ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.

"Producción de la Electricidad mediante paneles fotovoltaicos en los sectores rurales de la costa." Aspectos técnicos y económicos

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN:

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICA EN POTENCIA

Presentado por:
Iván David Endara Vélez

GUAYAQUIL – ECUADOR
2010

A G R A D E C I M I E N T O

Principalmente a Dios, quien ha guiado mi camino en todo momento y supo darme las fuerzas necesarias en las etapas más difíciles

A mis queridos padres, sin los cuales no habría llegado donde estoy, y gracias a cuyo apoyo y consejos he podido convertirme en el hombre que soy.

A mis hermanos que estuvieron conmigo en todo momento.

A mis queridos maestros por todo su conocimiento impartido y su paciencia para enseñarnos.

D E D I C A T O R I A

Todo el tiempo y sacrificio dedicado a este proyecto se lo dedico a Dios por su guía en mi vida y mis padres por el apoyo incondicional y a quienes admiro y respeto.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Javier Urquizo
PROFESOR DE LA MATERIA
DE GRADUACIÓN

Ing. Douglas Aguirre
DELEGADO DEL DECANO

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Iván Endara

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 3

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 4

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 4

INTRODUCCIÓN.

Este proyecto presenta como objetivo principal el desarrollo de un sistema de generación para las áreas rurales y a las cuales difícilmente alcanza la red distribuidora de cualquier empresa eléctrica del Ecuador mediante la energía no convencional, fotovoltaica.

Esto consistirá en el diseño de un tipo de un sistema sencillo de generación que permitirá alimentar a una vivienda rural, así como también, la implementación y puesta a prueba de un prototipo diseñado a menor escala que emule el comportamiento de la generación en mención.

En el primer capítulo de este texto se describen el alcance y las limitaciones que se puedan presentar durante la implementación de estos sistemas. Este capítulo nos proporciona una idea general del funcionamiento del sistema y de sus posibles fallas, así como también se mencionan soluciones similares utilizadas en implementaciones comerciales existentes en el mercado.

Para el segundo capítulo se hará mención al avance que ha tenido este tipo de tecnología en el mundo, así como sus nuevas y distintas implementaciones en las que en el transcurso del tiempo han formado parte.

En el tercer capítulo se hace un análisis teórico de las tecnologías utilizadas en el diseño del sistema de generación por dicha energía no convencional. Identifica el avance que ha percibido la tecnología en esta área y los pasos que se han realizado en aras al cuidado del medio ambiente de forma conjunta con un crecimiento favorable en la sociedad. Estas tecnologías consisten principalmente en: paneles fotovoltaicos modernos y más eficientes que permitirá la captación y transformación de energía solar en energía eléctrica adicionalmente a un sistema para la conducción de dicha energía para su utilización.

En este capítulo también se presentarán los detalles del funcionamiento individual y conjunto de todos los elementos utilizados durante el desarrollo de la unidad generadora. Para hacer una descripción detallada del funcionamiento del sistema se recurrirá a estudios y formulaciones de la eficiencia de cada área del sistema de tal manera que sea posible un desenvolvimiento armónico, eficiente e integral de cada uno de los elementos que conforman a la central de generación.

También se presentará el prototipo implementado a menor escala, sus partes y los detalles de su funcionamiento.

Se colocará en el cuarto capítulo los procesos utilizados para la generación de energía eléctrica a partir de las radiaciones solares en conjunto con sus opciones de almacenamiento de las mismas para lograr la mayor eficiencia del sistema y su confiabilidad en todo momento. Se explicará el funcionamiento del sistema a ser instalado en la generadora y su efecto en el consumo de energía y factibilidad de alcanzar lugares inexplorados por las redes eléctricas del país.

Se encontrarán cuantificados los beneficios que va a percibir la empresa y los que percibirá el beneficiario gracias a este sistema con un target enfocado en usuarios de áreas rurales, basados para el primer ejemplo de generadora en el número de beneficiarios a los que esta servirá, y de igual forma todos los gastos que se encontrarán en la misma y el personal necesario para mantenerla en un funcionamiento continuo y eficiente. De la misma forma se colocarán los beneficios que tendrán los usuarios individuales que coloquen dicho sistema de generación a manera particular para suplir su carga específica.

Finalmente se presentarán aquellas conclusiones que se lograron percibir del proyecto en curso, al igual que aquellas recomendaciones que puedan hacer de este tipo de sistema moderno y eco-amigable una opción factible de inversión para capitales nacionales e internacionales y que permitan el avance y crecimiento de la economía interna del país enfocándose cada vez más en los sectores más abandonados por el sistema de electrificación nacional

.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

1.1 Alcance y limitaciones del proyecto.

El objetivo principal al que este proyecto se encuentra enfocado es el de desarrollar un sistema de generación estable, económicamente factible y confiable basados en la utilización de paneles fotovoltaicos.

Para alcanzar dicho fin, recurriremos a la implementación de tecnologías basadas en la utilización de paneles fotovoltaicos, en conjunto con sistemas de comunicación y control, de igual manera que la utilización de equipos de protección para tener una generación estable y confiable, y manejo de software de administración y gestión de bases de datos.

1.1.1 Descripción del Proyecto.

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este estudio es el de desarrollar una generación estable para el país, basados en la utilización de paneles fotovoltaicos. Este estudio garantizará la implementación de una generación fotovoltaica cacera teniendo un estudio del factor económico, eléctrico y ambiental de las mismas.

Se busca fomentar la utilización de este tipo de energía y su generación de manera menor o en grandes centrales de generación. Del mismo modo se intenta atraer nuevas inversiones para esta nueva forma de generación que es amigable con el medio ambiente, por lo cual se determinarán también las nuevas tecnologías que optimizan el proceso y la eficiencia de la obtención de energía.

Con este tipo de generadoras se logrará también producir servicios al mismo tiempo que se apoya a la sustentación del ambiente, por lo cual logrará cumplir con los reglamentos para alcanzar un pago por concepto de los "Bonos Verdes" otorgados por empresas de los países desarrollados para apoyar un desarrollo económico y social sin afectaciones al medio ambiente.

Las principales características de este proyecto son:

- Garantiza la generación de energía eléctrica mediante un sistema eco-amigable.
- Proporciona energía eléctrica para grandes zonas, al igual que para casas individuales en una pequeña generación muy posible para zonas rurales.
- El tiempo de instalación del sistema es reducido y su complejidad es baja.
- Los equipos necesarios para esto tienen costos elevados que deberán estar justificados en la utilización de la energía y en los subsidios entregados por el estado para el mismo.

La importancia de este proyecto radica en la existencia de grandes áreas aún en las cuales no poseen de energía eléctrica y por las cuales se debe intentar llegar a ellas de la manera más eficiente y factible posible.

Figura 1.1. Generación Fotovoltaica sector rural.

Fuente: www.ercyl.com.

"En entornos aislados, donde se requiere poca potencia eléctrica y el acceso a la red es difícil, como estaciones meteorológicas o repetidores de comunicaciones, se emplean las placas fotovoltaicas como alternativa económicamente viable. Para comprender la importancia de esta posibilidad, conviene tener en cuenta que aproximadamente una cuarta parte de la población mundial no tiene acceso a la energía eléctrica"[1]

1.1.2 Estrategia Implementada.

El diseño consiste en el estudio de una implementación de un conjunto de generadoras que ayudará a los habitantes ecuatorianos de las zonas rurales

[1] *Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica*

contribuyendo con energía eléctrica para que pueda ser utilizada por los consumidores de dichas zonas.

Esta generación se encontrará en la costa, en una zona abierta para lograr la captación de rayos solares más eficiente posible, al igual que en un espacio amplio puesto que para lograr la generación necesaria por este medio es importante tener una cantidad significativa de paneles fotovoltaicos, los cuales individualmente tienen un área bastante grande. Serán colocados en el área rural, puesto que es aquí donde existe los hogares a los cuales el sistema de transmisión y distribución en la mayoría de los casos no llegan, por lo que una generación eléctrica en esta zona sería un proyecto de ayuda social al mismo tiempo que logrará cubrir necesidades a las que los sistemas tradicionales no han logrado alcanzar.

El CONELEC podrá tener mediante equipos de medición el informe de la energía entregada a la casa por dichos paneles, para mediante esto entregar el subsidio y el pago correspondiente a la cantidad de energía que suplen los mismos al sistema, al igual que el pago correspondiente a razón de los “Bonos Verdes” otorgados por los países desarrollados a empresas que entreguen servicios y al mismo tiempo apoyen con la conservación del ambiente, a pesar de que para lograr este pago se necesitarán estudios bastante costosos que se especificarán más adelante, por lo que no son viables para la cantidad reducida de generación que va a tener dicho sistema.

Para grandes centrales si se buscarán la producción de energía eléctrica bajo el apoyo del estado en conjunto con el de los "Bonos Verdes", puesto que utilizan una energía alternativa evitando la producción de contaminantes al ambiente (principalmente CO_2). Por tanto en esta central deberá buscarse la realización de compras de Bonos Verdes, lo que conlleva todo un proceso de concurso para hacerse acreedora al pago de dichos bonos por las grandes empresas contaminantes, y teniendo en mente este fin, deberán realizarse todos los estudios e implementaciones futuras bajo un estricto seguimiento de las normas eléctricas y ambientales aumentando la confiabilidad, al igual que apoyan al ecosistema adyacente, no producen daños ambientales y gracias a esto se hacen acreedoras al beneficio de los Bonos Verdes.

Para una gran central, al momento de la interconexión se deberá guardar un registro de generación teniendo siempre en cuenta el puesto que ocupa una central fotovoltaica como una generadora base dentro del sistema debido a ser una forma de generación renovable. Del mismo modo se deberá tener en cuenta el subsidio de energía (mayor pago por unidad de energía) a toda la energía suplida por la generadora hasta un límite de 5.0 MW. luego del cual la central deberá regirse al plan de pagos debido a contratos o determinado por el mercado ocasional.

1.1.3 Limitaciones del Proyecto.

Este proyecto contiene algunas limitantes que es recomendable tener en consideración al momento de implementar el mismo, a continuación presentamos algunas de estas posibles limitantes y sus probables consecuencias:

- **Acceso a la Tecnología requerida.-** Tomando en consideración las limitaciones tecnológicas que padece nuestro país, es posible que haya inconvenientes en la adquisición de los paneles fotovoltaicos para la implementación del proyecto escala, por lo que será necesario realizar un concurso para las empresas que puedan distribuir los elementos necesarios para la implementación de una cantidad significativa de sistemas individuales para hogares al menor precio posible, teniendo en mente que el precio de adquisición de los paneles será bastante alto puesto su escases en el mercado nacional, y deberán ser adquiridos posiblemente del mayor productor de paneles, China.

- **Costo.-** Los costos en la implementación del proyecto variarán según el área y la potencia del mismo que se desee. Esta podría ser una limitante restrictiva, pues en la actualidad existen diversas alternativas comerciales, que a pesar de ser menos efectivas, podrían proporcionar costos más accesibles al consumidor final, tales como las generadoras mediante recursos no renovables. Que a pesar de tener un alto costo ambiental, su costo monetario es reducido.

- **Se requiere la utilización de equipos de medición.-** El sistema implementado deberá necesitar equipos de medición conectados al CONELEC para determinar la cantidad de energía generada y entregada al o los consumidores.

- **Se requiere la utilización de una red de conexión (solo aplicado a grandes centrales).-** A la salida de la generadora se necesitará una red de conexión para poder alcanzar el Sistema Interconectado y de esta manera entregar la energía generada al mismo para que sea distribuida a los puntos de necesidad. Esta limitante no es restrictiva puesto que todas las centrales de generación necesitan dicha red para lograr la entrega de su energía, y puede ser un punto a favor debido a que el costo depende de la distancia de la generadora al Sistema Nacional Interconectado, y esta central puede hallarse a relativa cercanía, teniendo en cuenta que solo es necesario un espacio abierto.

- **Cobertura.-** En el caso de ser una central para generación local deberá tenerse en cuenta que el tamaño de la misma deberá ser suficiente para cubrir con las necesidades energéticas de la población a ser alimentada, o en nuestro caso, para la generación de cada vivienda se deberán tomar en cuenta la cantidad de carga a la que debe alimentar para determinar el número de paneles que deben colocarse.

Una vez analizadas las posibles limitaciones del proyecto, cabe recalcar que debido a restricciones presupuestarias y comerciales, nos resultará imposible implementar la central generadora a escala real, pues para ello se requiere utilizar elementos de gran tamaño para protección en conjunto con los paneles fotovoltaicos, cuyos costos son sumamente elevados, además se debe tener en cuenta que esta tecnología actualmente no tiene gran acogida entre las generadoras y no a logrado posicionarse en el mercado interno, por lo que deberemos realizar el estudio a manera teórica y para el entendimiento y funcionamiento de la tecnología se deberá realizar un prototipo a pequeña escala de la generación de energía mediante paneles fotovoltaicos y su utilización en un pequeño motor.

Debido a que la realización del prototipo será a escala menor se deberá tener en cuenta modificaciones, tales como la no existencia de sistemas de control, de medición o de protección en la generación de energía, al igual que no se deberá colocar una red para la distribución o alimentación de la energía producida.

Esta limitante afectará en gran forma la aplicabilidad del diseño propuesto a escala real, puesto que gran cantidad de los costos de implementación del proyecto se encuentran observados en los equipos de medición, control y protección, de los cuales carece el prototipo a realizarse.

1.2 Análisis tecnológico y soluciones similares existentes en el mercado.

Los elementos necesarios para la generación fotovoltaica se han venido mejorando en la última década de manera significativa, por la necesidad en aumento de implementar nuevas fuentes energéticas que puedan suplir los grandes aumentos del consumo poblacional en el mundo, al igual que el remplazo de las energías generadas por combustibles fósiles.

La base tecnológica se encuentra implementada en los paneles fotovoltaicos, debido a que estos deben aumentar su eficiencia para una mayor utilización de la energía emitida por el sol. Los distintos elementos para la generación fotovoltaica son simples y su evolución tecnológica no se encuentra supeditada al aumento en la necesidad de este tipo de generación, ya que sus usos se expanden a diferentes áreas, como baterías para apoyo al sistema de otras centrales.

Entre los elementos necesarios para estas centrales se pueden mencionar:

- Módulo fotovoltaico
    - Celdas fotovoltaicas
    - Marcos de aluminio y vidrio
- Batería
- Regulador y controlador de carga
- Inversor

Los paneles fotovoltaicos inicialmente tenían una eficiencia bastante baja, entre un 11% y 26%, ya que los estudios en materiales era bastante limitado, pero en los últimos años se ha logrado aproximadamente un 41% de eficiencia aunque únicamente en laboratorios debido a su alto coste para colocarlo a nivel comercial, al igual que los materiales utilizados han cambiado bastante, llegando a la utilización del silicio en aumento y diferentes cristales que ayuden y la hagan más eficientes.

Hoy en día, los paneles solares son de tres tipos diferentes, los cuales son:

- Módulos de silicio mono-cristalino.
- Módulos de silicio poli-cristalino.
- Módulos de silicio amorfo.

Figura 1.2. Módulos Fotovoltaicos

Fuente: www.construnario.com

En el Capítulo 3 se especificará con mayor nitidez y detalle los avances tecnológicos al igual que los distintos elementos que se necesitan para este tipo de generación.

En lo concerniente al mercado de generación de energía, se debe tener en cuenta que existen una cantidad significativa de tipos y tecnologías para la generación de energía eléctrica. Muchas de estas tecnologías comprenden centrales no amigables con el ambiente, las cuales se desean eliminar y sustituir mediante tecnologías que no produzcan un daño ambiental. Las formas y tecnologías para la generación por fuentes renovables se encuentran en un nivel similar al mencionado en este proyecto, a pesar de sus costos promedios menores, pero de igual forma no se encuentran aún muy aceptadas en el mercado interno, por lo que ocupan igualmente una fracción poco significativa en el área de estudio, pero se desea alcanzar aumentar esa fracción debido a su característica de renovables y por ende que provocan un menor golpe ambiental.

A continuación presentamos brevemente algunas de los tipos de centrales que puedan llevar una solución similar al proyecto en cuestión:

1.2.1 Central de generación hidráulica.- Esta central incorpora tecnologías diseñadas para lograr una generación continua, generación base, para el país, y son de gran tamaño, necesitan una inversión inicial bastante altas y únicamente son factibles en lugares en los que existan recursos hídricos, puesto que su funcionalidad está basada en estos. Son de bajo costos por unidad de producción, y su tiempo de vida media es bastante largo. No producen un daño ambiental directo, puesto que utilizan una fuente renovable, pero produce un daño en función de la modificación de los ríos y recursos hídricos de ciertas zonas, produciendo de esta manera inundaciones y sequias en distintas zonas de afectación. Son las centrales de generación de energía renovable más aceptadas en el país, y en las cuales se encuentran enfocados los esfuerzos y estudios del mercado eléctrico nacional.

Figura 1.3. Represa Hidroeléctrica

Fuente: www.mercadoenergia.com

Entre los beneficios se pueden mencionar:

- Grande generación sin producción de elementos tóxicos en el ambiente.
- Bajo costo variable de la energía y consecuente facilidad de colocar un precio aceptable para la recuperación de la inversión.
- Alta aceptación en el mercado nacional.

Mientras que en lo referente a contras del mismo pueden indicarse:

- Grandes tiempos de implementación.

- Inversiones muy elevadas y consiguiente largos periodos de recuperación de inversión.
- Poco capital particular para la implementación.
- Necesidad de un recurso hídrico cercano.

Por tanto se deberá tener en cuenta que estas centrales podrán ser muy útiles al país, pero necesitarán de largos periodos de implementación y no pueden ser colocadas en cualquier zona, sea que necesite energía o no, y no puede ser realizada a pequeña escala puesto que los costos de inversión serían aún mayores.

Estas empresas pueden competir por los beneficios de los Bonos Verdes, lo que les puede producir un ingreso mayor de dinero gracias a su ayuda hacia la conservación del medio ambiente.

1.2.2 Central de generación térmica.- Este tipo de centrales generadoras se las utiliza en los puntos de carga máxima, por lo que su utilización es por momentos. Estas centrales entregan energía al sistema por lapsos determinados por el elemento regulatorio, por lo que los costos de generación por unidad de energía eléctrica son elevados. En estas empresas los costos variables son significativos, en tanto que los costos de inversión son comparablemente reducidos.

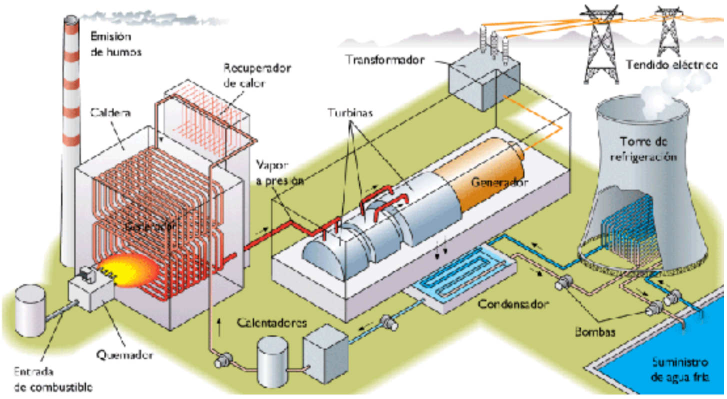


Figura 1.4. Central Termoeléctrica

Fuente: www.kalipedia.com

Beneficios a ser mencionados:

- Pronta implementación de la central.
- Bajos costos comparables de inversión.
- Rápida generación en cualquier instante específico que se requiera.
- Pueden ser colocadas en cualquier área, no dependen de recursos naturales.

Por otro lado los contras que se pueden hallar en este tipo de central son los siguientes:

- Alta afectación ambiental y producción de gases tóxicos, entre ellos CO_2.

- Vida útil menor a la mencionada anteriormente.
- Generación reducida y no constante.
- Altos costos variables por unidad generada.

Teniendo en cuenta los puntos anteriormente mencionados se puede definir a la central como de bajo rendimiento y alto coste ambiental. Este tipo de centrales son las que más afectación ambiental producen y a pesar de su bajo costo de inversión, el tiempo de recuperación es corto, y en el mercado nacional estas centrales son manejada deficientemente, lo que produce que este tiempo aumente de manera significativa.

Para el funcionamiento de este tipo de centrales generadoras son necesarios combustibles fósiles, lo que la lleva a tener un mayor costo variable y su mayor daño ambiental, lo que convierte a estas generadoras en empresas que no pueden competir por los beneficios de los Bonos Verdes, lo que los convierte en un costo de oportunidad añadido.

1.2.3 Otras empresas generadoras de energías renovables.- Entre estas se pueden mencionar las siguientes:

- Centrales Eólicas.
- Centrales de generación por Biomasa.

- Centrales de generación por bagazo.
- Centrales hídricas de pequeña capacidad.
- Centrales geotérmicas.

Se debe tener en cuenta que las centrales geotérmicas no se encuentran implementadas en el mercado nacional por lo que no entran en el estudio comparativo.

Todas estas centrales de generación son gracias a energías renovables, por lo que apoyan al medio ambiente y pueden concursar para que entren en el plan de pagos por Bonos Verdes. Aunque debe tenerse en cuenta que estas centrales aún no poseen un fuerte campo dentro del mercado eléctrico nacional, por lo cual estas aún tienen un precio elevado y baja aceptación de inversionistas.

Figura 1.5. Aerogeneradores

Fuente: www.culturaemedellin.gov.co

Las ventajas generales para este tipo de empresas generadoras se pueden mencionar como:

- Produce servicios energéticos cuidando el medio ambiente, sin producir grandes afectaciones al mismo y con una reducida o nula emisión de elementos tóxicos al ambiente (energía limpia).
- Son en promedio de rápida ejecución e implementación.
- Pueden ser colocados en áreas variadas, especialmente en apoyo a alimentación para zonas rurales.

Por otro lado, las desventajas en este tipo de centrales son:

- Altos precios de inversión para la implementación.

- Baja generación promedio.
- Poca aceptación en el mercado nacional.
- Largos tiempos de recuperación de inversión.
- Costos elevados en la venta de la unidad generada.

Teniendo en cuenta estos puntos mencionados se determina una dificultad en la implementación de este tipo de centrales por las pocas inversiones en este tipo existentes por parte de individuos o entidades particulares.

El punto favorable es que son bio-amigables, lo que los hace beneficiosos y les da aceptación dentro del marco legal del mercado eléctrico, y el estado bajo concesiones y subsidios actualmente apoya a estas generadoras para impulsar la creación especialmente para la generación en zonas rurales.

1.3 Análisis Político del segmento comprendido.

En la actualidad el ambiente político por el que está cruzando el país es bastante inestable, en los últimos años ningún régimen político a logrado permanecer estable en el país, y sus lineamientos políticos son cambiantes incluso dentro de cada grupo político.

Mientras que por otro lado, con el último régimen, las relaciones con los gobiernos de los países más potentados se ha visto afectada, mientras que se han producido nuevos lazos entre países de nivel semejante al nuestro, en vías de desarrollo, lo cual afecta en lo concerniente a inversiones extranjeras que se encuentran cada vez más mermadas en el mercado interno del país.

1.3.1 Política interna.

El mercado eléctrico en nuestro país depende de manera única de los fondos del estado.

La generación, transmisión y distribución de energía eléctrica se encuentra en manos únicamente del Estado Ecuatoriano, por lo que todas las decisiones que se toman son cambiantes a medida que los gobiernos pasan a distintas manos, y obedecen en gran forma a beneficios personales e ideas particulares de cada dirigente.

El país se encuentra en un proceso de cambio radical en todos los aspectos políticos, y una inestabilidad política común en el ámbito político, debido a este gran inconveniente muchos capitales externos para la creación de nuevas plantas generadoras se han retirado y no han logrado consolidar un acuerdo para poder explotar los recursos en especial hídricos que posee el suelo patrio.

Un impedimento importante que hallan las inversiones extranjeras en el mercado eléctrico ecuatoriano se basa en que el retorno de capital que percibirán dichas inversiones se encuentra a cargo del gobierno, debido a que las empresas que se construyan en el sector eléctrico, sea cual sea la descripción de la empresa pertenecerán al Estado y todos los ingresos serán percibidos por el mismo, y debido a esto es este el que se compromete en pagar las inversiones en dicha área. Pero es aquí donde se produce el problema, debido a que con los gobiernos cambiantes y la inestabilidad política constante en nuestro país, estas inversiones son pagadas de manera muy inestable y con atrasos, sin mencionar los posibles problemas legales a los que queda expuesto el contrato con el Estado al pasar de un gobierno a otro como ya ha ocurrido con varias empresas en el ámbito petrolero.

Un problema constante en el sector eléctrico es el subsidio que promociona el Estado al valor real de la energía eléctrica, y por tanto el pago de las ganancias que deberían observar las empresas dentro de este mercado se ven mermadas, ya que al ser el subsidio proveniente del Estado y hacia una empresa del mismo no se las verá reflejada más que en papeles, y con un ingreso menor, para el Estado, el pago a los inversionistas se ve cada vez más difícil y alejado, razón que acrecienta la reducción en las inversiones externas e internas.

Dentro del país se ha creado una tendencia en aumento por el tema medioambiental que intenta rescatar los daños medioambientales causados en los últimos años por las emisiones de los distintos gases de efecto invernadero que han producido grandes daños en las áreas más susceptibles del planeta.

Entre las tendencias en la política interna del país se pueden enumerar las siguientes más significativas:

- Disminuir el uso de combustibles fósiles en generación eléctrica, para de esta manera poder hacer uso de los mismos en automóviles. También debido a que la generación eléctrica produce un consumo significativo en la utilización de combustibles fósiles, situación que genera una disminución de las ventas del petróleo y por tanto menores ingresos fiscales para las arcas del Estado.
- El incremento del consumo de la energía eléctrica dentro del país es creciente, y debido a las pocas inversiones en este sector y los largos tiempos para la implementación de centrales existe actualmente una

falta en la capacidad de expansión, y como se menciono en el punto anterior la necesaria la eliminación de la compra de combustibles para el área termoeléctrica.

- Se busca un desarrollo en aumento de consumo de energía, a la par de la producción de dicha energía como energía amigable con el ambiente.
- Estudios realizados muestran que el 60% de gases de invernadero son producidos por el sector energético, por lo cual se desea reducir dichas emisiones mediante la utilización de energía limpia.

Se debe mencionar también que el país, gracias a sus amplios recursos naturales y su diversidad orográfica cuenta con una vasta riqueza en recursos naturales y renovables que pueden ser explotados para lograr producir energía limpia para los consumidores, las cuales tendrán un impacto ambiental muy reducido en comparación con distintas formas de generación de energía.

En la actualidad los Sistemas Fotovoltaicos son instalados en el Ecuador por el Programa de Electrificación Rural, el cual tiene estudios realizados para el año 2005 sobre la cobertura rural que se le ha otorgado al país, y en los cuales nosotros nos centraremos en el área rural costera, la cual no ha sido muy desarrollada en los últimos años, puesto las pocas inversiones y planificaciones para estas zonas.

Véase la tabla en el Anexo B.

Teniendo en cuenta un estudio de sistemas de generación rurales, es necesario indicar que los mismos serán descentralizados, puesto que las generaciones son muy pequeñas en comparación al Sistema Nacional Interconectado, y por lo general no son conectadas al mismo, lo que significa que son de uso único del poseedor de dicha generación, por ende las centrales de generación conectadas al sistema son pocas y con una energía muy baja, poco significativas y debido a su naturaleza rural son de carácter descentralizado.

El Estado Ecuatoriano ha tomado varias accione concretas con el fin de favorecer las nuevas opciones de generación basadas en energías renovables no convencionales, entre las más importantes mencionadas a continuación:

- Se le ha promulgado una mayor facilidad a los inversionistas para dicho tipo de generación de energía.
- Se intenta cubrir por medio de los fondos del Estado las inversiones iniciales para la implementación del proyecto.

- Se darán facilidades para los trámites necesarios para la adquisición de los “Bonos Verdes” a estas centrales.
- Se intenta sustituir las generadoras térmicas, por lo que los fondo provendrán de los ingresos generados gracias a la sustitución de las generadoras térmicas.
- Se entregará en 25% del impuesto a la renta para este fin de inversión.
- Se dará principal importancia a estas inversiones, para lo cual se crearán amplios créditos para la inversión y se recurrirán a fondos de cooperación.
- Se creará el Instituto de Energías Limpias en el Ecuador.
- Se realizará, completará y actualizará el potencial en Ecuador (los mapas eólicos y solares), con lo cual se logrará conocer los mejores lugares para implementar los proyectos de este tipo para lograr una mejor generación y más eficiente.

Continuando con el estudio político, cabe mencionar la Línea Estratégica del sector eléctrico ecuatoriano, en la cual se mencionan los siguientes puntos:

- Diversificación de fuentes de energía y desarrollo tecnológico.
- Implementación agresiva y sistemática de proyectos de energías renovables.

- Respeto irrestricto al ambiente, las culturas y la organización social de los puebles y comunidades.

Puntos que indican un lineamiento en la acción de la empresa eléctrica ecuatoriana interesada en el cuidado del medio ambiente y en explotar las nuevas vías de generación de energía, mediante la utilización de recursos renovables y no convencionales.

Debido a estos lineamientos, el Estado va a emprender acciones para lograr aumentar el interés puesto en estas centrales, así, entre sus planes de acción se encuentra el de fomentar el desarrollo y uso de recursos energéticos no convencionales a través de organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas.

De igual forma, el CONELEC asignará con prioridad fondos a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no convencionales, tales como el que se encuentra en estudio.

En el punto concerniente a la disposición del poder en el sector eléctrico nacional se deben referir los principales organismos de control y decisión sobre el mismo, los cuales en orden de superioridad se hallan mencionados a continuación:

a) El Consejo Nacional de Electricidad;
b) El Centro Nacional de Control de la Energía;
c) Las empresas eléctricas concesionarias de generación;
d) La Empresa Eléctrica Concesionaria de Transmisión; y,
e) Las empresas eléctricas concesionarias de distribución y comercialización.

Es necesaria de igual forma fijar los objetivos fundamentales de la política nacional en materia de generación, transmisión y distribución de electricidad, en el que citan:

a) Desarrollar la electrificación en el sector rural; y,
b) Fomentar el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, las universidades y las instituciones privadas.

1.3.2 Política externa.

Exteriormente, muchos países, en especial los desarrollados y más poderosos e influyentes sobre la economía mundial se encuentran muy interesados en este tipo de generación de energía, puesto que entre sus puntos principales se encuentran la de un avance energético para mejorar el nivel de vida social en conjunto con la protección al medio ambiente; y es esta la razón por la cual se realizó la reunión y el consiguiente "Protocolo de Kioto" en diciembre del año de 1987, y la más reciente, la cumbre realizada en Copenhague.

Estos países con sistemas políticos más estables y grandes compañías transnacionales apoyan a la inversión e implementación de este tipo de centrales en todos los lugares posibles, entre ellos el Ecuador, para lo cual entregan bonos, ayudas y convenios políticos de apoyo y soporte si a cambio aumentan la producción de energía limpia.

En resumen, en el mercado interno, las políticas que lo rigen son bastante cambiantes y con muchos problemas monetarios asociados debido a esto, por lo que el apoyo a nuevas inversiones es muy bajo y la fiabilidad de las mismas es poca, lo que ocasiona la poca inversión, y a pesar del apoyo para la implementación de estos tipos de generadores en el país, el problema monetario del retorno de inversión en un tiempo poco definido será el causante de una cantidad considerable de falta de inversión. Mientras que en el mercado internacional, las políticas que lo rodean, es decir, las políticas externas apoyan por completo este tipo de generación energética, y por tanto el ambiente político será favorable para definir leyes y apoyar las inversiones.

Las tendencias actuales generales dentro de la política externa e interna es la reducción en el uso del combustible fósil para evitar la contaminación excesiva y en aumento al medio ambiente, puesto que la conciencia ambiental está empezando a aparecer en los altos niveles gubernamentales.

1.4 Efectos en la economía.

La economía de cualquier región y grupo humano se encuentra sustentada por los intercambios comerciales, los cuales se pueden realizar gracias a la producción de la región en estudio. Dicha producción en la actualidad es posible gracias a maquinas y tecnología, al igual que muchos servicios, que necesitan en gran parte de energía para existir.

Para que este mercado tenga un crecimiento constante y para que la economía de un área vaya en aumento es necesaria la utilización mayor de la energía eléctrica, por lo cual, esta es un importante factor en el crecimiento económico de toda región, ya que mediante esta se alcanzará una producción mayor.

1.4.1 Efectos sobre la economía del Estado.

Se debe definir inicialmente como es medida la economía de un país. En un país, para medir el desarrollo económico es necesario hablar del Producto Interno Bruto (PIB), el mismo que es, la producción neta total que tiene un país, y este a su vez es indica el desarrollo productivo que ha tenido el país en ese tiempo. Este desarrollo productivo conlleva un desarrollo económico, mayores ingresos al país, y en definitiva un mayor crecimiento económico del mismo.

El Producto Interno Bruto muchas veces es difícil de medir, puesto que no existe manera de contabilizar todos los bienes producidos en el país, y debido a esto se ha recurrido a una asociación con la electricidad.

La energía eléctrica es un bien necesario para toda empresa, puesto que la producción actualmente de cualquier bien depende de la tecnología utilizada para este fin, los equipos e instrumentos que serán los productores. Estos equipos necesitan electricidad, al igual que la gente que trabaja en cada industria, empresa y tienda, por lo que a mayor producción se produce una mayor ocupación de los equipos, mayor adquisición y utilización de nuevos instrumentos, más horas trabajadas por las personas y en definitiva un uso necesariamente mayor de la electricidad. (incluso un restauran que produce un bien al momento de hacer los platos de comida necesitan electricidad, y esta crece a medida que sea más la demanda de comida, ya que se necesitará más tiempo para crear más platos y más hornos e instrumentos eléctricos.) Por lo tanto, el uso de la electricidad se ha convertido en una medida para determinar el nivel productivo de un país y su nivel económico, incluido el avance económico en cada periodo en conjunto con su utilización cada vez mayor de energía. “Hay una correlación muy alta entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico, la industria utiliza la electricidad de manera intensiva igual que la mayor parte de los procesos comerciales”[2] Así, un país que consume más electricidad tendrá un PIB mayor y por tanto un nivel económico superior.

Es este el caso del Ecuador, el cual año a año ha venido aumentando su PIB y su crecimiento económico ha sido constante, por lo que cada vez es un mayor consumidor de energía eléctrica, llegando a los limites de no poder satisfacer muchas veces el consumo de energía por parte de los generadores actuales en el país, por lo que se realizaron las interconexiones entre Ecuador y los países vecinos Colombia y Perú por medio de las

[2] *Fuente: Alta correlación consumo electricidad y aumento PIB: Georgina Kessel en entrevista con Paola Rojas*
http://www.radioformula.com.mx/noticias/finanzas/alta-correlacion-consumo-electricidad-y-aumento-400265.html

subestaciones Tulcán y Pomasqui para la una y Machala para la segunda, para lograr adquirir la energía necesaria en momentos de alto consumo y falta de generación.

La energía adquirida por el Ecuador a los países vecinos por las interconexiones anteriormente mencionadas tiene un costo bastante superior al producido por los generadores propios, por lo que es necesaria e importante tomar una decisión correcta en la que se aumente la cantidad generada de energía eléctrica, para lo cual se necesitan nuevas centrales generadoras y una inversión bastante alta para la construcción de las mismas.

Este incremento en la demanda generada podría causar un atractivo a los inversionistas potenciales si pudiese contarse con una línea de gobiernos serios comprometidos en pagar a tiempo para facturación por los valores subsidiados por el mismo en la planilla de energía eléctrica, pero debido a que existen muchas fallas en la entrega del mismo es que los inversionistas son alejados del país.

Debido a que actualmente la necesidad de generación es inevitable se debe empezar a pensar en nuevas oportunidades para la generación, y es necesario pensar en los nuevo rumbos a los que se encamina la humanidad, por tanto, debemos tomar en consideración la “energía verde”, es decir, la energía producida por métodos amigables al medio ambiente, y por tanto el fin de la presente tesis, de colocar una nueva opción de generación, con miras a un desarrollo eco-amigable para eliminar la contaminación de CO2 que requeriría por distintos métodos la generación de energía.

En la actualidad en nuestro país se tiene un nivel de generación de energía basada principalmente en la energía hidroeléctrica, la termoeléctrica y la que recibe por la interconexión con Colombia, de las cuales se especificarán sus porcentajes en el Anexo C.

Esta generación que se colocará en áreas rurales va a permitir un crecimiento productivo y económico para dichos hogares y esto mejorará el nivel económico del país en general.

Es de observar la necesidad adjunta del país para aumentar su generación de electricidad debido a que el consumo del Estado está en aumento constante, y de esta manera también deberá estar en ese aumento la generación y así estar a la par del consumo, otra razón más para la implementación de nuevas centrales, más eficientes, con menos daño al ambiente y menos costos variables (generalmente operación y mantenimiento). (Léase Anexo E.)

Observando la economía del país en función de la generación se debe tomar en cuenta la problemática existente en relación a los actuales subsidios que el Estado tiene hacia la energía eléctrica en todo el sector, y tanto es la afectación por el mismo que debido a este subsidio se ve restringido el desarrollo del país para otras áreas, y debido al hecho que el mismo Estado es el que coloca las tarifas, tenemos un sector eléctrico en crisis.

Los subsidios de la energía eléctrica se enfocan principalmente en cubrir los gastos de una generación económicamente elevada debida a las necesidades de combustible, siendo por tanto las termoeléctricas las generadoras que producen dicho gasto fiscal.

En el país se ha producido un crecimiento inconveniente de la generación termoeléctrica, tal como se muestra en la Figura 1.1 adjunta, lo cual ha perjudicado al país de sobremanera basados en el enunciado de los subsidios al combustible para la generación barata al consumidor.

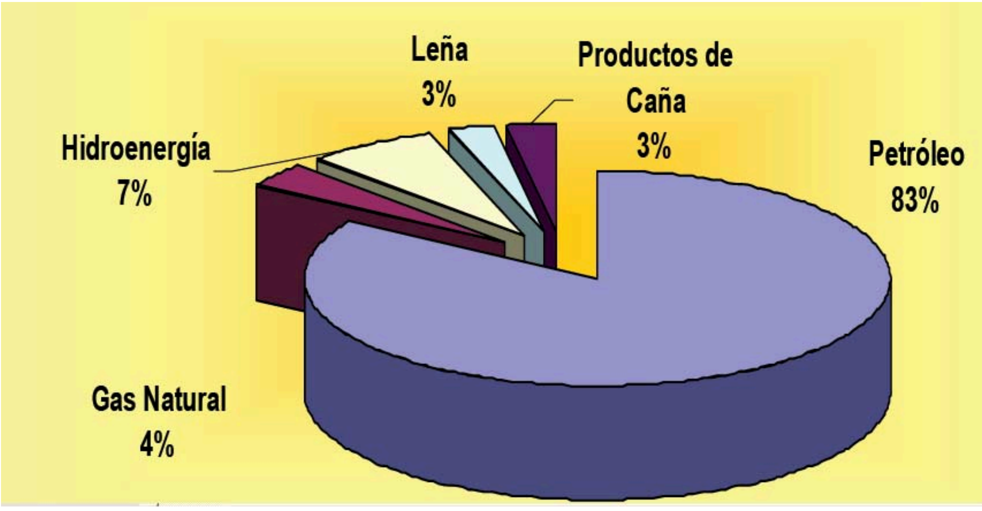


Figura 1.6. Matriz energética del país.

Fuente: Presentación de Santiago Sánchez Miño

Gracias al grafico anterior podemos observar como el país mantiene una generación basada en la utilización de gas natural de un 4%, a lo que se debe añadir la generación por petróleo de un 83% de la generación total del país.

Estos excesos en la utilización de combustibles subsidiados producirán pérdidas, al igual que no permitirán que se utilicen estas cantidades monetarias exorbitantes en el desarrollo de distintos ámbitos en el país.

En la Figura 1.2 tenemos la cantidad en dólares de los subsidios en la economía del país para el año 2007 sobre los diferentes combustibles, los cuales en su mayoría son utilizados para la generación energética.

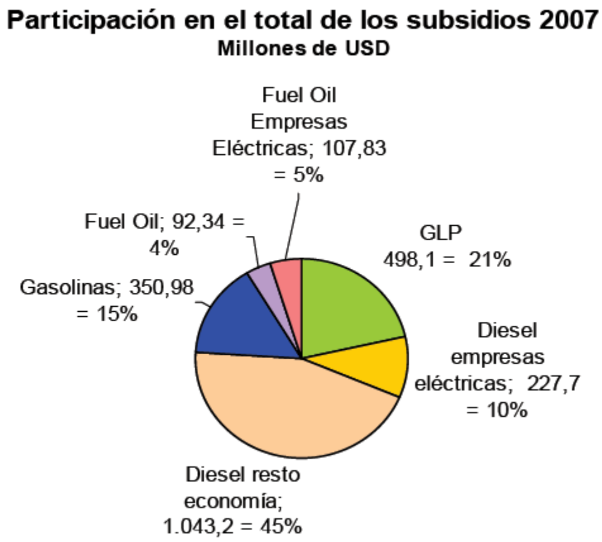


Figura 1.7. Dólares utilizados en subsidios a los combustibles.

Fuente: Presentación de Santiago Sánchez Miño

Se observa que los subsidios de los combustibles para las empresas eléctricas es significativo, llegando a aproximadamente 330 millones de dólares, recursos que pueden ser ahorrados mediante la creación de nuevas plantas, especialmente solares, que no hacen utilización de combustibles para su generación.

En este ámbito, la creación de centrales fotovoltaicas, a pesar de tener un subsidio en el precio de compra por el estado hacia la generadora podrá a largo plazo proveer los beneficios al Estado de reducir los gastos por combustible, los cuales podrán ser destinados a otras áreas poco desarrolladas, la generación instalada de la cual se podrá hacer uso en todo momento y la posterior finalización del subsidio, según el reglamento del CONELEC que será de 12 años, pasando a formar parte de un pago normal basado en el mercado "spot".

1.4.2 Efecto económico en la empresa.

Para una empresa que desea invertir en una central de generación mediante paneles fotovoltaicos es necesario realizar una inversión bastante considerable debido a que se debe poner en marcha inicialmente un proceso de planificación de la misma y una posterior adquisición de los elementos e implementación de la misma. Estos pasos requieren de un alto valor de inversión, en especial para la adquisición de los elementos que se necesitan para la central, puesto que los mismos tienen una tecnología elevada, y por tanto sus costos son elevados.

Los mayores gastos para la creación de una central para alimentación a los consumidores rurales se deberán a la adquisición de la cantidad necesaria de los paneles fotovoltaicos, en conjunto con la de compra del terreno para la implementación de la central. Para los casos de interconexión, los gastos debidos a la creación de las líneas para lograr la interconexión a la red, las torres, los transformadores y equipos de control, protección y medición necesarios para elevar el voltaje van a correr por parte de la empresa generadora para unir desde el punto de generación hasta alcanzar un punto de conexión con la empresa distribuidora o transmisora.

Figura 1.8. Líneas de Interconexión

Fuente: www.mercadoenergía.com

Estos gastos son los de mayor inversión y serán los que comprenderán los gastos fijos de la empresa.

Luego de la construcción, los variables, conformados únicamente en los gastos de operación y mantenimiento son muy bajos, puesto que el mantenimiento necesario para estas centrales solo se deberá a la limpieza de los paneles de manera regular, ya que los demás equipos no necesitan grandes costos en mantenimiento, mientras que por el lado de operación, estos son de igual forma bajos, ya que solo se necesita la presencia de un operador constantemente en la central para que mantenga control en el sistema de generación. Este tipo de generadoras no poseen costos de combustible dentro de sus costos variables puesto que no es necesario, ya que su combustible es la energía solar.

Finalmente, los gastos que pueden tener se van a extender, en caso que se requiera, al proceso de estudio y obtención de una certificación internacional para la adquisición de los bonos verdes, los cuales serán adquiridos por las industrias de países desarrollados. Estos costos varían dependiendo del tamaño de la empresa (vea Anexo D.).

Por otro lado, los ingresos que percibirá la empresa gracias a la venta de energía serán bastante significativos, ya que debido a la venta de energía eléctrica debida a la utilización de energía fotovoltaica que se encuentre instalado en el territorio continental, el Estado Ecuatoriano pagará a la empresa una cantidad considerable por kilovatio-hora (52.04 ctv./kwh), lo que es mucho mayor a los costos normales de generación de las centrales convencionales. El pago de las centrales no convencionales es un pago fijo, y no observa los pagos por potencia instalada, simplemente a la energía generada, pero esta alta paga de energía no llevará a un retorno eficiente ni sobre la inversión realizada, lo que conllevará a un decrecimiento económico de la empresa en conjunto con sus accionistas, y si favorecerá al mismo tiempo a los consumidores que serán de áreas rurales a las que no se ha llegado aún con la energía.

En el gráfico siguiente se muestra como las altas inversiones pueden ser justificadas con la mayor cantidad posible de generación, puesto que el costo por unidad de los valores fijos van a ser mucho menores y será necesaria una tarifa menor para los usuarios con la que se recuperará la inversión. Debido a que el estado no paga por potencia sino únicamente por energía generada a este tipo de centrales es necesario generar a una mayor energía para poder tener un precio que cubra todos los costos y pueda asegurar inclusive ganancias.

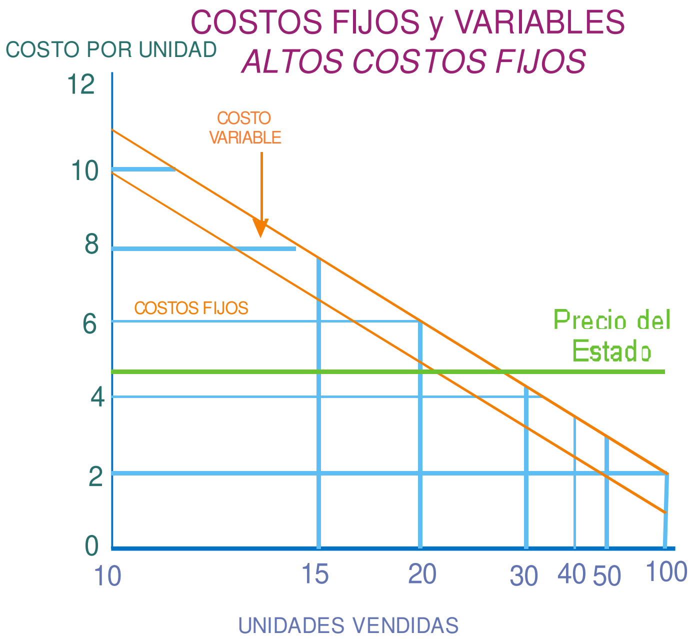


Figura 1.9. Comportamiento de Costos por unidades vendidas *

Fuente: Elaborado por el autor

Realizando otra perspectiva, en el caso que el generador de la energía sea el mismo usuario, es decir, una central casera para uso personal, tendrá los gastos adjuntos debido a la obtención de los equipos y especialmente de los paneles, pero ayudará al ahorro de energía, la cual no se obtendrá ya de la empresa distribuidora sino que será producida y consumida por él mismo. Si tenemos en cuenta que a estas personas no se ha llegado aún con energía eléctrica, tendremos que eliminar este punto, pero se debe en su defecto mencionar que si la energía eléctrica recién llega a esas poblaciones favorecerá a la persona que la genera para tener aumento económico en su producción con relación a sus actividades normales.

1.4.3 Efecto en la economía de los consumidores.

Para los consumidores tendrá una gran influencia la creación de una generadora para la distribución rural de energía eléctrica, o que una persona sea su propia generadora con una instalación propia de generación.

Los efectos podrán ser en dos lineamientos, de apoyo o rechazo. Esto es debido a que por un lado nunca han hecho uso de esta energía y al necesitar un capital para instalarlos, y puesto que el capital será bastante alto no podrá tener aceptación debido a que el nivel de vida de estas personas es bajo y sus ingresos de dinero también. Por lo tanto será un método para la obtención de energía poco alcanzable, por lo cual se necesitará de la intervención del Estado entregando fondos para la construcción de las generadoras individuales para cada hogar, y de esta forma lograrán las personas empezar a tener un nivel de producción mayor, ya que como se expresó anteriormente la energía eléctrica conlleva una mejora en la producción y la economía.

En el otro punto de vista está en la construcción de una central para el área rural. Esta central proveerá a los habitantes de estas áreas la energía eléctrica necesaria para iniciar un desarrollo económico sostenible y acelerado, puesto que con esta energía tendrán más opciones de producción, al igual que será una puerta a la tecnología, tal como refrigeradoras o televisión, con lo cual podrán aumentar la eficiencia de sus actividades cotidianas. También estos usuarios deberán pagar una tarifa debido al consumo de la energía, pero esta tarifa deberá ser tomada en cuenta no como la tarifa necesaria por la central para la recuperación de capital sino a la tarifa determinada para las áreas y consumidores rurales normales, esto es la actual "Tarifa de la Dignidad" otorgada por el Estado Ecuatoriano (4ctv./kwh.), puesto que se repartirá el cobro a los usuarios en general del sistema interconectado el precio determinado anteriormente, y no únicamente al grupo que recibe la energía, encuéntrese la central interconectada o no.

Con esto se podrá reiterar una mejora en el nivel de vida de los consumidores y un aumento en su producción, logrando de alguna forma empezar a tener participación en el mercado de los distintos productos generados por ellos.

En resumen, la entrega de energía eléctrica a los sectores rurales permitirá a los consumidores aumentar como ya se mencionó su productividad, mejorar con esto su nivel de vida y crear nuevas fuentes de bienes o servicios en el mercado ecuatoriano, abriendo sus puertas el mismo a sectores hasta el momento olvidados.

1.5 Impacto social en los productores y beneficiarios.

La creación de una central solar es un enfoque distinto dentro de la cultura y el entorno en el que nos encontramos, puesto que tiene una perspectiva de un nuevo tipo de obtención de energía, guardando cuidado y respeto por el medio ambiente.

Esto podrá conllevar a un cambio social de todos los entes que tengan contacto con el proyecto y expondrá a la sociedad una referencia de la toma de conciencia que se está realizando por las autoridades del país, al igual que las personas inmersas en el proyecto, tanto inversionistas como trabajadores, intentando así incentivas la utilización de estas nuevas fuentes eco-amigables.

Actualmente, la cobertura eléctrica es del 91% del país, y la cobertura rural corresponde al 85%, esto lleva a la determinación de que en el país es necesario aún por suplir a 235 mil usuarios, a los cuales aún no les ha llegado los efectos de la energía eléctrica y su nivel social no se ha visto afectado por la misma.

1.5.1 Impacto social en los productores

El Estado Ecuatoriano, junto con los inversionistas mediante la creación de una central moderna que utilice fuentes no convencionales va a promover una conciencia de cuidado con el medio ambiente, y de manera colateral servirá para apoyo a nuevos estudios de implementación de estas centrales fotovoltaicas, como ya se ha venido haciendo en cantidades reducidas y con poca propaganda.

Los productores, al igual que los trabajadores de la planta como se mencionó anteriormente aumentarán su conciencia ecológica de cuidado por el medio ambiente.

Los productores podrán observar los beneficios de este tipo de implementación de planta en lo referente a términos ambientales y económicos, puesto que a más de no ser dañina con el medio ambiente, va a conllevar a un enriquecimiento en los niveles productivos de las áreas propuestas. Tendrán gracias a esta un aumento en los capitales de inversión, contarán con mayores recursos monetarios y aumentarán su nivel de vida gracias a una implementación de una empresa rentable.

Afectará, por tanto, la construcción de una central de este tipo al nivel económico de los accionistas e inversionistas, también como su nivel cultural, como ya ha sucedido en los países desarrollados, en los que entre sus principales metas está la conservación del medio ambiente.

1.5.2 Impacto social en los compradores

Los consumidores, como se ha indicado, son los habitantes de zonas rurales, por lo general personas con educación básica, y en muchos de los casos sin educación, las cuales van a ser acreedoras de esta energía eléctrica.

Si la energía eléctrica es generada en una central y los consumidores únicamente recibirán la energía, no será su nivel de enseñanza un factor importante en este proceso, pero si será necesario que reciban capacitación básica para lo concerniente a energía, como podrán hacer uso de ella y como les ayudará en su vida.

Su nivel social se verá acrecentado por distintos factores, como son:

- Una vez implementada la entrega de energía, los pobladores de manera constante deberán intentar entender inicialmente como funciona el proceso de entrega de energía y sobre los distintos aparatos para la misma, ya que necesitarán en ocasiones que reparar en sus hogares algún desperfecto en el mismo.

- De igual forma, la tecnología que irá poco a poco entrando en sus pobladores (como televisores, cocinetas, refrigeradores), y necesitarán tener los conocimientos necesarios para saber cómo utilizarlas y deberán irse adaptando a la misma, al igual
- Mejorará su capacidad de producción y rendimiento debido al uso de nuevos equipos y nuevas tecnologías, al igual que la facilidad de trabajar en las noches o tener más tiempo para sus actividades cotidianas y gracias a una mayor producción y eficiencia podrán aumentar sus ingresos y su nivel económico aumentará, al igual que su nivel social.
- Debido a que se necesitará distribuir la energía entre los usuarios y por la central que deberá existir, se deberá crear una vía de acceso, y posiblemente se mejorarán las vías de conexión entre los pueblos del área en la que la empresa generará, con lo que habrá un mejor intercambio cultural y de conocimientos de cada población. Esto también permitirá una mejor conexión entre estas poblaciones y los carreteros, y como resultado de las áreas urbanas.

Por otro lado, si la energía será generada individualmente por cada consumidor el impacto social que tendrá la misma sobre el consumidor será el siguiente:

En la implementación de una generación individual, realizada por el mismo consumidor existirá una dificultad muy grande que debe ser tomada muy en cuenta, esto es el nivel social y de enseñanza bajo que tienen las personas a las que se desea favorecer. Se deberá tener sumo cuidado para determinar si es posible dejar aparatos de costos tan elevados e importantes en manos de estas personas con bajo nivel de vida.

Los cuidados que necesitan estos aparatos, al igual que la fragilidad de los mismos conllevan a plantear preguntas importantes; ¿Deberemos confiar estos elementos a gente con tan bajos niveles de enseñanza?, ¿Serán capaces estas personas de cuidar los elementos y mantenerlos en un constante buen funcionamiento?, para lo cual es necesario realizar encuestas, pero principalmente dar una ardua capacitación.

Por tanto, en caso de determinar la posibilidad de implementar esta generación por vivienda de manera individual, los niveles sociales y de enseñanza de la gente se verán afectados de las siguientes formas:

- Debido a un nivel social y cultural muy bajo, se deberán dar múltiples y extensas capacitaciones para enseñarles a utilizar la energía, será necesario una planificación para la enseñanza de los aparatos empleados y como deberán mantenerlos y reaccionar ante los diferentes sucesos posibles. Necesitarán entender la necesidad de la energía eléctrica y la importancia en la vida cotidiana, al igual que la necesidad por mantener los aparatos que se colocarán en perfecto estado para que puedan tener todos los beneficios mencionados. Esto aumentará su nivel de enseñanza y con ella un nivel social más alto.
- Tendrán las mismas afectaciones debido a la utilización de la energía, las nuevas tecnologías que ingresarán a sus pobladores, la mejora en la producción y su comercio con otras poblaciones o áreas urbanas como se mencionó anteriormente.

1.6 Impacto y beneficio sobre el medioambiente.

Uno de los principales ejes bajo los que se encuentra la política del país con relación a lo referente al sector energético actualmente se basa en su objetivo de reducir y eliminar los problemas ambientales y sociales bajo la optimización de la relación de la explotación de recursos energéticos con la preservación del medio ambiente.

Para lograr este objetivo se han realizado los estudios necesarios para la implementación de fuentes de energía mediante fuentes no convencionales, entre los que se encuentra la energía solar fotovoltaica aún poco explotada en el mercado interno, aunque en el mercado externo ha tenido un veloz crecimiento en los últimos años; especialmente en los países de Alemania y España, los pioneros en este tipo de generación, que en conjunto producen aproximadamente 7GW.

Los países industrializados se encuentran en camino de investigación para encontrar las alternativas más factibles de generación de energía sin producir afecciones al medio ambiente, puesto que han entendido la importancia del mismo en el ciclo vital humano.

Para nuestro proyecto se hará uso de la energía fotovoltaica con el fin producir energía eléctrica que será suplida a pobladores de áreas rurales y alejadas de las redes normales de distribución. Para esta aplicación se deben tener en cuenta los dos puntos mencionados anteriormente, que son:

a) Mediante una central generadora con energía no convencional.

b) Mediante generación propia e individual por parte de cada usuario.

Para el primer punto se va a tener un efecto importante en el ambiente en el sentido estético, ya que se necesita ocupar un área significativa de tierra para poder colocar los paneles, y como cualquier generadora y distribuidora necesitan los implementos especificados para dicha disposición, los cuales producirán un efecto visual no muy positivo comparado con la porción de paisaje que se tenía antes. Pero esta afectación es inevitable en la construcción de centrales, sea cual fuere la energía a utilizar, debido a que la disposición de espacio es un elemento inherente a la misma.

Se debe también tener cuidado con las baterías de las cuales hará uso el sistema de generación, puesto que la emisión de gases puede ser perjudicial en caso de mantenerse concentradas en un lugar, pero este problema es fácilmente evitado colocando una ventilación o planificando el lugar a colocarlas para que tengan una ventilación natural suficiente para que esos gases sean dispersados.

Gracias a que la generación por paneles fotovoltaicos no hace uso de otra energía más que la adquirida por los rayos solares, no van a tener que generar gases producidos por combustión de ningún tipo, lo que reduce significativamente la emisión general de gases por generación, y es este el factor principal en el que se centra la obtención de los “Bonos Verdes”, puesto que produce energía, genera un aumento en la economía y a cambio no tiene las producciones de CO_2 comunes para las centrales de generación en general (un promedio de la producción de CO_2 por generadoras termoeléctricas especialmente, junto con otras generadoras convencionales), y esta diferencia entre la generación de CO_2 normal, y la no producción de CO_2 por parte de la fotovoltaica va a producir que gane un beneficio basado en este concepto iniciado en la convención del Tratado de Kioto.

Figura 1.10. Atmósfera Terrestre

Fuente: www. biodiesel.com.ar

Finalmente, las posibles implicaciones medioambientales que pueda tener la generación por este método se van a regir a las normas y pasos que seguirá la empresa para el desecho y eliminación de los distintos elementos, entre ellos los paneles fotovoltaicos y las baterías utilizadas en la misma. Las afectaciones al medioambiente pueden ser significativas si la eliminación de estos equipos se la realiza sin ningún cuidado y sin observar las normas de regulación dirigida a la eliminación de los desechos tóxicos, pudiendo llegar d esta forma a contaminar el medio en el que se desechan los elementos, el entorno biológico (plantas y animales), al igual que las fuentes hídricas y el suelo. Debido a que los elementos que se utilizan, en especial las baterías, contienen compuestos muy corrosivos, y contaminantes, su resultado será catastrófico para la zona.

En caso que se haga una eliminación o reciclado de los elementos de manera consiente con el medio ambiente y siguiendo las normativas de desecho para las sustancias de los mismos no se producirá un impacto al medio ambiente en absoluto, puesto que las baterías pueden ser recicladas para la regeneración y reutilización de las sustancias de las mismas, por tanto, ser devueltas a la industria productora de estas sería la mejor opción, mientras que los paneles solares también pueden ser reciclados para la reutilización de sus productos, para lo cual si ya se los desean desechar sería necesario ponerse en contacto con la empresa que suple de esos paneles para que realice el intercambio de los paneles por unos nuevos, haga uso de los paneles viejos y sea la encargada de quitarlos para realizar el reciclado correspondiente a los mismos. Esto podría tener un resultado favorable incluso para la central generadora puesto que por el reciclado de los elementos se puede llegar a acordar un precio, muy pequeño, pero que seguirá siendo un ingreso a la empresa en adición del cuidado medioambiental que logra por este medio.

Fuera de estas implicaciones, no tendrá más afectaciones al ambiente, y a su cambio tendrá una generación importante de energía eléctrica, con la que llevará a una mejora en el nivel social de los consumidores, por lo que en una visión general de la central sería un método de producción de energía muy rentable en términos ambientales.

Para el segundo método de generación, las afectaciones previstas hacia el medio ambiente se reducen debido a que el usuario-generador va a poseer una cantidad mucho menor de elementos para su reducida cantidad generada, pero si tomamos una cantidad de generación individual equivalente a la generación que se produciría en la central, eso dará como resultado una perdida en la eficiencia, debido a la necesidad de mayor cantidad de elementos, puesto que las unidades individuales necesitarán los mismo elementos que se utilizan en una central pero para potencias bajas, y cada una tendrá que necesitar elementos como un grupo de baterías, las cuales en una central se unificarían en una batería de mayor capacidad.

Debido a esta necesidad de mayores cantidades individuales de elementos, la problemática por la contaminación por los gases de las baterías y las emisiones de los elementos que se utilicen será mayor en forma grupal.

Por otro lado, el concepto de estética no tendrá mucha afectación, puesto que mediante la generación individual se podrán colocar los paneles en los techos de las casas, y de esta forma no van a producir una destrucción del panorama observable, y las baterías se podrán colocar en un espacio cubierto junto a la vivienda.

Por parte del Estado, mediante el CONELEC, encargado del sector eléctrico en el Ecuador, deberá hacerse responsable de la eliminación y reciclado de los materiales dañinos o peligrosos para el ambiente, puesto que los procesos que se indicaron anteriormente para una centrar de eliminación y reciclado de los principales componentes tóxicos no podrán aplicarse a los individuos poseedores de estos elementos, puesto que no tienen contacto con las empresas fabricantes ni tendrán oportunidad de lograrlo debido a su nivel social, cultural, educativo y especialmente por su cantidad irrisoria de componentes que para que la fabrica ponga interés en un programa de reciclado enfocado a ese individuo, por lo que mediante un agente encargado, el CENACE deberá hacer la documentación pertinente y los enlaces necesarios para realizar este reciclado de manera masiva a todos los entes individuales poseedores de generación en sus hogares al momento de la finalización de la vida útil de los paneles (aproximadamente en 30 años) y de las baterías (entre 3 y 5 años). Al poder incentivar el interés de este organismo para el apoyo al cuidado del medio ambiente por esta vía los daños ecológicos serán prácticamente insignificantes y el medio ambiente en el que se colocará esta generación no tendrá afectaciones.

Figura 1.11. Instalación Fotovoltaica en carpas

Fuente: www.directindustry.es/prod

Para que el CONELEC conceda permisos para realizar el estudio y posterior aprobación de un proyecto, deberán realizarse en el ámbito del estudio medio ambiental los siguientes puntos:

a) Elaborar un estudio independiente de impacto ambiental y un Plan de Manejo ambiental.
b) Identificar las áreas degradadas y los procesos biológicos y físicos que contribuyen a la desertificación del área geográfica asignada como resultado de sus operaciones y proponer las medidas de control y restauración que se

adoptarán. Dichas medidas serán de cumplimiento obligatorio del concesionario.

Por tanto, resumiendo, este tipo de generación es limpia, cuida del medio ambiente, y produce un aumento en la productividad energética del país, por lo que es una de las opciones más viables en términos de cuidado ambiental, adicionándole el estudio que realizará la empresa y el CONELEC para determinar que efectivamente el impacto ambiental es mínimo.

1.7 Perspectiva legal de generación no convencional fotovoltaica.

El CONELEC es el único organismo que en representación del Estado, otorgará concesiones, permisos o licencias a personas naturales o jurídicas domiciliadas en el Ecuador con capacidad técnica y financiera para prestar el servicio eléctrico, de conformidad con lo establecido en la Ley.

Los permisos para la construcción y operación de centrales de generación e 50MW o menos serán otorgados por el CONELEC de acuerdo a las normas aprobadas por éste, y a razón que nuestro proyecto debe ser de carácter individual, con una generación realizada por el mismo consumidor, o en términos de una central con una capacidad no mayor a 5MW, el permiso estará en manos de este organismo, y será con éste con el que se deberán realizar los estudios necesarios.

Debido a que nuestro proyecto no se encuentra contemplado en el Plan Maestro de Electrificación, el permiso será otorgado por este organismo por un plazo no mayor a 50 años, lo que es beneficioso para los inversionistas, puesto que la vida útil de los equipos implementados es de 30 años. Para entregar este permiso es necesario cumplir con los putos a continuación:

- Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación segura y eficiente de acuerdo con la Ley, Reglamentos y Contratos de Concesión.
- Garantizar la calidad y seguridad del servicio de acuerdo a lo estipulado en la Ley, los Reglamentos y el Contrato de Concesión.
- Presentar la información técnica y económica exigida por las autoridades competentes.

Adicional a esto, se deberá entregar al CONELEC un plano general de las obras y una memoria explicativa de las mismas para que sea revisada y aprobada.

Las personas interesadas junto con sus accionistas para la construcción y operación de este tipo de centrales solicitarán al CONELEC el permiso correspondiente, el que no podrá ser negado sino en los siguientes casos:

- Incumplimiento de las leyes sobre protección del medio ambiente; y,
- Incompatibilidad con las condiciones técnicas señaladas por el CONELEC para el desarrollo de los recursos energéticos del sector eléctrico.

En el caso de la creación de una central generadora, se deberá tener en cuenta la necesidad de una red para la distribución de la energía a la población rural, por lo tanto en las normativas del CONELEC se ha determinado que la identificación y planificación de los proyectos de electrificación rurales, estará a cargo de las empresas distribuidoras, en cuya circunscripción se fueren a ejecutar, en coordinación con los consejos provinciales y las correspondientes municipalidades y se someterán a la aprobación del Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC.

Al precio que se definió para la generación de 28.37 ctvo./kwh. para centrales de generación en el suelo continental se le adicionará un pago adicional por transporte, en caso de que al construir una central de generación se vaya a conectar la misma al Sistema Nacional Interconectado, y sean necesarias la construcción de líneas de transmisión. Este pago adicional se lo efectuará si el sistema requerido para la conexión al punto de entrega es construido en su totalidad por el propietario de la central de generación. El pago adicional por transporte será de 0.06 ctv./kWh./km., con un límite máximo de 1.5 ctv./kWh.

Debido a que nuestra central podría ser únicamente para la entrega de energía a los pobladores de los sectores rurales en los cuales tendrá afección, se deberá tener en cuenta que si la generación no es entregada al SIN, se considerará, para efectos de liquidación, como entregada al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y su costo se distribuirá entre todos los agentes.

En el punto de entrega, el generador deberá instalar todos los equipos de conexión, control, protección y medición para el pago consecuente de la entrega de potencia al mercado.

Para poder realizar un contrato de concesión, deberán tenerse en cuenta los puntos necesarios para su realización, los cuales se especifican en el Anexo F.

Entre varios de los puntos de normativas y reglamentos del CONELEC se indican algunos que se encuentran atendiendo las necesidades de la generación por energías no convencionales:

- El CONELEC expedirá informe favorable para la exoneración del pago de los aranceles y demás gravámenes e impuestos adicionales que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país destinados a la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas para el aprovechamiento de recursos energéticos no convencionales.
- Que, la seguridad energética para el abastecimiento de la electricidad debe considerar la diversificación y participación de las energías renovables no convencionales, a efectos de disminuir la vulnerabilidad y dependencia de generación eléctrica a base de combustibles fósiles.
- Considerando que los mayores costos iniciales de inversión, se compensan con los bajos costos variables de producción se requiere impulsar el suministro de la energía eléctrica hacia zonas rurales y sistemas aislados.
- Exceptuando a las pequeñas centrales hidroeléctricas cuya capacidad nominal instalada no puede superar 10MW, para las demás tecnologías renovables no convencionales, se reconocerá el precio de la energía y su vigencia de aplicación para centrales de generación con una potencia efectiva instalada de hasta 15MW.
- El despacho preferente de plantas que utilicen energías renovables no convencionales, por parte del CENACE, no podrá exceder el 2% de la capacidad instalada de los generadores del MEM.
- Si el límite del 2% se supera, con la incorporación de nuevas centrales no convencionales, éstas serán despachadas en orden de mérito económico, en

base a su costo variable de producción de igual forma que las centrales convencionales que operan en el MEM.

- Toda la energía proveniente de fuentes renovables no convencionales entregadas al SIN no formará parte del despacho económico; esto es, sus costos no serán tomados en cuenta para la fijación del costo marginal.
- El CONELEC establecerá los precios que el CENACE utilizará para valorar la producción de cada una de estas plantas, sobre la base de referencias internacionales, cuyo valor total será distribuido proporcionalmente a las transacciones económicas realizadas por los Distribuidores y Grandes Consumidores en el MEM.

1.8. Resumen de Ventajas y Desventajas de la utilización de los Sistemas Fotovoltaicos

VENTAJAS:

- Utiliza la energía del sol, la misma que es inagotable y no contaminante.
- El sol es una fuente de energía renovable, la cual nunca terminará.
- Desplaza la utilización de combustibles fósiles y contaminantes, con lo que reduce emisiones de CO_2 al ambiente
- No existe ruido.
- No utiliza ningún tipo de combustible por lo que se exime de tiempo y costos de movilización del mismo.

- Se ahorra al necesitar un mantenimiento muy reducido, en relación con un sistema de motor-generador, que necesita gastos por mantenimiento, mano de obra y repuestos.
- La duración de los paneles fotovoltaicos es de aproximadamente 30 años, mientras que de un sistema motor-generador es de alrededor de los dos años.
- La generación solar se puede aumentar fácilmente, únicamente con la necesidad de un terreno, puesto que son únicamente módulos de no gran tamaño; mientras que un motor-generador es fijo y de gran tamaño, imposibles de conectar en paralelo, por lo que es necesario nuevas instalaciones para un aumento en dicho tipo de generación.
- El sistema de generación es sencillo, reduciendo costos de operación

DESVENTAJAS:

- Posee un problema constante de baja eficiencia, en el cual se han centrado los esfuerzos de los diferentes estudios realizados en esta área, ya que aprovechan entre un 20 y un 30% de la energía solar.
- Las condiciones geográficas son un limitante, pues es necesario tener un lugar con suficiencia de radiación solar para que sea factible la creación de un sistema de generación mediante este tipo.
- En el caso de buscar una mayor rentabilidad se debe incrementar la producción, mediante instalación de equipos más eficientes o por el aprovechamiento mediante sistemas de captación de grandes superficies, pero

estos materiales son aún de costos muy elevados, y de difícil acceso en el mercado.

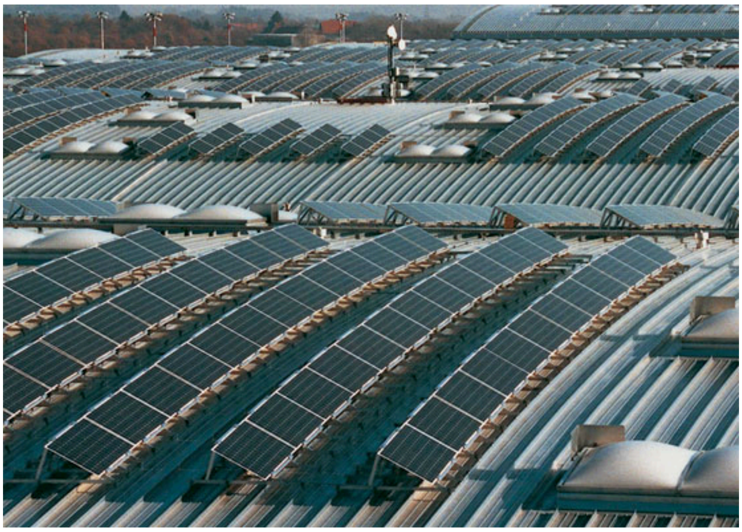


Figura 1.12. Instalación Fotovoltaica en tejado.

Fuente: www.kalipedia.com

CAPÍTULO 2

RESEÑA HISTÓRICA Y ANALISIS ACTUAL

2.1 Evolución de la Tecnología Fotovoltaica

En 1839 el físico francés Edmund Bacquerel descubre el efecto fotovoltaico. Experimentando con una pila electrolítica, logró comprobar que la misma aumentaba su corriente cuando se encontraba en mayor exposición del sol. Esta célula era únicamente de un 1% de eficiencia.

Para el año 1873, luego de muchos años, el ingeniero eléctrico Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico producido sobre el selenio.

En 1877 el inglés William Grylls Adams, junto con su alumno Richard Evans Day construyen la primera célula de selenio de generación de electricidad mediante el efecto fotovoltaico.

Para estos años se había empezado con la investigación de dicho fenómeno y los materiales que lo pueden producir, determinando ya la posibilidad de generación de energía mediante materiales sólidos, pero debido a su baja producción de energía eléctrica y su alto nivel de coste se llego a que se descarte este tipo de generación para cualquier sistema.

En 1921se presentan las teorías explicativas de Albert Einstein, que lo llevaron a ganar el premio Nobel.

Para 1951 se produce una celda de germanio monocristalino, gracias al desarrollo de las uniones P-N.

En 1954 D.M. Chapin, C.S. Fuller, y G.L. Pearson lograron llevar a una eficiencia en las células de silicio de 4.5%, lo que ayudó a que esta tecnología se comience a tomar en cuenta.

Por su elevado costo, la tecnología fotovoltaica solo se la empleó en sus inicios para aplicaciones electrónicas en aparatos pequeños, para juguetes o distintos equipo, de los cuales no se obtenían ingresos sustanciales, por lo que no se reflejaba un atractivo en el estudio de este tipo de paneles.

Para 1955 se comercializa los primeros paneles fotovoltaicos de 14mW con eficiencia del 3% por la empresa Hoffman Electronics hacia la NASA.

Para estos años la carrera armamentista existente entre Estados Unidos y la URSS. llevo a que se emprendieran nuevas tecnologías, especialmente en la carrera por la conquista del espacio, proponiendo así la generación de energía por el medio fotovoltaico sobre la nuclear o las baterías químicas. Ya que con esos fines las inversiones que se realizaban eran enormes, y generalmente las cantidades de dinero otorgadas para la investigación eran elevadas, se logró acelerar los estudios tecnológicos de las células fotovoltaicas, y así elevar principalmente su eficiencia, ya que se la buscaba con la finalidad de suplir de energía suficiente a los satélites artificiales.

En 1958, 17 de marzo, se pone en órbita el satélite Vanguard I, que posee en aproximadamente 100cm2 una cantidad de 0.1W para la alimentación de su sistema. Estos paneles proveyeron de energía al satélite durante 8 años.

Gracias a la inclusión de la energía fotovoltaica es que la tecnología aeroespacial tuvo su avance tan agresivo y ha llegado al punto en el que se encuentra al momento, teniendo como utilización principal en casi su totalidad a la energía fotovoltaica.

Más información sobre la colocación de paneles fotovoltaicos en los satélites Anexo G.

Para el año de 1963 en Japón es instalado el primer sistema de generación fotovoltaica importante en un faro, con una generación de 242W de energía.

Figura 2.1. Instalación fotovoltaica en faros

Fuente: www.sitiosolar.com

A principio de los años 70's se realiza la creación de una célula fotovoltaica más barata, gracias a los nuevos estudios realizados por el Dr. Elliot Berman, que mejoró la eficiencia de los paneles llevando sus costos de $100 a $20, por lo que la tecnología se hizo más asequible para utilizaciones practicas en procesos normales en la tierra, y ya no únicamente para ser utilizada en el espacio. Llegando a ser utilizados para proveer de energía a lugares aislados de la red, logrando tener un menor costo por la instalación de paneles solares que el costo que se daría colocando baterías y teniendo que cambiarlas cada cierto tiempo o prolongando líneas para la alimentación de dichos puntos aislados.

En 1970 se consigue en la URSS la creación de la primera célula de alta eficiencia en generación fotovoltaica, basada en una heteroestructura de Arseniuro de Galio (AsGa) por Zhore Alferov en conjunto el equipo de investigación a su cargo.

Para 1974 se crea la casa "Solar One", completamente alimentada mediante energía fotovoltaica, utilizada para realizar estudios, cuyos paneles se encontraban en la parte superior de la casa.

En 1973 se produce el primer "Shock Petrolero", lo que afectó de manera significativa a las economías de Estados Unidos y Japón, y limitó la generación en los mismos países de energía mediante el uso de centrales generadoras térmicas de combustión, por lo que empezaron a enfocar los esfuerzos y estudios para la obtención de nuevos métodos para la producción de energía, basados en diferentes fuentes, y entre las que se encontró la energía renovable no convencional, y más concretamente los paneles fotovoltaicos, como una posible, pero muy costosa solución a la escases de petróleo por el que pasaba en país, y a manera de previsión para futuros problemas de esta clase.

Entre 1974 y 1977 se fundan las primeras empresas de energía solar. Mientras que por otra parte la NASA se dedicó a suplir de energía mediante la utilización de paneles solares a lugares alejados y de difícil acceso para las redes de energía eléctrica superando así los 500kW instalados.

Figura 2.2. Instalación Fotovoltaica en Satélites

Fuente: www.energia-solar-fotovoltaica.info/

También en esta década se empieza a hacer uso de este tipo de generación para suplir para realizar el bombeo de agua en poblaciones alejadas.

Así, en 1978 la NASA instala un sistema de 3.5kWp para suplir de energía a una reserva india del país para la facilitación de extracción de agua mediante bombas eléctricas, adicionalmente la alimentación a 15 casas para su consumo básico. Dicha generación funcionó hasta 1983 cuando ya llego la red hasta dicho punto, dejando de alimentar a los hogares, pero aún manteniéndose para la alimentación de la bomba de agua.

Para 1980 se ha logrado llegar a la producción de más de 1MW al año por la empresa de energía solar ARCO.

A inicios de la década de los 80`s se empieza a producir la electricidad mediante la generación fotovoltaica en los mismos hogares, empezando así un nuevo lineamiento en el que la producción y consumo de energía lo podría realizar cada persona y no es necesario un sistema centralizado de producción y distribución.

Las iniciativas en esta década de electrificación fue en aumento, llevando así a estudios para electrificación en los países pobres, los mismos que poseían la desventaja, frente a países del primer mundo, de tener a sus habitantes aislados por grupos, y no en masas significativamente grandes, por lo que un elevado porcentaje de la población se encontraba lejos de las grandes generadoras, y se tomó la idea de una generación en el mismo punto de consumo, y así nacieron las primeras centrales pequeñas con distintos tipos de sistemas de generación, entre los que se encontraban los paneles fotovoltaicos.

Figura 2.3. Instalaciones Fotovoltaicas en países pobres

Fuente: www.ercyl.com

De suma importancia es mencionar que la mayoría de países pobres se encuentran en zonas tropicales y subtropicales, en las cuales la emisión de rayos solares es mayor, y por lo que la eficiencia de paneles solares aumenta y es una opción más atractiva.

Para 1981 se construye un avión que vuela a base de energía solar, denominado “Solar Challenger”.

También para este año se instala una planta desalinizadora en Arabia Saudita con una generación fotovoltaica pico de 8kW.

En 1982 la generación de energía por medio de paneles fotovoltaicos ha superado los 9.3MW, y entra en funcionamiento una planta en California de 1MW de energía de generación.

1983, y la generación mundial sobrepasa los 21.3MW de energía generada.
Se lleva a cabo la construcción de una central de generación centralizada para alimentar entre 2000 a 2500 hogares, con una energía entregada de 6MW.
Se construye un automóvil que funciona a base de energía eléctrica generada por paneles solares que se encuentran colocados en su superficie, el mismo que viaja por Europa para mostrar la utilidad de las energías renovables.

En 1992, la energía fotovoltaica hace su aparición en la Antartida, utilizada para la alimentación de un laboratorio en el lago Hoare, de 0.5kW para suplir los servicios y necesidades básicas del mismo.

Para 1996 un avión nombrado “Icaro” sobrevuela Alemania, con 3000 células super-eficientes en su superficie.

Se presenta el crecimiento producido entre 1990 y el año 2000 en todas las tecnologías para la generación de electricidad, en el que se puede observar que la potencia instalada en energías renovables es la de menor producción a inicios de los 90’s, pero son las que tienen un mayor crecimiento debido a que la humanidad a empezado a comprender la necesidad de generar energía mediante fuentes renovables que no produzcan daño al medio ambiente.

La generación fotovoltaica es muy baja, pero es de entender puesto a ser relativamente nueva, por lo que no puede hacerle frente a tecnologías más eficientes, avanzadas y menos costosas ya existentes, por lo que es necesario realizar nuevos y mayores estudios y avances en esta área.

La energía suplida por las generadoras fotovoltaicas para el año 2000 en todo el mundo logra superar ya los 10GWh anuales, y en crecimiento constante aunque lento.

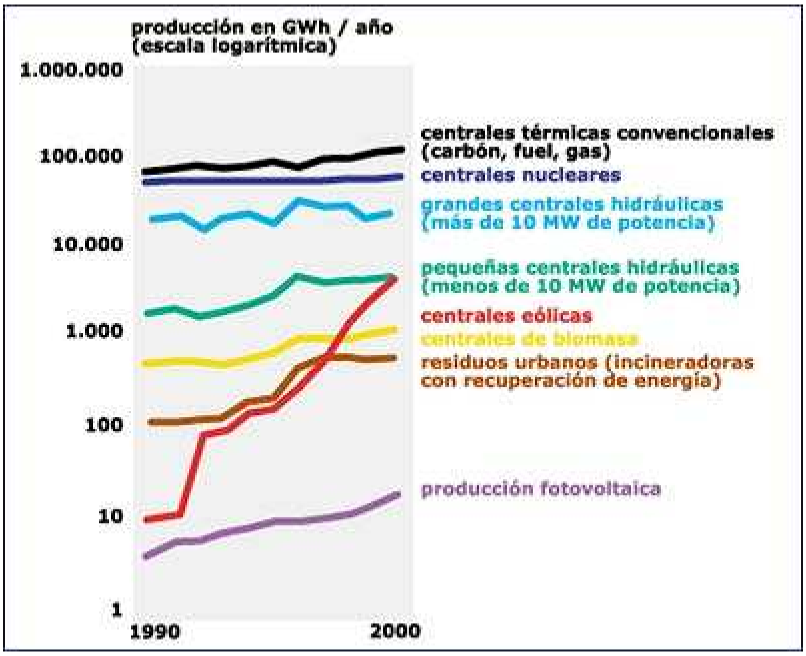


Figura 2.4. Potencia instalada mundial de generación

Fuente: www.google.com

Llegados ya a la actualidad, la utilización más sobresaliente de los paneles fotovoltaicos se ha realizado en los satélites artificiales que rodean la tierra, para la gran cantidad utilidades. El caso más representativo y de máxima tecnología en juego es el de la Estación Espacial Internacional, que contiene 16 estructuras de 72 metros de largo por 12 metros de ancho, lo que significa que contienen 864 metros cuadrados completos de paneles solares en cada una. Estos módulos fotovoltaicos son de alta eficiencia, lo que significa una eficiencia de alrededor del 20% en la superficie terrestre, pero al encontrarse en el espacio, sin elementos dispersores de luz, dicha eficiencia aumenta significativamente. Teniendo en cuenta cálculos basados en la eficiencia sobre la superficie terrestre, puesto que no tenemos datos de eficiencia en el espacio de los mismos, se puede calcular una generación de estos paneles que deben encontrarse por los 170kWh por estructura, lo que significa 2.7MWh en toda las 16 estructuras, a estos datos se le debe multiplicar el aumento de eficiencia que produce en los módulos encontrarse en el espacio.

Para la década de los setentas el costo de generación fotovoltaica a gran escala se encontraba por alrededor de los $2/kWh, mientras que en la acutalidad, gracias al avance tecnológico, las mejoras en la eficiencia y los nuevos materiales se ha logrado llevar a una reducción de casi el 90% de su costo, logrando así tener un precio actual de energía de entre 22 y 28 centavos por kWh.

Los factores que ha elevado la producción de este tipo de energía son; la mejora en la eficiencia, los niveles mejores de producción, y especialmente en los distintos países del mundo, los subsidios que estos han entregado a las empresas para la adquisición y construcción de estas centrales.

Para el 2004 la mayor central de energía fotovoltaica en el mundo se encontraba en la ciudad de Espenhain con 33500 paneles monocristalinos con una capacidad pico de 5MW, necesitando una inversión de 20 millones de euros.

Posteriormente SAG Solarstrom construyó la huerta solar de Erlasee que sustituye a la anterior, con una capacidad de 12MW.

La compañía alemana RWE SCHOTT Solar se convierte en el mayor fabricante de elementos fotovoltaicos, cuya planta de producción fotovoltaica es la más moderna actualmente en el mundo, y la más completamente integrada.

Actualmente, las empresas de generación fotovoltaica se encuentran implementando unos seguidores de luz de doble eje, los que permiten que los paneles se encuentren en todo momento en dirección al sol para recibir lo más directamente posible la luz que llega a la tierra y así aumentar la eficiencia de la generación.

Se creó la Sociedad Internacional de Energía Solar (ISES, por sus siglas en inglés) cuya sede se encuentra en Friburgo de Brisgovia.

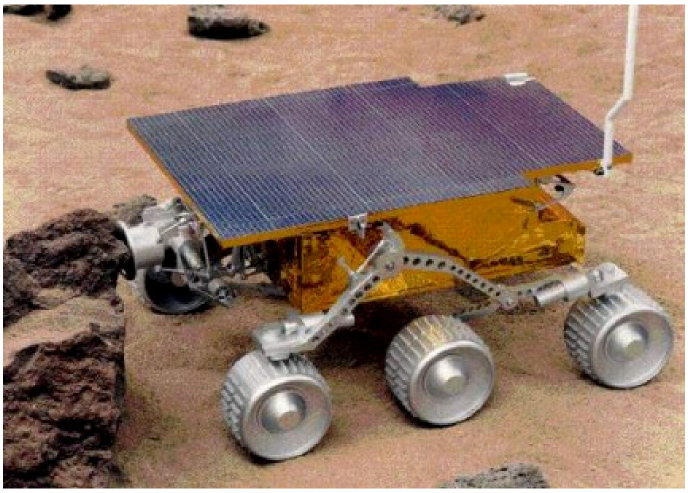


Figura 2.5. Paneles Fotovoltaicos para aplicaciones espaciales

Fuente: www.xtec.es

En la actualidad, se tiene una visión de una generación distribuida, la cual se logra de manera más fácil por medio de la implementación de generadoras de pequeño tamaño, y entre las cuales están más acondicionadas las de energías renovables como la fotovoltaica, aunque esta no es aún una tecnología madura por sus pocos estudios realizados sobre la misma como se ha indicado.

Los gobiernos de la Unión Europea propusieron subsidios para la construcción de centrales de este tipo, por lo que hubo un crecimiento acelerado de estas centrales, llevando a que algunos mercados no puedan suplir la demanda, y se empezó a adquirir principalmente de Japón y China los paneles, puesto que estos países son los mayores productores actuales de paneles solares. No así, las normas creadas para estas centrales no se encuentran aún muy claras en muchas áreas para cuando estas generadoras terminen su vida útil, no se han realizado estudios completos sobre las afectaciones nocivas que estos paneles puedan tener al ambiente al momento de su destrucción, por lo que lo único que se puede tener en cuenta para el momento de su desecho es que las empresas productoras se encargarán del reciclado de los mismos.

La Unión Europea es la mayor productora de energía eléctrica mediante la utilización de energía fotovoltaica, seguidos por Japón y Estados Unidos, teniendo un incremento acelerado desde el año 2003, llegando para el año 2008 a 14.73GW de potencia instalada.

Se encuentran en circulación los “Bonos Verdes” creados por en la reunión de Kyoto. Estos bonos se encuentran en un precio de 88.66euros por MWh.

Actualmente, la generación que tiene Alemania basado en centrales fotovoltaicas ha alcanzado los 3850MW, siendo este el país con más generación mundialmente.

En el grafico siguiente se ilustra como se ha dado el crecimiento de las instalaciones fotovoltaicas en este país.

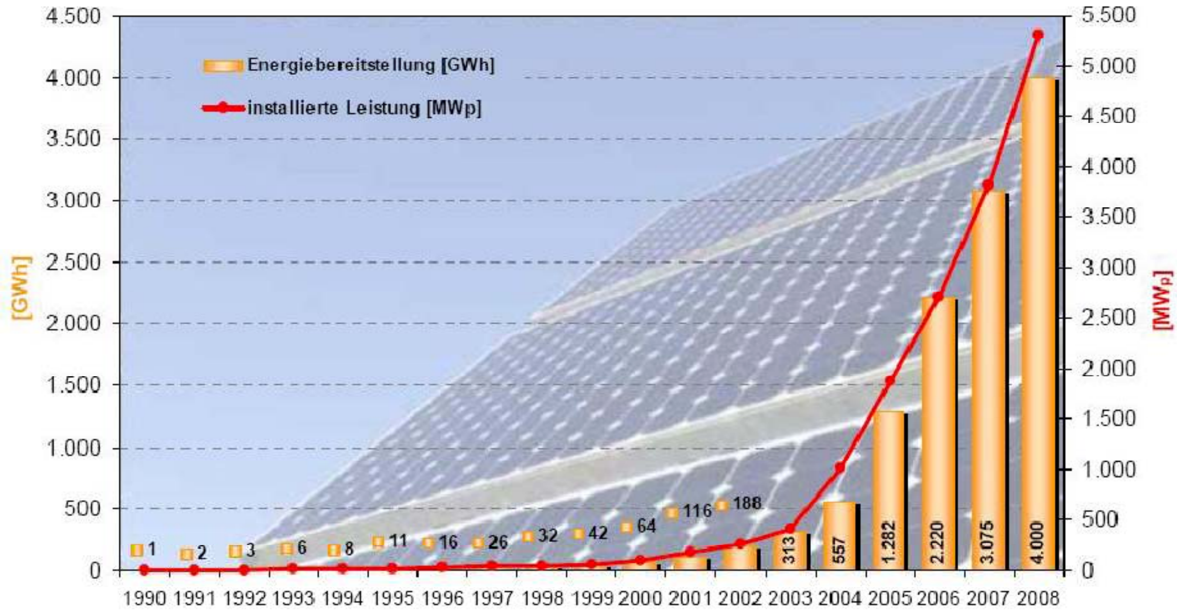


Figura 2.6. Potencia instalada y rendimiento anual de instalaciones fotovoltaicas entre 1990 y 2008

Fuente: www.google.com

Mientras tanto España lo sigue con el segundo puesto llegando a 3200MW, llegando a este tope gracias a que en el año 2008 se disparó la generación en este país en 2500MW.

El aumento abrupto en España se dio debido a sus cambios en las regulaciones ya que en un principio se tenía una remuneración hacia las empresas generadoras de 0.44 euros por kWh, mientras que se han establecido a partir del 2008 en dos tarifas, de 0.32 y 0.34 euros por kWh para instalaciones en suelo y tejado respectivamente. En este segundo país, se ha incorporado ya a la competencia eléctrica este tipo de energía, ya que se empiezan a colocar trabas para la construcción de nuevas centrales, especialmente para los pequeños generadores, debido a que ya está empezando a formar parte de una parte significativa en este mercado, afectando a los demás tipos de generadores, existiendo así un bloqueo hacia este tipo de generación, que impide una libre y justa competencia de las energías renovables en el mercado eléctrico.

De manera resumida, España paso desde el 2004 con una producción de 22MW a tener una producción de 2500MW para finales del 2009. Así, pasando de 3208 instalaciones a 26000 para este mismo periodo.

En este mismo año, China se posiciona como el primer productor de paneles solares, alcanzando una producción anual de 2.4GW, luego se encuentra la producción total de Europa con 1.9GW y Japón con 1.2GW.

La tecnología fotovoltaica de concentración para el año 2008 alcanzó los 17MW instalados gracias a su creciente aceptación y comercialización cada vez más fácil y con menos impedimentos económicos o técnicos.

La Unión Europea ha anunciado su propósito de impulsar la utilización de energías renovables sobre las energías clásicas dañinas al ambiente.

Se debe considerar que en precio que el Gobierno de Ecuador pagó debido al decreto de emergencia a los productores de energía no renovable durante los cortes de lúz fue de $0.15/kW, mientras que el precio que pagó por el suministro de energía desde Perú fue de $0.35/kW.

Para este año se tiene la mayor central de generación fotovoltaica de 53MWp con una superficie instalada de paneles de 500000m^2.

Censos y estadísticas realizadas han determinado que la capacidad mundial de la década comprendida entre 1997 y 2006 de generación de energía eléctrica mediante la utilización del sistema fotovoltaico aumentaron en un promedio anual del 35.2%, habiendo llegado para este momento a los 1744MW de instalación, para el término del 2008 se alcanzó los 15GWp elevándose su crecimiento a un 60% anual, y por cálculos realizados se espera que para el 2020 la capacidad se vea incrementada de manera exponencial alcanzando entre 125GW y 200GW, y del mismo modo, entre 920GW y 1830GW para el término del año 2030.

Figura 2.7. Instalación fotovoltaica en el tejado

Fuente: www.norasolar.com

Se tiene igualmente la reducción que se ha dado en los últimos años de los precios de las instalaciones fotovoltaicas implementadas (Figura 2.8 .), debido al aumento de la producción de las celdas fotovoltaicas a nivel mundial, lo que se muestra en la Figura 2.9. Así, la reducción del precio total en los últimos tres años fue de 27.6%, llegando a un precio promedio de los sistemas fotovoltaicos de 3620euros por kWp.

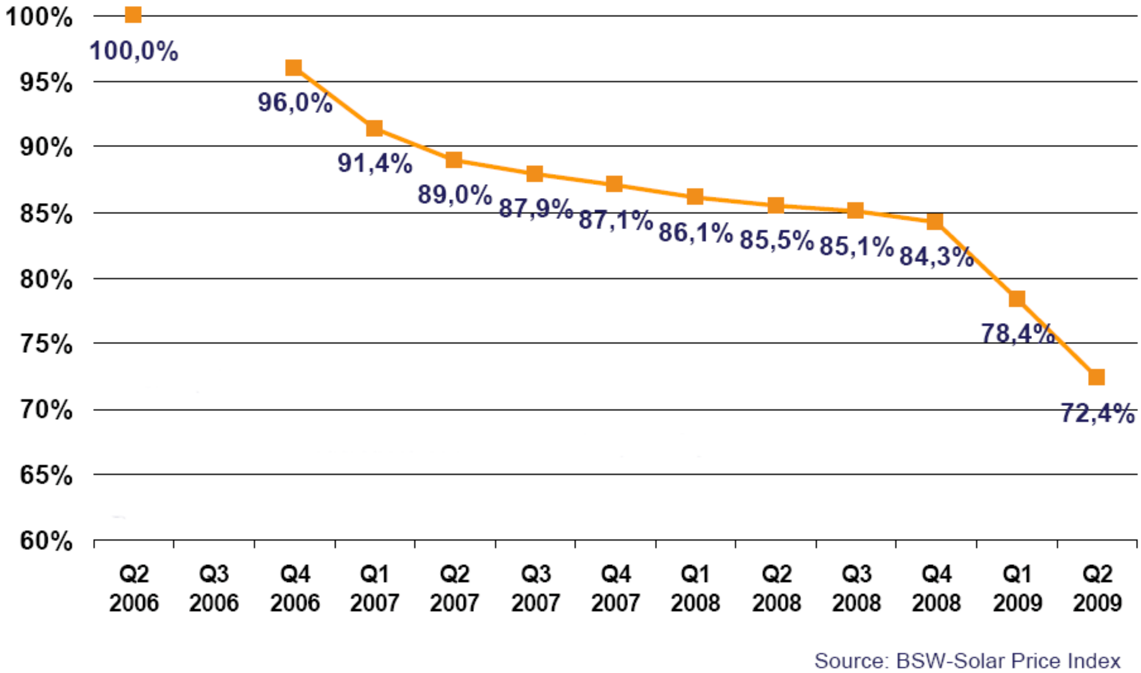


Figura 2.8. Reducción de precios de sistemas fotovoltaicos

Fuente: BSW-Solar Price Index

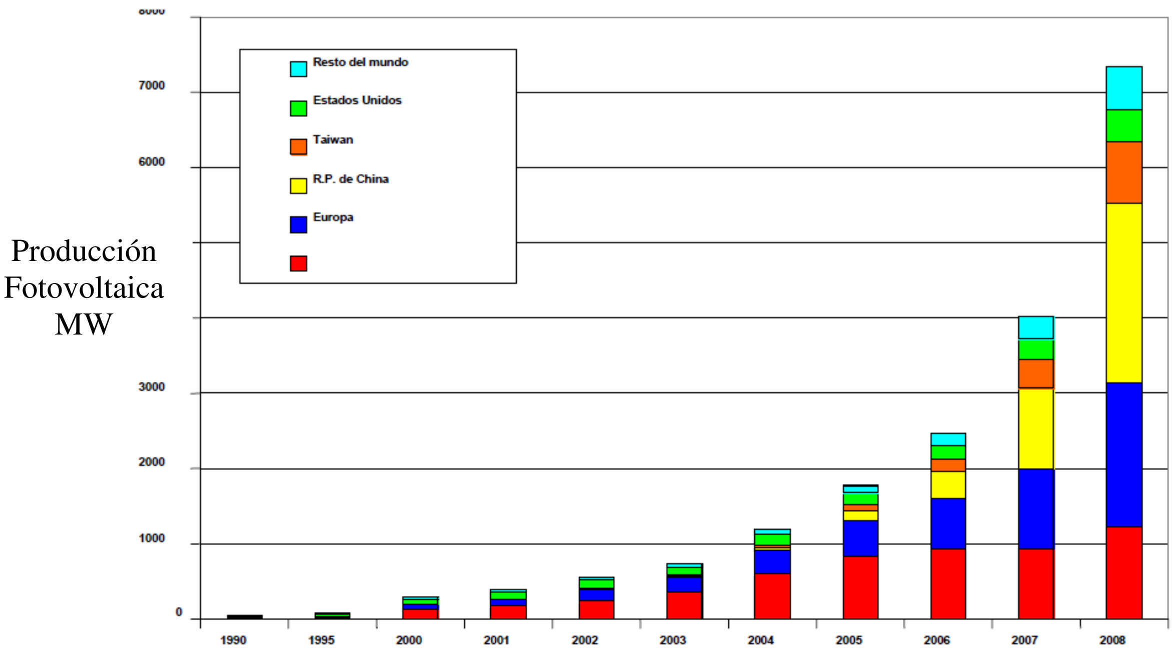


Figura 2.9. Aumento de la producción mundial de paneles fotovoltaicos

Fuente: www.ec.europa.eu

Gracias a esto, para el 2008 las instalaciones fotovoltaicas cubren el 0.35% del consumo total de electricidad anual en Europa.

Debido a la recesión que se dio en el 2008 las inversiones en producción fotovoltaica se redujo drásticamente, pero para el 2009 estas se vieron recuperadas satisfactoriamente logrando mantener un constante crecimiento en el mismo.

El aumento en el número de productores en el mercado de paneles fotovoltaicos ha ido en alza, haciendo de esta forma que los precios se reduzcan constantemente, y que las primeras empresas pierdan parte del mercado inicial que poseían.

CAPÍTULO 3

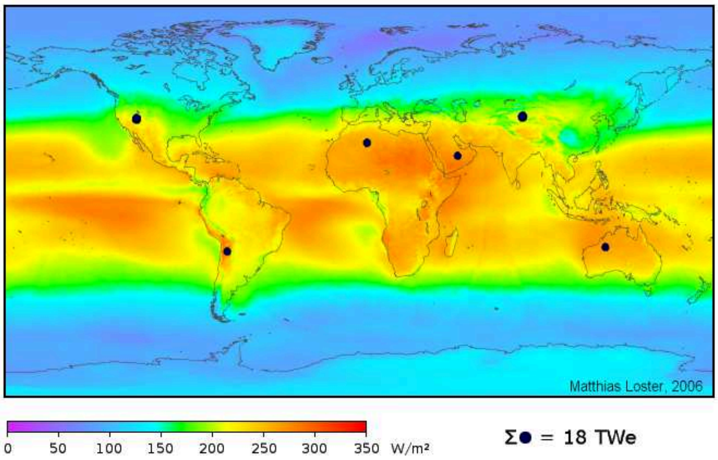
ANÁLISIS TEÓRICO Y PROCESO DEL DISEÑO PROPUESTO.

3.1 Tecnología Fotovoltaica, Centrales

Este tipo de centrales hacen uso directo de la energía emitida por el sol, recolectando los rayos solares en paneles fotovoltaicos, los mismos que se encargan de convertir la energía existente en los rayos solares en energía eléctrica por procesos físicos internos gracias a los distintos materiales que los conforman, sobre paneles solares se hablará a profundidad más adelante en este capítulo.

Este tipo de central no necesita de ningún tipo de combustible para su funcionamiento, ningún tipo de turbina, ni de alternador, puesto que el proceso de transformación de energía en energía eléctrica únicamente se produce en los paneles, y de los cuales puede ir dirigida directamente al consumidor o en caso de centrales relativamente grandes hacia un sistema de interconexión.

La energía eléctrica muchas veces es necesaria en entornos aislados, donde la red eléctrica no ha llegado aún, lugares en los cuales es viable la utilización de este medio como generación. Para esto es necesario tener en cuenta que la cuarta parte de la humanidad carece de energía eléctrica.



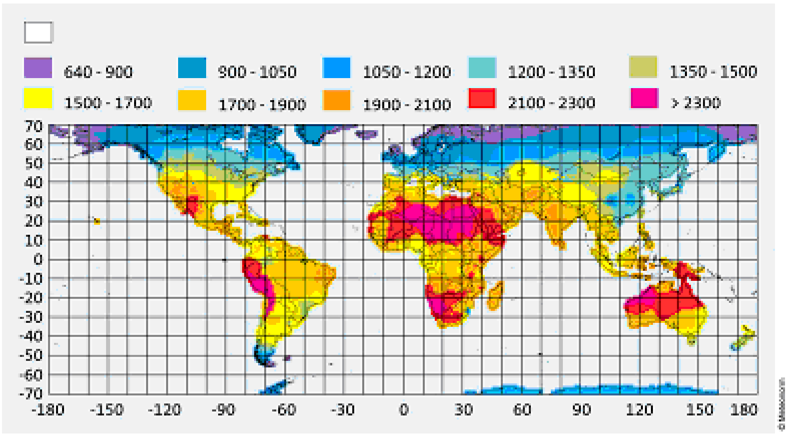


Figura 3.1. Nivel de radiación solar mundial (kWh/m^2)

Fuentes: http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/

www. dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5101826

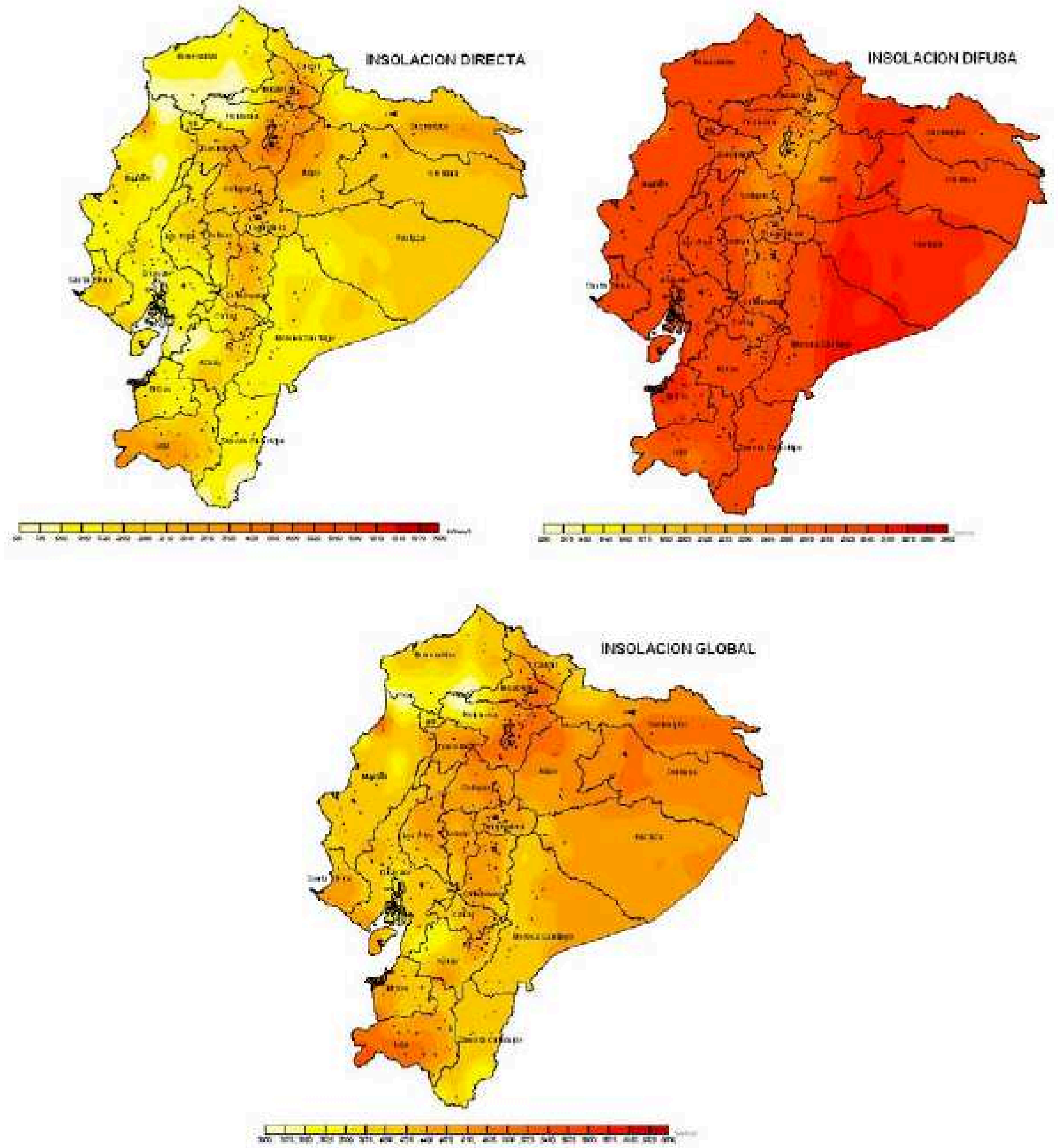


Figura 3.2. Nivel de radiación solar nacional

Fuente: www.conelec.gov.ec

En la actualidad se realiza la utilización de las plantas fotovoltaicas con una tecnología de concentración, la cual consiste en aumentar la eficiencia de la energía solar mediante la utilización agrupada de los paneles fotovoltaicos en emplazamientos de alta radiación solar, forma en la cual esta es convertida en energía eléctrica y posteriormente alimentada hacia la red

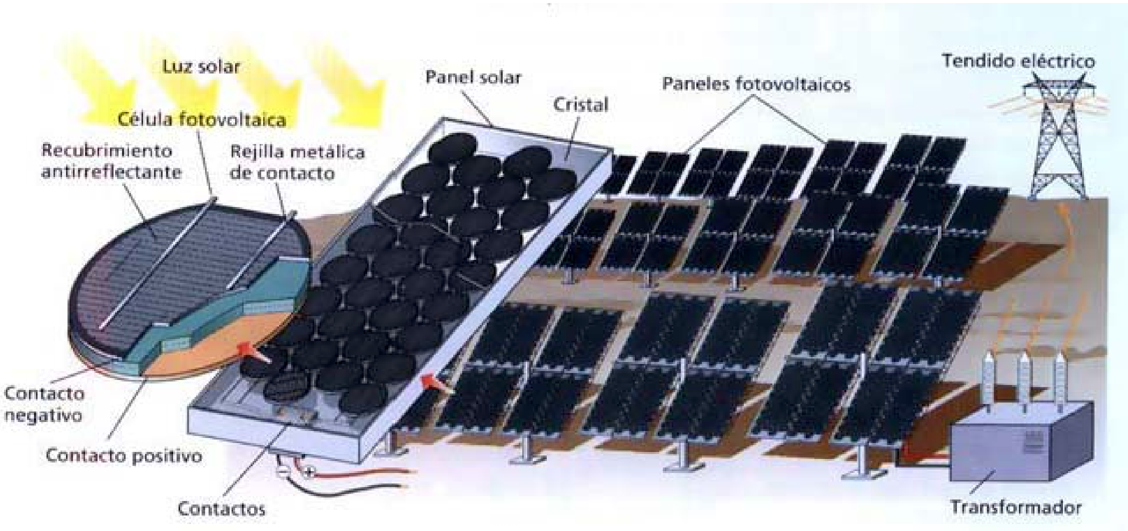


Figura 3.3. Central solar fotovoltaica

Fuente: www.kalipedia.com

3.1.1. Funcionamiento General de las Centrales Fotovoltaicas

A continuación se describirá el funcionamiento generalizado de una central de generación fotovoltaica, puesto que se entrará a más detalle más adelante:

a. La luz solar, fuente primaria de energía incide sobre las células fotovoltaicas, produciendo el efecto voltaico mencionado anteriormente para producir una corriente continúa como resultado de la radiación.

b. Las células fotovoltaicas son colocadas en un arreglo entre serie y paralelo para elevar la tensión del grupo para que sea de más fácil utilización. Esto lleva a la aparición de los paneles fotovoltaicos, que por lo general realizan la conversión de energía llevándola a un nivel de voltaje de 12 V. Estos paneles son utilizados para suplir la carga, y llegan a su máximo de generación de energía en el momento de pleno sol, o medio día.
c. Los paneles solares son colocados en serie o paralelo para obtener como resultado un aumento en la tensión de salida o una mayor corriente continua entregada respectivamente. A este nuevo arreglo se lo conoce como placas solares.
d. En las grandes centrales se aplica un mecanismo de orientación automática, con el cual los paneles fotovoltaicos permanecerán direccionados de tal forma que la radiación incidente en los mismos sea la mayor posible a lo largo de todo el día.

Para un generador propio, y pequeño, como en los techos de los mismos consumidores este sistema no se implementa por su precio e indisponibilidad de espacio físico para colocar el sistema completo, por lo que este punto no se tomará en consideración.

e. Se coloca un sistema de acumuladores eléctricos, también conocidos como baterías, cuya finalidad es la de suplir energía a las distintas cargas durante periodos de oscuridad, y se recargan en los periodos de luz. La importancia de estos radica en la necesidad de suplir a la carga de manera continua y confiable

f. Finalmente se utilizará un grupo convertidor, encargado de llevar de corriente continua a corriente alterna, al igual que elevando la tensión de la misma para que sea utilizada por los aparatos eléctricos normales. Es importante mencionar que varios aparatos pueden ser conectados directamente a la red de 12V, como radios, televisores b/n o lámparas especiales, por lo que se debe tener la red de alimentación de 12V continuos y la red de 120V alternos.

g. Para las grandes centrales de interconexión se debe tomar en cuenta la utilización de un transformador elevador que llevará el nivel de tensión de la energía generada al suficiente para ser transportado al punto de interconexión con la red eléctrica nacional. Se generará la energía a tensiones de entre 380V y 800V en corriente continua, y luego de pasar por el inversor se lleva al transformador que lo llevará a 69kV para transmisión o distribución.

Se debe tener en cuenta que el tiempo que pueden suplir de la energía los paneles fotovoltaicos van a depender de las horas de sol que tengan, cuantos paneles han sido instalados para la generación, el tamaño y cantidad en el banco de baterías y el tamaño de la carga.

Es de considerarse que para un día normal las horas de sol son entre 6 a 8 horas, pero en caso de no poseer el sistema de orientación y por las nubes comunes, estudios han llevado a determinar un promedio de 4 horas netas de sol, lo que significa menor cantidad de tiempo para el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos, y menor generación.

De manera resumida, un equipo fotovoltaico va a constar de distintas partes que realizaran las funciones generales descritas a continuación:

a. Transformación de la energía solar en energía eléctrica de la forma más eficiente posible.
b. Lograr un almacenamiento de energía para proveer de la misma para lapsos de no producción por los equipos generadores; únicamente en las centrales conectadas a la red de interconexión este equipo es innecesario debido a que la energía en esos momentos puede ser suplida por otros tipos de generadores conectados.
c. Entregar al consumidor de manera adecuada la energía eléctrica producida.
d. Lograr una utilización eficiente de la energía que se logró generar o en su defecto de la que se encontraba almacenada.

Para lograr los fines mencionados a lo largo de este tema son necesarios ciertos elementos generales, los cuales para realizar las funciones anteriores se indican en el mismo orden:

a. Panel o módulo fotovoltaico.
b. El banco de baterías.
c. Regulador de Carga.
d. Inversor.
e. El tipo de consumo o carga a la que se aplicará la generación.

Adicionalmente a estos elementos, en las instalaciones fotovoltaicas, como en cualquier equipo de generación son necesarios los elementos de protección, para lo cual se colocan fusibles para sistemas simples y pequeños, mientras que para los sistemas de mayor capacidad son utilizadas protecciones más complejas y costosas, como interruptores de alta velocidad y sistemas de medición y control.

3.1.2. Tipos de instalaciones fotovoltaicas

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dividir en varios tipos de instalación o conexiones, las cuales se diferencian en la forma en la que se encuentran conectados y su manera de alimentar a los diferentes tipos de carga.

Las centrales fotovoltaicas sean grandes o muy pequeñas son conectadas según las necesidades del consumidor y según las cargas a suplir, así de esta manera se tienen las conexiones siguientes:

- Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red
- Instalaciones fotovoltaicas aisladas a la red
    - ✓ Sistemas de corriente directa para aplicaciones domesticas.
    - ✓ Sistemas de corriente alterna para aplicaciones domesticas.
    - ✓ Sistemas para distintas aplicaciones.

3.1.2.1. Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red

Un sistema de generación fotovoltaica conectado a la red es tal en el que su generación es directamente inyectada a red eléctrica, ya sea para una red de distribución para lugares aislados, como pequeños pueblos, o a la red del Sistema Nacional Interconectado para suplir de este tipo de energía en paralelo a otro tipo de generadoras y así alimentar a la parte proporcional de la carga nacional correspondiente a esta generación. De manera conjunta esta generación también suele alimentar a los elementos que se encuentran en la misma y a las cargas conectadas directamente a estas. Así, por ejemplo, un sistema colocado en el tejado de una industria y conectados a la red pueden alimentar a los equipos de dicha industria y la generación adicional es inyectada a la red nacional.

Estas centrales pueden encontrarse ubicadas en el techo de edificios o construcciones en general como en pequeños espacios abiertos para la colocación de los paneles, al igual que en amplias áreas en las cuales se colocan gran cantidad de paneles fotovoltaicos para la generación, los cuales son conocidos como "granjas solares"; logrando de esta forma un rango amplio y muy variable de la generación posible, que puede encontrarse en los sistemas pequeños en pocos kWp(10), mientras que en sistemas grandes como las "granjas solares" se puede tener una potencia que llegue a cubrir varios MWp(11).

Figura 3.4. Grandes centrales de generación fotovoltaica en "granjas solares"

Fuente: http://www.technology-alexa.blogspot.com/

Para este tipo de sistemas las protecciones son una necesidad irremplazable, al igual que el inversor, puesto que toda la red se encuentra funcionando con energía a 60Hz. y 120V. efectivos, y los paneles solares únicamente entregan energía a un voltaje de 12V. o 24V. de corriente directa. Las protecciones en cambio van a proteger al sistema de fallas que puedan existir en la red que puedan producir daño alguno sobre los equipo utilizados en este lugar, y si la falla se produce en los elementos de la generación fotovoltaica van a tener la finalidad de proteger a la red de esta.

Como cualquier otro tipo de instalación, las normativas que deben cumplir deben ser las que se encuentran vigentes en las Normas y Reglamentos del CONELEC, puesto que en el sentido de requisitos técnicos deben cumplir los mencionados para cualquier otra generadora a baja tensión, puesto que la tensión a la que se genera es relativamente muy reducida.

Es de suma importancia para la efectiva conexión, instalar luego del inversor un transformador que permita elevar el nivel de voltaje para que este pueda ser conectado a la red existente en el área.

Se debe tener en cuenta que para las centrales conectadas a la red, se va a tener un precio adicional muy significativo en la construcción de las torres y tendido de los conductores para la conexión del punto de generación con el punto más cercano de la red del Sistema Nacional Interconectado.

Este costo se verá compensado por los valores mencionados en el capitulo uno por cantidad de energía por kilómetro del tendido para la conexión.

Para los sistemas fotovoltaicos la eficiencia depende únicamente en los paneles, y no está sujeta a la cantidad de los mismos o tamaño del sistema, por lo que sin importar el tamaño de la instalación siempre va a tener una eficiencia determinada, y de esta manera logra ahorrar energía evitando las pérdidas por transmisión y distribución en caso de una generación en el mismo punto de consumo.

Estas centrales tienen costos de operación y mantenimiento muy inferiores a los que perciben las demás generadoras.
Estos sistemas tiene la ventaja, sobre los sistemas autónomos, de que no es necesario hacer un estudio de dimensionamiento, ya que estos no van a satisfacer una carga en particular, y tampoco necesitará de un banco de baterías, puesto que los puntos a los que alimenta pueden ser provistos de energía por la red en los periodos en que los paneles no funcionen.

Para realizar una instalación lo más efectiva posible se necesitará tener en cuenta únicamente el área con la que se cuenta y el presupuesto que se tiene para dicho proyecto, por lo que limitará la inversión que se realice. Para esto se determinan los tipos de paneles que se instalarán, basados en un estudio de coste-beneficio para el área, determinando la potencia instalada (Wp) y realizando el cálculo necesario para determinar la energía que el mismo va a suplir a la red durante el año. Esta energía dependerá especialmente del lugar en el que se conecte la central fotovoltaica, puesto que la energía que generé es el resultado de la cantidad de paneles en adición a la radiación luminosa que reciba del sol, por lo que para nuestro estudio es necesario determinar los lugares con mayor cantidad de radiación solar para lograr colocar los paneles y llevarlos a una eficiencia lo más alta posible.

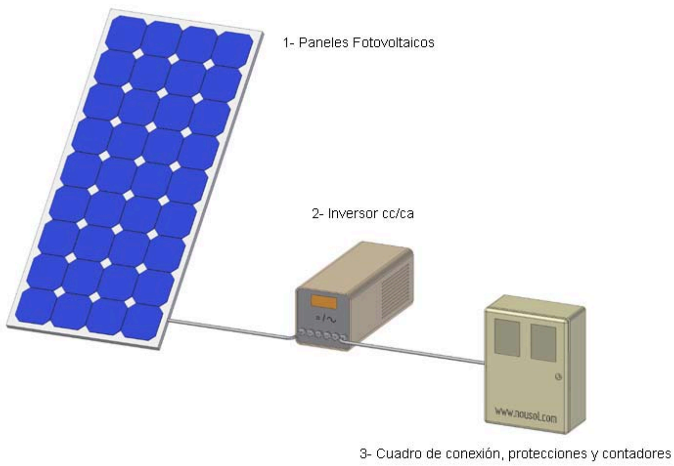


Figura 3.5. Sistema conectado a la red

Fuente: www.nousol.com

Para lograr esta determinación se deben tomar en cuenta los siguientes pasos:

- Se considera un sistema fotovoltaico "en por unidad", es decir, de potencia instalada de 1kWp.
- Se realiza el cálculo necesario para determinar la cantidad de energía que este sistema será capaz de proveer al SIN.
- Se tiene en cuenta pérdidas de 10% por transparencia en los vidrios protectores de los paneles, y una eficiencia del 95% para el inversor.

Con estos datos podremos calcular la productividad que posee el sistema instalado en [(kWh/año)/kWp], que es la cantidad de energía que puede entregar el sistema en función de la capacidad que ha sido instalada. Relaciona directamente la energía para la potencia instalada. Este valor puede variar teniendo en cuenta la radiación solar que exista sobre el área en la que se colocarán los paneles solares fotovoltaicos.

Adicional a esto se debe decidir la necesidad o no de un sistema de seguimiento solar, que se ha venido mejorando en los últimos años, llegando a ser factible en muchos países, aunque con un precio significativo, y aún mayor para el Ecuador debido a su poca participación en el mercado. Con el sistema de seguimiento solar se logra mejorar la eficiencia de los paneles solares gracias a que en todo instante del día se los direcciona de tal manera que los rayos solares tengan incidencia directa en los paneles de manera perpendicular y en mayor cantidad, mejorando así la cantidad total de energía que podrán generar en el transcurso del día los mismo paneles comparados con el caso de que no exista dicho sistema de seguimiento.

Se puede tener una central fotovoltaica sin el sistema de seguimiento solar, o también conocido como de paneles fijos, teniendo así un sistema bastante simple.

Para estos tipos de paneles es necesario realizar estudios de inclinación, debido a que al no ser móviles se deben colocar los paneles de tal forma que puedan recibir la mayor cantidad de incidencia solar directa; por tanto la necesidad de una posición que favorezca a esta recepción de los rayos solares es de suma importancia para el aumento de eficiencia del sistema, como sus estudios.

Los beneficios de este tipo son el menor costo en las estructuras debido a que no posee sistema alguno, por tanto también el riesgo de avería es reducido al tener únicamente partes fijas, tanto como la falta de necesidad de mantenimiento, más que una limpieza simple de los paneles.

También se tiene la orientación fija del campo y dos inclinaciones a 15º y 60º, sistema que ayuda a una mejora en la eficiencia de un 2%.

La utilización de sistemas de seguimiento puede ser en eje vertical, lo que significa un seguimiento del ciclo diario aumentando la captación que se tiene de la irradiación solar en un 25%, y en eje horizontal, para realizar un seguimiento en la altura se tiene un 5% de ganancia en la captación. Al juntar estos dos ejes, es decir, al tener un sistema de seguimiento de dos ejes se puede tener una mejora en la captación del 30%.

Con las explicaciones anteriores se prosigue a mencionar la estructura a seguir para realizar una central fotovoltaica en el Ecuador.

Inicialmente es necesario determinar las limitaciones para la construcción de la central, las cuales pueden encontrarse restringidas por uno o más factores siguientes:

- Costo, que se refiere a una existencia de un presupuesto anteriormente fijado, en los que se debe tener en cuenta la relación de potencia con el costo de la misma, que aproximadamente es de 1Wp por $10.

- Potencia de los inversores, que va a ser la potencia que va a poder inyectar la central hacia la red de distribución o al SNI.
- Potencia máxima a ser instalada, o potencia pico (Wp) que se desee tener en dicha central.
- Superficie disponible, referente a los metros cuadrados de los que es poseedora la empresa que vaya a realizar la instalación de los paneles, adicionalmente con el ángulo de inclinación anteriormente mencionado, que nos ayudará a determinar cuántos paneles van a poder ser colocados en el emplazamiento determinado para la central.

Se debe luego determinar la inclinación, antes explicada, para las instalaciones en el Ecuador, la cual es aproximadamente de 15º, la que se aproxima más a la latitud de la región.

Se selecciona el típo de módulo que se utilizará para la generación fotovoltaica. Existen gran numero y distintas cantidades de tecnologías para los paneles fotovoltaicos, pero los más comerciales y que son utilizados de manera general son los que se mencionan a continuación:

- Módulos de silicio monocristalino

- Módulos de silicio policristalino
- Módulo de silicio amorfo

Siendo las demás tecnologías (que se explicarán más adelante), solo utilizadas para procesos especiales y para ciertos estudios y aplicaciones científicas o muy particulares, debido a su alto costo y a su poca disponibilidad en el mercado.

Luego a estos paneles se realiza el conexionado de tal manera que se consiga el valor deseado de voltaje y corrientes aceptables para luego lograr hacer la elección e instalación del inversor, el cual servirá para poder realizar la conexión con la red.

Finalmente, para realizar un buen diseño deberemos incluir los cálculos de la energía estimada que la generadora entregará a la red para su utilización.

Para lograr este fin es necesario obtener datos sobre la radiación disponible en los distintos lugares de posible instalación, que vendrán dados en la Tabla 2.1, el cual se multiplicará para la potencia instalada en el sistema fotovoltaico que deseamos colocar, más un factor de perdidas basado en las posibles pérdidas en los paneles fotovoltaicos, ya sea por la eficiencia de las células, la temperatura de las mismas, que tienen relación inversa a la eficiencia y de las suciedades que puedan existir en los vidrios de los módulos y que lleguen a dificultar el paso de la irradiación de luz. También existen las pérdidas en los conductores de la central y en el inversor que utilizarán, al igual que en caso de utilizar un transformador, las pérdidas que se den en el mismo; en una producción ideal y con el mayor cuidado posible, se puede tener pérdidas que no sobrepasen el 25% de la potencia instalada.

Energía Estimada = Factor de pérdidas + Potencia Instalada (Wp) + Radiación

3.1.2.2. Instalaciones fotovoltaicas aisladas a la Red

Este tipo de sistemas fotovoltaicos se los construye generalmente a pequeña escala, para satisfacer de la energía eléctrica necesaria para un lugar específico en al cual aún no haya llegado la red eléctrica y por lo que no tengan acceso a electricidad generada de manera centralizada.

Este tipo de instalaciones generalmente se las utiliza para alimentar a viviendas rurales alejadas de la población, para bombeo de agua alimentando a las bombas, también se los utiliza para señalizaciones, teléfonos en carreteras, letreros y faros entre otras muchas aplicaciones.

La facilidad de estas instalaciones radica en su capacidad de ser colocadas en el techo de cualquier edificio, industria o en el techo de un hogar común, en donde poseerán una autogeneración, con la única desventaja en la instalación del efecto visual que pueda tener.

Los beneficios en relación a pérdidas generadas gracias a la autogeneración en el punto de consumo son una reducción de las pérdidas de transmisión de aproximadamente entre un 8% y 12%, añadidos a u las pérdidas de distribución del 16% al 22%.

Para estas instalaciones aisladas a la red ya es necesaria la implementación de un banco de baterías en la misma, puesto que en los momentos de oscuridad o cualquier caso en el que los paneles no reciban la radiación solar para poder generar será necesario tener un sistema de apoyo para entregar la energía necesaria en ese instante, puesto que el sistema fotovoltaico carecerá de una conexión a la red, por lo cual la carga a la que alimenta no podrá obtener la energía necesaria de la red de distribución. Este sistema de apoyo serán los bancos de baterías, los cuales durante el tiempo de generación por los paneles solares va a almacenar cierta cantidad de energía generada mientras que el resto será enviado a la carga; esta energía almacenada servirá para alimentar posteriormente a la carga.

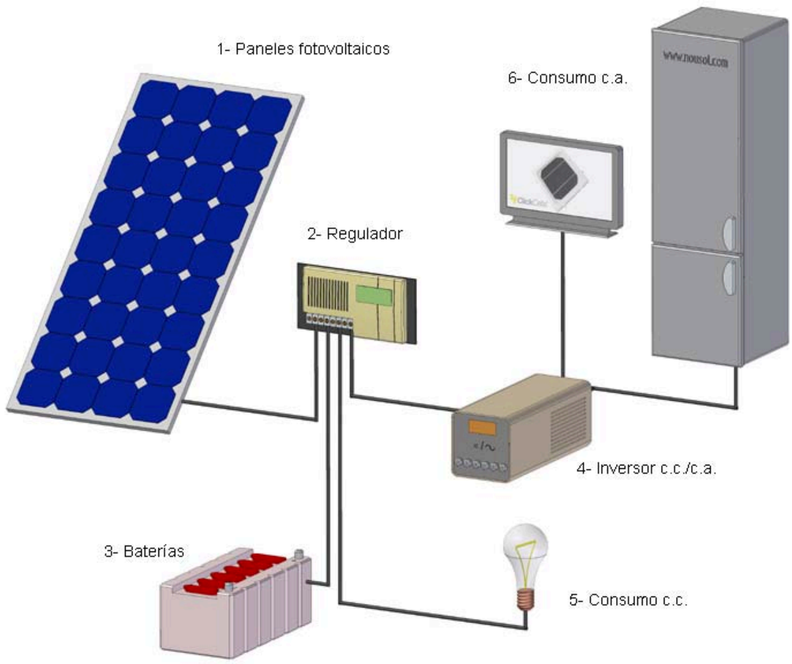


Figura 3.6. Sistema no conectado a la red

Fuente: www.nousol.com

Los bancos de baterías para una central de generación fotovoltaica son especiales debido a ciertas características necesarias para la carga y entrega de energía. Dichos puntos se encuentran explicados más detalladamente más adelante.

Se debe tener en cuenta que para estas centrales no van a existir los costos generados por la necesidad de un transformador ni es necesaria la creación de una vía de conducción para la interconexión con la red.

Estos costes significativos que poseía la central con conexión a la red se verán reemplazados en forma parcial por los costes que tendrá la central aislada, debido a la necesidad del banco de baterías, que en forma relativa al tamaño de la generación es bastante significativo.

Para realizar el diseño de una instalación eficiente se debe tener en cuenta seguir ciertos procedimientos que aporten seguridad en el diseño.

Se debe inicialmente identificar y verificar las distintas cargas a las que se alimentará mediante este sistema, y tener en cuenta las horas que el mismo se va a utilizar para poder tener un perfil inicial de la cantidad necesaria de generación.

Posteriormente se debe realizar un estudio de la radiación solar que va a incidir sobre el área en la que se va a colocar el sistema de paneles, y observar el mes en el que la diferencia entre la generación producida por los paneles con el consumo de energía es la mínima, o incluso de valor negativo, siendo de esta manera la generación menor a la demanda esperada, y es en este mes en el que se realiza el cálculo de la inclinación de los módulos fotovoltaicos para tener una mayor eficiencia y así reducir al máximo la deficiencia de generación comparada con la necesidad de energía para tal periodo.

Para nuestro país se han realizado estudios y se ha llegado a la conclusión que la inclinación necesaria para una efectiva generación está en 15º±3º

Es necesario tener en cuenta un 30% de pérdidas debido a los conductores, los acoplamientos con los diferentes puntos como en los paneles fotovoltaicos y las baterías, las pérdidas con los inversores.

Del mismo modo se debe tener muy en cuenta el voltaje en el banco de baterías, ya que estas tienen un voltaje definido, y será este el voltaje que determinará el voltaje de los paneles, por lo que se debe colocar las mismas de tal modo que se pueda tener en el acoplamiento el voltaje de potencia máxima de los paneles para lograr mantener su rendimiento al máximo, también va a depender de la temperatura de funcionamiento de los paneles, adicionalmente con el tipo de módulos que se utilizarán y la cantidad de incidencia lumínica.

Adicional a esto se deberá tener en cuenta el tipo de inversor que se utilizará en caso de necesitarse alimentar elementos de corriente alterna, el cual deberá ser lo más eficiente posible. También el regulador de carga deberá depender del tipo y capacidad de las baterías, y se tendrá que ajustar para cortar la entrega de energía de las mismas a la carga para que no sobrepase el límite de carga mínima o la profundidad de carga de la batería, para evitar daños en la misma que vayan a mermar su vida útil o puedan dejarla disfuncional, de igual forma que controla el ingreso de energía de los paneles solares a las mimas cuando ha llegado a su límite máximo, para evitar también posibles fallos en el material activo.

Con todos estos estudios se tendrá la generación real de la central fotovoltaica, que va a alimentar a todas las cargas de manera correcta e ininterrumpida durante todos los meses del año.

Para una correcta selección de los equipos a utilizarse tendrán que tenerse en cuenta ciertos puntos que mencionaremos de manera específica.

- Se debe elegir la tensión a la que funcionará la central fotovoltaica, generalmente a 12V si es pequeña (para hogares) y basados en esta se tendrán que elegir los elementos para la instalación que cumplan esta característica.
- Es importante tener un banco de baterías lo suficientemente grande como para alimentar a las cargas importantes durante largos periodos, mínimo de 5 días, teniendo en todo momento en cuenta que no se violen las especificaciones y características de los mismos para evitar daños.

- El regulador deberá tener una capacidad mayor a la capacidad de cortocircuito de los paneles solares, el cual depende de la configuración del diseño de los mismos.
- Los cables que se utilizarán vendrán determinados de tal forma que no se pase la caída de tensión del 3% aceptable, con lo que se puede tener la sección de cable a ser utilizado.
- El inversor es un equipo que permitirá que se alimente a las cargas de corriente alterna, por lo que deberá dimensionarse con un valor máximo al de la suma de todas las cargas alternas, puesto que se conoce que no funcionarán todos los equipos al mismo tiempo. Este tipo de dimensionamiento es utilizado debido a que si este es sobredimensionado va a tener largos periodos de funcionamiento con baja eficiencia puesto que estará muy por debajo de su capacidad nominal.

Es importante mencionar que para un sistema de generación fotovoltaico pequeño, o aislado a la red, es poco factible la utilización de equipos con alto consumo de energía, puesto que puede causar problemas en la capacidad del banco de baterías, al igual que en la necesidad de alta potencia a instalarse en módulos, añadido a un alto nivel de pérdidas.

Figura 3.7. Instalación Fotovoltaica casera

Fuente: www.ecomaipo.cl

a) Sistemas de Corriente Directa para aplicaciones caseras

Este tipo de aplicación es utilizado de forma limitada en los sistemas de generación fotovoltaica. Su uso generalmente se encuentra enfocado a los hogares de zonas rurales, para los cuales es necesaria una generación de menos de 100Wp, ya que solo será utilizada para la iluminación del hogar y muy pocos elementos que funcionan alimentados a una tensión de 12V., estos pueden ser alimentados por unos pocos interruptores.

Adicional a los paneles se va a hacer uso de baterías que completen una capacidad de 150Ah para la alimentación de las cargas en momentos en que el panel fotovoltaico no pueda generar.

Para estos tipos de sistemas no es necesario hacer uso de un inversor, ya que únicamente se alimentan cargas de corriente continua.

Este sistema tiene aplicaciones limitadas, puesto que no se hace uso común de equipos a este nivel de tensión, por lo que su utilización no es muy común y no entrega un alto nivel de satisfacción en la vida.

b) Sistema de Corriente Alterna para aplicaciones caseras

Los sistemas de corriente alterna para aplicaciones en los hogares rurales son más aceptados, y con mayores beneficios, puesto que puede entregar energía a los distintos aparatos utilizados comúnmente, los mismos que funcionan a corriente alterna a 60Hz y 120Vac.

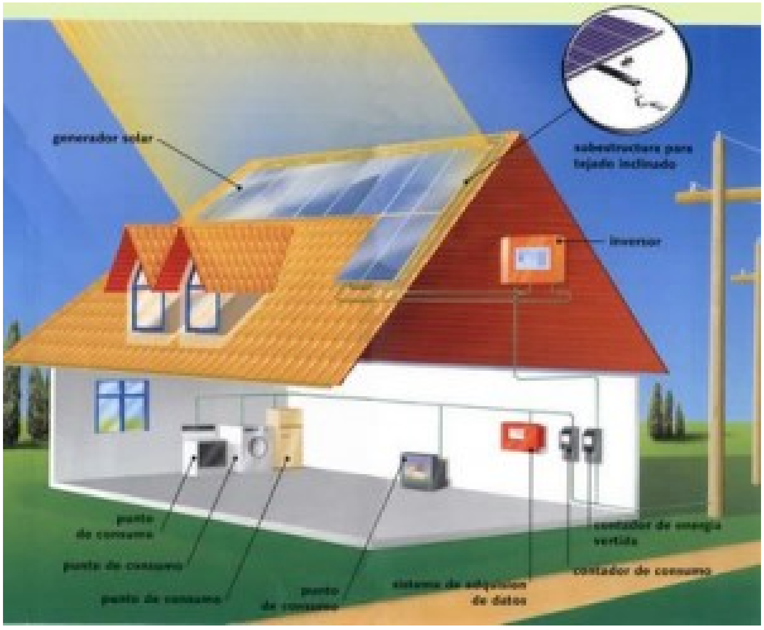


Figura 3.8. Instalación Fotovoltaica Alterna para viviendas

Fuente: www.blogonadaverde.com.ar

Para lograr entregar corriente alterna es necesaria la utilización de un inversor, elegido dependiendo del voltaje aplicado por los paneles y de la carga a la que debe suplir.

Con este sistema se pueden alimentar elementos de alta eficiencia y bajo consumo, utilizados generalmente en los hogares, como lámparas, teléfonos, televisores y radios.

Finalmente, se debe tener en consideración que en los sistemas de corriente alterna, la capacidad de generación debe aumentar, puesto que se van a alimentar una mayor cantidad de carga, por lo que necesita mayor potencia y más energía entregada, por lo que son de mayor tamaño, ocupan mayor área de instalación y adicionalmente el área para colocar el banco de baterías aumenta como resultado al aumento en la capacidad del banco de baterías para alimentar la carga más grande.

a) Sistemas para Aplicaciones Varias

De manera general los sistemas de generación fotovoltaico se dirigen a la generación en grande cantidad en las centrales de alta capacidad de manera descentralizadas cerca del punto de entrega, y para la generación individual en las viviendas rurales para el consumo y utilización propia, pero este tipo de energía tubo su surgimiento gracias a otros tipos distintos de necesidades, como lo es la generación para alimentación a satélites que se encuentran en órbita, o incluso fuera de ella, puesto que es la energía más factible a la que pueden recurrir en el espacio; y este es un claro ejemplo de porqué este tipo de generación es utilizada para alimentar puntos aislados y de difícil acceso.

Los principales estudios en este campo los han realizado las grandes compañías con fines aeroespaciales, puesto que son estas las que han tenido acceso a recursos monetarios extremadamente altos, y es gracias a este enfoque que la energía solar fotovoltaica tuvo su acelerado crecimiento, de manera especial durante los últimos años de la guerra fría, como ya se mencionó anteriormente.

Actualmente, este tipo de energía es utilizado para varios fines, en la alimentación de teléfonos en puntos aislados, en iluminación para vallas publicitarias alejadas a la red, y entre los fines más importantes se encuentran la utilización para funcionamiento de faros alimentando el banco de baterías y en la noche estas alimentarán al elemento de iluminación para emitir las señales.

Finalmente, se tiene una finalidad en las que se ha venido desarrollando la utilización de paneles fotovoltaicos, la del bombeo de agua en lugares aislados. Este proceso es ahorrador puesto que no necesitan baterías para el funcionamiento nocturno, ya que la energía se acumula de una manera distinta al colocar el líquido (agua) en un gran reservorio para su posterior utilización a cualquier momento.

Ya que los paneles alimentan a la bomba de agua, se deberá tener la capacidad necesaria para permitir el funcionamiento efectivo de las bombas, el cual está relacionado de manera directa con la cantidad de agua y al altura y fricción a vencer para el bombeo.

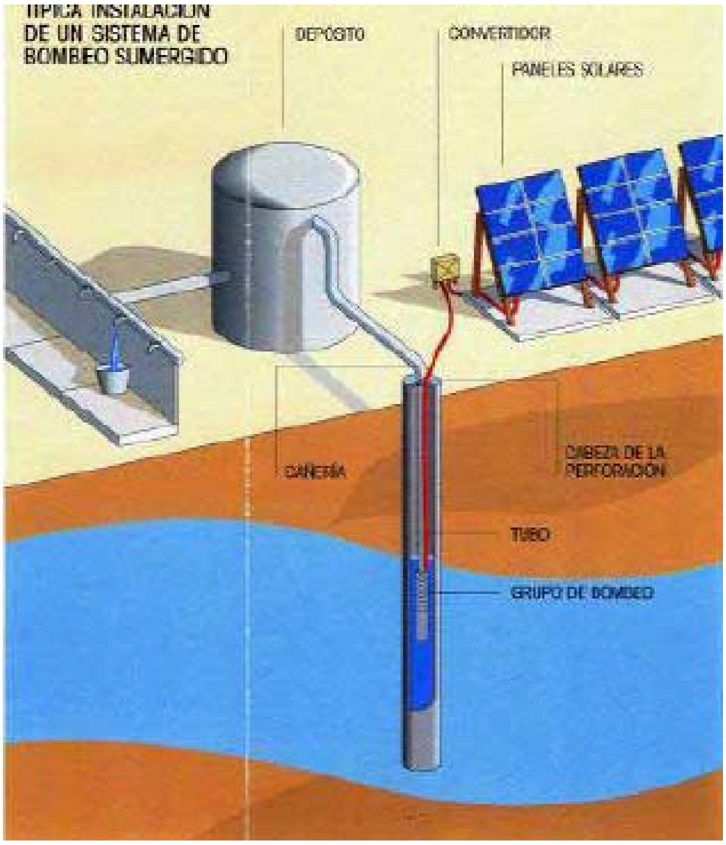


Figura 3.9. Sistema de Bombeo de Agua Fotovoltaico

Fuente: www.google.com

Para esto se debe tener en cuenta la demanda que se tiene del agua para los usuarios a los que alimenta el bombeo. Se debe realizar el estudio necesario antes mencionado de inclinación y radiación solar para obtener la cantidad y tipo de paneles fotovoltaicos que se necesitan basados en la potencia necesaria para dotar con la alimentación de energía suficiente para la bomba de agua necesaria para realizar el aporte hídrico que se obtuvo como necesario en el estudio.

Se deben colocar los módulos en un arreglo tal que puedan alimentar a la bomba de agua con la tensión de trabajo nominal de la misma.

Actualmente, ya se realizan la venta del grupo generador fotovoltaico-grupo moto-bomba directamente de un mismo fabricante, logrando así tener una garantía en su correcto funcionamiento.

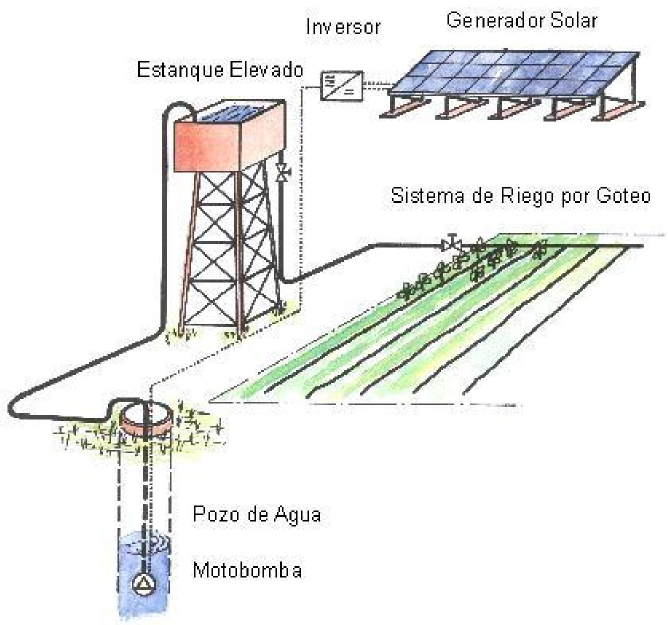


Figura 3.10. Sistema de riego Fotovoltaico

Fuente: punitaqui.olx.cl

Para todos los puntos y funcionamientos que se tengan de los paneles fotovoltaicos, en los que no se haga uso del banco de baterías, se tendrán pérdidas por acoplamiento muy elevadas, razón por la cual es necesario hacer uso de un seguidor del punto de máxima potencia, lo que ayudará a tener una tensión de salida de los módulos lo más cercana al punto de potencia máxima y así tener una mayor eficiencia.

3.1.3. Ventajas y desventajas de los sistemas fotovoltaicos

VENTAJAS:

- Se genera energía en base a la energía solar, el cual es una fuente de energía renovable e inagotable, que no produce efecto nocivo alguno en el medio-ambiente.
- No es necesaria ninguna clase de combustible, por lo que es innecesario el transporte alguno del mismo y no existen emisiones de gases que dañen al ambiente.
- A diferencia de un motor generador, el cual necesita mantenimiento continuo y profundo, el mantenimiento requerido por las centrales fotovoltaicas es casi nulo, únicamente basado en

la limpieza de los vidrios de los paneles para evitar perdida de eficiencia por sombra.

- La duración de una central fotovoltaica es de aproximadamente de 25 a 30 años, a diferencia de muchos otros sistemas que tienen desgastes acelerados, en la central fotovoltaica los paneles suelen tener una vida útil media de 25 años, y por lo general los mismo vienen asegurados para ese tiempo. Esto causa disminución en gastos por reparación o renovación de los equipos.
- Los gastos de operación son reducidos puesto su facilidad en el manejo de este tipo de generación, ya que solo consta de la activación de un interruptor, a diferencia de otros sistemas que necesitan ser arrancados.
- Su tiempo de entrada al sistema es despreciable, puesto que no necesitan tiempos de arranque, de encendido o tiempos de calentamiento, únicamente es necesario el tiempo de sincronización del mismo.
- A futuro una central de generación fotovoltaica puede ser expandida fácilmente, puesto que únicamente necesitan un espacio físico reducido para colocar los nuevos módulos fotovoltaicos para la generación, mientras que en otros sistemas

es necesaria una planificación más compleja del sistema para realizar la expansión.

- El costo de instalación y su velocidad de instalación son bajos puesto que la colocación y el conexionado para los paneles fotovoltaicos son sencillos, no así como en centrales térmicas o turbo-generadores.
- Su utilización ofrece un suministro de energía continuo y fiable.

DESVENTAJAS:

- Los paneles solares, al igual que las baterías para este fin son de costo elevado.
- Poseen una limitación en la energía que puede generar, por lo que es necesario modelar el uso de aparatos que van a alimentar.
- La inversión inicial necesaria para la implementación de una central fotovoltaica es alta.
- Mediante esta generación se tiene una baja eficiencia, ya que se tiene normalmente entre un 20% a 30% de eficiencia, y mientras más eficiencia se busca más caro es el sistema.
- Se encuentra limitado por las condiciones geográficas, puesto que no puede ser colocada en lugares con baja radiación solar, puesto que el sistema no resulta rentable.

- Para aumentar la rentabilidad del sistema es necesario instalar sistemas de captación de grandes superficies, pero esto lleva a un coste alto, puesto que sus componentes tienen costes elevados.
- En el país no se han realizado los estudios suficientes como en otros sectores para fundamentar una inversión de ese nivel.
- Los equipos necesarios son delicados y debido a sus altos costos deben ser protegidos de la mayor manera, cosa muy difícil si son utilizados por personas con un bajo nivel de educación y con poco conocimiento sobre este tipo de energía y su proceso y funcionamiento, por lo que se pueden producir fácilmente daños en los mismos, con altos costos de reparación. Por lo que no es factible realizar este tipo de instalación.

3.2 Tecnología Paneles Fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos forman el elemento más importante de los sistemas fotovoltaicos de generación, puesto que este es el elemento encargado de la conversión de la energía solar en energía eléctrica mediante sus múltiples materiales y su conformación en las llamadas celdas fotovoltaicas, adicionadas con una protección de aluminio anodizado y un marco de vidrio de alta resistencia a golpes para protegerlo del ambiente externo y evitar que los materiales que conforman las celdas fotovoltaicas se mezclen con otros materiales y así evitar impurezas.

Los paneles fotovoltaicos se forman por la agrupación de células fotovoltaicas, generalmente constan de 36 celdas, las cuales son usualmente de 10 por 10 cm en sus lados, y con plena luz son capaces de producir alrededor de un vatio.

Luego de los paneles fotovoltaicos la energía será dirigida y suplida a los abonados, y gracias a la simplicidad en las conexiones de los mismos y en su forma plana se ha logrado una facilidad incomparable de implementación para centrales de generación eléctrica.

Los paneles fotovoltaicos o módulos fotovoltaicos han tenido una aparición relativamente nueva en el mercado eléctrico, y los estudios realizados en los mismos han requerido múltiples experimentos para mejorar la eficiencia en los mismos, pero ha sido en los últimos años en los que se han acrecentado los esfuerzos en los mismos, ya que su bajo rendimiento a llevado a una necesidad en demasía de materiales para producir pocos resultados.

Los estudios se sustentan en los costes elevados que tienen estos paneles, ya que para poder ingresar de manera rentable al mercado es necesario abaratar costos, lo cual se logrará aumentando la producción de energía por panel, y así podrá competir con los distintos sistemas de generación.

Se debe tener muy en cuenta que este sistema de generación tiene sus ventajas, ya que :

- No tiene desgaste
- No produce ruido
- No produce contaminación
- Produce electricidad limpia

Al momento de hacer el estudio para una generación casera se debe tener en cuenta que para poder suplir de energía suficiente a un hogar, es necesario tener tres paneles de aproximadamente 1.2kW.

En el transcurso de este punto se tratarán los aspectos y principios de funcionamiento de los paneles, al igual que los materiales utilizados para su construcción y fabricación, al igual que los avances que se han producido en los mismos para mejorar su eficiencia, ya sea por materiales o la forma en los que se produce este elemento.

3.2.1 Introducción a su funcionamiento

Se conoce a este tipo de generación como generación fotovoltaica debido a que la energía que se consigue producir es por medio del proceso voltaico. El "Efecto Voltaico", es el concepto en el que se basa el proceso de los paneles fotovoltaicos para la conversión de energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) consiste en la existencia de dos tipos de capas en materiales semiconductores, las mismas que toman el nombre de capa tipo N y capa tipo P.

Los paneles fotovoltaicos son capaces de generar la energía mediante este proceso durante aproximadamente 25 a 30 años. La generación que producen es de corriente continua, y para este proceso es necesaria la existencia de las emisiones de luz solar, ya que sin estas no funciona este proceso.

Es necesario tomar en consideración que si tenemos presencia de nubes ligeras en el área, la generación tendrá una reducida eficiencia y la cantidad de corriente que produzca y el voltaje que contenga va a ser mucho menor.

Generalmente, los paneles fotovoltaicos poseen 36 celdas, o una cantidad múltiplo del mismo para la generación a un voltaje significativo, ya que estas celdas son conectadas en serie para poderse adicionar el voltaje de cada una en el total del panel. Para pruebas se ha determinado que una iluminación con una potencia de 1kW por metro cuadrado, los paneles solares generarán únicamente un voltaje de 0.5V.

Los paneles fotovoltaicos serán los encargados de suplir la energía a la carga conectada y al mismo tiempo de cargar el banco de baterías adjunto, cuyo funcionamiento se explica más adelante.

Estos paneles se colocan en una central generadora en un área grande en la que el sol tenga incidencia directa y la mayor cantidad de densidad de rayos, mientras que para generación pequeña, realizada por los mismos usuarios, se suelen colocarse los paneles en los techos de las casas, o en ciertos casos se los ha implementado en los techos de grandes industrias para tener una generación propia que apoye a reducir su consumo de energía de las empresas eléctricas.

Las células fotovoltaicas producen corriente de electrones si sobre la misma inciden las corrientes de fotones. Estas células son normalmente formadas por silicio.

Los paneles fotovoltaicos se forman por semiconductores, los cuales se excitan al recibir la energía de la luz solar y provocan saltos en los electrones de ellos, logrando de esta manera producir una diferencia de potencial entre sus extremos.

Se menciona de manera general el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos, ya que en el siguiente punto se especificará el funcionamiento dependiendo del tipo de tecnología utilizado.

Los átomos poseen electrones con distintos niveles de energía. Estos niveles de energía en una estructura cristalina se denominan bandas, las cuales determinan las propiedades electrónicas de los cristales. Para un análisis fotovoltaico es necesario tener en mente las dos últimas bandas, las más energéticas, la denominada banda de conducción y la banda de valencia, mencionadas en orden de mayor a menor energía.
Los electrones son partículas subatómicas que se encuentran entrelazadas, a lo que se suele llamar enlaces covalentes.

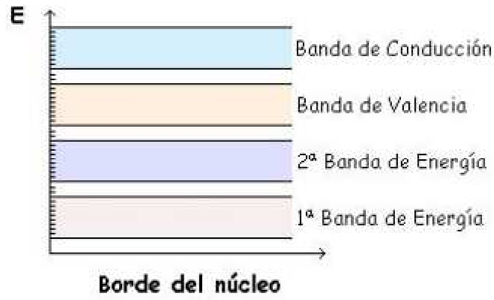


Figura 3.11. Distintas bandas energéticas de los cristales

Fuente: www.google.com

Al momento de incidir los fotones sobre la célula fotovoltaica, gracias a la cantidad de energía del fotón se produce el efecto de excitar al electrón suficiente para producir un desplazamiento de la banda de valencia a la banda de conducción.

La energía que separa a ambas bandas mencionadas se conoce como energía de gap (E_G), y es esta la cantidad de energía que debe ser proporcionada por el fotón hacia el electrón para que este se pueda desplazar de una banda a la siguiente.

Debido a esta energía de gap es que existen cristales que no pueden ser utilizados con esta finalidad, puesto que pueden ser cristales aislante, en el caso que la energía de gap sea demasiado elevada y los electrones no puedan pasar de una banda a otra, o pueden existir cristales con $E_G = 0$, por lo que el cristal es conductor y permite el paso libre de los electrones.

El efecto que produce este es conocido como generación (par electrón-hueco). En el momento en que el electrón alcanza la banda de conducción, este puede ser conducido hacia cualquier circuito externo, produciendo de esta manera una corriente eléctrica.

La energía solar, conocida como fotón, posee la suficiente energía como para romper dicha ligadura existente y producir de esta manera la liberación de los electrones.

Existe también el proceso de recombinación, que es en el que el electrón de la capa de conducción se traslada a la capa de valencia, este proceso va a eliminar los pares e-h de la célula, y por tanto se perderá la célula.

Para que este proceso se dé es necesario un nivel de tensión elevado. Por tanto, en el momento en el que las células produzcan energía, si se encuentran conectadas a una carga muy grande, que producirá que el nivel de tensión se dispare, y en este momento se producirá el proceso de recombinación, puesto que la tensión generada en la unión N-P se dispara y así los electrones se unirán a los huecos, y la célula deja de generar, a más que produce daños en la unión N-P, y pueden llegar a producir la inutilización total de la misma.

En la Figura 3.12a. y Figura 3.12b. se muestra el comportamiento de las células fotovoltaicas a los cambios en el voltaje y la corriente, al igual que la potencia entregada por las mismas que aumenta a medida que aumenta el voltaje, pero llega hasta cierto nivel puesto su reducción de corriente al aumento de voltaje.

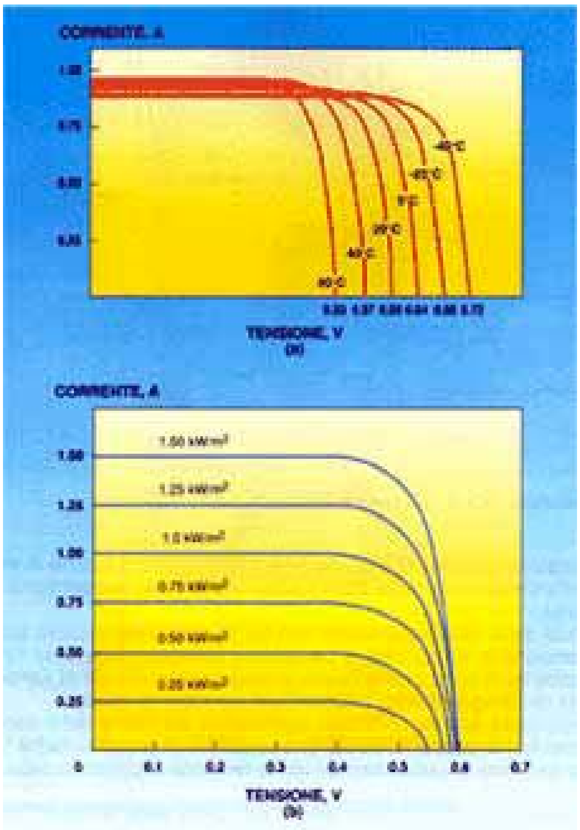


Figura 3.12a. Propiedades Tensión vs. Corriente de Módulos Fotovoltaicos

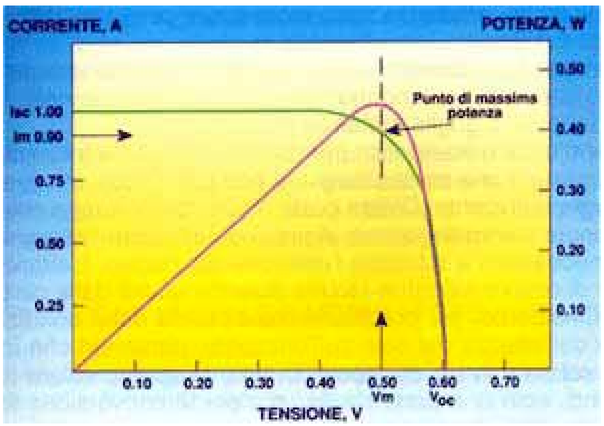


Figura 3.12b. Gráfica de Potencia de un Módulo Fotovoltaico

Fuente: www.google.com

En estas figuras se muestra la relación de corriente de cortocircuito (Isc), que se refiere a la corriente que se genera al cortocircuitar los terminales de las células fotovoltaicas, contra el voltaje en circuito abierto (tensión entre las terminales)

De esta manera se puede encontrar el punto de máxima potencia de las células, formado por el producto de la corriente que genera la célula con el mayor voltaje posible para dicho nivel, antes de caer de forma abrupta. Este punto se lo mide con las unidades de vatio pico (Wp), que indica la cantidad de potencia máxima que puede generar la célula en presencia de condiciones normales.

Se debe conocer las distintas curvas que tienen cada tipo de célula, dependiendo del diseño de la misma y los materiales que la forman, y para ser comparadas entre ellas se tiene en cuenta condiciones previamente determinadas, que son de la velocidad del viento en 1m/s, a una temperatura en la célula de 25ºC y una irradiación de 1000W/m, condiciones en las cuales generalmente logramos encontrar las células alrededor de los valores de corriente I (entre 3A y 3.5A) y de voltaje (entre 0.6V y 0.7V).

Para que estos procesos sean constantes y equilibrados, y para que la célula fotovoltaica se mantenga en un límite de eficiencia, esta deberá encontrarse aislada del medio externo, para evitar que impurezas puedan producir una perdida en la eficiencia.

En las células fotovoltaicas se van a encontrar capas tipo N y tipo P, las cuales permitirán la creación de una tensión entre ambas, puesto que una posee exceso de electrones y la otra falta de los mismos, así, al recibir la radicación solar, los electrones de una capa tenderán a dirigirse hacia los huecos que posee la otra capa, y produce la extracción de un electrón del contacto metálico de la capa P, y la atracción del hueco de la capa N produce que un electrón sea inyectado al metal del contacto, y en ambos lados de la unión de estas capas se crea el campo eléctrico, que será el que produzca la diferencia de voltaje entre ambos electrodos.

Mediante estos procesos el silicio cristalino produce la energía eléctrica en los paneles fotovoltaicos, la cual suple de energía a la carga y al banco de baterías para que suplan a la carga en momentos de no generación.

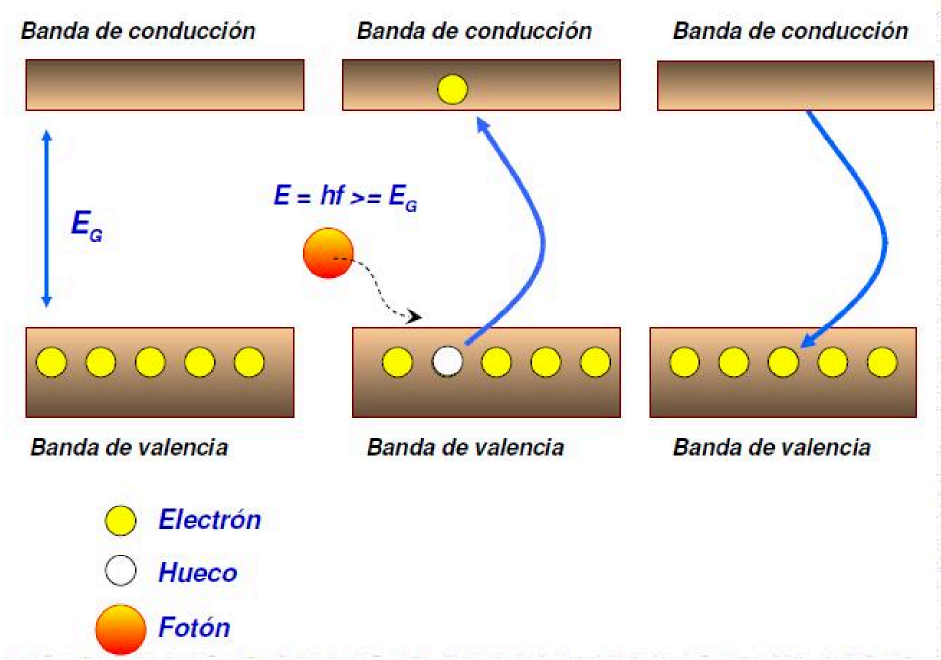


Figura 3.13. Proceso de Generación y Recombinación

Figura: www.google.com

En las células fotovoltaicas se encuentran dos tipos de capas de silicio cristalino, la primera contiene un exceso de electrones, mientras que la segunda capa contiene una falta de electrones, también conocida como huecos.

La energía de la luz solar (fotón) produce que los electrones sobrantes de la primera capa se exciten, produciendo que se muevan en dirección a los huecos de la capa siguiente de la manera en que se explico anteriormente.

Simplificando, el proceso se da de la siguiente manera:

En el caso de la no existencia de luz solar, los fotones no generarán la energía suficiente para poder producir el desplazamiento de electrones y por tanto no funcionarán las células fotovoltaicas ni entregarán la energía suficiente para la carga, y para estos momentos se producirá la entrega de carga mediante el banco de baterías que deberán ser colocados en conjunto con los paneles.

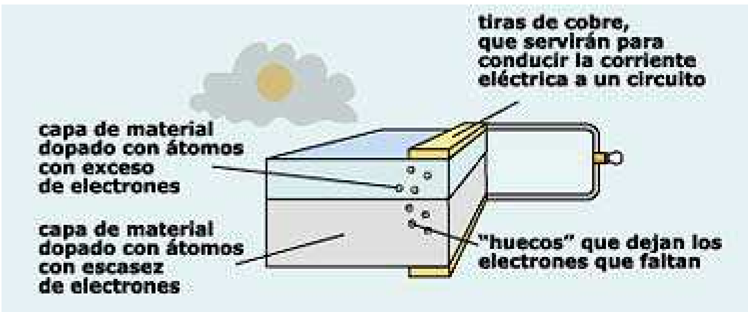


Figura 3.14a. Sistema en ausencia de luz solar

Fuente: material entregado por el Ing. Javier Urquizo

Con la luz solar la célula fotovoltaica podrá realizar su funcionamiento normal, los fotones tendrán la energía de gap para poder mover los electrones entre las capas y generar el campo suficiente, es decir corriente y voltaje.

A medida que la iluminación es mayor, es decir, la energía solar es más potente, la generación por las células o paneles solares es mayor y podrán alimentar mayor parte de la carga.

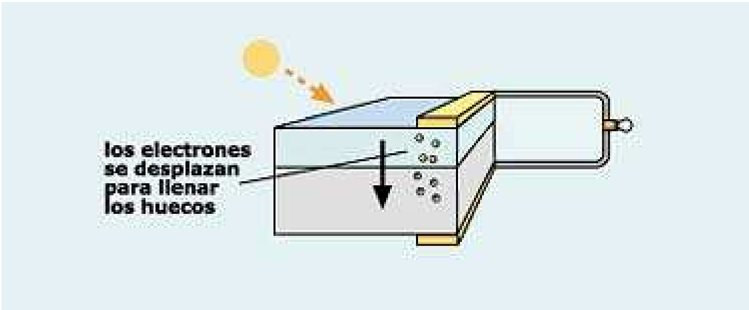


Figura 3.14b. Sistema en presencia de luz

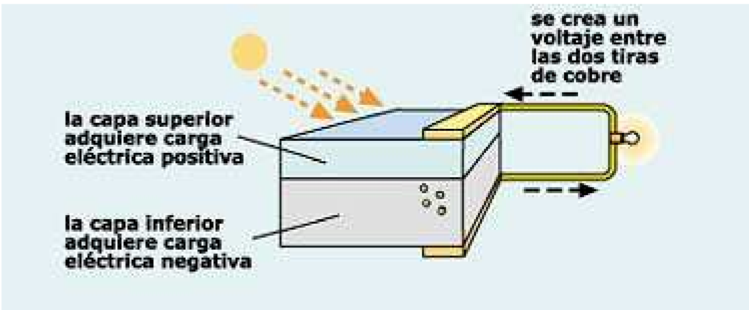


Figura 3.14c. A mayor nivel de de iluminación aumenta la entrega de energía

Fuente: material entregado por el Ing. Javier Urquizo

3.2.2 Avances tecnológicos en los Paneles Fotovoltaicos

Como se indico anteriormente, desde hace relativamente poco tiempo la energía mediante paneles fotovoltaicos fue descubierta y mucho mas tarde implementada, por tanto los estudios no han llegado aún a un punto importante, aún falta mucho por descubrir en esta área, incluyendo a los materiales que se utilizan para la fabricación de estos paneles.

En la actualidad existen diversas tecnologías y materiales de una variada gama de paneles fotovoltaicos.

En los países más desarrollados, y en los que la energía eléctrica es más cara y escaza se ha visto aumentada la prioridad que se le da a las distintas vías de generación, y entre ellas la fotovoltaica.

Para entender los avances tecnológicos, es necesario tener claro la relación existente entre diversos factores de los paneles solares; entre ellos se mencionará la relación existente entre la energía de gap o banda gap que se menciono anteriormente, la cual es la energía necesaria que debe suplir el fotón a los electrones para que pasen de la banda de valencia a la de conductancia. Esta energía se ve eléctricamente representada como un voltaje que se produce entre ambas capas y que va a producir la diferencia de potencial entre los dos electrodos de la célula fotovoltaica. A este valor de voltaje diferencial creado entre las dos capas se los representa por un valor de voltaje muy diminuto conocido como electro-voltios (eV). A mayor cantidad de electro voltios, o banda de gap, es necesaria mayor cantidad de energía para lograr el salto de los electrones.

Por otro lado, a medida que el voltaje aumenta (eV), se va a dificultar el mayor paso de electrones hacia la banda de conducción, y de esta forma es menor la corriente que va a poder entregar ese tipo de módulo fotovoltaico, por tanto, se debe intentar lograr un equilibrio entre ambos factores para lograr la mayor cantidad de entrega de energía posible, y para esto se realizaron distintas pruebas, resultando en la grafica siguiente:

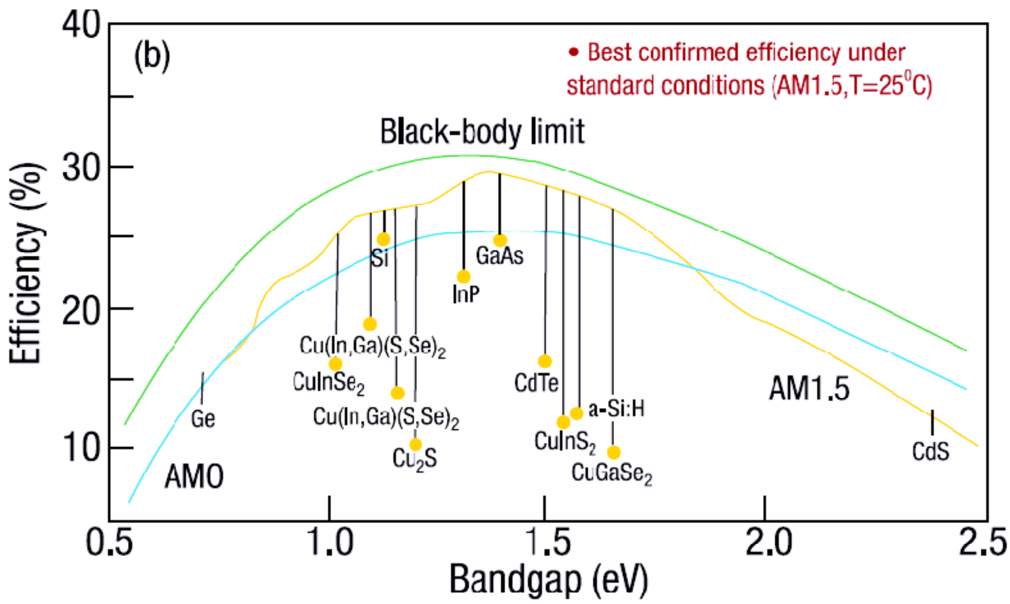


Figura 3.15. Relación de eficiencia vs. la banda gap. (Factores de voltaje y corriente)

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

Por medio de la figura se pudo determinar que la eficiencia máxima para determinada distribución de material y forma de panel ha alcanzado aproximadamente un 28% mediante la utilización de un compuesto formado por Galio y Astato.

Luego se intentó mejorar la eficiencia de los paneles mediante la mezcla de los distintos tipos de celdas. Este método ha llevado a que los paneles fotovoltaicos tengan un nivel de eficiencia de un 41.6%, el nivel más alto logrado, pero naturalmente, lograr esta eficiencia es muy costoso, y los paneles tienen un precios bastante alto.

El método para lograr dicha eficiencia fue el de colocar los materiales en disposición serie, y tal como un conjunto de baterías en serie, los voltajes aumentan, pero la corriente del conjunto se encuentra limitada por el módulo que pueda generar menor corriente. Así, al unir un compuesto de GaInP, otro de GaAs y uno de Ge, la corriente vendrá limitada por la capacidad de conducción de corriente del GaInP, la cual es bastante baja, pero tiene voltaje relativamente alto, el cual se sumará a los voltajes de los otros dos compuestos.

Para que este tipo de conjunto funcione, la capa con mayor banda gap tendrá que colocarse en la parte superior para que reciba la mayor cantidad posible de energía solar, y para que logre absorber el espectro de luz que se utiliza en cada capa. De tal forma la disposición de las mismas deberá encontrarse como en el grafico siguiente al igual que indica como el espectro es absorbido.

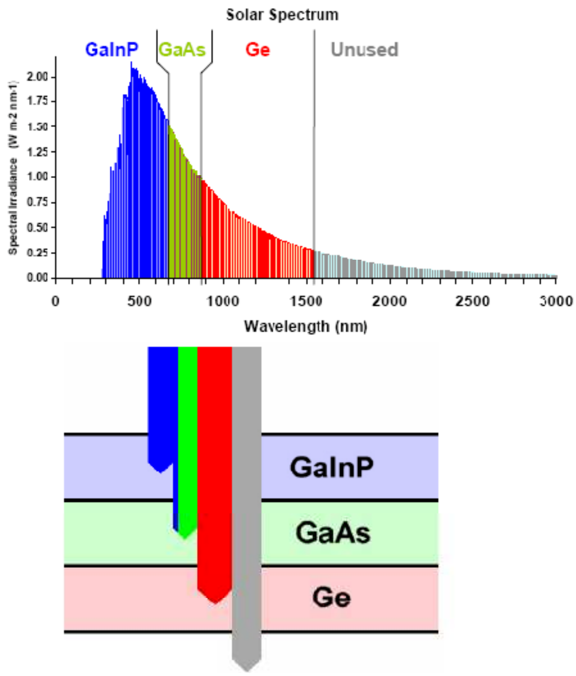


Figura 3.16. Distribución de las diferentes capas para alta eficiencia

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

La tabla siguiente es el mejor indicador de la evolución de la tecnología en cuestión de paneles solares a lo largo del tiempo, al igual que los distintos tipos de paneles que se han venido desarrollando.

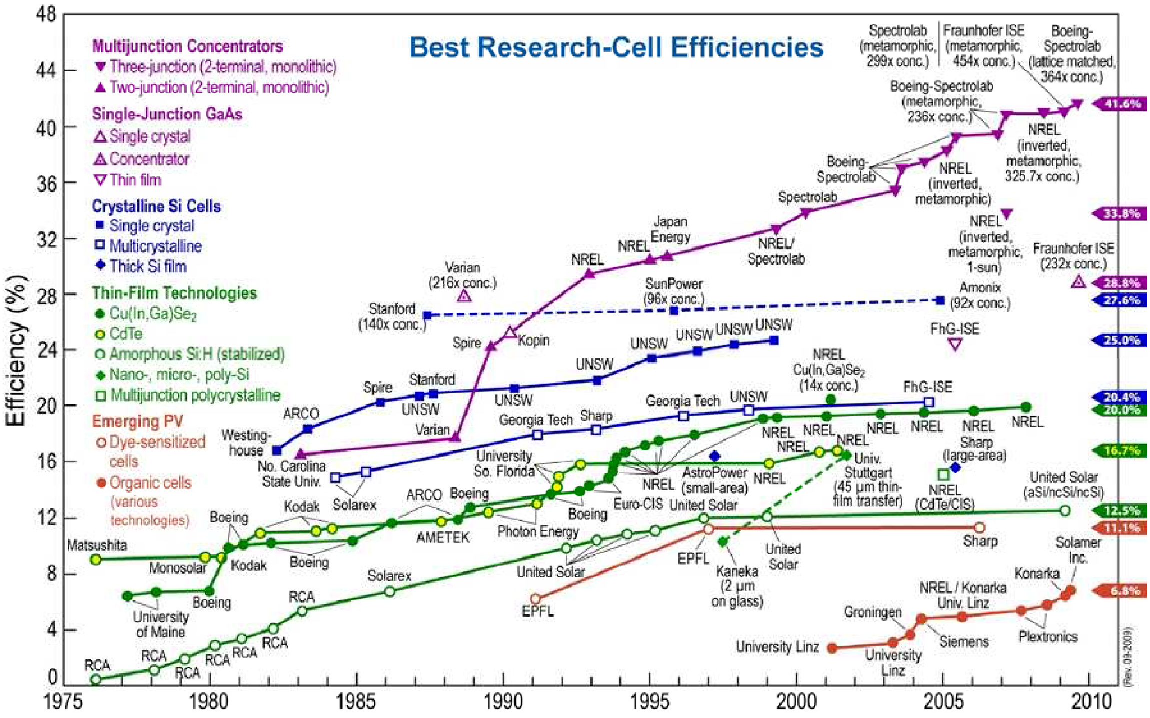


Figura 3.17. Evolución de la eficiencia con el tiempo y materiales

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

Se puede percibir la aparición de nuevos materiales en los últimos años, pero no han sido importancia debido a su baja eficiencia, mientras que el desarrollo de los módulos creados por la unión de dos materiales en un principio con baja eficiencia (16%-1983) ha ido evolucionando de manera acelerada hasta lograr convertirse en módulos de unión de tres capas de materiales distintos y logrado alcanzar un 41.6%, ya mencionado, el cual es el valor de mayor eficiencia en la generación de paneles fotovoltaicos, y en relación con muchos otros sistemas de generación, es un porcentaje de eficiencia alto.

También se observa como el silicio tomó bastante tiempo en lograr alcanzar el 25%, un tiempo largo para un progreso lento y un alcance poco deseable.

Entre los años de 1975 y 1995 la energía solar no era muy reconocida y se realizaban pocas investigaciones hacia la misma; tendencia que ha cambiado en los años siguientes debido al aumento en el costo de la energía y la escases de la misma.

Para determinar la mejor tecnología en paneles solares se deben tener en cuenta ciertos factores; la eficiencia es el factor más importante, pero no es el único a ser tomado en cuenta para la selección adecuada de los módulos fotovoltaicos.

- **Eficiencia.-** Nos proporciona una idea del número de paneles requeridos basados en la determinación de cuán eficientes son. Es de indicar que un panel con la eficiencia de 20% no equivale necesariamente a dos paneles de 10% por los distintos efectos de los mismos. Así, si es necesario colocarlos para una generación con restricción de área se deben colocar los más eficientes, pero si es por una cantidad determinada de generación se puede hacer un estudio de la mejor opción que produzca dicha generación.

- **Costos.-** Las diferentes tecnologías tienen costos distintos, mientras sean más avanzados sus costos cambian, por lo que es necesario definir cuanta generación se necesita y cuanto se está dispuesto a pagar por la misma.

- **Rendimiento de los equipos.-** tener en cuenta el avance tecnológico que se produce a medida que pasa el tiempo en la tecnología de los equipos.

- **Disponibilidad de los elementos necesarios.-** Muchos de los elementos utilizados para la fabricación de los paneles solares más eficientes son escasos, por lo que es de verificar la disponibilidad de los mismos en las cantidades deseadas para poder adquirir el tipo y número de paneles que se busca utilizar.

- **Toxicidad.-** la contaminación ambiental en el área donde se colocarán los paneles es un gran determinante, puesto que se debe relacionar la mejor opción de paneles que soporten ciertas condiciones ambientales, en especial para ambientes bastante contaminados.

- **El requerimiento de luz.-** esto es, si los paneles necesitan completamente luz directa para su funcionamiento o también pueden realizarlo con luz difusa (reflejada o no directa). Esto es importante debido a que en días nublados existen tecnologías que si pueden mantener su funcionamiento, mientras que las de uniones múltiples como las que se mencionaron anteriormente no pueden funcionar.

- **Estética.-** este factor no determina ningún punto en la generación, pero si en el impacto visual que provocará la colocación de ciertos tipos de paneles, de manera especial en los techos de los hogares al momento de realizar una generación propia.

Luego de tener en consideración los distintos factores ya mencionados, se va a tener como resultado muchos tipos de tecnologías, dependiendo de muchos factores cambiantes para cada necesidad.

En la actualidad, los paneles fotovoltaicos se dividen según su estructura en dos tipos diferenciados principales:

- **Cristalinos**
  - Monocristalinos.- formados por un único cristal de silicio, de forma octogonal, pero 4 de sus lados curveados, ya que son recortadas con esta forma a partir de célular redondas.
  - Policristalinos.- cuando la formación se da por pequeñas partículas cristalizadas. Son las de mayor eficiencia en este tipo.
- **Amorfas.-** se forman cuando el silicio no se ha cristalizado, y por tanto son finas y flexibles, pero su eficiencia es muy baja.

Estos tres tipos de módulos fotovoltaicos son los más comunes en el mercado y los que se han consolidado como paneles comerciales para generación, mencionados anteriormente en orden de complejidad y precios desde el más alto al menor.

a. Los módulos de silicio monocristalinos tienen la particularidad de contener una barra perfectamente cristalizada en una sola pieza de silicio puro, siendo un de un costo un tanto mayor que las de silicio policristalino y amorfos, debido a su mayor complejidad en la producción y el tiempo que demora en ser fabricada cada unidad debido a esta misma razón, ya que se necesita tener silicio puro, sin ningún otro tipo de material, generando así mayores costos por material y proceso.

Estos paneles son de mayor eficiencia que los policristalinos, llegando en laboratorios a una eficiencia del 24.7%, mientras que para paneles factibles para la comercialización se han llegado a porcentajes entre el 16% y el 20% de eficiencia.

b. La tecnología más popular en la actualidad es la de silicón policristalino, que a pesar de tener una baja eficiencia, de aproximadamente 15% a 18%, con un costo de cerca de $3 dólares por vatio. Con el tiempo este tipo de células solares se han consolidado como líderes en la industria de paneles fotovoltaicos.

Figura 3.18. Instalación de paneles de Silicón Multicristalino en el tejado

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

c. Se han creado nuevas tecnologías para enfocar mejor la generación fotovoltaica en términos de eficiencia. Entre estas tecnologías se encuentra la “Célula Fotovoltaica con Contactos Posteriores”.

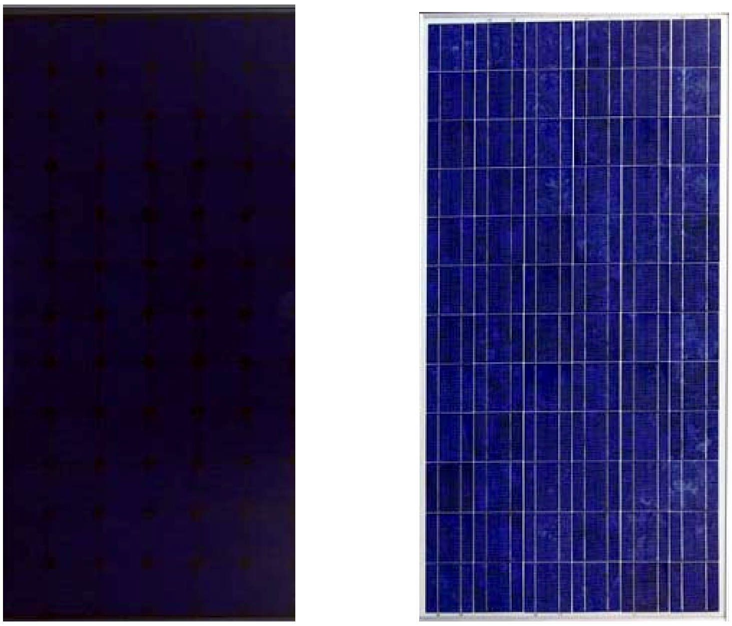
Estas células han logrado llegar a tener una eficiencia del 21%, pero la tecnología utilizada para la misma la ha llevado a tener un costo más elevado que la anterior en $1 dólar por W.

Su mejora en la eficiencia se basa principalmente en distintos puntos a los que se han realizado mejoras, tales como, los electrodos de mayor tamaño en la parte posterior de las células fotovoltaicas permiten el paso de mayores corrientes con menores resistencias asociadas al mismo, lo que conlleva menores perdidas y mayor eficiencia; adicionalmente, al encontrarse en la paste posterior no van a bloquear en ningún punto la luz que llegue al material de las células.

Para que estas células sean de alto rendimiento el silicio utilizado debe ser de muy alta calidad, y las capas N y P es encuentran colocadas de manera horizontal una junto a la otra, de tal forma que ambas reciban los rayos solares, y se produzca la creación del campo magnético entre las mismas de manera horizontal y sea captado por los electrodos.

Se coloca en la misma una capa del compuesto SiO2 pasivo, de tal forma que se reducen las perdidas por el efecto de recombinación en las capas de las células.

Este tipo de tecnología adicionalmente posee la ventaja de la mejora estética que posee al tener los contactos en la parte inferior y la parte superior libre de ellos, lo que los hace más amigables a la vista, y con una misma área, es posible tener mayor producción de energía con esta tecnología.



Panel de contactos posteriores
215 Watt

Panel común
165 Watt

Figura 3.19. Estética de panel convencional comparado con el nuevo panel

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

d. Otra tecnología para la producción de paneles solares producen las "Células Solares con Capa Fina Inorgánica". Estas células solares poseen una capa fina de un semiconductor en su parte superior, la cual es transparente para permitir el paso de luz, y permite que se utilice menor cantidad de material y da una mayor área para el flujo de electrones de la capa N.

Estas células poseen una propiedad importante que las diferencia; pueden ser flexibles, y pueden ser colocadas directamente sobre el tejado de cualquier construcción, sin la necesidad de partes fijas para su soporte como plásticos o metales para las bases, que le permitirán reducir en gastos de instalación, al igual que son bastante livianos y permiten una manipulación sencilla.

Adicionalmente, este tipo de tecnología se le añade las capas de Teluro de Cadmio (CdTe) para el tipo P, y de Silicio de Cadmio (CdS) para la capa tipo N, la cual es una capa transparente para permitir el paso de luz hacia la capa inferior.

Es importante mencionar que la capa transparente de estas células posee una banda de gap con bastante energía, de 2.42eV.

Figura 3.20. Paneles Flexibles

Fuente: www. news.soliclima.com

La capa de Teluro de cadmio tiene una capa de gap de 1.45eV.

Entre los beneficios de estas células se encuentran que; han logrado alcanzar niveles de eficiencia de 19%,, con un promedio de un 11%; su vida útil es larga (mayor a 20 años), manteniendo su estabilidad en el funcionamiento; la velocidad de producción de este tipo de módulos es significativamente rápida, por lo que es sencillo poder construir una mayor cantidad de este tipo de paneles, lo que abarata sus costos.

Pero sus desventajas vienen dadas debido a que tienen una resistencia en serie superior, lo que reduce la potencia de entrega al sistema; debido a su baja eficiencia se necesitan áreas mayores para colocar los paneles, debido a que se necesita un mayor número de paneles para la producción de energía.

Por suerte para la construcción de este tipo de paneles se puede llegar a la obtención de los materiales muy puros y con una pérdida del material mínima en el proceso.

Gracias a la facilidad de producción de este tipo de paneles, de aproximadamente 2.5 horas por panel, la industria de los mismos se ha convertido en líder de fabricación, pudiendo de esta manera reducir los costos de producción, para el 2008 de $1.08/watt, y por tanto de venta, pudiendo así permitir un tiempo de recuperación de la inversión en los mismos de 0.8años.

Para estas células la eficiencia se puede aumentar en cuanto se logre reducir al menor posible el espesor de la capa de CdS, teniendo el problema de que a medida que se realizan capas más finas se puede crear una ruptura, o agujero en dicha capa, produciendo que exista una fuga de electrones, y por consiguiente la célula perderá su utilidad.

Gracias a los programas de reciclado de los fabricantes, el problema de contaminación por Cadmio se ve eliminado.

Otro problema con dichas células solares es la cantidad existente actual de teluro en la tierra. De acuerdo a un Estudio Geológico de los Estados Unidos, la reserva de Te en la tierra es de 47000 toneladas. Esta reserva se basa en la cantidad económicamente factible de extracción del material.

Para la construcción de una célula solar de 2µm de ancho, la cantidad necesaria de Te es obtenido por la ecuación siguiente:

$$(\text{grosor})(\text{densidad})(\text{fracción de Te})$$

$$(2\mu m)(5.7 g/cm^3)(0.52)=5.7 g/m^2$$

Debido a que el sol entrega 1kW/ m^2, una célula de 10% de eficiencia va a producir:

$$\frac{100\,{}^{W}\!/_{m^2}}{5.7\,{}^{g}\!/_{m^2}} = \frac{16W}{gTe}$$

Teniendo en mente dicha relación, si se utiliza el Teluro en su totalidad únicamente vamos a tener el poder de generar 0.68TW en las horas pico y únicamente 0.14TW en promedio durante el día, una cantidad significativamente baja referente a la meta de producción de más de 5TW a nivel mundial.

En contraste con estos deseos, no es posible obtener la cantidad total de Te producido en la tierra, y la reserva únicamente suplirá por no más de 30 años.

En la actualidad el costo de Te por W es de $0.015/W, bastante barato, pero este precio puede dispararse en el momento de aumentar la utilización del mismo en paneles solares.
Debido a estos factores en los últimos años se han aumentado las investigaciones para la extracción de Teluro y la obtención de mayores cantidades y fuentes del mismo, lo que aumentará al subir el precio de Te por el efecto mencionado con anterioridad.

El Indio (In) puede reemplazar al Teluro, pero también tienen es un material bastante reducido en el planeta, mientras que los demás semiconductores no pueden ser utilizados en el mismo puesto que reducen la eficiencia de la célula de manera significativa.

e. Debido a los problemas mencionados en el punto anterior se han creado nuevas tecnologías para las células solares basado en la utilización de materiales abundantes no tóxicos, entre los cuales se encuentran los siguiente con sus debidos porcentajes de eficiencia:

Técnología de células	**Porcentaje de eficiencia**
$CuInGaSe_2$	19,50%
Cu_2ZnSnS_4	6,70%

Tabla 3.1 Eficiencia de distintos materiales para células fotovoltaicas

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

Se ha pensado y se han realizados estudios para colocar compuestos de cuatro elementos, logrando alcanzar un promedio de 20% de eficiencia formado por el material mencionado anteriormente ($CuInGaSe_2$). Así se tiene:

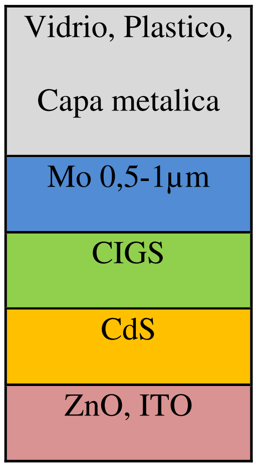


Figura 3.21. Estructura de una célula de CIGS

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

f. La tecnología de paneles por "semiconductores impresos", que utilizan alta tecnología para su fabricación, ya que sus capas son muy finas y se lo produce mediante un proceso de impresión de los semiconductores en las capas de los materiales N y P.

g. La tecnología Nanosolar recientemente aparecida que se ha implementado en la producción de paneles solares mediante la utilización de papel aluminio como conductor en la parte superior e inferior, pudiendo reducir costos por ser un material barato y mejorar la eficiencia debido a su capacidad de conducción alta.

El proceso de generación de electrones en este tipo de célula se dá en la parte superior, los cuajes viajan una distancia muy corta y hacia los puntos metálicos que les entregarán una pequeña vía de conducción con baja resistencia para la conducción hacia la parte inferior para luego ser absorbidos por el sistema. En el punto de unión con varias células, se tiene partituras en las cuales irán conectadas una célula con otra.

Este tipo de células solares posee una segunda lámina que permite el aislamiento de la capa conductora metálica posterior con la capa del material de generación de la célula.

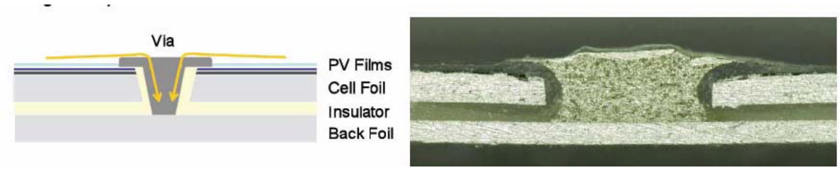


Figura 3.22a. Formación de células nanosolares

Figura 3.22b. Conjunto de células nanosolares

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

h. Una nueva opción de paneles solares gracias a los avances de diseño y tecnología son los nuevos módulos "CIGS Solyndra". Estos son módulos cilíndricos como se muestra en la figura a continuación, los cuales captan la luz en todos los ángulos posibles, e incluso la luz reflejada de la parte posterior, gracias a su diseñó, por lo que no necesitan ser colocados en un ángulo específico, lo que les da la ventaja sobre los demás paneles de no necesitar una estructura para la colocación de cada panel, de manera inclinada normalmente, y así podrán también ser colocados en mayor número en un techo, puesto que al no encontrarse relativamente elevados unos de otros no van a producir áreas con sombra que limiten la colocación de más módulos.

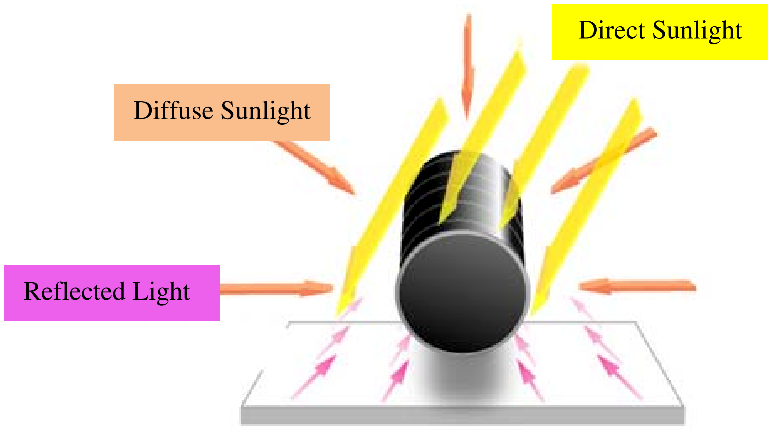


Figura 3.23. Absorción de luz de la célula cilíndrica

Cilíndricos Convencionales

Figura 3.24. Comparación entre colocación de paneles cilíndricos y convencionales

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

Estos paneles son más sencillos de colocar, con menos necesidades de elementos para dicho fin y se los puede tener en mayor densidad en una misma área. Para lograr una mayor eficiencia en estos paneles es necesario que se los coloque en techos relativamente nuevos o recién pintados, y de color blanco para tener un mayor reflejo de luz que será absorbido por estos.

Su diseño ayuda también a tener una mayor eficiencia en el paso del viento, lo que permitirá que tengan una mejor ventilación y las fuerzas causadas por vientos sea menor, y corran menor riesgo de que este les pueda causar problemas.

Pero el efecto negativo en estos paneles es la necesidad de mucho más material para estos paneles que el que se usaría para cubrir la misma área con paneles convencionales.

Cilíndricos　　　　　　Convencionales

Figura 3.25. Comparación del paso del viento

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

i. Otro tipo de paneles solares que se han implementado actualmente en las instalaciones es el producido por Silicón Amorfo (a-Si), que poseen cualidades positivas, como la no utilización de elementos escasos en el mundo, y el punto más significativo es su flexibilidad que ayuda en una instalación sencilla de los mismos, con un bajo costo, e inclusive suele ser colocado directamente sobre la superficie del techo para los generadores particulares.

Pero también el mayor problema que este enfrenta es una eficiencia muy baja, que ha llegado entre 5% a 9%, determinando una generación muy baja y la necesidad de una mayor cantidad de estas para lograr alcanzar la meta de generación. También suele existir una degradación bastante pronta del material y de la célula en sí. Esta tecnología debido a sus características es muy costosa de fabricar, y su tiempo de fabricación es bastante largo, por lo que la inversión necesaria para crear una generadora mediante el uso de estas células va a necesitar de una inversión elevada y poco factible.

La manera más viable para la instalación de estos paneles es en conjuntos muy grandes, puesto que de esta manera su falta de eficiencia se ve complementada con el tamaño del panel y por ende una mayor cantidad de células comprendidas en el. Los requerimientos para la instalación de este tipo de paneles también es bastante simple, por lo que de igual forma los precios de instalación son relativamente bajos.

j. Las células con uniones heterogéneas entre materiales son más sencillas de producir, y no necesitan la diferenciación entre los materiales tipo P y N ni la unión entre los mismos, puesto que se encontrarán materiales con dichas propiedades regados en el interior de la célula entremezclados. Al igual que en las células normales el electrón viaja al electrodo posterior mientras que los "huecos" se colocan en el electrodo superior.

Este tipo de células no supera el 7% de eficiencia, y otro gran problema es la necesidad por lograr un ancho específico, puesto que las células que contengan una capa muy gruesa de esta mezcla no van a tener un problema recolectando la carga, y si por otra parte, es demasiado fina, no van a poder absorber la luz.

Para mejorar este tipo de células es necesario encontrar los materiales para tener una banda de gap optima, y luego se debe intentar reducir las pérdidas que se producen en la transferencia de los electrones de una capa a otra.

Las uniones una unión simple logrará alcanzar un 11% de eficiencia al optimizar.

Las células con uniones dobles, o de dos materiales han sido la entrada para la utilización de multi-uniones.

En las células de doble unión se va a necesitar tener en cuenta cual es el material que permite el menor paso de corriente, como se explico con anterioridad, y de esta manera saber cuál va a ser la corriente que entregará la célula, mientras que el voltaje será el que se consiga de la suma de los voltajes independientes.

Debido a que la fiabilidad de este tipo de sistemas ha ido aumentando en importancia es necesario indicar que para lograrlo es necesario tener los siguientes puntos en consideración:

- Se necesitará la encapsulación de las células, puesto que así evitaremos que los materiales se junten con el oxígeno del ambiente y otros materiales y lleguen a degradarse sus compuestos y disminuir su nivel de pureza, lo que nos dirige a una reducción de la eficiencia.
- Los filtros UV serán necesarios para evitar degradación en los materiales, pero estos son relativamente baratos.

Teniendo en cuenta estos puntos, y con un cálculo posterior se puede determinar el tiempo de vida de las células:

Se toma una intensidad luminosa promedio de 2.2 soles ($1sol=1kW/m^2$)

(33290hrs)(2.2)=73000hrs

En 5hr/día de pico de luz solar se tiene un tiempo de vida de 40 años.

Las células tendrán dicho tiempo de vida, pero la eficiencia se irá perdiendo poco a poco con el transcurso del tiempo.

Adicionalmente, se deberá tener en cuenta los demás elementos que conforman el sistema, para tener un manejo efectivo de la eficiencia en los mismos.

k. Las células con uniones múltiples, o múltiples elementos, como se mostro al principio son las más modernas y a las que se le ha realizado pruebas con la obtención de una eficiencia que ha alcanzado un **41.6%** la más alta en células solares.

El problema con estas células es que tienen un precio bastante elevado, y su producción es muy lenta debido a los procesos de adquisición y colocación de los materiales necesarios.

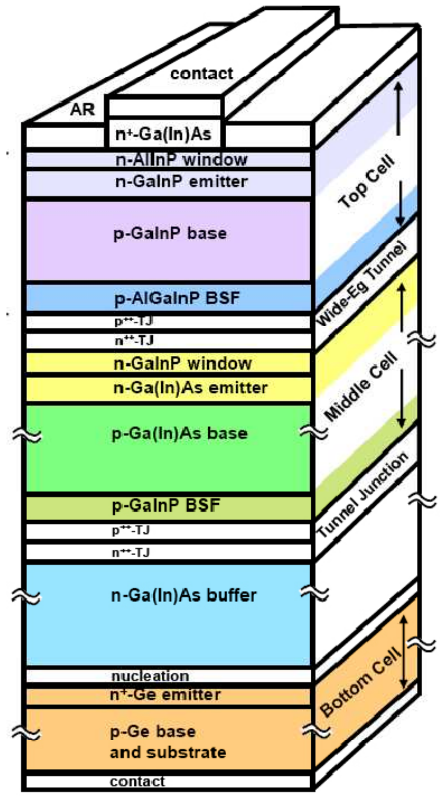


Figura 3.26. Composición de una célula de uniones múltiples

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

Debido a los altos costos de estas células se han modificado ciertos aspectos de las células convencionales, logrando así una mayor concentración de luz, que logran una mayor captación de luz para un solo punto, y es necesaria por ente una menor cantidad de material para construcción de las células, puesto que la célula es mucho menor en tamaño que el tamaño que la misma cubre en captación de luz. Este sistema se lo ha logrado mediante la captación de luz por espejos refractantes que dirigen la luz hacia la célula. En este caso, el conjunto de célula mas espejos sube su costo, por unidad, pero por área su costo se reduce gracias a utilizar menos células para una misma área.

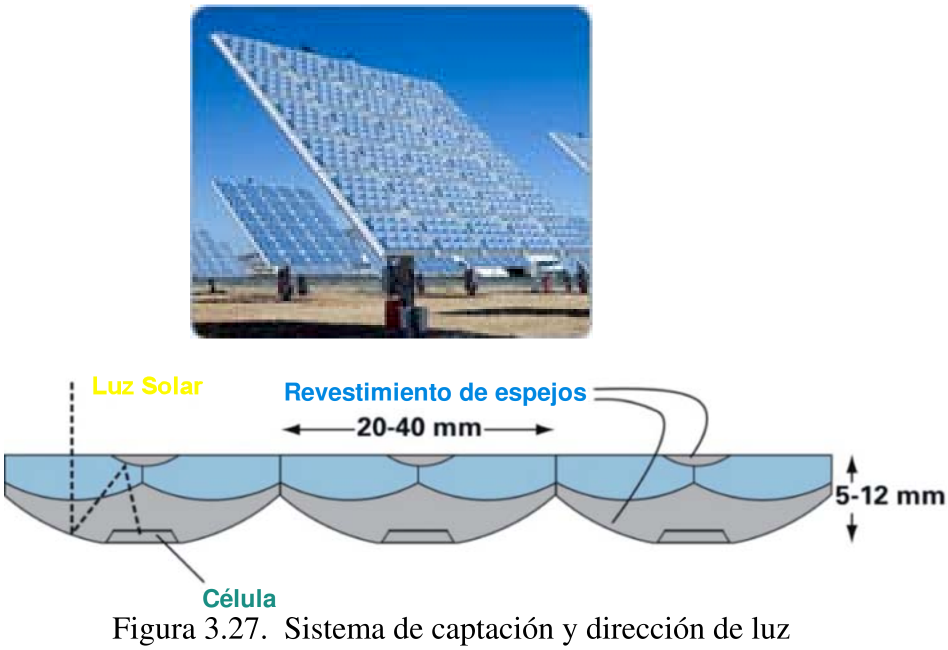


Figura 3.27. Sistema de captación y dirección de luz

Fuente: Conferencia de Mike McGehee – Solar Cells in 2009 and Beyond

Este sistema es bastante efectivo, pero se lo debe utilizar en zonas con luz suficiente (soleados), una ventaja que si poseen los terrenos costeros del Ecuador, por lo que es bastante factible la realización del mismo.

Para demostrar el efecto de este sistema se tiene; el costo por célula multi-unión es de aproximadamente $\$50000/m^2$, y con una concentración por espejos de 500X se reduce dicho precio a $100/m^2$. A esto se le añade el costo por el sistema de concentración de alrededor de \$200/m.

La reducción de luz directa del sol de $1000W/m^2$ a $850W/m^2$.

La eficiencia de las células solares es de 30% para temperaturas normales de operación, añadido a un 75% de eficiencia del sistema de óptico, se tendrá:

$0.3 \times 0.75 \times 850 = 200W/m^2$

Si el coste de la inversión es de $\$300/m^2$, entonces se tendrá un costo de \$1.50/W, lo que convierte en esta célula una opción conveniente.

Figura 3.28. Sistema de captación por espejos

Fuente: www.concienciaplanetaria.com

3.3 Marco de Vidrio y Aluminio

Esa es una parte muy importante en los módulos solares, puesto que es necesario recubrirlos de manera hermética para evitar cualquier filtración de materiales que produzcan impurezas en las celdas fotovoltaicas, y con esto puedan llevar a una gran baja en la eficiencia de las mismas, así como elementos que puedan producir una degradación de los mismos, como lo es la humedad.

Esta protección se encuentra formado en la parte superior por un vidrio anti reflectante para permitir el mayor paso posible de luz hacia las celdas, este vidrio tiene la particularidad de ser de alta resistencia a impactos, puesto que debe proteger los paneles que se encontraran por años al aire libre, en los que pueden producirse cualquier tipo de problemas ambientales.

En la parte inferior, loa paneles se encuentran recubiertos con una capa de plástico de acetato de vinil etileno (EVA), y es en la parte posterior en la que se encuentran las conexiones con el exterior para unión eléctrica del panel con el sistema.

El marco que cubre y sostiene estas partes se forma de aluminio de bajo peso y resistente para evitar los efectos nocivos de la oxidación en el hierro y su alto peso.

Estas partes que forman el marco protector de los módulos fotovoltaicos a más de protegerlos de las impurezas y efectos nocivos del ambiente, también van a facilitar una fijación del módulo y sus conexiones internas en una sola estructura de soporte que generalmente se coloca para mantener los paneles aislados del terreno y alcance de los posibles pequeños animales que puedan encontrarse cerca.

3.4 Baterías utilizadas para Sistemas de Generación Fotovoltaica.

Las baterías en las generadoras fotovoltaicas cumplen con varios propósitos esenciales, tales como, el aprovechamiento mediante la acumulación de energía para momentos de alta irradiación solar en los que los paneles producen más energía que lo que consume la carga, o en los momentos de bajo consumo, ambos, momentos en los cuales existe una generación sobrante de energía, la cual se puede almacenar efectivamente, para luego ser entregada en los momentos en los que la energía que puedan producir los paneles sea insuficiente o la carga sea mayor a la energía que puedan producir, esto es, especialmente en los momentos de oscuridad o sombra, en los que los paneles no generan, o en momentos en los que la carga necesita absorber mayor corriente que la que es capaz de entregar un panel, incluso en su momento de máxima generación, por lo que las baterías entregan la corriente que hace falta.

En el tema de las baterías necesarias para un sistema de generación mediante paneles fotovoltaicos es de suma importancia mencionar dos tipos de baterías de distintas características para reconocer la elección adecuada para un sistema de generación fotovoltaica.

Figura 3.29. Banco de Baterías para sistemas Fotovoltaicos

Fuente: www. ecosolar.netizen.com.ar

De manera especial, el banco de baterías, para sistemas aislados a una red principal, es de suma importancia, puesto que estos son los que mantienen la tensión en los niveles efectivos para la utilización por el consumidor, y permiten mantener al panel en el voltaje de máxima potencia. Debido a que los paneles solares, en ausencia de un banco de baterías tendrían tensiones muy cambiantes que dependerán de la radiación solar a la que están expuestos y la energía que pueden entregar, lo que ocasionaría problemas al momento de suplir a la carga por el efecto cambiante en el voltaje. Por tanto es muy importante un banco de baterías para sistemas aislados.

Inicialmente aparecieron las baterías construidas con la finalidad de suplir a los motores de los automóviles con una corriente elevada por periodos significativamente cortos, mientras que posteriormente se dio la aparición de las baterías utilizadas para la carga y descarga lentas, las denominadas "Baterías de Ciclo Profundo", las cuales tienen capacidad de descargas constantes por periodos altos; en principio con una descarga con corriente máxima la batería tendrá un tiempo de duración de veinte horas, tiempo que no es aplicable a las baterías de automóviles.

Inicialmente se verán las propiedades de la Batería Automotriz, para luego mencionar la superioridad de las Baterías de Ciclo Profundo para este tipo de sistemas.

3.4.1. Batería Automotriz

Para este tipo de baterías se mencionan cuatro parámetros[1] importantes:

- Amperes de arranque en frío, CCA (Cold Cranking Amps).
- Amperes de arranque, CA (Cranking Amps)
- Nivel de reserva, RC (Reserve Capacity)
- Amperes horas (20 hrs de descarga)

[1] *Mayor detalle de los parámetros en el Anexo H.*

De estos parámetros se puede determinar un objetivo para las baterías de automóvil, el mismo que consta en asegurar el arranque para un vehículo en los distintos parámetros ambientales en el que este se encuentre; de manera especial en momentos cuando la temperatura externa alcance los 0°C, momento en el cual la actividad de los químicos que conforman la batería es reducida y será más dificultoso producir la energía suficiente para el encendido del motor.

El Nivel de Reserva tiene el fin único de determinar el tiempo de duración de una batería en caso de no producirse una carga de la misma y se encuentre únicamente entregando energía. Este indica un nivel bajo de Amperes que entregará la batería, los cuales no se refieren al encendido de un motor puesto que no serán capaces de producir el encendido por su baja corriente, pero si indican durante cuánto tiempo la batería podrá suplir energía a cargas mucho menores antes de llegar a su nivel mínimo en el cual no podrán suplir de más corriente a la carga. Usualmente indicado para especificar la duración en la cual las luces del automóvil u otro equipo electrónico del mismo se mantendrá consumiendo energía mientras el auto esté apagado antes de que la batería se descargue por completo.

3.4.2. Batería Solar

Las baterías solares poseen del mismo modo cuatro parámetros a ser mencionados:

- La capacidad de almacenamiento de energía
- La profundidad de descarga que la batería puede soportar sin daños a manera repetitiva.
- La corriente máxima entregada de forma continua a una carga fija durante una cantidad de horas definida.
- La vida útil de la unidad.

Este último parámetro también se lo puede mencionar a manera del número de carga-descargas de la batería, puesto que la vida útil de la misma se basa en cuan constante fue su utilización.

En este tipo de baterías se ha estandarizado una particularidad; la corriente máxima de descarga. Esta corriente es a diferencia de las corrientes de las baterías de automóviles muy reducida, así, para una batería de automóvil las corriente que estas pueden enviar son aproximadamente de 1000A durante un periodo de 3 segundos aproximadamente, mientras que las baterías para fotovoltaicas están diseñadas para enviar corrientes de 10 a 25 A durante 20 horas. Luego de este periodo de descarga continua que indica se la batería solar llegará a un nivel en el que dejará de enviar energía, el cual se denomina energía en reserva, que representa el 20% de la energía máxima que puede acumular la batería solar.

Así, si una batería solar tiene 400Ah, la corriente máxima que esta batería podrá entregar durante la descarga será de 20A, ya que como se indicó que el tiempo de descarga constante para una batería de este tipo es de 20 horas, entonces, se calcula la corriente mediante

$$Imax = \frac{Capacidad[Ah]}{Tiempo(20h)}$$

El tiempo en el que se descargue la batería podrá ser mayor a las 20 horas normales en las que se suele descargar, lo que conlleva a una corriente menor de descarga constante que el máximo. De manera opuesta la batería no podrá tener menores tiempos de descarga, puesto que al ocurrir dicho suceso, la batería tendrá una corriente mayor a la máxima aceptada por la misma, lo cual va a producir que la resistencia interna de la batería se incremente de sobremanera, con lo cual el voltaje de salida de la misma va a ser mucho menor y por tanto la capacidad de suplir a la carga con corriente constante se anula. Este suceso se debe a las sustancias y procesos químicos a los que se encuentra sujeto el funcionamiento de las baterías para la carga y descarga de las mismas.

En el caso especial, que dichas sobre corrientes entregadas sean transitorias, se va a tener una disipación de calor calculado como I^2r, este proceso producirá que la batería se dañe de manera permanente.

En el caso de necesitar una corriente mayor para las instalaciones alimentadas por las baterías de los paneles fotovoltaicos se deberán colocar baterías con especificaciones en las cuales las corrientes sean mayores, o deberán colocar varios bancos de capacitores para la alimentación.

Con las especificaciones de la batería se puede obtener también el voltaje o la energía acumulada por la misma, basándose únicamente en la siguiente fórmula:

$$Wh = Voltaje_{nominal} \times Ah$$

Para las baterías solares uno de los puntos más importantes es la mencionada Profundidad de descarga, la cantidad de la energía que puede ser extraída de la batería, generalmente dado en forma porcentual, puesto que estas baterías son conocidas también como "Baterías de Ciclo Profundo", debido a que estas contienen un porcentaje bastante alto de energía que entrega la batería. Generalmente para las baterías de este tipo, la "Profundidad de Descarga" puede alcanzar el 80%.

Finalmente, se debe hacer mención a la vida útil de las baterías. Esta especificación de vida útil se produce debido a los distintos procesos de carga y descarga de las baterías.

Al momento de las descargas, las baterías tienden a perder material activo, el cual se suele depositar al fondo de la misma, por lo que este material pierde su función en la batería, ya que es la superficie activa en las baterías la cual realiza el proceso de cargado de la misma, y al momento de existir perdidas en esta, este proceso se ve mermado y la carga de las baterías se reduce.

Puesto que este proceso de descarga es el causante de la pérdida del material activo, la vida útil de la batería será mayor o menor teniendo en cuenta el número de ciclos que se producen en la mima y cuan elevada fue la Profundidad de Descarga de los mismos. A mayor numero de procesos, o mayor Profundidad de Descarga, la vida útil se reduce.

Ahora, para determinar la mejor opción de baterías para un sistema fotovoltaico, se deberá tener en cuenta las propiedades de las necesidades de la misma, esto es, una alimentación continua, para toda la noche y para momentos en los que los factores ambientales no permitan la generación en los paneles. En estos casos, las baterías deberán encontrarse en funcionamiento durante un periodo continuo sin ser recargadas por la generación fotovoltaica.

Teniendo en cuenta el enunciado anterior, se verifica lo sucedido en ambos tipos de baterías; en las baterías de automóviles los procesos de descarga son muy cortos (básicamente segundos), pero con una corriente transitoria con valores picos extremadamente elevados (alrededor de1000A.), y a continuación se producirá una carga de la misma; por otro lado se encuentra la batería de ciclo profundo, en las cuales el proceso de carga y descarga son de larga duración, y en los cuales se necesita la cantidad de Ahr y Proceso de Descarga, propiedades que no son de importancia en las baterías de automóviles.

Lo que hace especial a las Baterias de Ciclo Profundo es su capacidad de acumulación (Ah x V) y entrega (PdD) durante periodos extensos. Mientras que en las baterías de automóviles su utilidad se basa en la entrega de altas corrientes durante tiempos muy cortos (segundos). Debido a estas propiedades de las baterías es de indicar que las baterías solares poseen mayor capacidad de entregar carga (Ah) que las baterías de automóviles, las cuales tienen una fracción de la eficiencia y capacidad de alimentación de las de ciclo profundo. Se tienen entre varios datos que las baterías solares de utilización normal tienen una capacidad de 250Ah, mientras que las baterías para automóviles poseen un máximo de 60Ah.

3.4.3. Construcción interna

Las baterías solares tienen económicamente tienen un precio mayor a las baterías de automóviles, efecto causado por su proceso de producción.

Las baterías de automóviles son fabricadas con placas de "plomo esponjoso", cuyo fin es ofrecer la mayor superficie de conducción para la batería, y de esta forma reducir en la mayor forma la reducción de voltaje que sufre la misma al circular una corriente muy alta, necesitada para el arranque del motor. Para estas baterías se ha determinado un factor conocido como densidad de corriente, expresado bajo las unidades de A/cm^2, las cuales indican la cantidad de corriente que circulará al momento del arranque por el área de las placas de la batería.

En el otro punto, las baterías solares necesitan de una mayor cantidad de "material activo"*, lo que las convierte en más pesadas por su densidad, ya que con este material la vida útil de las baterías se ve prolongada para un funcionamiento mayor y entregar energía por periodos más largos.

Esta diferenciación es un factor importante en el precio de las baterías, puesto que una batería para automóvil que consta de 6 celdas y entrega un voltaje de 12V, va a tener un volumen similar a la batería de 6V con tan solo 3 celdas solar, pero la segunda pesará casi 30Kgs más que las baterías solares, por su densidad en el material activo que tienen en su interior.

De manera concluyente, en un estudio basado en estas dos alternativas de baterías, muestran que las diferencias son sustanciales entre ambas, y no pueden ser utilizadas con una finalidad para la que no fueron diseñadas. Así, en una central de generación fotovoltaica no pueden utilizarse baterías diseñadas para automotores, ya que su duración será inmensamente corta, por lo que los costos que se van a ahorrar en la adquisición del banco de baterías al comprar baterías de automóviles va a proyectarse a largo plazo en un costo mayor, puesto a la necesidad de ser cambiadas con mayor frecuencia que las baterías construidas con la finalidad propia de una centrar fotovoltaica.

En conclusión, las baterías de automóvil aun cuando tienen un precio menor al momento de la compra, van a necesitar ser cambiadas con mayor frecuencia y aumentará el costo a plazo, pero las baterías solares, por su estructura y diseño tendrán un costo significativamente elevado, pero estas serán más eficientes, alimentarán a la carga de manera continua y confiable y por último, los tiempos de vida de las mismas serán mayores, no se producirá un desgaste agresivo como en las de automóvil, y así estas deberán ser cambiadas con mayor frecuencia, produciendo un ahorro a largo plazo en relación con las de uso automotriz.

3.4.4. Evolución en las baterías

En el ámbito de las baterías solares se han venido mejorando las baterías a utilizarse debido a su aumento en la producción de energía con este fin, y una mira a futuro del crecimiento de la misma.

Existen baterías modernas tales como:*

- Pb-ácido con electrolito húmedo
- Pb-ácido con caja hermética
- Batería tipo AGM
- Batería de Níquel y Cadmio.

3.4.4.1. Pb-ácido con electrolito húmedo

La primera de estas se la ha diseñado con nuevos separadores combinados con nuevos electrolitos pastosos, los cuales tienen la finalidad de reducir las pérdidas del material activo de las baterías, y de esta forma, la vida útil de las mismas se ve prolongada; conjuntamente una reducción de la resistencia del acumulador para evitar bajones en el voltaje y una disminución en la estratificación del electrólito. Adicional a estas mejoras de fondo se le ha dado unas cuantas mejoras en la forma de la caja de la batería, ya que se les ha colocado tapones de ventilación y se ha colocado costillas de refuerzo, para poder mejorar la resistencia mecánica externa.

Figura 3.30. Troyan T-105 y L16-H

Fuente: http://www.epsea.org/esp/pdf2/Capit06.pdf

Es de utilidad mencionar que son varias las compañías que se han dedicado a la fabricación de baterías de ciclo profundo, con finalidades fotovoltaicas, entre las más importantes se encuentran las US Battery™, Trojan™ y Concorde™.

3.4.4.2. Pb-ácido con caja hermética

También existen las baterías gelatinosas, las cuales contienen electrolitos gelatinosos. En esta cajas se recombinan los gases producidos, debido a que las mismas son herméticas y no permiten la fuga de los mismos; esta recombinación dependerá de la actividad electrolítica, lo que significa el valor de la corriente que van a manejar. Un elemento significativo en este tipo de baterías es la válvula de seguridad que poseen para protegerla de cortocircuitos externos.

3.4.4.3. Batería tipo AGM

Por último, las baterías AGM (Aggegated Glass Mat), contiene una alfombrilla cuya constitución es fibrosa fina formada por silicio y boro que sirve de separación entre las placas. El electrolíto se lo forma con una estructura gelatinosa densa, con un grado mayor de saturación que el electrolito líquido, lo que le proporciona un gran número de desventajas ante las baterías convencionales, por esto y por su precio razonable han pasado a ser las baterías más aptas y modernas para el mercado en alimentación de generación fotovoltaica.

Ventajas:

- Tienen una auto-descarga no mayor al 3% mensual, tomando como referencia una temperatura externa de 25ºC.
- Gracias a un mayor grado de recombinación de los gases de carga (mayor al 99%), estas baterías pueden tolerar mucho más el abuso de las tipo hermética.
- Tienen la capacidad de recuperar su carga hasta el 100%, sin importar si han perdido su carga de manera completa.
- No necesitan ecualización(8).
- Tienen una resistencia más elevada a los cambio de temperatura ambiente, y soportan temperaturas menores sin producirse problemas internos.
- No necesitan de mantenimiento, por lo cual su utilización se puede expandir a lugares remotos donde no es posible realizar mantenimientos continuos, tales como puestos telefónicos alejados o repetidoras, también como propagandas.
- Para las generadoras caseras son baterías ideales, ya que no permiten el escape de cantidades significativas al ser cargadas, por lo que para lugares habitados como en el hogar son la mejor opción. El escape de gases es menor al 4% del total.

- Para la exportación y compra, al igual que el envío interno tiene costos menores, ya que no son considerados materiales peligrosos.
- Adicionalmente, para las instalaciones caceras, este tipo de baterías es factible debido a que si existe un problema con las mismas e incluso si se produce la ruptura de la caja el electrolito no se riega, lo que da soporte a un sistema de baterías en el hogar y lugares donde existe bastante movimiento.

Desventajas:

- La corriente y el voltaje de carga son más bajos que para la de electrolito líquido, lo que significa que el tiempo de carga es mayor.
- Su costo en relación a una batería de Pb-ácido con electrolito líquido es de dos a tres veces mayor.

3.4.4.4. Baterías de Níquel y Cadmio

Este tipo de baterías de ciclo profundo tienen un alto valor económico, por lo que no son muy aceptadas en el mercado de baterías para generación fotovoltaica; esto es de seis a ocho veces el valor normal de una batería de Pb-ácido con electrolito líquido, que son las baterías de uso normalizado. Este costo inicial en la compra de la misma se ve reflejado en una reducción de aproximadamente cinco veces en un costo a largo plazo debido a la reducción en costos operacionales.

El diseño de estas baterías se basa en la utilización de “placas con bolsillos”. Estas son de acero inoxidable con pequeñas depresiones, que es el lugar en el que se coloca el material activo.

El electrolito utilizado en estas baterías está formado por una solución de agua e hidróxido de potasio, la cual en su parte superior posee de una capa fina de aceite, cuya finalidad es la de evitar la oxidación por el oxígeno del ambiente.

La superioridad de estas baterías, las más modernas en el medio, se mencionan a continuación:

Ventajas:

- Toleran un PdD muy cercano al 100% de carga.
- Alcanzan a tolerar un abuso mayor en el equivalente de Pb-ácido, pueden soportar mayores procesos de cargas y

descargas excesivas y pueden mantenerse en funcionamiento con bajo estado de carga.

- El problema de sulfatación de placas y la congelación del electrolito es anulado.
- La vida útil es extremadamente larga, se aproxima al doble de una batería de igual capacidad de Pb-ácido. Uno de los mayores fabricantes en este tipo, SAFT-NIFE, los garantiza por 20 años.
- Pueden mantener una alta eficiencia con las bajas y altas temperaturas y los cambios extremos en la temperatura y humedad ambiente. Gracias a esta propiedad importante para estas baterías son muy aptas para climas tropicales, y para la región costa del Ecuador, cuyos cambios de clima y humedad son significativos y muy variantes.
- Posee una propiedad de autodescarga, que en su inicio es elevada, pero con el tiempo va disminuyendo significativamente, razón que lleva a largos periodos de almacenamiento con una retención considerable de la carga inicial.

Desventajas:

- Las celdas utilizadas en las baterías poseen un voltaje muy bajo, por lo cual es necesario un mayor número de celdas por batería para obtener voltajes cercanos a los 12V, razón importante para el elevado precio de la batería.
- No es posible la utilización de un densímetro en estas baterías para determinar el Estado de Carga (EdC), debido a que el electrolito en estas baterías tiene un rol pasivo. Este actúa solo como transportador de carga, por lo que no tiene una variación alguna en la densidad entre celdas cargadas o descargadas.
- Es necesaria la utilización de un voltímetro para la evaluación del EdC, y una mayor dedicación al momento de esta prueba para las baterías, ya que es necesario medir el voltaje de salida de la misma para determinar su carga o descarga. Es necesario un voltímetro bastante preciso, puesto que la diferencia entre el voltaje de carga y el de descarga es de 1.4V cargada y 1.1V descargada.
- Se tienen problemas en la característica de descarga, ya que estas baterías mantienen un voltaje bastante constante en el proceso de descarga, hasta terminar con su capacidad de almacenaje, y en ese instante el voltaje cae en forma

vertiginosa, por lo que el usuario no tiene un aviso previo para poder estar atento al llegar al punto límite de descarga de las baterías.

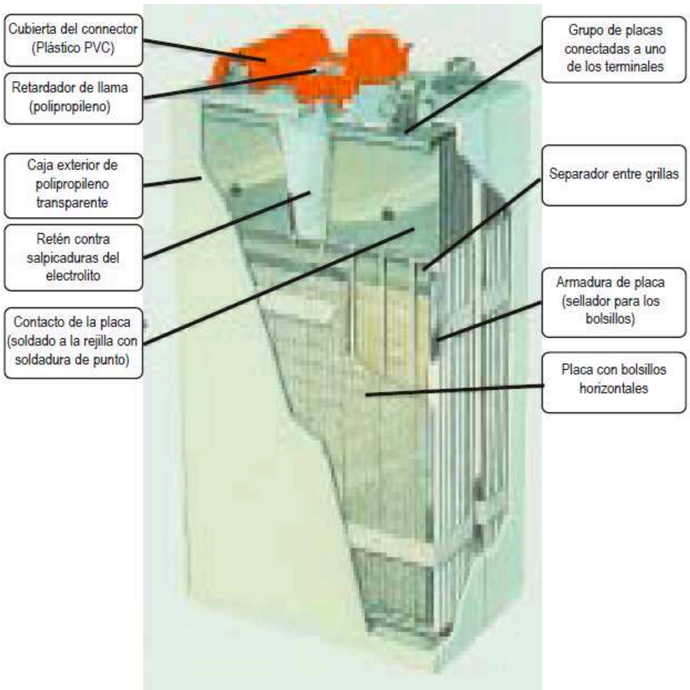


Figura 3.31. Batería de Níquel y Cadmio (SAFT-NIFE)

Fuente: http://www.epsea.org/esp/pdf2/Capit06.pdf

La relación química que da lugar al proceso de carga y descarga de las baterías es colocado a continuación, junto con una especificación de las características de las baterías de Pb-ácido y las de Níquel y Cadmio que fueron presentadas anteriormente:

$$PbO_2 + Pb + H_2SO_4 \leftrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O + Energía\ Eléctrica$$

En la ecuación química, el proceso de descarga se da de izquierda a derecha, mientras que el proceso de carga se produce al ir la ecuación de derecha a izquierda, por lo que se puede concluir que en las baterías, al ser los mismos procesos pero inversos se puede dar de manera constante, y es detenido en el momento que los materiales contenidos en la misma se descompongan o pierdan sus nexos.

Características	**Pb-Acido**	**Niquel-Cadmio**
Temperatura de operación (ºC)	Ambiente	Ambiente
Rendimiento energético (%)	80	60 - 75
Ciclos de vida (ciclos)	1500 - 2000	1500 - 3000
Electrolito	H_2SO_4	KOH
Funcioamiento	Electrodos Sólido	Electrodos Sólidos

Tabla 3.2. Caracterísitcas Pb-Acido y NiCd

Fuente: material entregado por el Ing. Javier Urquizo

Es importante tener en cuenta que para la colocación de las baterías en un sistema fotovoltaico se debe realizar un estudio específico de la tasa de días nublados, así como del consumo de energía, especialmente en estos momentos y en las noches, juntos con el tipo y características de baterías se puede tener la cantidad de las mismas que serán efectivas al colocar dicho sistema.

El banco de baterías puede ser diseñado en serie o paralelo, o una mezcla entre estos dos, dependiendo de la cantidad de corriente que puede entregar la batería en relación con la cantidad necesaria por la carga en su momento de máximo consumo. Pero al momento de ser colocadas en paralelo se debe conocer que en los procesos de carga/descarga este diseño puede producir un desequilibrio en las corrientes, lo que puede llevar a que un grupo pueda perder su capacidad por inversión de la polaridad que se pueda dar.

Finalmente, se debe tener en consideración que las baterías deberán colocarse de manera preferente en cuartos protegidos pero que contengan ventilación para evitar la acumulación de los gases producidos por las mismas, y deben también encontrarse lo más alejados de personas o lugares con mucho movimiento, puesto que pueden producir derrames del ácido que contienen o de daños en la piel, así como cortocircuitos por mala manipulación en las mismas.

Generalmente, el mantenimiento que se les debe dar a las baterías se basa en la adición de agua destilada, o electrolitos, a pesar que existen otro tipo de baterías conocidas como “baterías libres de mantenimiento”, las cuales no tienen grandes pérdidas de este líquido, por lo que no necesitan del mismo.

Para las baterías utilizadas en las centrales de generación fotovoltaica, es de suma importancia mantener el ciclo de carga y descarga dentro de los límites especificados por las mismas características de las baterías, evitando de esta manera que sufran daños que limiten la vida útil de la misma y la acorten.

Debido a que un banco de baterías de este tipo tiene un coste alto, es necesario mantenerlas en un funcionamiento correcto con la finalidad de no acortar su vida útil ni producir daño en alguna d estas, por lo que es necesario tener un regulador de carga.

3.5. Regulador o Controlador de Carga

Este es un dispositivo cuyo objetivo es el de proteger la vida útil de las baterías. Dicho objetivo es logrado gracias a que el regulador de carga es un equipo que permitirá que el flujo de carga hacia y desde la batería sea realizado de una manera correcta. Su funcionalidad está basada en el control de carga en las baterías, así permitirá que el flujo de energía sea enviado desde los módulos fotovoltaicos hacia las mismas en el proceso de carga, pero cortará dicha alimentación al momento en el que las baterías se encuentren completamente cargadas; de igual forma, para procesos de descarga, el regulador va a tener la función de permitir el flujo de energía desde las baterías hacia la carga conectada siempre y cuando la carga de las baterías se encuentre en los límites establecidos en sus características, esto es, que no sobrepase el límite máximo de descarga, para evitar la pérdida de material activo en las baterías.

También, los más modernos pueden indicar el nivel de carga de las baterías.

Figura 3.32. Distintos Controladores de Carga

Fuente: www.webdosb.com

Para un regulador de carga, es necesario realizar una buena elección, dimensionándolo e instalándolo correctamente, puesto que como ya indicamos, de este depende que las baterías tengan una larga vida útil; teniendo en cuenta el tipo de baterías y la carga y consumos presentes y futuros de nuestra instalación.

Actualmente, suelen ser colocados con un controlador en serie para la desconexión del mismo para bajos voltajes.

Generalmente, los convertidores pueden ir desde los 12V a 48V y de 5 a 50A de corriente, por lo cual se tiene un rango suficiente para realizar la mejor elección de los mismos.

3.6. Convertidores CC/CC

Este tipo de convertidores son los encargados de suplir a la carga con la tensión requerida por la misma en corriente continua, puesto que puede darse el caso en el que la tensión que generan los módulos fotovoltaicos, o los que salen de las baterías no son el suficiente o requerido por la carga. Esto se da generalmente cuando la carga se encuentra a varias tensiones, esto puede ser a 12V ciertas cargas mientras que otras se pueden encontrar a 24V o 48V.

También son utilizados para realizar mediciones en la red fotovoltaica, siendo este el que alimenta los equipos de medición, logrando con esto optimizar el funcionamiento de la instalación.

3.7. Inversor

Como se ha mencionado constantemente, la corriente que entregan los módulos fotovoltaicos es corriente continua, y su nivel de tensión es normalmente de 12V o 24V. Para ciertos equipos y aparatos eléctricos, esta tensión es suficiente para la alimentación y correcto funcionamiento de los mismos, pero es de mencionar que son pocos dichos aparatos, puesto que la gran mayoría (cerca del 95%) de equipos utilizados en los hogares ecuatorianos funcionan a un nivel de tensión efectiva de 120V y con corriente continua a una frecuencia de 60Hz; por lo tanto, es necesario obtener dicha corriente en gran parte del sistema de alimentación fotovoltaico, y es en este punto en el que hace la aparición el inversor.

Figura 3.33. Inversor

Fuente: www. www.soygik.com

El inversor es un elemento encargado de transformar la onda de corriente y voltaje de continuo a alterno y a tensiones deseadas, así, transformará la corriente directa y el voltaje de 12V o 24V en corriente alterna a un nivel efectivo de voltaje de 110V o 120V para luego ser distribuido por la instalación.

Los inversores son equipos con pocas perdidas (inferior al 10%), muy eficientes y confiables, los cuales deberán ser elegidos teniendo en cuenta las cargas a las que se desea alimentar y sus costos.

Estos equipos tienen la particularidad de que al ser conectados directamente en el campo fotovoltaico, extraen la máxima potencia del sistema, gracias a un sistema de seguimiento de punto de máxima potencia que poseen.

3.8. Estructuras y accesorios

La estructura para los paneles fotovoltaicos son usualmente hechos de acero galvanizado o aluminio anodizado, de tal forma que son resistentes a los efectos de la corrosión.

Esta estructura deben soportar un peso de aproximadamente $10kg/m^2$ que se tiene de las celdas fotovoltaicas, más la fuerza que pueda producir el viento en estos, por lo que deben ser muy resistentes. Para minimizar las fuerzas del viento estudios han llegado a la conclusión que se necesita separar los módulos en 1cm. entre si.

En la actualidad, teniendo en cuenta el aumento significativo del mercado de energía fotovoltaica y sus muchas aplicaciones, se han desarrollado nuevos tipos de estructuras, que ya no solo se encuentran implementadas en los “campos fotovoltaicos”, sino también en techos de edificios, en el tejado o en las terrazas, al igual que pueden reemplazar a las tejas ordinarias al colocar este sistema, e incluso en varios edificios se han colocado los sistemas fotovoltaicos en las fachadas de los mismos. Todo esto ha producido una mayor flexibilidad en la colocación de los sistemas y ha aumentado la aceptación de los mismos.

Finalmente, las instalaciones fotovoltaicas deberán tener sistemas de seguridad y protecciones, en el caso de ser pequeñas y caceras, con un fusible o un interruptor de baja capacidad o un pequeño relé será suficiente, mientras que para grandes centrales o campos de generación serán necesarios los sistemas de protección completos, para sobrevoltajes y distintas fallas internas tanto como externas de alta velocidad debido a la alta sensibilidad de los equipos colocados, adicionalmente a sus altos costos. Conjuntamente con un sistema de conexionado adecuado para dichas instalaciones, en especial las de mayor capacidad.

Figura 3.34. Estructura y Soportes para los Módulos Fotovoltaicos

Fuente: www.google.com

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL SISTEMA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RURALES.

4.1. Introducción al Diseño del Sistema Eléctrico Fotovoltaico

Actualmente, en el Ecuador, al igual que alrededor del mundo, existen muchas personas que se encuentran en áreas rurales muy alejadas a los focos poblacionales, en puntos a los que en su mayoría no han alcanzado aún las redes de electrificación. Estas personas podrían sentirse beneficiadas al momento de adquirir dicha energía, lo que podría reflejarse en un resultado con la reducción de la migración poblacional a las ciudades principales produciendo los efectos resultantes de la sobrepoblación.

Para la electrificación de los puntos rurales es extremadamente cara la orientación de redes eléctricas hacia cada punto, teniendo costos promedios de $1000 por nodo, lo que para cada población, o pequeña comunidad llevaría una inversión necesaria de millones de dólares, por tanto, la energía eléctrica generada mediante sistemas fotovoltaicos da como resultado una opción factible para la electrificación, no tan solo en nuestro país, sino en todo el mundo, siendo este un medio de electrificación mucho menor relacionado al levantamiento de líneas.

A pesar de ser una opción superior frente a muchas otras, entre ellas las micro-hidroeléctricas o las centrales de generación térmica, este tipo de generación han tenido muchas dificultades para el ingreso e implementación en el sistema ecuatoriano de electrificación, debido a sus altos costos iniciales (inversión), ya que los equipos utilizados para la generación fotovoltaica son muy elevados, acarreando con esto la dificultad de un medio de inversión suficiente para los grandes costos, y es por esta razón que el Estado actualmente ha realizado importantes avances en este punto, facilitando así las prestaciones y las inversiones propias en estos sistemas para mejorar la disposición eléctrica a todos los pobladores del país.

Figura 4.1. Paneles Fotovoltaicos instalados en la "Estación Científica Charles Darwin".

Fuente: Realizada por el autor

4.2. Consideraciones y estudio de la Carga

El sistema de generación fotovoltaica, como se ha mencionado será dirigido al sector rural, para viviendas de bajo presupuesto y con un consumo reducido, a las cuales aún no ha llegado con las redes de electrificación.

Estos hogares de manera general no son poseedores de mayores equipos eléctricos, en algunos casos incluso carecen en su totalidad de los mismos, puesto que habrán casas a las cuales la electrificación no ha alcanzado como se menciono, y a los que se ha alcanzado con alguna red o una alimentación de energía diferente al ser de un estrato social bajo no se espera encontrar mayores equipos eléctricos, y por tanto la carga que se encontrará en los mismos será baja.

Esta especificación ayuda a la utilización de la energía fotovoltaica, puesto que este sistema es un productor de poca energía, y los costos aumentan significativamente a razón del aumento de la energía que se desee conseguir de los mismos, por lo que para hogares rurales con poca carga será factible la instalación de este sistema de generación.

Para realizar una inversión en generación fotovoltaica, inicialmente es necesario tener en cuenta la carga a la que este sistema va a suplir, y por tanto se deben realizar los estudios de dichas cargas, determinarlas, al igual que determinar las horas de uso de las mismas, para así tener la energía que va a consumir de manera promedio un hogar común en las áreas rurales del Ecuador.

Debido a las características de los aparatos y electrodomésticos en el país, se conoce que la aplicación de carga DC es muy limitada, y en especial en lugares a los cuales actualmente no llega energía y de personas de recursos económicos limitados, para quienes es más complicado obtener equipos DC, de mayor costo relativo y más escasos en el mercado, que obtener los equipos AC comunes.

Se realiza una determinación de las cargas del hogar, teniendo en cuenta la utilización de iluminación mediante lámparas de leds, añadida la utilización de refrigeradores de bajo consumo.

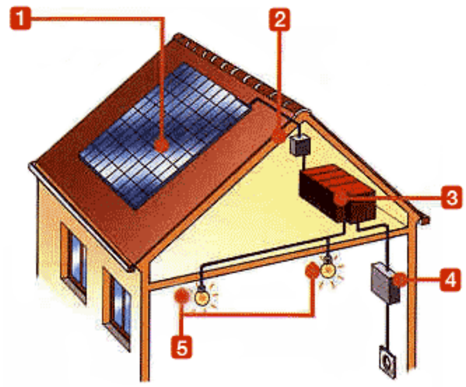


Figura 4.2. Instalación en una Vivienda

1. Módulos fotovoltaicos, 2. Regulador de carga, 3. Batería, 4. Inversor,5. Iluminación.

Fuente: www.ercyl.com

Normalmente, para un hogar de recursos limitados, y en un área rural alejada, se encuentran las siguientes cargas, mencionadas en la tabla siguiente:

TABLA DE CARGAS					
Especificación	**Cantidad**	**Corriente (A)**	**Potencia (W)**	**Horas de uso diario**	**Consumo diario (Wh)**
Radio	1	0.18	20	8	160
Refrigerador	1	0.42	50	6	300
Cargador Celular	1	0.04	5	2	10
Televisor	1	0.25	50	4	200
Bombilla LED	2	0.12	14	4	168
Reloj despertador	1	0.04	5	24	120

Tabla 4.1. Tabla de Cargas para una Vivienda Rural

Fuente: Realizada por el autor

De esta tabla podemos determinar la energía que consumirá la vivienda a la que deseamos alimentar, para lo cual podremos sacar los datos totales de la misma para la posterior selección del tamaño del sistema a utilizarse.

Potencia Individual Instalada (W)	144
Potencia Simultanea (W)	115.2
Energía diaria (AC) (Wh/día)	958
Pérdidas de eficiencia por Inversor	15%
Energía Diaria (DC) (Wh/día)	1101.7
Energía diaria DC (Ah/día)	91.8

Tabla 4.2 Equipos a utilizar en la instalación

Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla anterior se debe mencionar que las pérdidas generales por eficiencia del inversor se encuentran alrededor de los 15%, por lo que fue este el porcentaje seleccionado para el mismo, el cual nos ayuda a reflejar la energía que necesitan generar los paneles solares para alimentar a la carga que se encuentra en funcionamiento en sistema de corriente alterna. Para la potencia se ha tomado un factor de coincidencia del 80%, por lo que de la potencia instalada máxima se tiene una potencia simultanea para el día, ya que no son completamente exactos los datos, sino sujetos a las diferentes situaciones de la vivienda.

La potencia individual se refiere a la suma de las potencias individuales de cada equipo que se ha tenido en cuenta para la carga.

La potencia simultánea es la potencia que se espera que se tenga de los equipos conectados al mismo tiempo, para lo que se tiene en cuenta un factor de coincidencia del 80% debido a que no todas las cargas se encontrarán conectadas al mismo tiempo.

La energía diaria AC se la consigue como resultado de la suma de la energía que van a consumir los distintos equipos a lo largo del día, valor que se obtiene de la última columna de la Tabla 4.1, posterior a eso se tiene en cuenta como se mencionó el 15% de pérdidas por inversor, y luego se obtiene la energía diaria en DC mediante la fórmula siguiente:

$$E_{DC} = E_{AC} \times 1.15$$

Ecuación 4.1.

Fuente: Elaborado por el autor

Para obtener la cantidad de corriente diaria DC que va a consumir la carga se la obtiene mediante el valor E_{DC} dividido para el voltaje efectivo que se tendrá de los paneles que es de 12Vdc.

Posteriormente, debemos obtener la carga mensual para todo el año de la vivienda, puesto que mes a mes la carga tiende a comportarse de manera distinta, llegando a valores picos generalmente en el mes de enero, mientras que tiene valores mínimos de manera general el mes de febrero.

Debido a estos cambios en la carga mensualmente se deberá realizar una tabla con dichos valores para su posterior utilización en la cantidad de paneles necesarios. La carga mencionada inicialmente será la carga que se tendrá en el mes de mayor consumo, esto es en enero, y posteriormente se obtendrá mediante el cálculo el valor para los diferentes meses.

Para realizar dicho cálculo se obtendrá un conjunto de curvas de carga típica para una vivienda de la costa gracias a la Empresa Eléctrica de Guayaquil, mediante la cual se observará los valores máximos y mínimos al igual que los meses en los que estos suelen ocurrir para tres años distintos, para así mediante una regla de tres, se obtendrán los cambios en los valores de la carga, así la formula final para dicho cálculo quedará así:

$$L_i = L_M \times \frac{E_i}{E_M}$$

Ecuación 4.2.

Fuente: Elaborada por el autor

Donde:

Li : Energía de la carga de la vivienda rural en el mes i.

L_M : Energía de la carga de la vivienda rural máxima indicada anteriormente.

E_i : Energía de la carga de una vivienda "X" en el mes i.

E_M : Energía de la carga de una vivienda "X" máxima.

A continuación se presenta una tabla con los valores mensuales de una vivienda típica "X" de la costa para tres años distintos, con lo que se obtiene un arreglo para lograr un promedio de dichos años para tener un modelo más real del comportamiento de la carga en los distintos meses, junto con el factor mensual para la aplicación de la fórmula:

Mes	**kWh**				**Factor Ei/Em**
	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Promedio**	
Enero	289	266	336	297.00	1.00
Febrero	240	258	266	254.67	0.86
Marzo	272	256	280	269.33	0.91
Abril	264	282	279	275.00	0.93
Mayo	298	265	302	288.33	0.97
Junio	310	285	287	294.00	0.99
Julio	278	240	279	265.67	0.89
Agosto	256	285	311	284.00	0.96
Septiembre	266	260	291	272.33	0.92
Octubre	232	284	321	279.00	0.94
Noviembre	262	286	293	280.33	0.94
Diciembre	226	298	275	266.33	0.90
Consumo TOTAL	3193	3265	3520		
Crecimiento		2.254%	7.810%		

Tabla 4.3. Corrección del factor de utilización de carga en los distintos meses

Fuente: Elaborada por el autor

Aplicando la Ecuación 4.2. se completa la tabla siguiente (Tabla 4.4.) en la cual se presentan las cargas mensuales de la vivienda rural a lo largo del año.

Mes	Energía DC (Wh)
Enero	34152.70
Febrero	29284.69
Marzo	30971.25
Abril	31622.87
Mayo	33156.10
Junio	33807.72
Julio	30549.61
Agosto	32657.80
Septiembre	31316.22
Octubre	32082.84
Noviembre	32236.16
Diciembre	30626.27

Tabla 4.4. Energía DC que consume mensualmente la vivienda rural

Fuente: Elaborado por el autor.

Para el cálculo de las cargas es necesario tener en cuenta que la carga diaria presentada inicialmente va a constar en el mes de enero puesto que será el mes con mayor consumo, y por lo que se necesitará multiplicar dicho valor de energía por los 31 días de dicho mes.

4.3. Datos de insolación

Los datos de insolación fueron adquiridos de la página del CONELEC, que adquirieron dichos datos del Laboratorio Nacional de Energías Renovables de Estados Unidos (NREL) que realizó la valoración de la insolación en cada punto de la tierra teniendo en cuenta un área de 40 x 40km para cada muestra en todo el mundo, datos que fueron filtrados por esta institución nacional para mostrar los datos obtenidos para toda el área de Ecuador, teniendo en mención un error de un 10%.

Estos valores de insolación nos servirán posteriormente para determinar el número de los paneles solares necesarios para la instalación de cada vivienda con las características anteriormente mencionadas.

4.4. Selección de características del sistema y paneles fotovoltaicos

Debido a que en el estudio se va a tener un sistema básicamente AC, y únicamente se hará conducción de la corriente y voltaje DC para el tramo de los paneles fotovoltaicos hacia las baterías, vamos a tener un sistema de 12Vdc, pudiendo d esta manera colocar únicamente los paneles en paralelo, ya que cada uno como se especifica en los anexos tendrá una tensión de generación de 17.5

Vdc a máxima potencia, lo que es superior a los 12Vdc, por lo que si podrá alimentar a dicha tensión. Estos 12Vdc son elegidos puesto que no se tendrán pérdidas significativas ya que no es mucho el recorrido eléctrico que debe realizar el sistema.

Posteriormente se colocará un inversor, encargado de transformar el sistema DC en un sistema AC con un nivel de tensión de 110Vdc a una frecuencia de 60Hz.

Para la elección de los paneles fotovoltaicos es necesario tener en cuenta los paneles que puedan prestar un beneficio y rentabilidad significativa, junto con costos acordes a la misma, para que tengan una duración y vida útil acorde con las especificaciones del sistema (alrededor de 25 años).

Para nuestro sistema elegiremos paneles fotovoltaicos de 100Wp EXMORK, cuyas especificaciones se encuentran en los anexos, de silicio policristalino, el mismo que tiene un costo unitario de $400.00, cuyas dimensiones son 1130 x 670 x 35 mm., por lo que se puede definir el área para la captación solar en 0.7571 m^2, dato que será posteriormente utilizado en los cálculos para la potencia.

Para realizar el cálculo necesario para la instalación que realizaremos debemos encontrar la valoración de corriente que es necesaria para la alimentación, añadido un factor del 20% que se destinará a la carga de las baterías para el proceso de carga/descarga de las mismas, valor que luego deberá ser dividido para la cantidad de horas promedio de sol que se tiene en el Ecuador, que es de 4.2 horas. Así obtendremos la tabla siguiente:

Especificación	**Cantidad**
Ah de la vivienda	91.8
Aumento 20% por proceso de Carga/Descarga	110.16
Horas de sol	4.2
Amperios totales(A)	26.23
Corriente pico del panel fotovoltaico (A)	5.71
Número total de paneles mínimos en paralelo	4.59

Tabla 4.5. Calculo de Módulos Fotovoltaicos a usarse

Fuente: Elaborado por el autor

Teniendo como resultado la necesidad de adquirir 5 paneles solares de dicha capacidad como mínimo para poder entregar la corriente necesaria al día para alimentar a la carga. Esto se tomará como un límite de un mínimo de paneles que se deberán utilizar para la instalación fotovoltaica, ya que el cálculo real de los paneles se basará en los niveles de insolación solar del lugar en el que se encontrará la instalación, adicionando las pérdidas o eficiencia que se tendrá de cada paso para la obtención de la energía teniendo como energía inicial la entregada por el sol y finalmente a entregar la energía eléctrica a la carga. Dichos datos de eficiencia y pérdidas se entregarán en la tabla 4.4 a continuación.

Elemento	Eficiencia	Pérdidas
Inclinación		3%
Paneles	16%	84%
Acoplamiento		10%
Conductores + Puntos Calientes	98,5%	1,5%
Pérdidas en la carga		5%

Tabla 4.6. Especificación de pérdidas y eficiencia de cada factor

Fuente: Elaborado por el autor

Para los paneles se debe tener en cuenta una inclinación de alrededor de 15%, siendo este valor el más aceptable, debido a estudios realizados que se encuentran en la *información entregada por el Ing. Javier Urquizo,* al igual que los datos de perdidas extraídos de las distintas fuentes como la mencionada anteriormente, al igual que datos expresados anteriormente en este proyecto.

Estos valores se encuentran determinados en el orden en el que se van dando a medida que la energía solar pasa por el proceso hasta ser entregada la energía al inversor, del cual ya se calcularon las pérdidas y ya se las tiene en cuenta, es decir, utilizaremos la energía DC que va a necesitar el sistema, calculada en la Tabla 4.2.

Para poder determinar el número de paneles efectivos para alimentar a esta carga se debe realizar un cálculo correspondiente a la generación de energía por cada panel basados en el área y la cantidad de pérdidas que ya se mencionaron en por la energía que entrega el sol en la superficie terrestre. Así, tenemos la fórmula siguiente:

$$E_f[kWh] = I\left[{}^{kWh}/_{m^2}\right] \times A[m^2] \times \eta_{totales} \times N$$

$$N = \frac{E_f[kWh]}{I\left[{}^{kWh}/_{m^2}\right] \times A[m^2] \times \eta_{totales}}$$

Ecuación 4.3.

Fuente: Ing. Douglas Aguirre

Donde:

E_f: Energía final que entregan los paneles diaria.

I: Irradianza solar en kWh/m2 a la altura del suelo.

A: Área de cada panel fotovoltaico a utilizar.

$\eta_{totales}$: Eficiencia total del sistema, que se obtiene multiplicando todas las eficiencias individuales.

N: Número de paneles a utilizar.

Para tener el cálculo de energía producida por los paneles fotovoltaicos, es necesario tener los valores de radiación diaria promedio para cada mes, los mismos que se presentan en la Tabla 4.5 más adelante.

Con la cantidad de irradianza obtenida se debe aplicar la fórmula, teniendo en cuenta el área de los paneles como se mencionó anteriormente en 0.7571m^2.
Para el valor de eficiencia se obtiene el producto de las eficiencias mencionadas anteriormente, el mismo que resulta en un factor de $\eta_{totales}$=13.071%, el mismo que entra en la fórmula.

Para obtener estos datos de irradianza mensual se debe tener en cuenta el punto en e que se va a colocar el sistema, por lo que hemos seleccionado el punto 0º4'24''S , 86º5'59''O, los puntos en los que se tiene una mayor incidencia solar en la costa ecuatoriana, para colocar los paneles fotovoltaicos, y mediante esto tener una producción mayor de energía.

Para la determinación del número de paneles, finalmente, se debe tener en cuenta la carga que tiene el sistema mes a mes, puesto que los valores de carga en los diferentes meses es cambiante, debido a lo que se explico anteriormente de la curva de carga normal de una vivienda en la costa. Dichos valores de carga son obtenidos de la Tabla 4.4. en la que se realizaron los cálculos de carga mes a mes. Aplicando la Ecuación 4.3. vamos a obtener el número de paneles solares necesarios mensualmente para lograr la generación indicada para el peor de los casos, es decir, el mes en el que se necesitarán mayor cantidad de paneles.

Mes	Irradiación total (kWh/m^2/día)	Dias/mes	Irradiancia mes (kWh/m^2)	Energía DC (kWh)	Numero de paneles
Enero	5.25	31	162.75	34.15	2.12
Febrero	5.4	28	151.2	29.28	1.96
Marzo	5.7	31	176.7	30.97	1.77
Abril	5.1	30	153	31.62	2.09
Mayo	4.5	31	139.5	33.16	2.40
Junio	4.65	30	139.5	33.81	2.45
Julio	4.65	31	144.15	30.55	2.14
Agosto	4.95	31	153.45	32.66	2.15
Septiembre	5.25	30	157.5	31.32	2.01
Octubre	5.4	31	167.4	32.08	1.94
Noviembre	5.4	30	162	32.24	2.01
Diciembre	4.95	31	153.45	30.63	2.02
Total anual		365		382.46	

Tabla 4.7. Calculo de paneles

Fuente: Elaborado por el autor

Gracias al cálculo de paneles se obtiene como resultado que son necesarios en el peor de los casos 3 paneles solares para alimentar a la carga de la vivienda efectivamente durante todo el año, pero en el caso de que los paneles entreguen la energía correspondiente a dicha área, pero debido a que los paneles tienen como se menciono anteriormente una restricción de corriente máxima que puede entregar, por tanto se deberán colocar cinco paneles y no tres para poder suplir a la carga especificada debido a la cantidad de corriente requerida por la carga de manera simultánea como se calculo en un inicio de los paneles fotovoltaicos, por tanto los paneles que se instalarán serán únicamente 5.

4.5. Determinación del Banco de Baterías

Para determinar el tamaño y capacidad del banco de baterías, es necesario tener de conocimiento los posibles días que tenga la costa de días de ausencia de sol, valor que alcanza un promedio de 4 días sin sol en el territorio costero ecuatoriano, por lo que se realizará la implementación de un banco de baterías que pueda acumular energía suficiente para suplir al sistema durante 4 días únicamente mediante este medio.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta el valor de las pérdidas en las baterías en su capacidad debido a la temperatura a la que se encuentren, teniendo como temperatura promedio la de 25ºC, para la cual el factor conocido como de derrateo es de “1.0”, lo que indica que no cambiará en el funcionamiento de las baterías a lo largo del año.

Se debe determinar los Ah/día que ya obtuvimos anteriormente para la vivienda en 70Ah, teniendo un promedio de 4 días de ausencia de sol se obtiene la cantidad de Ah que debe tenerse en las baterías, a lo que se le debe adicionar el porcentaje de profundidad de descarga, para evitar que sobrepase este límite el banco de baterías, finalmente teniendo en cuenta la capacidad de cada batería, con lo que se obtendrá el número de baterías a ser utilizadas en el sistema fotovoltaico.

Especificación	**Cantidad**
Ah promedio al día	70.73
Días de ausencia solar	4
Energía a suplir por el banco de baterías	282.9
Reserva para evitar límite mínimo profundidad 20%	339.48
Factor de derrateo	1
Capacidad del banco de baterías	339.48
Capacidad de cada batería (Ah)	150
Baterías totales	2.2632

Tabla 4.8. Cálculo de baterías

Fuente: Realizada por el Autor

Se utilizarán baterías de 150Ah con un costo individual de $290.00 en el mercado local, marca CAPSA/MAC, de 12V, las mismas que son de plomo-ácido líquido.

Como resultado se necesitarán 3 baterías de las mencionadas anteriormente, y de este modo tener una capacidad adicional para casos de ausencia de sol mayor.

4.6. Dimensionamiento del Inversor

Para la implementación de nuestro sistema es necesario realizar el cálculo respectivo al inversor de carga, puesto que este será el que nos permita el paso de energía de la forma en que se produce (DC) a la forma de consumo (AC), y este equipo debe encontrarse correctamente dimensionado, puesto que si se halla sobredimensionado va a acarrear mayores pérdidas, mientras que si se subdimensiona nos va a traer problemas al no poder suplir a la carga a pesar de la existencia de generación suficiente.

Por ende, para el dimensionamiento del inversor se va a tener en cuenta la carga normal a la que va a trabajar el inversor para la carga, y se considerará un factor de 1.5 de la carga para dimensionarlo para momentos de arranque o de potencia instantánea que pueda tener la carga, que se encuentran en periodos de menos de un segundo.

Los cálculos se los realizará basados en la potencia a la que vamos a suplir de 99.2W, a la que se le añade un factor del 15% para protección de sobrecarga, y adicionalmente el factor 1.5 para los instantes en que se dispare la carga, con lo cual vamos a tener la potencia para la correcta elección del inversor.

Potencia de las Cargas : 99.2 W

Factor de seguridad (15%) : 99.2 x 1.15 = 114.08 W

Potencia pico (1.5) : 114.08 x 1.5 = 171.12 W

Por tanto, se elegirá un inverson de 500VA debido a la dificultad de hallar de menor capacidad, conjuntamente con una reducción drástica en la eficiencia y un costo muy alto del mismo. Este inversor será utilizado para la alimentación de una vivienda a manera individual, mientras que para un conjunto de 5 viviendas se tendrá que utilizar un inversor de mayor capacidad (1kW). El inversor de 500W tiene un costo de $370.00, mientras que el inversor de 1kW tiene un precio de $450.00.

4.7. Inversión del sistema

Para realizar la inversión es necesario determinar los precios de los equipos a ser utilizados, para encontrar la inversión a la que tenemos que sujetar nuestra instalación.

Los precios se los ha determinado de ciertas empresas indicadas en la bibliografía, y en personas particulares que se encargan de realizar la instalación física.

Para los equipos de energía fotovoltaica se debe tener en cuenta que según el artículo 67 de la Ley Reformatoria de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) que exonera de intereses y aranceles a los equipos que se obtengan del exterior con fines de generación mediante energías renovables.

Así tenemos la tabla de valoración para la inversión:

Elemento	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Paneles FV	5	400	2000
Baterias	3	290	870
Inversor	1	370	370
Controlador de carga	1	193	193
Equipo de montaje	8	50	400
Costos Varios		800	800
Instalación		500	500
Transporte		300	300
		TOTAL INVERSIÓN	**5433**

Tabla 4.9. Calculo de la inversión necesaria

Fuente: Elaborado por el Autor

4.8. Financiamiento

Gracias al apoyo del FERUM, para la electrificación de las áreas más alejadas, mediante el artículo 63 de la LRSE, este entregará prioridad de recursos a los proyectos de generación no convencional. También se debe observar la regulación del CONELEC 0008/08 en la cual muestra los procedimientos necesarios para la aprobación y validación de proyectos para las zonas rurales, y el artículo 77 del Reglamento General de la LRSE, que fomenta la utilización de recursos no convencionales mediante la adjudicación de fondos del FERUM.

Teniendo en cuenta estas regulaciones y artículos, los inversionistas, o constructores del proyecto, a cambio de un estudio de factibilidad, sostenibilidad e impacto ambiental, podrán recibir dicha subvención, la cual se especificará en la tabla a continuación:

Usuario Tipo	**USD**
Tipo 1 (hasta 200Wp, por vivienda)	3200
Tipo 2 (mayor a 200Wp, por vivienda)	3500
Centros Comunales de Salud y Educación (por centro)	3800
Bombeo de Agua (por unidad)	4000

Tabla 4.10. Subvenciones del FERUM para sistemas de generación fotovoltaica

Fuente: Regulación CONELEC 008/08

Por lo que se podrá lograr un financiamiento por medio del FERUM de hasta $3500, siendo los $1933 financiados mediante posibles prestamos, a instituciones financieras, basadas en un tiempo de 3 años, a un nivel de interés del 10%, el cual logrará pagarse gracias al incentivo otorgado por el Estado en la paga por la energía producida de 52.04 centavos por kWh para el territorio continental, como lo indica la tabla siguiente, que se obtuvo de la regulación del CONELEC Nº 009/06, en la que indican los distintos precios para la energía producida mediante fuentes no convencionales

CENTRALES	PRECIO (cUSD/kWh) Territorio Continental	PRECIO (cUSD/kWh) Territorio Insular de Galápagos
EOLICAS	9.39	12.21
FOTOVOLTAICAS	52.04	57.24
BIOMASA Y BIOGAS	9.67	10.64
GEOTERMICAS	9.28	10.21
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS HASTA 5 MW	5.80	6.38
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS MAYORES A 5 MW HASTA 10 MW	5.00	5.50

Tabla 4.11. Precio otorgado por el Estado para la generación por fuentes no convencionales

Fuente: Regulación CONELEC 009/06

4.9. Cálculo de Producción

Para determinar el pago por producción que vamos a tener con este sistema de generación es necesario recoger los datos colocados anteriormente en la Tabla 4.4., en donde se indica el consumo mensual al que se encontrará atado el sistema para la vivienda, y la cantidad de energía por la que se realizará el pago respectivo.

Para obtener las tablas de irradianza solar con la que se realizaron los cálculos de la Tabla 4.7. se hace referencia al atlas solar adquirido del CONELEC, el mismo que se encuentra colocado en los anexos de este proyecto. Dichos datos de irradianza solar global para cada mes se los obtendrá con un cierto error resultante por las tomas de datos. (Véase Anexo N.)

Con estos datos podemos realizar la tabla necesaria para calcular los ingresos debidos a la producción energética en los paneles.

Para el estudio de generación en ingresos debido a ventas revisar el Anexo L.

Para determinar el precio que se le abonará a los dueños de la vivienda se debe multiplicar a la cantidad de energía producida por el valor que el estado mediante el CONELEC pagará a los abonados-generadores.

Se indican a continuación los resultados de energía y monetarios que se obtienen del sistema instalado, a partir de la tabla anterior.

Mes	Energía DC (Wh)	Venta de Energía Mensual ($)
Enero	34152.70	17.77
Febrero	29284.69	15.24
Marzo	30971.25	16.12
Abril	31622.87	16.46
Mayo	33156.10	17.25
Junio	33807.72	17.59
Julio	30549.61	15.90
Agosto	32657.80	17.00
Septiembre	31316.22	16.30
Octubre	32082.84	16.70
Noviembre	32236.16	16.78
Diciembre	30626.27	15.94

Tabla 4.12. Generación e Ingresos mensuales resultantes de la Instalación Fotovoltaica

Fuente: Realizada por el Autor

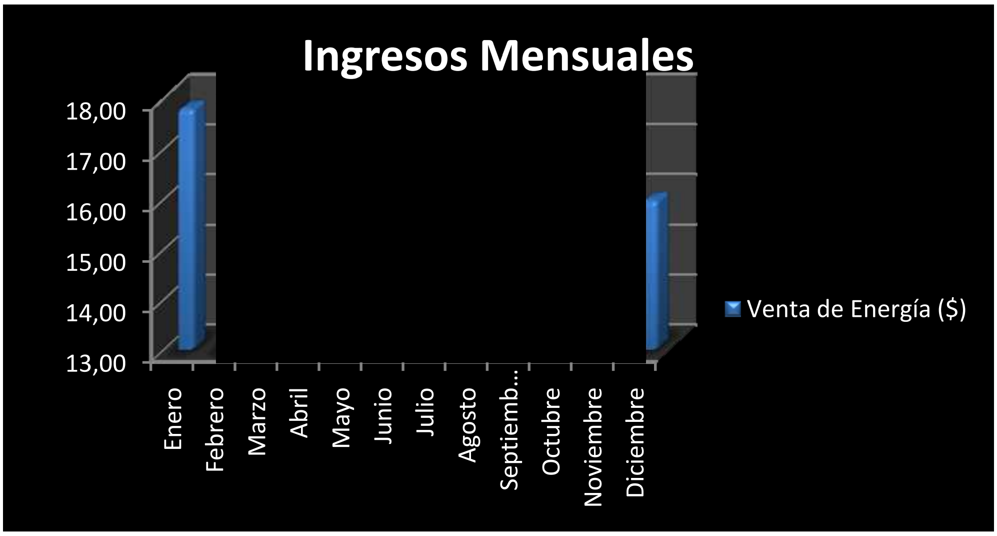


Figura 4.3. Ingresos mensuales por Energía producida por el Sistema inicialmente

Fuente: Elaborado por el Autor

Los valores a cancelarse son aplicados para sistemas conectados o no conectados al Sistema Nacional Interconectado, y serán entregados por el CENACE de manera a acordar con el abonado-generador.

4.10. Flujo de Caja de la instalación anterior

El flujo de caja se lo realiza basado en estos datos, teniendo en cuenta una prestación financiera para el dinero faltante para la inversión, teniendo en cuenta que el Estado mediante el FERUM entrega el dinero mencionado en las tablas anteriores para la generación fotovoltaica en la vivienda de Tipo II, que asciende a $3500.00, por lo que el dinero faltante, equivalente a $1933.00 será entregado a un plazo de 36 meses a una tasa de interés anual del 10%, que será pagada gracias a la tarifa que se le entregará al generador.

Es necesario indicar que en los flujos de caja para la inversión no se va a colocar los impuestos de ley, esto es, el 15% para empleados, 25% para el impuesto a la renta, ni el 10% de la reserva legal, debido a que no es una empresa, sino únicamente personas individuales que reciben el beneficio por la energía generada por los paneles fotovoltaicos.

De la misma forma, se deberá señalar que cada cinco años, como es necesario cambiar el banco de baterías, se coloca en el costo de mantenimiento el precio al que asciende la compra de las nuevas baterías, cada cinco años que cumplen su ciclo de vida, a esto se le añade el precio que tiene el mantenimiento basados únicamente en la adquisición de una franela y un líquido para limpiar vidrios para la limpieza en los paneles del polvo que pueda quedar en los mismos y produzcan un decrecimiento en la eficiencia.

Para observar el flujo de caja referido a este tipo de sistema dirigirse al literal **a)** del Anexo M.

4.11. Presupuesto de Instalación Fotovoltaica de Vivienda sin acreditación.

En los siguientes análisis presupuestarios se va a determinar el flujo que tendría una vivienda en el caso de no ser aceptadas o no haber pasado los estudios y determinaciones por el CONELEC, por lo que no serán acreditados los valores de \$0.5204/kWh para la energía producida por los paneles fotovoltaicos, ni el valor que otorga el FERUM para los sistemas fotovoltaicos instalados en viviendas que se mencionaron en las tablas anteriores, por lo que los valores de inversión serán por cuenta del abonado, y el ahorro que tendrá al colocar dicho sistema fotovoltaico va a ser el de $0.096/kWh que es la tarifa normal cobrada para la provincia de Manabí.

a. Con Conexión a la Red, 2.1 kWh/día

Para realizar este estudio se deben determinar ciertos parámetros necesarios para el mismo.

1. La vivienda a la que va dirigido dicho sistema debe encontrarse conectado a una red de alimentación, de tal forma que en caso de tener una necesidad de energía mayor a la que producen los paneles fotovoltaicos pueda ser tomada de la red de energía eléctrica.
2. Se considera una conexión entre los paneles para la generación fotovoltaica y la red, encontrándose ambas en sincronismo y correctamente acopladas, mediante el enlace comprendido en el medidor de energía, que funcionará para determinar la entrada y salida de energía de la vivienda para momentos de exceso de generación en la misma.
3. Para estas conexiones no se tiene en cuenta la restricción de carga para la generación, ya que puede encontrarse funcionando para alimentar toda la carga posible con el sistema, mientras que las cargas no comprendidas en el mismo pueden alimentarse del sistema eléctrico nacional.

4. No es necesario tener un banco de baterías, puesto que al poder conectar cualquier cantidad de carga, se puede consumir la totalidad de la energía producida al instante mismo de la producción, o en su defecto, gracias al medidor de energía puede entregarse esa energía en exceso a la red de distribución.

Figura 4.4. Sistema de Generación Fotovoltaica de 2.1kWh/día

Fuente: www.proviento.com

Posteriormente se realizan los cálculos de los costos en el sistema y la instalación para realizar la inversión requerida, más los valores para los distintos flujos de dinero.

- Se tiene los costos del sistema fotovoltaico, junto con la instalación del mismo en $5000.
- Para la inversión inicial se realiza un préstamo a una entidad bancaria con un interés del 10% bajo el monto para una duración de 3 años debido al elevado costo para un presupuesto bajo. También se realizará el estudio de inversión para una inversión completamente por parte del abonado.
- Se tiene en cuenta un gasto de mantenimiento de $10 cada año debido a que únicamente se necesita realizar una limpieza en los paneles y revisión de los puntos de unión de los mismos, lo que se refleja en el líquido de limpieza y un posible aerosol para limpieza de posibles puntos de oxidación.
- La depreciación sobre los gastos realizados al momento inicial de la inversión van a permanecer durante 10 años.

Para observar el análisis económico de este sistema dirigirse al literal **b)** del Anexo M.

b. Sin conexión a la Red, 1.2 kWh/día

Este sistema tiene un costo de $3100, dinero que será proporcionado por el mismo abonado, puesto que como se pudo constatar anteriormente, en caso de realizar un préstamo bancario, no va a resultar bajo ningún nivel factible dicha inversión.

Para este y los dos siguientes sistemas se debe tener en cuenta un banco de baterías, las cuales proveerán de la energía necesaria a la vivienda en los momentos de escases de sol y por tanto de no generación por parte de los paneles fotovoltaicos.

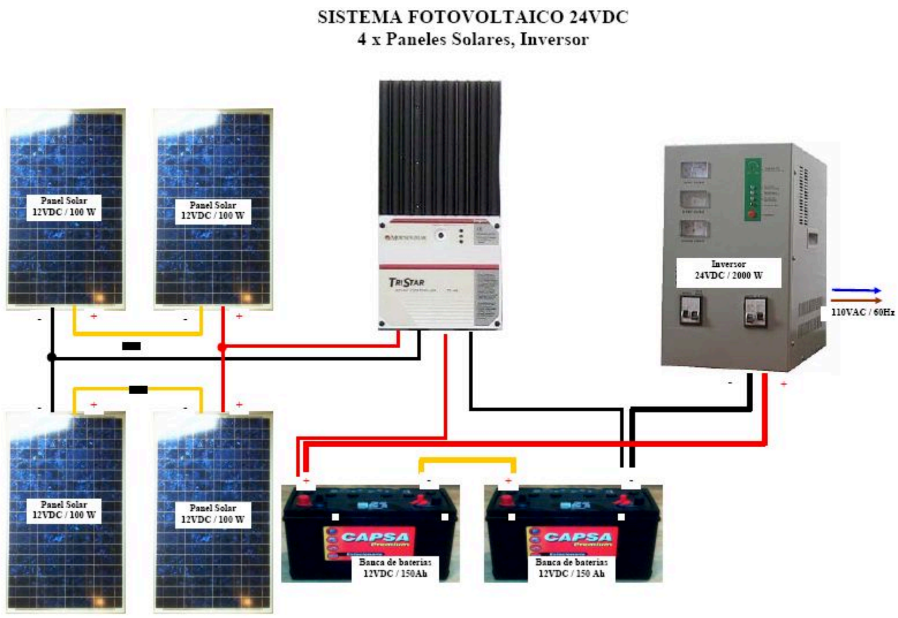


Figura 4.5. Sistema de Generación Fotovoltaica de 1.2kWh/día

Fuente: www.proviento.com

Las baterías que se utilizarán en este sistema son dos baterías de 150Ah de plomó ácido líquido, cuyo costo asciende a $290, las cuales deberán ser cambiadas cada 5 años debido a su vida útil, y este costo se verá reflejado en el costo d mantenimiento de cada 5 años, siendo igualmente amortizado para los 5 años siguientes debido a ser esta su vida útil.

El mantenimiento básicamente se refiere al llenado necesario que tendrá que realizarse a las baterías cada año para mantener su nivel de líquido en óptimo y tener un funcionamiento correcto de las mismas.

Para observar el estudio económico de este tipo de sistema dirigirse al literal **c)** del Anexo M.

c. Sin conexión a la Red, 600 Wh/día

Para esta conexión tendremos que invertir $1800.00, los cuales igualmente que en la anterior serán entregados por el abonado directamente sin ninguna entidad financiera.

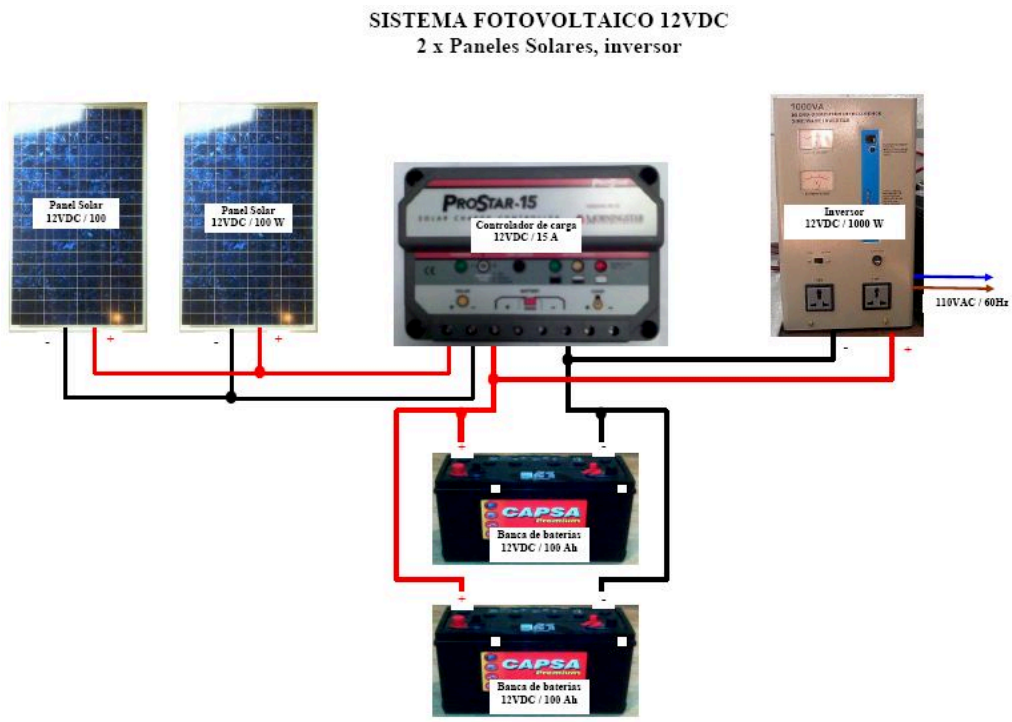


Figura 4.6. Sistema de Generación Fotovoltaica de 600Wh/día

Fuente: www.proviento.com

Del mismo modo será necesario tener en cuenta el banco de baterías que se utilizarán ahora, 2 de 100Ah, cuyo costo es de $225, los mismos que serán cambiados como se especificó anteriormente cada 5 años.

No se tendrá en cuenta los gastos por mantenimiento, debido a ser extremadamente bajos, ya que tan solo será necesario tener una pequeña cantidad de líquido para completar a las baterías cada año, lo cual no representa un costo específico anual.

Para observar el análisis económico del sistema mencionado consultar el literal **d)** del Anexo M.

d. Sin conexión a la Red, 450 Wh/día

Esta conexión carece de inversor, puesto que únicamente va a alimentar cargas DC, por lo que no es muy factible su comercialización, y consta únicamente de una batería de 100Ah, con el valor indicado anteriormente, y carece de necesidad de mantenimiento.

El sistema tiene un costo de $900.00 , el mismo que será cubierto por el abonado.

Figura 4.7. Sistema de Generación Fotovoltaica de 400Wh/día

Fuente: www.proviento.com

Se ha llegado a la conclusión de que en el caso de no ser estrictamente necesaria la energía eléctrica, o de que la misma pueda llegar a la vivienda mediante una red no va a ser factible la implementación de dicho sistema en caso de no tener los estudios requeridos por el CONELEC, o que este no los haya aceptado, por lo que no se haya acreditado el valor correspondiente a una generación fotovoltaica.

Únicamente basados en un ahorro del consumo de la energía al valor determinado por el CONELEC para cada provincia, este sistema no tendrá salida ni factibilidad, por lo que no puede ser aplicado.

Para revisar el análisis económico del sistema presentado dirigirse al literal **e)** del Anexo M.

4.12. Presupuesto de la Instalación Fotovoltaica para sistema de bombeo de agua.

Realizaremos un estudio de inversión para proyectos, con la especificación de ser los responsables, y los únicos inversores en el mismo, es decir, tomando el proyecto mencionado como propio.

Para dicha finalidad tendremos que realizar un financiamiento basado en el dinero faltante para realizar poder pagar la inversión inicial. Para encontrar el valor necesario a financiar se debe tener en cuenta el costo de realizar dicha instalación completa, que asciende al valor de $9991.90, de los cuales se entregará mediante el FERUM la cantidad de $4000.00 del estado, debido al concepto de aplicación de la energía renovable en un sistema de bombeo de agua, por lo que será necesario encontrar un financiamiento para el dinero restante, que ascenderá a $5991.90.

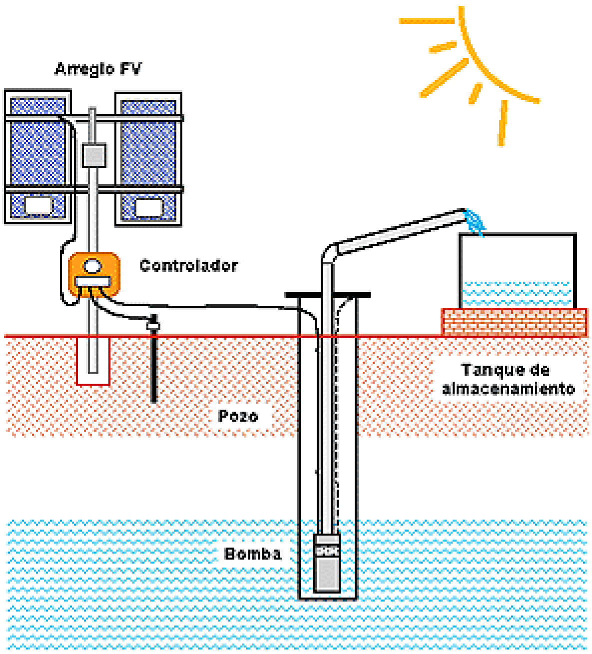


Figura 4.8. Configuración del Sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua

Fuente: www. solar.nmsu.edu/wp_guide/introduccion.html

El financiamiento de este faltante se realizará mediante instituciones financieras que para dicha cantidad de dinero pueden entregar una tasa de interés del 10% anual, con un plazo de 10 años, teniendo como base la factibilidad económica del proyecto gracias a la tarifa que el Estado le acreditará a la energía producida por el mismo.

Por tanto, es necesario tener los estudios de factibilidad e impacto ambiental del proyecto, ser presentados y aprobados por el CONELEC, y así asegurar la tarifa de la energía fotovoltaica como se indicó anteriormente en $0.5204/kWh.

Figura 4.9. Sistema de Bombeo de Agua por Sistema Fotovoltaico

Fuente: www.hzsuministros.com

Posteriormente, se realizará un segundo análisis económico, basados únicamente en la determinación de la inversión necesaria para el Sistema Fotovoltaico que alimentará al bombeo de agua, ya que este sistema en si es el que recibirá las subvenciones del Estado junto con el reconocimiento de una tarifa mayor, tal como se mencionó anteriormente.

Este sistema tendrá un financiamiento de su valor para un plazo de 36 meses a un interés del 10% anual.

Todos los valores y el estudio de inversión y flujos se encuentran especificados en los anexos determinados para cada uno, teniendo en cuenta que algunos de los mismos no podrán cumplir con un flujo satisfactorio ni presentarán ganancias, o serán muy bajas, por lo que será necesario buscar otro camino para energizar dichos sistemas o buscar nuevas fuentes de financiamiento.

Para revisar el análisis económico de este tipo de sistemas dirigirse al literal **f)** del Anexo M.

4.13. Flujo de caja para inversión al 10%

Para nuestra inversión en la vivienda a la que nos hemos referido y realizado los estudios se ha determinado un valor negativo para el VAN (Valor Actual Neto), lo que significa que para los años de estudio no se va a percibir ganancia alguna del mismo, por lo que es necesario determinar una manera en la cual se pueda alcanzar una Tasa Interna de Retorno (TIR) aceptable para la empresa, la cual ha sido tomada como del 10%.

Para cumplir con esto se realizará el cálculo del VAN con un porcentaje del 10%, con el cual se deberá obtener un valor de cero “0” basado en el cambio en los flujos de caja para que de cómo resultado una TIR del 10%.

Para los cambios en el flujo se toman los valores de generación anuales para los cuales se aplica un valor multiplicador, el que inicialmente fuera el precio que paga el Estado por el kWh de 52.04c/kWh, y ahora cambiará para poder obtener dicho valor de TIR.

Realizando los cálculos, se ha dado como resultado la necesidad de que sean acreditados $1.156/kWh para lograr dicho objetivo.

4.14. Flujo de caja para la inversión en un Generador a Gasolina

Para poder realizar una comparación con la opción de inversión de paneles fotovoltaicos, se realiza un análisis de inversión para la generación de energía mediante un Grupo Diesel, el mismo que se encontrará colocado en las cercanías de la vivienda a la que va a alimentar.

Para esta opción se tiene en cuenta una inversión inicial de $761.00 que corresponden $711.00 a la adquisición del generador a diesel, y $50.00 como costo de transporte, puesto que como el generador no es muy grande no es necesario realizar gastos en la instalación, ya que vienen con un tomacorriente que va directamente conectado a la red de la casa para la alimentación, y no posee componente adicionales que consten en la instalación, ya que el equipo puede ser colocado en cualquier lugar firme y ser encendido.

El mantenimiento debe ser realizado cada 50 horas de uso a una potencia del 70% de su capacidad, con un costo de $25.00 que refleja la utilización del aceite que se le deberá cambiar, el agua y filtros. En términos de energía, esto significa que cada 140kWh se necesitará realizar el mantenimiento, y con este valor se especificará la cantidad anuales de mantenimiento que será realizada y a cuánto asciende el costo del mismo. Debido a que consume anualmente 382.46424 kWh al año entonces deberán realizarse dos mantenimientos, esto es $50.00 anualmente.

Se va a adquirir un generador a gasolina con una potencia de 4kW para poder suplir de energía a la casa, con un voltaje nominal de 110V. Dicho generador es seleccionado puesto que debe suplir como se calculo anteriormente en algún momento un pico de carga de 26.23A, y se puede calcular con la potencia para el voltaje la cantidad de corriente que puede suplir a plena capacidad, que es de 36.36A, por lo que el pico de carga va a ser un 72.14% de la misma, por lo que puede fácilmente proveer de la energía para el consumo respectivo.

Para estos valores se aplica el VAN con valores de TIR del 10% para poder realizar la comparación con el sistema de generación fotovoltaica.

Se debe tener en cuenta que para el usuario únicamente se tendrá como ingresos el ahorro que realiza la vivienda al no adquirir la energía de alguna red del Estado puesto que en caso de no poseer ninguna forma de generación, estas redes deberían alcanzar a la o las viviendas que se encuentran en ese punto, con un cobro por tarde del estado de $0.04/kWh, debido a que el ahorro es el equivalente a lo que el Estado le cobraría al abonado correspondiente al valor de la “Tarifa de la Dignidad”, basado en su bajo consumo, menor al límite que indica la tarifa.

Pero para efectos de la comparación vamos a realizar el mismo cálculo mencionado anteriormente con el sistema fotovoltaico para determinar el valor que debe ser entregado al abonado para que dicho sistema (gasolina) sea viable con un 10% de TIR, únicamente como efecto comparativo, puesto que dicho tipo de generación no es pagado.

Los costos de operación serán los de la gasolina que será especificado basado en el consumo de la misma por la energía que deberá ser suplida hacia la carga. Así, es necesario mencionar que la máquina tiene un consumo de 2800kWh/galón, con un costo actual del galón de gasolina de $1.48.

NOTA: Para todos los flujos se tuvo en cuenta para la obtención del Valor Actual Neto un porcentaje del 10%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se ha realizado el estudio para diversos tipos y distintas situaciones en un sistema fotovoltaico, para los cuales se han llegado a distintos resultados, logrando así obtener diferentes opiniones de los mismos.

1. Las leyes y normas aplicables en el país que buscan establecer una generación sustentable son deficientes, y han observado un precio para el kilowatio-hora de generación para un sistema fotovoltaico de generación eléctrica en la actualidad de nuestro país muy bajo, teniendo de esta forma pérdidas completas en todo el

sistema, debido a que los ingresos positivos son mínimos en comparación a los gastos e inversión.

Para lograr un 10% de retorno de la inversión se necesitará elevar dicho precio de \$0.5204/kWh a \$1.156/kWh.

2. Son necesarios los estudios de impacto ambiental y factibilidad, ya que estos son requisitos para la obtención de la acreditación de precio por el CONELEC y del valor de subsidio por el FERUM para los hogares rurales, valores importantes para la reducción en las pérdidas del sistema, o en su defecto en el precio necesario para obtener un retorno aceptable sobre la inversión (mencionado en el punto I).

3. El usuario, de tener la opción de conectarse a la red del Sistema Nacional Interconectado, deberá tomar esta opción puesto que resulta mucho más factible y rentable que la opción de generación mediante paneles fotovoltaicos, gracias al subsidio del Estado otorgados por el CONELEC, cobrándose \$0.04/kWh.

4. Para las viviendas que no podrán obtener energía eléctrica del Sistema Nacional Interconectado, la opción de una generación fotovoltaica es mucho más factible que la generación mediante métodos como la utilización de un generador a gasolina, como resultado de que este último, a pesar de tener un costo inicial de inversión bajo, van a tener un costo de operación alto, lo que lleva a tener pérdidas

en todos los años sin percibir ganancias –basados en el ahorro que significará conectarse a la red de $0.04/kWh- , mientras que el sistema fotovoltaico tiene un costo de inversión mayor pero sus pérdidas anualmente son mucho menores.

5. Para obtener una Tasa de Retorno sobre la inversión del 10% para una generadora fotovoltaica se necesitará ganar $1.156/kWh., mientras que para una generadora a gasolina es necesario $1.916/kWh., por tanto la opción fotovoltaica está por sobre la más común, que es la generación mediante la quema de combustible fósil.

6. Debido a los altos costos de los equipos fotovoltaicos para una generación limitada, se necesitarán de mayores y mejores ingresos para el sistema, los mismos que pueden ser cubiertos mediante un subsidio de los equipos fotovoltaicos, y de las baterías que deberán ser cambiadas cada 5 años, el mismo que se espere llegue del Estado, intentando apoyar al crecimiento de este grupo generador para el sector aumentando otorgando subsidios en equipos y aumentando los subsidios por energía generada, muy necesario pero escaso en el país.

   Esto reduciría costos de inversión y mantenimiento logrando así tener ganancias en base a los ingresos por el pago de energía producida.

7. Para una rentabilidad del 10% sobre la inversión, se necesitará tener un ingreso por kilovatio-hora generado-consumido de $1.156, lo cual es un valor muy alejado a la realidad -$0.5204-, tema sobre el cual se deberá trabajar para intentar aumentar dicho precio y así tornar rentable en términos económicos a este tipo de instalación.

8. Los organismos estatales como el CONELEC o el FERUM deberían realizar mayores aportaciones a esta generación, más no ser influenciados por efectos políticos que merman su capacidad de apoyar al crecimiento técnicamente y en mayor importancia monetariamente hacia los sectores ausentes del servicio eléctrico y posibles impulsadores de una generación por energías renovables.

Recomendaciones:

1. Se deben realizar los estudios de factibilidad, sostenibilidad e impacto ambiental para cada sistema fotovoltaico que se desee instalar, con el fin de ser aceptados por el CONELEC y poder percibir los beneficios económicos de dichas instalaciones en nuestro país.

2. Se debe considerar el tipo de baterías y la vida útil de las mismas, puesto que mediante esta información se deberá realizar el mantenimiento en el cambio de las

mismas cada vez que cumplan con su vida útil por unas nuevas, para de esta manera evitar posibles daños inesperados en las mismas que reduzcan la confiabilidad en el sistema.

ANEXOS

ANEXO A.

DEFINICIONES

1. **Mercado Spot:** se lo conoce con este nombre al mercado eléctrico en el que se colocan los precios en tiempo real, basados en la generadora más cara en el momento que se toma para. Este precio por tanto varía a lo largo del día.
2. **Subsidios:** cantidad que entrega el Estado generalmente para pagar los costos de ciertos bienes o servicios, de tal forma que la parte proporcional a pagar por el beneficiado, en este caso a los abonados, es menor a la real.
3. **Retorno de capital:** utilidad o pérdida que resulta de la transacción de un instrumento de inversión. Generalmente se expresa como una tasa anual.
4. **Tratado de Kioto:** tratado que se creó entre los países del primer mundo en la reunión que se produjo en la ciudad con el mismo nombre en 1997, bajo el cual se buscaba reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero totales de cada uno para generar un crecimiento sustentable ecológicamente, y evitar los daños que se han producido hasta ahora por el cambio climático.
5. **MEM:** siglas referentes al Mercado Eléctrico Mayorista, el mismo que es el mercado de generadores con los grandes consumidores, es la compra y venta de la energía en grandes proporciones. Este término se refiere al mercado de la energía en términos del Estado.

6. **SNI:** siglas del Sistema Nacional Interconectado, el mismo que es el sistema completo de la red que contiene a las generadoras y a todas las redes de transmisión y distribución a todos los puntos a la que la misma llegue.
7. **Estratificación del electrolito:** es el proceso en el que se pierde la capacidad de guardar energía en las mismas, debido a los cambios en la concentración del ácido de la misma.
8. **Ecualización:** se conoce como ecualización a la carga que se entregaba a la batería, es un balance entre la entrega de energía y recepción de la misma, para mantener un balance de carga y densidad del ácido para mantener en buen estado las baterías.
9. **eV:** es una medición de voltaje muy pequeño, un diferencial de tensión que puede existir entre dos puntos, generalmente utilizado a niveles atómicos, y utilizados en este informe para mencionar la diferenciación entre las capas de energía que tienen los materiales que forman las células fotovoltaicas para la generación eléctrica.
10. **kWp:** es la medida que se tiene para indicar la potencia máxima que tienen los paneles fotovoltaicos. Es la potencia a la que los paneles fotovoltaicos funcionan en el punto de máxima irradiación.
11. **MWp:** tiene la misma significancia anterior con la diferencia de que al ser megavatios pico va a ser mil veces el valor medido en kilovatios pico.

12. **Potencia:** es la capacidad conectada en el sistema de los equipos, medida en kW o MW. Es la capacidad de los equipos conectados que entregarán energía por un determinado tiempo.
13. **Energía:** es la cantidad de electricidad que se entrega a una carga, es la potencia que pueden entregar los equipos durante el tiempo que dicha cantidad es entregada. Esta se mide en kWh. o MWh.

ANEXO B.

NIVEL DE COBERTURA ELÉCTRICA EN LAS AREAS RURALES DEL PAIS.

Cobertura rural al 2005% (%)	
Esmeraldas	71.52%
Manabí	76.42%
Los Ríos	79.39%
Guayas	85.35%
El Oro	93.26%

ANEXO C.

PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE GENERADORAS DE ENERGÍA

Tipo de Energía	Porcentaje de participación en el mercado
Hidroeléctrica	46%
Termoeléctrica	46%
Colombia	8%

ANEXO D.

ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA TRÁMITE DE ACREDITACIÓN DE BONOS VERDES PARA LA EMPRESA.

Esta tramitación implica costos. Puede estimarse que varían entre U$S 110.000, para proyectos pequeños, hasta U$S 250.000, para proyectos grandes, para el año 2003.

Los costos de las distintas etapas que componen la homologación de un proyecto mediano, pueden ubicarse en los siguientes valores:

- Diseño del proyecto: U$S 80.000.
- Proceso de validación: U$S 30.000.
- Registro: u$s 20.000.
- Acuerdo de compra de reducción de emisiones: U$S 50.000.
- Total: U$S 180.000.

ANEXO E.

ESCENARIOS DE INCREMENTOS DE LA DEMANDA NACIONAL

Programa para garantizar el suministro de energía eléctrica

Requerimientos de Generación, período 2007-2011:

Programa de estabilidad quinquenal

1. Para alcanzar el incremento de la demanda

	Escenario de demanda	
	Medio	Mayor
Potencia (MW)	688	825
Energía (GWh)	4325	5402

2. Para alcanzar la autonomía energética del sector eléctrico

Potencia (MW)	600	600
Energía (GWh)	4380	4380

Requerimientos totales de generación

Potencia (MW)	1288	1425
Energía (GWh)	8705	9782

ANEXO F.

REQUISITOS PARA REALIZAR UN CONTRATO DE CONCESIÓN.

a) Objeto y plazo;

b) Área geográfica o emplazamiento, según corresponda;

c) Derechos y deberes del concesionario;

d) Derechos y deberes del Concedente;

e) Características técnicas y Parámetros de calidad del servicio;

f) Garantías de fiel cumplimiento del contrato de concesión;

g) Causales de terminación del contrato de concesión;

h) Obras mínimas comprometidas y cronograma de ejecución, incluido programa de inversiones;

i) Procedimiento de solución de controversias;

j) Derechos de usuarios y clientes; y;

k) Principios a emplearse para ajustar los resultados de la operación del concesionario debido a eventuales cambios en la legislación.

l) Penalizaciones.

ANEXO G.

RESEÑA HISTORICA DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AEROESPACIALES

Año	Proyecto Espacial	Potencia de la instalación fotovoltaica
1958	Vanguard I	0,1 W
1962	Telstar	14 W
1964	Nimbus	470 W
1966	Observatorio Astronómico Espacial	1 kW
1973	Skylab	20 kW

ANEXO H.

RANGOS DE BATERIAS DE COMPAÑÍAS PRODUCTORAS

COMPAÑÍA	Ah (12V)	Ah (6V)
US Battery	250 - 414	105 - 415
Concorde	104 - 258	138 - 224
Trojan	85 - 450	210 - 420

ANEXO I.

DESCRIPCIÓN DE PROPIEDADES DE BATERÍAS

Amperes de arranque en frío, CCA

Este término se refiere a la cantidad de corriente que debe entregar la batería a la carga en lapsos cortos, generalmente en menores a un minuto. Esta cantidad de corriente es muy elevada, y es utilizada de manera principal para realizar el encendido de motores eléctricos o grandes aparatos.

En los sistemas fotovoltaicos usualmente no se necesitan baterías con este tipo de características, puesto que no es utilizado para arranque de grandes cargas o para consumos excesivos, no así para las baterías automotrices, las cuales necesitan tener esta característica para poder entregar la energía al motor de arranque en los vehículos.

Amperes de arranque, CA

Término utilizado para indicar una característica muy parecida a la anterior, con la única diferencia que en este caso los tiempos de entrega del pico de energía son menores, en pocos segundos o incluso menor a un segundo, en los que se entrega grandes cantidades de energía para fines similares a los mencionados anteriormente.

Nivel de resera

Esta característica de las baterías indica la cantidad de energía que las mismas pueden almacenar, medidas en Amperes-horas. Indican también el porcentaje en que estas funcionarán y la capacidad a las que estas baterías pueden permanecer funcionales sin presentar errores de funcionamiento o incluso pérdidas en el material activo.

Amperes horas

Los Amperes-horas es la medida que tienen las baterías en las que indica cuanta energía puede entregar y durante cuánto tiempo, generalmente la indicación de amperes-hora se da normalmente basado en lapsos de 20 horas o 100 horas, por lo que al indicar esta característica de las baterías se puede determinar la cantidad nominal que pueden entregar las baterías de corriente, y esta indica para darle un funcionamiento correcto, generalmente para las baterías automotrices la corriente entregada se mide para instantes, por lo que es sumamente alta, mientras que en las baterías para instalaciones fotovoltaicas se entrega de manera continua, por lo que se entrega corriente en baja cantidad, pero por más tiempo.

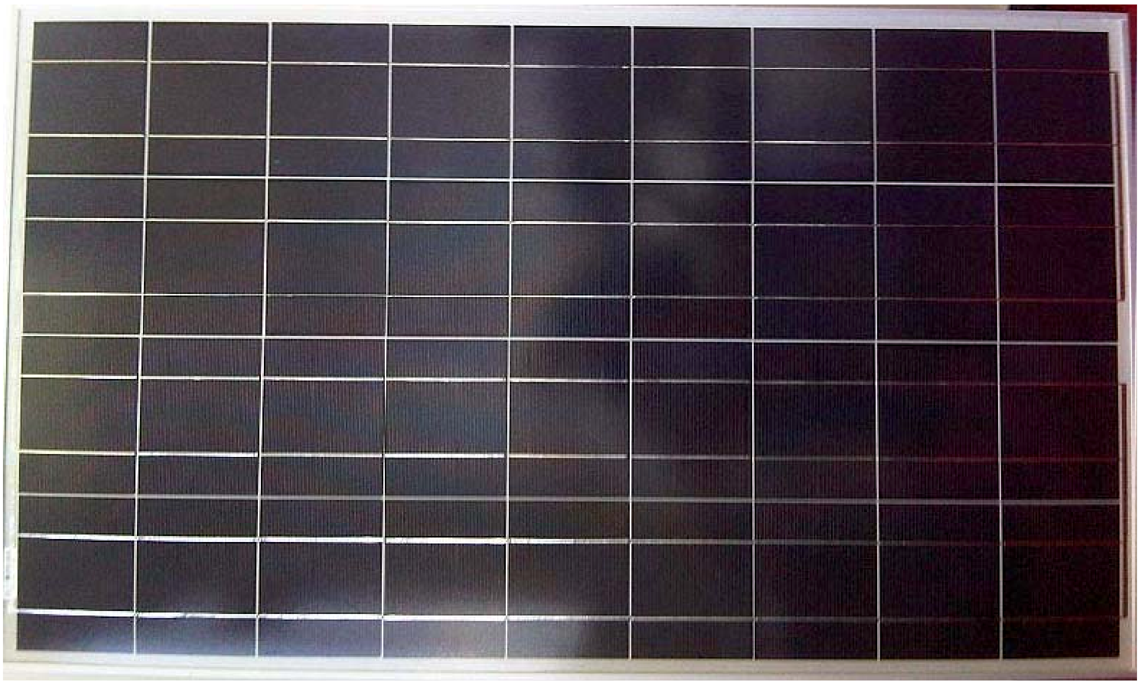
Profundidad de carga

Esta característica de las baterías es importante especialmente en las baterías solares, puesto que la profundidad de carga indica la cantidad a la que puede encontrarse cargada la batería y continuar con su funcionamiento correcto y sin daños ni pérdida en el material activo de la misma.

Para las baterías automotrices la profundidad de carga es algo con poca importancia, puesto que no se va a tener procesos de descarga largos, por lo que no se deberá preocupar por el nivel al que se pueda descargar la batería, en su defecto, la importancia radica en la capacidad del material activo para no tener daños para entrega de corriente altas. Para las baterías de sistemas fotovoltaicos, es importante la profundidad de carga, puesto que es necesario conocer cuanta energía puede entregar la batería antes de que quede inutilizada o incluso peor que se produzcan fallas en la misma. Generalmente, para estas baterías, la profundidad de carga se encuentra entre el 80%, e incluso existe un tipo con 100% de profundidad de carga, lo que significa que la batería puede llegar a perder el 80% de energía y antes de dejar de ser útil para entregar más energía.

ANEXO J.

PANELES SOLARES EXMORK 100W.



Especificaciones:

Tipo: Módulo FV policristalino 12V

Modelo: 100Wp

Máxima Potencia: 100 Wp ±3%

Voltaje de circuito abierto: 22VDC

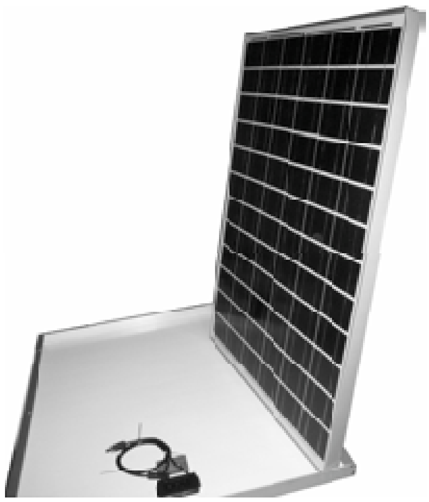
Voltaje de máxima potencia: 17.5 VDC

Corriente de cortocircuito: 6.14 A

Corriente de máxima potencia: 5.71 A

Dimensiones: 1130 x 670 x 35 mm

Caja de conexiones con 2 Diodos de Bypass y cables



ANEXO K.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONTROLADOR

El controlador solar *ProStar* de Morningstar es el líder mundial en controladores solares de mediano rango, ya sea para aplicaciones profesionales como para el consumidor en general.

Esta segunda generación de controladores ProStar ofrece:

- Adiciona nuevas prestaciones y protecciones usando tecnología altamente avanzada
- Proporciona mayor vida útil a la batería y mejora el rendimiento del sistema
- Define nuevos estándares de confiabilidad y genera diagnósticos automáticos

Prestaciones Estándar:

• Versiones disponibles: 15 o 30 amperios 12 / 24 o 48 volts positivo o negativo a tierra

• Vida útil de 15 años (estimado)

• Carga de baterías mediante PWM (sin derivación)

• Selección del tipo de batería: gel, sellada o con líquido

• Controles y medidas muy precisas

• Puente para eliminar el ruido de telecomunicaciones

• Paralelo para hasta 300 amp

• Compensación de temperatura

• Tropicalizaçión: revestimiento de protección, fijadores de acero inoxidable y disipador de calor de aluminio anodizado

• No es necesario conmutación ni medición en la pierna aterrada

• Componentes de estado sólido, 100%

• Caídas de tensión muy pequeñas

• Desconexión por baja tensión (LVD — Low Voltage Disconnect) con compensación de corriente.

• Indicación de status y fallas de batería a través de LED

• Capaz de suportar sobrecargas hasta del 25%

• Terminales remotos con sensores de tensión de batería

Protecciones Electrónicas

• Cortocircuito — paneles solares y carga

• Sobrecarga — paneles solares y carga

• Polaridad invertida

• Corriente invertida por la noche

• Desconexión por alta tensión

• Desconexión por alta temperatura

• Protección contra relámpagos y sobre tensión o transitorios

• Cargas protegidas contra picos de tensión

• Restablecimiento automático de todas las protecciones

Prestaciones Opcionales del ProStar:

• Medidor digital

– Visor de tensión y voltaje de alta precisión

– Bajo consumo propio (1 mA)

– Incluye botón de desconexión manual

– Muestra 5 funciones de protección y de condiciones de desconexión

– El auto-diagnóstico (auto-test) provee una prueba completa del ProStar:

Muestra 9 diferentes parámetros de estado del controlador, incluyendo la temperatura

Muestra las fallas detectadas

• Positivo a Tierra

• Sensor remoto de temperatura

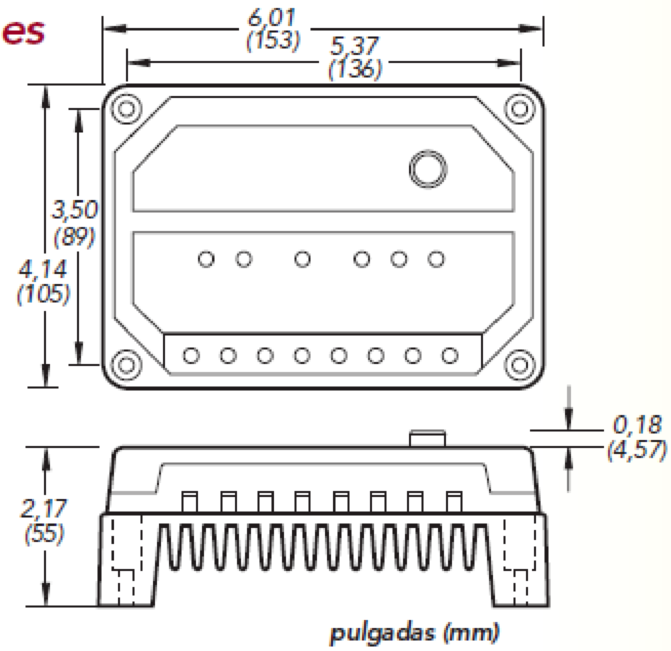
Carga de la batería optimizada:

El ProStar tiene 4 etapas de carga de batería, para proporcionar una mayor capacidad y tiempo de vida útil a la batería.

Especificaciones Mecánicas:

Peso:
0,34 kg

Calibre del cable:
6 AWG
($16\ mm^2$)



Versiones del ProStar:

	PS-15	PS-30	PS15M-48V
Corriente nominal del panel solar	15A	30A	15A
Corriente nominal de carga	15A	30A	15A
Tensión del sistema	12/24V	12/24V	48V
Opciones:			
Medidor digital	si	si	estándar
Tierra positiva	no	si	si
Sensor remoto de temperatura	si	si	si

Especificaciones Eléctricas:

	12V	24V	48V
Compensación de temperatura (mV/°C)*	– 30mV	– 60mV	– 120mV
Precisión	40mV	60mV	80mV
Minima temperatura de operación	8V	8V	15V
Autoconsumo	22mA	25mA	28mA
Coeficiente de corriente LVD**	– 20mV	– 40mV	– 80mV
Algoritmo de carga	PWM, tensión constante		
Temperatura de operación	– 40°C a + 60°C		
Visor digital:			
Temperatura de funcionamiento	– 30°C a + 85°C		
Precisión de la tension	0,5%		
Precisión de corriente	2,0%		
Autoconsumo	1 mA		

* Referencia 25°C

** por ampere de carga

GARANTÍA: Cinco años de garantía. Contáctese con Morningstar o con un distribuidor autorizado para obtener los términos completos de la garantía.

1098 Washington Crossing Road

Washington Crossing, PA 18977 USA

Tel: 215-321-4457 Fax: 215-321-4458

E-mail: info@morningstarcorp.com

Website: www.morningstarcorp.com

ANEXO L

ANÁLISIS DE GENERACIÓN E INGRESOS POR VENTA DE ENERGÍA POR MEDIO DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

	Irradiación total (kWh/m^2/día)	Dias/mes	Irradiancia mes (kWh/m^2)	Energía prod. por sistema (kWh)	Energía a carga (kWh)	Venta energía mensual
Enero	5.25	31	162.75	98.57442	78.859536	$ 41.04
Febrero	5.4	28	151.2	91.578816	73.2630528	$ 38.13
Marzo	5.7	31	176.7	107.023656	85.6189248	$ 44.56
Abril	5.1	30	153	92.66904	74.135232	$ 38.58
Mayo	4.5	31	139.5	84.49236	67.593888	$ 35.18
Junio	4.65	30	139.5	84.49236	67.593888	$ 35.18
Julio	4.65	31	144.15	87.308772	69.8470176	$ 36.35
Agosto	4.95	31	153.45	92.941596	74.3532768	$ 38.69
Septiembre	5.25	30	157.5	95.3946	76.31568	$ 39.71
Octubre	5.4	31	167.4	101.390832	81.1126656	$ 42.21
Noviembre	5.4	30	162	98.12016	78.496128	$ 40.85
Diciembre	4.95	31	153.45	92.941596	74.3532768	$ 38.69
Total anual		365		1126.928208	901.5425664	$ 469.16

ANEXO M.

ESTUDIO DE INVERSIÓN DE LAS DISTINTAS OPCIONES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS A IMPLEMENTARSE

a) ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL SISTEMA IMPLEMENTADO EN LA VIVIENDA INDICADA CON LOS CÁLCULOS INICIALES – ACREDITADA POR EL CONELEC.

Con Financiamiento:

Generación	2.47kWh	2470Wh
Inversión Inicial		
Inversión	$ 5.433.00	
Financiamiento	$ 1.933.00	
Tiempo	36 meses	
Tasa de crèdito 10%	10.00%	

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	**$5,433.00**	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	**$3,500.00**	$199.03	$ 199.03	$ 199.03	$ 199.03	$ 199.03
Total de Ingresos	**$3,500.00**	**$ 199.03**	**$ 199.03**	**$ 199.03**	**$ 199.03**	**$ 199.03**
Gastos	-					
Mantenimiento	**$0.00**	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 880.00
G. Operacionales	**$0.00**					
G. Administrativos	**$0.00**					
Depreciación	**$0.00**	$ 543.30	$ 543.30	$ 543.30	$ 543.30	$ 719.30
Total de Gastos	**$0.00**	**$ 553.30**	**$ 553.30**	**$ 553.30**	**$ 553.30**	**$ 1,599.30**
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		**$ 581.34**	**$ 642.21**	**$ 709.46**		
Pago interés del Préstamo		**$ 167.13**	**$ 106.26**	**$ 39.01**		
Utilidad Neta	**$ 0.00**	**-$ 1,102.74**	**-$ 1,102.74**	**-$ 1,102.74**	**-$ 354.27**	**-$ 1,400.27**
Flujo de Caja	**-$ 1,933.00**	**-$ 559.44**	**-$559.44**	**-$ 559.44**	**$189.03**	**-$ 680.97**
Flujo Acumulado	**$ 0.00**	**-$ 2,492.44**	**-$3,051.88**	**-$3,611.32**	**-$3,422.29**	**-$4,103.26**

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03
$ 199,03	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**
$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 880,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00
$ 545,30	$ 545,30	$ 545,30	$ 545,30	$ 719,30	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00
$ 555,30	**$ 555,30**	**$ 555,30**	**$ 555,30**	**$ 1.599,30**	**$ 186,00**	**$ 186,00**	**$ 186,00**
-$ 356,27	**-$ 356,27**	**-$ 356,27**	**-$ 356,27**	**-$ 1.400,27**	**$ 13,03**	**$ 13,03**	**$ 13,03**
$189,03	**$ 189,03**	**$189,03**	**$ 189,03**	**-$680,97**	**$ 189,03**	**$ 189,03**	**$ 189,03**
-$3.914,23	**-$3.725,20**	**-$3.536,17**	**-$3.347,14**	**-$4.028,11**	**-$3.839,08**	**-$3.650,05**	**-$3.461,02**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03
$ 199,03	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**
$ 10,00	$ 880,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 880,00	$ 10,00
$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00
$ 186,00	**$ 1.056,00**	**$ 186,00**	**$ 186,00**	**$ 186,00**	**$ 186,00**	**$ 1.056,00**	**$ 186,00**
$ 13,03	**-$ 856,97**	**$ 13,03**	**$ 13,03**	**$ 13,03**	**$ 13,03**	**-$ 856,97**	**$ 13,03**
$ 189,03	**-$ 680,97**	**$ 189,03**	**$ 189,03**	**$ 189,03**	**$ 189,03**	**-$ 680,97**	**$ 189,03**
-$3.271,99	**-$3.952,96**	**-$3.763,93**	**-$3.574,90**	**-$3.385,87**	**-$3.196,84**	**-$3.877,81**	**-$3.688,78**

22	23	24	25
$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03
$ 199,03	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**
$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00
$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00
$ 186,00	**$ 186,00**	**$ 186,00**	**$ 186,00**
$ 13,03	**$ 13,03**	**$ 13,03**	**$ 13,03**
$ 189,03	**$ 189,03**	**$ 189,03**	**$ 189,03**
-$3.499,75	**-$3.310,72**	**-$3.121,69**	**-$2.932,66**

Valor Presente	**($ 3.442,20)**

Financiamiento

FINANCIAMIENTO CON EL BANCO					
CUOTAS	FECHA	PAGO	CAPITAL	INTERES	SALDO
					$1.933,00
1	31-ene	($62,37)	($46,26)	$ 16,11	$1.886,74
2	28-feb	($62,37)	($46,65)	$ 15,72	$1.840,09
3	30-mar	($62,37)	($47,04)	$ 15,33	$1.793,05
4	29-abr	($62,37)	($47,43)	$ 14,94	$1.745,62
5	30-may	($62,37)	($47,83)	$ 14,55	$1.697,79
6	30-jun	($62,37)	($48,22)	$ 14,15	$1.649,57
7	30-jul	($62,37)	($48,63)	$ 13,75	$1.600,94
8	30-ago	($62,37)	($49,03)	$ 13,34	$1.551,91
9	29-sep	($62,37)	($49,44)	$ 12,93	$1.502,47
10	30-oct	($62,37)	($49,85)	$ 12,52	$1.452,62
11	30-nov	($62,37)	($50,27)	$ 12,11	$1.402,35
12	28-dic	($62,37)	($50,69)	$ 11,69	$1.351,66
		($748,47)	($581,34)	$ 167,13	
13	28-ene	($62,37)	($51,11)	$ 11,26	$1.300,56
14	27-feb	($62,37)	($51,53)	$ 10,84	$1.249,02
15	30-mar	($62,37)	($51,96)	$ 10,41	$1.197,06
16	29-abr	($62,37)	($52,40)	$ 9,98	$1.144,66
17	30-may	($62,37)	($52,83)	$ 9,54	$1.091,83
18	30-jun	($62,37)	($53,27)	$ 9,10	$1.038,55
19	30-jul	($62,37)	($53,72)	$ 8,65	$984,84
20	30-ago	($62,37)	($54,17)	$ 8,21	$930,67
21	29-sep	($62,37)	($54,62)	$ 7,76	$876,05
22	30-oct	($62,37)	($55,07)	$ 7,30	$820,98
23	30-nov	($62,37)	($55,53)	$ 6,84	$765,45
24	31-dic	($62,37)	($55,99)	$ 6,38	$709,46
		($748,47)	($642,21)	$ 106,26	
25	31-ene	($62,37)	($56,46)	$ 5,91	$653,00
26	28-feb	($62,37)	($56,93)	$ 5,44	$596,07
27	30-mar	($62,37)	($57,41)	$ 4,97	$538,66
28	30-abr	($62,37)	($57,88)	$ 4,49	$480,78
29	30-may	($62,37)	($58,37)	$ 4,01	$422,41

PRESTAMO BANCARIO	
CAPITAL	1.933,00
INTERES	10,00%
PLAZO	36 MESES

30	30-jun	($62,37)	($58,85)	$ 3,52	$363,56
31	31-jul	($62,37)	($59,34)	$ 3,03	$304,21
32	30-ago	($62,37)	($59,84)	$ 2,54	$244,38
33	30-sep	($62,37)	($60,34)	$ 2,04	$184,04
34	31-oct	($62,37)	($60,84)	$ 1,53	$123,20
35	30-nov	($62,37)	($61,35)	$ 1,03	$61,86
36	29-dic	($62,37)	($61,86)	$ 0,52	($0,00)
		($748,47)	($709,46)	$ 39,01	

Sin Financiamiento:

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	$5.433,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
Ingreso netos	$3.500,00	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03
Total de Ingresos	$3.500,00	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03
Gastos	-					
Mantenimiento	$0,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 880,00
G. Operacionales	$0,00					
G. Administrativos	$0,00					
Depreciación	$0,00	$ 543,30	$ 543,30	$ 543,30	$ 543,30	$ 719,30
Total de Gastos	$0,00	$ 553,30	$ 553,30	$ 553,30	$ 553,30	$ 1.599,30
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00		
Pago interés del Préstamo		$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00		
Utilidad Neta	$ 0,00	-$ 354,27	-$ 354,27	-$ 354,27	-$ 354,27	-$ 1.400,27
Flujo de Caja	-$ 1.933,00	$ 189,03	$189,03	$ 189,03	$189,03	-$ 680,97
Flujo Acumulado	$ 0,00	-$ 1.743,97	-$1.554,94	-$1.365,91	-$1.176,88	-$1.857,85

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03
$ 199,03	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**
$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 880,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00
$ 545,30	$ 545,30	$ 545,30	$ 545,30	$ 719,30	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00
$ 555,30	**$ 555,30**	**$ 555,30**	**$ 555,30**	**$ 1.599,30**	**$ 186,00**	**$ 186,00**	**$ 186,00**
-$ 356,27	**-$ 356,27**	**-$ 356,27**	**-$ 356,27**	**-$ 1.400,27**	**$ 13,03**	**$ 13,03**	**$ 13,03**
$189,03	**$ 189,03**	**$189,03**	**$ 189,03**	**-$680,97**	**$ 189,03**	**$ 189,03**	**$ 189,03**
-$1.668,82	**-$1.479,79**	**-$1.290,76**	**-$1.101,73**	**-$1.782,70**	**-$1.593,67**	**-$1.404,64**	**-$1.215,61**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03
$ 199,03	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**
$ 10,00	$ 880,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 880,00	$ 10,00
$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00
$ 186,00	**$ 1.056,00**	**$ 186,00**	**$ 186,00**	**$ 186,00**	**$ 186,00**	**$ 1.056,00**	**$ 186,00**
$ 13,03	**-$ 856,97**	**$ 13,03**	**$ 13,03**	**$ 13,03**	**$ 13,03**	**-$ 856,97**	**$ 13,03**
$ 189,03	**-$ 680,97**	**$ 189,03**	**$ 189,03**	**$ 189,03**	**$ 189,03**	**-$ 680,97**	**$ 189,03**
-$1.026,58	**-$1.707,55**	**-$1.518,52**	**-$1.329,49**	**-$1.140,46**	**-$951,43**	**-$1.632,40**	**-$1.443,37**

22	23	24	25
$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03	$ 199,03
$ 199,03	**$ 199,03**	**$ 199,03**	**$ 199,03**
$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00	$ 10,00
$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00	$ 176,00
$ 186,00	**$ 186,00**	**$ 186,00**	**$ 186,00**
$ 13,03	**$ 13,03**	**$ 13,03**	**$ 13,03**
$ 189,03	**$ 189,03**	**$ 189,03**	**$ 189,03**
-$1.254,34	**-$1.065,31**	**-$876,28**	**-$687,25**

Valor Presente	**($ 1.580,86)**

b) ANÁLISIS ECONÓMICO PARA UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE UNA VIVIENDA DE 2.1kWh./día.

Con Financiamiento:

Generación	2.1kWh	2100Wh
Inversión Inicial		
Inversión	$ 5,000.00	
Financiamiento		
Tiempo	36 meses	
Tasa de crèdito 10%	10.00%	

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	$5,000.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	$0.00	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58
Total de Ingresos	$0.00	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58
Gastos	-					
Mantenimiento	$0.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
G. Operacionales	$0.00					
G. Administrativos	$0.00					
Depreciación	$0.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00
Total de Gastos	$0.00	$ 510.00	$ 510.00	$ 510.00	$ 510.00	$ 510.00
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		$ 1,503.71	$ 1,661.17	$ 1,835.12		
Pago interés del Préstamo		$ 432.32	$ 274.86	$ 100.91		
Utilidad Neta	$ 0.00	-$ 2,372.45	-$ 2,372.45	-$ 2,372.45	-$ 436.42	-$ 436.42
Flujo de Caja	-$ 5,000.00	-$ 1,872.45	-$1,872.45	-$ 1,872.45	$63.58	$ 63.58
Flujo Acumulado	$ 0.00	-$ 6,872.45	-$8,744.89	-$10,617.34	-$10,553.76	-$10,490.17

6	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58
$ 73.58	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 510.00	**$ 510.00**	**$ 510.00**	**$ 510.00**	**$ 510.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**
-$ 436.42	**-$ 436.42**	**-$ 436.42**	**-$ 436.42**	**-$ 436.42**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
$63.58	**$ 63.58**	**$63.58**	**$ 63.58**	**$63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
-$10,426.59	**-$10,363.01**	**-$10,299.42**	**-$10,235.84**	**-$10,172.25**	**-$10,108.67**	**-$10,045.09**	**-$9,981.50**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58
$ 73.58	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 10.00	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**
$ 63.58	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
$ 63.58	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
-$9,917.92	**-$9,854.33**	**-$9,790.75**	**-$9,727.17**	**-$9,663.58**	**-$9,600.00**	**-$9,536.41**	**-$9,472.83**

22	23	24	25
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58
$ 73.58	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 10.00	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**
$ 63.58	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
$ 63.58	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
-$9,409.25	**-$9,345.66**	**-$9,282.08**	**-$9,218.49**

Valor Presente	**($ 9,272.48)**

Financiamiento:

FINANCIAMIENTO CON EL BANCO					
CUOTAS	FECHA	PAGO	CAPITAL	INTERES	SALDO
					$5.000,00
1	31-ene	($161.34)	($119.67)	$ 41.67	$4,880.33
2	28-feb	($161.34)	($120.67)	$ 40.67	$4,759.66
3	30-mar	($161.34)	($121.67)	$ 39.66	$4,637.99
4	29-abr	($161.34)	($122.69)	$ 38.65	$4,515.31
5	30-may	($161.34)	($123.71)	$ 37.63	$4,391.60
6	30-jun	($161.34)	($124.74)	$ 36.60	$4,266.86
7	30-jul	($161.34)	($125.78)	$ 35.56	$4,141.08
8	30-ago	($161.34)	($126.83)	$ 34.51	$4,014.25
9	29-sep	($161.34)	($127.88)	$ 33.45	$3,886.37
10	30-oct	($161.34)	($128.95)	$ 32.39	$3,757.42
11	30-nov	($161.34)	($130.02)	$ 31.31	$3,627.40
12	28-dic	($161.34)	($131.11)	$ 30.23	$3,496.29
		($1,936.03)	($1.503.71)	$ 432.32	
13	28-ene	($161.34)	($132.20)	$ 29.14	$3,364.09
14	27-feb	($161.34)	($133.30)	$ 28.03	$3,230.79
15	30-mar	($161.34)	($134.41)	$ 26.92	$3,096.37
16	29-abr	($161.34)	($135.53)	$ 25.80	$2,960.84
17	30-may	($161.34)	($136.66)	$ 24.67	$2,824.18
18	30-jun	($161.34)	($137.80)	$ 23.53	$2,686.38
19	30-jul	($161.34)	($138.95)	$ 22.39	$2,547.43
20	30-ago	($161.34)	($140.11)	$ 21.23	$2,407.32
21	29-sep	($161.34)	($141.27)	$ 20.06	$2,266.04
22	30-oct	($161.34)	($142.45)	$ 18.88	$2,123.59
23	30-nov	($161.34)	($143.64)	$ 17.70	$1,979.95
24	31-dic	($161.34)	($144.84)	$ 16.50	$1,835.12
		($1,936.03)	($1.661.17)	$ 274.86	
25	31-ene	($161.34)	($146.04)	$ 15.29	$1,689.07
26	28-feb	($161.34)	($147.26)	$ 14.08	$1,541.81
27	30-mar	($161.34)	($148.49)	$ 12.85	$1,393.33
28	30-abr	($161.34)	($149.72)	$ 11.61	$1,243.60
29	30-may	($161.34)	($150.97)	$ 10.36	$1,092.63
30	30-jun	($161.34)	($152.23)	$ 9.11	$940.40

PRESTAMO BANCARIO	
CAPITAL	**5,000.00**
INTERES	**10.00%**
PLAZO	**36 MESES**

31	31-jul	($161.34)	($153.50)	$ 7.84	$786.90
32	30-ago	($161.34)	($154.78)	$ 6.56	$632.12
33	30-sep	($161.34)	($156.07)	$ 5.27	$476.05
34	31-oct	($161.34)	($157.37)	$ 3.97	$318.68
35	30-nov	($161.34)	($158.68)	$ 2.66	$160.00
36	29-dic	($161.34)	($160.00)	$ 1.33	($0.00)
		($1,936.03)	($1,835.12)	$ 100.91	

Sin Financiamiento:

Generación		2.1kWh	2100Wh
	Inversión Inicial		
Inversión		$ 5,000.00	
Financiamiento			
Tiempo			
Tasa de crèdito 10%			

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	$5,000.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	$0.00	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58
Total de Ingresos	$0.00	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58
Gastos	-					
Mantenimiento	$0.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
G. Operacionales	$0.00					
G. Administrativos	$0.00					
Depreciación	$0.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00
Total de Gastos	$0.00	$ 510.00	$ 510.00	$ 510.00	$ 510.00	$ 510.00
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00		
Pago interés del Préstamo		$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00		
Utilidad Neta	$ 0.00	-$ 436.42	-$ 436.42	-$ 436.42	-$ 436.42	-$ 436.42
Flujo de Caja	-$ 5,000.00	$ 63.58	$63.58	$ 63.58	$63.58	$ 63.58
Flujo Acumulado	$ 0.00	-$ 4,936.42	-$4,872.83	-$4,809.25	-$4,745.66	-$4,682.08

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58
$ 73.58	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 500.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 510.00	**$ 510.00**	**$ 510.00**	**$ 510.00**	**$ 510.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**
-$ 436.42	**-$ 436.42**	**-$ 436.42**	**-$ 436.42**	**-$ 436.42**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
$63.58	**$ 63.58**	**$63.58**	**$ 63.58**	**$63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
-$4,618.50	**-$4,554.91**	**-$4,491.33**	**-$4,427.74**	**-$4,364.16**	**-$4,300.58**	**-$4,236.99**	**-$4,173.41**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58
$ 73.58	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 10.00	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**
$ 63.58	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
$ 63.58	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
-$4,109.82	**-$4,046.24**	**-$3,982.66**	**-$3,919.07**	**-$3,855.49**	**-$3,791.90**	**-$3,728.32**	**-$3,664.74**

22	23	24	25
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58	$ 73.58
$ 73.58	**$ 73.58**	**$ 73.58**	**$ 73.58**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 10.00	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**
$ 63.58	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
$ 63.58	**$ 63.58**	**$ 63.58**	**$ 63.58**
-$3,601.15	**-$3,537.57**	**-$3,473.98**	**-$3,410.40**

Valor Presente	**($ 4,422.85)**

c) ANÁLISIS ECONÓMICO PARA UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE UNA VIVIENDA DE 1.2kWh./día.

Generación		1.2kWh	1200Wh
	Inversión Inicial		
Inversión		$ 3,100.00	
Financiamiento			

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	$3,100.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	$0.00	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52
Total de Ingresos	$0.00	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52
Gastos	-					
Mantenimiento	$0.00	$ 5.00	$ 5.00	$ 5.00	$ 5.00	$ 580.00
G. Operacionales	$0.00					
G. Administrativos	$0.00					
Depreciación	$0.00	$ 310.00	$ 310.00	$ 310.00	$ 310.00	$ 426.00
Total de Gastos	$0.00	$ 315.00	$ 315.00	$ 315.00	$ 315.00	$ 1,006.00
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00		
Pago interés del Préstamo		$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00		
Utilidad Neta	$ 0.00	-$ 297.48	-$ 297.48	-$ 297.48	-$ 297.48	-$ 988.48
Flujo de Caja	-$ 3,100.00	$ 12.52	$12.52	$ 12.52	$12.52	-$ 562.48
Flujo Acumulado	$ 0.00	-$ 3,087.48	-$3,074.96	-$3,062.44	-$3,049.92	-$3,612.40

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52
$ 17.52	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**
$ 5.00	$ 5.00	$ 5.00	$ 5.00	$ 580.00	$ 5.00	$ 5.00	$ 5.00
$ 426.00	$ 426.00	$ 426.00	$ 426.00	$ 426.00	$ 116.00	$ 116.00	$ 116.00
$ 431.00	**$ 431.00**	**$ 431.00**	**$ 431.00**	**$ 1,006.00**	**$ 121.00**	**$ 121.00**	**$ 121.00**
-$ 413.48	**-$ 413.48**	**-$ 413.48**	**-$ 413.48**	**-$ 988.48**	**-$ 103.48**	**-$ 103.48**	**-$ 103.48**
$12.52	**$ 12.52**	**$12.52**	**$ 12.52**	**-$562.48**	**$ 12.52**	**$ 12.52**	**$ 12.52**
-$3,599.88	**-$3,587.36**	**-$3,574.84**	**-$3,562.32**	**-$4,124.80**	**-$4,112.28**	**-$4,099.76**	**-$4,087.24**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52
$ 17.52	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**
$ 5.00	$ 580.00	$ 5.00	$ 5.00	$ 5.00	$ 5.00	$ 580.00	$ 5.00
$ 116.00	$ 116.00	$ 116.00	$ 116.00	$ 116.00	$ 116.00	$ 116.00	$ 116.00
$ 121.00	**$ 696.00**	**$ 121.00**	**$ 121.00**	**$ 121.00**	**$ 121.00**	**$ 696.00**	**$ 121.00**
-$ 103.48	**-$ 678.48**	**-$ 103.48**	**-$ 103.48**	**-$ 103.48**	**-$ 103.48**	**-$ 678.48**	**-$ 103.48**
$ 12.52	**-$ 562.48**	**$ 12.52**	**$ 12.52**	**$ 12.52**	**$ 12.52**	**-$ 562.48**	**$ 12.52**
-$4,074.72	**-$4,637.20**	**-$4,624.68**	**-$4,612.16**	**-$4,599.64**	**-$4,587.12**	**-$5,149.60**	**-$5,137.08**

22	23	24	25
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52	$ 17.52
$ 17.52	**$ 17.52**	**$ 17.52**	**$ 17.52**
$ 5.00	$ 5.00	$ 5.00	$ 5.00
$ 116.00	$ 116.00	$ 116.00	$ 116.00
$ 121.00	**$ 121.00**	**$ 121.00**	**$ 121.00**
-$ 103.48	**-$ 103.48**	**-$ 103.48**	**-$ 103.48**
$ 12.52	**$ 12.52**	**$ 12.52**	**$ 12.52**
-$5,124.56	**-$5,112.04**	**-$5,099.52**	**-$5,087.00**

Valor Presente	**($ 3,788.19)**

ANÁLISIS ECONÓMICO PARA UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE UNA VIVIENDA DE 600Wh./día.

Generación		600Wh
	Inversión Inicial	
Inversión		$ 1,800.00

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	**$1,800.00**	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	**$0.00**	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76
Total de Ingresos	**$0.00**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**
Gastos	-					
Mantenimiento	**$0.00**	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 290.00
G. Operacionales	**$0.00**					
G. Administrativos	**$0.00**					
Depreciación	**$0.00**	$ 180.00	$ 180.00	$ 180.00	$ 180.00	$ 238.00
Total de Gastos	**$0.00**	**$ 180.00**	**$ 180.00**	**$ 180.00**	**$ 180.00**	**$ 528.00**
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**		
Pago interés del Préstamo		**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**		
Utilidad Neta	**$ 0.00**	**-$ 171.24**	**-$ 171.24**	**-$ 171.24**	**-$ 171.24**	**-$ 519.24**
Flujo de Caja	**-$ 1,800.00**	**$ 8.76**	**$8.76**	**$ 8.76**	**$8.76**	**-$ 281.24**
Flujo Acumulado	**$ 0.00**	**-$ 1,791.24**	**-$1,782.48**	**-$1,773.72**	**-$1,764.96**	**-$2,046.20**

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76
$ 8.76	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 290.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 238.00	$ 238.00	$ 238.00	$ 238.00	$ 238.00	$ 58.00	$ 58.00	$ 58.00
$ 238.00	**$ 238.00**	**$ 238.00**	**$ 238.00**	**$ 528.00**	**$ 58.00**	**$ 58.00**	**$ 58.00**
-$ 229.24	**-$ 229.24**	**-$ 229.24**	**-$ 229.24**	**-$ 519.24**	**-$ 49.24**	**-$ 49.24**	**-$ 49.24**
$8.76	**$ 8.76**	**$8.76**	**$ 8.76**	**-$281.24**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**
-$2,037.44	**-$2,028.68**	**-$2,019.92**	**-$2,011.16**	**-$2,292.40**	**-$2,283.64**	**-$2,274.88**	**-$2,266.12**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76
$ 8.76	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**
$ 0.00	$ 290.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 290.00	$ 0.00
$ 58.00	$ 58.00	$ 58.00	$ 58.00	$ 58.00	$ 58.00	$ 58.00	$ 58.00
$ 58.00	**$ 348.00**	**$ 58.00**	**$ 58.00**	**$ 58.00**	**$ 58.00**	**$ 348.00**	**$ 58.00**
-$ 49.24	**-$ 339.24**	**-$ 49.24**	**-$ 49.24**	**-$ 49.24**	**-$ 49.24**	**-$ 339.24**	**-$ 49.24**
$ 8.76	**-$ 281.24**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**-$ 281.24**	**$ 8.76**
-$2,257.36	**-$2,538.60**	**-$2,529.84**	**-$2,521.08**	**-$2,512.32**	**-$2,503.56**	**-$2,784.80**	**-$2,776.04**

22	23	24	25
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76	$ 8.76
$ 8.76	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 58.00	$ 58.00	$ 58.00	$ 58.00
$ 58.00	**$ 58.00**	**$ 58.00**	**$ 58.00**
-$ 49.24	**-$ 49.24**	**-$ 49.24**	**-$ 49.24**
$ 8.76	**$ 8.76**	**$ 8.76**	**$ 8.76**
-$2,767.28	**-$2,758.52**	**-$2,749.76**	**-$2,741.00**

Valor Presente	**($ 2,124.89)**

d) ANÁLISIS ECONÓMICO PARA UN SISTEMA DE GENERACIÓN GOTOVOLTAICA DE UNA VIVIENDA DE 450Wh./día.

Generación		450Wh
	Inversión Inicial	
Inversión		$ 900.00

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	**$900.00**	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	**$0.00**	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57
Total de Ingresos	**$0.00**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**
Gastos	-					
Mantenimiento	**$0.00**	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 225.00
G. Operacionales	**$0.00**					
G. Administrativos	**$0.00**					
Depreciación	**$0.00**	$ 90.00	$ 90.00	$ 90.00	$ 90.00	$ 90.00
Total de Gastos	**$0.00**	**$ 90.00**	**$ 90.00**	**$ 90.00**	**$ 90.00**	**$ 315.00**
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**		
Pago interés del Préstamo		**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**		
Utilidad Neta	**$ 0.00**	**-$ 83.43**	**-$ 83.43**	**-$ 83.43**	**-$ 83.43**	**-$ 308.43**
Flujo de Caja	**-$ 900.00**	**$ 6.57**	**$6.57**	**$ 6.57**	**$6.57**	**-$ 218.43**
Flujo Acumulado	**$ 0.00**	**-$ 893.43**	**-$886.86**	**-$880.29**	**-$873.72**	**-$1,092.15**

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57
$ 6.57	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 225.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 90.00	$ 90.00	$ 90.00	$ 90.00	$ 135.00	$ 45.00	$ 45.00	$ 45.00
$ 90.00	**$ 90.00**	**$ 90.00**	**$ 90.00**	**$ 360.00**	**$ 45.00**	**$ 45.00**	**$ 45.00**
-$ 83.43	**-$ 83.43**	**-$ 83.43**	**-$ 83.43**	**-$ 353.43**	**-$ 38.43**	**-$ 38.43**	**-$ 38.43**
$6.57	**$ 6.57**	**$6.57**	**$ 6.57**	**-$218.43**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**
-$1,085.58	**-$1,079.01**	**-$1,072.44**	**-$1,065.87**	**-$1,284.30**	**-$1,277.73**	**-$1,271.16**	**-$1,264.59**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57
$ 6.57	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**
$ 0.00	$ 225.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 225.00	$ 0.00
$ 45.00	$ 45.00	$ 45.00	$ 45.00	$ 45.00	$ 45.00	$ 45.00	$ 45.00
$ 45.00	**$ 270.00**	**$ 45.00**	**$ 45.00**	**$ 45.00**	**$ 45.00**	**$ 270.00**	**$ 45.00**
-$ 38.43	**-$ 263.43**	**-$ 38.43**	**-$ 38.43**	**-$ 38.43**	**-$ 38.43**	**-$ 263.43**	**-$ 38.43**
$ 6.57	**-$ 218.43**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**-$ 218.43**	**$ 6.57**
-$1,258.02	**-$1,476.45**	**-$1,469.88**	**-$1,463.31**	**-$1,456.74**	**-$1,450.17**	**-$1,668.60**	**-$1,662.03**

22	23	24	25
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57	$ 6.57
$ 6.57	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 45.00	$ 45.00	$ 45.00	$ 45.00
$ 45.00	**$ 45.00**	**$ 45.00**	**$ 45.00**
-$ 38.43	**-$ 38.43**	**-$ 38.43**	**-$ 38.43**
$ 6.57	**$ 6.57**	**$ 6.57**	**$ 6.57**
-$1,655.46	**-$1,648.89**	**-$1,642.32**	**-$1,635.75**

Valor Presente	**($ 1,154.13)**

e) ANÁLISIS ECONÓMICO PARA UN SISTEMA DE BOMBEO CON GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.

Para tener en cuenta el sistema de bombeo se va a realizar la toma de las inversiones basadas en el sistema completo, incluyendo parte civil, con financiamiento a 10 años, y en otro flujo se tomará el sistema únicamente fotovoltaico con financiamiento a 36 meses, ambos al 10% de interés; con la finalidad de determinar la viabilidad del proyecto basados en la colocación total del sistema en primera instancia, y luego simplemente la viabilidad del sistema de generación fotovoltaica que alimentará al sistema de bombeo.

Implementación del Sistema de Bombeo Completo

Años	Pago	Interés	Prestamo	5991,9
1	$ 975.15	$ 599.19	$ 375.96	$ 5,615.94
2	$ 975.15	$ 561.59	$ 413.56	$ 5,202.38
3	$ 975.15	$ 520.24	$ 454.92	$ 4,747.46
4	$ 975.15	$ 474.75	$ 500.41	$ 4,247.05
5	$ 975.15	$ 424.71	$ 550.45	$ 3,696.60
6	$ 975.15	$ 369.66	$ 605.49	$ 3,091.11
7	$ 975.15	$ 309.11	$ 666.04	$ 2,425.06
8	$ 975.15	$ 242.51	$ 732.65	$ 1,692.42
9	$ 975.15	$ 169.24	$ 805.91	$ 886.50
10	$ 975.15	$ 88.65	$ 886.50	$ 0.00
Total pagado	$ 9,751.54			
Interese Totales pagados	$ 3,759.64			

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	$9,991.90	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	$4,000.00	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49
Total de Ingresos	$4,000.00	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49
Gastos	-					
Mantenimiento	$0.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
G. Operacionales	$0.00					
G. Administrativos	$0.00					
Depreciación	$0.00	$ 999.19	$ 999.19	$ 999.19	$ 999.19	$ 999.19
Total de Gastos	$0.00	$ 1,009.19	$ 1,009.19	$ 1,009.19	$ 1,009.19	$ 1,009.19
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		$ 375.96	$ 413.56	$ 454.92	$ 500.41	$ 550.45
Pago interés del Préstamo		$ 599.19	$ 561.59	$ 520.24	$ 474.75	$ 424.71
Utilidad Neta	$ 0.00	-$ 1,955.85	-$ 1,955.85	-$ 1,955.85	-$ 1,955.85	-$ 1,955.85
Flujo de Caja	-$ 5,991.90	-$ 956.66	-$956.66	-$ 956.66	-$956.66	-$ 956.66
Flujo Acumulado	$ 0.00	-$ 6,948.56	-$7,905.22	-$8.,861.89	-$9,818.55	-$10,775.21

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49
$ 28.49	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 999.19	$ 999.19	$ 999.19	$ 999.19	$ 999.19	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 1,009.19	**$ 1,009.19**	**$ 1,009.19**	**$ 1,009.19**	**$ 1,009.19**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**
$ 605.49	**$ 666.04**	**$ 732.65**	**$ 805.91**	**$ 886.50**			
$ 369.66	**$ 309.11**	**$ 242.51**	**$ 169.24**	**$ 88.65**			
-$ 1,955.85	**-$ 1,955.85**	**-$ 1,955.85**	**-$ 1,955.85**	**-$ 980.70**	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**
-$956.66	**-$ 956.66**	**-$956.66**	**-$ 956.66**	**$18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**
-$11,731.87	**-$12,688.54**	**-$13,645.20**	**-$14,601.86**	**-$14,583.37**	**-$14,564.88**	**-$14,546.38**	**-$14,527.89**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49
$ 28.49	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 10.00	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**
$ 18.49	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**
$ 18.49	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**
-$14,509.40	**-$14,490.91**	**-$14,472.42**	**-$14,453.92**	**-$14,435.43**	**-$14,416.94**	**-$14,398.45**	**-$14,379.96**

22	23	24	25
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49
$ 28.49	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 10.00	**$ 10.00**	**$ 10.00**	**$ 10.00**
$ 18.49	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**
$ 18.49	**$ 18.49**	**$ 18.49**	**$ 18.49**
-$14,361.47	**-$14,342.97**	**-$14,324.48**	**-$14,305.99**

Valor Presente	**($ 5,495.83)**

Únicamente Sistema Fotovoltaico para el Bombeo de Agua

Generación	150Wh
Inversión Inicial	
Inversión	$ 5,038.43
Financiamiento	$ 1,538.43
Tiempo	36 meses
Tasa de crèdito 10%	10.00%

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	$5,038.43	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	$4,000.00	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49
Total de Ingresos	$4,000.00	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49
Gastos	-					
Mantenimiento	$0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
G. Operacionales	$0.00					
G. Administrativos	$0.00					
Depreciación	$0.00	$ 503.84	$ 503.84	$ 503.84	$ 503.84	$ 503.84
Total de Gastos	$0.00	$ 503.84	$ 503.84	$ 503.84	$ 503.84	$ 503.84
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		$ 462.67	$ 511.12	$ 564.64		
Pago interés del Préstamo		$ 133.02	$ 133.02	$ 31.05		
Utilidad Neta	$ 0.00	-$ 1,071.04	-$ 1,119.49	-$ 1,071.04	-$ 475.35	-$ 475.35
Flujo de Caja	-$ 1,038.43	-$ 567.20	-$615.65	-$ 567.20	$28.49	$ 28.49
Flujo Acumulado	$ 0.00	-$ 1,605.63	-$2,221.27	-$2,788.47	-$2,759.98	-$2,731.49

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49
$ 28.49	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 503.84	$ 503.84	$ 503.84	$ 503.84	$ 503.84	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 503.84	**$ 503.84**	**$ 503.84**	**$ 503.84**	**$ 503.84**	**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**
-$ 475.35	**-$ 475.35**	**-$ 475.35**	**-$ 475.35**	**-$ 475.35**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
$28.49	**$ 28.49**	**$28.49**	**$ 28.49**	**$28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
-$2,703.00	**-$2,674.50**	**-$2,646.01**	**-$2,617.52**	**-$2,589.03**	**-$2,560.54**	**-$2,532.04**	**-$2,503.55**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49
$ 28.49	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 0.00	**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**
$ 28.49	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
$ 28.49	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
-$2,475.06	**-$2,446.57**	**-$2,418.08**	**-$2,389.58**	**-$2,361.09**	**-$2,332.60**	**-$2,304.11**	**-$2,275.62**

22	23	24	25
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49	$ 28.49
$ 28.49	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 0.00	**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**
$ 28.49	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
$ 28.49	**$ 28.49**	**$ 28.49**	**$ 28.49**
-$2,247.13	**-$2,218.63**	**-$2,190.14**	**-$2,161.65**

Valor Presente	**($ 2,374.80)**

Financiamiento:

FINANCIAMIENTO CON EL BANCO					
CUOTAS	FECHA	PAGO	CAPITAL	INTERES	SALDO
					$1,538.43
1	31-ene	($49.64)	($36.82)	$ 12.82	$1,50161
2	28-feb	($49.64)	($37.13)	$ 12.51	$1,464.48
3	30-mar	($49.64)	($37.44)	$ 12.20	$1,427.05
4	29-abr	($49.64)	($37.75)	$ 11.89	$1,389.30
5	30-may	($49.64)	($38.06)	$ 11.58	$1,351.23
6	30-jun	($49.64)	($38.38)	$ 11.26	$1,312.85
7	30-jul	($49.64)	($38.70)	$ 10.94	$1,274.15
8	30-ago	($49.64)	($39.02)	$ 10.62	$1,235.13
9	29-sep	($49.64)	($39.35)	$ 10.29	$1,195.78
10	30-oct	($49.64)	($39.68)	$ 9.96	$1,156.11
11	30-nov	($49.64)	($40.01)	$ 9.63	$1,116.10
12	28-dic	($49.64)	($40.34)	$ 9.30	$1,075.76
		($595.69)	($462.67)	$ 133.02	
13	28-ene	($49.64)	($40.68)	$ 8.96	$1,035.08
14	27-feb	($49.64)	($41.02)	$ 8.63	$994.07
15	30-mar	($49.64)	($41.36)	$ 8.28	$952.71
16	29-abr	($49.64)	($41.70)	$ 7.94	$911.01
17	30-may	($49.64)	($42.05)	$ 7.59	$868.96
18	30-jun	($49.64)	($42.40)	$ 7.24	$826.56
19	30-jul	($49.64)	($42.75)	$ 6.89	$783.81
20	30-ago	($49.64)	($43.11)	$ 6.53	$740.70
21	29-sep	($49.64)	($43.47)	$ 6.17	$697.23
22	30-oct	($49.64)	($43.83)	$ 5.81	$653.40
23	30-nov	($49.64)	($44.20)	$ 5.44	$609.20
24	31-dic	($49.64)	($44.56)	$ 5.08	$564.64
		($595.69)	($51.,12)	$ 84.57	
25	31-ene	($49.64)	($44.94)	$ 4.71	$519.70
26	28-feb	($49.64)	($4531)	$ 4.33	$474.39
27	30-mar	($49.64)	($45.69)	$ 3.95	$428.71
28	30-abr	($49.64)	($46.07)	$ 3.57	$382.64
29	30-may	($49.64)	($46.45)	$ 3.19	$336.19
30	30-jun	($49.64)	($46.84)	$ 2.80	$289.35
31	31-jul	($49.64)	($47.23)	$ 2.41	$242.12

PRESTAMO BANCARIO	
CAPITAL	1,538.43
INTERES	10.00%
PLAZO	36 MESES

32	30-ago	($49.64)	($47.62)	$ 2.02	$194.49
33	30-sep	($49.64)	($48.02)	$ 1.62	$146.47
34	31-oct	($49.64)	($48.42)	$ 1.22	$98.05
35	30-nov	($49.64)	($48.82)	$ 0.82	$4.,23
36	29-dic	($49.64)	($49.23)	$ 0.41	($0.00)
		($595.69)	($564.64)	$ 31.05	

f) Flujo para encontrar la TIR.

Generación		2.47kWh	2470Wh
	Inversión Inicial		
Inversión		$ 5,433.00	
Financiamiento		$ 0.00	
Tiempo		0	
Tasa de crèdito 10%			

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	$5,433.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	$3,500.00	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42
Total de Ingresos	**$3,500.00**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**
Gastos	-					
Mantenimiento	$0.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 880.00
G. Operacionales	$0.00					
G. Administrativos	$0.00					
Depreciación	$0.00	$ 543.30	$ 543.30	$ 543.30	$ 543.30	$ 719.30
Total de Gastos	**$0.00**	**$ 553.30**	**$ 553.30**	**$ 553.30**	**$ 553.30**	**$ 1,599.30**
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00		
Pago interés del Préstamo		$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00		
Utilidad Neta	**$ 0.00**	**-$ 110.88**	**-$ 110.88**	**-$ 110.88**	**-$ 110.88**	**-$ 1,156.88**
Flujo de Caja	**-$ 1,933.00**	**$ 432.42**	**$432.42**	**$ 432.42**	**$432.42**	**-$ 437.58**
Flujo Acumulado	$ 0.00	-$ 1,500.58	-$1,068.15	-$635.73	-$203.30	-$640.88

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42
$ 442.42	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 880.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 545.30	$ 545.30	$ 545.30	$ 545.30	$ 719.30	$ 176.00	$ 176.00	$ 176.00
$ 555.30	**$ 555.30**	**$ 555.30**	**$ 555.30**	**$ 1,599.30**	**$ 186.00**	**$ 186.00**	**$ 186.00**
-$ 112.88	**-$ 112.88**	**-$ 112.88**	**-$ 112.88**	**-$ 1,156.88**	**$ 256.42**	**$ 256.42**	**$ 256.42**
$432.42	**$ 432.42**	**$432.42**	**$ 432.42**	**-$437.58**	**$ 432.42**	**$ 432.42**	**$ 432.42**
-$208.45	**$223.97**	**$656.40**	**$1,088.82**	**$651.25**	**$1,083.67**	**$1,516.10**	**$1,948.52**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42
$ 442.42	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**
$ 10.00	$ 880.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 880.00	$ 10.00
$ 176.00	$ 176.00	$ 176.00	$ 176.00	$ 176.00	$ 176.00	$ 176.00	$ 176.00
$ 186.00	**$ 1,056.00**	**$ 186.00**	**$ 186.00**	**$ 186.00**	**$ 186.00**	**$ 1,056.00**	**$ 186.00**
$ 256.42	**-$ 613.58**	**$ 256.42**	**$ 256.42**	**$ 256.42**	**$ 256.42**	**-$ 613.58**	**$ 256.42**
$ 432.42	**-$ 437.58**	**$ 432.42**	**$ 432.42**	**$ 432.42**	**$ 432.42**	**-$ 437.58**	**$ 432.42**
$2,380.95	**$1,943.37**	**$2,375.79**	**$2,808.22**	**$3,240.64**	**$3,673.07**	**$3,235.49**	**$3,667.92**

22	23	24	25
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42	$ 442.42
$ 442.42	**$ 442.42**	**$ 442.42**	**$ 442.42**
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 176.00	$ 176.00	$ 176.00	$ 176.00
$ 186.00	**$ 186.00**	**$ 186.00**	**$ 186.00**
$ 256.42	**$ 256.42**	**$ 256.42**	**$ 256.42**
$ 432.42	**$ 432.42**	**$ 432.42**	**$ 432.42**
$4,100.34	**$4,532.77**	**$4,965.19**	**$5,397.62**

Valor Presente	**$ 0.00**

Costo ($/kWh)	**$ 1.1564508**

g) Análisis Económico para una generación mediante máquina a gasolina

Generación	4kW
Inversión Inicial	
Inversión	$ 761.00
Financiamiento	$ 0.00
Tiempo	0
Tasa de crèdito 10%	

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	**$761.00**	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	**$0.00**	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30
Total de Ingresos	**$0.00**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**
Gastos						
Mantenimiento	**$0.00**	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00
G. Operacionales	**$0.00**	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04
G. Administrativos	**$0.00**					
Depreciación	**$0.00**	$ 76.10	$ 76.10	$ 76.10	$ 76.10	$ 86.10
Total de Gastos	**$0.00**	**$ 692.15**	**$ 692.15**	**$ 692.15**	**$ 692.15**	**$ 702.15**
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**		
Pago interés del Préstamo		**$ 0.00**	**$ 0.00**	**$ 0.00**		
Utilidad Neta	**$ 0.00**	**-$ 676.84**	**-$ 676.84**	**-$ 676.84**	**-$ 676.84**	**-$ 686.84**
Flujo de Caja	**-$ 761.00**	**-$ 600.74**	**-$600.74**	**-$ 600.74**	**-$600.74**	**-$ 600.74**
Flujo Acumulado	**$ 0.00**	**-$ 1,361.74**	**-$1,962.49**	**-$2,563.23**	**-$3,163.98**	**-$3,764.72**

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30
$ 15.30	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**
$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00
$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04
$ 86.10	$ 86.10	$ 86.10	$ 86.10	$ 86.10	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 702.15	**$ 702.15**	**$ 702.15**	**$ 702.15**	**$ 702.15**	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**
-$ 686.84	**-$ 686.84**	**-$ 686.84**	**-$ 686.84**	**-$ 686.84**	**-$ 610.74**	**-$ 610.74**	**-$ 610.74**
-$600.74	**-$ 600.74**	**-$600.74**	**-$ 600.74**	**-$600.74**	**-$ 600.74**	**-$ 600.74**	**-$ 600.74**
-$4,365.47	**-$4,966.21**	**-$5,566.95**	**-$6,167.70**	**-$6,768.44**	**-$7,369.19**	**-$7,969.93**	**-$8,570.68**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30
$ 15.30	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**
$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00
$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 626.05	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**
-$ 610.74	**-$ 610.74**	**-$ 610.74**	**-$ 610.74**	**-$ 610.74**	**-$ 610.74**	**-$ 610.74**	**-$ 610.74**
-$ 600.74	**-$ 600.74**	**-$ 600.74**	**-$ 600.74**	**-$ 600.74**	**-$ 600.74**	**-$ 600.74**	**-$ 600.74**
-$9,171.42	**-$9,772.16**	**-$10.372.91**	**-$10,973.65**	**-$11,574.40**	**-$12,175.14**	**-$12,775.88**	**-$13,376.63**

22	23	24	25
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30	$ 15.30
$ 15.30	**$ 15.30**	**$ 15.30**	**$ 15.30**
$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00
$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04	$ 566.04
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 626.05	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**
-$ 610.74	**-$ 610.74**	**-$ 610.74**	**-$ 610.74**
-$ 600.74	**-$ 600.74**	**-$ 600.74**	**-$ 600.74**
-$13,977.37	**-$14,578.12**	**-$15,178.86**	**-$15,779.61**

Valor Presente	**($ 4.662,87)**
Costo ($/kWh)	**$ 0,04**

h) **Flujo para hallar un TIR del 10% con una máquina de generación a gasolina**

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	$761.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
Ingreso netos	$0.00	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21
Total de Ingresos	$0.00	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21
Gastos	-					
Mantenimiento	$0.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00
G. Operacionales	$0.00	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05
G. Administrativos	$0.00					
Depreciación	$0.00	$ 76.10	$ 76.10	$ 76.10	$ 76.10	$ 86.10
Total de Gastos	$0.00	$ 692.15	$ 692.15	$ 692.15	$ 692.15	$ 702.15
Costos Financieros						
Pago del Préstamo		$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00		
Pago interés del Préstamo		$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00		
Utilidad Neta	$ 0.00	$ 41.07	$ 41.07	$ 41.07	$ 41.07	$ 31.07
Flujo de Caja	-$ 761.00	$ 117.17	$117.17	$ 117.17	$117.17	$ 117.17
Flujo Acumulado	$ 0.00	-$ 643.83	-$526.67	-$409.50	-$292.34	-$175.17

6	7	8	9	10	11	12	13
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21
$ 733.21	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**
$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00
$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05
$ 86.10	$ 86.10	$ 86.10	$ 86.10	$ 86.10	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 702.15	**$ 702.15**	**$ 702.15**	**$ 702.15**	**$ 702.15**	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**
$ 31.07	**$ 31.07**	**$ 31.07**	**$ 31.07**	**$ 31.07**	**$ 107.17**	**$ 107.17**	**$ 107.17**
$117.17	**$ 117.17**	**$117.17**	**$ 117.17**	**$117.17**	**$ 117.17**	**$ 117.17**	**$ 117.17**
-$58.00	**$59.16**	**$176.33**	**$293.50**	**$410.66**	**$527.83**	**$644.99**	**$762.16**

14	15	16	17	18	19	20	21
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21
$ 733.21	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**
$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00
$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 626.05	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**
$ 107.17	**$ 107.17**	**$ 107.17**	**$ 107.17**	**$ 107.17**	**$ 107.17**	**$ 107.17**	**$ 107.17**
$ 117.17	**$ 117.17**	**$ 117.17**	**$ 117.17**	**$ 117.17**	**$ 117.17**	**$ 117.17**	**$ 117.17**
$879.33	**$996.49**	**$1,113.66**	**$1,230.82**	**$1,347.99**	**$1,465.16**	**$1,582.32**	**$1,699.49**

22	23	24	25
$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00	$ 0.00
$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21	$ 733.21
$ 733.21	**$ 733.21**	**$ 733.21**	**$ 733.21**
$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00	$ 50.00
$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05	$ 566.05
$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00	$ 10.00
$ 626.05	**$ 626.05**	**$ 626.05**	**$ 626.05**
$ 107.17	**$ 107.17**	**$ 107.17**	**$ 107.17**
$ 117.17	**$ 117.17**	**$ 117.17**	**$ 117.17**
$1,816.65	**$1,933.82**	**$2,050.99**	**$2,168.15**

Valor Presente	**$ 0.00**

Costo ($/kWh)	**$ 1.916541**

ANEXO N.

IRRADIANZA SOLAR EN EL ECUADOR

CONELEC
CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR

CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

CIE
Corporación para la Investigación Energética

INTRODUCCIÓN

LA ENERGÍA SOLAR Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES

"You see, we should utilize natural forces and thus get all our power.
Sunshine is a form of energy, and the wind and tides are manifestations thereof.
Do we use them? Oh no!
We burn up wood and coal, as renters we burn up the front porch for fuel.
We live like squatters, not as we owned the property."
Thomas Alva Edison, 1916

Casi toda la energía disponible en el planeta tiene tres fuentes fundamentales: el sol en forma directa o indirecta (combustibles fósiles, biomasa, vientos y rayos solares); el proceso de formación cósmica que precedió a la formación del sistema solar actual (energía nuclear y geotermia) y, finalmente, una pequeña parte de la energía disponible proviene de los movimientos lunares (Davis G, 1990).

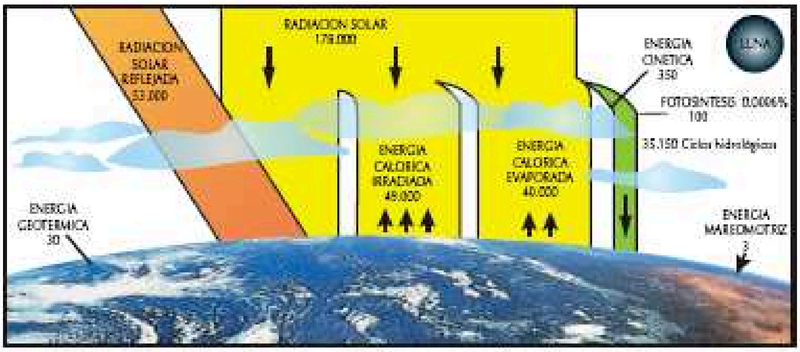
El sol es la fuente de casi toda la energía terrestre. Él permite la fotosíntesis que transforma la energía de los rayos solares en energía química, indispensable para la vida vegetal y animal. La fotosíntesis también ha permitido la formación de los combustibles fósiles. El sol esta en la génesis de los vientos y es el motor que mueve los ciclos hidrológicos. En forma directa, la energía solar aparece bajo la forma de energía solar propiamente dicha, hidráulica o de energía eólica.

La energía solar que se recibe en la superficie de la tierra se ha calculado equivalente a 178 000 TW-año. En 1990 se calculaba que esta cantidad era 15 000 veces mayor que el consumo global. No obstante, cerca del 30% de esta energía es reflejada en el espacio, 50% es absorbida, convertida en calor y reenviada a la superficie terrestre; de este 50%, 49 000 TW-año son reenviados como energía calorífica bajo la forma de radiación electromagnética y 40 000 TW-año como energía calórica propiamente dicha.

Los 20% restantes permiten la formación de los vientos (~350 TW), alimentan de energía los ciclos hidrológicos (~35 000 TW) y tan solo una muy pequeña parte de la energía solar es utilizada por la fotosíntesis, gracias a la cual la biodiversidad planetaria existe (100 TW).

La energía geotérmica, considerada también renovable, y proveniente del proceso de formación cósmica, puede ser sustraída de la corteza terrestre hasta un valor de 30 TW-año. La energía de las mareas, creada por la atracción de la luna, puede también entregar una pequeña parte de la energía utilizable del orden de 3 TW-año.

Las estimaciones del potencial de las energías renovables (biomasa primaria, energía solar, energía hidráulica, energía eólica y energía geotérmica) muestran que su contribución se multiplicará por diez, pudiendo llegar hasta 10 o 15 TW-año. Este crecimiento de las energías renovables dependerá sobretodo de sus costos, de los impuestos a las energías no renovables y de las políticas energéticas.



Energía que ingresa a la tierra en promedio cada año,
expresada en teravatios-año (TW-año). Según Davis Ged, 1990

1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La información base que se utilizó para el desarrollo del Atlas Solar del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica, fue generada por el Nacional Renewable Energy Laboratory - NREL de los Estados Unidos, cuyas acciones están orientadas a la investigación y desarrollo de energías renovables y eficiencia energética.

Dentro de este marco, el NREL desarrolló el modelo CRS (Climatological Solar Radiation Model), que permite conocer la insolación diaria total sobre una superficie horizontal en celdas de aproximadamente 40 km x 40 km alrededor del mundo y cuyos resultados han sido validados a través de la medición de datos efectuados por estaciones, estableciéndose que el error de los datos es del 10%. Utiliza información sobre traza de gases, vapor de agua atmosférico, nubosidad, cantidad de aerosoles (Figura 1). El NREL publica, en forma periódica, los valores de insolación promedio, para una locación dada usando colectores fijos con cinco ángulos de inclinación: horizontal: (0°), latitud del lugar menos 15°, latitud, latitud más 15°, y vertical (90°). Estos datos son complementados con mediciones tomadas usando superficies colectoras móviles, las que son montadas en aparatos que, automáticamente, siguen la trayectoria del sol.

La información disponible, corresponde al período entre el 1 de Enero de 1985 y el 31 de Diciembre de 1991, y fue publicado en Julio del 2006. Los datos representan la energía solar promedio mensual y anual de los valores diarios la insolación total (directa y difusa) e insolación global sobre una superficie horizontal y contiene los promedios mensuales (dentro del período mencionado) de cada una de ellas, expresados en **Wh/m²/día.**

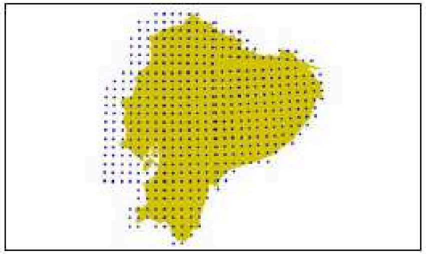
La Corporación para la Investigación Energética – CIE, utiliza la información generada por el modelos CRS, filtrando en primera instancia el amplio volumen de información proveniente de este modelo, hasta seleccionar aquellos que corresponden únicamente al territorio **continental** ecuatoriano, y mediante códigos, ser exportados a una base de datos para que sean compatibles con la plataforma de trabajo que se escogió, en este caso, un Sistema de Información Geográfica (SIG). A través del SIG se convirtió las referencias geográficas al Sistema de proyección y coordenadas escogidas para el país, en este caso Universal Transverse de Mercator, WGS84, Zona 17 Sur.

La filtración de celdas, dio una cobertura de 472 puntos sobre el territorio **continental** Ecuatoriano en celdas de 40 Km x 40 Km, que provienen de los datos originales (Figura 2). Esta versión del Atlas contiene al momento información sobre el Ecuador continental, se está trabajando para en una futura versión, incorporar a la región insular del país.

Los datos así, a través de su base de datos de respaldo, fueron analizados estadísticamente para conocer su comportamiento y de esta manera escoger el interpolador que se asemeje de mejor manera al fenómeno analizado, una vez escogido el interpolador, se obtuvieron celdas de información con una resolución de 1 Km² (Figura 3).

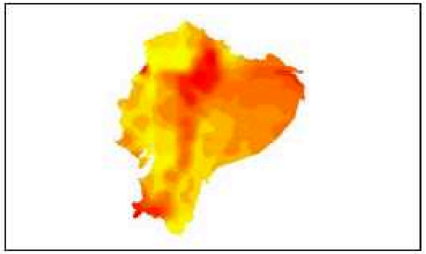
Este proceso se repitió para cada mes dentro de las insolaciones directa, difusa y global, obteniéndose un total de 36 mapas mensuales, más 3 que corresponden a los promedios anuales, dando un juego de 39 mapas. Cada grilla obtenida a través de este proceso, generó una base de datos de aproximadamente 248 000 puntos para cada cobertura en celdas de 1 Km², dando un total de 9 600 000 registros con información de los tres tipos de insolaciones (Figura 4).

FIGURA 2
RED NREL DE PUNTOS



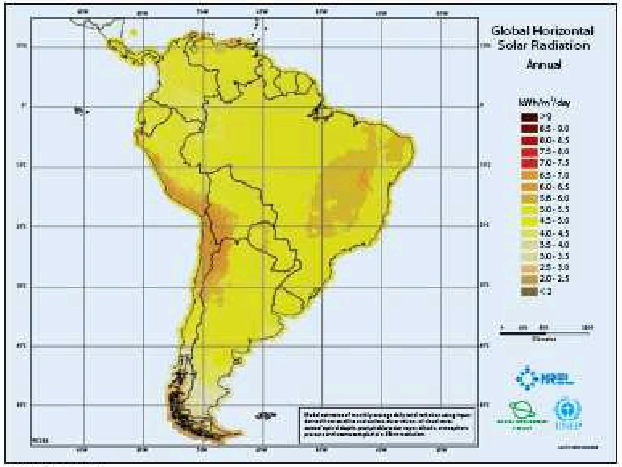
Fuente: CIE, 2008

FIGURA 3
GRILLA DE INSOLACIÓN SOLAR



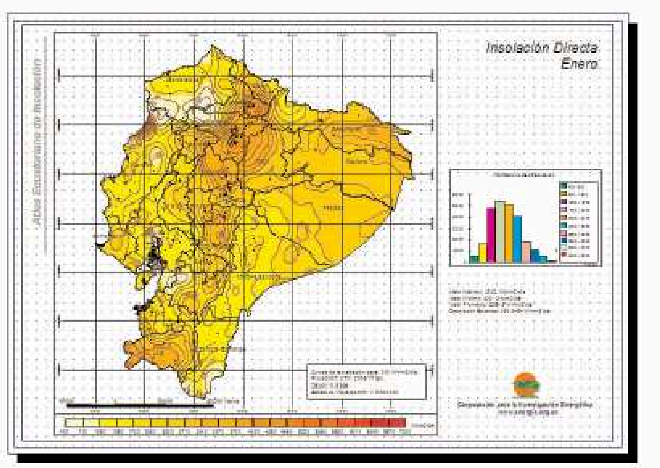
Fuente: Atlas de Insolación- CIE, 2008

FIGURA 1
NREL, INSOLACIÓN GLOBAL HORIZONTAL EN SUDAMÉRICA



Fuente: NREL

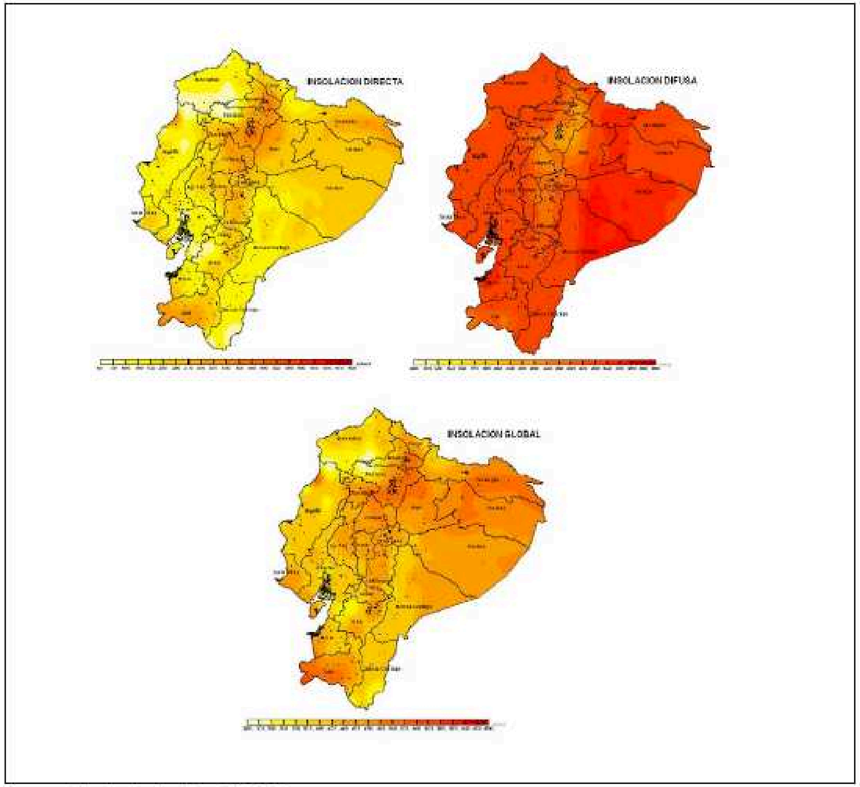
FIGURA 4
MAPA SOLAR DEL ECUADOR



Fuente: Atlas de Insolación - CIE, 2008

Se incorporó además para cada uno de los mapas, isohelias a distintos intervalos para tener una mejor visualización de los Wh/m²/día presentes en las zonas del país (Figura 5).

FIGURA 5
INSOLACIÓN EN EL MES DE ENERO: DIRECTA, DIFUSA, GLOBAL



Fuente: Atlas de Insolación - CIE, 2008

2. DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

2.1. ENERGIA ELÉCTRICA A PARTIR DEL SOL

La producción está basada en el fenómeno físico denominado 'efecto fotovoltaico', que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa[1] (Figura 6).

Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación (insolación) incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la insolación incidente. Una capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

2.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

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

• Un **generador solar**, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la insolación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 ó 24 V).

• Un **acumulador**, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.

• Un **regulador de carga**, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.

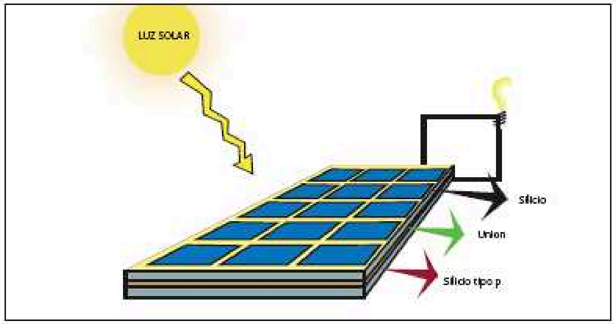
• Un **inversor** (opcional), que transforma la corriente continua de 12 ó 24 V almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 230 V.

Una instalación solar fotovoltaica sin inversor, utiliza una tensión de 12Vcc.

Una instalación solar fotovoltaica con inversor, utilización a 220 Vca.

Una vez almacenada la energía eléctrica en el acumulador hay dos opciones: sacar una línea directamente de éste para la instalación y utilizar lámparas y elementos de consumo de 12 ó 24 Vcc o bien transformar la corriente continua en alterna de 220 V a través de un inversor.

FIGURA 6
EFECTO FOTOVOLTAICO



Fuente: www.textoscientificos.com

1 LOPEZ Luis, Panel Solar Híbrido Fotovoltaico/Térmico con incremento de eficiencia de sistema fotovoltaico.

UNIDADES UTILIZADAS EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

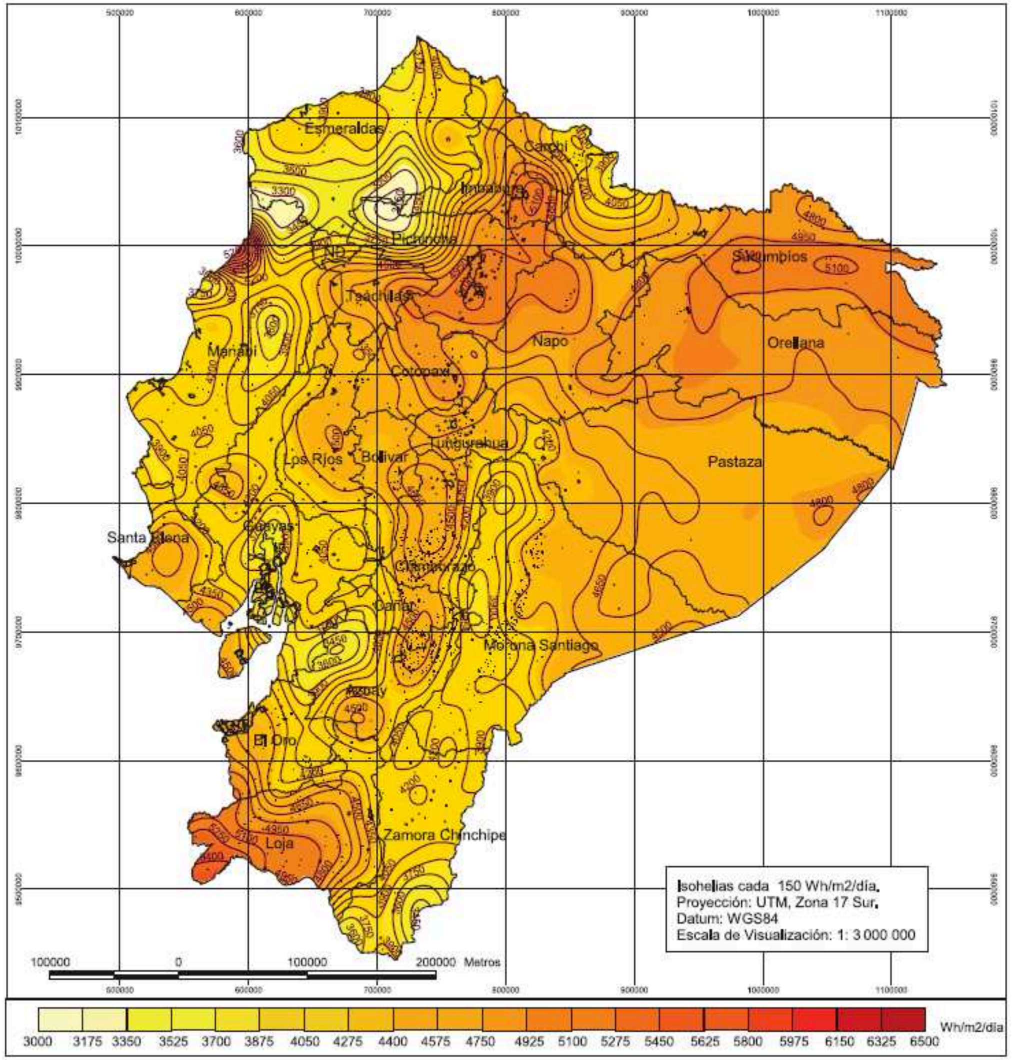
La insolación, la potencia solar, así como muchas otras variables pueden medirse en diversos tipos de unidades. En la siguiente tabla se da una visión general de las diferentes unidades comúnmente utilizadas y se dan sus factores de conversión.

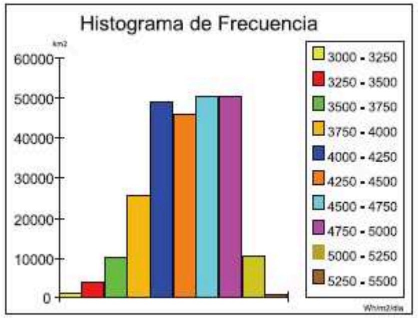
UNIDAD	EXPLICACIÓN	CONVERSIÓN
Potencia Solar		
Wp	Vatio pico	-
W	Vatio	-
KW	Kilovatio (1000 w)	-
W/m²	Vatio por metro cuadrado	
Energía Solar		**A kWh/m²**
kWh/m²	kWh por metro cuadrado	1
kJ/cm²	kJ por centímetro cuadrado	2,778
MJ/m²	MJ por metro cuadrado	0,2778
kcal/cm²	1000 calorías por centímetro cuadrado	11,67
BTU/pie²	Unidades Térmicas británicas por pie cuadrado	0,0428
Langley	Caloría por centímetro cuadrado	0,0116

IMPORTANTE:

Cuando queremos comprar un módulo FV, lo que debemos indicarle al proveedor es la potencia que necesitamos. La potencia eléctrica de un módulo FV se expresa en Vatio Pico (Wp). Esta medida nos dice que, en un día despejado y soleado, a las 12 del mediodía, un módulo de 50 Wp produce 50 W a luz solar plena, indiferentemente de dónde sea instalado. Esta potencia es medida en los laboratorios del fabricante y debe garantizar ese valor.

Insolación Global
Enero





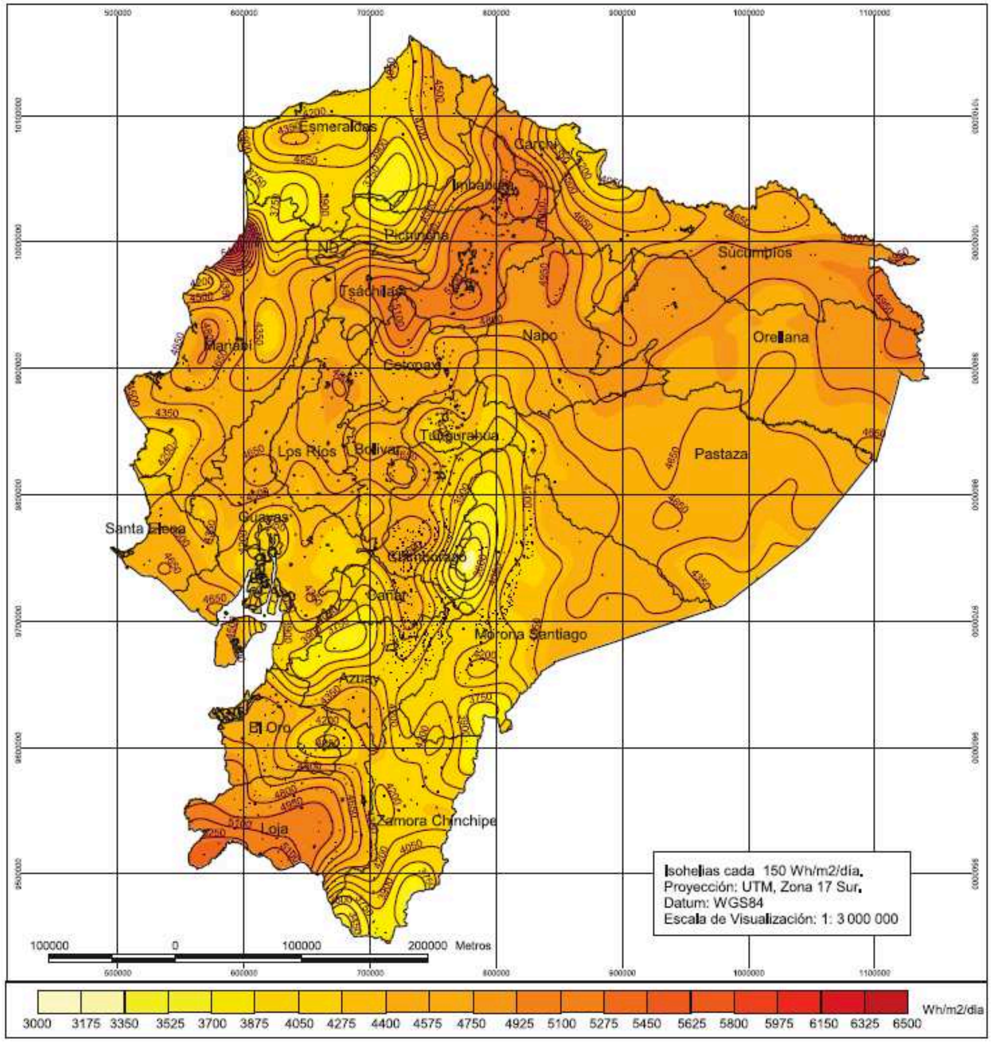
Valor Máximo: 5 523 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 089 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 411,18 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 415,7527 Wh/m2/día

CONELEC

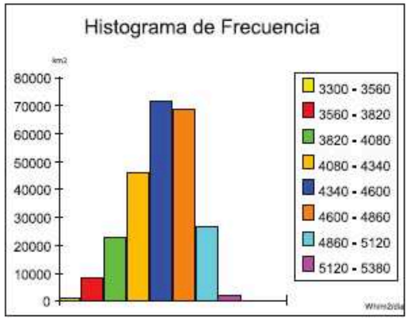
Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Enero	Agosto del 2008



Insolación Global
Febrero



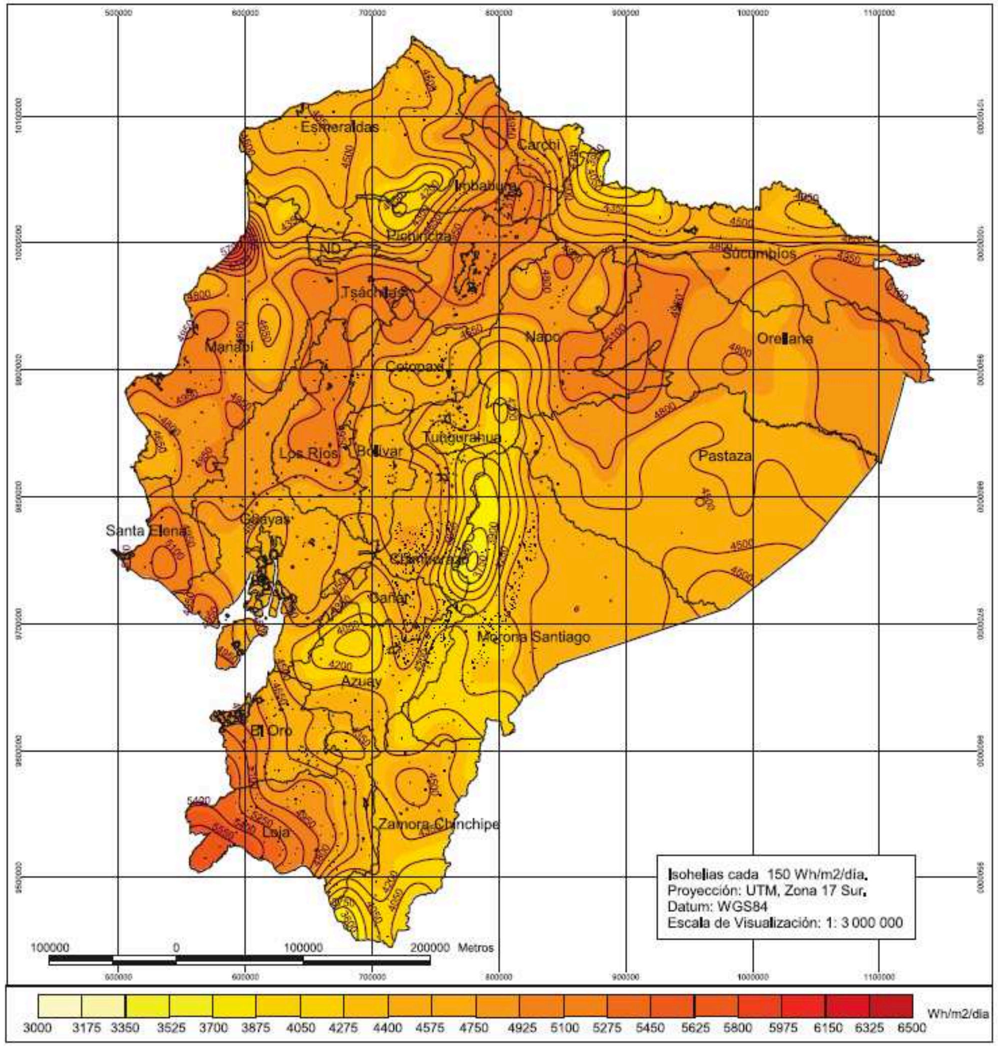
Valor Máximo: 5 817 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 315 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 480,31 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 334,7997 Wh/m2/día

CONELEC

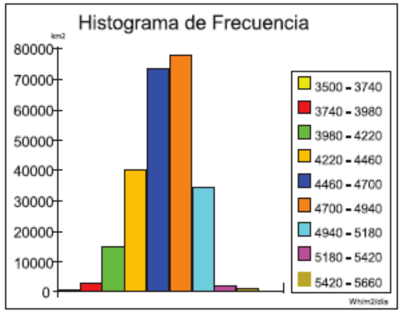
CIE
Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Febrero	Agosto del 2008



Insolación Global
Marzo



Valor Máximo: 5 855 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 572 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 655,19 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 291,5249 Wh/m2/día

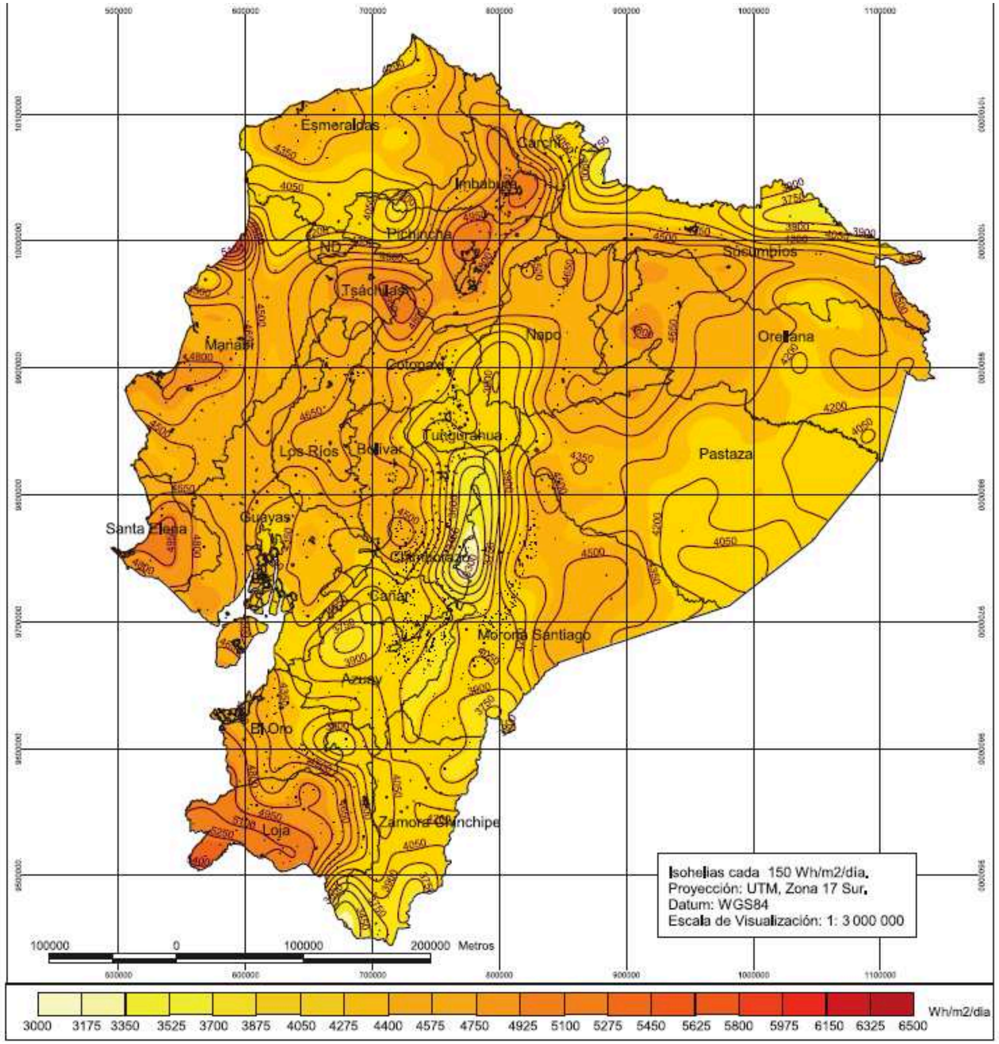
CONELEC
CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD

CIE
Corporación para la Investigación Energética

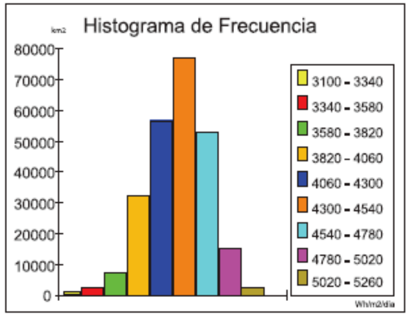
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Marzo	Agosto del 2008

Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica



Insolación Global
Abril



Valor Máximo: 5 421 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 188 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 360,2057 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 315,9972 Wh/m2/día

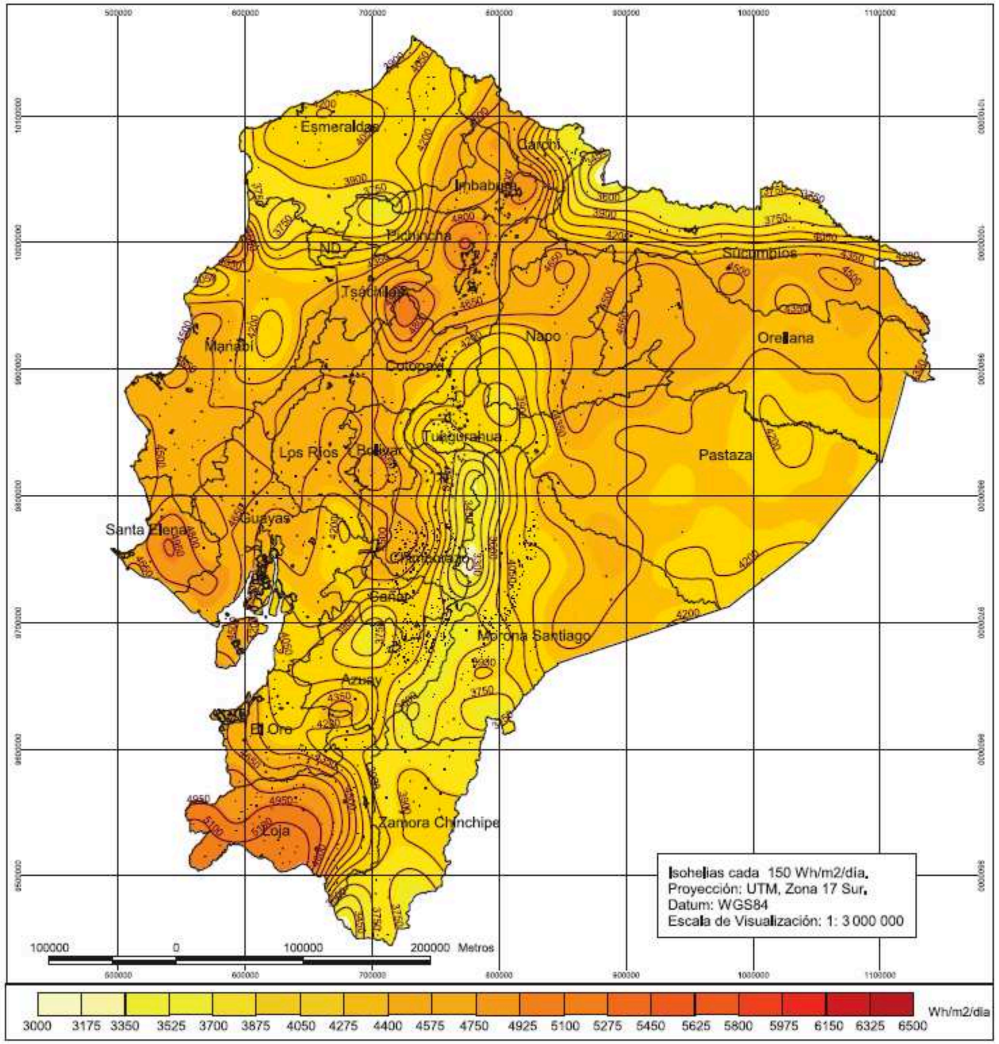
CONELEC

CIE
Corporación para la Investigación Energética

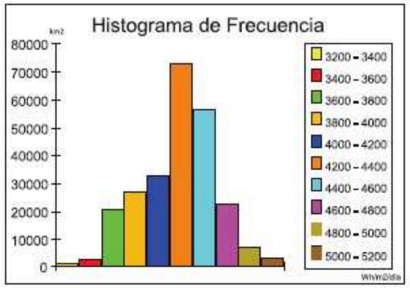
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Abril	Agosto del 2008

Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica



Insolación Global
Mayo



Valor Máximo: 5 213 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 288 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 276,06 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 325,6587 Wh/m2/día

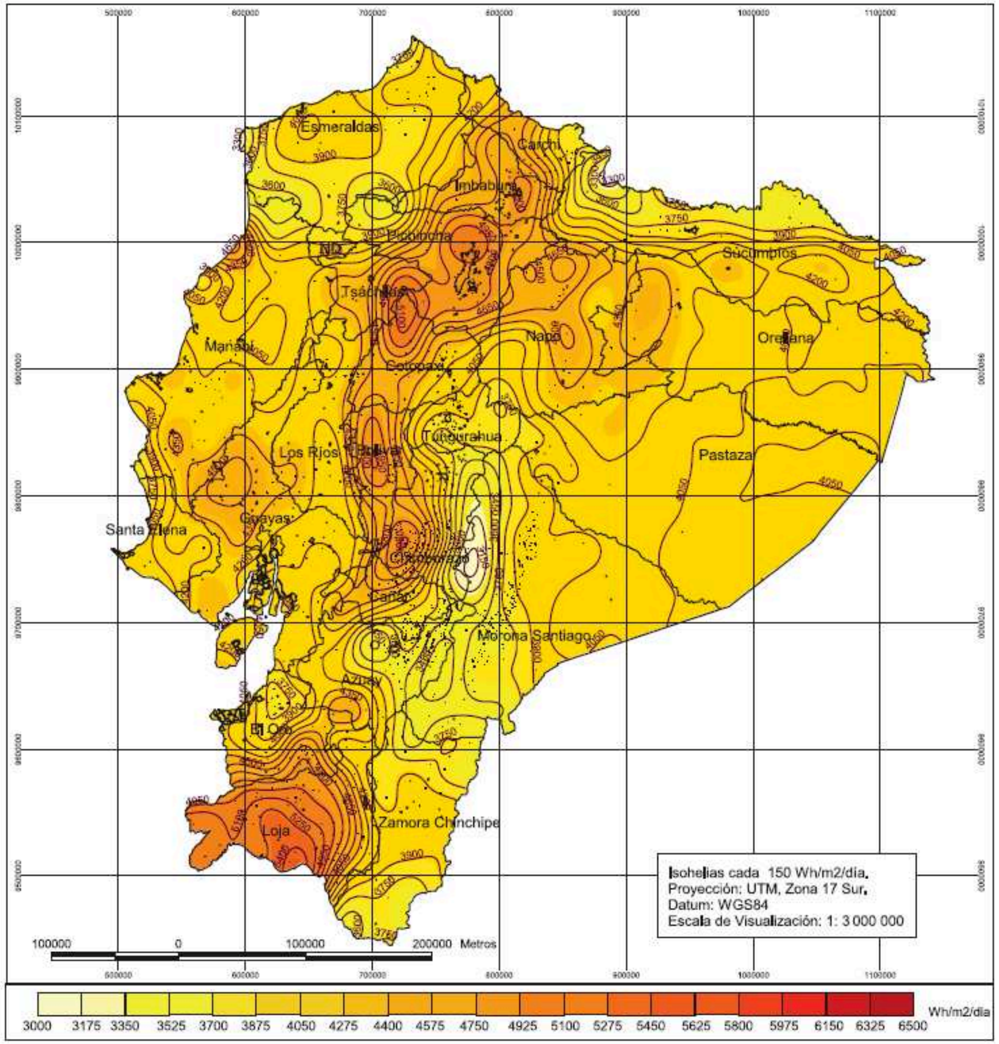
CONELEC

CIE
Corporación para la Investigación Energética

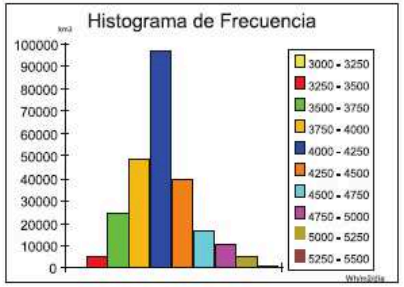
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Mayo	Agosto del 2008

Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica



Insolación Global Junio



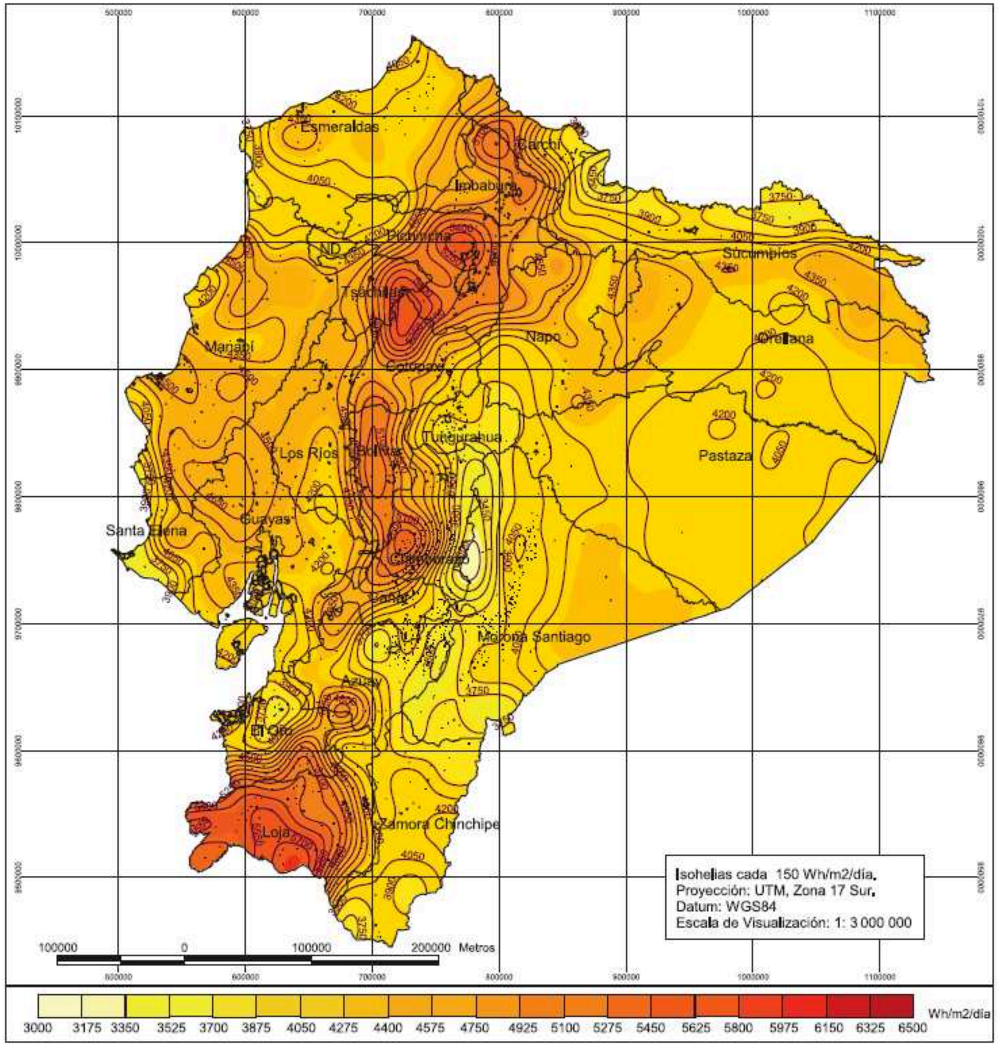
Valor Máximo: 5 474 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 107 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 140,13 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 351,9731 wh/m2/día

CONELEC

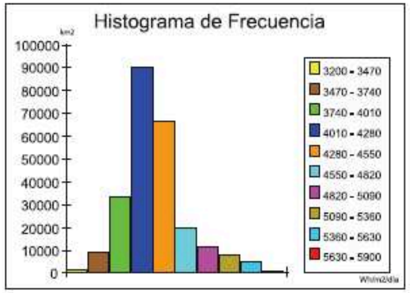
CIE
Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Junio	Agosto del 2008



Insolación Global
Julio



Valor Máximo: 5 842 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 216 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 308,48 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 392,9003 Wh/m2/día

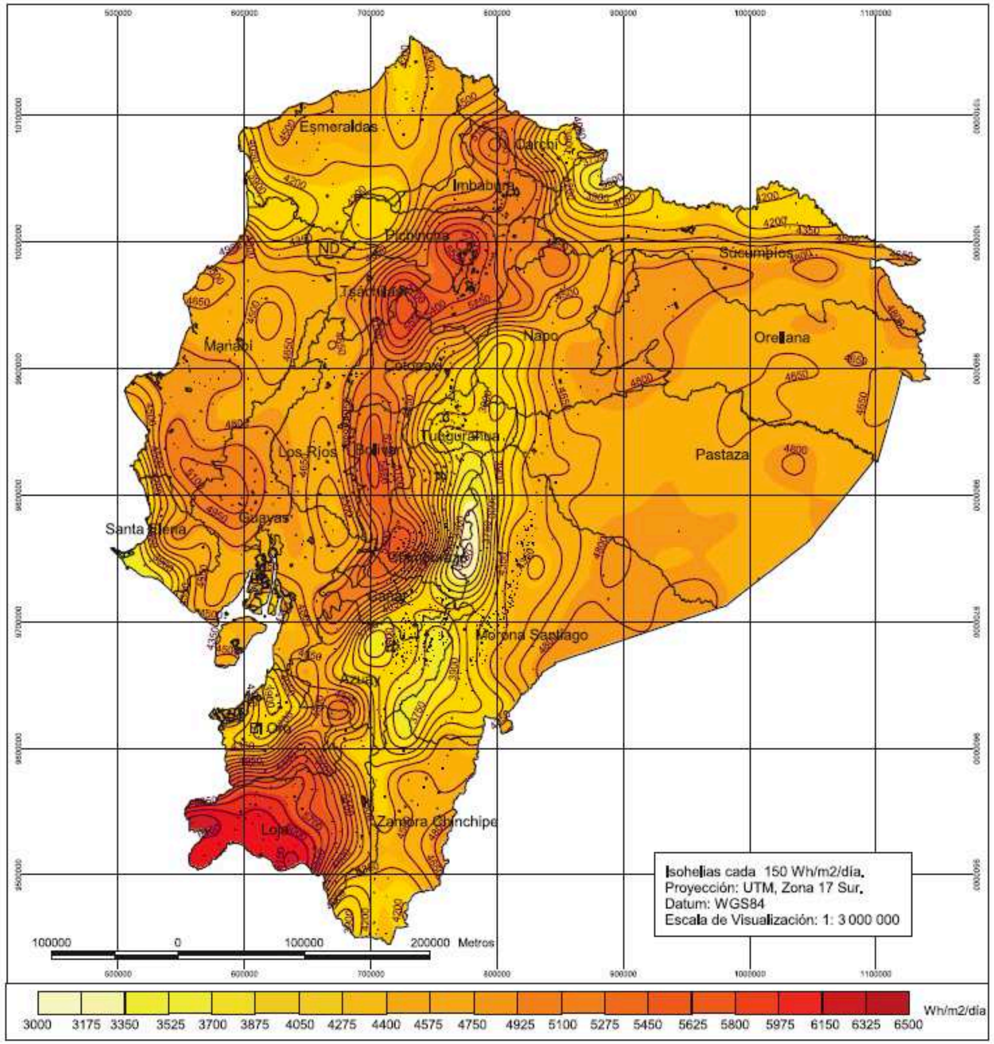
CONELEC

CIE
Corporación para la Investigación Energética

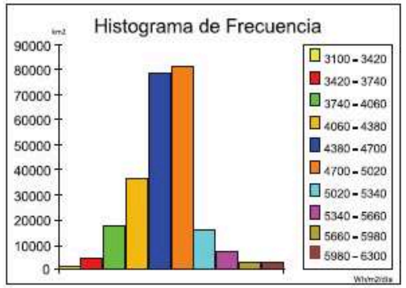
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Julio	Agosto del 2008

Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica



Insolación Global Agosto



Valor Máximo: 6 254 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 117 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 624,62 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 429,5265 Wh/m2/día

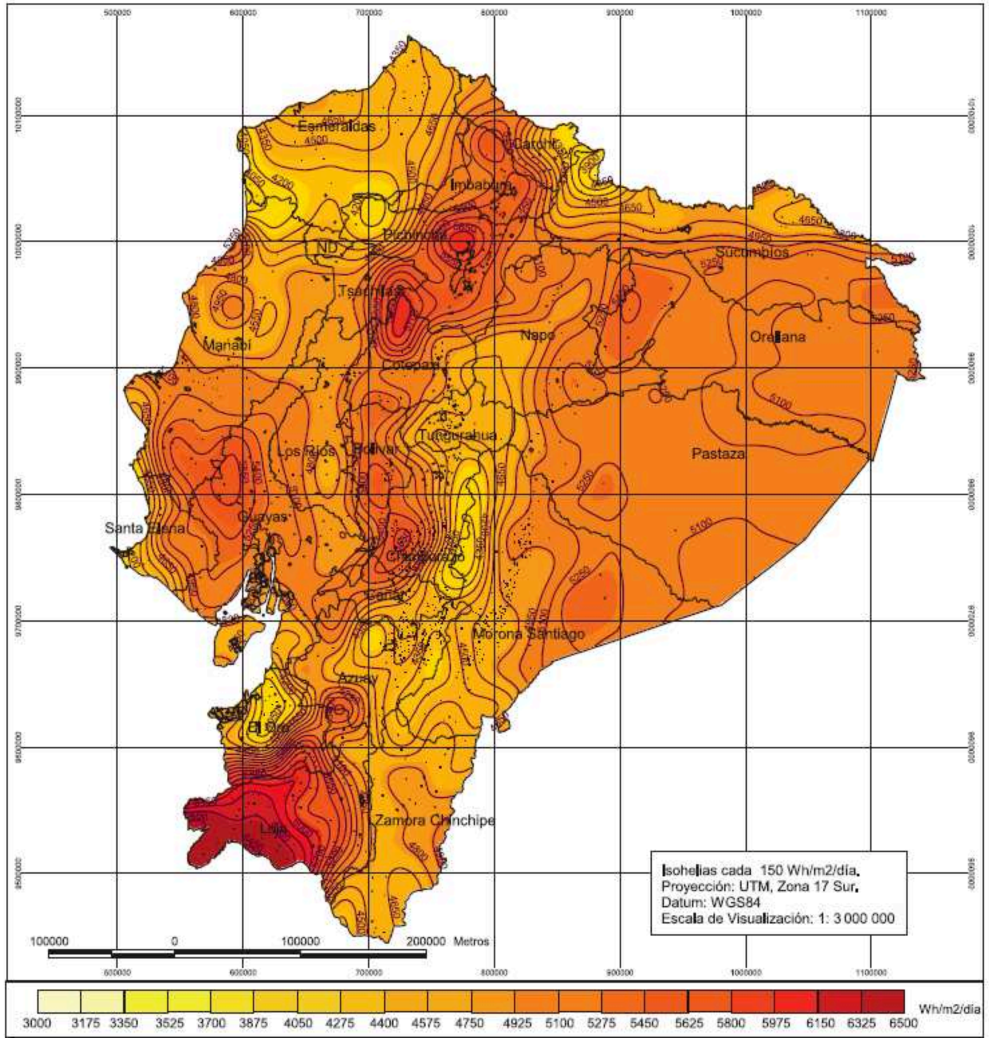
CONELEC

CIE
Corporación para la Investigación Energética

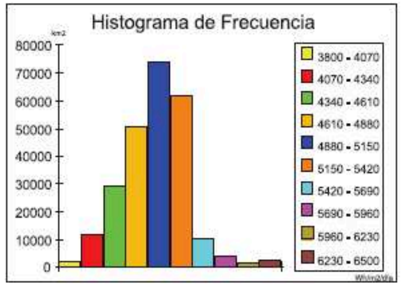
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Agosto	Agosto del 2008

Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica



Insolación Global
Septiembre



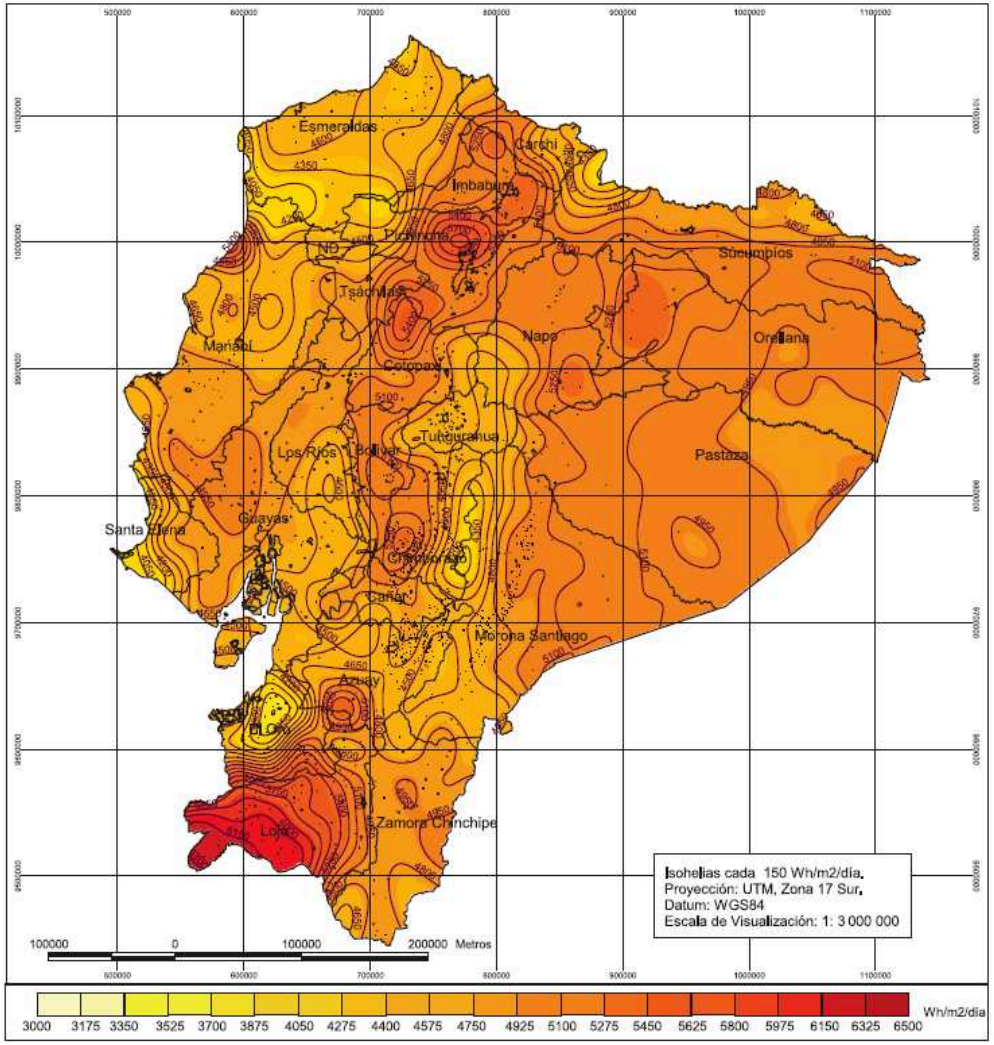
Valor Máximo: 6 492 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 835 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 974,44 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 390,9649 Wh/m2/día

CONELEC

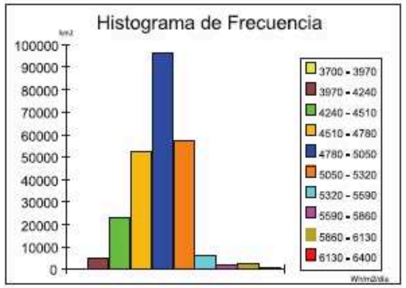
CIE
Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Septiembre	Agosto del 2008



Insolación Global Octubre



Valor Máximo: 6 323 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 748 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 888,34 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 324,2121 wh/m2/día

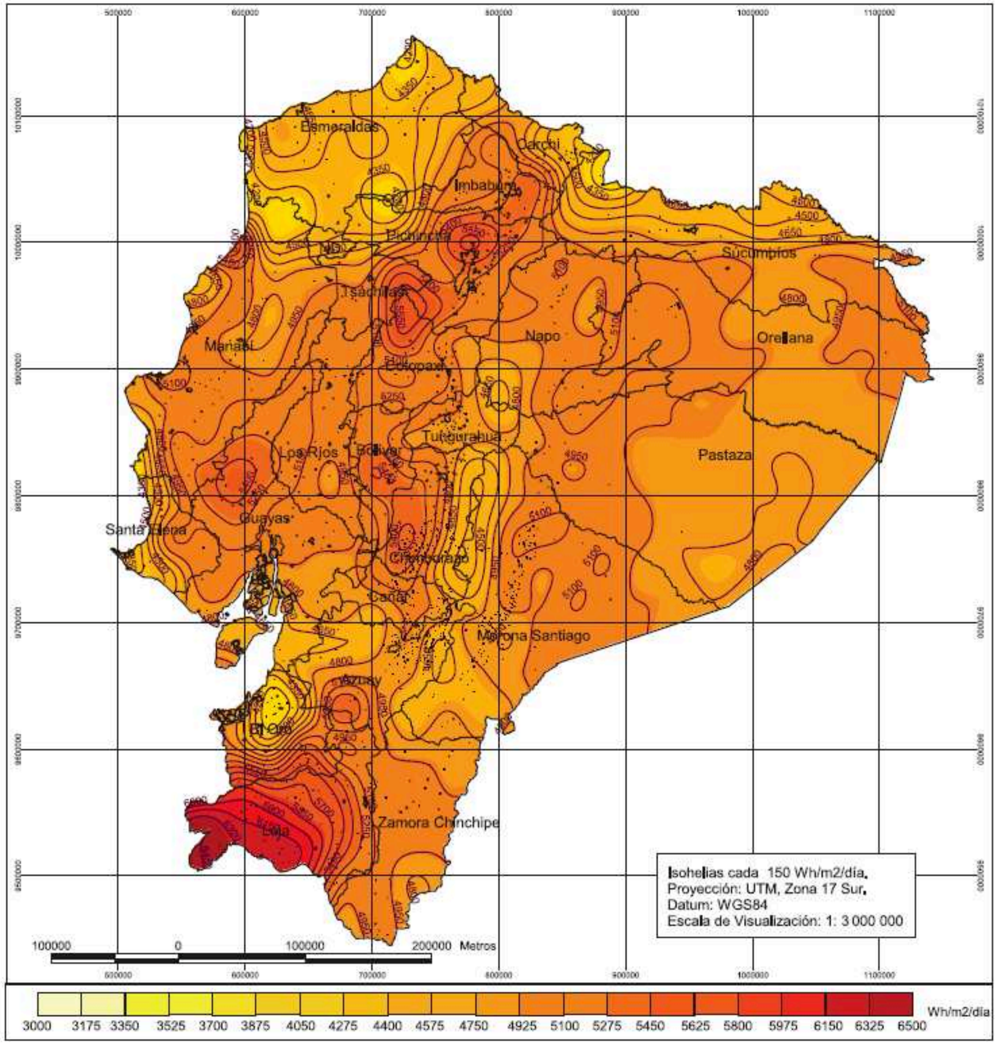
CONELEC

Corporación para la Investigación Energética

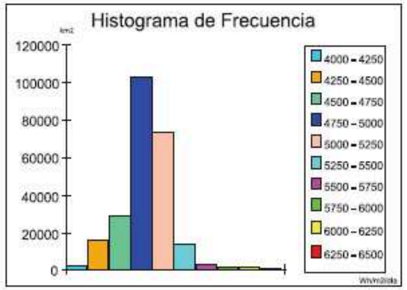
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Octubre	Agosto del 2008

Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica
Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica



Insolación Global
Noviembre



Valor Máximo: 6 484 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 4 059 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4 943,48 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 306,6717 Wh/m2/día

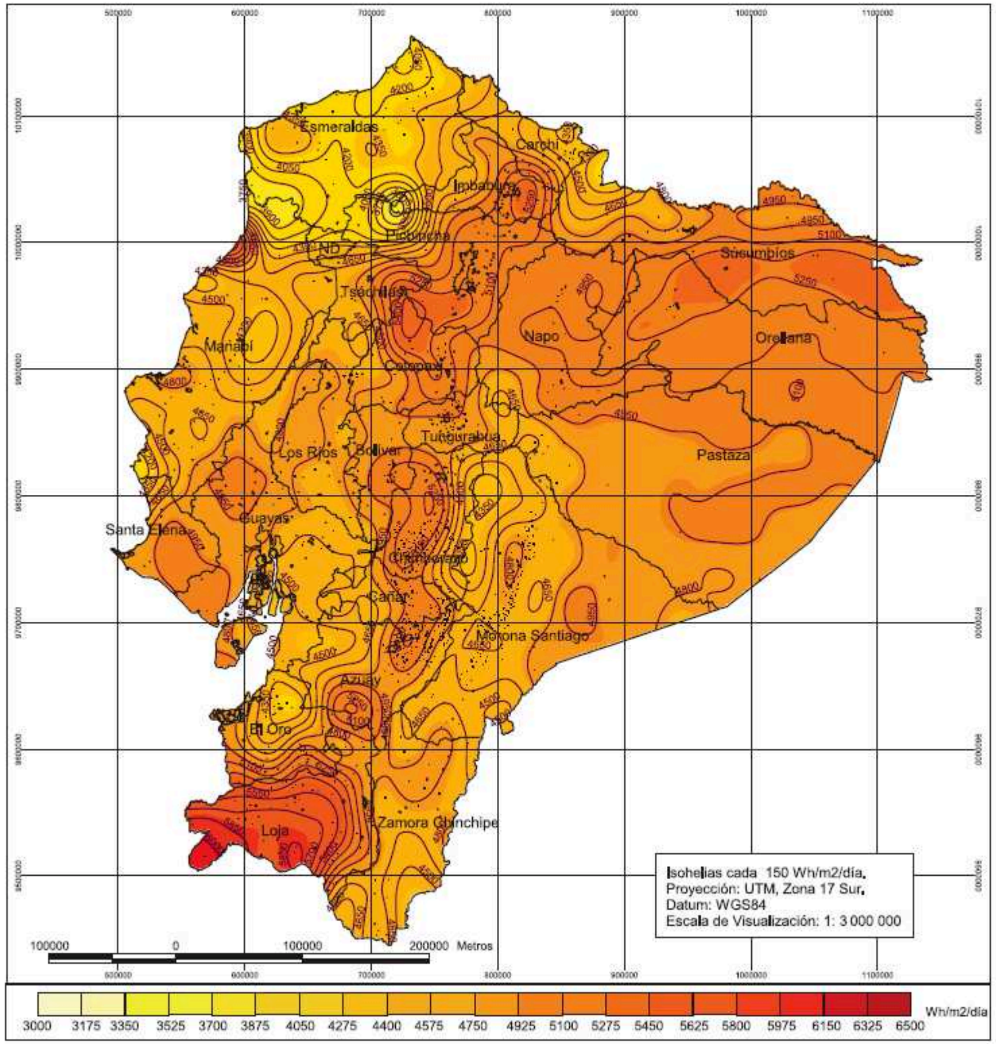
CONELEC

CIE
Corporación para la Investigación Energética

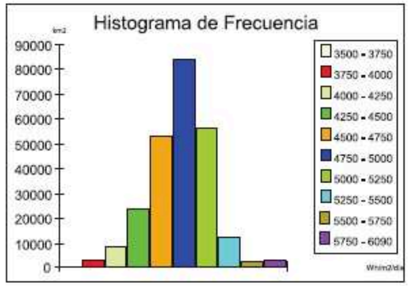
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Noviembre	Agosto del 2008

Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica



Insolación Global Diciembre



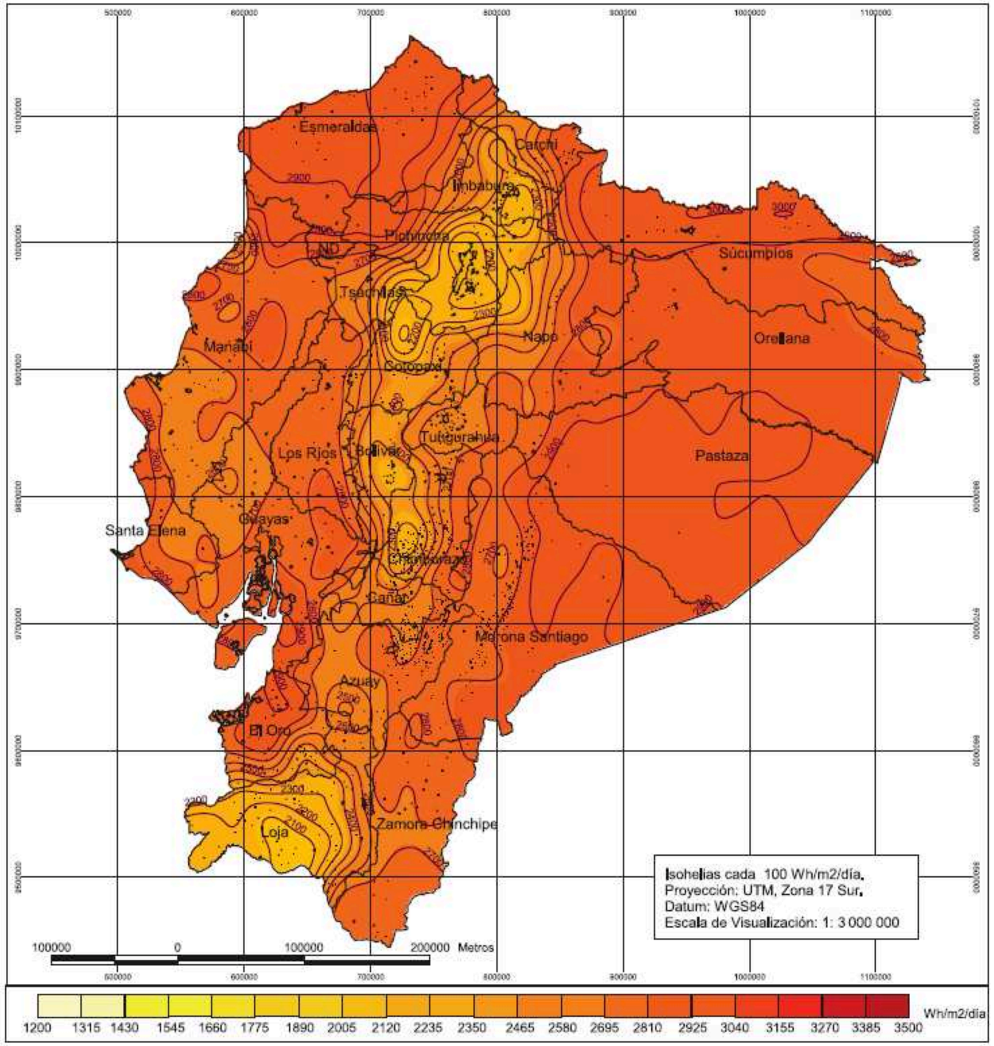
Valor Máximo: 6 089 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3 537 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4837,51 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 333,9529 Wh/m2/día

CONELEC

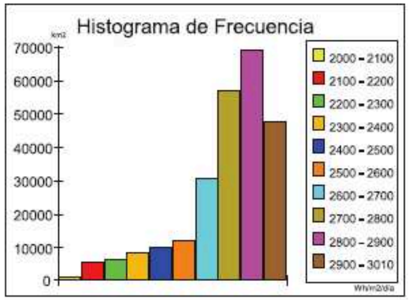
CIE
Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global para el mes de Diciembre	Agosto del 2008



Insolación Difusa Promedio



Valor Máximo: 3 105 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 2 032 Wh/m2/día
Valor Promedio: 2737,05 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 196,8432 Wh/m2/día

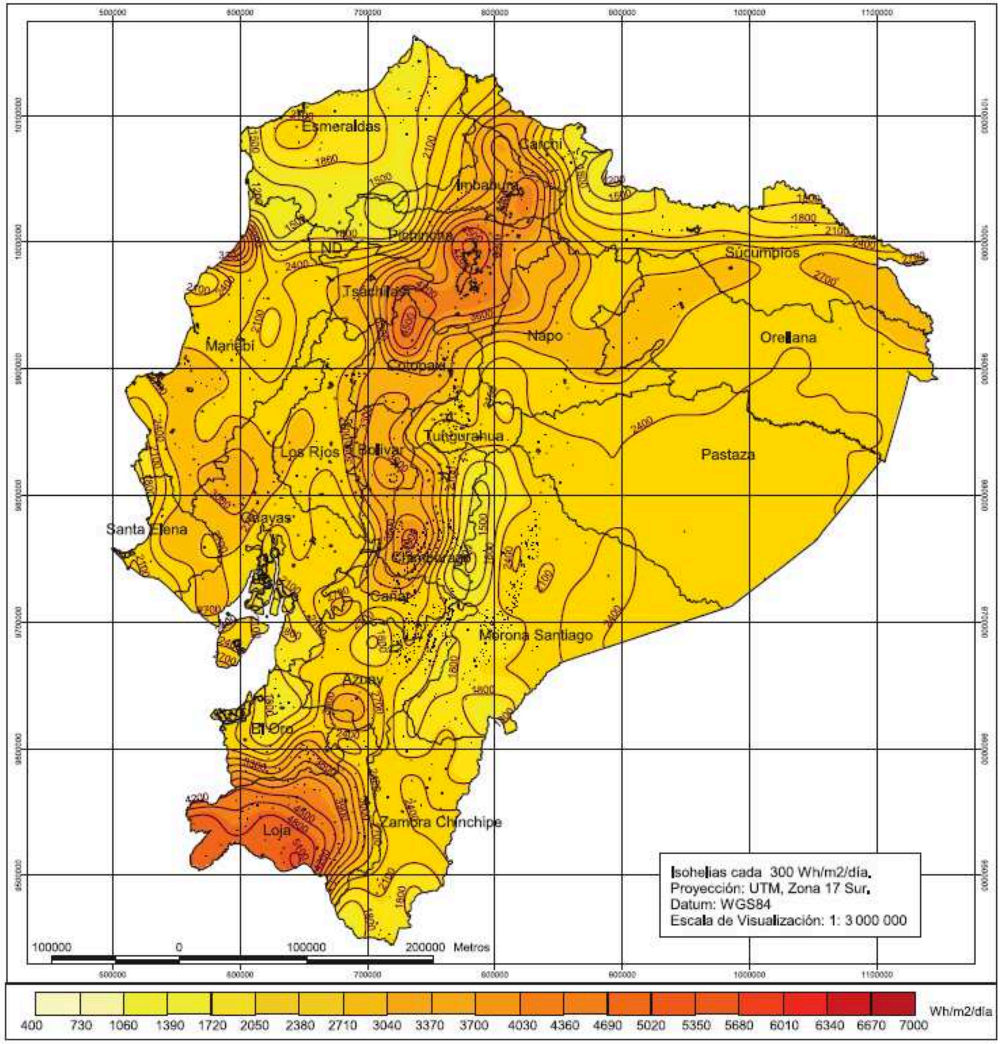
CONELEC

CIE
Corporación para la Investigación Energética

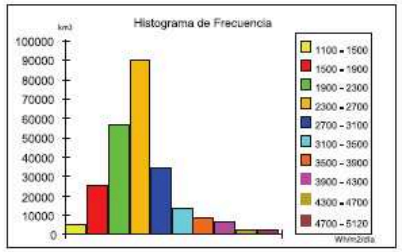
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Difusa Anual Promedio	Agosto del 2008

Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica



Insolación Directa Promedio



Valor Máximo: 5 119 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 1 147 Wh/m2/día
Valor Promedio: 2543,01 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 643,1827 Wh/m2/día

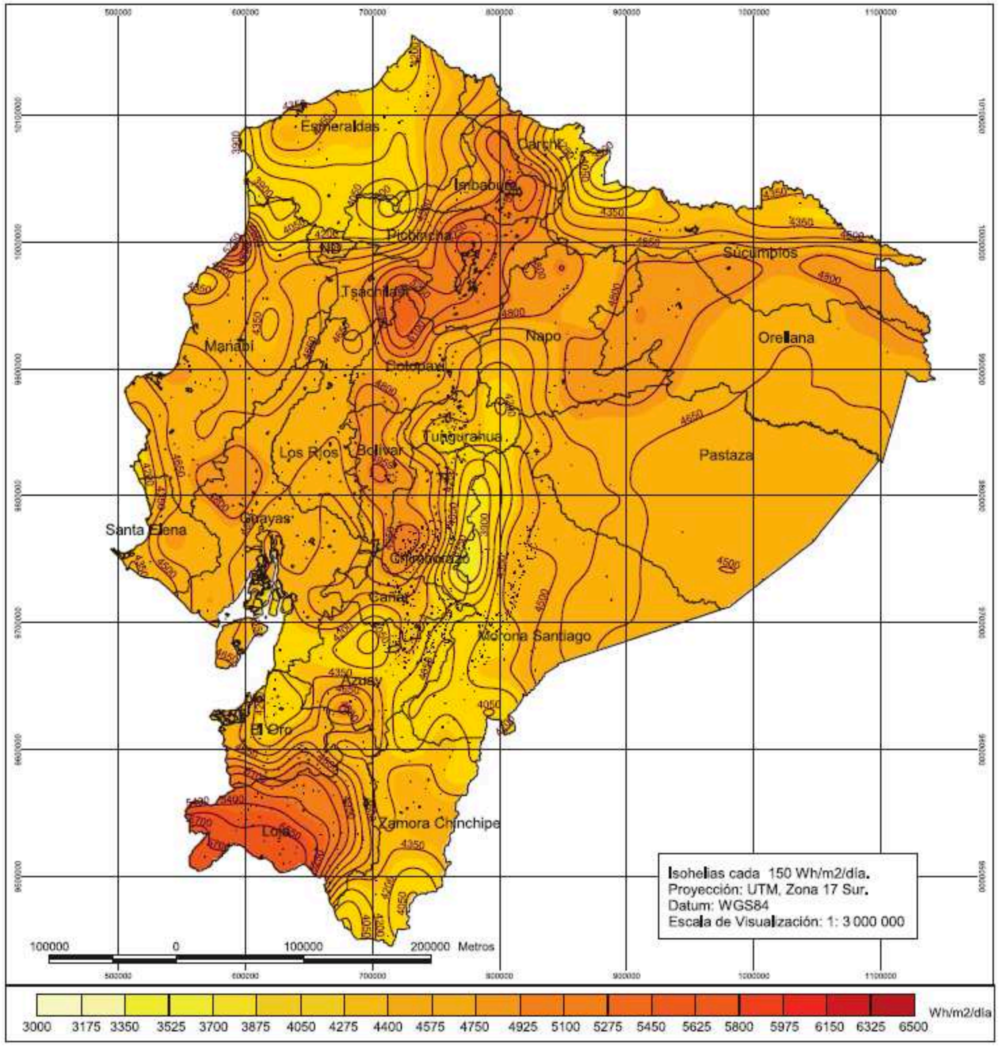
CONELEC

CIE
Corporación para la Investigación Energética

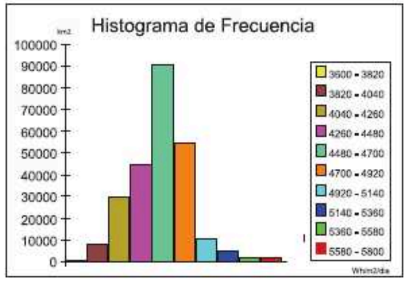
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Directa Anual Promedio	Agosto del 2008

Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica



Insolación Global Promedio



Valor Máximo: 5 748 Wh/m2/día
Valor Mínimo: 3634 Wh/m2/día
Valor Promedio: 4574,99 Wh/m2/día
Desviación Estándar: 301,4093 Wh/m2/día

CONELEC

CIE
Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contiene:	Fecha:
Insolación Global Anual Promedio	Agosto del 2008

CONELEC
CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD
Av. Naciones Unidas E7-71 y Av de Los Shyris
www.conelec.gov.ec
Quito - Ecuador

CIE
Corporación para la
Investigación Energética
www.energia.org.ec

BIBLIOGRAFÍA

[1] United Nations Framework Convention on Climate Change, "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf, *15/01/2010*.

[2] Wikipedia, Enciclopedia, http://es.wikipedia.org, *15/01/2010.*

[3] Google, Buscador de Internet, http://www.google.com/, *15/01/2010.*

[4] Virgilio Castro, "Bonos Verdes (Certificados)", http://www.monografias.com/trabajos78/bonos-verdes-certificados/bonos-verdes-certificados2.shtml#loscredita, *17/01/2010.*

[5] Consejo Nacional de Electricidad, "Consejo Nacional de Electricidad", http://www.conelec.gov.ec, 02/02/2010.

[6] Consejo Nacional de Electricidad, “Novecientos Catorce Mil Abonados al Sericio Eléctrico se Benefician con la Rebaja de la Tarifa”, http://www.conelec.gov.ec/contenidos.php?id=782&tipo=1&idiom=1, *02/02/2010.*

[7] Libro, Stephen Robbins & Mary Coulter, “Administración”-8va Edición, *03/02/2010.*

[8] Energi Point, “La Célula Fotovoltaica”, http://www.enerpoint.net/es/photovoltaic_technology_2.phphttp://energiasolar-rcv-hist.blogspot.com/2008/08/un-poco-de-historia.html, *05/02/2010.*

[9] Sitio Solar, “La historia de la Energía Solar Fotovoltaica”, http://www.sitiosolar.com/La%20historia%20de%20la%20energia%20solar%20fotovoltaica.htm, *10/02/2010.*

[10] Energía Solar Fotovoltaica, “Energía Solar en la Era Espacial Paneles Solares”, http://www.energia-solar-fotovoltaica.info/2_Breve_Historia/3_Energia_Solar_en_la_Era_Espacial_Paneles_Solares.html, *11/02/2010.*

[11] Revista Electro Industria, “El Boom de la Generación Fotovoltaica en el Mundo”, http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=798&tip=7, *16/02/2010.*

[12] European Commission – Elena Gonzales Verdesoto, “La Producción Mundial de Módulos Solares casi se Duplico en el 2008”, http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_090921_newsrelease_pv_es.pdf, *16/02/2010.*

[13] Comité Nacional Venezolano, "Estudio Técnico-Económico de Factibilidad de Generación Fotovoltaica en Venezuela", http://www.cnv-cigre.org.ve/congreso_2009/page2/page28/page33/files/D1-168.pdf, *16/02/2010.*

[14] Rainer E. Wuest, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. , "Energía Solar: generación fotovoltaica, aplicaciones para el calentamiento y enfriamiento", http://www.renewablesb2b.com/data/ahk_costa_rica/downloads/files/Descargar-presentacion/RainerWuest.pdf, *18/02/2010.*

[15] Dr. Roberto Artavia L. , "Energías Renovables en Centroamérica", http://www.renewablesb2b.com/data/ahk_costa_rica/downloads/files/Descargar-presentacion/RobertoArtavia.pdf, *18/02/2010.*

[16] Carlos U. Leoni, "El Efecto Invernadero, Los Bonos Verdes y la Siembra Directa", http://www.barrameda.com.ar/colabora/kyoto002.htm, *18/01/2010.*

[17] European Communities 2003, "What is STRS, RE & EEL", http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/, *19/02/2010.*

[18] Peter May, "Equipos Solares", http://www.ecuador-solar.net/, *20/03/2010.*

[19] Proviento, Proviento, http://www.proviento.com/, *20/03/2010.*

[20] NASA, "Solar Radiation Network (SolRad-Net) Data Display Interface", http://solrad-net.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/type_piece_of_map_flux?long1=-180&long2=180&lat1=-90&lat2=90&multiplier=2&what_map=4&nachal=1&formatter=0&level=1&place_code=10&data_type=flux&shef_code=D, *28/03/2010.*

[21] NASA, "NASA", http://www.nasa.gov/, *28/03/2010.*

[22] NASA, "Welcome to the Science Directorate at NASA's Langley Research Center ", http://science.larc.nasa.gov/, *28/03/2010.*

[23] NASA, "Atmospheric Science Data Center", http://eosweb.larc.nasa.gov/, *28/03/2010.*

[24] Atmospheric Science Data Centre, "CALIPSO Data and Information", http://eosweb.larc.nasa.gov/PRODOCS/calipso/table_calipso.html, *28/03/2010.*

Información entregada por el Ing. Javier Urquizo

[25] Jorge Alvarez Lam, "Elegibilidad de Proyectos MDL", http://www.cd4cdm.org/Latin%20America/Nicaragua/First%20National%20Workshop/AnalisisElegibilidadMDL_Alvarez.ppt Elegibilidad de Proyectos MDL, *17/01/2010.*

[26] CONELEC, "Regulación No. CONELEC – 002/99; Administración transitoria de las Transacciones en el Sistema Nacional Interconectado", http://www.conelec.gov.ec/normativa_detalles.php?cod=29&idiom=1&menu=2&submenu1=15&submenu2=7, *20/01/2010.*

[27] CONELEC, "Regulación No. CONELEC – 004/04; Precios de la Energía Producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales", ttp://www.conelec.gov.ec/normativa_detalles.php?cod=114&idiom=1&menu=2&submenu1=15&submenu2=7, *20/01/2010.*

[28] CONELEC, "Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de La Ley de Régimen del Sector Eléctrico",

http://www.conelec.gov.ec/images/normativa/ReglamentoLeyRegimen.doc, *20/01/2010.*

[29] Mike McGehee, "Solar Cells in 2009 and Beyond", http://www.youtube.com/watch?v=EYy0beorZHk, *20/03/2010.*