

REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD DE METALURGIA- ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Diploma en Opción al Título de
Ingeniero Eléctrico.

**Título: Propuesta de utilización de paneles solares para alimentar
el Departamento de Informática de la EMNI.**

Autor: Odelvis Azaharez Cuba

Tutores: Ing. Israel Letusé Velázquez.

M.Sc. Yordan Guerrero Rojas.

Moa, 2012

Año 54 de la Revolución



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Yo:

Diplomante: Odelvis Azaharez Cuba

Y

Tutores: Ing. Israel Letusé Velázquez.

MSc.Ing. Yordan Guerrero Rojas.

Autores de este Trabajo de Diploma certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico (ISMM) de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Odelvis Azaharez Cuba.

(Diplomante)

MS. Ing. Yordan Guerrero Rojas.

(Tutor)

Ing. Israel Letusé Velázquez.

(Tutor)



PENSAMIENTO

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad.”

Albert Einstein.



DEDICATORIA

A mi madre y padre que fueron mi inspiración durante la época de estudiante y ahora como futuro Ingeniero Eléctrico, a todos mis amigos que estuvieron conmigo en cada paso apoyándome. Y además en un futuro lograré inspirar a otros jóvenes a estudiar esta carrera de sacrificio.



AGRADECIMIENTOS

... A mis padres porque sin su amor y apoyo no hubiese logrado llegar hasta aquí.

... A mi tutores Ingenieros Israel Letusé Velázquez y Yordan Guerrero Rojas por toda la atención y ayuda que me brindaron durante el desarrollo de este trabajo.

... A mi familia por el amor y apoyo de siempre.

... A mis amigos que han estado presentes en cada momento a lo largo de esta difícil tarea.

... A todos los profesores, por los conocimientos y experiencia que me transmitieron su incuestionable nivel científico unido a su pedagogía, les hago llegar mi más sincero respeto y gratitud.

... A los trabajadores de la Empresa Mecánica del Níquel que me brindaron su ayuda incondicional.

... A todas las personas que de una forma u otra hicieron posible la realización de este trabajo.



RESUMEN

Debido a la sobre explotación de los combustibles fósiles en el mundo y en Cuba, y a la contaminación ambiental, ha surgido la necesidad de resolver estos problemas que de una forma u otra afectan a la humanidad por lo que los científicos e ingenieros se han dado a la tarea de resolverlos, este trabajo de diploma consiste en la realización de un estudio para el montaje de paneles solares fotovoltaicos para suplir la demanda del Departamento de Informática en el edificio administrativo de la Empresa Mecánica del Níquel.

En el Capítulo 1 o marco teórico trata principalmente sobre la historia y surgimiento de la energía solar, otros tipos de energía y los sistemas fotovoltaicos que se utilizan en Cuba.

En el Capítulo 2 se realiza la caracterización del sistema de suministro con el estudio de la energía que se demanda en el local, se expone un procedimiento para el cálculo de los componentes del generador fotovoltaico.

En el Capítulo 3 se desarrolla la valoración económica de la propuesta de los paneles.



ABSTRACT

Due to the over exploitation of the fossil fuels in the world and in Cuba, and to the environmental contamination, the necessity of solving these problems has arisen because of their effect in the mankind, for that reason the scientists and engineers have been given to the task of solving them, this thesis consists on the realization of a study for the assembly of photovoltaic solar panels to supply the demand of the Informatics Department in the administrative building of the Nickel's Mechanical Enterprise.

First chapter is related mainly on the history and beginning of the solar energy, other energy types and the photovoltaic systems that are used in Cuba nowadays.

Second chapter is about the characterization of the feeding system with the study of the energy that is demanded, a procedure calculating the components of the photovoltaic generator.

Third chapter is concerned with the economic valuation of the solar panels proposed.



Índice

Introducción General-----	1
Situación Problémica.-----	2
Problema de la investigación. -----	2
Objetivo general. -----	2
Objetivos Específicos. -----	2
Hipótesis.-----	3
Objeto de estudio. -----	3
Campo de acción. -----	3
Tareas.-----	3
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO. -----	4
Introducción.-----	4
1.1 Breve noción histórica. -----	4
1.2. Estado Del Arte. -----	10
1.3. Sustentabilidad del empleo de las fuentes alternativas.-----	11
1.4. Antecedentes.-----	12
1.4.1. La energía solar.-----	14
1.4.2. Energía solar directa.-----	14
1.5. Sistemas Fotovoltaicos. -----	15
1.5.1 Descripción de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFVA).-----	16
1.5.2 La Energía del Sistema (kWh). -----	18
1.5.3 Horas de Sol Equivalente. -----	18
1.5.4 Potencia Punta. -----	20
1.5.5. Procedimiento de Selección de los Módulos Fotovoltaicos. -----	20
1.5.6. Módulos Fotovoltaicos. -----	20
1.5.7. Selección de los Módulos Fotovoltaicos.-----	21
1.5.8. Cantidad de Módulos Fotovoltaicos. -----	23
1.5.9. Sistema de Generación. -----	24
1.5.10. Instalación de los Paneles Fotovoltaicos. -----	27



1.5.11. La Celda Fotovoltaica. -----	29
1.6. Usos y desarrollos actuales. -----	30
1.6.1. Otros usos de Sistemas Fotovoltaicos. -----	31
1.6.2. Otros usos de Celdas Solares. -----	35
1.7. Avances en Cuba. -----	36
1.7.1. Usos frecuentes de la Energía Fotovoltaica en Cuba. -----	36
1.8. Impacto Medio Ambiental. -----	38
1.9. Conclusiones del Capítulo. -----	39
CAPITULO II. ANÁLISIS DE LA DEMANDA EN EL DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA EN EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO. -----	40
Introducción. -----	40
2.1. Observación del Consumo Energético de los Equipos Eléctricos. -----	40
2.2. Procedimiento para la selección de los componentes de la Instalación Solar Fotovoltaica. -----	41
2.2.1. Determinación de los Consumos Eléctricos. -----	41
2.2.2. Regulador de carga. -----	49
2.2.3. Selección del inversor. -----	50
2.3. Conclusiones del capítulo. -----	51
CAPITULO III. VALORACIÓN ECONÓMICA. -----	52
Introducción. -----	52
3.1. Valoración Económica. -----	52
3.2. Conclusiones del capítulo. -----	54
CONCLUSIONES GENERALES. -----	55
RECOMENDACIONES. -----	56
BIBLIOGRAFÍA. -----	57
Anexos -----	60

I



Introducción General

En este trabajo se realiza una propuesta de utilización de Paneles Solares Fotovoltaicos para el Departamento de Informática en el edificio administrativo de la Empresa Mecánica del Níquel “Cdte. Gustavo Machin Hoed de Beche”, para alimentar los equipos de cómputo y liberar al plan de energía de la empresa del consumo que representan estos equipos.

La energía es la base de la civilización industrial, sin ella, la vida moderna dejaría de existir. Durante la década de 1970 el mundo empezó a ser consciente de la vulnerabilidad de los recursos energéticos (conjunto de medios con los que los países del mundo intentan cubrir sus necesidades de energía). A largo plazo es posible que las prácticas de conservación de energía proporcionen el tiempo suficiente para explorar nuevas posibilidades tecnológicas. Mientras tanto el mundo seguirá siendo vulnerable a trastornos en el suministro de petróleo que después de la II Guerra Mundial se ha convertido en la principal fuente de energía.

La energía renovable es también llamada alternativa o limpia, y engloba una serie de fuentes energéticas que en teoría no se agotarían con el paso del tiempo. Estas fuentes serían una alternativa a otras tradicionales y producirían un impacto ambiental mínimo. Existen diferentes tipos de energías renovables: la energía solar, la hídrica, la eólica (derivada de la solar, ya que se produce por un calentamiento diferencial del aire y de las irregularidades del relieve terrestre), la geotérmica (producida por el gradiente térmico entre la temperatura del centro de la tierra y la de la superficie), la procedente de la biomasa (que se genera a partir del tratamiento de la materia orgánica), la mareomotriz originada por las corrientes marinas y los procesos de las mareas, pero este trabajo se dedica a la energía solar fotovoltaica.

Casi el 30% de la energía solar que alcanza el borde exterior de la atmósfera se consume en el ciclo del agua, que produce la lluvia y la energía potencial de las corrientes de montaña y de los ríos.



La energía solar es un término que abarca diversas tecnologías de energías renovables. Su característica común es que, al contrario que el petróleo, gas, carbón y las formas actuales de energía nuclear, es inagotable. Se puede dividir en tres grandes grupos:

- Aplicaciones para calefacción y refrigeración.
- Generación de Electricidad.
- Producción de combustibles a partir de la biomasa.

Situación Problémica.

En el edificio administrativo de la Empresa Mecánica del Níquel, el Departamento de Informática es un local de prestación de servicios el cual labora durante ocho horas de trabajo y veinticuatro días en el mes y cuenta en su equipamiento: sistemas de refrigeración, alumbrado y servidores informáticos.

Problema de la investigación.

¿Cómo ahorrar la energía que se consume diario en el Departamento de Informática con el uso de energía solar?

Objetivo general.

Seleccionar paneles Solares Fotovoltaicos para el suministro eléctrico a los equipos del Departamento de Informática del Edificio Administrativo de la Empresa Mecánica del Níquel “Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche” que permita el ahorro de energía.

Objetivos Específicos.

1. Seleccionar los Paneles Solares Fotovoltaicos que sirvan de base y fundamento teórico de la investigación.



2. Evaluar la valoración económica vinculada con los Paneles Solares Fotovoltaicos propuestos en la investigación.

Hipótesis.

La selección de los Paneles Solares Fotovoltaicos para el suministro eléctrico a los equipos del Departamento de Informática del Edificio Administrativo de la Empresa Mecánica del Níquel “Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche” posibilita contribuir al ahorro de energía y a la demanda de las áreas productivas en el cumplimiento de su plan.

Objeto de estudio.

Generación de electricidad a través de fuentes de energías renovables.

Campo de acción.

Los Paneles Solares Fotovoltaicos como fuentes de energía para el departamento de informática en el Edificio Administrativo de la Empresa Mecánica del Níquel.

Tareas.

1. Revisión bibliográficas del estado del arte vinculado con los Generadores Solares Fotovoltaicos que sirvan de base y fundamento teórico de la investigación.
2. Realizar un estudio del consumo de energía en el departamento informática del Edificio Administrativo.
3. Procesamiento de la información.
4. Valoración económica.



CAPITULO I: MARCO TEÓRICO.

Introducción.

El capítulo I aborda inicialmente el análisis económico y ecológico de las fuentes alternativas de energía y su impacto en el mundo, se realiza una breve reseña histórica del surgimiento y desarrollo de la energía solar en Europa Occidental, pautas y momentos en que se producen invenciones, este punto trata del surgimiento de esta tecnología desde la creación del primer panel solar hasta el desarrollo de los más modernos sistemas de la actualidad. Además se tratan los avances en Cuba y se hace referencia al estudio realizado de la provincia nororiental de Cuba. Los últimos puntos tratan de las características del proyecto.

1.1 Breve noción histórica.

Las fuentes de energía alternativas: análisis económico y ecológico.

Desde las últimas décadas del siglo XX la humanidad comenzó a tomar conciencia de los problemas ambientales, económicos y de sustentabilidad que implicaban continuar basando todo el consumo energético mundial principalmente en la explotación de los combustibles fósiles.

El desarrollo industrial y tecnológico había provocado una creciente explotación de los combustibles fósiles, particularmente los hidrocarburos, situación que se expresó en la amenaza del agotamiento antes de lo previsto de los yacimientos y en el incremento de la contaminación ambiental, particularmente por el vaciado de grandes cantidades de gases de efecto invernadero desde los centros industriales y las grandes ciudades que concentraron altos volúmenes de vehículos. También por la contaminación directa de fuentes de agua (ríos y mares) por efecto de su mal manejo o por accidentes en su traslado.



Se considera que en un futuro no lejano el petróleo se agotará, el gas natural y el carbón también se agotarán. Luego, la necesidad de sustituir a los hidrocarburos (petróleo, gas natural y carbón) se fundamenta en los siguientes presupuestos:

- Su acción contaminante
- El incremento constante de los niveles de consumo de portadores energéticos a nivel mundial, frente a las ya limitadas existencias de yacimientos de hidrocarburos, sobre todo petróleo y gas natural.

Es difícil determinar con exactitud las reservas existentes en la actualidad debido, por una parte, al secreto con que se manejan las informaciones por las transnacionales así como por la diversidad de cálculos que se realizan. Un estudio de González Francés (2005), del Ministerio de Economía y Planificación de Cuba, considerando diversas investigaciones, entre ellas de SHELL, British Petroleum, la Agencia Internacional de Energía y el Consejo.

En la Ciudad de México existe una normativa que ha intentado disminuir la contaminación autorizando en días alternos la circulación de vehículos con matrículas pares o impares, pero no ha dado resultados.

La revista Mundial de Energía y otras, ofrecen como cifra aproximada, la existencia de 325 mil millones de toneladas de petróleo y gas natural a nivel mundial en 2003, lo que contrasta con el consumo mundial de energía de todo tipo de fuentes que en 2004 fue de 6 187 millones de toneladas, lo que daría una reserva para solo unos 50 años.



Figura 1.1 Reservas probadas de petróleo en el mundo.

En la Figura 1.1 se muestran las grandes reservas de petróleo en el mundo desde 2005.

En este punto es interesante señalar que son las razones económicas, más que las ambientales, las que están impulsando el empleo de las fuentes alternativas. En este sentido es muy ilustrativo el caso de los Estados Unidos, emisor del 25 % de los contaminantes en el mundo, que se ha negado a firmar el Protocolo de Kyoto y al mismo tiempo va a la vanguardia en la investigación y desarrollo de los biocombustibles.

Los estudios tecnológicos para disminuir las emisiones de industrias y vehículos, las normativas nacionales establecidas para limitar dichas emisiones, no fueron suficientes. Esta situación colocó en primer plano la necesidad de buscar fuentes alternativas.

Las **energías alternativas** son fuentes de obtención de energías sin destrucción del medio ambiente, renovables, que han sido investigadas y desarrolladas en las



últimas décadas. Son aquella que pueden suplir a las fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

Entre las principales fuentes alternativas que se han identificado se encuentran:

La energía eólica. El término eólico viene del latín *Aeolicus*, perteneciente o relativo a *Eolo*, dios de los vientos en la mitología griega. La energía producida por el viento, energía cinética o de movimiento que este contiene, ha sido empleada desde la Antigüedad por el hombre para la navegación y en los molinos de viento.

El viento es una fuente inagotable y no contaminante, pero es irregular. El viento es una manifestación indirecta de la energía del sol, el 0.7 % de esta relación es transmitida en energía cinética de los vientos.

Energía Geotérmica. El término geotermia se refiere a la energía térmica producida en el interior de la tierra. Esta fuente no se ha identificado como potencialmente relevante en Cuba.

La energía solar fotovoltaica. Es la energía que proviene del sol y a través de un proceso de almacenamiento es transformada en energía eléctrica o calórica. Es conocido que el sol emite enormes cantidades de radiación susceptibles de ser empleadas como fuente de energía. La tierra recibe anualmente del 1,6 millones de kWh, de los cuales un 40% llega hasta la superficie donde habitamos, siendo el resto reflejada por las altas capas de la atmósfera.

La energía de las mareas. Es una fuente alternativa que no produce efectos nocivos al medio ambiente, pero se requiere de zonas donde existan mareas con fuerza suficiente para impulsar generadores de una potencia capaz para suministrar energía.



Los biocombustibles. Se trata de combustibles originados en la savia de determinadas plantas, conocidos actualmente como biocombustibles. El biodiésel es un biocombustible sintético líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, nuevos o usados, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petrodiésel o gasóleo obtenido del petróleo. Las materias primas más utilizadas en la selva amazónica son la jatropha curcas (piñón en portugués), sachá inchi, el ricino (mamona en portugués) y la palma aceitera. El biodiésel puede mezclarse con gasóleo procedente del refinado de petróleo en diferentes cantidades.

El impacto ambiental y las consecuencias sociales de su previsible producción y comercialización masiva, ponen en cuestionamiento su viabilidad actual.

Los residuos orgánicos (biomasa). Se consideran residuos orgánicos en función de producir energía aquellos que son producto de la actividad humana o directamente productiva y que no tienen otro destino aparente que el de ser desechos. Los modos fundamentales del uso energético son mediante la combustión para producir calor, en el caso de Cuba, quemando el bagazo para producir electricidad. Otro modo de empleo es la fermentación, que produce el biogás.

Leña y carbón vegetal. En nuestro país existe la extendida práctica de emplear leña como combustible, sobre todo en la fabricación de ladrillos, panaderías y comedores colectivos. Pero implica el consumo de masas de madera para cuyo suministro no existen amplios bosques y por el hecho de que el manejo de la leña tiene efectos nocivos a la salud de las personas. Menos desarrollo tiene el uso del carbón vegetal.

La energía hidroeléctrica. Es uno de los modos más baratos de producir energía, porque se basa en la fuerza de empuje de corrientes de agua ubicadas en desniveles del terreno o por medio de embalses construidos a cierta altura. Algunas de estas instalaciones tienen diseñados sistemas que permiten a determinadas horas



suministrar electricidad y cuando baja el consumo, la energía se emplea para bombear agua hacia el embalse que las alimenta, garantizando de este modo cierta sustentabilidad económica.

En Cuba existe la valiosa experiencia de las mini hidroeléctricas que resuelven las necesidades de pequeñas comunidades, sobre todo de montaña.

El hidrógeno. Investigaciones realizadas han demostrado el potencial del hidrógeno, sobre todo para medios de transporte. Su abundancia en la atmósfera ha dado lugar a que se piense en una futura “era del hidrógeno”. Pero los estudios realizados demuestran el peligro que representa comprimir hidrógeno en depósitos para vehículos, que pueden explotar con graves consecuencias. Alternativamente se trabaja en depósitos de hidrógeno, que basados en fibras sintéticas, se construyen como un cuerpo poroso dentro de un recipiente, que podría almacenar sin riesgo, hasta diez veces la cantidad comprimida en un recipiente común.

Se asocian al hidrógeno las pilas (celdas) de combustible; el principio base de su funcionamiento fue descubierto en 1839 por el físico inglés William Grove: dos electrodos conectados externamente por un circuito eléctrico, y separados por un electrolito son alimentados en presencia de un catalizador, uno por hidrógeno (que hace las veces de combustible) y otro por oxígeno atmosférico. El átomo de hidrógeno anódico se disocia formando un protón cargado positivamente y un electrón; el ión se mueve a través del electrólito hacia el cátodo, donde se combina con el oxígeno para formar agua, mientras que el electrón recorre el circuito eléctrico originando una corriente eléctrica. Dos características definitorias: la pila no se agota mientras se le suministre el combustible y solo emiten vapor de agua. Con todo, la obtención del hidrógeno puro es hoy costosa en energía eléctrica.

La energía **nuclear** es una de las fuentes que más esperanzas originó inicialmente, por la alta capacidad de producción de energía. Pero siendo una modalidad que exige el dominio de altas tecnologías, es cara su implementación y como tiene altos



riesgos ambientales como desechos tóxicos de larga durabilidad, en muchas partes ha sido combatida y desechada. También se investiga en el terreno de la fusión nuclear.

En la práctica, lo que más ha dañado la viabilidad de las centrales electronucleares han sido los accidentes y errores de operación, como en la planta Three Miles Island en los Estados Unidos y la de Chernóbil en la antigua Unión Soviética.

1.2. Estado Del Arte.

En este trabajo se presentarán una serie de temas donde se expone la metodología de los elementos principales para la instalación de paneles solares.

En el trabajo presentado por (Sanregre, 2004) describe el sistema de suministro eléctrico desde La subestación de Punta Gorda de 220 kV hasta EMNI y el sistema de suministro eléctrico de potencia de esta subestación de la EMNI.

En el trabajo presentado por (López, 2004) está basado en la evaluación del sistema de suministro eléctrico de la Empresa Mecánica del Níquel. La realización de esta investigación es la ineficiencia del sistema de suministro eléctrico de la Empresa Mecánica del Níquel, reflejada en los parámetros de calidad.

Trabajo desarrollado por (Toirac y Ramírez, 2005), está fundamentado en la reducción de consumos energéticos a partir de la realización de una auditoría energética en la selección de bombas de agua (CC-9) de la Empresa Mecánica del Níquel.

Trabajo desarrollado por (Cobas Pereira, 2009), basado en el calidad de suministro de la energía eléctrica. En el Complejo Energía-Combustible la forma de energía más versátil es indudablemente, la energía eléctrica, lo que está dado por la facilidad de su uso en cualquier proporción, su accesibilidad y posibilidad de conversión, de



manera relativamente sencilla, a otros tipos de energía fabricados en la UEB Reparaciones Capitales Eléctricas de la EMNI.

1.3. Sustentabilidad del empleo de las fuentes alternativas.

Es necesario hacer una definición de lo que se entiende por sustentabilidad. Puede entenderse en tres sentidos principales:

1. Si el empleo de estas fuentes es sustentable desde el punto de vista económico.
2. Si cumplen el requisito de la sustentabilidad ambiental.
3. Si son socialmente sustentables.

Lo anterior implica determinar si el empleo de una determinada fuente se puede sostener económicamente, y si es así, si también se pueden minimizar o eliminar los efectos nocivos para el medio ambiente. Puede ser que el empleo de una determinada fuente sea económicamente costosa, pero entonces se debe analizar cual es el problema que va a resolver, luego, la importancia y el efecto social de la inversión sería en este caso lo determinante. Lo que no se puede obviar en este análisis es la necesidad de que no afecten al medio ambiente, porque de ese modo se estaría comprometiendo el futuro, la solución sería a la larga más costosa. Y en ello radica una de las ventajas principales de algunas de las fuentes alternativas como la eólica, la solar y la hidroeléctrica: tienen la ventaja de afectar poco al medio ambiente en el proceso de su producción, sobre todo en el sentido de la generación de gases de efecto invernadero.

En la tabla 1.1 ofrece una visión de las diferentes perspectivas que ofrece el uso de las fuentes tradicionales y las alternativas.



Tabla 1.1 Nivel de contaminación de las energías convencionales.

Nuclear	Hidroeléctrica	Petróleo y gas
Contaminación de agua.	-Disconformidad en la población.	-Polución atmosférica.
-Basura nuclear.	-Cambio de clima.	-Contaminación del medio ambiente.
-Produce mutaciones en los seres vivos.	-Alteración de la flora y la fauna.	-Alteración de la flora y la fauna.
	-Erosión en las orillas de los lagos produciendo gas del pantano (gas metano) con la descomposición de la biomasa.	

1.4. Antecedentes.

La energía solar es una energía garantizada, desde el punto de vista científico, para los próximos 6.000 millones de años.

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la Historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

La idea de utilizar el calor solar es muy antigua, pero el bajo nivel térmico de que disponía el hombre le impidió usarla de forma efectiva durante mucho tiempo. No obstante, cuenta una leyenda que en el siglo III ante de Cristo, Arquímedes utilizó espejos solares para incendiar la flota enemiga que atacaba su ciudad. No se registra ninguna otra utilización de la energía solar hasta el siglo XVIII, cuando comenzó a experimentarse con hornos solares.



En el siglo XIX la conversión de la energía solar en otras formas de energía giró alrededor de la generación de vapor para alimentar máquinas de vapor, aunque también adquirió cierto interés la destilación de agua para su potabilización.

En los inicios del siglo XX aumenta el interés por esta fuente de energía, registrándose numerosas patentes para calentadores solares de agua domésticos durante los años 30 y 40. Después de la Segunda Guerra Mundial la energía solar adquiere gran relieve, alcanzando su máximo apogeo en EE.UU. durante la década de los 50. Por entonces se desarrollaron desde cocinas solares a máquinas de vapor, y algunos dispositivos eléctricos que utilizaban las entonces nuevas células solares. Este interés decrece bruscamente en la siguiente década, justo hasta 1973, donde se produjeron eventos importantes en el mercado del petróleo en el mundo, que se manifestaron en los años posteriores en un encarecimiento notable de esta fuente de energía no renovable, resurgieron las preocupaciones sobre el suministro y precio futuro de la energía. Resultado de esto, los países consumidores, enfrentados a los altos costos del petróleo y a una dependencia casi total de este energético, tuvieron que modificar costumbres y buscar opciones para reducir su dependencia de fuentes no renovables.

Entre las opciones para reducir la dependencia del petróleo como principal energético, se reconsideró el mejor aprovechamiento de la energía solar y sus diversas manifestaciones secundarias tales como la energía eólica, hidráulica y las diversas formas de biomasa; es decir, las llamadas energías renovables.

Así, hacia mediados de los años setenta, múltiples centros de investigación en el mundo retomaron viejos estudios, organizaron grupos de trabajo e iniciaron la construcción y operación de prototipos de equipos y sistemas operados con energéticos renovables. Así mismo, se establecieron diversas empresas para aprovechar las oportunidades que se ofrecían para el desarrollo de estas tecnologías, dados los altos precios de las energías convencionales.



En la década de los ochenta, aparecen evidencias de un aumento en las concentraciones de gases que provocan el efecto de invernadero en la atmósfera terrestre, las cuales han sido atribuidas, en gran medida, a la quema de combustibles fósiles. Esto trajo como resultado una convocatoria mundial para buscar alternativas de reducción de las concentraciones actuales de estos gases, lo que llevó a un replanteamiento de la importancia que pueden tener las energías renovables para crear sistemas sustentables. Como resultado de esta convocatoria, muchos países, particularmente los más desarrollados, establecen compromisos para limitar y reducir emisiones de gases de efecto de invernadero renovando así su interés en aplicar políticas de promoción de las energías renovables.

Hoy en día, más de un cuarto de siglo después de la llamada crisis del petróleo, muchas de las tecnologías de aprovechamiento de energías renovables han madurado y evolucionado, aumentando su confiabilidad y mejorando su rentabilidad para muchas aplicaciones. Como resultado, países como Estados Unidos, Alemania, España e Israel presentan un crecimiento muy acelerado en el número de instalaciones que aprovechan la energía solar de manera directa o indirectamente a través de sus manifestaciones secundarias.

1.4.1. La Energía Solar.

La energía solar se manifiesta de diversas formas y su aplicación ha sido fundamental para el desarrollo de toda la humanidad. A estas formas se les conoce como energías renovables, ya que son formas de energía que se van renovando o rehaciendo con el tiempo o que son tan abundantes en la tierra, que perdurarán por cientos o miles de años, las usemos o no.

1.4.2. Energía Solar Directa.

La energía solar que recibe nuestro planeta es resultado de un proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el interior del Sol. De toda la energía que produce ese proceso nuestro planeta recibe menos de una milmillonésima parte. Esa energía, que



en poco más de ocho minutos recorre los más de 145 millones de kilómetros que separan al Sol de la Tierra resulta, una cantidad enorme en proporción al tamaño de nuestro planeta.

La energía solar se manifiesta en un espectro que se compone de radiación ultravioleta, visible e infrarroja. Al llegar a la Tierra, pierde primero su parte ultravioleta, que es absorbida por la capa de ozono que se presenta en el límite superior de la atmósfera. Ya en la atmósfera, la parte infrarroja se pierde ya sea por dispersión al reflejarse en las partículas que en ella se presentan o al llegar a las nubes, que son capaces de reflejar hasta un 80% de la radiación solar que a ellas llega. El resto llega a la superficie, ya sea de manera directa o indirectamente como reflejo de las nubes y partículas en la atmósfera.

La radiación solar que llega a la superficie terrestre se puede transformar directamente en electricidad o calor. El calor, a su vez, puede ser utilizado directamente como calor o para producir vapor y generar electricidad.

1.5. Sistemas Fotovoltaicos.

Se le llama sistema fotovoltaico al conjunto de elementos, debidamente acoplados, que permiten utilizar la energía eléctrica obtenida por conversión de la energía solar mediante las células o celdas solares. Los sistemas fotovoltaicos presentan una importante simplificación respecto a los procesos energéticos convencionales, debido a que transforman una energía primaria: la energía solar; en electricidad de un modo directo, es decir, sin transformaciones intermedias en otras formas de energía. Por lo tanto, las células solares o celdas fotovoltaicas son dispositivos capaces de transformar la radiación solar en electricidad, de un modo directo. A continuación en el anexo 1 se muestra de manera esquemática los componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico.



El Controlador de Carga para Baterías de Acumulación es un equipo electrónico que tiene como función evitar las sobrecargas o descargas profundas en las baterías de acumulación con el objetivo de prolongar la vida útil de las mismas. Los controladores fotovoltaicos utilizados en Cuba se muestran en el anexo 2.

El Inversor o Convertidor de Corriente Directa en Corriente Alterna es un equipo electrónico que convierte la Corriente Directa en Corriente Alterna para que puedan funcionar los equipos electrodomésticos convencionales (lámparas, radios, televisores, computadoras, etc.) sin hacer modificaciones en los mismos. En el anexo 3 se describe algunos inversores empleados en los Sistemas Solares Fotovoltaicos.

Las celdas fotovoltaicas son placas fabricadas principalmente de silicio. Cuando al silicio se le añaden cantidades relativamente pequeñas de ciertos materiales con características muy particulares, obtiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar: los electrones son excitados por los fotones asociados a la luz y se mueven a través del silicio produciendo una corriente eléctrica, este efecto es conocido como fotovoltaico. La eficiencia de conversión de estos sistemas es de alrededor de 15%, por lo que un metro cuadrado puede entregar aproximadamente entre unos 150 Watts.

Para tener una idea clara del crecimiento de las ventas de módulos fotovoltaicos en las últimas dos décadas es importante mencionar que en 1984, las ventas mundiales sólo alcanzaron los 25 MW, mientras que en el año 2007 se reportaron ventas del orden de los 2 700 MW, lo que representa un crecimiento de dos órdenes de magnitud.

1.5.1 Descripción de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFVA).

Los Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFVA) son sistemas destinados para el suministro de electricidad en localidades aisladas de la red eléctrica comercial o Sistema Electroenergético Nacional (SEN), a partir de la energía de la radiación solar y basada en el “efecto fotovoltaico”.



Los SFVA están compuestos por una serie de elementos interconectados según el esquema de la Figura 1.2.

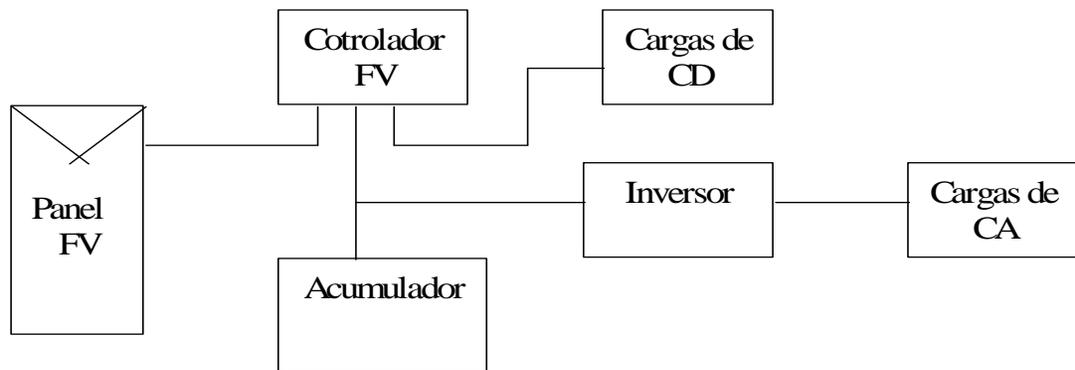


Figura. 1.2- Esquema básico de interconexión de los componentes de un SFVA.

El principal elemento de los SFVA lo constituye el panel fotovoltaico. Para realizar su función de convertir la luz solar en electricidad de manera lo más eficiente posible él debe estar orientado adecuadamente, es decir, de manera que capte la mayor cantidad de energía durante todo el día y durante todo el año. Esto se logra cuando los rayos solares inciden perpendicularmente a la superficie del panel fotovoltaico. Pero, como es conocido, la posición del Sol en la bóveda celeste varía durante el día (variación horaria) y a lo largo del año (variación estacional). Esto se ilustra en la Figura 1.3. En estas condiciones, la máxima captación de energía se logra o bien “siguiendo” el movimiento del Sol mediante un dispositivo mecánico llamado “seguidor” solar, o bien orientando adecuadamente el panel en una posición fija de manera que capte la mayor energía en un año. Los equipos seguidores resultan en la actualidad demasiado costosos para su aplicación en sistemas de pequeña potencia, por lo que la alternativa de panel fijo es la más difundida. En este caso el panel debe ser orientado e inclinado en la dirección y ángulo especificados en el diseño pues de lo contrario se originan pérdidas en la captación energética que pueden llevar a la falla del sistema.

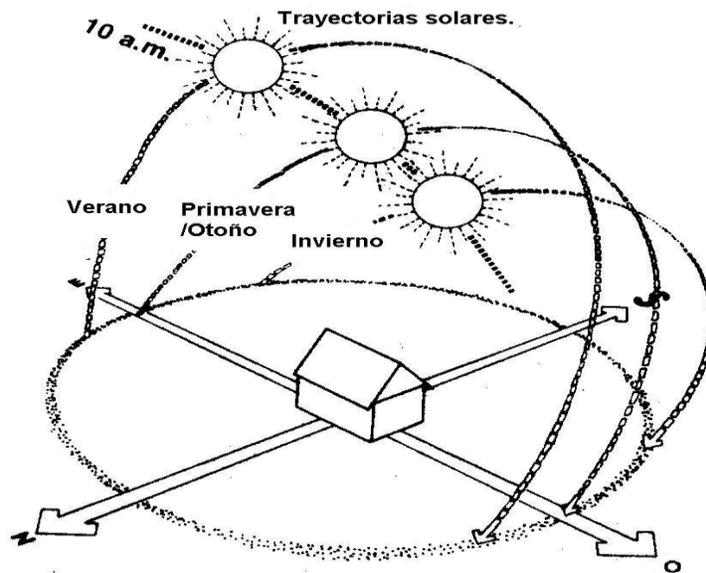


Figura 1.3 - Variación de la posición del Sol a lo largo del día y del año.

1.5.2 La Energía del Sistema (kWh).

Cuando la potencia que se disipa en una carga se calcula en términos del tiempo, se puede determinar la cantidad de energía consumida por la carga. Si se entrega un Watt durante 1 segundo, la energía consumida en este tiempo es igual a un Joule. Por lo tanto al Joule también se le llama Watt-segundo. En los cálculos de potencia eléctrica, también se utilizan el Watt-Hora o el kiloWatt-Hora, ya que con frecuencia son unidades más convenientes que el Watt-Segundo. Un kiloWatt-Hora representa 1000 Watts entregados durante una hora.

1.5.3 Horas de Sol Equivalente.

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.

Para entender este concepto de una manera más fácil, se entregan a continuación las definiciones de Irradiancia e Insolación:

Irradiancia: Potencia solar medida en Watts por metro cuadrado (W/ m²).

Parámetro clave para entender o probar el rendimiento sistemas fotovoltaicos en un momento dado.

Insolación: Energía solar medida en Watts-hora por metro cuadrado (Wh/ m²).

Parámetro clave para diseñar sistemas fotovoltaicos o entender su desempeño promedio.

$$1kWh / m^2 = 1 \text{ Hora Solar Punta}(HSP)$$

Como se señalaba anteriormente, para el cálculo de la energía entregada por un panel solar, y facilitar el cálculo, se deberá transformar esta información de la Insolación de un día, en “HORAS DE SOL EQUIVALENTE”, donde se toma el valor entregado por la insolación, y al dividirlo por el valor de 1000Watt.Hora / m² nos entrega el valor de estas “Horas de Sol Equivalente”.



La energía que capta un panel solar fotovoltaico depende de factores meteorológicos, la ubicación geográfica del lugar y de la ubicación del mismo con respecto a los rayos solares.

1.5.4 Potencia Punta.

Al ser expuesta a la luz, una celda solar produce electricidad. Dependiendo de la intensidad de la luz (la radiación en W/m^2), una celda solar produce mayor o menor cantidad de electricidad: la luz solar plena es preferible a la sombra y, a su vez, la sombra es mejor que la luz eléctrica. Para hacer una comparación entre diferentes celdas y paneles solares es necesario conocer la llamada “potencia nominal” de los mismos. La potencia nominal, expresada en Watts Punta o Wp (Watts Peak), es una medida que indica cuánta energía puede producir dicho panel solar bajo condiciones óptimas de operación.

Para determinar y comparar la potencia nominal de los paneles solares, se mide su salida bajo condiciones estándar de prueba. Estas son:

Una radiación de $1000 W/m^2$.

Un espectro solar de referencia de 1,5.

Una temperatura de celda de $25^{\circ}C$ (la eficiencia de un panel solar disminuye significativamente cuando la temperatura de la celda aumenta).

1.5.5. Procedimiento de Selección de los Módulos Fotovoltaicos.

Para poder seleccionar los Módulos Fotovoltaicos, se debe primero entender qué es un Módulo Fotovoltaico, y para esto se definen los conceptos básicos siguientes:

1.5.6. Módulos Fotovoltaicos.

El módulo fotovoltaico está compuesto por celdas individuales conectadas en serie. Este tipo de conexión permite adicionar tensiones (voltajes). La tensión nominal del módulo será igual al producto del número de celdas que lo componen por la tensión



de cada celda (aprox. 0,5 Volts). Generalmente se producen módulos formados por 30, 32, 33 y 36 celdas en serie, según la aplicación requerida.

Se busca otorgarle al módulo, rigidez en su estructura, aislación eléctrica y resistencia a los agentes climáticos. Por esto, las celdas conectadas en serie son encapsuladas en un plástico elástico (Etilvinilacelato) que hace las veces de aislante eléctrico, un vidrio templado de bajo contenido de hierro, en la cara que mira al sol, y una lámina plástica multicapa (Poliéster) en la cara posterior. En algunos casos el vidrio es reemplazado por una lámina de material plástico transparente.

El módulo tiene un marco que se compone de aluminio o de poliuretano, y cajas de conexiones a las cuales llegan las terminales positivo y negativo de la serie de celdas. En las borneras de las cajas se conectan los cables que vinculan el módulo al sistema.

1.5.7. Selección de los Módulos Fotovoltaicos.

Ahora que se conoce lo necesario para dimensionar el sistema fotovoltaico, se deben considerar las siguientes variables:

Al contrario que con la mayoría de los elementos que se deben adquirir en el mercado para los distintos requerimientos del cliente, el precio en el proceso de selección de los Módulos Fotovoltaicos no es tan predominante, como lo puede ser La “Potencia Punta” del módulo u otros, sino viene participando en el proceso final de selección, cuando ya se ha determinado que tipos de paneles se instalarán, comparando los costos de cada solución.

Potencia Punta:

Esta variable afecta en gran medida al proceso de selección de los paneles fotovoltaicos, ya que influye finalmente en la solución óptima. Por ejemplo si hay una muy pequeña demanda eléctrica, el tipo de módulo fotovoltaico que se deberá



seleccionar deberá tener un valor de Potencia Punta lo más cercano al valor de la Potencia necesaria para abastecer de electricidad.

Energía eléctrica que se debe abastecer:

La cantidad de energía eléctrica incide también en el proceso de selección, ya que si la demanda eléctrica es alta, convendrá contar con un menor número de módulos fotovoltaicos, pero de mayor potencia, para evitar mayores pérdidas.

Tipo de célula constituyente:

Este parámetro queda incluido indirectamente en "Potencia Punta", ya que el tipo de célula constituyente, (cristalina, policristalina, amorfo) incidirá en el rendimiento del módulo con la consiguiente variación entre un tipo y otro de módulo y en las Potencias Punta de cada uno, con el caso particular del panel amorfo, que podrá ser necesario en un caso muy particular en el que se le debiera dar por algún motivo al panel cierta oblicuidad, cosa que ni el módulo cristalino o el policristalino podrían solucionar de manera tan simple.

Disponibilidad en el mercado:

Este factor es de esperar que muy pronto sea menos importante, y que suceda como es actualmente el caso de los hormigones premezclados, que se encuentran en la mayoría del país y que han ayudado mucho al proceso constructivo chileno, disminuyendo los tiempos de trabajo entre otras ventajas. La disponibilidad de los paneles fotovoltaicos va en aumento, al igual que la mejora en la tecnología, lo que implica un aumento en los rendimientos de potencia generada. Por lo pronto se debe cuidar de tener en cuenta la mayor cantidad de distribuidores en el mercado, y las facilidades que entregan para el transporte hasta el lugar donde se requieren o cual es el punto más cercano de entrega, y los diferentes cargos que puedan aplicar los distribuidores por la localización geográfica de la vivienda, que si es rural, por cierto no se encontrará en los puntos centrales de distribución.



Radiación Solar disponible:

Este parámetro no diferenciará uno de otro modelo fotovoltaico, pero si influirá en la cantidad de módulos fotovoltaicos que se requieren para abastecer el consumo eléctrico. A mayor Radiación Solar disponible, una menor cantidad de módulos fotovoltaicos será necesaria para obtener una cantidad de energía determinada y viceversa.

Tamaño (Superficie que ocupan):

Este factor es muy poco determinante y solo será considerado en el caso de que exista una limitante muy fuerte en cuanto al espacio físico disponible para instalar los paneles fotovoltaicos.

Voltaje de Trabajo:

El voltaje de trabajo en el sistema completo, desde los módulos fotovoltaicos incluyendo las baterías es generalmente de 12Volts, 24Volts, 36Volts ó 48Volts. Esta denominación es independiente del hecho que los módulos fotovoltaicos funcionarán con un voltaje levemente mayor, para poder cargar las baterías.

Como se conocen ahora el valor de la energía que debe ser generada como la aportada por el panel, la relación entre ambos valores entrega una indicación del número de paneles requeridos en el sistema. El número exacto de ellos, en algunos diseños, estará determinado por el voltaje de trabajo y la corriente máxima de carga. Estos dos factores pueden dictar una combinación serie o serie-paralelo de los paneles, determinando eventualmente el número a usarse.

1.5.8. Cantidad de Módulos Fotovoltaicos.

Con el valor de la energía que debe ser generada y con la aportada por el panel, se tiene una relación entre ambos valores, la que entrega una indicación del número de paneles requeridos en el sistema. El otro factor que determina el número de módulos



es la diferencia entre los voltajes de los equipos que consumen la energía y el sistema de generación.

Para alcanzar los requerimientos del sistema tanto en carga como en voltaje, se debe tener en cuenta que las conexiones en serie suman las tensiones (voltajes) y las conexiones en paralelo suman las cargas.

Así por ejemplo si se tiene que abastecer una carga de 200 Wh/día, de equipos que funcionan con 12 Volts, y se cuenta con un módulo fotovoltaico de 12 volts que genera en la localización deseada, un valor de 50 Wh/día, se necesitan 4 módulos fotovoltaicos conectados en paralelo.

1.5.9. Sistema de Generación.

Un sistema Fotovoltaico consiste en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga, usando la energía solar. La carga eléctrica determina el tipo de componentes que deberán utilizarse en el sistema. La completa definición de la carga debe tener en cuenta tres características que la definen: el tipo, el valor energético y el régimen de uso.

Existen tres tipos de cargas: Corriente Continua, Corriente Alterna, y mixta (CC y CA). Cuando la carga tiene aparatos de Corriente Alterna, se necesitará incorporar al sistema un inversor. Este componente transforma el voltaje de Corriente Continua proporcionado por los paneles en un voltaje de Corriente Alterna. Las pérdidas de energía en estos sistemas son mayores que la de los de Corriente Continua.

El valor energético representa el total de energía que consumirá la carga dentro de un período determinado, generalmente un día. Para sistemas pequeños este valor estará dado en Wh/día. Para sistemas de mayor consumo en kWh/día.

El régimen de uso responde a dos características: cuándo se usa la energía generada y la rapidez de su uso. Dependiendo de cuándo se usa la energía, se



tendrá un régimen diurno, nocturno o mixto. La rapidez del consumo (energía por unidad de tiempo), determina el valor de la potencia máxima requerida por la carga.

Ahora bien, dentro de los sistemas de generación podemos definir los siguientes tipos:

Directamente conectados a una carga.

Sistema módulo batería.

Sistema fotovoltaico, batería y regulador.

Sistema Fotovoltáico Mixto.

Sistema Híbrido.

a) Directamente conectados a una carga:

Es el sistema más simple en el cual el generador fotovoltaico se conecta directamente a la carga, normalmente un motor de corriente continua. Se utiliza fundamentalmente en bombeo de agua. Al no existir baterías ni componentes electrónicos aumenta la confiabilidad pero resulta difícil mantener un rendimiento eficiente a lo largo del día.

b) Sistema módulo batería:

Se puede utilizar un módulo fotovoltaico para reponer simplemente la auto descarga de una batería que se utilice para el arranque de un motor, por ejemplo. Para ello pueden utilizarse los módulos de silicio amorfo o Monocristalino.

Otra importante aplicación en la que el sistema fotovoltaico se conecta en forma directa a la batería es en sistemas de electrificación rural de pequeña potencia.



En estos casos se utilizan generalmente uno o dos módulos de silicio monocristalino de 30 celdas cada uno conectados en paralelo para lograr la potencia deseada.

c) Sistema fotovoltaico, batería y regulador.

Es la configuración utilizada con módulos de 33 o 36 celdas en la cual se conecta el generador fotovoltaico a una batería a través de un regulador para que esta no se sobrecargue. Las baterías alimentan cargas en corriente continua.

d) Sistema Fotovoltaico con carga Mixta:

Un sistema Fotovoltaico con carga mixta es aquel que tiene cargas de Corriente Continua y Corriente Alterna. La introducción de cargas de Corriente Alterna en un sistema Fotovoltaico para uso doméstico ocurre, en general, por la inexistencia de un modelo adecuado para Corriente Continua del aparato requerido por el usuario. Como los modelos ofrecidos son usados, en su mayoría, en vehículos de recreación, el voltaje de trabajo típico es de 12V. Si el voltaje nominal del sistema es mayor que 12V, muchos de ellos no podrán ser usados o se necesitará una línea separada de 12V. Otro factor que determina el uso de aparatos domésticos para Corriente Alterna es la inexistencia de versiones de Corriente Continua de bajo voltaje de aparatos domésticos que han alcanzado un alto grado de aceptación por parte del consumidor. Este grupo comprende las lavadoras y secadoras de ropa, las máquinas de coser y las aspiradoras de pisos, como ejemplos.

Cuando se necesite energía en corriente alterna se deberá incluir un inversor. La potencia generada en el sistema fotovoltaico podrá ser transformada íntegramente en corriente alterna o podrán alimentarse simultáneamente cargas de corriente continua (C.C) y de corriente alterna (C.A).

La conversión de Corriente Continua a Corriente Alterna se realiza con una eficiencia que oscila entre el 75% y el 91%. Esto significa que las pérdidas varían entre el 25% y el 9% de la potencia suministrada a la entrada. Los valores porcentuales más



elevados corresponden a los modelos que manejan un bajo valor de potencia. Esto se debe a que el consumo del circuito del inversor no crece proporcionalmente con el aumento de la potencia que éste puede manejar.

Porcentualmente, estas pérdidas representan un menor valor cuando la potencia que maneja el inversor se eleva. Modelos de 100 W a 200 W pierden entre 20% y 25%. Modelos de más de 400 W pierden entre el 9% y el 15 %. Dentro del rango de trabajo especificado para la unidad, el porcentaje de pérdida varía con la carga. Por esto se debe observar este detalle al estudiar las especificaciones de la unidad elegida.

e) Sistema Híbrido:

Un sistema Fotovoltaico híbrido es aquel que utiliza otras fuentes de energía (renovables o no) para complementar la acción generadora de los paneles Fotovoltaicos. La composición híbrida del sistema de generación define a este sistema.

1.5.10. Instalación de los Paneles Fotovoltaicos.

Orientación.

Un panel solar genera electricidad incluso en ausencia de luz solar directa. Por ende, un sistema solar generará energía aun con cielo nublado. Sin embargo, las condiciones óptimas de operación implican: la presencia de luz solar plena y un panel orientado lo mejor posible hacia el sol, con el fin de aprovechar al máximo la luz solar directa. En el Hemisferio Sur, el panel deberá orientarse hacia el norte y en el Hemisferio Norte, hacia el sur. Los módulos deberán estar orientados de manera tal que el frente de los mismos mire al Norte geográfico en el Hemisferio Sur del planeta y en el Hemisferio Norte, hacia el Sur geográfico. Cuando el sol alcanza el punto más alto en su trayectoria en el firmamento (mediodía solar) su posición coincide con el Norte geográfico.



Un método simple para determinar el norte (o sur) geográfico es el siguiente: plante una estaca en el suelo y observe la longitud de su sombra. Cuando ésta se reduce a un mínimo, se ha alcanzado el mediodía solar para esa estación del año. La dirección de la sombra y la posición del sol le indican la dirección del norte (o sur) geográfico. Este método puede ser perfeccionado si el diario local u otro medio pública el tiempo de salida y puesta del sol. La mitad de esa diferencia horaria, sumada a la hora de salida, proporciona la hora para el mediodía solar. En ese momento puede observar la dirección de la sombra y la posición del sol.

Por lo tanto, en la práctica, los paneles solares deberán ser colocados en ángulo con el plano horizontal (inclinados).

Cerca del ecuador, el panel solar deberá colocarse ligeramente inclinado (casi horizontal) para permitir que la lluvia limpie el polvo.

Ángulo de Inclinación.

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

Idealmente, en verano los paneles solares deberían ser colocados en posición ligeramente más horizontal para aprovechar al máximo la luz solar. Sin embargo, los mismos paneles no estarán, entonces, en posición óptima para el sol del invierno. Con el propósito de alcanzar un mejor rendimiento anual promedio, los paneles solares deberán ser instalados en un ángulo fijo, determinado en algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno. Cada latitud presenta un



ángulo de inclinación óptimo. Los paneles deben colocarse en posición horizontal únicamente en zonas cercanas al ecuador.

Ahora bien, los distribuidores de paneles solares recomiendan que se utilice un ángulo de inclinación igual a la latitud más 15°. Esto se debe principalmente a que con esta inclinación, el panel solar tendrá un mejor rendimiento anual, la orientación del sol varía según la hora del día y también de acuerdo al día del año.

1.5.11.La Celda Fotovoltaica.

Las celdas fotovoltaicas, para poder proveer de energía eléctrica en las noches, requieren de baterías donde se acumula la energía eléctrica generada durante el día, lo cual encarece su aplicación. También existen otras posibilidades de utilización de estos sistemas, como por ejemplo sistemas fotovoltaicos conectados directamente a la red eléctrica, evitando así el uso de baterías, por lo que la energía que generan se usa de inmediato por el propio usuario que la genera, con la posibilidad de vender los excedentes de electricidad a las compañías generadoras, sistema que ya se ha implementado en varios países.

La palabra fotovoltaico(a) está formada por la combinación de dos palabras de origen griego: Foto, que significa luz, y voltaico que significa eléctrico. El nombre resume la acción de estas celdas: transformar, directamente, la energía luminosa en energía eléctrica.

El voltaje de una celda fotovoltaica (Celda FV) es de corriente continua (CC). Por lo tanto, hay un lado que es positivo y otro negativo.

Las celdas Fotovoltaicas que se ofrecen en el mercado actual utilizan dos tipos de materiales semiconductores. Uno tiene una estructura cristalina uniforme, el otro una estructura policristalina. El tipo cristalino requiere un elaborado proceso de manufactura, que insume enormes cantidades de energía eléctrica, incrementando



substancialmente el costo del material semiconductor (generalmente Silicio). Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad oscila entre un 9% y un 12%.

La versión policristalina se obtiene fundiendo el material semiconductor, el que es vertido en moldes rectangulares. Su estructura cristalina no es uniforme, de ahí el nombre de poli (muchos) y cristalino (cristales). Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es algo menor a las de silicio Monocristalino.

Los dos tipos pueden ser identificados a simple vista, ya que la estructura cristalina provee una superficie de brillo uniforme, mientras que la policristalina muestra zonas de brillo diferente.

Las celdas Fotovoltaicas que utilizan semiconductores cristalinos tienen una eficiencia mayor a las que utilizan el semiconductor policristalino, pero los procesos de fabricación que usan materiales semiconductores no-cristalinos (policristalinos o amorfos) prometen ser la solución más económica en el futuro. La competencia entre tecnologías genera nuevos métodos de fabricación a menores costos.

De no ser tratada, la superficie del material semiconductor que está expuesta a la luz incidente tiende a reflejar una porción de la misma, disminuyendo la cantidad de energía luminosa que puede llegar al par semiconductor. Para evitar esta pérdida, el fabricante deposita una finísima capa de material antirreflectante.

1.6. Usos y desarrollos actuales.

Durante gran parte de los años ochenta y de principios de los años noventa el mayor mercado para los paneles solares estaba en las fuentes de alimentación para áreas remotas y algunos productos de consumo (relojes, juguetes y calculadoras). Sin embargo a mediados de los años noventa fue lanzado un importante esfuerzo para desarrollar paneles solares integrados en la construcción de edificios para ser conectados a la red. El tejado fotovoltaico Figura 1.4 actualmente está liderando el desarrollo del mercado en Japón, Europa y los EE.UU. Japón tiene actualmente un



programa que apunta a construir 70.000 hogares solares, con el cual para el año 2010 esperan alcanzar unos 4.820 MW producidos por sistemas fotovoltaicos. En Europa, varios países están apoyando la construcción de hogares solares, con el Parlamento Europeo proponiendo un esquema 1.000MW. En los EE.UU., presidente Clinton anunció un programa de techos solares, que apunta instalar paneles solares en un millón azoteas en América antes de 2010.



Figura. 1.4 Paneles Solares en un tejado.

En Australia y los EE.UU., la aparición de los esquemas de energía verde, que permiten que los clientes elijan opciones de energía renovable, ha agregado considerable impulso al crecimiento de la industria. Las granjas solares conectadas a la red se han construido en Australia, Japón, los EE.UU. y Grecia.

1.6.1. Otros usos de Sistemas Fotovoltaicos.

Sistemas de protección Catódicos.

La protección catódica es un método de proteger las estructuras de metal contra la corrosión. Es aplicable a puentes, tuberías, edificios, estanques, perforaciones y



líneas ferroviarias. Para alcanzar la protección catódica se aplica un pequeño voltaje negativo a la estructura de metal y éste evita que se oxide o aherrumbre. El terminal positivo de la fuente es conectado a un ánodo galvánico o de sacrificio que es generalmente un pedazo del metal de desecho, que es corroído en vez de la estructura que se desea proteger. Las celdas solares fotovoltaicas se a menudo utilizan en lugares remotos para proporcionar este voltaje.

Cercas Eléctricas.

Las cercas eléctricas se utilizan extensamente en agricultura para evitar que el ganado o los depredadores entren o deje un campo cerrado. Estas cercas tienen generalmente uno o dos alambres "vivos" que se mantienen con cerca de 500 voltios de Corriente Continua. Éstos dan una dolorosa descarga, pero inofensiva a cualquier animal que los toque. Esta descarga generalmente es suficiente para evitar que el ganado derribe los cercos. Estas cercas también se utilizan en recintos de la fauna y áreas protegidas. Requieren de un alto voltaje pero muy poca corriente y a menudo están situadas en áreas alejadas donde el costo de energía eléctrica es alto. Estas necesidades se pueden resolver mediante un sistema fotovoltaico compuesto de células solares, un acondicionador de energía y una batería.



Figura 1.5 Sistemas de Iluminación con paneles solares.

A menudo se requiere iluminación Figura 1.5 en lugares remotos donde el costo de emplear energía de la red es demasiado alto. Tales aplicaciones incluyen la iluminación de seguridad, ayudas a la navegación (ejemplos: boyas y faros), señales iluminadas en los caminos, señales en cruces ferroviarios y la iluminación de aldeas. Las células solares pueden satisfacer tales usos, aunque siempre se requerirá de una batería de almacenaje. Estos sistemas generalmente consisten de un panel fotovoltaico más una batería de almacenaje, un acondicionador de energía y una lámpara fluorescente de C.C. de baja tensión y alta eficiencia. Estos sistemas son muy populares en áreas remotas, especialmente en países en vías de desarrollo y es uno de los usos principales de células solares



Telecomunicaciones y sistemas de monitoreo remotos.

Las buenas comunicaciones son esenciales para mejorar la calidad de vida en áreas alejadas. Sin embargo el costo de energía eléctrica de hacer funcionar estos sistemas y el alto coste de mantenimiento de los sistemas convencionales han limitado su uso. Los sistemas fotovoltaicos han proporcionado una solución rentable a este problema con el desarrollo de estaciones repetidoras de telecomunicaciones en área remotas. Estas estaciones típicamente consisten de un receptor, un transmisor y un sistema basado en una fuente de alimentación fotovoltaica. Existen miles de estos sistemas instalados alrededor del mundo y tienen una excelente reputación por su confiabilidad y costos relativamente bajos de operación y mantenimiento.

Principios similares se aplican a radios y televisiones accionadas por energía solar, los teléfonos de emergencia y los sistemas de monitoreo. Los sistemas de monitoreo remotos se pueden utilizar para recolectar datos del tiempo u otra información sobre el medio ambiente y transmitirla automáticamente vía radio a una central.

Bombas de agua accionadas por energía solar.

Existen más de 10.000 bombas de agua accionadas por energía solar en el mundo. Son utilizadas extensamente en granjas para proveer el agua al ganado. En países en vías de desarrollo se las utiliza extensivamente para bombear agua de pozos y de ríos a las aldeas para consumo doméstico y la irrigación de cultivos. Un típico sistema de bombeo accionado por energía fotovoltaica consiste en un conjunto de paneles fotovoltaicos que accionan un motor eléctrico, el que impulsa la bomba. El agua se bombea de la tierra o afluente a un tanque de almacenaje que proporciona una alimentación por gravedad. No es necesario un almacenaje de energía en estos sistemas. Los sistemas de bombeo accionados por energía solar se encuentran disponibles en proveedores de equipo agrícola y son una alternativa rentable a los molinos de viento agrícolas para el abastecimiento de agua en áreas alejadas.



Electrificación Rural.

Las baterías de almacenaje se utilizan en áreas aisladas para proporcionar corriente eléctrica de la baja tensión para iluminación y comunicaciones así como también para vehículos. Un sistema fotovoltaico de carga de baterías consiste en generalmente un pequeño conjunto de paneles solares más un regulador de carga. Estos sistemas se utilizan extensamente en proyectos rurales de electrificación en países en vías de desarrollo.

Sistemas de Tratamiento de Aguas.

En áreas alejadas la energía eléctrica se utiliza a menudo para desinfectar o purificar agua para consumo humano. Las celdas fotovoltaicas se utilizan para alimentar una luz fuerte ultravioleta utilizada para matar bacterias en agua. Esto se puede combinar con un sistema de bombeo agua accionado con energía solar.

La desalinización del agua salobre se puede alcanzar mediante sistemas fotovoltaicos de ósmosis inversa.

1.6.2.- Otros usos de Celdas Solares.

Se puede utilizar celdas fotovoltaicas en una gran variedad de aplicaciones incluyendo:

- Productos de consumo tales como relojes, juguetes y calculadoras.
- Sistemas de energía de emergencia.
- Refrigeradores para almacenaje de vacunas y sangre en áreas remotas.
- Sistemas de la aireación para estanques.
- Fuentes de alimentación para satélites y los vehículos espaciales.
- Fuentes de alimentación portátiles para camping y pescar.



1.7. Avances en Cuba.

Investigadores de la Universidad de La Habana realizan estudios sobre celdas solares desde hace más de 30 años. CUBASOLAR, la organización no gubernamental cubana para la promoción de las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental, apoya los proyectos de electrificación rural con energía solar fotovoltaica. Aunque Cuba no produce celdas solares, el país tiene una línea de ensamblaje de paneles fotovoltaicos en el Combinado de Componentes Electrónicos de Pinar del Río.

De acuerdo con la Oficina Nacional de Estadísticas, Cuba posee 7 624 SFV. Con estos se han electrificado objetivos sociales en zonas montañosas y apartadas de la red eléctrica, incluyendo 460 consultorios del médico de la familia, 1 864 salas de televisión y 2 361 escuelas rurales, entre otros. La mayoría de las señales luminosas marítimas que se emiten en el archipiélago cubano emplean energía solar fotovoltaica. Existen dos sistemas conectados a la red eléctrica: uno en el Museo de Ciencias Naturales de Pinar del Río y otro en el Centro de Estudios Solares en Bartolomé Masó, Granma.

La tecnología fotovoltaica es compatible con la generación distribuida de electricidad, su tiempo de recuperación energética es corto y sus impactos ambientales son muy pequeños comparados con las fuentes no renovables de energía. Es una tecnología útil en una matriz energética que garantice un suministro sostenible y seguro de energía.

1.7.1. Usos frecuentes de la Energía Fotovoltaica en Cuba.

Los usos más comunes de los sistemas de electrificación fotovoltaica en Cuba son los siguientes. Energía eléctrica para círculos sociales y consultorios médicos en lugares de difícil acceso, fundamentalmente en zonas montañosas de la región oriental, sobre todo en la Sierra Maestra, se ha desarrollado además un programa de creación de salas de videos en comunidades apartadas. Energía eléctrica para las



escuelas rurales, se aplica en pequeñas escuelas rurales apartadas, para que puedan captar la señal de la televisión educativa, mediante los cuales se eleva la calidad del proceso docente educativo, más de 1944 escuelas han recibido este beneficio.

Hoy podemos decir que la provincia Granma es una de las que más genera electricidad con los Sistemas Fotovoltaicos, cuenta con 82 paneles solares en viviendas rurales, 14 en Bayamo, 3 en Guisa, 11 en Río Cauto, 7 en Cauto Cristo, 4 Jiguaní y 43 en Bartolomé Masó.

Los Consultorios Médicos se desglosan de la siguiente manera, 4 en Media Luna, 2 en Niquero, 9 Pílon, 4 Bartolomé Masó, 5 en Buey Arriba y 16 en Guisa, para un total de 40 paneles solares.

Las Salas de Televisión están distribuidas, 69 en Guisa, 20 en Bayamo, 38 en Jiguaní, 16 en Cauto Cristo, 14 en Yara, 38 en Río Cauto, 14 en Yara, 49 en Campechuela, 52 en Media Luna, 37 en Pílon, 52 en Niquero, 19 en Manzanillo, 37 en Bartolomé Masó y 23 en Buey Arriba, sumando un total de 664 paneles solares. También tiene 483 paneles solares en varias escuelas de la provincia.

Miles son los objetivos sociales y económicos que a lo largo de toda la geografía cubana han sido electrificados con paneles solares entre los que destacamos, cooperativas, fincas, campismos populares, repetidores de televisión e instalaciones de telefonía no atendidas entre otros.

En los últimos años se recuperó la producción de módulos fotovoltaicos en el país y el combinado de Componentes Electrónicos de Pinar del Río debe alcanzar a fines de año una capacidad de producción de 2 MW, lo que permitirá satisfacer crecientes demandas del mercado nacional y la exportación.



1.8. Impacto Medio Ambiental.

La energía solar fotovoltaica es, al igual que el resto de energías renovables, inagotable, limpia, respetuosa con el medio ambiente y sentando las bases de un autoabastecimiento. Al igual que el resto de las energías limpias, contribuye a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero y especialmente de CO₂, ayudando a cumplir los compromisos adquiridos a proteger nuestro planeta del cambio climático.

Ventajas Medio Ambientales.

- Al no producirse ningún tipo de combustión, no se generan contaminantes atmosféricos en el punto de utilización, ni se producen efectos como la lluvia ácida, efecto invernadero por CO₂, etc.
- El Silicio, elemento base para la fabricación de las células fotovoltaicas, es muy abundante, no siendo necesario explotar yacimientos de forma intensiva.
- Al ser una energía fundamentalmente de ámbito local, evita pistas, cables, postes, no se requieren grandes tendidos eléctricos, y su impacto visual es reducido. Tampoco tiene unos requerimientos de suelo necesario excesivamente grandes (1kWp puede ocupar entre 10 y 15 m²).
- Prácticamente se produce la energía con ausencia total de ruidos.
- Además, no precisa ningún suministro exterior (combustible) ni presencia relevante de otros tipos de recursos (agua, viento).
- Es inagotable.



1.9. Conclusiones del Capítulo.

El estado cubano protege el Medio Ambiente y los recursos naturales.

El uso de las fuentes alternativas de energía constituye una necesidad económica y representan una opción muy apropiada para los proyectos de desarrollo del país.

La política energética, expresa de modo fundamental los propósitos del país en la sustentabilidad energética dirigida a satisfacer las necesidades de las actuales y futuras generaciones, conservando el medio ambiente de modo eficaz.



CAPITULO II. ANÁLISIS DE LA DEMANDA EN EL DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA EN EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO.

Introducción.

En el presente capítulo se desarrolla la determinación de la demanda eléctrica en el Departamento de Informática y la selección de los diferentes elementos para lograr la instalación de los paneles fotovoltaicos. Se calcula el número de paneles y la su capacidad instalada.

2.1. Observación del Consumo Energético de los Equipos Eléctricos.

Se realizó una observación en distintos equipos eléctricos para determinar su consumo eléctrico y analizar sus variaciones. Los resultados obtenidos y la información facilitada por los fabricantes sirvieron para reconocer que para el cálculo del consumo eléctrico de las oficinas a estudiar (Departamento de Informática), es fuente confiable guiarse por el consumo propio que contiene cada equipo eléctrico y que viene señalado en sus datos nominales o en los manuales respectivos. Para el caso en particular de computadoras personales, se realizaron mediciones realizando distintas actividades, con lo que se pudo comprobar que los rangos de consumo eléctrico entregados por los fabricantes son correctos, la computadora personal posee un consumo variable, dependiendo de la cantidad de elementos que funcionen, es decir, si se está utilizando un CD-ROM, si el monitor se encuentra encendido, si se están utilizando programas que utilicen una aceleración de gráficos, etc. Tomando los datos entregados en la tabla 2.1, se optará por usar el consumo promedio de estos equipos para el hecho de calcular el consumo de la oficina, es decir 12866,0 WattHora.

Así, finalmente, el procedimiento a seguir para el cálculo del consumo eléctrico de los equipos a utilizar en la oficina, será el descrito a continuación, donde los valores usados para el consumo eléctrico de cada equipo, será el que indica el fabricante en la placa del producto o en su ficha técnica, y en el caso de existir consumos



variables, se utilizará un valor estimado que puede ser el promedio entre el consumo mayor y el menor de dicho equipo.

Tabla 2.1 Modelo para el levantamiento de las cargas de fuerza.

MODELO PARA EL LEVANTAMIENTO DE LAS CARGAS DE FUERZA								
Edificio Administrativo EMNI								
Dependencia:			UNION DEL NIQUEL					
Área o Dpto.	Equipos	Cant.	Alimentación		Datos Nominales			
			1Φ	3Φ	V	I	kW	Total kW
Informática	PC	10	x		110	1,82	0,2	2,00
	Alumbrado	15	x		220	0,18	0,04	0,6
	Servidores	1	x		220	22,7 2	5,00 0	5,000
	Impresoras	2	x		110	1,80	0,19 8	0,396
	A. Acondicionados	2	x		220	2,55	0,56	1,12
	Consolas	1	x		220	17,0 5	3,75	3,75
	Subtotal							
Potencia instalada Dpto. Informática								12,8660

2.2. Procedimiento para la selección de los componentes de la Instalación Solar Fotovoltaica.

2.2.1. Determinación de los Consumos Eléctricos.

Existen diferentes sistemas de cálculo, desde los más sencillos hasta los más sofisticados por computadora con simulación del sistema proyectado, pero todos se basan en un algoritmo similar al siguiente:

Cálculo de la energía de consumo del sistema:

A) En corriente directa (CD)

B) En corriente alterna (CA)



C) Cálculo del número de amperes – hora total por día de consumo:

1ro: Se debe identificar todos los receptores que se conectan a la instalación, así como una serie de valores característicos de los mismos como aparecen en la Tabla 2.1:

Potencia o intensidad consumida.

Horas que estará conectado.

Se hace necesario ver que existen en el mercado receptores fabricados especialmente para este tipo de instalaciones, funcionan a 12 o 24V, y consumen mucho menos, se ahorra a corto plazo mucho dinero en consumo eléctrico, Se necesita evitar a toda costa las bombillas incandescentes, utiliza halógenos y fluorescentes para sacarle mayor rendimiento a tu instalación.

Se tiene una opción: si no se va a usar la instalación durante todo el año, se propone la posibilidad de vender energía a la red, el kWh introducido por estas instalaciones se paga bastante bien, y es una opción que podría ser rentable para muchos casos.

Las tablas 2.2 y 2.3, muestran el consumo de los equipos por hora de trabajo en las oficinas de Informática la cual es objeto de estudio para sustitución de la energía tradicional por energía solar.

Tabla 2.2 Cálculo de la energía de consumo del sistema para C.A.

Equipo	Cant	P(W)	V (Volt)	I(A)= P/V	I(A) Total	Horas	AH/día	P(W)Total	P(W)
PC	10	200	110	1,8	18,2	5	90,9	2000,0	10000,0
Alumbrado	15	40	220	0,18	2,7	8	21,8	600,0	4800,0
Servidores	1	5000	220	22,73	22,7	8	181,8	5000,0	40000,0
Impresora	2	198	110	1,8	3,6	4	14,4	396,0	1584,0
A.Acondicion.	2	560	220	2,5	5,1	4	20,4	1120,0	4480,0
Consolas	1	3750	220	17,0	17,0	4	68,2	3750,0	15000,0
Total		9748		46,12	69,4		397,49	12866,0	75864,00
Total AH/día C.A =AH/día *1,15								457,11	

$AH/día = I \times Horas/día$



Tabla 2.3 Cálculo de la energía de consumo del sistema para C.D.

Equipo	Cant.	P(W)	V (Volt)	I(A)= P/V	I(A)Total	Horas/día	AH/día
		0	12	0,0	0	0	0,0
		0	12	0,0	0	0	0,0
		0	12	0,0	0	0	0,0
		0	12	0,0	0	0	0,0
		0	12	0,0	0	0	0,0
Total		0	12	0,0	0	0	0,0

Total AH/día C.D + C.A	457,11
Total AH/día *1,20	548,5

Dato final

2do: Obtener los siguientes valores:

Total vatios: 12866.00 W

Total amperios: 69.40 A

Total amperios día: 457,11 A

El usuario tiene una necesidad de 457 A al día.

Se le aplicará un 20% de margen de seguridad, por lo tanto se tiene una necesidad de 549 A al día.

3ro: Calcular la energía del panel:

Se hará con un panel de 135 W de potencia DSM-135-C de 1580 x 808 x 40mm .Los paneles se situarán en el tejado del edificio orientados al sur.

Para seguir con el cálculo es necesario conocer las horas pico solar (HPS) al cabo del día, estas varían según la zona. En Moa según situación geográfica se promedia a 4.3 de los valores que se muestran en la segunda fila de la tabla 2.4.

La tabla 2.4 muestra la cantidad de radiación del lugar donde se instalará los paneles solares.



Tabla 2.4 Radiación solar anual de Moa.

Latit.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Unidad
4 ^o	14.83	15.14	15.53	14.99	15.30	14.17	15.30	16.04	16.23	17.18	17.73	16.98	MJ/m ²
HPS	4.12	4.21	4.31	4.16	4.25	3.34	4.25	4.46	4.51	4.78	4.93	4.72	kW/m ²

Una vez que se conoce este valor, se necesita saber la intensidad máxima que puede suministrar, para este caso los paneles **DSM-135-C** de fabricación nacional tiene una corriente máxima de 7.3 A (viene en las características del producto). Tras esto será necesario calcular la energía pico (Ep):

$$Ep = I_p \cdot HPS = 7.3 \cdot 4.3 = 31.39 \text{ Ah/d}$$

(Ip) Corriente máxima del panel.

4to paso: Cálculo del número de paneles.

Para ello se divide el consumo total del día entre la energía pico:

$$NP = \frac{\text{Consumo}}{Ep} = 549 / 31.39 = 17$$

Se necesitan 17 paneles de 12 V como mínimo para cubrir la demanda conectados en paralelo.

Tabla 2.5 Cálculo del número de módulos o paneles en paralelo y total. NMP

Datos	I _{max} (A)	HPS	I _{max} *HPS (Ah/d)	NMP.P	NMP
DSM-135-C	7,3	4,3	31,39	17	17

I_{max}- Corriente máxima que entrega el panel según el fabricante.

HPS- Máximo de horas de sol máximo promedio que incide sobre el lugar en los meses del año.



NMP.P. Número total de módulos o paneles en paralelo.

NMP=Número total de módulos o paneles.

5to: Capacidad del sistema de acumulación:

El acumulador se dimensionará pensando en la autonomía de la instalación, pero si se producen períodos de días seguidos con radiación escasa, aparecerá un factor conocido como días de autonomía, que se define como la cantidad de días que es capaz el sistema de cubrir la demanda máxima. Este valor lo especifica el propio usuario, y dependerá de la zona y la época del año en la que se prevé funcione la instalación.

Por otro lado hay que conseguir que la profundidad de descarga no supere el máximo tolerable, para el tipo de acumulador elegido, esto debe venir especificado en las características técnicas del producto. Para este caso se tiene una profundidad de descarga (C4) del 50% (0,5).

Sabiendo esto se tiene que la capacidad del sistema (C) es resultado de la razón entre el *Consumo* por los 3 días de autonomía y la profundidad de descarga.

$$C = \frac{549 \cdot 3}{0.5} = 3294 \text{ Ah a } 12V$$

5º paso: comprobar la descarga diaria sobre la batería:

El peor de los casos sería tener todos los receptores conectados, cosa poco probable, y en todo caso a evitar, en esas condiciones y como se ve en los posteriores resultados no se supera el límite aconsejado de descarga diaria ni de profundidad de descarga máxima al cabo de los 3 días de autonomía:



$$\text{Descarga diaria} = \frac{\text{Consumo}}{\text{Capacidad}} \cdot 100$$

$$\text{Descarga diaria} = \frac{549}{3294} \cdot 100 = 16.66\%$$

$$\text{Profundidad de descarga} = \frac{\text{Consumo} \cdot \text{días de autonomía}}{\text{Capacidad}} \cdot 100$$

$$\text{Profundidad de descarga} = \frac{549 \cdot 3}{3294} \cdot 100 = 50\%$$

Con esto quedaría correctamente dimensionada la instalación, a expensas de elegir el resto de elementos como convertidor CC/CA.

Cálculo Banco de Batería:

C1 Carga total diaria. 3294 Ah.

A5 es la Carga diaria de corriente corregida.

$$A5 = A4 \cdot A3 = 20\% \cdot 274.5 = 54.9 \text{ Ah}$$

Donde:

A4 es el Factor de Seguridad 20%.

A3 es la Carga diaria de corriente.

$$A3 = \frac{A1}{A2} = \frac{3294}{12} = 274.5 \text{ Ah}$$

A1 es la Carga total diaria 3294 Ah.

A2 es la Tensión corriente directa del sistema (12V).

C2 representa los Días de reserva sin Sol (3).



C3 Capacidad nominal del Banco de Batería.

$$C3 = C1 \cdot C2$$

$$C3 = 3294 \cdot 3 = 9882 \text{ Ah}$$

C5 Capacidad corregida del banco de baterías.

$$C5 = \frac{C3}{C4} = \frac{9882}{0.5} = 19764 \text{ Ah}$$

C6 Capacidad nominal de batería (según especificaciones del fabricante) 120 A/h

C6=120 A/h.

C7 Número de baterías.

$$C7 = \frac{C5}{C6} = \frac{19764}{120} = 164.7 \text{ Baterías}$$

C8 = Número de baterías (redondear C7) a 168 Baterías de 12V 120 A.

Baterías de Plomo-Ácido.

Este tipo de baterías están conformadas por dos electrodos de plomo, y suele utilizarse en los automóviles.

Con respecto a su funcionamiento, en el proceso de carga, el sulfato de plomo se convierte en plomo metal en el cátodo o polo negativo. Por otra parte, en el polo positivo o ánodo se produce la formación de óxido de plomo.

Conexión de Baterías.

Se dispone de tres formas de conectar un grupo de baterías entre sí. En serie, en paralelo o una conexión mixta serie-paralelo. Dependiendo como se haga, se



incrementa la tensión total, la capacidad o las dos. En las figuras 2.1, 2.2 y 2.3 se muestran estas conexiones respectivamente.

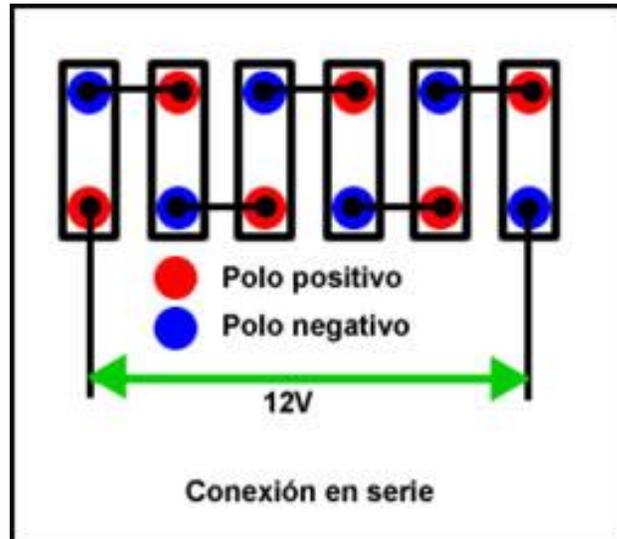


Figura 2.1 Conexión en serie.

Con este tipo de conexión, se incrementa el voltaje total.

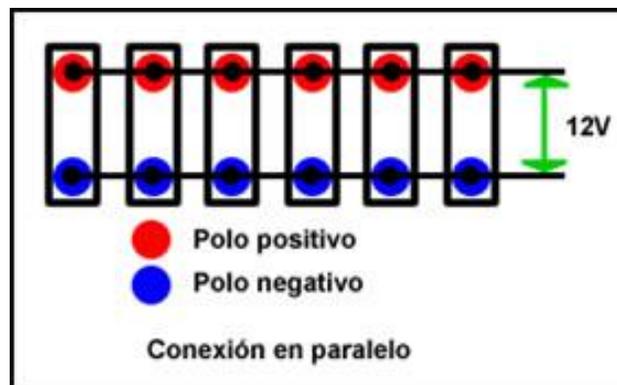


Figura 2.2 Conexión en paralelo.

Con este tipo de conexión, incrementamos la capacidad total.

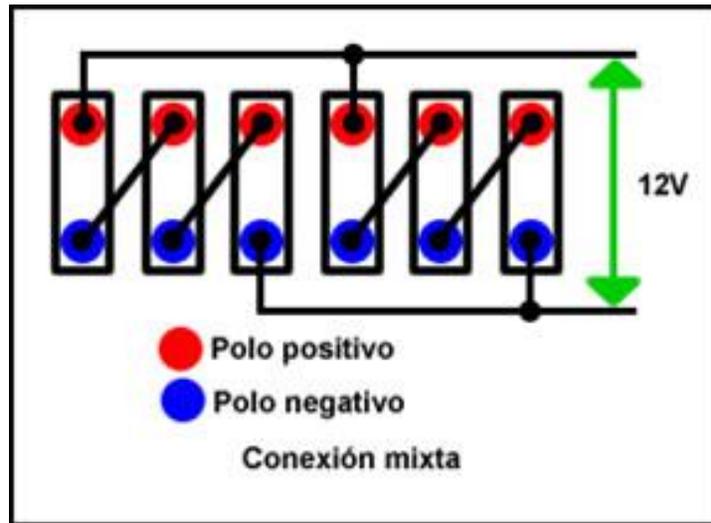


Figura 2.3 Conexión mixta.

Con este tipo de conexión, incrementamos la capacidad total y la tensión total.

Aunque en las figuras 2.1, 2.2 y 2.3 estén representados los 12 V, no quiere decir que los dibujos tengan relación alguna entre sí. Los dibujos simplemente indican cómo se realiza la conexión y nada más.

2.2.2. Regulador de carga.

Una vez definido el generador fotovoltaico, se debe calcular el regulador de carga necesario, para ello se multiplica la intensidad de cortocircuito de cada panel, obtenida del catálogo, por el número de paneles necesarios. Ese producto será la máxima intensidad nominal a la que trabajará el regulador I_{max} (A):

$$I_{max} = 7.3 \cdot 17 = 124.10 \text{ A}$$

Regulador de carga.

Los reguladores de carga son los aparatos, electrónicos hoy en día, que enlazan los paneles fotovoltaicos con las baterías. Tienen dos funciones por cumplir, una de ellas es evitar que la batería se descargue sobre los paneles fotovoltaicos; y la otra, es evitar que las propias baterías se sobrecarguen o descarguen más de lo necesario.



Los reguladores de carga más modernos cuentan con un microprocesador para realizar dichas tareas.

El funcionamiento es muy simple, el regulador de carga controla constantemente la tensión de la batería, cuando la batería alcanza el máximo de su capacidad, entonces, el regulador de carga interrumpe el proceso de carga.

Cálculo del Regulador de Carga

$$\text{Cant. Reguladores} = \frac{\text{Corriente de máxima potencia}}{\text{Corriente del regulador}} = \frac{124.10}{40} = 3.1 \approx 3$$

Para este Generador Fotovoltaico se necesitan 3 Reguladores tipo RCS-01/40 de 40 Amperes cada uno.

2.2.3. Selección del inversor.

Por último se selecciona el inversor necesario. Para ello se debe estimar la potencia instantánea máxima que la instalación va a demandar.

Teniendo una potencia instalada de 12.866 kW

Se pueden utilizar 3 inversores autónomos Isoverter Isofoton 5000.

Cálculos para la selección del Inversor.

P_{inv} va hacer igual a la suma de la potencia de la carga alterna (12.866 kW) por el margen de seguridad (20%)

$$P_{inv} = 1.2 \cdot PAC = 1.2 \cdot 12.866 = 15.43 \text{ kW}$$

Los inversores seleccionados deben cubrir al menos 15.43 kW.



Orientación de los paneles.

En el Hemisferio Sur, el panel deberá orientarse hacia el norte y en el Hemisferio Norte, hacia el sur. Los módulos deberán estar orientados de manera tal que el frente de los mismos mire al Norte geográfico en el Hemisferio Sur del planeta y en el Hemisferio Norte, hacia el Sur geográfico. Cuando el sol alcanza el punto más alto en su trayectoria en el firmamento (mediodía solar) su posición coincide con el Norte geográfico.

Los paneles se situarán en el tejado del edificio orientados al sur. Con una inclinación entre los 19 y 21.8° para lograr su mayor rendimiento en las HPS.

2.3. Conclusiones del capítulo.

1. Se determina la potencia instalada en el Departamento de Informática del Edificio Administrativo de la Empresa Mecánica del Níquel (12.866 kW).
2. Se seleccionan los paneles solares fotovoltaicos DSM-135-C de 12 V y 135 W.
3. Se calculan los elementos que conforman el generador fotovoltaico.
4. Se establece la azotea como lugar de emplazamiento y 21.8° como ángulo principal de orientación.



CAPITULO III. VALORACIÓN ECONÓMICA.

Introducción.

En el presente capítulo se desarrolla la valoración económica del trabajo.

3.1. Valoración Económica.

El desarrollo de un proyecto lleva implícito un conjunto de elementos de gastos en los que se incurren y que permiten hacer una valoración del efecto costo-beneficio del mismo, en cuanto al ahorro de importaciones, la compra del combustible diesel para generar energía y el costo en la instalación y montaje del generador.

Tabla 3.1 Costo de la Inversión.

Elementos	Cantidad	Precio CUC	Importe CUC
Batería	168	89.59	15051.12
Panel solar	17	175.00	2975.00
Inversor	3	69.54	208.62
Regulador	3	19.28	57.86
Mano Obra	1	717.47	717.47
Materiales	1	2859.012	2859.012
Total			21869.082

Se procede a continuación a realizar el análisis de costos con el valor comparativo de 75.86 kWh, que se gastan en la oficina de los informáticos.

Primero se conoce el valor del precio de la energía por kWh obtenido de la UNE que es de 0.085 CUC el kWh.

Para el caso:

$12.86 \times 0.085 = 1.0931$ CUC es el valor real que pagaría por el consumo de energía de esa oficina en una hora, al mes se dejaría de consumir 3 086.40 kWh de la red



nacional que representa en pago de factura a la UNE 262.344 CUC y 3.086 MWh que ingresan al proceso productivo de la empresa si el sistema solar trabaja estable.

Tabla 3.2. Ficha de Mano de obra.

Especialista	Hr	Tarifa	Impo/MN	Escala	ACTIVIDAD	TOTAL
Electricista Mtto C	0,700	2,50	1,75	V	Montaje	400,27
Electricista Mtto A	0,700	2,70	1,89	VIII	Montaje	
Electricista Mtto A	1,000	2,70	2,70	VIII	Montaje	
Electricista Mtto C	3,000	2,50	7,50	V	Montaje	
Electricista Mtto A	3,000	2,70	8,10	VIII	Montaje	
Electricista Mtto C	6,000	2,50	15,00	V	Montaje	
Electricista Mtto A	6,000	2,70	16,20	VIII	Montaje	
Electricista Mtto C	1,500	2,50	3,75	V	Montaje	
Electricista Mtto A	1,500	2,70	4,05	VIII	Montaje	
Electricista Mtto C	2,000	2,50	5,00	V	Montaje	
Electricista Mtto A	2,000	2,70	5,40	VIII	Montaje	
Electricista Mtto C	6,000	2,50	15,00	V	Montaje	
Electricista Mtto A	6,000	2,70	16,20	VIII	Montaje	
Electricista Mtto A	0,170	2,70	0,46	VIII	Montaje	
Electricista Mtto C	0,350	2,50	0,88	V	Montaje	
Electricista Mtto A	0,350	2,70	0,95	VIII	Montaje	
Mecánico Industrial	6,000	2,70	16,20	VIII	Ensamble	60
Mecánico Industrial	4,000	2,70	10,80	VIII	Ensamble	
Operador Máquinas	0,600	2,63	1,58	VII	Pintura	60
Soldador "A"	5,000	3,12	15,60	VII-S	Soldadura	50,00
Mecánico de Taller	1,500	2,70	4,05	VIII	Taladrado	45.0
Operador de Grúa.	4,340	2,45	10,63	IV	Isaje	43.4
J. Brigadas.	5,880	3,25	19,11	XI	Supervisión	58.8
Importe Salario: \$ 717.47						



El costo total de la inversión es de 21 869.082 CUC y con el ahorro de energía a la UNE de 262.344 CUC mensual, en 7 años se paga la inversión por concepto de energía consumida.

3.2. Conclusiones del capítulo.

La instalación de los paneles solares fotovoltaicos que pueden suplir la demanda del Departamento de Informática del edificio administrativo tiene un importe de **21869.082 CUC** y se amortiza en siete años.



CONCLUSIONES GENERALES.

Luego de analizar el consumo energético del Departamento de Informática en el edificio administrativo de la Empresa Mecánica del Níquel y los cálculos realizados para la selección de los equipos del generador fotovoltaico según, los resultados expuestos, las medidas adoptadas, se llega a las siguientes conclusiones:

1. Las fuentes revisadas ayudaron a tener información clara referente al uso y aplicación de los sistemas fotovoltaicos para generación de electricidad, además de servir de base para poder introducir los paneles solares con vistas a potenciar el ahorro energético.
2. La potencia total requerida para los equipos en la oficina de informática es de 12,866 kW.
3. Con la aplicación de este trabajo en el Edificio administrativo de la EMNI se tiene un ahorro de energía de 3.086 MWh que representan 262.344 CUC mensuales.



RECOMENDACIONES.

Luego de concluido el trabajo se recomienda lo siguiente:

1. Realizar el montaje de los 17 paneles solares con los equipos seleccionados a la oficina estudiada para mantener los servidores siempre conectados.
2. Que el montaje del equipo se haga por personal calificado para evitar averías.
3. Continuar profundizando y extendiendo este estudio a otras áreas de la empresa.



BIBLIOGRAFÍA.

- 1- Alabart, J.A. Diaz, J.R. Garcia, R. Hernández, R. Sistemas Solares Fotovoltaicos. (2008)
- 2- Catálogo General de la Empresa de componentes Electrónicos. (2012)
- 3- Cabrera Ihosvany. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red. (2005)
- 4- Caballero, R.; Guillen, C. Optical and electrical properties of $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ thin films obtained by selenization of sequentially evaporated metallic layers". Thin Solid Films, (2003).
- 5- Caballero, R. Guillen. C. Evaporación de CuInGaSe_2 en lámina delgada para aplicaciones fotovoltaicas. Bol. Soc. Esp. Ceram. (2004)
- 6- Carabe, J.; Schubert, M.; Mataras, D.; Andreu, J.; Roca, F.; & Pribat, D. The European Network on Amorphous-Silicon Device Technology. aSiNet:Proc. 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. Osaka, Japan, 12-16 May 2003, paper 5P-D4-23, (2003)
- 7- Chaparro, A.M.; Maffiotte, C.; Gutierrez, M.T.; and Herrero, J. Study of the spontaneous growth of ZnO thin films from aqueous solutions. Thin Solid Films, (2003)
- 8- Documentales y presentación sobre tecnología fotovoltaica de concentración. Editorial Paraninfo. Madrid Acosta Utilización y Aprovechamiento. (2008)
- 9- Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. (2001)
- 10- Guillén, C. And Herrero, J. Electrical contacts on polyimide substrates for flexible thin film photovoltaic devices. Thin Solid Films. (2003)
- 11- Guillén, C.; Herrero, J. Estructura de bicapas Mo/CuInSe_2 para células solares de lámina delgada. Bol. Soc. Esp. Ceram. (2004)



- 12-González, Francés. Cantidad de reservas probadas de petróleo y gas natural hay en el mundo? Ministerio de Economía y Planificación, Cuba. (2005)
- 13-Rau. Energía Solar Aplicaciones Prácticas.
- 14-Heredia, Rubén. Camejo, José. Márquez, Soe. Manual Básico de Mantenimiento Técnico de Sistemas Solares Fotovoltaicos. (2003).
- 15-Heredia, Rubén. Camejo, José. Márquez, Soe. Manual de Instalación, Operación, Mantenimiento y reparación de sistemas fotovoltaicos autónomos. (2001)
- 16-J.Richard, William. Tecnología y Aplicación de la Energía Solar. (2004)
- 17-Módulos Fotovoltaicos de Capa Fina, silicio amorfo. (2009)
- 18-Molina Gabriel. El sol es un aliado estratégico. (2006)
- 19- Nieto Rodríguez José. Energía Solar. (2004)
- 20-Quadri, Néstor P. Energía Solar Editorial Alsina. Bs.As. (1991)
- 21-R.Diaz, Heredia José, Camejo Rubén, Soe Marqués José, Manual de Mundo Electrónico. Energía Solar Fotovoltaica (2005)
- 22-Ted Lucas "Como usar la Energía solar" Editorial Víctor Leru S.A. Bs. As. (1981)
- 23-Seminario Web - Dimensionamiento óptimo del cableado en instalaciones fotovoltaicas. (2009)



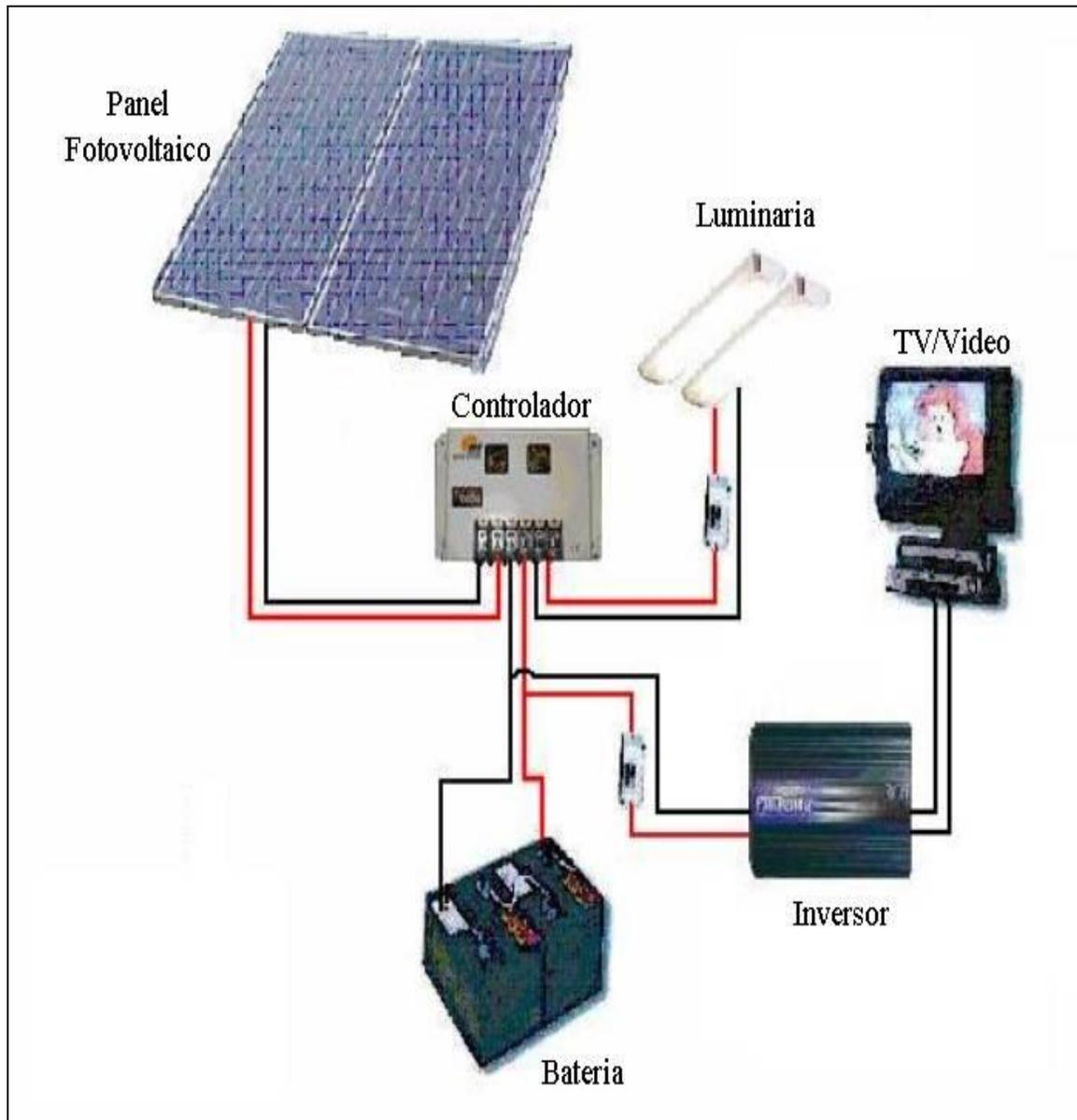
ANEXOS



Anexos

Anexo1

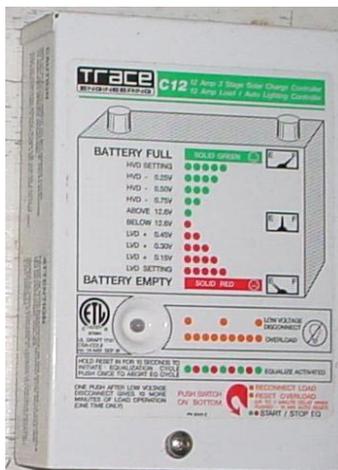
Los componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico





Anexo 2

Los controladores fotovoltaicos





Anexo 3 El Inversor o Convertidor de Corriente Directa en Corriente Alterna

