara otro periodo más del monoestable.

Electrónica II Notas de Clase

OSCILLATOR OUT (pin 13): Salida, y del doble de la frecuencia que las salidas Y.

VDD (pin 14): Tensión de fuente (entre 3V y 15 V).

Modo Astable: El tiempo del oscilador como astable es de $t_A = 2,2 R C$, este resultado se da al analizar el oscilador básico con inversores, cuando está presente la resistencia de desacoplamiento para evitar las descargas cuando los picos de tensión superan la tensión de fuente.

En el circuito propuesto por el fabricante esta resistencia de desacoplamiento no aparece, esto es así porque el pin 3 donde se desarrollan los picos no tiene la protección tradicional de los diodos conectados a la fuente de alimentación, por lo cual dicha resistencia es innecesaria. Por esta razón el fabricante advierte que este pin es más sensible que los demás a las descargas electrostáticas.

Modo Monoestable:

Limitaciones en el uso de componentes para el tiempo:

Según el fabricante (en este caso Intersil) recomienda que el condensador utilizado en el circuito debe ser no polarizado y no poseer corrientes de fugas (es decir, la resistencia en paralelo del condensador debe ser al menos un orden de magnitud mayor que la resistencia externa utilizada).

No hay límite superior o inferior para los valores de R y C para mantener la oscilación. Sin embargo, para mantener la exactitud, C debe ser mucho más grande que las capacidades parasitas inherentes en el sistema (a menos que esta capacidad se pueda medir o tener en cuenta).

R debe ser mucho más grande que la resistencia en serie del CMOS "ON" las cuales son típicamente del orden de cientos de ohmios. Los valores recomendados de los componentes para mantener las aproximaciones en las ecuaciones sin que se vean afectadas son:

$C > 100\text{pF}$ hasta cualquier valor mientras no sea polarizado, para el modo estable.

$C > 1000\text{pF}$ hasta cualquier valor mientras no sea polarizado, para el modo monoestable.

$10\text{K} \cdot < R < 1\text{M} \cdot$.

2.3.11.- Fusible

El fusible es dispositivo utilizado para proteger dispositivos eléctricos y electrónicos

El fusible permite el paso de la corriente mientras ésta no supere un valor establecido. En la figura se ve un fusible encapsulado de vidrio



Gráfica 32. Fusible encapsulado

Si el valor de la corriente que pasa, es superior a éste, el fusible se derrite, se abre el circuito y no pasa corriente.

Si esto no sucediera, el equipo que se alimenta se puede recalentar por consumo excesivo de corriente: (un corto circuito) y causar hasta un incendio.

El fusible normalmente se coloca entre la fuente de alimentación y el circuito a alimentar. En equipos eléctricos o electrónicos comerciales, el fusible está colocado dentro de éste.

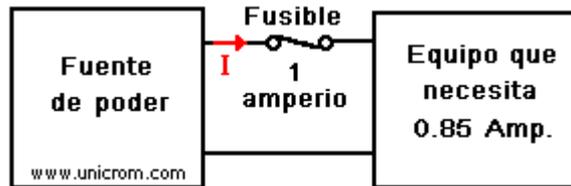
El fusible está constituido por una lámina o hilo metálico que se funde con el calor producido por el paso de la corriente.

Es una práctica común reemplazar los fusibles, sin saber el motivo por el cual este se "quemó", y muchas veces el reemplazo es por un fusible de valor inadecuado.

Los fusibles deben de tener la capacidad de conducir una corriente ligeramente superior a la que supuestamente se debe "quemar". Esto con el propósito de permitir picos de corriente que son normales en algunos equipos.

Los picos de corriente son valores de corriente ligeramente por encima del valor aceptable y que dura muy poco tiempo. Hay equipos eléctricos que piden una gran cantidad de corriente cuando se encienden (se ponen en ON).

Si se pusiera un fusible que permita el paso de esta corriente, permitiría también el paso de corrientes causadas por fallas "normales" que harían subir la corriente por encima de lo normal. En otras palabras: el circuito no queda protegido.



Gráfica 33. Uso del fusible

Un caso es el de los motores eléctricos, que en el arranque consumen una cantidad de corriente bastante mayor a la que consumen en funcionamiento estable.

Para resolver este problema hay fusibles especiales que permiten, por un corto período de tiempo por ejemplo 10 milisegundos, dejar pasar una corriente hasta 10 veces mayor que la corriente normal.

Si después de pasado este tiempo la corriente sigue siendo grande, el fusible se "quema".

Cuando se queme un fusible, siempre hay que reemplazarlo por uno de las mismas características, sin excepciones, previa revisión del equipo en cuestión, para determinar la causa de que el fusible se haya quemado.

CAPÍTULO III

3.- MARCO METODOLÓGICO

3.1.- DESARROLLO DEL TRABAJO

Contar con un sistema que nos suministre energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos es muy útil y ayuda al ahorro de energía como a la conservación del medio ambiente.

El panel solar es el elemento encargado de captar la energía del sol y de transformarla en energía eléctrica que se pueda ser usada. Asociado los paneles existen otros componentes que se utilizan en las instalaciones como elementos de seguridad o que amplían las posibilidades del uso de la instalación. Los componentes esenciales de una instalación fotovoltaica son:

-Regulador: Es el elemento que regula la inyección de corriente desde los paneles a la batería. El regulador interrumpe el paso de energía cuando la batería se halla totalmente cargada evitando así los negativos efectos derivados de una sobrecarga.. En todo momento el regulador controla el estado de carga de la batería para permitir el paso de energía eléctrica proveniente de los paneles cuando esta empieza a bajar.

- Batería: Almacena la energía de los paneles para los momentos en que no hay sol, o para los momentos en que las características de la energía proporcionada por los paneles no es suficiente o adecuada para satisfacer la demanda (falta de potencia al atardecer, amanecer, días nublados). La naturaleza de la radiación solar es variable a lo largo del día y del año, la batería es el elemento que solventa este problema ofreciendo una disponibilidad de energía de manera uniforme durante todo el año

-Inversores: El elemento que transforma las características de la corriente de continua a alterna. La mayoría de los aparatos eléctricos funcionan con corriente alterna y tanto los paneles como las baterías suministran energía eléctrica en forma de corriente continua. Es por ello que se hace necesario este elemento que modifique la naturaleza de la corriente y la haga apta para su consumo por muchos aparatos.

3.1.1.- ESTUDIO DE LA NECESIDAD DE ENERGÍA EN UNA CASA

A) DEMANDA DE ENERGÍA

De acuerdo a la información publicada por el CONELEC, el consumo unitario se registra en KWh por cada cliente. Es decir que, cada “cliente” representa un medidor por vivienda. Por lo tanto, el valor de KWh/cliente se multiplicará por 4,27 habitantes; que es el número de personas por vivienda, según el Instituto de Estadísticas y Censos, INEC.

De acuerdo a dichos parámetros de cálculo, en la siguiente tabla se expondrá la evolución de 2008 a 2012 de consumo unitario KWh/cliente y el valor de KWh/ habitante de la categoría residencial:

Consumo unitario de la categoría residencial KWh/cliente y habitante					
	2008	2009	2010	2011	2012
KWh/cliente	1742	1329	1323	1354	1363
KWh/habitante	7438,34	5674,83	5649,21	5781,58	5820,01
	Mayor consumo KWh/habitante en el periodo		Menor consumo KWh/habitante en el período		

Cuadro 3. Demanda de energía eléctrica en Ecuador

Para lograr obtener un correcto dimensionamiento del Sistema de Energía Doméstica a base de Paneles Solares o Celdas Fotovoltaicas se debe tener muy en claro el consumo que se realiza en una casa promedio con los artefactos eléctrico básicos. Si se desea aprovechar de mejor manera este sistema podemos concentrarnos en el suministro de energía principalmente para iluminación usando focos ahorradores y así tomar en cuenta los puntos de iluminación en una casa promedio.

A pesar de que para los próximos cinco años se pronostica un incremento en la participación de los residenciales en el consumo global, dichos porcentajes no alcanzan aún el registrado en 2008, de 42%. Sin embargo se debe tener en cuenta el incremento de electrodomésticos y su consumo por vivienda.

Como se puede ver, en la mayoría de los hogares, el conjunto de los electrodomésticos que se usan representa casi el 60% del consumo total de energía eléctrica. El siguiente cuadro le muestra la potencia promedio que gastan los aparatos de mayor uso en el hogar:

Electrodoméstico	Potencia promedio en watts	Equivalencia en focos de 60 watts
Televisión	65	1 foco
Videocasetera	75	1 ¼ focos
Licuada	350	casi 6 focos
Lavadora	395	6 ½ focos
Refrigerador	400	6 ½ focos
Secadora de pelo	400	6 ½ focos
Cafetera	850	14 focos
Horno microondas	1000	16 ½ focos
Plancha	1000	16 ½ focos
Calentador de aire	1300	21 ½ focos
Aspiradora	1500	25 focos

Cuadro 4. Potencia promedio de gasto de aparatos eléctricos

Se debe tomar en cuenta que cada uno de los aparatos consumen diferentes cantidades de energía, dependiendo de su eficiencia energética y de cuánto tiempo los use al día o a la semana. Aunque la plancha tenga más potencia en watts que el refrigerador está encendida menos tiempo, y por ende gasta menos electricidad.

El consumo de energía se lo mide en un kilowatt-hora (Kw/h), lo cual usan las Compañías o Empresas que suministran esta energía para fijar un valor y así poder facturar el consumo de cada usuario. En nuestra ciudad la EERSA es la encargada de realizar esta labor, fijando aproximadamente en 0.10 USD el Kw/h.

Para que se dé una idea, un kilowatt-hora equivale a la energía que consumen:

- un foco de 100 watts encendido durante diez horas
- 10 focos de 100 watts encendidos durante una hora
- una plancha utilizada durante una hora
- un televisor encendido durante veinte horas
- un refrigerador pequeño en un día
- una computadora utilizada un poco más de 6 horas y media

Un foco de 20 watts que es el que generalmente se utiliza hoy en día en un hogar promedio, encendido 4 horas al día realizará un consumo de 2,4 Kw/h al mes.

Según datos de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía, en los hogares urbanos el 40% del consumo de electricidad corresponde a iluminación, el 29% al refrigerador, el 13% a la televisión, el 6% a la plancha, el 5% a la lavadora, y el 7% restante a otros electrodomésticos, como horno microondas, aspiradora y licuadora. Para los hogares con climatización, el panorama cambia, pues sólo en calefacción y aire acondicionado se va el 44% del consumo total.

B) DIMENSIONAMIENTO DE ENERGÍA

Si enfocamos el diseño del sistema solamente en iluminación se debe primero contemplar la forma de dimensionar la iluminación de los espacios existentes en una casa. Las unidades de lum/m^2 , se utilizan como medida gruesa de estimación para presupuestar o planear la iluminación de un local o locación.

Las bombillas de bajo consumo son cuantificadas según su luminosidad, a través de la unidad de medida llamada “lumens” o “lúmenes” que justamente indica la cantidad de luz emitida. Por el contrario, las anteriores bombillas incandescentes eran medidas en watts (W), indicando cuánta electricidad consumen.

Para facilitar el uso de esta medida de los “lumens” que es de una relativamente reciente utilización, se usa un cuadro que será de mucha ayuda.

Si quiero reemplazar una bombilla incandescente de 60 vatios, y ésta produce unos 50 lúmenes, entonces debo comprar una bombilla de bajo consumo de 750 lúmenes, para obtener la misma luminosidad

- una bombilla incandescente de 100 vatios, equivale a 1300-1400 lúmenes
- una bombilla incandescente de 75 vatios, equivale a 920-970 lúmenes
- una bombilla incandescente de 60 vatios, equivale a 700-750 lúmenes
- una bombilla incandescente de 40 vatios, equivale a 410-430 lúmenes
- una bombilla incandescente de 25 vatios, equivale a 220-230 lúmenes

Las lámparas residenciales pueden consideradas eficientes cuando poseen un rendimiento mayor a 40 lm/W, esto quiere decir que por cada Watt consumido la lámpara genera una luminosidad de 40 lumens. Por ejemplo, si se considera una lámpara de 15 Watt con una eficiencia de conversión de 40 lm/W, esta generará un flujo luminoso de 600 lumens.

Por otro lado si consideramos una lámpara menos eficiente como una incandescente de 50 Watt, cuyo rendimiento se encuentra alrededor de 12 lm/W, se obtendrá un flujo lumínico de 600 lumens, idéntico al anterior pero con la salvedad de que la lámpara eficiente consume 35 Watt menos para realizar el mismo trabajo, lo que equivale a ahorrar un 70% de energía con respecto a la incandescente, además las eficientes poseen otras ventajas como la vida útil, calidad de luz, etc.

3.1.2.- DISEÑO DEL SISTEMA PARA UNA CASA PROMEDIO

Para poder calcular las demandas energéticas y costos que requiere un Sistema de Energía Eléctrica Doméstica por Paneles Fotovoltaicos debemos dimensionar y calcular el consumo total de una vivienda pequeña.

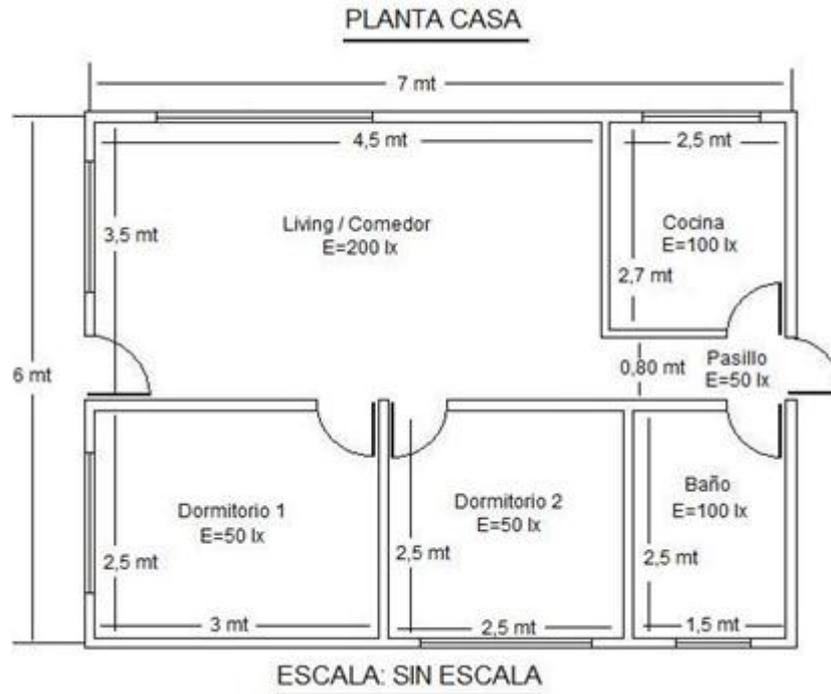
3.1.2.1.- CÁLCULO DE ILUMINACIÓN

El diseño del sistema de iluminación se realizará para una casa que consta de dos dormitorios, un living / comedor, una cocina y un baño, además de un pequeño pasillo. La planta de la casa es mostrada en la gráfica 34, la cual además de mostrar las dimensiones, muestra la Iluminancia mantenida (E) necesaria para cada una de las habitaciones (planta sin escala).

Los niveles de Iluminancia mantenida, fueron extraídos del Manual de Iluminación de Philips Iluminación, en base a recomendaciones realizadas por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación), y corresponden a las mínimas iluminancias admisibles para cada aplicación.

Para realizar los cálculos de iluminación, se utilizará el método del flujo total para el cálculo del alumbrado de interiores, para lo cual es necesario definir lo siguiente:

- E: iluminancia promedio que se pretende (Lux)
- FL: flujo lumínico de la lámpara que se desea utilizar (Lumen)
- S: superficie de la habitación (m^2)
- μ : factor de utilización, el cual indica la eficiencia luminosa del conjunto lámpara, luminaria y local, por lo tanto depende del sistema de iluminación, de las características de la luminaria, del índice del local (K), del factor de reflexión del techo, piso y paredes de la habitación.



Gráfica 34. Planta Casa

$$\mu = \eta_L * \eta_R$$

Ecuación 1. Factor de Utilización

- K: índice del local, el cual corresponde a un relación entre las dimensiones del local, se calcula utilizando las dimensiones de la habitación, esto es: ancho (A), largo (L) y altura (H) de las luminarias sobre el plano de trabajo, esto se muestra en la Ecuación 2, la cual se utiliza para distribución con luz directa, semi-directa y mixta.

$$K = \frac{A * B}{H (A + B)}$$

Ecuación 2. Índice de Local (K) para Iluminación Directa

$$K = \frac{3 * A * B}{2H'(A + B)}$$

Ecuación 3. Índice de Local (K) para Iluminación Indirecta

Donde:

- A: Ancho del Local
- B: Largo del Local
- H: Plano base útil o altura de las luminarias sobre el plano de trabajo
- H': Distancia del techo al plano de trabajo

Luego, la reflexión de la luz en las paredes, cielorraso y piso del local, incide directamente sobre el factor de utilización. Esta reflectancia es representada por un número de 4 dígitos, los cuales representan la reflexión del cielorraso, friso (para superior de la pared, sobre la horizontal de la lámpara), las paredes y el piso. En caso de no existir friso se utiliza un número de 3 dígitos. Para nuestro caso utilizaremos la combinación 851, la cual corresponde a una reflectancia de 0,8 para el cielorraso (blanco), 0,5 para las paredes (crema) y 0,1 para el piso (madera oscura). Los valores de reflectancia para distintos materiales se pueden observar en el Cuadro 6.

Finalmente, y de acuerdo al valor del índice del local y de la reflectancia del mismo, se puede escoger desde una tabla el factor de utilización. En el Cuadro 5 se muestra un ejemplo de una tabla de factor de utilización.

Cielo	80%		
Pared	80%	50%	30%
Piso	10%		
K	Luz Directa		
0,6	0,890	0,730	0,700
0,8	0,940	0,780	0,770
1	0,980	0,830	0,820
1,25	0,101	0,900	0,860
1,5	0,103	0,930	0,890
2	0,105	0,970	0,930
2,5	0,105	0,990	0,960
3	0,106	0,100	0,980
4	0,106	0,102	0,100
5	0,107	0,103	0,101

Cuadro 5. Factor de utilización en función de las características del local (cielo/pared/piso)

Material o Terminación	Reflectancia (%)	Material o Terminación	Reflectancia (%)
Mortero Claro	0,35 - 0,55	Seda Blanca	0,28 - 0,38
Mortero Oscuro	0,2 - 0,3	Seda de Color	0,2 - 0,1
Hormigón Claro	0,3 - 0,5	Blanco	0,7 - 0,85
Hormigón Oscuro	0,15 - 0,25	Negro	0,03 - 0,07
Arenisca Clara	0,3 - 0,4	Gris Claro	0,4 - 0,5
Arenisca Oscura	0,15 - 0,25	Gris Oscuro	0,1 - 0,2
Ladrillo Claro	0,3 - 0,4	Amarillo	0,5
Ladrillo Oscuro	0,15 - 0,25	Belge	0,45
Mármol Blanco	0,6 - 0,7	Crema	0,5 - 0,75
Granito	0,15 - 0,25	Marrón Claro	0,3 - 0,4
Madera Clara	0,3 - 0,5	Marrón Oscuro	0,1 - 0,2
Madera Oscura	0,1 - 0,25	Rosa	0,5 - 0,55
Espejo Plateado	0,8 - 0,9	Rojo Claro	0,3 - 0,4
Aluminio Mate	0,55 - 0,6	Rojo Oscuro	0,1 - 0,2
Aluminio Brillante	0,8 - 0,85	Verde Claro	0,45 - 0,65
Acero Inoxidable	0,65 - 0,65	Verde Oscuro	0,1 - 0,2
Cielo Acústico	0,5 - 0,65	Azul Claro	0,4 - 0,55
Vidrio Opaco Negro	0,5	Azul Oscuro	0,05 - 0,15

Cuadro 6. Reflectancia para diversos materiales y terminaciones

Una vez conocidos los valores del índice del local y el factor de utilización, es posible determinar el flujo luminoso requerido para cada habitación en particular, para esto debemos definir el factor de mantenimiento (M) del sistema de iluminación, el cual corresponde a la relación entre el iluminancia producida al final del periodo de mantenimiento y la iluminancia producida cuando el sistema es nuevo. Generalmente este factor es igual a 0,8, es decir, la iluminancia al final del periodo del sistema, ha decaído en un 20% de la iluminancia inicial.

Para este diseño se utilizará el factor de mantenimiento de 0,8. El flujo luminoso total (F_{Total}) es calculado según la Ecuación 4.

$$\phi_{total} = \frac{E * S}{\mu * M}$$

Ecuación 4. Flujo total para una habitación

Donde (E) corresponde a la iluminancia mantenida (lux), recomendada por la CIE, para distintos locales. Los niveles de iluminancia para cada habitación, son indicados en el plano de la planta de la casa.

Luego el número de lámparas necesarias se determina de acuerdo a la Ecuación 5.

$$N_L = \frac{\Phi_{Total}}{\Phi_{Lámpara}}$$

Ecuación 5. Cálculo del número de lámparas

A) Cálculo de iluminación por habitación

- **Dormitorio N°1**

$$K = \frac{3 * 2,5}{1,45(3 + 2,5)} = 0,94$$

De acuerdo a este resultado, buscamos el valor de K más próximo al obtenido y de acuerdo al parámetro de reflectancia del local, hacemos la intersección entre ambas para encontrar el factor de utilización del local, el cual corresponde para este caso a:

$$\mu = 0,83$$

Entonces el flujo total será:

$$\Phi_{Total} = \frac{50 * (3 * 2,5)}{0,83 * 0,8} = 565 \text{ (lm)}$$

Con este valor de flujo luminoso, es posible determinar el número de lámparas necesarias. Las lámparas seleccionadas para los cálculos, corresponden a ampollitas LED de 4 Watt, con un flujo luminoso de 320 lumens y una eficiencia aproximada de 80 lm/W, luz blanca. Por lo tanto, el número de lámparas será:

$$N_L = \frac{565}{320} = 2$$

Finalmente la potencia necesaria para alimentar las 2 ampollitas será:

$$P = P_{Lámpara} * N_L$$

$$P = 4 * 2 = 8 \text{ (W)}$$

- **Dormitorio N°2**

$$K = \frac{2,5 * 2,5}{1,45(2,5 + 2,5)} = 0,86$$

$$\mu = 0,78$$

$$\phi_{Total} = \frac{50 * (2,5 * 2,5)}{0,78 * 0,8} = 500 \text{ (lm)}$$

$$N_L \equiv \frac{500}{320} \equiv 2$$

$$P = 4 * 2 = 8 \text{ (W)}$$

- **Baño**

$$K = \frac{1,5 * 2,5}{1,45(1,5 + 2,5)} = 0,65$$

$$\mu \equiv 0,73$$

$$\phi_{Total} = \frac{100 * (1,5 * 2,5)}{0,73 * 0,8} = 642 \text{ (lm)}$$

$$N_L = \frac{642}{320} = 2$$

$$P = 4 * 2 = 8 \text{ (W)}$$

- **Cocina**

$$K = \frac{2,7 * 2,5}{1,45(2,7 + 2,5)} = 0,9$$

$$\mu = 0,83$$

$$\phi_{Total} = \frac{100 * (2,7 * 2,5)}{0,83 * 0,8} = 1016 \text{ (lm)}$$

$$N_L = \frac{1016}{320} = 3$$

$$P = 4 * 3 = 12 \text{ (W)}$$

- **Living/Comedor**

$$K = \frac{4,5 * 3,5}{1,45(4,5 + 3,5)} = 1,36$$

$$\mu = 0,93$$

$$\phi_{Total} = \frac{100 * (4,5 * 3,5)}{0,93 * 0,8} = 2116 \text{ (lm)}$$

$$N_L = \frac{2116}{320} = 6$$

$$P = 4 * 6 = 24 \text{ (W)}$$

- **Pasillo**

$$K = \frac{2,5 * 0,8}{1,45(2,5 + 0,8)} = 0,4$$

$$\mu = 0,73$$

$$\phi_{Total} = \frac{50 * (2,5 * 0,8)}{0,73 * 0,8} = 171 \text{ (lm)}$$

$$N_L = \frac{171}{320} = 1$$

$$P = 4 * 1 = 4 \text{ (W)}$$

Se puede utilizar tanto lámpara LED como CFL para la vivienda, la diferencia entre ambas la vemos en la siguiente figura:



Gráfica 35. Eficiencia de Lm/w

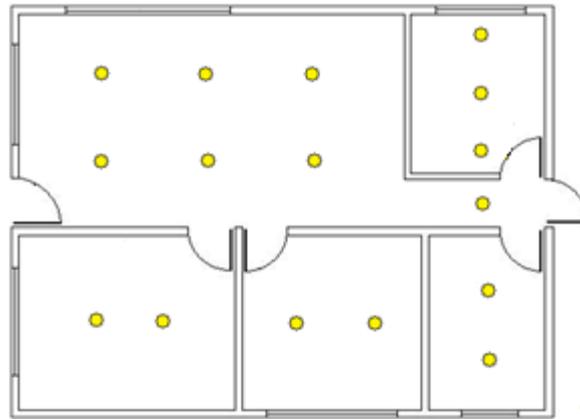
A parte de su eficiencia también podemos considerar su uso específico, costo y ahorro de luz y energía:



Gráfica 36. Aprovechamiento de la Luz

Aunque en costo el Led es mayor, debemos considerar que su vida útil es por lo menos 4 veces mayor a CFL y su consumo es menor, dándonos así un ahorro económico considerable.

La disposición de las lámparas puede ser como se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 37. Disposición de las lámparas LED

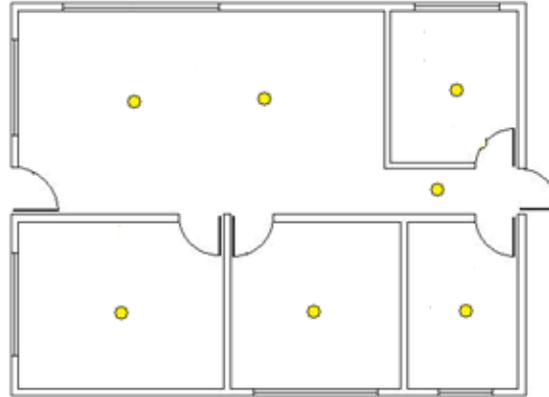
Según el cuadro 7 podemos sacar el número de CFL por habitación:

EQUIVALENCIA APROXIMADA DE POTENCIA DE CONSUMO EN WATT ENTRE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES CFL DE USO MÁS GENERALIZADO Y LAS INCANDESCENTES COMUNES

Potencia en watt (W) Lámpara CFL	Flujo luminoso en lúmenes (lm) (CFL)	Eficacia en lm-W (CFL)	Potencia aproximada en W necesaria en una incandescente comparada con la CFL
5	180	36	25
7	286	41	35
9	400	44	40
11	600	55	60
18	900	56	90
20	1 200	60	100

Cuadro 7. Equivalencia de potencia de consumo de lámparas

Dormitorio 1	565 Lm	1CFL 11W
Dormitorio 2	500 Lm	1CFL 11W
Baño	642 Lm	1CFL 11W
Cocina	515 Lm	1CFL 11 W
Living/Comedor	2116 Lm	2CFL 20W
Pasillo	171 Lm	1 CFL 5W



Gráfica 38. Disposición de las lámparas CFL

3.1.2.2 .- CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

A) Determinación de la Potencia de Consumo para el Sistema de Iluminación

En el cuadro 8 se describen los distintos consumos de iluminación para cada una de las habitaciones del hogar donde se desea implementar el sistema. La sumatoria de consumos de iluminación alcanza un valor aproximado de 64 W, a este valor debemos aplicar un factor de diversidad, el cual representa una estimación de la porción de artefactos que se encuentran en funcionamiento en forma simultánea. Para este caso utilizaremos un factor de diversidad igual a un 70%, es decir, se estima que se utilizará en forma simultánea un 70% del consumo total considerado por concepto de iluminación, lo cual corresponde a un consumo aproximado de 44,8 W.

Estimación de consumos Energéticos	
Descripción	Consumo (Kw)
Living / Comedor	0,024
Cocina	0,012
Baño	0,008
Luz Dormitorio 1	0,008
Luz Dormitorio 2	0,008
Pasillo	0,004
Consumo Total	0,064
Factor de Diversidad	0,7
Consumo Estimado	0,0448

Cuadro 8. Estimación de Consumos de Iluminación

Una vez estimado el consumo energético total teórico de iluminación (E_T (Wh)), es necesario calcular el consumo real (E) que tendrá la casa una vez realizada la instalación fotovoltaica, esto es, considerando además el consumo de los equipos propios de la instalación (inversor, baterías, otros), producto de las pérdidas asociadas al funcionamiento. Para esto, se utilizará la Ecuación 6:

$$E = \frac{E_T}{R} (Wh)$$

Ecuación 6. Consumo Energético Real

Donde R corresponde al factor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica, y se calcula según la Ecuación 7:

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) * \left(1 - \frac{k_a * N}{P_d} \right)$$

Ecuación 7. Factor de Rendimiento Global de la Instalación Fotovoltaica

Donde los factores de la Ecuación 4.2.2 son los siguientes:

- k_b : Coeficiente de pérdidas por rendimiento del banco de baterías
 - 0,05 en sistemas que no demanden descargas profundas
 - 0,1 en sistemas con descargas profundas
- k_c : Coeficiente de pérdidas en el inversor
 - - 0,05 para inversores sinodales puros, trabajando en régimen nominal
 - - 0,1 para inversores trabajando fuera del régimen nominal
- k_v : Coeficiente de pérdidas varias (pérdidas en conductores, efecto joule, etc.)
 - se consideran valores de referencia entre 0,05 y 0,15
- k_a : Coeficiente de auto-descarga diario
 - 0,002 para baterías de baja auto-descarga Ni-Cd
 - 0,005 para baterías estacionarias de Pb-ácido
 - 0,012 para baterías de alta auto-descarga (arranque de vehículos)

- N: número de días de autonomía de la instalación
 - Días en que la instalación trabajará bajo condiciones de irradiación mínimas (días nublados continuos), se consumirá más energía de la que se genera.
- Pd: Profundidad de descarga diaria de la batería
 - no deberá exceder el 80% de su capacidad nominal, a fin de evitar afectar la vida útil del banco de baterías.

Los valores utilizados para los cálculos son los siguientes:

- kb: 0,1
- kc: 0,05
- kv: 0,05
- ka: 0,005
- N: 4
- pd: 0,7

Por lo tanto, y según la Ecuación 7, el rendimiento de la instalación será:

$$R = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,05) * \left(1 - \frac{0,005 * 4}{0,7} \right) = 0,777$$

De acuerdo a lo anterior la energía real consumida (E) será:

$$E = \frac{44,8}{0,777} = 87,5(Wh)$$

B) Cálculo del Banco de Baterías

Ya conocido el valor real del consumo energético de la instalación es posible calcular la capacidad del banco de baterías (C_{Bat}) necesario para acumular la energía generada por el sistema, esto se hará de acuerdo a la Ecuación 8:

$$C_{Bat} = \frac{E * N}{V * p_d}$$

Ecuación 8. Capacidad del Banco de Baterías

Donde V corresponde al voltaje nominal de la batería.

Por lo tanto, la capacidad del banco de baterías es:

$$C_{Bat} = \frac{87,5 * 4}{12 * 0,7} = 41,6(Ah)$$

C) Cálculo de los Paneles Solares

Como ya se obtuvo la capacidad del banco de baterías, se está en condiciones de calcular la cantidad de paneles solares necesarios para la instalación. Para esto se hará uso de los datos obtenidos de la irradiación solar diaria promedio en Ecuador, los cuales son indicados en el cuadro 9.

IRRADIACION DIARIA EN ECUADOR											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6,5	6,0	4,3	2,5	1,5	1,0	1,2	2,0	3,2	4,4	4,5	6,3

T

Cuadro 9. Irradiación Solar

A los datos indicados en el cuadro 9, se le deberán descontar las pérdidas de Radiación por concepto de Orientación e Inclinación de los paneles, junto con las pérdidas por sombras.

Antes de realizar los cálculos, es necesario indicar algunos datos mínimos para realizar el diseño, estos son:

- Latitud (F): 1°49' Sur
- Longitud: 78°39' Oeste
- Elevación: 2757 metros

1. Cálculo de Pérdidas por Orientación e Inclinación

Para realizar estos cálculos, primero se deben estimar los valores de elevación y acimut de los paneles y luego comprobar si estos valores están dentro de los límites indicados, esto se puede hacer de acuerdo a ciertas recomendaciones para el diseño de instalaciones fotovoltaicas.

Por ejemplo, la elevación de los paneles puede ser de +/- 10° la latitud del lugar donde se realizará la instalación, mientras que la orientación para el hemisferio sur, es apuntando hacia el norte y en el hemisferio norte hacia el sur. Es de acuerdo a estas recomendaciones que los valores estimados son los siguientes:

- Inclinación de los Paneles (β): 10°
- Acimut (α): 0°

Nota: los paneles serán montados sobre el techo de la casa en la cual se pretende realizar la instalación, la cual tiene una inclinación cercana a los 10° y se ubica en un plano paralelo con una ligera inclinación para que se limpien con la lluvia.

Para determinar si la inclinación y orientación estimadas se encuentran dentro de los límites aceptables, se debe recurrir a la gráfica 39, en esta, los distintos anillos de color indican distintos niveles de pérdidas, así el primer anillo de color blanco corresponde a una pérdida del 0%, el segundo indica pérdidas entre el 0 y 5%, el siguiente entre 5 y 10%, el cual corresponde al anillo de nuestro interés, ya que como se ha dicho, las pérdidas por este concepto no deberán superar el 10%. Pues bien, en el diagrama se debe ubicar el valor de acimut 0°, la cual corresponde exactamente a la dirección norte, luego se identifica el anillo que indica el 10% de pérdidas, este corresponde al anillo de color amarillo de borde negro.

La intersección de la recta de acimut con los límites de pérdidas, nos indican los valores de inclinación máxima y mínima. En caso de no existir intersección entre ambas, significa que las pérdidas están fuera de las aceptadas. Se observa que la recta acimut interseca al anillo amarillo para una inclinación mínima de 10° y máxima de 80°. Estos valores deben ser corregidos de acuerdo a las Ecuaciones 9, en función de la diferencia entre la latitud del lugar y la de 1.66°.

Inclinación máxima = Inclinación límite máx. ($\Phi = 1.66^\circ$) – (1.66° – latitud del lugar)

Inclinación mínima = Inclinación límite mín. ($\Phi = 1.66^\circ$) – (1.66° – latitud del lugar),

siendo 0° su valor mínimo.

Ecuaciones 9. Corrección de los Límites Aceptables de Orientación e Inclinación

Por lo tanto, la inclinación y orientación estimadas, están dentro de los valores aceptados. Ahora bien, como método de comprobación se utilizará la Ecuación 10, las que son utilizadas en caso donde los valores se encuentran cerca del límite, estas nos servirán además para estimar el porcentaje de pérdidas de nuestra instalación.

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \Phi + 10)^2] \text{ para } \beta \leq 15^\circ$$

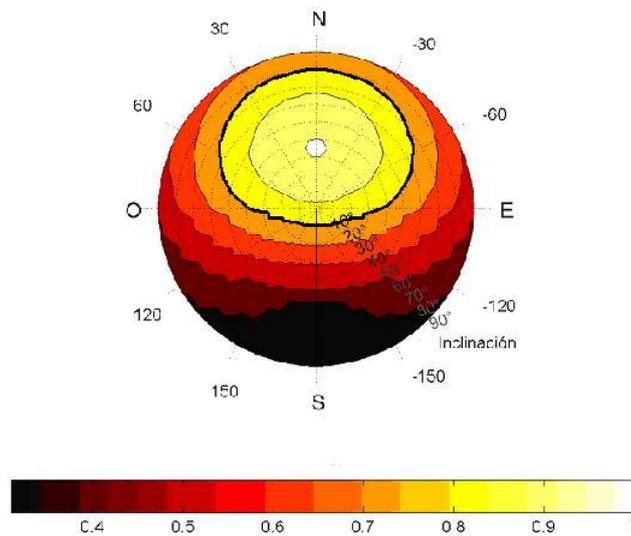
$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - F + 10)^2 + 3,5 \times 10^{-5} a] \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

Ecuaciones 10. Estimación del Porcentaje de Pérdidas

En nuestro caso utilizaremos la primera ecuación, por lo que las pérdidas serán:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (40 - 1,66 + 10)^2 + 3,5 \times 10^{-5} * 02] = 0,6\%$$

Con el valor anterior comprobamos que nuestra estimación no solo está dentro de los límites aceptables, sino que también es un valor muy bajo.



Gráfica 39. Diagrama Polar de Pérdidas por Orientación e Inclinación

2. Cálculo de Pérdidas por Sombras

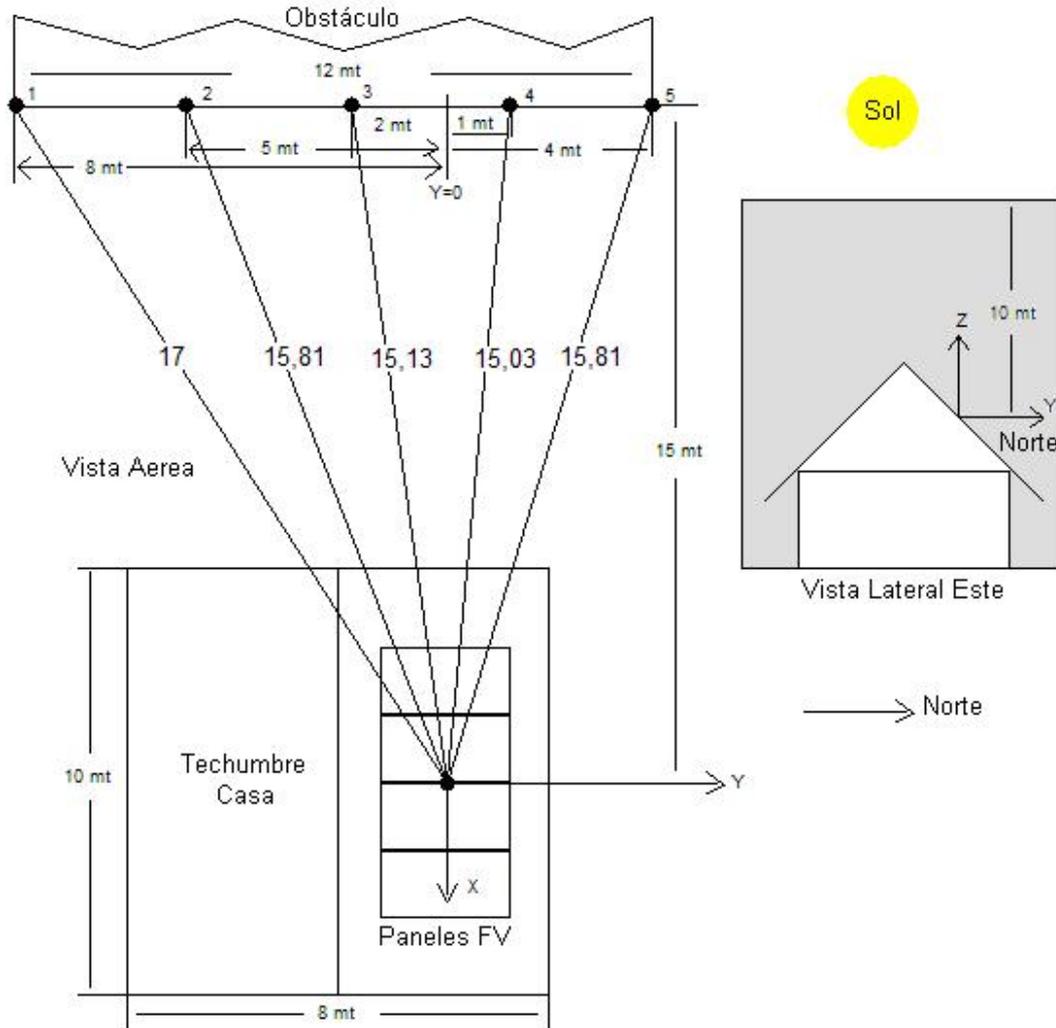
Si bien es cierto en el lugar donde se realizará la instalación no cuenta con obstáculos que bloqueen la incidencia de rayos solares sobre la superficie de los paneles, de igual forma se considerará un obstáculo imaginario a modo de ejercicio. Este se encuentra al oeste del sistema fotovoltaico, por lo que durante la tarde puede proyectar sombras sobre los paneles.

Para evaluar las pérdidas provocadas por el edificio, se deben marcar algunos puntos sobre el borde del obstáculo, en este caso se marcaron 5 puntos, luego, mediante un eje de coordenadas (x, y, z) se indican las distintas coordenadas de los puntos marcados, tomando como referencia, el centro del sistema fotovoltaico, según se indica en la gráfica 40.

Estas coordenadas son indicadas en el cuadro 10, en la que además aparecen los valores de los ángulos de acimut y elevación para las distintas marcas.

Calculo de Pérdidas por Obstáculos						
Punto	Coordenas			h	Acimut (°)=asen(y/x)	Elevación (°)=asen(Z/h)
	X	Y	Z			
1	-15	-8	10	17	32,3	36,1
2	-15	-5	10	15,81	19,5	39,3
3	-15	-2	10	15,13	7,7	41,4
4	-15	1	10	15,03	-3,8	41,7
5	-15	5	10	15,81	-19,5	39,3

Cuadro 10. Distancias entre Paneles FV, Edificio, Ángulos de Elevación, Acimut



Gráfica 40. Proyección de Sombras sobre las Superficies Fotovoltaicas

Una vez obtenidos el valor de los ángulos de acimut y elevación, se debe representar el perfil del obstáculo, para esto es necesario utilizar un diagrama de trayectorias del sol para la latitud del sector, como el que se muestra en la gráfica 41, en este ya se ha trazado el perfil del obstáculo de acuerdo a los valores obtenidos previamente. Cada una de las porciones indicadas en el diagrama representa el recorrido del sol a una cierta hora del día, ende, una cierta contribución de radiación solar sobre la superficie fotovoltaica. El aporte de radiación solar de cada una de estas porciones es indicado en tablas de referencia para distintas latitudes, inclinación y orientación, por lo cual debe escogerse la que más se asemeje a las condiciones de trabajo utilizadas para la instalación. La tabla de referencia utilizada para nuestras condiciones de trabajo es indicada en el cuadro 11.

Representar el perfil del obstáculo sobre el diagrama de trayectorias del sol permite calcular las pérdidas de irradiación solar por efecto de sombras. Para conocer estas pérdidas, se deben sumar los aportes de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el obstáculo.

En aquellos casos en que la porción resulte parcialmente oculta, se utilizará un factor de llenado, el cual corresponde a una fracción estimada del total de la porción, este deberá estar lo más próximo a los siguientes valores: 0,25, 0,5, 0,75, 1.

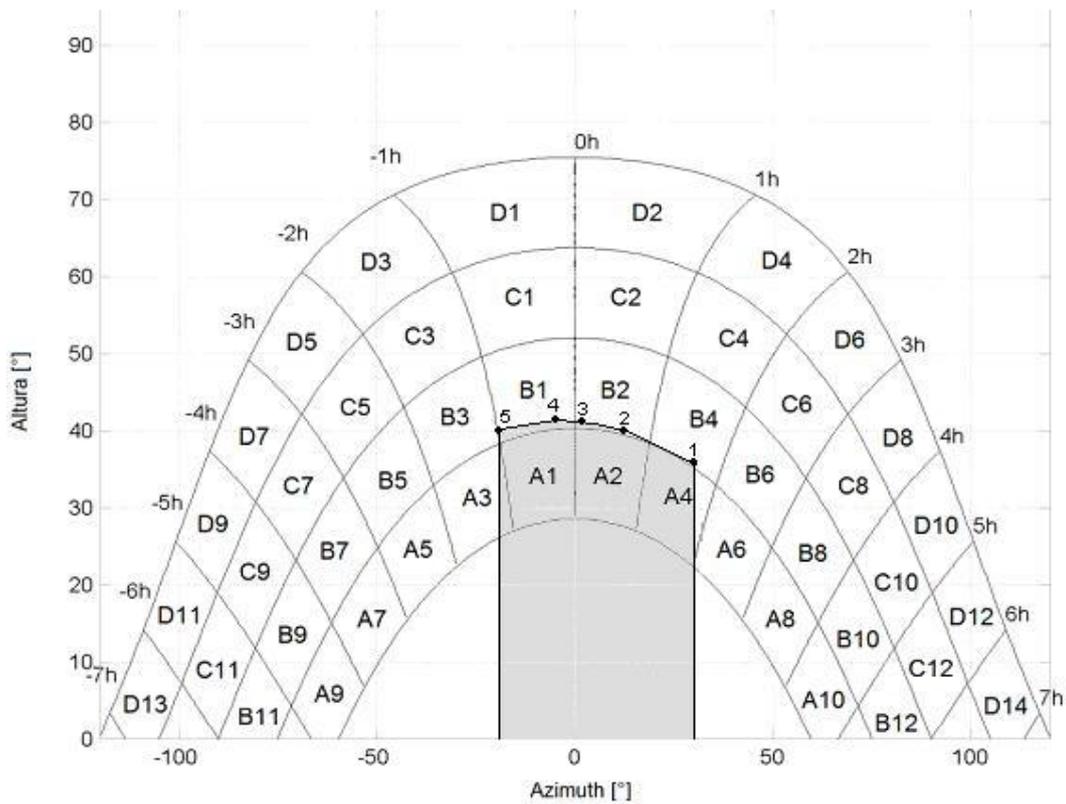


Figura 41. Diagrama de Trayectorias del Sol

$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
11	0,0%	0,0%	0,2%	0,6%
9	0,3%	0,5%	0,6%	1,6%
7	1,4%	1,1%	1,2%	2,8%
5	2,6%	1,7%	1,7%	3,8%
3	3,5%	2,1%	2,1%	4,6%
1	4,0%	2,4%	2,4%	5,1%
2	4,1%	2,4%	2,4%	5,2%
4	3,8%	2,3%	2,3%	4,9%
6	3,1%	1,9%	2,0%	4,2%
8	2,0%	1,4%	1,5%	3,3%
10	0,8%	0,8%	0,9%	2,2%
12	0,1%	0,2%	0,4%	1,0%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%

Cuadro 11. Pérdidas de Radiación Solar por Sombras

Con lo dicho anteriormente, nuestro ejemplo queda como se indica a continuación:

$$PSombra = A1*1 + A2*1 + A4*0,75 + A3*0,25 + B1*0,25 + B2*0,25$$

$$PSombra = 4*1 + 4,1*1 + 3,8*0,75 + 3,5*0,25 + 2,4*0,25 + 2,4*0,25$$

$$PSombra = 13\%$$

Si bien es cierto, este valor de pérdidas se encuentra fuera del límite aceptado, la suma de las pérdidas por orientación e inclinación con las pérdidas por sombra está dentro del límite permitido de 15%.

Ahora que ya se conoce el valor de las pérdidas por inclinación, orientación y sombras, es posible continuar con el cálculo de la irradiación que llegará a la superficie de los paneles, lo cual nos permitirá finalmente conocer el número de paneles necesario para nuestra instalación. La irradiación neta que llegará a la superficie de los paneles es indicada en el cuadro 12, la cual se obtuvo descontando el 13% de la irradiación total sobre la superficie terrestre en ese lugar.

IRRADIACION TOTAL MENSUAL E IRRADIACION MENOS PERDIDAS (Kwh/m ² dia)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Irradiación Total	6,5	6,0	4,3	2,5	1,5	1,0	1,2	2,0	3,2	4,4	4,5	6,3
Irradiación – 13% Pérdidas	5,7	5,2	3,7	2,2	1,3	0,8	1,1	1,7	2,7	3,9	3,9	5,4

Cuadro 12. Valores de Irradiación menos pérdidas por orientación, inclinación, sombra

Conocido el nivel de irradiación diaria, es necesario estimar las horas de sol diarias, o también conocidas como Horas Solares Pico (HSP), las que corresponden a las horas solares equivalentes por día, en base a un nivel de radiación estándar de 1 KW/m². Las HSP son mostradas en el cuadro 13.

HSP MENSUALES (h)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
HSP (h)	5,7	5,2	3,7	2,2	1,3	0,8	1,1	1,7	2,7	3,9	3,9	5,4

Cuadro 13. Horas Solares Pico (h) Mensuales

El número de paneles está determinado por la Ecuación 11:

$$NP = \frac{E}{0,9 * W_p * HSP}$$

Ecuación 11. Número de Paneles Solares

Donde W_p corresponde a la potencia pico del panel, la cual debe ser definida por el diseñador. Para nuestra instalación consideraremos un panel de 130 W_p , además se realizará un cálculo para la condición más desfavorable en términos de HSP, es decir, para el mes de junio, lo cual es recomendable para abastecer de energía eléctrica durante todo el año. Otro cálculo se hará para la condición más favorable (panel de 20 W), el cual corresponde al mes de enero, y por último un cálculo para el promedio de HSP anual (panel de 30 W).

Por lo tanto:

- HSP=0,8 Horas

$$NP = \frac{87,5}{0,9 * 130 * 0,8} = 0,93 \approx 1$$

- HSP=5,7 Horas

$$NP = \frac{87,5}{0,9 * 20 * 5,7} = 0,85 \approx 1$$

- HSP=3,1 Horas (Promedio)

$$NP = \frac{87,5}{0,9 * 30 * 3,1} = 1,04 \approx 1$$

Como se puede apreciar en los cálculos anteriores, el utilizar el criterio del mes más desfavorable en términos de HSP, hace necesario utilizar un panel de mayor potencia, o bien utilizar mayor cantidad de paneles de baja potencia, aumentando también el costo de la instalación. A continuación, en la Ecuación 12 se muestra un método de comprobación de la cobertura entregada por la instalación para cada uno de los meses del año, el cual corresponde al Factor de Utilización (Fi) o Factor de Cobertura del mes i.

$$F_i = \frac{\text{Energía Disponible}}{\text{Energía Consumida}} = \frac{NP * 0,9 * W_p * HSP_i}{E}$$

Ecuación 12. Factor de Cobertura

Donde HSP, corresponde a las Horas Solares Pico de un mes específico.

Los valores del Factor de Cobertura para cada uno de los cálculos anteriores, con las respectivas potencias de cada panel son indicados en el cuadro 14, cuadro 15 y cuadro 16 respectivamente.

FACTOR DE COBERTURA PARA NP=1, WP=130													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
F	7,6	7,0	4,9	2,9	1,7	1,1	1,5	2,3	3,6	5,2	5,2	7,2	4,2

Cuadro 14. Factor de Cobertura Solar NP=1, Wp=130W

FACTOR DE COBERTURA PARA NP=1, WP=20W													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
F	1,2	1,1	0,8	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3	0,6	0,8	0,8	1,1	0,6

Cuadro 15. Factor de Cobertura Solar NP=1, Wp=20W

FACTOR DE COBERTURA PARA NP=1, WP=30W													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
F	1,8	1,6	1,1	0,7	0,4	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,2	1,7	1,0

Cuadro 16. Factor de Cobertura Solar NP=1, Wp=30W

En el cuadro 14, se puede apreciar que la instalación cubre a cabalidad los requerimientos de energía, incluso el mes de junio (mes más crítico) los supera en un 10%, esto muestra además que la instalación puede independizarse de la red eléctrica, generando el 100% de la energía que consume. El promedio, situado en 4,2 (420%), indica que la instalación produce anualmente 3,2 veces más energía de la que requiere, esto es porque el cálculo se realizó para el mes con menor cantidad de radiación solar y con menos horas de sol diarias. El excedente de energía en los meses de mayor producción podría ser vendido perfectamente.

Luego en el cuadro 15 se observa que no es posible cubrir los requerimientos de energía a lo largo del año con la cantidad y características de los paneles indicados, pero sí es posible satisfacer la demanda de gran parte este, el promedio indica que anualmente la instalación produce un 40% menos de la energía que necesita. Durante los meses de menor producción es posible suplir la energía faltante con la red eléctrica.

Por último, en el cuadro 16 se observa que solo es posible satisfacer la demanda energética de la mitad del año, esto es durante los meses enero, febrero, marzo, octubre noviembre y diciembre, generando en los meses restantes, fracciones de la energía requerida. En este caso se puede suplir la energía faltante con energía proveniente de la red eléctrica. A pesar de lo anterior el promedio anual de generación de energía está en un 100%.

D) Cálculo del Regulador

Para estimar el regulador de carga necesario, debemos utilizar los datos indicados por el fabricante del panel solar a utilizar, específicamente nos centraremos en la corriente de cortocircuito (I_{sc}), luego este valor será multiplicado por la cantidad de paneles necesarios para la instalación. Esto se puede observar en la Ecuación 13.

$$I_{max} = I_{sc} * NP$$

Ecuación 13. Cálculo del Regulador de Carga

Por lo que el regulador será:

- Para $NP=1$, $W_p=130$ W, $I_{sc}=8,02$ A

$$I_{max} = 8,02 * 1 = 8,02A$$

- Para $NP=1$, $W_p=20$ W, $I_{sc}=1,24$ A

$$I_{max} = 1,24 * 1 = 1,24A$$

- Para $NP=1$, $W_p=30$ W, $I_{sc}=1,86$ A

$$I_{max} = 1,86 * 1 = 1,86A$$

E) Cálculo del Inversor

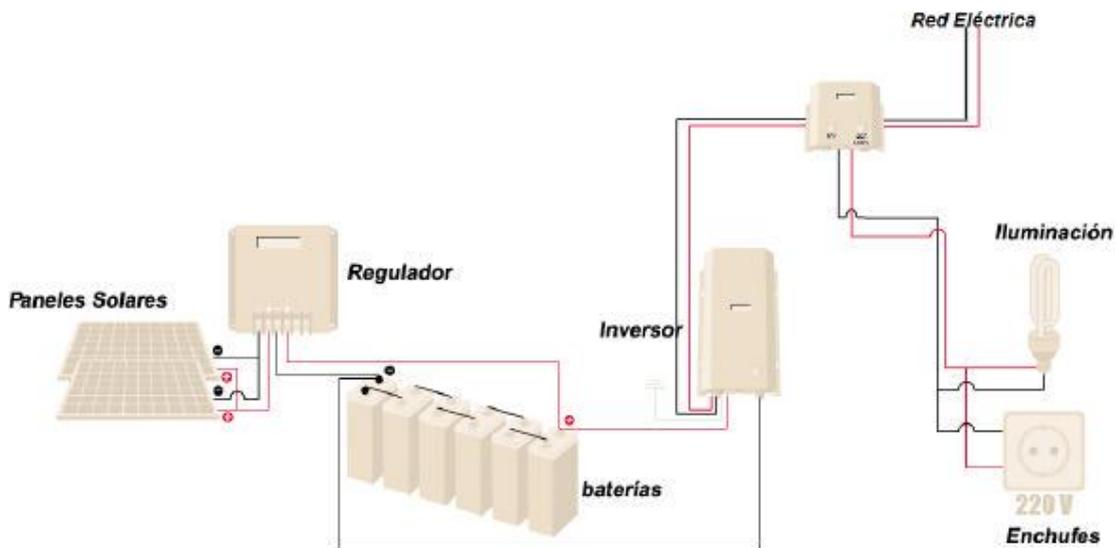
Para seleccionar el inversor, se debe estimar la potencia máxima instantánea demandada, para lo cual es conveniente observar la descripción de los distintos consumos de la casa, indicados en el cuadro 17, de la cual podemos decir que el máximo consumo instantáneo puede alcanzar los 64 W, esto es, funcionando toda la iluminación al mismo tiempo dentro de una hora. Pero de acuerdo al factor de diversidad aplicado, esta potencia alcanza un valor de 44,8 W, y sumando a esta el consumo por parte de los equipos propios de la instalación, la potencia instantánea alcanza los 87,5 W, estimaremos que la potencia del inversor será de 100W para iluminación.

A modo de recomendación se debe decir que los inversores deben trabajar a plena carga, o cercano a esta, a fin de no afectar su eficiencia de funcionamiento.

F) Conmutador

El conmutador podrá ser del tipo manual o automático, y permitirá realizar el cambio de alimentación eléctrica entre el sistema de generación fotovoltaico y el suministro de energía por medio de la red cableada.

Este actuador funcionará en condiciones de baja carga de las baterías (30% de la capacidad máxima, según lo estipulado en el punto 3.1.2.1, para el cálculo del banco de baterías), el cual al detectar un nivel inferior al 30% de la carga máxima, realizará el cambio hacia el suministro de la red eléctrica convencional.



Gráfica 43. Diagrama de funcionamiento del sistema fotovoltaico

G) Cálculo de una Instalación Fotovoltaica para el Hogar en General

Si bien es cierto el objetivo de este trabajo es hacer el análisis para un sistema de iluminación, el cual fue realizado en el punto anterior, se realizará el análisis para el consumo total del hogar, a fin de estimar los requerimientos de equipos necesarios para la alimentación de las cargas.

1. Estimación del Consumo Energético

En el cuadro 17 se estiman los consumos para toda la casa de igual forma como se hizo anteriormente, en la cual se incluyen los consumos de iluminación antes mencionados.

A estos consumos se le aplicará un factor de diversidad igual que para el sistema de iluminación, es decir un 70%.

Estimación de consumos Energéticos	
Descripción	Consumo (Kw)
Living / Comedor	0,024
Cocina	0,012
Baño	0,008
Luz Dormitorio 1	0,008
Luz Dormitorio 2	0,008
Pasillo	0,004
DVD	0,02
TV	0,065
Lavadora	0,35
Computador	1,1
Refrigerador	1,55
Consumo Total	3,15
Factor de Diversidad	0,70
Consumo Estimado	2,2

Cuadro 17. Estimación de Consumos Energéticos

De acuerdo a los resultados obtenidos de la estimación del consumo, se procede a realizar el mismo procedimiento realizado para el cálculo del sistema de iluminación anterior.

Para estimar el consumo energético real se consideran los mismos parámetros utilizados anteriormente, es decir, un factor rendimiento de la instalación igual a 0,777, por lo que este valor será el siguiente:

$$E = \frac{2,2}{0,777} = 2,8(KWh / día)$$

2. Estimación de la capacidad del banco de baterías

$$C_{bat} = \frac{2800 * 4}{12 * 0,7} = 1333(Ah)$$

3. Estimación de la cantidad de paneles

Una vez obtenida la capacidad del banco de baterías, procedemos a calcular la cantidad de paneles fotovoltaicos. Se considera la instalación de los paneles sobre la misma superficie utilizada anteriormente, por lo que las pérdidas por orientación e inclinación se consideran iguales.

Se realizarán los cálculos para la condición menos favorable, la más favorable y para el promedio de horas solares pico (HSP), todos con paneles de 130 Wp.

Por lo tanto:

- HSP=0,8 Horas

$$NP = \frac{2800}{0,9 * 130 * 0,8} = 29,5 \approx 30$$

- HSP=5,7 Horas

$$NP = \frac{2800}{0,9 * 130 * 5,7} = 4,1 \approx 5$$

- HSP=3,1 Horas (Promedio)

$$NP = \frac{2800}{0,9 * 130 * 3,1} = 7,7 \approx 8$$

4. Estimación del factor de cobertura

Los valores del Factor de Cobertura para NP=30, 5 y 8, son indicados en el cuadro 18, cuadro 19 y cuadro 20 respectivamente.

FACTOR DE COBERTURA SOLAR MENSUAL (NP=30)													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
F	7,1	6,5	4,6	2,8	1,6	1,0	1,4	2,1	3,4	4,9	4,9	6,8	3,9

Cuadro 18. Factor de Cobertura Solar NP=30

FACTOR DE COBERTURA SOLAR MENSUAL (NP=8)													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
F	1,9	1,7	1,2	0,7	0,4	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3	1,3	1,8	1,0

Cuadro 19. Factor de Cobertura Solar NP=8

FACTOR DE COBERTURA SOLAR MENSUAL (NP=5)													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
F	1,2	1,1	0,8	0,5	0,3	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	1,1	0,7

Cuadro 20. Factor de Cobertura Solar NP=5

5. Estimación del Regulador de Carga

- Para NP=30

$$I_{max} = 8,02 * 30 = 240,6A$$

- Para NP=8

$$I_{max} = 1,24 * 1 = 64,16$$

- Para NP=5

$$I_{max} = 1,86 * 1 = 44,1A$$

6. Estimación del Inversor

Para el seleccionar el inversor, se debe estimar la potencia máxima instantánea demandada, para lo cual es conveniente observar la descripción de los distintos consumos de la casa, indicados en el cuadro 17, de la cual podemos decir que el máximo consumo instantáneo puede alcanzar los 2200 W, esto es, funcionando todos los equipos al mismo tiempo dentro de una hora. Pero como sabemos que es una condición poco probable, además de poco conveniente y no recomendable, estimaremos que la potencia instantánea puede llegar a los 2000 W.

7. Conmutador

El conmutador será de 2000 W y podrá ser del tipo manual o automático, y permitirá realizar el cambio de alimentación eléctrica entre el sistema de generación fotovoltaico y el suministro de energía por medio de la red cableada.

Este actuador funcionará en condiciones de baja carga de las baterías (30% de la capacidad máxima, según lo estipulado en el punto 3.1.2.1, para el cálculo del banco de baterías), el cual al detectar un nivel inferior al 30% de la carga máxima, realizará el cambio de hacia el suministro de la red eléctrica convencional.

3.1.2.3.- ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

Ahora que ya se ha dimensionado el sistema, se deben elegir los equipos necesarios para realizar la instalación, estos son indicados en el cuadro 21 para el primer caso analizado del sistema de iluminación. En el cuadro 22 se muestra el resumen para el sistema completo.

Item	Equipo	Descripción	Capacidad	Unidad	Cant
1	Baterías	Banco de baterías, 41 Ah, 12 VDC, selladas	55	Ah	1
2	Paneles FV	De acuerdo a las condiciones del diseño del sistema se utilizaran paneles de una potencia de 130 WP	130	Wp	1
3	Regulador	El regulador de sobrecarga deberá soportar una intensidad de corriente máxima de 8,02 A	8	A	1
4	Inversor	El inversor de tensión deberá soportar una potencia instantánea máxima de 100 W	100	W	1
5	Conmutador	Sistema conmutador de circuito, red eléctrica a sistema fotovoltaico, 100 W, 110 VAC	100	W	1
6	Amp. Led	Ampolleta Led tipo dicroica, base E-27, 320 lm, eficiencia 80 lm/W, 60°	4	W	16

Cuadro 21. Resumen y Elección de los Equipos para el Sistema de Iluminación

Item	Equipo	Descripción	Capacidad	Unidad	Cant
1	Baterías	Banco de baterías, 1333 Ah, 12 VDC, selladas	200	Ah	7
2	Paneles FV	De acuerdo a las condiciones del diseño del sistema se utilizaran paneles de una potencia de 130 WP	130	Wp	30
3	Regulador	El regulador de sobrecarga deberá soportar una intensidad de corriente máxima de 240,6 A	60	A	4
4	Inversor	El inversor de tensión deberá soportar una potencia instantánea máxima de 2000 W	2000	W	1
5	Conmutador	Sistema conmutador de circuito, red eléctrica a sistema fotovoltaico, 2000 W, 110 VAC	2000	W	1
6	Amp. Led	Ampolleta Led tipo dicroica, base E-27, 320 lm, eficiencia 80 lm/W, 60°	4	W	16

Cuadro 22. Resumen y Elección de los Equipos para el Sistema en General

3.1.2.4.- ASPECTOS ECONÓMICOS

En el cuadro 23 se indica el costo de los equipos necesarios para la instalación del sistema para iluminación, mientras que en el cuadro 24 se muestran los costos para el sistema en general. En esta estimación no se han considerado los materiales para soporte de los paneles, cables eléctricos, protecciones adicionales, mano de obra, varios. Por otro lado esta estimación se realiza en ambos casos para la situación más crítica en cuanto a HSP se trata.

Item	Equipo	Descripción	Capacidad	Unidad	Cant	Costo Unitario	Total
1	Baterías	Banco de baterías,8,02 Ah, 12 VDC, selladas	41	Ah	1	25	60
2	Paneles FV	De acuerdo a las condiciones del diseño del sistema se utilizaran paneles de una potencia de 130 WP	130	Wp	1	200	200
3	Regulador	El regulador de sobrecarga deberá soportar una intensidad de corriente máxima de 304,8 A	8	A	1	50	50
4	Inversor	El inversor de tensión deberá soportar una potencia instantánea máxima de 100 W	100	W	1	70	70
5	Conmutador	Sistema conmutador de circuito, red eléctrica a sistema fotovoltaico,100 W, 110 VAC	100	W	1	60	60
6	Amp. Led	Ampolleta Led tipo dicroica, base E-27, 320 lm, eficiencia 80 lm/W, 60°	4	W	16	7,5	120
Subtotal							560
Iva							67,2
958							627,2

Cuadro 23. Costo de los Equipos Sistema de Iluminación

Item	Equipo	Descripción	Capacidad	Unidad	Cant	Costo Unitario	Total
1	Baterías	Banco de baterías, 1333 Ah, 12 VDC, selladas	200	Ah	7	110	770
2	Paneles FV	De acuerdo a las condiciones del diseño del sistema se utilizarán paneles de una potencia de 130 WP	130	Wp	30	200	200
3	Regulador	El regulador de sobrecarga deberá soportar una intensidad de corriente máxima de 304,8 A	60	A	4	90	360
4	Inversor	El inversor de tensión deberá soportar una potencia instantánea máxima de 2000 W	2000	W	1	380	380
5	Conmutador	Sistema conmutador de circuito, red eléctrica a sistema fotovoltaico, 2000 W, 110 VAC	2000	W	1	400	400
6	Amp. Led	Ampolleta Led tipo dicroica, base E-27, 320 lm, eficiencia 80 lm/W, 60°	4	W	16	7,5	120
Subtotal							2230
Iva							267,6
Total							2497,6

Cuadro 24. Costo de los Equipos Sistema General

- **Rentabilidad y Periodo de Recuperación de la Inversión**

Para estimar la rentabilidad y el periodo de recuperación de la inversión, primero es necesario conocer los ingresos y egresos que se tendrán dentro del periodo de vida útil de la instalación, la cual se ha determinado en 24 años.

La duración de los paneles fotovoltaicos se estima de 25 años, al igual que para las ampollitas Led. La vida útil del regulador, inversor, baterías, conmutador, se estima de 8 años según datos entregados por el fabricante.

En este análisis no se considerarán costos por concepto de mantención y operación del sistema.

Para el caso del sistema de iluminación, se considera que con el consumo instantáneo la instalación consumirá el 40% anualmente de 134 KW/h.

Ahora bien, para el segundo caso en evaluación, la instalación produciendo los mismos 134 KW/h, conduce a un ahorro estimado en \$123 anuales, recuperando la inversión en un tiempo de 23 años aproximadamente, tomando en cuenta que se estará utilizando energía sin contaminación.

EVALUACION ECONÓMICA PARA EL SISTEMA DE ENERGÍA					
Año	Inversión	Ingresos / Ahorros	Costos de Operación	Costos de Mantención	Total
	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
1	2497,6	0	-	-	2497,6
2	2497,6	123	-	-	2374,6
3	2705,56	123	-	-	2251,6
4	2582,56	123	-	-	2128,6
5	2459,56	123	-	-	2336,56
6	2336,56	123	-	-	2005,6
7	2213,56	123	-	-	1882,6
8	2090,56	123	-	-	1759,6
9	1967,56	123	-	-	1636,6
10	1844,56	123	-	-	1513,6
11	1721,56	123	-	-	1390,6
12	1598,56	123	-	-	1267,6
13	1475,56	123	-	-	1144,6
14	1352,56	123	-	-	1021,6
15	1229,56	123	-	-	898,6
16	1106,56	123	-	-	775,6
17	983,56	123	-	-	652,6
18	860,56	123	-	-	529,6
19	737,56	123	-	-	406,6
20	614,56	123	-	-	283,6
21	491,56	123	-	-	160,6
22	368,56	123	-	-	37,6
23	245,56	123	-	-	-85,4
24	122,56	123	-	-	-208,4

Cuadro 25. Estimación de recuperación de la inversión para el Sistema de Energía

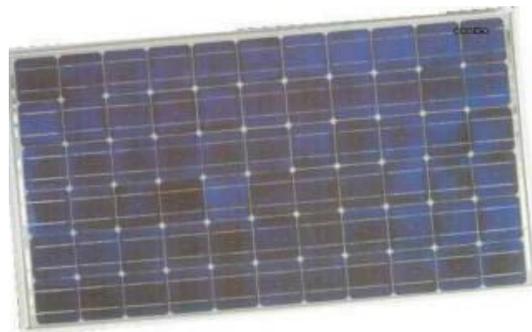
3.1.3- DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

Este sistema que se está implementando consta de 3 partes:

- Panel fotovoltaico
- Cargador de batería 12 VCC
- Inversor 12 VCC a 110 VAC

A) PANEL FOTOVOLTAICO

Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos.



Gráfica 44. Panel Solar

Para la fabricación de células es necesario Silicio de la mayor pureza posible, de cara a que las células sean de una eficiencia elevada, además de añadirle impurezas de algunos elementos químicos como el boro y el fósforo. Cada célula es capaz de generar una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa. En este proceso de captación, parte de la radiación incidente se pierde por reflexión y otra parte por transmisión (atraviesa la célula). Esta célula fotovoltaica funciona de manera parecida a una pila, en la que la corriente transcurre de un polo negativo a uno positivo. Al incidir la luz sobre las células fotovoltaicas, se genera una tensión.

Hay que tener en cuenta que una sola célula produce poca electricidad, por lo que en cada módulo fotovoltaico se montan varias células en serie, y luego a mayor escala, estos módulos se agrupan de cara a formar un generador fotovoltaico, con el que se consigue una potencia y corriente suficiente para suministrar energía a las demandas que se requieran.

Cuando el Sol incide sobre nuestros paneles de silicio colocados en el tejado o en una superficie libre de sombras producen electricidad en corriente continua. Esa corriente se transforma en alterna, a través de un inversor, para poderla verter a la red eléctrica general y así venderla al proveedor energético que tengamos contratado.

A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica.

El proceso, simplificado, sería el siguiente:

1. Se genera la energía a bajas tensiones y en corriente continua.
2. La corriente continua se lleva a un circuito electrónico inversor que la transforma en corriente alterna, la cual es el tipo de corriente disponible en el suministro eléctrico de cualquier hogar de 120 o 240 voltios.
3. Mediante un transformador se eleva la tensión, la potencia de AC se inyecta en la red eléctrica.
4. La electricidad generada se distribuye, casi siempre, a la línea de distribución de los dispositivos de iluminación de la casa o electrodomésticos de bajo consumo, ya que estos no consumen excesiva energía, y son los adecuados para que funcionen correctamente con la corriente generada por el panel.
5. La electricidad que no se usa se puede enrutar y usar en otras instalaciones.

Hay diferentes tamaños de paneles solares con diferentes potencias picos: industrialmente hay paneles de 45 W (vatios) de 50 o 55 W y de 100 o 110 W.

La potencia se define como la multiplicación de la tensión por la corriente. El resultado es "P" en W o vatios. En la energía solar se usa el término "pico" indicando, que esta función no necesariamente es constante.

La energía producida es la potencia del panel multiplicado por el tiempo de producción. El tiempo de producción en este caso es el tiempo que haya una radiación solar fuerte. Esto significa sol sin sombra, sin nubes y con un ángulo de radiación hacía el panel entre 90 y 30 grados.

Entonces, no se puede calcular más que seis horas diarias de generación por día. En la práctica se calcula con el promedio de horas sol según el sitio de la ubicación del sistema solar.

En la mayoría de los sitios en el Ecuador se puede aplicar un promedio de 3 hasta 3,5 horas sol por día. Este promedio se aplica por razones, que hay días con poca radiación, por ejemplo los días con nubes o con lluvia.

En nuestro caso utilizaremos un panel que emite 12 Voltios y 0.7 Amperios

B) CARGADOR

Todos los sistemas de energía eléctrica necesitan disponer de una fuente de energía capaz de suministrarles potencia durante el mayor tiempo posible a los circuitos encargados de alimentar la energía eléctrica doméstica durante los momentos en que el suministro de red deja de estar presente o cuando se desee ahorrar energía de la red eléctrica de cada hogar.

Para que nuestra fuente de energía en este caso la batería que se alimenta de los paneles solares esté siempre completa en su capacidad de acumular energía, necesitamos un circuito que pueda conectar en forma automática un cargador y que observe de manera continua la tensión en los bornes de la batería. Es decir, cargarla hasta un límite seguro de operación apropiada y mantenerla siempre dentro de límites correctos de tensión.

Vale recordar que una batería no puede estar conectada a un cargador de forma continua ya que un exceso de tiempo de carga termina arruinando la batería. Es por esto que el diseño debe estar siempre atento a mantenerla en buenas condiciones para cuando sea necesario su funcionamiento.

Capacidad de una Batería - Amperios Hora - (Ah)

La capacidad de una batería es la cantidad de energía que puede almacenar. La cantidad de energía se mide en coulomb (C), y es el producto entre la corriente (Amperios) por el tiempo (t).

$$Q=I.T$$

Más usualmente, se utiliza el Amperio Hora para medir la cantidad de Energía en una batería (Relación 1 Ah= 3600 C). Una batería de 100 Ah es capaz de entregar 10 Amperios durante 10 horas. En nuestro prototipo la batería es de 5 Ah. La capacidad en Amperios horas indica la corriente que puede suministrar la batería durante un tiempo determinando siempre que la tensión no baje de 10.5 voltios (V) en el caso de una batería de 12V.

A esta noción de cantidad de Energía se le puede especificar el tiempo en el cual la batería es capaz de suministrar dicha cantidad de energía. Si por ejemplo se descarga una batería de 68 Ah durante 10 horas sin que la tensión baje de su límite, se indica que la batería tiene una capacidad de 68AH C10. Esta información permite comparar las baterías entre sí. Así, muchos constructores informan sobre la capacidad de su batería con este índice:

Capacidad C100 : 70 Ah

Capacidad C20 : 68 Ah

Capacidad C10 : 55 Ah

Estado de carga de batería (State of charge)

El estado de carga de una batería es la cantidad residual de carga que puede restituir la batería en relación a la cantidad nominal que puede almacenar. El SOC se expresa en porcentaje y es del 100% cuando la batería está cargada al máximo.

Profundidad de descarga (Deep of discharge)

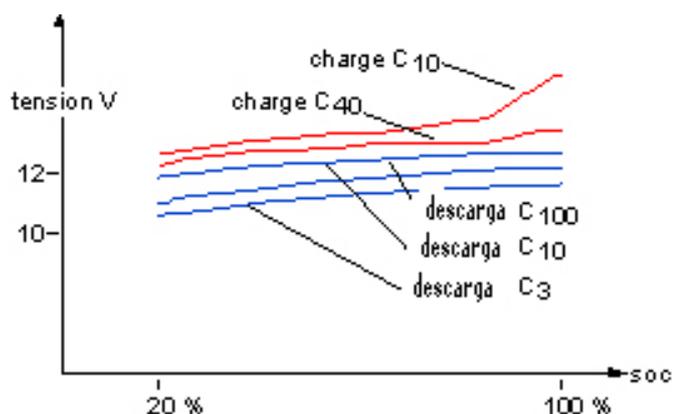
La profundidad de descarga de una batería es el ratio de energía descargada en relación a la cantidad de energía que puede almacenar. El DOD se expresa en porcentaje y es el contrario del SOC. Por ejemplo si una instalación con una batería de 100Ah ha consumido 40 Ah, entonces su SOC es del 60% y su DOD del 40%.

Auto Descarga

La auto descarga caracteriza la descarga de la batería aunque no se utilice. Este valor lo indica el constructor y depende de la tecnología. Una batería de aplicación solar puede tener una pérdida de su capacidad de energía del 3 al 5% a una temperatura ambiente de 20°C. La auto descarga aumenta proporcionalmente a la temperatura y al envejecimiento de la batería.

Característica de Carga

El gráfico muestra la curva de carga de una batería de plomo en relación a distintas temperaturas. Obsérvese como la tensión aumenta rápidamente cuando la batería se acerca de su plena capacidad de acumulación de energía. Se puede también observar la diferencia de potencial según la temperatura. Esa característica es utilizada por ciertos reguladores para optimizar la carga.

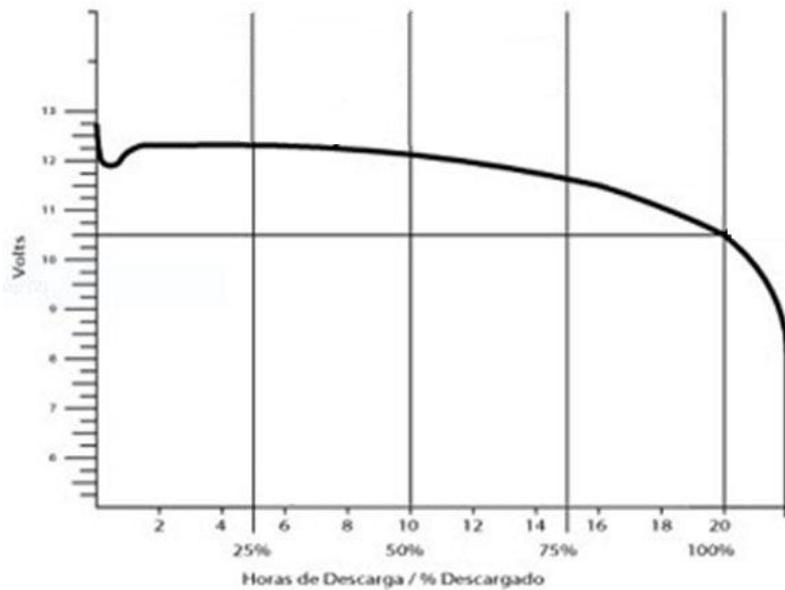
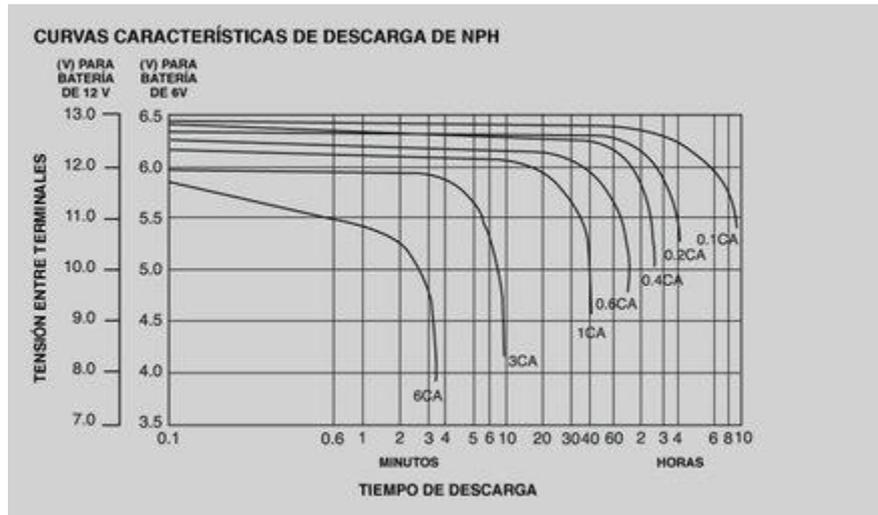


Gráfica 45. Característica de carga de una batería

Característica de Descarga

La descarga de 20 horas, es el tiempo que transcurre durante la descarga de una batería hasta llegar a una tensión de 1,75 Vpc (volts por celda) a una intensidad de descarga constante. Se expresa en a/h (amper/hora).

El gráfico presenta para una sola célula de batería el nivel de tensión de la batería correspondiente a un consumo constante de corriente. Nunca se debe bajar de la tensión mínima de la batería. Se obtiene la tensión mínima cuando la batería ha suministrado la casi totalidad de energía que tenía acumulada.

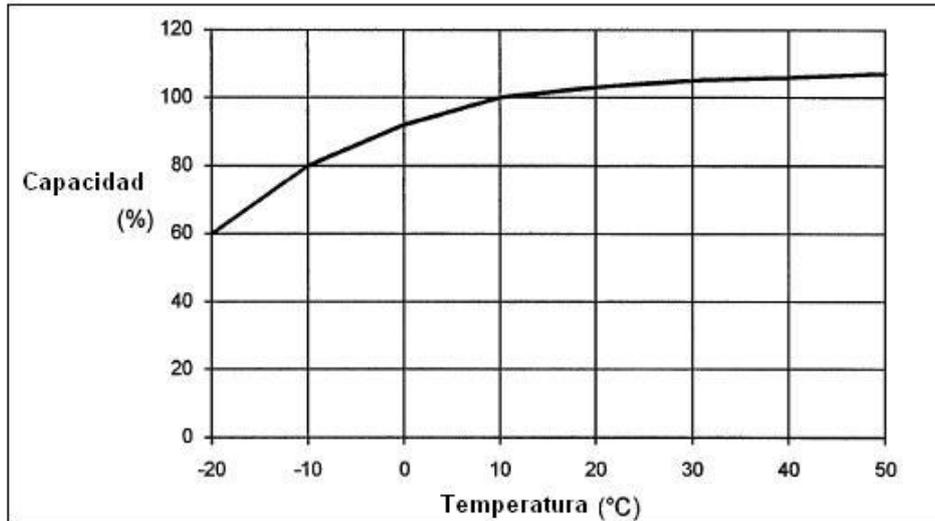


Gráfica 46. Característica de descarga de una batería

Efectos de la Temperatura

La temperatura tiene mucha incidencia sobre las baterías debido a los componentes químicos que la componen: Tensión, gasificación, pérdida de líquido electrolítico. La temperatura afecta el rendimiento de la batería, capacidad, auto descarga y longevidad.

La tensión de fin de carga y descarga varían también en función de la temperatura, por ello debe ser controlada. Se habla entonces de compensación de temperatura. Cuando las temperaturas son muy bajas, la profundidad de descarga debe controlarse con más precisión para evitar que se congele la batería y sus bornes.



Gráfica 47. SOC en función de la temperatura

Una batería tiene que evitar la congelación debido a la temperatura exterior. La temperatura de helada depende del estado mínimo de carga. Una batería es menos sensible a una helada cuanto más cargada este.

Tomando en cuenta todos estos parámetros, para el diseño y elección de equipos consideramos:

Energía real consumida (E) = 87,5 Wh

Número de días de trabajo de la instalación (N) = 4 días

Voltaje emitido por la batería (V) = 12 V

Profundidad de descarga diaria (Pd) = 0,7 [no deberá exceder el 80% de su capacidad nominal]

Con estos datos el dimensionamiento del banco de baterías es del sistema de iluminación se rectifica en el siguiente valor:

$$C_{Bat} = \frac{87,5 * 4}{12 * 0,7} = 41,6(Ah)$$

Según este resultado la capacidad del banco de baterías es de 41,6 Ah.

En cuanto al prototipo solamente se necesita una batería con capacidad de 5 Ah ya que puede suministrar alimentación a una carga de 20W durante 20 horas, es decir en consumo normal de una vivienda por 3 o 4 días.

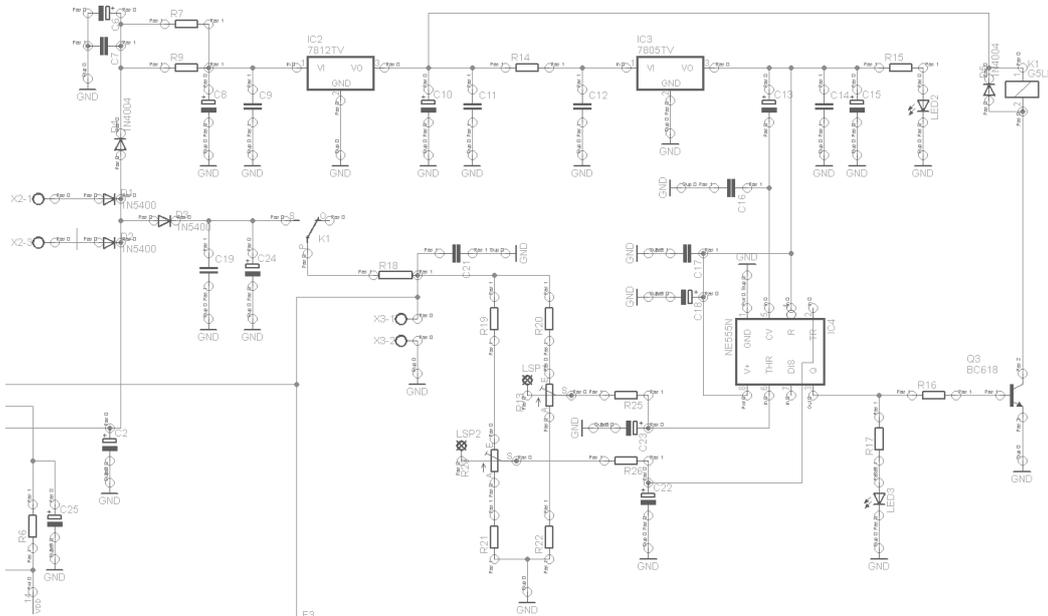
En este prototipo utilizaremos una sola batería de 12VCC, pero pueden conectarse varias en el arreglo serie - paralelo que sea necesario de acuerdo a las características del equipo generador. El circuito se desarrolla está orientado hacia la carga y manutención de una batería de plomo ácido, igual a la que se utiliza en una motocicleta. De todos modos, como se expresó anteriormente, el diseño puede adaptarse fácilmente a sistemas compuestos con varias baterías.

En cuanto a la aplicación para la que se utilizará la batería, se esperan algunas particularidades al razonar el funcionamiento del desarrollo que contrastan con otros tipos de usos más tradicionales y temporales. Por ejemplo, esperamos que esta implementación del prototipo se pueda utilizar continuamente. De hecho, las oportunidades en que será requerida su aplicación podría ser de forma diaria, incluso al hacer un balance al final del año nos podría ahorrar una significativa suma de dinero en zonas residenciales de una ciudad media. Tal vez existan lugares donde los cortes en el suministro energético sean más frecuentes y nuestro prototipo se pueda utilizar también para la iluminación temporal de una habitación. Si el corte de suministro es muy extenso no bastará con una simple lámpara de bajo consumo para resolver el estado de emergencia imprevista, sino que habrá que lograr la obtención de electricidad mediante otro tipo de generadores más importantes, más eficaces y que puedan abastecer a toda una vivienda en sus necesidades mínimas. El desarrollo que nos convoca no es una UPS ni un sistema que pueda reemplazar la energía de red domiciliaria; es una luz de emergencia, tan preciada en los momentos de oscuridad total, desesperante y absoluta.

El circuito fundamental es extremadamente sencillo y muy fácil de implementar. Para cargar nuestra batería de plomo ácido necesitaremos nada más que un circuito rectificador de onda completa y una resistencia en serie con la batería para limitar la corriente de carga.

El desafío en este diseño es construir un sistema de control que nos permita cargar la batería a un régimen de corriente constante para mantenerla siempre dentro de los límites operativos de uso y dentro de los márgenes de seguridad que establece el fabricante para su corriente y tensión de carga. Para esto utilizaremos el popular NE555 que cada día demuestra ser útil para más aplicaciones y un puñado de componentes más.

El cargador se inicia conectando la entrada a los terminales del panel fotovoltaico que nos entregará 12 V con una corriente de 0,7 A. Si se utilizaría un transformador con derivación central y dos bobinados de 12 a 15VAC, podemos emplear dos diodos para armar un rectificador de onda completa. Si en cambio utilizamos un transformador con una salida única de 12 a 15VAC, se deberá utilizar un puente de 4 diodos para obtener el mismo resultado. En ambos casos, la corriente nominal del secundario no debe ser inferior a 2Amperes. Un fusible de 1Amper para mejorar la seguridad del conjunto completa la etapa de entrada y conexión a la red domiciliaria. En nuestro circuito, D1 y D2 cumplen la función de rectificar la señal alterna de entrada, mientras que D3 y D4 separan y aíslan la tensión rectificada y sin filtrar que es enviada al circuito INVERSOR.



Gráfica 48. Circuito del cargador automático de baterías

Si vemos esta entrada de tensión en el INVERSOR, notaremos que el filtrado es muy pequeño debido al capacitor de 10uF acompañado por una resistencia de 10K encargada de drenar a GND la tensión de manera rápida y provocar un inmediato cambio de estado en los transistores asociados para activar el funcionamiento del CD4047 dentro del circuito del inversor.

Retornando a nuestro circuito podemos ver la conexión de D4 que se encargará de conectar la tensión a los reguladores de 12Volts y 9Volts IC2 y IC3. Vale mencionar el beneficio de conectar IC3 a la salida de IC2 a través de R14 para lograr un trabajo a menor temperatura por parte de IC3 ya que su entrada nunca superará los 12Volts.

Si en cambio la conexión se hubiera realizado en el cátodo de D4, la diferencia entre la tensión de entrada respecto a la tensión de salida habría sido mayor y en consecuencia la temperatura disipada sería siempre elevada. IC2 se utiliza para energizar el relé o relay encargado de conectar el cargador a la batería mediante R18 y, por su parte, IC3 alimentará con una tensión regulada de 8Volts al NE555. Esta alimentación será vista en la placa final mediante un indicador LED de color verde.

Utilizando la red de resistencias divisoras de tensión internas que posee el NE555 y los comparadores de tensión que hacen cambiar de estado al Flip-Flop interno, armaremos dos redes externas ajustables para activar o desactivar la salida hacia el relé mediante Q3. Esto es, R13 se regula para ajustar el nivel de tensión a la que se debe interrumpir la carga de la batería. R2, en cambio, se ajustará para determinar el umbral mínimo de tensión que tendrá la batería para activar el cargador. Es decir, hasta qué valor dejaremos que baje la tensión de la batería para volver a iniciar la secuencia de carga.

Una batería, mientras se está cargando, incrementa poco a poco la tensión entre sus bornes hasta alcanzar un máximo en nuestro caso, 13.8 Volts. Luego, al desconectarse en forma automática el suministro de corriente de carga, la tensión acumulada experimenta un descenso normal de almacenamiento hasta un valor donde debe mantenerse y no debe ser inferior a los 12.5 a 12.6Volts de tensión. Por lo tanto, y en función de este análisis, R13 se ajustará a 13.8Volts y R2 a 12.5Volts. Si durante períodos prolongados el circuito no se utiliza, la batería experimenta una pérdida de carga natural, y por debajo de los 12.5Volts el cargador se activará para llevarla nuevamente a los 13.8Volts de máxima carga.

El descenso de la tensión en bornes de la batería no puede ser rápido. Eso indicaría que la batería se encuentra en mal estado y habría que proceder a su reemplazo. Una descarga normal luego de una carga completa debe durar en la batería unos dos días o más hasta descender por debajo de los 12.5Volts. Para controlar el ritmo de carga y asegurarnos que nuestra batería se encuentra en óptimas condiciones, dispondremos de los LED's indicadores de actividad del equipo.

El procedimiento para ajustar R2 y R13 es muy sencillo. Primero nos aseguraremos de quitar R18, si es que ya la hemos instalado. Luego, en lugar de la batería conectaremos una fuente de alimentación variable y conectaremos la alimentación a nuestro circuito.

La fuente de alimentación externa se ajustará a 13.8Volts y, por diseño, el cargador iniciará su trabajo en condición de carga, es decir, con el relé energizado. Con R2 y R13 colocados en su posición central, comenzaremos a ajustar muy lentamente R13 hasta comprobar que el relé deje de estar energizado. El LED indicador rojo se apagará. Luego, pasaremos la tensión de alimentación de la fuente externa a 12.5 Volts muy lentamente y ajustaremos R2 hasta que el relé se active y se encienda el LED indicador. Controlaremos que el extremo superior de tensión permanezca en 13.8Volts y de este modo habremos ajustado el controlador de carga de la batería.

El valor de R18 se obtiene partiendo de una resistencia de 68 Ohms 5W, colocaremos en las pruebas iniciales un amperímetro o un multímetro para controlar la corriente de carga de la batería. Lo mejor que podemos darle a nuestra batería es una carga lenta y segura. Con un régimen del 1% o 2% de la corriente máxima de carga, obtendremos los mejores resultados de funcionamiento y duración de la batería. Los cargadores convencionales aplican un 10% del valor de corriente nominal (7A/H), es decir, 700mA (0,7Amper) de carga. A este régimen y al cabo de una hora o menos, una batería alcanza el valor máximo de tensión aconsejado por el fabricante comprobado en ensayos de laboratorio. Si en cambio utilizamos una corriente de carga de 70mA (0,07Amper), nuestra batería alcanzará la tensión máxima a las 12 horas promedio de conexión. Esto nos permite una carga lenta y segura que desemboca en una mayor vida útil de la batería, junto a un mejor rendimiento durante su actividad operativa.

Para un transformador de alimentación de 2 x 15VAC, como el utilizado, 68 Ohms es el valor exacto para R18. Para otras tensiones, se deberá controlar con un amperímetro la corriente de carga recordando la recomendación hecha en el párrafo anterior.

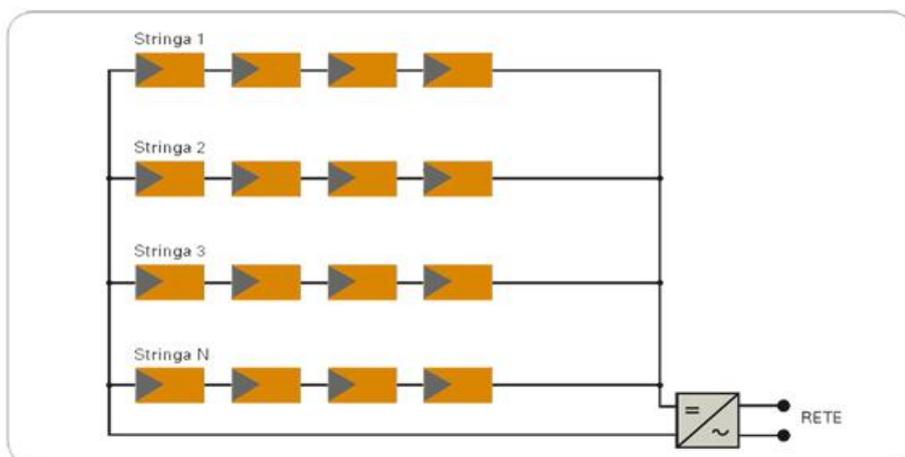
De este modo, la duración de la batería, con el sistema inversor en funcionamiento, estará rondando las 4 Horas usando una lámpara ahorradora a brillo pleno. Por último, podemos decir que a este cargador de baterías se puede adaptarlo a otras aplicaciones donde exista una batería que necesite ser cargada y controlada para optimizar su rendimiento.

C) INVERSOR

Para elegir un inversor que nos brinde un óptimo rendimiento y que sus características sean de acuerdo a nuestro requerimiento, debemos tener en cuenta el tipo con el cual vamos a trabajar y la forma en que funciona.

Inversor centralizado

Un único inversor controla toda la instalación. Todas las cadenas, constituidas por módulos conectados en serie, están reunidas en una conexión en paralelo. Esta solución ofrece inversiones económicas limitadas, simplicidad de instalación y costes reducidos de mantenimiento. Por el contrario esta tipología es especialmente sensible a las sombras parciales limitando el aprovechamiento óptimo de cada cadena. Es apropiado para campos solares uniformes por orientación, inclinación y condiciones de sombra.

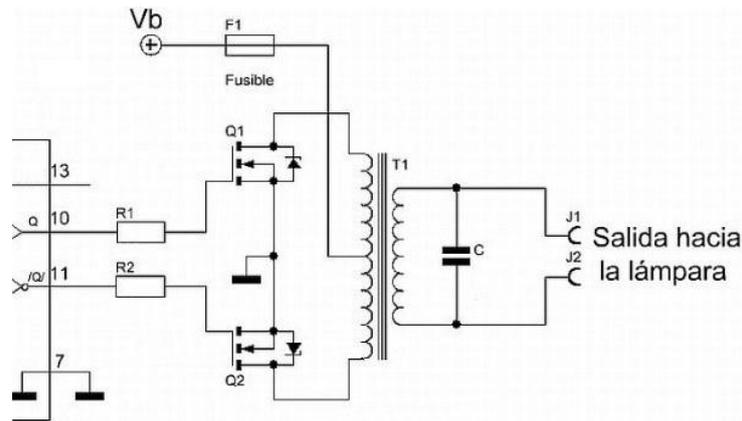


Gráfica 49. Inversor centralizado

Inversores monofásicos de medio puente

El circuito inversor está formado por dos pulsadores.

Cuando el transistor Q1 está activo durante el tiempo $T/2$, el voltaje instantáneo a través de la carga V_o es $V_s/2$. Si sólo el transistor Q2 está activo durante un tiempo $T/2$, aparece el voltaje $-V_s/2$ a través de la carga. Q1 y Q2 no deben estar activos simultáneamente. Este inversor se conoce como inversor de medio puente.

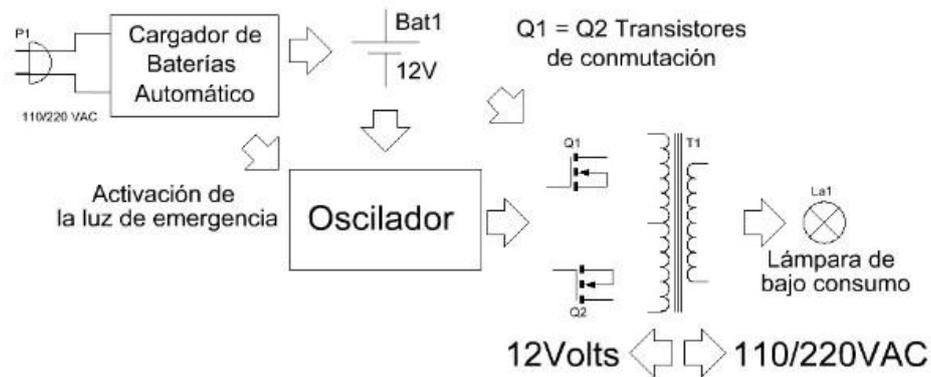


Gráfica 50. Inversor medio puente

El voltaje suministrado es de 12V de cd entre las terminales del nodo cero y el nodo superior, los diodos se utilizan como dispositivos de protección. Para la generación de los pulsos se emplea una fuente de V-PULSE para cada transistor, así, mientras el pulso de medio ciclo de duración activa un transistor el otro transistor debe estar inactivo hasta el inicio del otro medio ciclo.

La carga se conecta entre el punto intermedio de V_s y del otro extremo entre los diodos. Para medir el voltaje en la carga se utiliza la marca de voltaje diferencial entre las terminales de la resistencia.

Básicamente utilizaremos un circuito sencillo y de fácil montaje para el inversor de voltaje de 12VCC a 110VCA, utilizando transistores, transformador y un oscilador, el esquema básico es el siguiente:



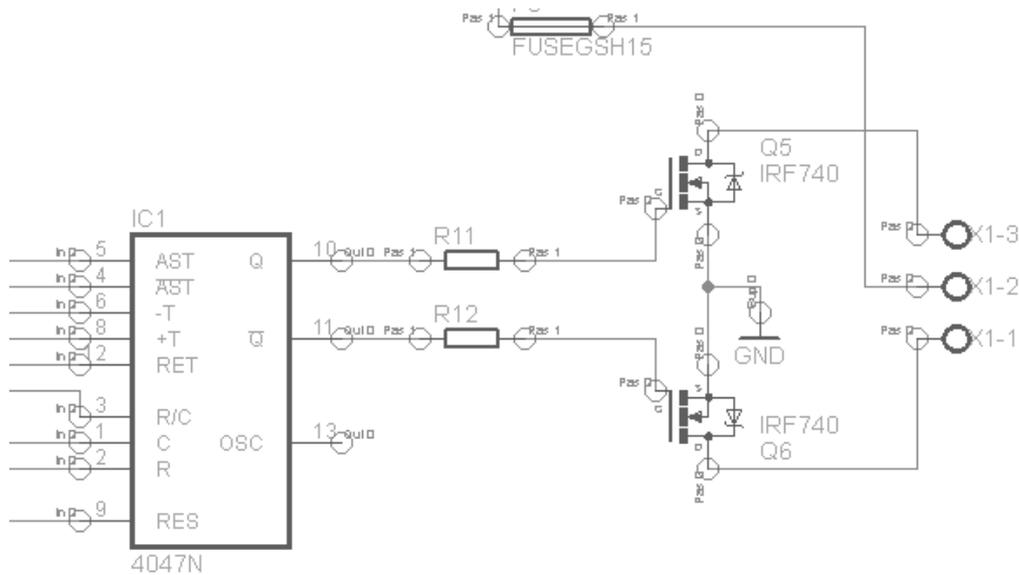
Gráfica51. Esquema de bloques del prototipo

El esquema en bloques de la imagen superior intenta ser muy claro. El corazón del desarrollo se basa en un oscilador que se encargará de generar una señal de 50 o 60 ciclos por segundo para activar los transistores MOSFET quienes se encargan de conmutar, a través de cada uno de los bobinados del transformador X1, la energía que le suministra la batería Bat1. X1 es un transformador convencional de 110VCC a 9Volts + 9Volts. El bobinado correspondiente a los 9Volts se conectarán a los MOSFET y la parte de 110VAC será la salida hacia de la energía eléctrica que podrá suministrar energía a un electrodoméstico o lámpara de bajo consumo.

Podemos utilizar cualquier lámpara para la tensión de línea domiciliaria. Es importante señalar que si usamos este circuito para suministrar luz a una vivienda debemos usar lámparas de bajo consumo o CFL aunque también podemos utilizar las actuales lámparas a LED. Con el transformador X1 de la tensión antes especificada y de 2 Amperes de capacidad de suministro de corriente podemos colocar cargas de hasta 30W sin problemas.

Al utiliza transformadores pequeños, se debe procurar sobredimensionarlo hasta 4 o 5 Amperes con la misma tensión, esto se hace para evitar excesos de temperatura luego de una o dos horas de funcionamiento del circuito. Por último y a la izquierda del diagrama se puede ver el bloque correspondiente al cargador de la batería. Aquí se utiliza un sistema que cargará la batería hasta el valor correcto y luego cortará la carga de manera automática hasta que la tensión de la batería descienda y vuelva a reiniciarse el ciclo de carga.

Por ahora consideramos una batería cargada a pleno para enfocando todo al funcionamiento del “Inversor”.



Gráfica 53. Sección de potencia del circuito

Los transistores Q5 y Q6 serán activados por un circuito integrado CMOS CD4047B IC1 que estará conectado para funcionar como un oscilador libre y que entrega una onda cuadrada en cada una de sus salidas 10 y 11 (Q y /Q)/(/Q/ = Q negada), invertidas 180° entre sí. Esto resultará en que una de las salidas estará en estado lógico alto mientras la otra se encuentre en estado lógico bajo y viceversa. Este modo de funcionamiento alternará la conducción de Q5 y Q6 induciendo una tensión alterna útil en el secundario de X1, muy cercana al valor nominal de tensión del transformador. La tensión de salida dependerá de la carga que se conecte a la salida del transformador X1. Si la salida está libre, se puede obtener hasta 300V de tensión, pero al conectar una carga ese valor disminuirá y se establecerá entre los 175 y los 250 Volts de acuerdo a la potencia consumida por la carga.

Al colocar cargas mayores a 30 o 40W la tensión caerá a valores inoperables.

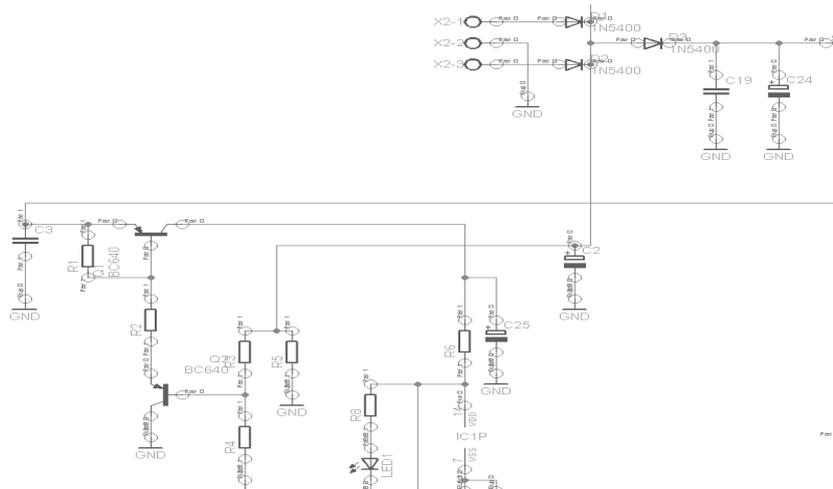
Para obtener mayor potencia de salida, se debe incrementar la capacidad en Amperes de X1 e intentar disminuir la tensión de 9 + 9VAC a 6 + 6VAC del mismo transformador para obtener mayor potencia de salida, es decir diseñar un transformador para esta necesidad. También se debería aumentar el valor nominal del fusible de protección.

El circuito formado por R27, C5 y R10 se encargan de fijar la frecuencia de trabajo del CD4047B y responden a la fórmula $T = 4,40 * R * C$, donde R se expresa en Ohms, C en Faradios y T en segundos, siendo 4,40 un valor constante. De este modo, podemos “jugar” con distintos valores de capacitores y resistores hasta lograr una frecuencia que nos entregue el mejor rendimiento de X1, el que se observará logrando la máxima tensión de salida. Esto significará que el núcleo será capaz de transmitir la mayor cantidad de energía desde un bobinado hacia el otro y que la frecuencia lograda será la óptima para este propósito.

El circuito de funcionamiento automático

Para comprender de manera sencilla el funcionamiento del circuito inversor, tomaremos a Q1 (BC640) como un interruptor, que para conducir es decir comportarse como una llave cerrada debe tener baja tensión en su base. Para lograr esta baja tensión en la base de Q1 se lo hace conducir, como si fuese una llave cerrada, a Q2 (BC640).

De este modo, la tensión de la batería alimenta el circuito integrado a través de R6, éste comienza a oscilar, actúa sobre los MOSFET y éstos hacen trabajar al transformador que se encargará de generar la tensión necesaria para encender la carga conectada a su salida. Q2 conduce porque R4 pone su base a un potencial bajo. Cuando vuelve la energía eléctrica y el circuito se dispone a comenzar el ciclo de carga de la batería, la base de Q2 recibe tensión positiva a través del divisor resistivo formado por R3 y R5, interrumpiendo la conducción de Q2. Al pasar a cortarse la conducción de Q2, también se interrumpirá la corriente que circula por Q1, deteniendo la oscilación y apagando la carga conectada al circuito.



Gráfica 54. Detector de funcionamiento automático

Es decir, el circuito inicial del cargador de baterías con el transformador y el rectificador de entrada nos servirá de monitor para determinar cuándo la carga tendrá alimentación o en el caso de lámparas CFL cuando puede ser encendida y cuándo se debe apagar. Por lógica, al interrumpirse el suministro eléctrico, el circuito funcionará y al retornar la energía por la red, dejará de funcionar de manera automática. Hay que experimentar con diferentes transformadores y jugar con los valores de R27, C5 y R10 hasta lograr los resultados más eficientes.



Gráfica 55. Lámparas CFL

Si se decide dejar los valores para 50/60Hz se debe tener en cuenta que existen núcleos que trabajan mejor a frecuencias más elevadas (200, 300Hz.).

Con estos arreglos nos aseguramos que el cargador funciona hasta que la batería esté completa y luego se interrumpe la carga para no dañar la batería. Todo eso armado en un montaje práctico.

3.1.3.1.- RECURSOS UTILIZADOS

A) RECURSOS HUMANOS

- **Autor o Responsable**
Jaime Paúl Flor Mora
- **Asesor**
Ing. Giovanni Cuzco

B) RECURSOS FÍSICOS

MATERIALES BASICOS	CANTIDAD
Panel Solar	1
Transformador	1
Batería	1
CI (4047 / 555)	2
Transistores	4
Capacitores	20
Relé	1
Resistores y Potenciómetros	30
Diodos y led's	8
Fusible	1
Placa	1
Reguladores de Voltaje	2
Kit Herramientas de precisión	1
Soldadora	1
Multímetro	1

Cuadro 26. Materiales Básicos

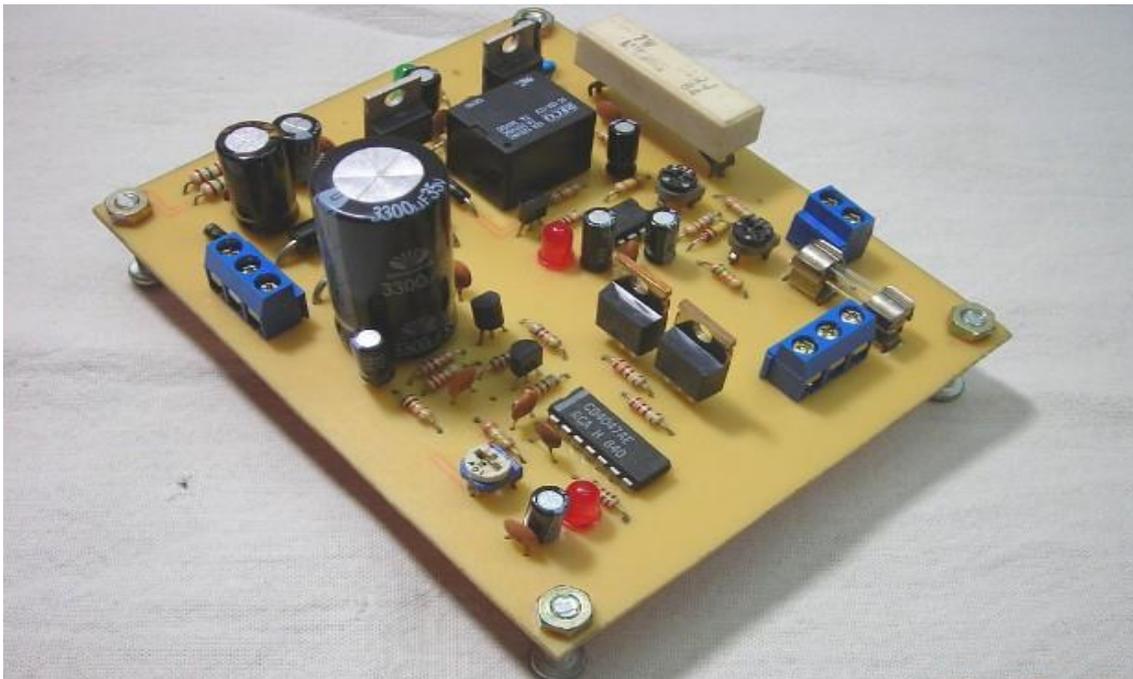
C) RECURSOS FINANCIEROS

RECURSOS DEL ESTUDIANTE	PRESUPUESTO INSTITUCIONAL	DONACIONES O CALORACIONES	TOTAL
\$ 690	\$ 0	\$ 0	\$ 690

Cuadro 27. Financiamiento

3.1.3.2.- PRESENTACIÓN DE LA APLICACIÓN

Luego de las pruebas en protoboard y la fabricación de la placa, el circuito montado queda de la siguiente manera:



Gráfica 56. Placa del circuito Cargador de batería e Inversor

Según las pruebas realizadas, la duración del suministro de energía del circuito por medio de la batería de 12 V depende de la carga (lámpara o electrodoméstico de bajo consumo) a la que se conecte, siendo así la duración de la batería con el sistema inversor en funcionamiento, alrededor de 4 Horas con la lámpara a brillo pleno.

3.1.3.3.- PRESENCIA DE ARMONICOS EN LA RED

En las redes en AC hay presencia de armónicos normalmente impares, esto conlleva flujos inesperados y sobrecorrientes en la señal eléctrica. Para solucionar esta amenaza para nuestros electrodomésticos podemos utilizar filtros, acondicionadores de línea y algunos tipos de transformadores de aislamiento, pero siempre es importante tener los equipos con una buena conexión a tierra y si es posible un UPS.

A) TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO

Para una buena protección eléctrica de un laboratorio o centro de cómputo es necesario contar con un transformador de aislamiento, sobre todo en áreas urbanas e industriales, pero mucho no saben porque o que es lo que este dispositivo hace.

Como su nombre lo indica, el Transformador de aislamiento aísla la entrada de energía de la salida, independizando completamente el suministro eléctrico externo del interno a través de una malla electrostática. El traspaso de energía es vía inducción (a diferencia de un transformador normal, esta inducción se hace a través de una malla electrostática), esto significa que la mayoría de perturbaciones eléctricas externas no son pasadas al circuito eléctrico interno protegiendo todos los equipos conectados de interferencias, pequeñas distorsiones en la frecuencia, armónicas, entre otros.

Varios electrodomésticos son diseñados para funcionar con una alimentación eléctrica de 1 fase (vivo), 1 neutro y una toma a tierra (para seguridad), lo cual en los suministros regulares monofásicos no está regulado.

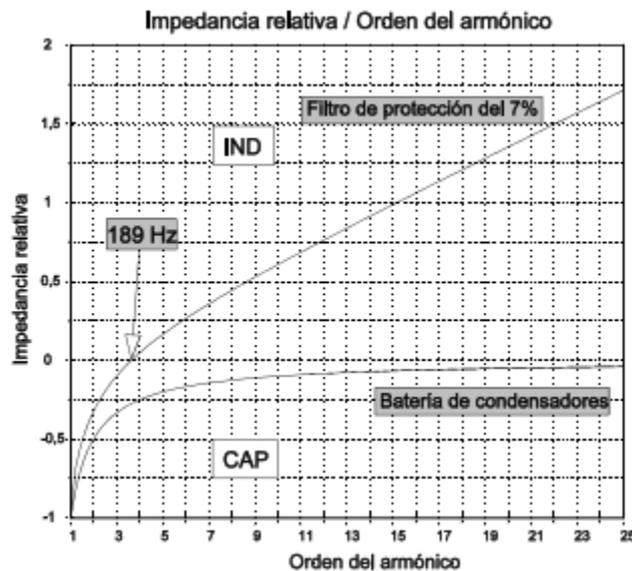
El transformador de Aislamiento por su diseño, permite obtener cero (0 voltios) entre neutro y tierra; y 220 o 110 voltios entre fase y tierra, normativa ideal para cualquier equipo, y esto lo hace a pesar de que las fases se cambien o tengan el voltaje que tengan.

Para resumir, el transformador de Aislamiento protege de las alteraciones eléctricas externas (motores, ruido, armónicas, etc.) al independizar la red eléctrica interna y da a los equipos la correcta proporción entre fase, neutro y tierra requerida para que los equipos funcionen adecuadamente.

B) FILTROS

Un filtro de protección de armónicos se realiza conectando condensadores en serie con reactancias, sintonizándolo a una frecuencia en la que no exista generación de armónicos.

Los armónicos de mayor influencia son el tercero y el quinto por lo que se propone solucionar mediante un filtro pasa alto de segundo orden en configuración paralela a la carga. En las redes de 60 Hz es muy común usar filtros sintonizados a 189 Hz. Estos filtros reciben el nombre de filtros al 7% ya que en ellos la potencia de las reactancias es el 7% de la potencia del condensador. Podemos comparar las impedancias de una batería de condensadores y un filtro de protección en la gráfica 57.



Gráfica 57. Impedancia vs Armónico

La relación entre el porcentaje de potencia y la frecuencia de resonancia del filtro es:

$$f_{reson} = f_i \frac{10}{\sqrt{x}} \cdot f_n$$

Donde:

f_{reson} = Frecuencia de resonancia (Hz)

$$x = f_i \frac{\text{Potencia de la reactancia (kvar)}}{\text{Potencia del condensador (kvar)}} \cdot 100$$

f_n = Frecuencia fundamental (Hz)

La serie de condensadores FMF está especialmente diseñada para funcionar en serie con reactancias para formar filtros de protección.

Como los condensadores conectados en el interior de un filtro trabajan a tensiones superiores a la nominal de la red, los condensadores FMF tienen tensiones nominales superiores a la de ésta.

CAPÍTULO IV

4.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.- RESULTADOS OBTENIDOS

Después de trabajar con este prototipo podemos notar que por medio de los paneles solares se genera la energía a bajas tensiones en corriente continua y se transforma por medio de un inversor en corriente alterna.

En entornos aislados, donde se requiere poca potencia eléctrica y el acceso a la red es difícil, como en comunidades aisladas por selvas, montañas o islas, o en estaciones meteorológicas o repetidores de comunicaciones, empleamos los paneles solares fotovoltaicos como la mejor alternativa económicamente viable, conviene tener en cuenta que aproximadamente una cuarta parte de la población mundial no tiene acceso a la energía eléctrica por medio de la red pública.

En corriente Directa esta aplicación incorpora como equipos básicos paneles solares fotovoltaicos, regulador, batería y equipos de consumo en 12Vdc, como son luminarias, televisiones, radios y cualquier equipo que requiera 12Vdc, sistemas básicos para uso doméstico que utilizan luminarias o pequeños equipos que funcionan en 12 o 24VDC.

En corriente Alterna como el de nuestro caso esta aplicación incorpora como equipos básicos paneles solares fotovoltaicos, regulador, batería, inversor y equipos de consumo tanto en 110Vac como en 12Vdc, sistemas básicos para uso doméstico que utilizan luminarias o equipos que funcionan en 110 o 220 VAC, con frecuencias de 50 o 60 Hz. Se incorpora al sistema un inversor de corriente.

Es preferible que la iluminación continúe en 12Vdc y se utilice el menor número de equipos en 110Vac.

En comparación a otras tecnologías, la tabla de precios preferenciales está considerada de la siguiente forma:

Precios Preferentes Energía Renovables en (cUSD/kWh)		
CENTRALES	Continente	Galápagos
• Eólica	9.13	10.04
• Fotovoltaica	40.03	44.03
• Biomasa <5MW	11.05	12.16
• Biomasa >5MW	9.60	10.56
• Geotérmica	13.21	14.53

Cuadro 28. Costos de kWh para energía alterna

Para determinar el consumo total de los artefactos que funcionan a 110 Volts, se deberá contar con datos como:

- Descripción del artefacto eléctrico.
- Cantidad de artefacto de este tipo que se contemplan en la instalación.
- Potencia propia del equipo en cuestión.
- Número de horas promedio que se espera tener el artefacto funcionando durante un día.
- Consumo total de equipos en Corriente Continua en Watt-Hora por Día.

Para obtener el Consumo Total de los equipos en corriente alterna (CA) en Ampere-Hora (Ah), este valor obtenido, se divide por el valor del voltaje al cual se trabaja (V_{tr}). El voltaje en que trabaja la fuente de generación (Módulos Fotovoltaicos).

4.2.- RADIACION SOLAR Y COSTOS

El sol emite constantemente enormes cantidades de energía; una fracción de ésta alcanza la tierra. Sin embargo, no toda la energía proveniente del sol puede ser utilizada de manera efectiva. Parte de la luz solar es absorbida en la atmósfera terrestre o, reflejada nuevamente al espacio.

La Radiación Solar podemos definir los siguientes conceptos básicos:

- Radiación Directa: Es la radiación solar recibida del sol que haya sido difractada por la atmósfera.
- Radiación Difusa: Es la Radiación solar recibida del sol después que su dirección ha sido cambiada debido a los procesos de reflexión y refracción que ocurren en la atmósfera.
- Radiación Total: Es la suma de las radiaciones directa y la difusa que inciden sobre una superficie.

Radiación Total = Radiación Directa + Radiación Difusa.

Así las normas determinan que los niveles de radiación menores a 2 se consideran bajos, de 3 a 5 moderado, de 6 a 7 alto, de 8 a 10 muy alto y mayor de 11 extremadamente altos.

En nuestro país los estudios determinan que en Quito el índice UV máximo del nivel es 24, en un horario que va desde 08h40 hasta 17h00, y; en Guayaquil el índice UV máximo del nivel es 14 en el horario de 08h30 a 14h00.

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 sobre una base diaria o anual se denomina "radiación" e indica la intensidad de dicha luz. La radiación se expresa en Wh/m² por día o, también, en kWh/m² por día.

Con el fin de simplificar los cálculos realizados basándose en la información de radiación, la energía solar se expresa en equivalentes a horas de luz solar plena. La luz solar plena registra una potencia de unos 1,000 W/m²; por lo tanto, una hora de luz solar plena equivale a 1 kWh/m² de energía, es también denominada "HORA DE SOL EQUIVALENTE", "HORA DE SOL PICO" u "HORA DE SOL PUNTA".

La luz solar plena registra una potencia de unos 1000 W/m². Esta luz, cayendo en perpendicular sobre una superficie de 1 m² durante una hora, equivale a una energía de 1000 Wh ó 1 kWh (Energía = Potencia multiplicada por tiempo. (E = P x t)). Del mismo modo, una radiación diaria promedio de 5 kWh/m²/día corresponderá a 5 horas de luz solar plena al día.

La instalación de los paneles en una vivienda, son caros en un principio, pero su mantención y su mantenimiento es nulo, y el beneficio que se obtiene es muy grande. En la actualidad se ha visto que los costos de la energía solar ha disminuido, si lo comparamos con los costos de energía solar de hace una década, sucede que la demanda se incrementó, y ahora son muchos los que prefieren tener sus viviendas que utilicen energías renovables, para estar libres de contaminantes, y se espera que en un futuro cercano resultará cada vez más barato tener acceso a la energía solar, pues crecerá aún más la demanda.

Cuando hablamos de los valores o costos de la energía solar no sólo estamos hablando de la compra o adquisición de los paneles solares o fotovoltaicos, también hacemos hincapié en la instalación que solamente debe hacerlo gente que está capacitada. Generalmente las casa construidas con estos sistemas de energía solar, además cuentan con aislantes en las paredes lo que les permite acumular el calor por mucho más tiempo. Es una energía que otorga muchos beneficios entre los cuales podemos mencionar: los beneficios medioambientales, los beneficios educativos, los económicos, los sociales.

El análisis económico debe tomar en cuenta la VIDA ÚTIL, así como los reemplazos y reparaciones mayores de componentes a lo largo de ella, la vida útil típica para paneles fotovoltaicos es actualmente de unos 20 años. Las baterías deben reemplazarse cada 5 a 7 años aproximadamente. Sin embargo, la vida de las baterías tiende a disminuir drásticamente cuando se da un régimen de carga y descarga superior al programado.

En la práctica, tanto por la falta de disciplina por parte del usuario para limitar su uso a las condiciones de diseño (en particular la profundidad de la descarga, o por el subdimensionamiento del banco de baterías), la vida útil de estas se ve reducida a dos años.

El costo inicial de un sistema para abastecer un hogar es de USD 2497,6. Se considera una generación anual de 135 Kwh / año, tomando en cuenta las inversiones adicionales de reemplazo de baterías y de inversor y dependiendo de la tasa de interés (2 a 8 % anual) el valor del costo unitario fluctúa entre USD 0.80 y USD 1.25 / Kwh.

Ítem	Equipo	Descripción	Capacidad	Unidad	Cant	Costo Unitario	Total
1	Baterías	Banco de baterías, 1333 Ah, 12 VDC, selladas	200	Ah	7	110	770
2	Paneles FV	De acuerdo a las condiciones del diseño del sistema se utilizarán paneles de una potencia de 130 WP	130	Wp	30	200	200
3	Regulador	El regulador de sobrecarga deberá soportar una intensidad de corriente máxima de 304,8 A	60	A	4	90	360
4	Inversor	El inversor de tensión deberá soportar una potencia instantánea máxima de 2000 W	2000	W	1	380	380
5	Conmutador	Sistema conmutador de circuito, red eléctrica a sistema fotovoltaico, 2000 W, 110 VAC	2000	W	1	400	400
6	Amp. Led	Ampolleta Led tipo dicroica, base E-27, 320 lm, eficiencia 80 lm/W, 60°	4	W	16	7,5	120
Subtotal							2230
Iva							267,6
Total							2497,6

Cuadro 29. Costo de un sistema fotovoltaico para un hogar

Este sistema abastecería sin problemas:

- 1 laptop por 6:00 horas
- TV de 14" por 6:00 horas
- 12 focos ahorradores por 5 horas c/u
- Nevera nueva por 2 horas
- Uso de licuadora dos veces al día

Total de inversión Inicial:

USD 2497,6

CAPÍTULO V

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

- En el caso de artefactos de alto consumo como una bomba de agua, es factible conectarla al sistema, siempre cuando el conjunto de los equipos encendidos no sobrepase la potencia del inversor o APS. Por ello es más factible bombear el agua en el día y cuando haya sol fuerte.
- Instalar un sistema fotovoltaico para una vivienda promedio en la ciudad no es muy rentable debido a que la tarifa residencial de energía eléctrica es relativamente baja, por lo que se proyecta tener una recuperación de la inversión del sistema fotovoltaico en un lapso de 20 a 24 años.
- Los paneles solares tienen una larga vida útil. No tienen partes móviles y su fabricación es bastante robusta. Su superficie es principalmente de vidrio.
- Existe por el momento falta de técnicos capacitados para la operación de las estaciones solares en el país, falta de elaboración de manuales especializados y falta de un centro especializado para la concentración de los diferentes datos que se utilizan para el desarrollo de sistemas de energía solar
- Los principales beneficios vistos al trabajar con paneles solares son: Capacidad de independencia de la red eléctrica (hasta en un 100%), puede entregar energía eléctrica en sectores remotos, es una alternativa en caso de crisis energética y además es una ayuda frente a los incrementos del costo de la energía.
- Los paneles solares son una fuente de generación limpia y renovable, reduce el efecto invernadero y no produce contaminación térmica ni emisiones de CO₂.

- Es posible instalarlos en cualquier lugar donde se disponga de luz solar.
- Según la comparación, se pueden observar ventajas y desventajas para cada uno de los tipos de lámparas. Por ejemplo con la incandescente su principal desventaja es su baja eficiencia energética, desperdicia la mayor parte de la energía en calor, pero su ventaja es su bajo precio. Para las CFL, sus ventajas principales son un consumo energético relativamente bajo y precio asequible, aunque su principal desventaja es lo peligrosas que se vuelven una vez que termina su vida útil, por su contenido de mercurio. Por último, para las ampollitas Led, su principal desventaja, es su precio elevado, pero entregan un bajo consumo energético y alto grado de eficiencia.

5.2.- RECOMENDACIONES

- No es necesario desconectar la batería del módulo cada noche, todo el sistema queda conectado todo el tiempo, así aprovecha los primeros rayos solares de la mañana.
- Si en el futuro se desea aumentar la capacidad total del sistema se puede adquirir más paneles y añadirlos siempre y cuando los paneles tengan las mismas características y diodos de protección internos. Además se debe incrementar la capacidad del banco de baterías.
- Es aconsejable que el prototipo no sea conectado a una plancha o aparatos similares debido a que su consumo energético es alto (800-1000W), esto es de 40 hasta 50 veces más energía que la lámpara fluorescente de 20 vatios. En el caso de necesitar el continuo uso de aparatos de este tipo se debe incrementar el banco de baterías para que nos suministre una potencia que abastezca esta demanda ($P = V \times I$).
- Los paneles fotovoltaicos generalmente no requieren de mantenimiento, pero se debe tener presente que la superficie del panel esté siempre limpia y libre de

sombras (árboles u otro obstáculo que impida la incidencia directa de la luz sobre el panel).

- El cableado del sistema se debe mantener en perfectas condiciones, a fin de evitar sobrecalentamiento de los conductores, para lo cual es recomendable realizar inspecciones periódicas.
- El regulador de carga no requiere ningún mantenimiento. Para el caso de la batería, si es del tipo de Plomo-ácido no sellada, debe controlarse el nivel del líquido una vez al año. Además se debe evitar que los bornes de conexión se sulfaten. Hay que instalar la batería en lugares suficientemente sombreados y ventilados.
- Las altas temperaturas acortan la vida de cualquier batería ya que se incrementa la velocidad de corrosión de las placas. Cuanto más profundamente descargue y cargue la batería, su vida útil será más corta.
- Si una vivienda está ubicada a más de 100 metros de la red de alumbrado público, es factible instalar un sistema solar ya que para una conexión pública hay que pagar el estudio técnico, el informe, los postes, el transformador, el medidor, los cables y mano de obra.

BIBLIOGRAFÍA

- Barriga A, Modelo de Análisis del Desarrollo Sustentable, Nacional de Ciencias, ESPOL, Ecuador 1998.
- Conservación de Energía en las industrias mecánicas Forestales, Estudio FAO-Montes # 93, FAO.
- Donald Rapp , Solar Energy, Prentice Hall, 1981.
- Huacuz, Urrutia M, Photovoltaic- Wind Hybrid Systems for Remote Power Supply, RIER Workshop, CYTED, México, 1997.
- Johansson et al, Renewable Energy, Sources for Heat and Electricity, Editors, Energy Foundation , Island Press , 1993.
- Manual de Entrenamientos en Sistemas Fotovoltaicos para Electrificación Rural OLADE / PNUD / JUNAC - CE, 1997.
- Modelo de Análisis de la Energización para el Desarrollo Rural Sustentable, boletín Informativo, GLAERS –CLER # 5, Montevideo 1999.
- Sergio Franco - Mc Graw Hill, Diseño con Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Analógicos, 3ª Edición, ISBN 9701045955 Hojas de datos del LM311, LM392, LM393 y LM339 de National Semiconductor, Motorola y Fairchild.
- Solar Photovoltaic product- A guide for Development Workers, SEI 1993.SEMINARIO FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA A. Barriga , JULIO 1999
- USAID, Energy Demand Management and Conservation Training Course, Sri Lanka Institute for Development, Hagler, Bailly and Co, 1983.
- Uso Racional de Leña y Residuos Agroforestales en aplicaciones de pequeña y mediana escala. A barriga, ESPOL-CONUEP, ECUADOR, 1987.

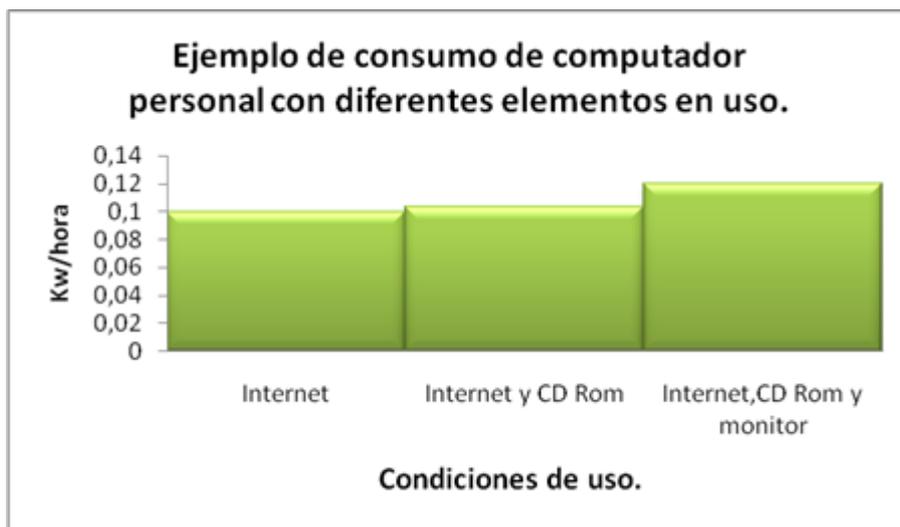
INTERNET

- <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>
- http://www.housebanc.com/ENERGiA%20SOLAR%20FOTOVOLTAICA/funcion_amiento_energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica.htm
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo>
- <http://www.planetaelectronico.com/cursillo/tema2/tema2.6.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>
- <http://josecardenas.media.officelive.com/Documents/REGULADORES%20INTEGRADOS%2078XX.pdf>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Electromec%C3%A1nica>
- <http://electronicacompleta.com/lecciones/capacitores-ceramicos-electroliticos-y-smd/>
- http://www.unicrom.com/Tut_transistores_MOSFET.asp
- <http://www.ifent.org/lecciones/electrodinamica/eldinami33.asp>
- <http://proyctoselectronics.blogspot.com/2008/08/555-uno-de-los-ci-mas-usados.html>
- <http://www.fceia.unr.edu.ar/eca2/Files/Apuntes/Multivibradores%20%28v-2010%29.pdf>
- http://www.unicrom.com/Tut_fusible.asp

ANEXOS

ANEXO A.- Ejemplo del Consumo de un Computador Personal.

<i>Condiciones de uso</i>	<i>Kw/hora</i>
Internet	0.1
Internet y CD ROM	0.103
Internet, CD ROM y monitor	0.12



Como se puede apreciar, el consumo de un Computador Personal, se mantiene dentro de los rangos para este tipo de artefacto eléctrico, que indica un consumo entre 80 y 150 Watt-Hora.

Tomando los datos anteriores, se optará por usar el consumo promedio de este artefacto para el hecho de calcular el consumo de nuestra vivienda, es decir 115 Watt-Hora.

Así, finalmente, los valores usados para el consumo eléctrico de cada artefacto, serán los que indican los fabricantes en la placa del producto o en su ficha técnica, y en el caso de haber consumos variables, se utilizará un valor estimativo que puede ser el promedio entre el consumo mayor y el menor de dicho artefacto.

ANEXO B.- Consumos eléctricos.

	Aplicación	Watts/hora
	Tostador	800 – 1500
	Batidora	300
	Microondas	600-1500
	Plancha	1200
	Lavaplatos	1200 – 1500
LAVADORAS	Samsung 6Kg. (lavado)	330
	(Centrifugado)	240
	LG 7.0 Kg.	290
	LG 8.5 Kg.	360
	LG 10.0 Kg.	460
	Refrigerador	75
ASPIRADORAS	Vertical	200 – 700
	De mano	100
	Máquina de coser	100
	Plancha	1000
	Secadora de ropa eléctrica	4000
AIRE ACONDICIONADO	Aire acond. de pieza	1000
	Aire acond. central	2000 – 5000
	Abridor de puerta de garaje	350
	Ventilador de cielo raso	10 – 50
	Ventilador de mesa	10 – 25
	Afeitadora	15
COMPUTADORES	Portátil	20 - 50
	PC	80 - 150
	Impresora	100
	TV 14"	55
	TV 20"	84
	TV 21"	92
	TV 29"	140
	Equipo de sonido	175
	DVD	20
	Videojuegos	39

Tabla de consumo eléctrico.

ANEXO C.- Resultados para el potencial solar

Potencial solar (km²)

<i>Nivel del recurso (kWh/m²/día)</i>	<i>Condiciones evaluadas para determinar el potencial solar en km² utilizando el GsT</i>		
	<i>10 km GHI</i>	<i>40 km GHI</i>	<i>40 km DNI</i>
3 a 3.5	2,115.67		
3.5 a 4	26,587.74	21,009.96	
4 a 4.5	40,754.79	38,325.62	
4.5 a 5	23,843.77	17,145.39	20,858.69
5 a 5.5	6,607.55	5,651.28	77,648.77
5.5 a 6	9,454.45	3,361.16	10,354.4
6 a 6.5	1,241.26	1,701.07	2,524.65

ANEXO D.- Tabla para documentar los consumos de energía doméstica

<i>EQUIPOS QUE FUNCIONAN CON CORRIENTE CONTINUA (CC)</i>					
<i>No.</i>	<i>Consumidor/ descripción</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>AxBxC</i>
		<i>Cantidad</i>	<i>Potencia (Watt)</i>	<i>Horas de servicio</i>	<i>Consumo en Watt/hora día</i>
1					
2					
3					
4					
5					
<i>Consumo total de equipo corriente continua</i>					
<i>CC en Watt/hora por día (? de AxBxC)</i>					

<p>Carga Diaria (C_{cc}) = $\frac{\text{Energía}}{\text{Corriente Continua}} = \frac{\text{Potencia}}{V_{tr}} \times \text{Horas de Servicio Prom. /Día}$</p>
--

EQUIPOS QUE FUNCIONAN a 110Volt CON CORRIENTE ALTERNA (CA)

<i>No.</i>	<i>Consumidor/ descripción</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>AxBxC</i>
		<i>Cantidad</i>	<i>Potencia (Watt)</i>	<i>Horas de servicio</i>	<i>Consumo en Watt/hora día</i>
1					
2					
3					
4					
5					
<i>Consumo total de equipo 110V en corriente alterna</i>					
<i>CC en Watt/hora por día (? de AxBxC)</i>					

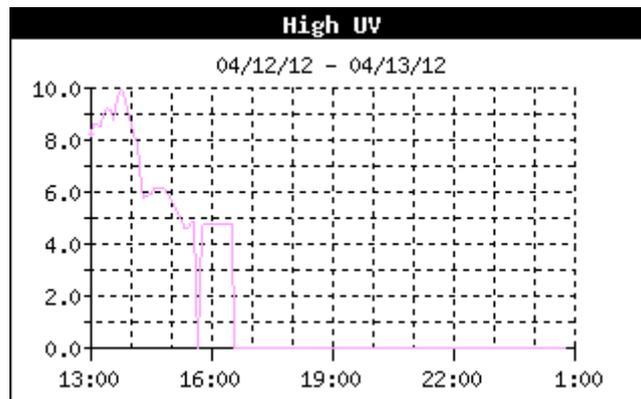
Carga Diaria (Corr. Alt.) = $\frac{\text{Consumo total de equipos a 220V Corr. Alterna}}{V_{tr}} = C_{CA}$

$V_{tr} \times n$

ANEXO E.- Radiación solar en Ecuador

El Mapa muestra el potencial solar en km² para aplicaciones fotovoltaicas (DNI) por rango de energía desde 4.5 a 6 kWh/m²/día, con una resolución espacial de 40 km. En este mapa se incluyen las Líneas de Transmisión del Sistema Interconectado Nacional (SIN) con el fin de observar que éstas cruzan las zonas de mayor insolación del país (departamentos de Valle y Choluteca), aspecto que incrementaría la factibilidad de proyectos de generación eléctrica con arreglos fotovoltaicos conectados a la red, así como también la de proyectos de generación eléctrica termosolar.

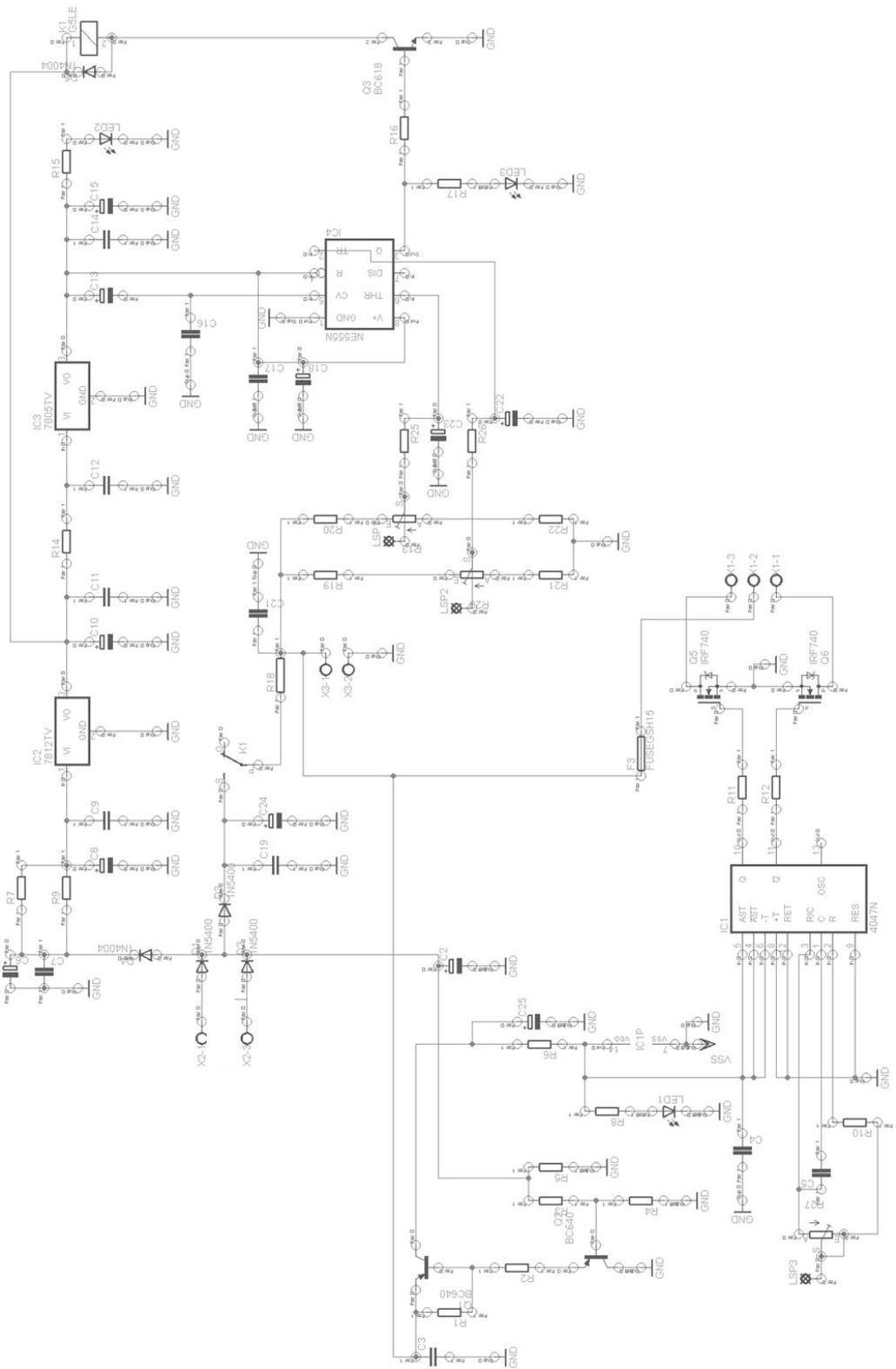
Irradiación promedio anual para aplicaciones fotovoltaicas



ANEXO F.- Costos KWh europa

	2400 kWh	2200 kWh	2000 kWh	1800 kWh	1600 kWh	1400 kWh	1200 kWh	1000 kWh	800 kWh
200 € / kW _p	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,7	2,0	2,5
600 € / kW _p	2,5	2,7	3,0	3,3	3,8	4,3	5,0	6,0	7,5
1000 € / kW _p	4,2	4,5	5,0	5,6	6,3	7,1	8,3	10,0	12,5
1400 € / kW _p	5,8	6,4	7,0	7,8	8,8	10,0	11,7	14,0	17,5
1800 € / kW _p	7,5	8,2	9,0	10,0	11,3	12,9	15,0	18,0	22,5
2200 € / kW _p	9,2	10,0	11,0	12,2	13,8	15,7	18,3	22,0	27,5
2600 € / kW _p	10,8	11,8	13,0	14,4	16,3	18,6	21,7	26,0	32,5
3000 € / kW _p	12,5	13,6	15,0	16,7	18,8	21,4	25,0	30,0	37,5
3400 € / kW _p	14,2	15,5	17,0	18,9	21,3	24,3	28,3	34,0	42,5
3800 € / kW _p	15,8	17,3	19,0	21,1	23,8	27,1	31,7	38,0	47,5
4200 € / kW _p	17,5	19,1	21,0	23,3	26,3	30,0	35,0	42,0	52,5
4600 € / kW _p	19,2	20,9	23,0	25,6	28,8	32,9	38,3	46,0	57,5
5000 € / kW _p	20,8	22,7	25,0	27,8	31,3	35,7	41,7	50,0	62,5

ANEXO G.- Circuito Trazado



ANEXO H.- Hojas de datos del Fabricante