

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Estudio de Factibilidad de Generación Eléctrica Fotovoltaica por
Residencias en el área servida por CNEL Guayas – Los Ríos ”

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Cristóbal Alfredo Mera Collantes

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A mi familia que tanto apoyo me ha brindado durante mi vida.

A todos los profesores, amigos, y guías que me han brindado de su experiencia.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia y a todas las personas que me han apoyado en mi formación hasta este punto.

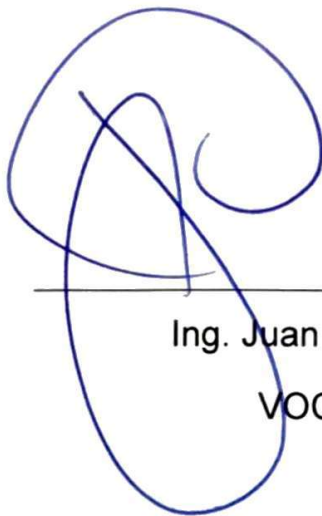
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Msc. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Msc. Jorge Duque R.
DIRECTOR DEL TFG



Ing. Juan Calvo U.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente examen
complexivo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del
mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



Cristóbal Alfredo Mera Collantes

RESUMEN

Este trabajo evalúa la factibilidad económica de la generación eléctrica para las residencias utilizando un sistema fotovoltaico, el estudio es realizado en el área servida por CNEL Guayas – Los Ríos. La determinación de la factibilidad económica se la hizo en base a lo siguiente:

- 1) se utilizó la división de la población en quintiles según el INEN
- 2) en lo que respecta a la producción de energía eléctrica se consideraron dos opciones para la generación fotovoltaica para las residencias, esto es, el sistema de generación fotovoltaica conectado a la red de distribución de la empresa eléctrica y la otra es el sistema de generación fotovoltaica no conectado a la red eléctrica
- 3) el uso del sistema fotovoltaico para suministrar en forma parcial o total el consumo de energía eléctrica del hogar.

Los resultados del estudio indican que bajo las condiciones actuales el sistema de generación fotovoltaico para residencias no es económicamente viable para ninguna de las opciones consideradas. Se determinó que el sistema de generación fotovoltaico residencial puede ser económicamente viable si las condiciones actuales cambian, esto es, que se produzca una combinación del incremento del precio del kWh y la provisión de subsidios gubernamentales a la importación de los componentes del sistema fotovoltaico.

Cabe indicar que en los países en los que es viable la generación fotovoltaica el precio del kWh es alto y tienen subsidio gubernamental para la adquisición de equipos. Se recomienda repetir el análisis si hay cambios significativos en la tarifa eléctrica y/o en la política de subsidios gubernamentales en lo relativo a la generación fotovoltaica.

En relación al crédito de carbono, este no tiene un impacto significativo.

INDICE GENERAL

RESUMEN	ii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
1. Sistemas de generación fotovoltaica para el área servida por CNEL	
Guayas – Los Rios	3
1.1. Conceptos básicos y definiciones	4
1.1.1. Definiciones de términos comunes	4
1.1.2. Funcionamiento de una célula fotovoltaica	4
1.2. Mapa solar del Ecuador	6
1.2.1. Área servida por CNEL Guayas Los Ríos.	7
1.3. Componentes de un sistema de generación eléctrica fotovoltaico	9
1.3.1. Paneles Solares	9
1.3.2. Baterías Recargables	10

1.3.3. Regulador de Carga	13
---------------------------------	----

1.3.4. Inversor	13
-----------------------	----

CAPÍTULO 2

2. Consumidores de energía eléctrica	15
--	----

2.1. Tipos de consumidores de energía eléctrica	15
---	----

2.2. Clasificación de los consumidores residenciales	15
--	----

2.3. Números de consumidores residenciales y su consumo	16
---	----

CAPÍTULO 3

3. Utilización de un sistema de generación fotovoltaico por consumidores residenciales.....	17
---	----

3.1. Sistemas de generación fotovoltaica total y parcial	17
--	----

3.1.1. Sistema de generación fotovoltaica no conectado a la red eléctrica.....	17
--	----

3.1.2. Sistema de generación conectado a la red.	19
---	----

3.2. Cálculo de las necesidades de generación fotovoltaica para los diferentes quintiles de consumidores	20
--	----

3.2.1. Generación necesaria promedio por consumidor residencial por quintil.	22
---	----

3.3. Costo de generación fotovoltaica por quintil de consumidor residencial	25
CAPÍTULO 4	
4. Análisis de factibilidad de generación por quintil de consumidor de generación total y parcial.	30
4.1. Método de evaluación económica	30
4.2. Efectos en los resultados por la futura introducción de cocinas de inducción	33
4.3. Evaluación económica.....	35
4.3.1. Cálculo de viabilidad económica	35
4.3.2. Otros factores que pudieran afectar la viabilidad económica	38
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES.....	45
ANEXOS.....	46
BIBLIOGRAFIA.....	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.0. Precio por Wp desde el año 1977 al 2013.(17).....	2
Figura 1.1. Estructura de una celda fotovoltaica. En esta figura las capas tipo n y p son las capas de silicio con dopan n y p.	5
Mapa 1. Mapa de irradiación solar del Ecuador (8)	7
Mapa 2. Área servida por CNEL Guayas – Los Ríos (6)	8
Figura 1.2. Horas pico (p) de generación solar por paneles solares (12)	10
Figura 1.3. Curvas típicas de ciclos de una batería de ciclo profundo (15) ...	12
Figura 1.4. Ondas sinusoidales. La onda roja es la sinusoidal verdadera, y las azules y verde son modificadas (14)	14
Figura 3.1. Sistema de generación fotovoltaica no conectado a la red eléctrica.	18
Figura 3.2. Sistema de generación fotovoltaica conectado a la red eléctrica.	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de consumidores por quintil.....	16
Tabla 2 Rangos tarifarios establecidos por el CNEL	21
Tabla 3 Consumo promedio por quintil (8).....	22
Tabla 4 Consumo promedio, costo por kW-h, y generación necesaria para bajar de rango tarifario.....	24
Tabla 5 Resumen de los costos para el primer quintil	27
Tabla 6 Resumen de los costos para el segundo quintil.....	28
Tabla 7 Resumen de los costos para el tercer quintil	28
Tabla 8 Resumen de los costos para el cuarto quintil	29
Tabla 9 Resumen de los costos para el quinto quintil.....	29
Tabla 10 Resumen de costos por quintil ajustados por instalación y mantenimiento estimados.	30
Tabla 11 Costo extra esperado por rangos tarifarios de los cinco quintiles (quintiles 2 y 3 comparten el mismo rango tarifario y ambos pagan 0.093 \$/kWh)	35
Tabla 12 Resumen de costo de implementación de generación total y parcial, y de ahorro esperado, por quintil.	37
Tabla 13 Retorno mensual por créditos de carbon	39

Tabla 14 Comparación del ahorro esperado con créditos de carbón y sin créditos de carbón.	39
Tabla 15 Costos sobre la vida útil del equipo con un subsidio del 60%.....	41
Tabla 16 Ahorro esperado si la tarifa aumentara 2.5 veces.....	42
Tabla 17 Costo de equipos subsidiados y de ahorro esperado tras una alza de tarifa del 250%.	43

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas el costo por kWh generado por paneles solares ha disminuido significativamente como se puede observar en la Figura 1.0. Esto nos permite revisar el antiguo paradigma de que la generación fotovoltaica cuesta demasiado para ser implementada a nivel residencial. En este estudio se busca determinar si es factible la generación eléctrica fotovoltaica para las residencias servidas por CNEL Guayas – Los Ríos. En este trabajo, también se determinará si es viable la generación eléctrica fotovoltaica para las residencias en una región de la Costa Ecuatoriana, con los precios actuales de los componentes requeridos.

La implementación de la generación fotovoltaica residencial podría tener un gran impacto en la sociedad. Más allá del beneficio ambiental, podría ser una manera de aumentar la capacidad de generación del país evitando la dependencia de las grandes generadoras que tardan años en ser construidas.

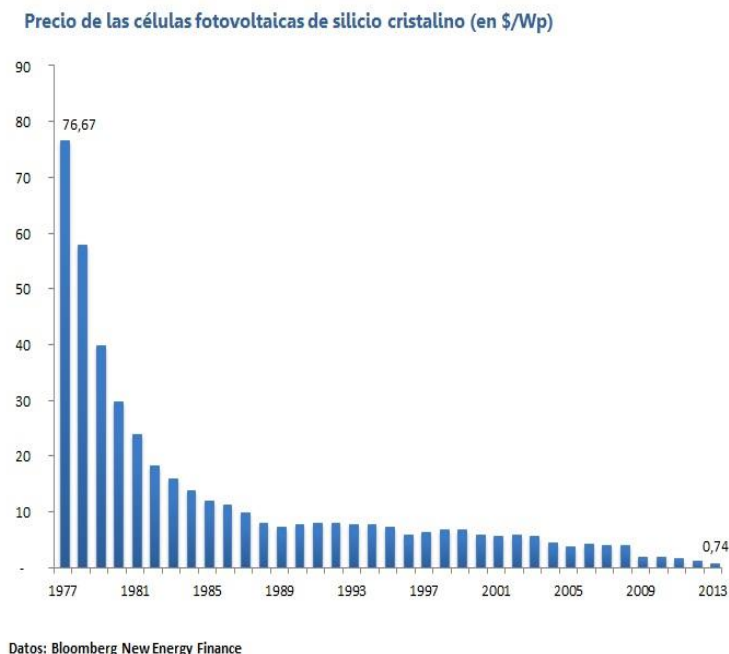


Figura 1.0. Precio por Wp desde el año 1977 al 2013.(17)

Para este estudio se usan precios y disponibilidad de componentes locales.

Los objetivos de este estudio son los siguientes:

1. Determinar la factibilidad económica de la generación eléctrica fotovoltaica para el consumo residencial de manera general para la población.
2. Determinar el efecto en la factibilidad económica de la generación fotovoltaica residencial al cambiar factores como el precio del kWh en el país, la implementación de subsidios similares a los encontrados en otros

países y la aplicación de un esquema de intercambio de créditos de carbono.

CAPÍTULO 1

1. Sistemas de generación fotovoltaica para el área servida por CNEL

Guayas – Los Rios

Para propósitos de este estudio se utilizaran dos esquemas de sistema de generación eléctrica fotovoltaica: el uno es un sistema conectado a la red y el otro es un sistema no conectado a la red.

Un sistema de generación fotovoltaica conectado a la red se caracteriza principalmente por su menor costo, esto es, porque no es necesario suplir toda la demanda posible en todo momento. Un sistema no conectado a la red se caracteriza por generar toda la energía necesitada por la residencia, esto es, siendo totalmente independiente de la red

Los sistemas de generación eléctricos fotovoltaicos tienen los siguientes componentes: paneles solares, inversores, cables y baterías.

1.1. Conceptos básicos y definiciones

Para poderse elaborar este estudio de factibilidad es necesario explicar o definir ciertos términos o conceptos.

1.1.1. Definiciones de términos comunes

A continuación algunos de los términos comúnmente utilizados en este estudio de factibilidad.

Los paneles solares, las baterías de ciclo profundo, los inversores y reguladores son discutidos en la sección 2.3.

Irradiación: Nivel promedio de radiación solar que recibe un área.

Consumidor residencial: Una casa o solar que usa la energía eléctrica en actividades relacionadas con el quehacer diario de una familia, cada consumidor residencial tiene su propio medidor.

Quintil: Un grupo representando 20% de una población.

1.1.2. Funcionamiento de una célula fotovoltaica.

La célula fotovoltaica, también conocida como celda solar o célula fotoeléctrica, funciona mediante el desplazamiento de electrones entre las órbitas valencia de los materiales que las comprenden.

Para entender este proceso es necesario primero explicar la composición de una celda fotovoltaica. Está compuesta de dos láminas de silicio con impurezas en su matriz cristalina. La introducción de estas impurezas se llama dopado. Si la impureza tiene un electrón extra que el silicio se denomina dopado N, y si tiene un electrón menos que el silicio se denomina dopado P. La celda fotovoltaica está compuesta de una capa de dopado N y una capa de dopado P, más electrodos en las superficies exteriores de la celda. En la Figura 1.1 se demuestra la estructura de una celda fotovoltaica.

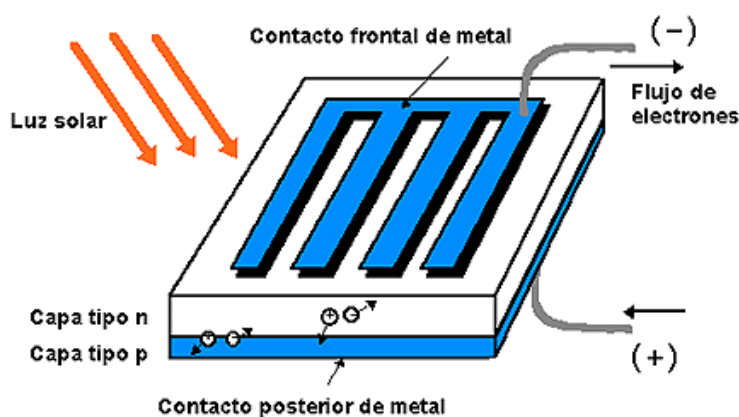


Figura 1.1. Estructura de una celda fotovoltaica. En esta figura las capas tipo n y p son las capas de silicio con dopan n y p.

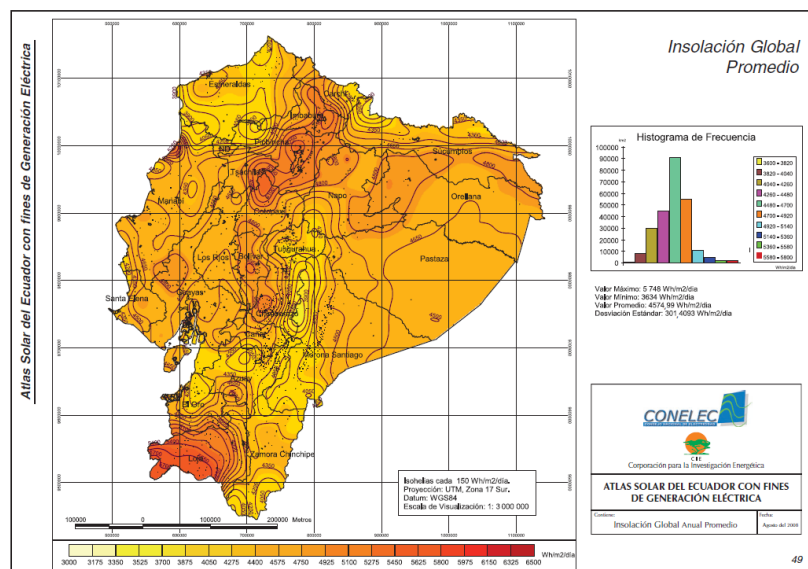
Al ser expuesta a la luz solar y absorberla, los fotones imparten suficiente energía a los electrones en las órbitas valencia para separarlos de la matriz cristalina. Esto genera un diferencial de carga que establece un campo

eléctrico siempre y cuando la luz solar siga impactando con fotones la celda fotovoltaica.

1.2. Mapa solar del Ecuador

A continuación se presenta un mapa solar del país. Este indica los niveles de irradiación en el país y nos permite pronosticar la generación de poder esperada de paneles solares. En caso de estar planificando un campo de paneles solares para generación de poder a gran escala se buscara ubicarlo en un lugar con niveles altos de irradiación. Vale recalcar que el área servida por CNEL Guayas – Los Ríos tiene un nivel de irradiación consistente.

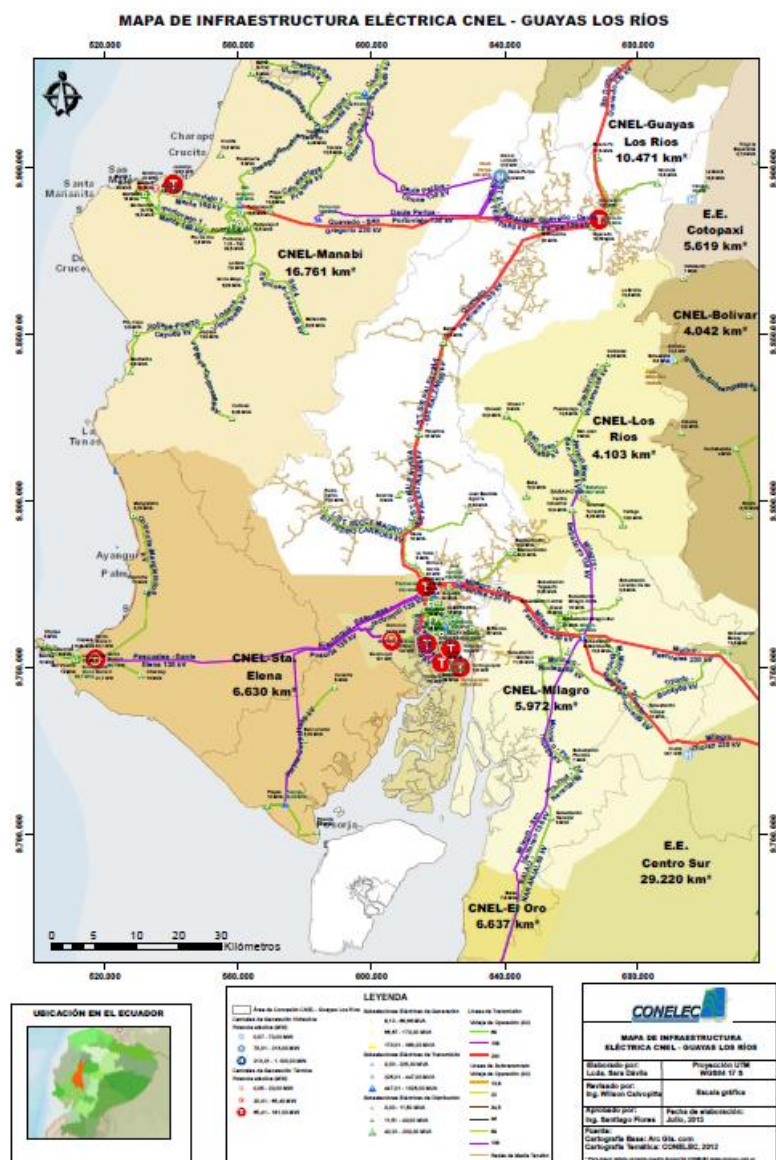
Es importante tener en cuenta que los niveles de irradiación indicados son diarios, pero que lógicamente son recibidos principalmente durante el día. El nivel de irradiación durante la noche es casi cero, solo recibiendo la luz solar reflejada de la luna.



Mapa 1. Mapa de irradiación solar del Ecuador (8)

1.2.1. Área servida por CNEL Guayas Los Ríos.

El área servida por CNEL Guayas-Los Ríos es la indicada por el color blanco en el mapa 2. Comparando este mapa con el mapa de irradiación del país se observa que el área servida por CNEL Guayas-Los Ríos tiene un nivel de irradiación de entre 4 575 a 4 925 Wh/m²/día.



1.3. Componentes de un sistema de generación eléctrica fotovoltaico

Un sistema de generación eléctrica fotovoltaica contiene los siguientes componentes principales: paneles solares (compuestos de celdas fotovoltaicas), baterías, inversores y reguladores de voltaje.

1.3.1. Paneles Solares

Los paneles solares están compuestos de células fotovoltaicas que al ser expuestos a los rayos solares generan una corriente. Previamente estos paneles tenían precios altos, ventajosamente en los últimos años el costo por vatio ha bajado significativamente (Figura 1).

Los paneles solares no generan el mismo nivel de potencia durante todo el día, la mayoría de la generación ocurre durante las horas pico, centradas en el mediodía. A continuación el Figura 1.2 muestra la curva típica de horas pico para un panel solar.

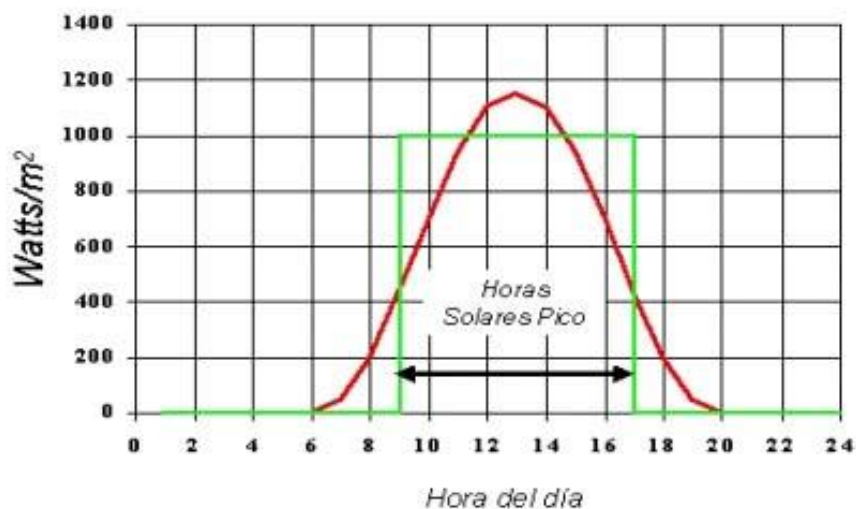


Figura 1.2. Horas pico (p) de generación solar por paneles solares (12)

Los paneles solares son producidos en varios tamaños y con varios niveles de eficiencia. La especificación más importante de un panel solar es la potencia pico Wp (generalmente alrededor del medio día).

1.3.2. Baterías Recargables

Las baterías utilizadas en sistemas de generación solar son baterías de ciclos profundos. Este tipo de batería tiene la característica de tener una vida útil muy larga, medida en ciclos de carga y descarga. Las baterías de ciclo profundo son costosas ya que utilizan grandes cantidades de litio.

La función de las baterías en un sistema de generación solar es ser una reserva de energía que el sistema puede utilizar según sus necesidades. Ya que los paneles solares generan energía solo en ciertas horas del día, las baterías son necesarias para mantener al sistema funcionando. Los paneles solares cargan las baterías, y las baterías suplen al sistema de la energía que este necesite.

Las baterías de ciclo profundo tienen ciclos de vida conocidos. Mientras menos se descargue una batería de ciclo profundo como porcentaje de su carga total, mayor el número de veces que ésta se podrá descargar y cargar sin daños o pérdida de carga máxima. A continuación el figura 1.3 muestra curvas típicas esperadas para una batería de ciclo profundo.

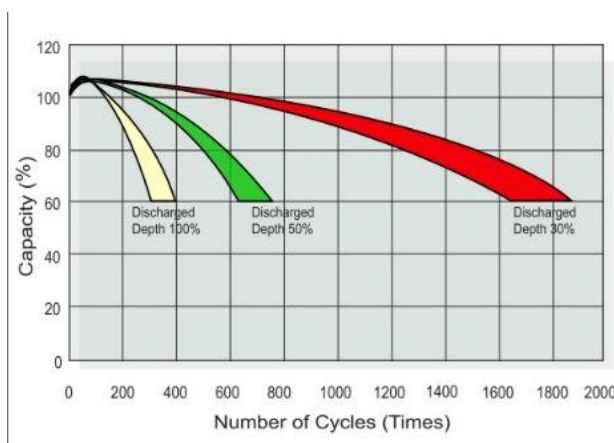


Figura 1.3. Curvas típicas de ciclos de una batería de ciclo profundo (15)

De la figura podemos observar que este tipo de batería, de ser descargada 100%, tendrá una vida útil de entre 300 y 350 ciclos (carga y descarga), de ser descargada hasta un 50% por ciclo tendrá una vida útil de 620 a 820 ciclos; y finalmente de ser descargada hasta un 30% tendrá una vida útil esperada de entre 1650 a 1850 ciclos. Igual que los paneles solares, las baterías de ciclo profundo están disponibles en una amplia gama de costo y capacidad. Es importante recalcar que para aplicaciones de generación fotovoltaica se recomienda que las baterías de ciclo profundo no tengan una descarga mayor al 20%. En otras palabras, nunca tenga una carga menor al 80% de su máxima capacidad.

1.3.3. Regulador de Carga

El regulador de carga, en un sistema de generación fotovoltaica, tiene dos funciones principales. Sirve para recargar las baterías, y controlar el flujo de energía a las baterías para prevenir daños. Como las baterías y paneles solares hay varios tipos de cargadores disponibles en una gama de precios, pero lo recomendado es utilizar cargadores MPPT (por sus siglas del inglés Maximum Power Point Tracking). Estos reguladores recargan las baterías más rápido al tener mejor método de controlar y mantener el punto máximo de la potencia de las baterías.

1.3.4. Inversor

A diferencia de la red eléctrica, la generación fotovoltaica provee corriente DC, lo cual hace necesario un inversor para que esta corriente pueda ser utilizada por aparatos y electrodomésticos residenciales. Hay dos tipos de inversores, los de Onda Sinusoidal Modificada, y los de Onda Sinusoidal Verdadera.

Los inversores de onda sinusoidal modificada generalmente son más económicos pero suelen tener una eficiencia del 70% y causan problemas a electrodomésticos y otros aparatos sensibles a la carga, tales como computadoras y taladros. Los inversores de onda sinusoidal verdadera son

más caros pero no sufren de los problemas de carga, y tienen una eficiencia de hasta el 98%. Considerando que este estudio de factibilidad es para residencias, solo se considera la utilización de inversores de onda sinusoidal verdadera. En la figura 1.4 se muestran las diferencias en la onda sinusoidal de cada tipo de inversor.

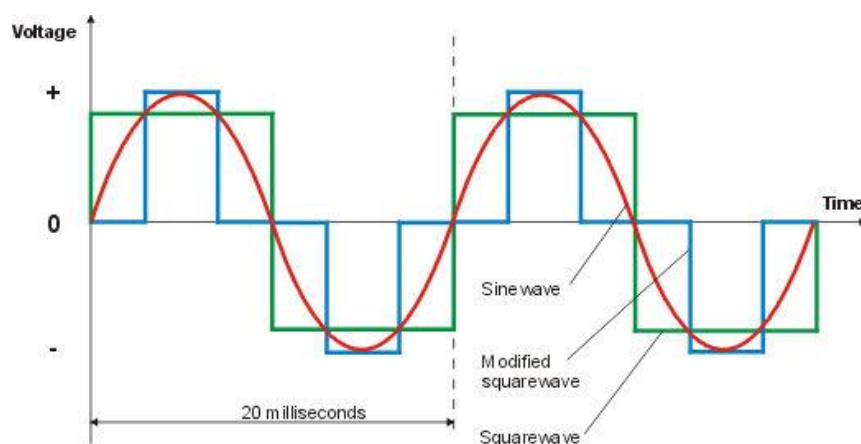


Figura 1.4. Ondas sinusoidales. La onda roja es la sinusoidal verdadera, y las azules y verde son modificadas (14)

CAPÍTULO 2

2. Consumidores de energía eléctrica

2.1. Tipos de consumidores de energía eléctrica

Los consumidores de energía eléctrica son clasificados por el CONELEC de acuerdo al uso que le dan a la energía eléctrica. Estas clasificaciones son: residencial, comercial, industrial, alumbrado público y otros. Este estudio de factibilidad solo se enfoca en los consumidores residenciales.

2.2. Clasificación de los consumidores residenciales

Se dividió a los consumidores residenciales de CNEC Guayas - Los Ríos en quintiles para propósitos de comparación y estratificación. Cada quintil representa el 20% de los consumidores residenciales. La división y estratificación por quintiles fue seleccionado para que encaje mejor con la información económica poblacional dada por el INEC en su Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares Urbanos y Rurales 2011-2012, el cual divide a los consumidores en deciles (12). De esta forma se podrá realizar análisis económicos adicionales con grupos de información concordantes si resulta económicamente factible la generación fotovoltaica residencial. Por ejemplo: ¿Qué tan factible sería para un ciudadano con ingreso X que implemente la

generación fotovoltaica en su residencia? ¿Necesitará un préstamo? ¿Hasta qué tasa de interés seguiría siendo económicamente factible? De no ser económicamente factible la generación fotovoltaica, haber dividido la población en quintiles igual permite una comparación adecuada de los diferentes estratos.

2.3. Números de consumidores residenciales y su consumo

Consolidando la información de los consumidores de CNEL Guayas – Los Ríos con la información de ingreso promedio por residencia por quintil del INEN se obtiene la Tabla 1 en la que se presenta el consumo promedio de dos meses representativos de consumos altos y bajos (10).

Tabla 1 Datos de consumidores por quintil

Quintil	Numero de Consumidores	Consumo Prom. Dic. 2012 (kWh)	Consumo Prom. Jul. 2013 (kWh)	Ingreso Mensual Prom. (USD)
Q1	57167	9.8	9.6	\$ 369.11
Q2	60581	55.4	50.3	\$ 556.95
Q3	51032	100.3	90.5	\$ 724.70
Q4	48726	148.4	138.9	\$ 939.39
Q5	54328	443	341.6	\$ 1,874.89

CAPÍTULO 3

3. Utilización de un sistema de generación fotovoltaico por consumidores residenciales

3.1. Sistemas de generación fotovoltaica total y parcial

Para propósitos de este proyecto se consideraron dos esquemas de generación fotovoltaica residencial: generación fotovoltaica residencial sin conexión a la red eléctrica y generación fotovoltaica residencial conectada a la red eléctrica. En el esquema de generación conectada a la red se consideraran los casos de generación total de la demanda y de generación suficiente para una reducción en el rango tarifario del consumidor.

3.1.1. Sistema de generación fotovoltaica no conectado a la red eléctrica.

Un sistema de generación fotovoltaica no conectado a la red provee toda la energía necesaria para el funcionamiento de una residencia. Este esquema de generación es principalmente visto donde el consumidor decide que necesita independizarse de la red eléctrica local, o donde ésta no llega. Un esquema de este tipo de sistema se muestra en la Figura 3.1.

Esta implementación es la más cara por el elevado número de baterías necesarias. Es necesario tener como mínimo suficiente capacidad de baterías para un hogar durante 24 horas, y suficientes paneles solares para recargar estas baterías en el mismo período. El tamaño del inversor está definido por el consumo pico de potencia.

La ventaja de un sistema de generación fotovoltaica no conectado a la red es la independencia total de la red. Si hay fallos en la red eléctrica, o cortes, no afectará una residencia con suficiente generación fotovoltaica y capacidad de baterías.

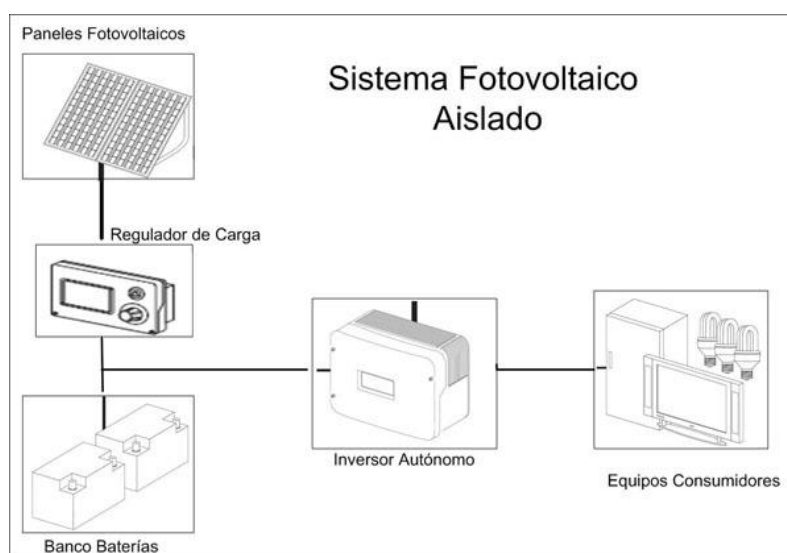


Figura 3.1. Sistema de generación fotovoltaica no conectado a la red eléctrica.

3.1.2. Sistema de generación conectado a la red.

Un sistema de generación fotovoltaica conectado a la red suele complementar la energía suministrada por la red eléctrica, cumpliendo en parte con las necesidades del consumidor residencial. Un esquema de este tipo de sistema se muestra en la Figura 3.2.

Un sistema de generación fotovoltaica residencial conectado a la red eléctrica tiene varias ventajas. Entre estas, su menor costo de implementación y capacidad de ser expandido en el tiempo son las principales. Su menor costo es debido a no necesitar de costosas baterías; utilizando a la red eléctrica como una batería, alimentándole energía generada en exceso y tomándola cuando la necesita. Bajo este esquema el tamaño del inversor es determinado por la generación pico de los paneles solares (Wp). Vale recalcar que en la actualidad el CONELEC no permite el uso de la red como esta descrito aquí, pero se realiza el análisis para plantearlo como posible opción a futuro.

En este estudio de factibilidad se considerarán dos casos de generación fotovoltaica conectada a la red. Primero, utilizando el sistema de generación fotovoltaica para proveer toda la energía necesaria para la residencia; y

segundo, generando suficiente energía para reducir el rango tarifario que se paga (se referirá a esto como generación parcial).

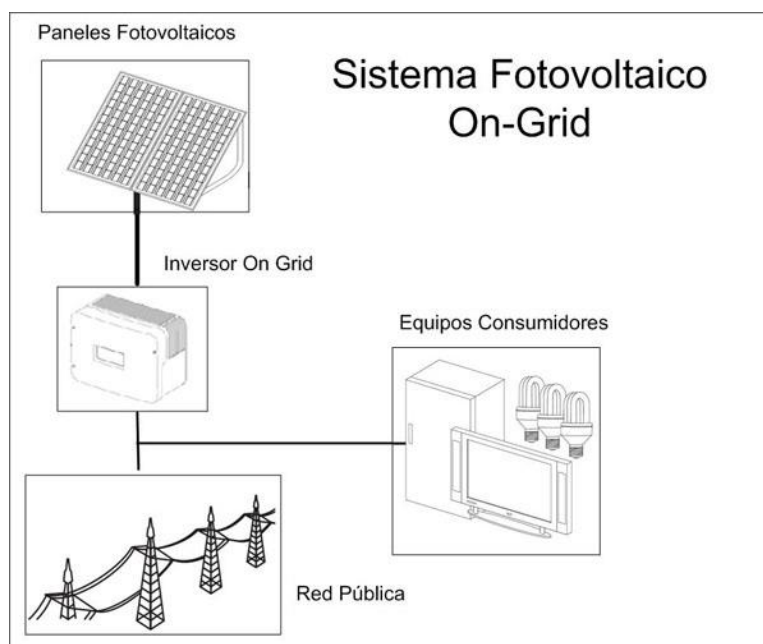


Figura 3.2. Sistema de generación fotovoltaica conectado a la red eléctrica.

3.2. Cálculo de las necesidades de generación fotovoltaica para los diferentes quintiles de consumidores

Para cada quintil es necesario calcular un consumo máximo y parcial en época pico. El consumo máximo será el consumo promedio máximo en el mes de Diciembre más un 20% de margen de seguridad, y el parcial será un consumo

que baje al consumidor un nivel en el rango tarifario. La Tabla 2 a continuación presenta los rangos tarifarios. La generación parcial para cada quintil debe ser suficiente para que el consumidor baje al próximo rango tarifario más bajo.

De acuerdo a los cargos tarifarios del CONELEC, los consumidores de CNEL Guayas – Los Ríos en el año 2014 pagaron los siguientes montos por consumo de energía:

Tabla 2 Rangos tarifarios establecidos por el CNEL

Rango de consumo (kWh)	Costo (USD/kWh)
0 - 50	0,091
51 - 100	0,093
101 - 150	0,095
151 - 200	0,097
201 - 250	0,099
251 - 300	0,101
301 - 350	0,103
351 - 500	0,105
501 - 700	0,1285
701 - 1000	0,145
1001 - 1500	0,1709
1501 - 2500	0,2752
2501 - 3500	0,436
Superior	0,6812

Un consumidor utiliza 220 kWh a un costo de \$0.099 por cada kWh. La generación fotovoltaica parcial necesaria para que este baje al próximo rango tarifario sería de 20 kWh dado que esto mueve al consumidor al siguiente rango inferior. De esta manera su costo por kWh bajaría de \$0.099 a \$0.097.

3.2.1. Generación necesaria promedio por consumidor residencial por quintil.

3.2.1.1. Generación total necesaria promedio por consumidor residencial

La generación total promedio necesaria se calcula como el 120% del mes pico y será la misma para la generación fotovoltaica conectada a la red, y la no conectada a la red.

Tabla 3 Consumo promedio por quintil (8)

Quintil	Consumo prom DIC. 2012 (kWh)	Consumo prom DIC. 2012 + 20% margen de seguridad (kWh)
Q1	9.82	11.02
Q2	55.39	56.59
Q3	100.26	101.46
Q4	148.39	149.59
Q5	442.98	444.18

3.2.1.2. Generación parcial necesaria promedio por consumidor residencial

Para obtener la generación parcial necesaria vemos en que rango se encuentra cada quintil y calculamos la diferencia entre su consumo promedio, y lo que necesitaría consumir para estar en una menor.

Q1

El primer quintil tiene la particularidad de que ya se encuentra en el rango tarifario más bajo, por lo tanto se desarrollará una generación parcial para este quintil.

Q2

El segundo quintil consume en promedio 56,6 kWh al mes, por lo tanto necesitaría reducir su consumo 6,6 kWh para bajar al próximo rango tarifario.

Q3

El tercer quintil consume en promedio 101,5 kWh al mes, por lo tanto necesitaría reducir su consumo por 1,05 kWh para bajar al próximo rango tarifario.

Q4

El cuarto quintil consume en promedio 149,6 kWh al mes, por lo tanto necesitaría reducir su consumo por 49,6 kWh para bajar al próximo rango tarifario.

Q5

El quinto quintil consume en promedio 444,2 kWh al mes, por lo tanto necesitaría reducir su consumo por 94,2 kWh para bajar al próximo rango tarifario.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de los consumos promedios en el mes de Diciembre con el 20% de margen de seguridad, los costos en US \$/kWh, y la generación fotovoltaica parcial para bajar al próximo rango tarifario.

Tabla 4 Consumo promedio, costo por kW-h, y generación necesaria para bajar de rango tarifario.

Quintil	Consumo prom DIC. 2012 + 20% margen de seguridad (KWh)	Costo (USD/KWh)	Generacion parcial para bajar de costo (KWh)
Q1	11.02	0.091	-
Q2	56.59	0.093	6.58
Q3	101.46	0.095	1.46
Q4	149.59	0.095	49.58
Q5	444.18	0.105	94.18

3.3. Costo de generación fotovoltaica por quintil de consumidor residencial

El costo de generación fotovoltaica se lo ha calculado sumando los costos de cada uno de los componentes necesarios para cumplir con la generación total o parcial requerida. Los componentes necesarios son las baterías de ciclo profundo, los paneles fotovoltaicos, inversores, cargador tipo MPP, y reguladores.

Capacidad en baterías

Para encontrar la capacidad en baterías necesarias para la generación fotovoltaica se utilizó la siguiente fórmula:

$$Cb = \frac{Lp \times Fsb}{PDmax}$$

Donde:

Lp = promedio diario de consumo esperado

Fsb = días de autonomía (para propósitos de este proyecto solo se consideró 1 día de autonomía)

$PDmax$ = % que se permitirá bajar el nivel de las baterías (20% es lo recomendado)

C_b = capacidad de las baterías

La capacidad de baterías es dada por un banco de baterías y no una sola batería.

Paneles Fotovoltaicos

Para determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos se consideran principalmente la latitud y nivel de irradiación promedio, también se considera las condiciones atmosféricas, temperaturas promedio, etc. En el ámbito profesional de la generación fotovoltaica se utilizan simuladores. Estos simuladores son programas especializados que combinan mapas de irradiación con varios módulos de información para simular las condiciones durante períodos de tiempo y estimar la generación de un panel fotovoltaico.

Se utilizó el simulador PVGIS (4) de tipo acceso libre creado por la Centro de Investigación Conjunta de la Comisión Europea (UE, J.R.C.), del cual se extrapolaron datos relevantes. El Anexo 5 muestra el portal del simulador. El simulador solo contiene módulos para Europa y África por lo tanto se tomaron los siguientes pasos para poder extrapolar la información necesaria. Usando un mapa de irradiación de África, se localizó un área con los mismos niveles de irradiación que el área servida por CNEL Guayas – Los Ríos y en la misma latitud. Se llevó a cabo la simulación en esta zona de África y se han

considerado los resultados como suficientemente similar a lo que se obtendría simulando el área servida por CNEL Guayas – Los Ríos.

Comparando los mapas de irradiación del área servida por CNEL Guayas – Los Ríos y África se observa que la zona alrededor de latitud 2 Sur y 12 que está en África es análoga al área servida por CNEL Guayas – los Ríos, y puede servir como área comparable en la utilización del simulador disponible.

Utilizando el simulador se puede calcular el número de paneles solares necesarios.

Q1

Tabla 5 Resumen de los costos para el primer quintil

Q1		
Ccomponentes	Generacion Completa no conectada a la red (USD)	Generacion Completa conectada a la red (USD)
Baterias	\$ 8,640.00	-
Paneles Solares	\$ 326.94	\$ 326.94
Inversor	\$ 488.88	\$ 488.88
Regulador	\$ 1,254.10	-
Cables	\$ 48.15	\$ 48.15
Costo total	\$ 10,758.07	\$ 863.97

Repitiendo este proceso para los demás quintiles obtenemos el costo de generación total y parcial para cada uno.

Q2

Tabla 6 Resumen de los costos para el segundo quintil

Q2			
Ccomponentes	Generacion Completa no conectada a la red (USD)	Generacion Completa conectada a la red (USD)	Generacion Parcial conectada a la red (USD)
Baterias	\$ 45,736.85	-	
Paneles Solares	\$ 1,196.80	\$ 1,196.80	\$ 326.04
Inversor	\$ 2,564.01	\$ 2,564.01	\$ 171.60
Regulador	\$ 3,762.30		
Cables	\$ 144.45	\$ 144.45	\$ 48.15
Costo total	\$ 53,404.41	\$ 3,905.26	\$ 545.79

Q3

Tabla 7 Resumen de los costos para el tercer quintil

Q3			
Ccomponentes	Generacion Completa no conectada a la red (USD)	Generacion Completa conectada a la red (USD)	Generacion Parcial conectada a la red (USD)
Baterias	\$ 82,030.41	-	
Paneles Solares	\$ 2,182.40	\$ 2,182.40	\$ 422.40
Inversor	\$ 4,620.00	\$ 4,620.00	\$ 171.60
Regulador	\$ 6,270.50		
Cables	\$ 240.75	\$ 240.75	\$ 48.15
Costo total	\$ 95,344.06	\$ 7,043.15	\$ 642.15

Q4

Tabla 8 Resumen de los costos para el cuarto quintil

Q4			
Ccomponentes	Generacion Completa no conectada a la red (USD)	Generacion Completa conectada a la red (USD)	Generacion Parcial conectada a la red (USD)
Baterias	\$ 120,943.52	-	
Paneles Solares	\$ 3,168.00	\$ 3,168.00	\$ 1,056.00
Inversor	\$ 7,656.00	\$ 7,656.00	\$ 2,564.00
Regulador	\$ 10,032.80		
Cables	\$ 385.20	\$ 385.20	\$ 144.45
Costo total	\$ 142,185.52	\$ 11,209.20	\$ 3,764.45

Q5

Tabla 9 Resumen de los costos para el quinto quintil

Q5			
Ccomponentes	Generacion Completa no conectada a la red (USD)	Generacion Completa conectada a la red (USD)	Generacion Parcial conectada a la red (USD)
Baterias	\$ 359,119.53	-	
Paneles Solares	\$ 9,363.20	\$ 9,363.20	\$ 2,041.60
Inversor	\$ 10,639.20	\$ 10,639.20	\$ 4,118.80
Regulador	\$ 27,590.20		
Cables	\$ 1,059.30	\$ 1,059.30	\$ 6,270.50
Costo total	\$ 407,771.43	\$ 21,061.70	\$ 12,430.90

A los valores adquiridos es necesario sumarles el costo de la instalación que se aproxima al 10% del costo de los equipos, y un 15% más por mantenimiento y reparación (18).

Tabla 10 Resumen de costos por quintil ajustados por instalación y mantenimiento estimados.

	Generacion Completa no conectada a la red (USD)	Generacion Completa conectada a la red (USD)	Generacion Parcial conectada a la red (USD)
Q1	\$ 13,447.59	\$ 1,079.96	\$ -
Q2	\$ 66,755.51	\$ 4,881.58	\$ 682.24
Q3	\$ 119,180.08	\$ 8,803.94	\$ 802.69
Q4	\$ 177,731.89	\$ 14,011.50	\$ 4,705.56
Q5	\$ 509,714.29	\$ 26,327.13	\$ 15,538.63

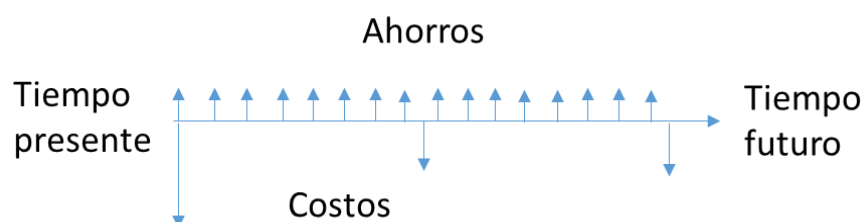
CAPÍTULO 4

4. Análisis de factibilidad de generación por quintil de consumidor de generación total y parcial.

4.1. Método de evaluación económica

La evaluación económica se realizará mediante el método del valor presente. El período de evaluación es la vida útil de los componentes principales (paneles solares y baterías). Se traen al valor presente los costos asociados con

mantener al sistema en operación durante la vida útil más larga de sus componentes, reponiendo los componentes cuya vida útil es menor que el período de evaluación. Al comparar el valor presente del costo con el valor presente del ahorro durante el período de evaluación se puede saber si es factible la utilización de la generación fotovoltaica.



El tiempo de vida útil para paneles solares se estima que es entre 20 y 40 años, pero la mayoría tiene una garantía de solo 25 años. La mayoría de las baterías de ciclo profundo al mantenerse por encima del 80% de su capacidad serán buenas por 2700 a 3000 ciclos de carga o aproximadamente 8 años. Con esta información se determinó que el período a ser considerado sea de 24 años, un ciclo de vida útil garantizado de los paneles solares y tres ciclos de baterías.

Se utilizaron las siguientes fórmulas del valor del dinero en el tiempo.

Valor presente de una suma futura

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

Donde

VP = valor en el presente

VF = valor en el tiempo n

i = tasa de interés, en este caso la inflación del país

n = periodos a calcular

Valor presente de una anualidad para n períodos de pago

En este caso los valores de flujo de efectivo se mantienen constantes a través de n períodos. El valor presente de una anualidad (VPA) tiene cuatro variables:

VPA, el valor del dinero en tiempo = 0.

A, el valor de los pagos individuales en cada período.

i, la tasa de descuento para cada período.

n es el número de períodos de pago.

$$VP(A) = \frac{A}{i} \cdot \left[1 - \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Donde

VPA = el valor del dinero en tiempo = 0.

A = el valor de los pagos individuales en cada período.

I = la tasa de descuento para cada período.

n = es el número de períodos de pago.

Para ambas fórmulas se utilizará $i = 3.6\%$ anual.

4.2. Efectos en los resultados por la futura introducción de cocinas de inducción

Próximamente el país verá la implementación del programa Cocción Eficiente, por lo cual vale desarrollar si este tendrá un efecto en la factibilidad económica de generación eléctrica por parte de consumidores residenciales. Para determinar esto es necesario obtener un valor referencial para el consumo de electricidad por parte de una cocina de inducción para una familia.

Del número de asistencia ofrecido por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 1-800-262-462, se conoce que el gobierno considera que las cocinas de inducción cocinan alimentos en la mitad del tiempo que las cocinas tradicionales. Dado que una familia promedio utiliza una cocina regular unas dos horas al día, se deduce que una cocina de inducción estaría en utilización una hora cada día.

Para encontrar el poder que la cocina de inducción utilizará nos referimos al siguiente artículo de la ficha técnica proporcionada por Indurama (2). De esta, obtenemos información técnica de cocinas recientemente distribuidas, una cocina de inducción de 2 platos con 3500 W de potencia. Con esto y el tiempo de utilización diaria podemos calcular el consumo mensual.

$$3500 \text{ W} \times 1 \text{ hora diaria} = 3.5 \text{ kWh diarias}$$

$$3500 \text{ Wh} \times 30 \text{ días} = 105 \text{ kWh al mes.}$$

Descontando los 80 kWh de crédito que el gobierno dará a todos los consumidores de cocinas de inducción de los 105 kWh que una cocina consumirá en un mes, quedan 2.5 Wh que contabilizar.

Calculando el costo para cada quintil vemos que el costo restante es similar al costo que se paga actualmente por un cilindro de gas licuado. Se concluye que el efecto del plan Cocción Eficiente en la factibilidad económica de generación fotovoltaica en residencias será nulo o insignificante.

Tabla 11 Costo extra esperado por rangos tarifarios de los cinco quintiles (quintiles 2 y 3 comparten el mismo rango tarifario y ambos pagan 0.093 \$/kWh)

kWh	USD/kWh	USD
25	0.091	2.275
25	0.093	2.325
25	0.095	2.375
25	0.105	2.625

4.3. Evaluación económica

4.3.1. Cálculo de viabilidad económica

Para determinar la viabilidad económica para cada quintil seguiremos el siguiente proceso:

Sumamos los costos en el tiempo cero compuesto de los costos de todos los componentes, con los costos de reemplazar las baterías (en el octavo y decimosexto años) traídos al presente. La suma resultante es comparada con el valor presente del ahorro resultante de la instalación de los equipos durante

la vida útil del equipo, los 24 años. Al tratar los casos de generación fotovoltaica conectado a la red se omiten los costos de las baterías y reguladores.

Para un desarrollo de la viabilidad económica de la generación fotovoltaica para el primer quintil ver el Apéndice 1.

Resumen de viabilidad económica de generación fotovoltaica residencial para todos los quintiles

Repitiendo el proceso del primer quintil para todos los quintiles obtenemos la siguiente información, resumida en Tabla 12.

Tabla 12 Resumen de costo de implementación de generación total y parcial, y de ahorro esperado, por quintil.

Quintil		Costo sobre la vida útil del equipo	Ahorro total durante la vida útil del equipo
Q1	No conectado a la red	\$ 27,730.40	\$ 1,003.59
	Conectado a la red (total)	\$ 1,079.96	\$ 1,003.59
	Conectado a la red (parcial)	-	-
Q2	No conectado a la red	\$ 142,303.09	\$ 1,003.77
	Conectado a la red (total)	\$ 4,881.58	\$ 1,003.77
	Conectado a la red (parcial)	\$ 682.24	\$ 136.12
Q3	No conectado a la red	\$ 254,676.94	\$ 1,838.75
	Conectado a la red (total)	\$ 8,803.94	\$ 1,838.75
	Conectado a la red (parcial)	\$ 802.69	\$ 65.31
Q4	No conectado a la red	\$ 377,504.97	\$ 2,710.12
	Conectado a la red (total)	\$ 14,011.50	\$ 2,710.12
	Conectado a la red (parcial)	\$ 4,705.56	\$ 936.68
Q5	No conectado a la red	\$ 1,102,903.70	\$ 8,894.08
	Conectado a la red (total)	\$ 21,061.70	\$ 8,894.08
	Conectado a la red (parcial)	\$ 12,430.90	\$ 2,557.56

Comparando el costo con el ahorro para cada quintil y método de generación vemos que en ningún caso es económicamente viable utilizar generación fotovoltaica en residencias bajo las condiciones actuales. En la sección 5.3.2 trataremos condiciones que se dan en otros países para determinar si estas condiciones aplicadas en el Ecuador, volverían económicamente viable la generación fotovoltaica residencial.

4.3.2. Otros factores que pudieran afectar la viabilidad económica

Los siguientes factores a ser considerados no existen en el Ecuador (servicio de intercambio de créditos de carbón, incentivos gubernamentales), o son condiciones no presentes pero posibles (cambio en el costo por kWh) que se ven en otros países. De presentarse en el Ecuador estos factores pudiesen cambiar la factibilidad económica del uso de la generación de energía fotovoltaica por consumidores residenciales.

Intercambio de créditos de carbón

Créditos de carbón se han logrado usar exitosamente por hogares en Estados Unidos, entregando un valor de \$17.20 a los consumidores por cada tonelada de dióxido de carbono reducida (13). Si un sistema similar se pudiese implementar para generadores de energía fotovoltaica residenciales significaría un ingreso extra en los cálculos de factibilidad económica. Utilizando el estándar de 6.89551×10^{-4} toneladas métricas de CO₂ por cada kWh (11), tenemos que mensualmente un generador de energía residencial obtendría las ganancias por mes mostradas en la Tabla 13.

Tabla 13 Retorno mensual por créditos de carbón

Quintil	Retorno por credito de carbon (USD)
Q1	\$ 0.13
Q2	\$ 0.67
Q3	\$ 1.20
Q4	\$ 1.77
Q5	\$ 5.27

La tabla 14 muestra el efecto que la implementación de créditos de carbón tendría en el ahorro esperado, la diferencia no es significativa.

Tabla 14 Comparación del ahorro esperado con créditos de carbón y sin créditos de carbón.

Quintil		Costo sobre la vida util del equipo	Ahorro total durante la vida util del equipo	Ahorro mas creditos de carbon total durante la vida util del equipo
Q1	No conectado a la red	\$ 27,730.40	\$ 1,003.59	\$ 1,028.38
	Conectado a la red (total)	\$ 1,079.96	\$ 1,003.59	\$ 1,028.38
	Conectado a la red (parcial)	-	-	-
Q2	No conectado a la red	\$ 142,303.09	\$ 1,003.77	\$ 1,131.53
	Conectado a la red (total)	\$ 4,881.58	\$ 1,003.77	\$ 1,131.53
	Conectado a la red (parcial)	\$ 682.24	\$ 136.12	\$ 136.88
Q3	No conectado a la red	\$ 254,676.94	\$ 1,838.75	\$ 2,067.58
	Conectado a la red (total)	\$ 8,803.94	\$ 1,838.75	\$ 2,067.58
	Conectado a la red (parcial)	\$ 802.69	\$ 65.31	\$ 65.50
Q4	No conectado a la red	\$ 377,504.97	\$ 2,710.12	\$ 3,047.64
	Conectado a la red (total)	\$ 14,011.50	\$ 2,710.12	\$ 3,047.64
	Conectado a la red (parcial)	\$ 4,705.56	\$ 936.68	\$ 943.16
Q5	No conectado a la red	\$ 1,102,903.70	\$ 8,894.08	\$ 9,899.03
	Conectado a la red (total)	\$ 21,061.70	\$ 8,894.08	\$ 9,899.03
	Conectado a la red (parcial)	\$ 12,430.90	\$ 2,557.56	\$ 2,569.77

Subsidios Gubernamentales

En varios países existen créditos y subsidios para incentivar la implementación de fuentes de energía alternativa por parte de consumidores residenciales. Tomando a Estados Unidos como ejemplo, el gobierno federal da un incentivo del 30% en reducción de impuestos sobre el valor de los equipos. Adicionalmente varios estados dan incentivos adicionales. Tomando al estado de Pennsylvania como ejemplo, se puede conseguir entre incentivos y créditos, subsidiar el 60% del costo de los equipos de generación fotovoltaica (13). En la tabla 15 se muestra el costo y ahorro esperado sobre la vida del equipo con un subsidio del 60%. En casos en que no se utilizan baterías, la diferencia entre el costo de implementación y el ahorro es mucho menor, al punto que es favorable económicamente implementar la generación fotovoltaica por residencias para el primer quintil.

Tabla 15 Costos sobre la vida útil del equipo con un subsidio del 60%

Quintil		Costo sobre la vida útil del	Ahorro total durante la vida útil del equipo
Q1	No conectado a la red	\$ 11,895.88	\$ 1,003.59
	Conectado a la red (total)	\$ 431.99	\$ 1,003.59
	Conectado a la red (parcial)		-
Q2	No conectado a la red	\$ 474,506.39	\$ 1,003.77
	Conectado a la red (total)	\$ 1,952.63	\$ 1,003.77
	Conectado a la red (parcial)	\$ 272.90	\$ 136.12
Q3	No conectado a la red	\$ 109,487.45	\$ 1,838.75
	Conectado a la red (total)	\$ 3,521.58	\$ 1,838.75
	Conectado a la red (parcial)	\$ 321.08	\$ 65.31
Q4	No conectado a la red	\$ 162,231.82	\$ 2,710.12
	Conectado a la red (total)	\$ 5,604.60	\$ 2,710.12
	Conectado a la red (parcial)	\$ 1,882.23	\$ 936.68
Q5	No conectado a la red	\$ 474,506.39	\$ 8,894.08
	Conectado a la red (total)	\$ 8,424.68	\$ 8,894.08
	Conectado a la red (parcial)	\$ 4,972.36	\$ 2,557.56

Aumento del costo kWh en el país

En el Ecuador se paga una menor tasa por kWh en todos los rangos tarifarios que en otros países. En varios países europeos es común pagar el doble, el triple o más de lo que se paga por kWh en el Ecuador (9). La tabla 16 muestra la comparación de costo y ahorro en el área servida por CNEL Guayas-Los Ríos si la tarifa incrementara 2.5 veces. La implementación de generación fotovoltaica residencial es favorable para el primer quintil.

Tabla 16 Ahorro esperado si la tarifa aumentara 2.5 veces

Quintil		Costo sobre la vida útil del equipo	Ahorro total durante la vida útil del equipo	Ahorro total durante la vida útil del equipo si la tarifa aumenta 2.5 veces
Q1	No conectado a la red	\$ 27,730.40	\$ 1,003.59	\$ 2,508.97
	Conectado a la red (total)	\$ 1,079.96	\$ 1,003.59	\$ 2,508.97
	Conectado a la red (parcial)	-	-	-
Q2	No conectado a la red	\$ 142,303.09	\$ 1,003.77	\$ 2,509.41
	Conectado a la red (total)	\$ 4,881.58	\$ 1,003.77	\$ 2,509.41
	Conectado a la red (parcial)	\$ 682.24	\$ 136.12	\$ 340.29
Q3	No conectado a la red	\$ 254,676.94	\$ 1,838.75	\$ 4,596.88
	Conectado a la red (total)	\$ 8,803.94	\$ 1,838.75	\$ 4,596.88
	Conectado a la red (parcial)	\$ 802.69	\$ 65.31	\$ 163.76
Q4	No conectado a la red	\$ 377,504.97	\$ 2,710.12	\$ 7,619.11
	Conectado a la red (total)	\$ 14,011.50	\$ 2,710.12	\$ 7,619.11
	Conectado a la red (parcial)	\$ 4,705.56	\$ 936.68	\$ 2,357.91
Q5	No conectado a la red	\$ 1,102,903.70	\$ 8,894.08	\$ 24,747.56
	Conectado a la red (total)	\$ 21,061.70	\$ 8,894.08	\$ 24,747.56
	Conectado a la red (parcial)	\$ 12,430.90	\$ 2,557.56	\$ 6,424.42

Condiciones combinadas

En el caso de que las condiciones cambiaran y la tarifa incrementara 2.5 veces (250%), y que se implementara un subsidio del 60% como mostrado en la tabla 17, vemos que cualquier método de generación fotovoltaica residencial que no necesite ser independiente de la red, y consecuentemente no utilice baterías, es económicamente factible. Todos representan un mayor ahorro al costo incurrido, esto se aproximan a las condiciones en algunos países donde la generación fotovoltaica es más acogida.

Tabla 17 Costo de equipos subsidiados y de ahorro esperado tras una alza de tarifa del 250%.

Quintil		Costo sobre la vida útil del equipo (60% de subsidio)	Ahorro total durante la vida útil del equipo si la tarifa aumenta 2.5 veces
Q1	No conectado a la red	\$ 11,895.88	\$ 2,508.97
	Conectado a la red (total)	\$ 431.99	\$ 2,508.97
	Conectado a la red (parcial)		-
Q2	No conectado a la red	\$ 61,167.99	\$ 2,509.41
	Conectado a la red (total)	\$ 1,952.63	\$ 2,509.41
	Conectado a la red (parcial)	\$ 272.90	\$ 340.29
Q3	No conectado a la red	\$ 109,487.45	\$ 4,596.88
	Conectado a la red (total)	\$ 3,521.58	\$ 4,596.88
	Conectado a la red (parcial)	\$ 321.08	\$ 163.76
Q4	No conectado a la red	\$ 162,231.82	\$ 7,619.11
	Conectado a la red (total)	\$ 5,604.60	\$ 7,619.11
	Conectado a la red (parcial)	\$ 1,882.23	\$ 2,357.91
Q5	No conectado a la red	\$ 474,506.39	\$ 24,747.56
	Conectado a la red (total)	\$ 8,424.68	\$ 24,747.56
	Conectado a la red (parcial)	\$ 4,972.36	\$ 6,424.42

CONCLUSIONES

1. La generación fotovoltaica residencial no es viable bajo las condiciones actuales. Los precios de los inversores son demasiado altos para hacer económicamente viable la generación fotovoltaica residencial adquiriendo los componentes localmente. Mientras que las baterías son un gasto aun mayor a los inversores, los inversores son considerados más críticos dado que son requeridos en todas las modalidades de generación fotovoltaica, ya sea conectada a la red o no.
2. La única manera de que la generación fotovoltaica resulte económicamente viable es que las condiciones en el país cambien. Principalmente una combinación de subsidios e incremento en el precio del kWh, y solo utilizando esquemas de generación fotovoltaica donde las baterías no sean necesarias.

RECOMENDACIONES

Dado que bajo condiciones actuales la generación fotovoltaica por residencias no es económicamente viable se recomienda mantenerse atento a los cambios en lo que se refiere a subsidios ofrecidos por el gobierno y a cambios en la tarifa de electricidad. De realizarse dichos cambios se puede otra vez analizar la situación para determinar si es o no viable la generación fotovoltaica residencial.

ANEXOS

ANEXO 1: CÁLCULO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA PARA EL Q1

Cálculo de la viabilidad económica de generación fotovoltaica residencial para el Q1

Costo del equipo para la generación fotovoltaica

- Costo de los equipos en el tiempo cero

Costo de Generación Total para Q1 (USD)			
CComponentes	Tiempo cero	8 años	16 años
Baterías	\$ 8,640.00	\$ 8,640.00	\$ 8,640.00
Paneles Solares	\$ 326.94	-	-
Inversor	\$ 488.88	-	-
Regulador	\$ 1,254.10	-	-
Cables	\$ 48.15	-	-
Total	\$ 10,758.07	\$ 8,640.00	\$ 8,640.00
Mano de obra y mantenimiento	\$ 13,447.59	\$ 10,800.00	\$10,800.00
Valor traído al Presente	\$ 13,447.59	\$ 8,138.53	\$ 6,144.28

Costo total de equipos para generación total en el tiempo cero =

CT₀ \$13447.59

- Costo del reemplazo de las baterías en el año 8

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

$$VP = 8640 \times 1.25 / (1.036)^8$$

$$VP_8 = 8138.53$$

Costo de reemplazar las baterías en el año 8 traído al presente =
\$ 6138.53

- Costo del reemplazo de las baterías en el año 16

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

$$VP = (8640 \cdot 1.25) / (1.036)^{16}$$

$$VP_{16} = 6144.28$$

Costo de reemplazar las baterías en el año 16 traído al presente
= \$ 6144.28

- Costo total de equipos traído al presente = $CT_0 + VP_8 + vp_{16} = \$$
27730.40

Valor del ahorro en el presente

El valor de la anualidad es el ahorro mensual por parte de la generación
fotovoltaica

$$VP(A) = \frac{A}{i} \cdot \left[1 - \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

$$VP = (5.26 \times 12) \times (1 - (1.036^{-24}))$$

$$VP = \$ 1003.59 \text{ USD.}$$

ANEXO 2: CATÁLOGO DE UN DISTRIBUIDOR LOCAL



LISTA DE PRECIOS DE VENTA DISTRIBUCIÓN

25/06/14

Nº	Item	Código	Descripción	Tensión	Potencia	PRECIO PVP			
1	Paneles	MD040	Phocos 5W, Vmpp18V, polycrystalline Si, Glá/Eva/al-Frame, 5m cable + DC Conector PL	12 V	5 W	15,84	x		
2	Paneles	MD033	Tynsolar SW-10W-P	12 V	10 W	46,20	x		
3	Paneles	MD054	Zimpertec MS-010W-6P36, con cable y conector PB	12 V	10 W	48,84	x		
4	Paneles	MD016	Zytech ZT 30S	12 V	30 W	59,40	x		
5	Paneles	MD051	Tynsolar TYN 30P6	12 V	30 W	88,44	x		
6	Paneles	MD055	Zimpertec MS-030W-6P36, con cable y conector PB	12 V	30 W	91,08	x		
7	Paneles	MD036	Victron Energy Solar Panel 50W-12V PolyCrystalline	12 V	50 W	129,36	x		
8	Paneles	MD047	Tynsolar TYN 50P6	12 V	50 W	105,60	x		
9	Paneles	MD030	Tynsolar TYN 85S5	12 V	85 W	151,80	x		
10	Paneles	MD044	GMA Solar GMA85P Poly-crystalline solar cells (manufactured in Montreal Canada)	12 V	85 W	151,80	x		
11	Paneles	MD042	Victron Energy Solar Panel 100W-12V PolyCrystalline SPP011001210	12 V	100 W	272,18	x		
12	Paneles	MD052	SUNSET Energietechnik GmbH, SUNSET PX 1156 115Wp 12V, poly (manufactured in	12 V	115 W	249,48	x		
13	Paneles	MD053	SUNSET Energietechnik GmbH, SUNSET PX 1206 120Wp 12V, poly (manufactured in	12 V	120 W	257,40	x		
14	Paneles	MD050	Tynsolar TYN 140P6	12 V	140 W	252,12	x		
15	Paneles	MD045	SUNSET Energietechnik GmbH, SUNSET PX 1456 145Wp 12V, poly (manufactured in	12 V	145 W	263,14	x		
16	Paneles	MD041	GMA Solar GMA 72-M 150W-72 Mono-crystalline solar cells (manufactured in Montreal	24 V	190 W	326,04	x		
17	Paneles	MD049	Tynsolar TYNP62608190	24 V	190 W	326,04	x		
18	Paneles	MD014	Topco-17055 170W+-5% Monocristalino	24 V	170 W	474,62	x		
19	Paneles	MD031	Topco TYN 250P6	24 V	250 W	448,80	x		
20	Paneles	MD037	Panasonic HIT N235 VBHN235SE10	24V	235 W	620,40	x		
21	Paneles	MD038	Panasonic HIT N240 VBHN240SE10	24V	240 W	633,60	x		
22	Paneles	MD039	Panasonic STD 245W VBMS245AE02 24Vdc Poli.	24V	245 W	475,20	x		
23	Paneles	MD046	GMA Solar GMA250P Poly-crystalline solar cells (manufactured in Montreal Canada)	24 V	250 W	422,40	x		
24	Paneles	MD048	Victron Energy Solar Panel 280W-24V MonoCrystalline SPM012802400	24 V	280 W	785,62	x		
25	Reguladores Dome.	RD001	Phocos CML 12/24V 5/5 A CML05-2.1	12 / 24 V	5 A	27,22	x		
26	Reguladores Dome.	RD002	Phocos CML 12/24V 10/10 A CML10-2.1	12 / 24 V	10 A	40,42	x		
27	Reguladores Dome.	RD003	Phocos CML 12/24V 15/15 A CML15-2.1	12 / 24 V	15 A	53,80	x		
28	Reguladores Dome.	RD004	Phocos CML 12/24V 20/20 A CML20-2.1	12 / 24 V	20 A	60,88	x		
29	Reguladores Dome.	RD005	Phocos CML 12/24V 5/5 A F. Nocturna CML05-2.1-NL	12 / 24 V	5 A	35,92	x		
30	Reguladores Dome.	RD006	Phocos CML 12/24V 10/10 A F. Nocturna CML10-2.1-NL	12 / 24 V	10 A	51,20	x		
31	Reguladores Dome.	RD021	Phocos Multi-meter for CA, CML, CML-NL, ROHS	0	0	40,74	x		
32	Reguladores Dome.	RD007	Phocos CX 12/24V 10/10A	12 / 24 V	10 A	59,40	x		
33	Reguladores Dome.	RD008	Phocos CX 12/24V 20/20A	12 / 24 V	20 A	85,80	x		
34	Reguladores Dome.	RD009	Phocos CX 12/24V 40/40A	12 / 24 V	40 A	138,22	x		
35	Reguladores Dome.	RD010	Phocos CX 12/24V 160/160A, aterramiento negativo	12 / 24 V	160 A	80,96	x		
36	Reguladores Dome.	RD011	Phocos CX 12/24V 20/20A, aterramiento negativo	12 / 24 V	20 A	105,56	x		
37	Reguladores Dome.	RD028	Phocos CX 12/24V 40/40A, aterramiento negativo	12 / 24 V	40 A	146,89	x		
38	Reguladores Dome.	RD023	Phocos CX 24/48V 20/20A, aterramiento positivo	24 / 48 V	20A	113,04	x		



LISTA DE PRECIOS DE VENTA DISTRIBUCIÓN

25/06/14

NI	Item	Código	Descripción	Tensión	Potencia	PRECIO PVP	
39	Reguladores Dome.	RD024	Phocos CX 24/48V 40/40A, aterramiento positivo	25 / 48V	40A	221,76	x
40	Reguladores Dome.	RD013	Phocos Sensor de temperatura externa para CXN	0	0	24,90	x
41	Reguladores Dome.	RD014	Phocos Display Remoto para CXN	0	0	57,51	x
42	Reguladores Dome.	RD015	Phocos Interface USB para CX	0	0	68,64	x
43	Reguladores Dome.	RD016	Phocos CX DIN Rail Holder CX-DR2.1	0	0	4,05	x
44	Reguladores Dome.	RD022	Zytech Hybrid Controller ZAH10A-24 (1000W Input Wind Generator, 300 W Input PV Panel)	24V	0	1.301,71	x
45	Reguladores Dome.	RD025	Prepayment Systems for Phocos CXN including one PreP-Key, front panel assembly.	0	0	75,89	x
46	Reguladores Dome.	RD026	Prepayment unit for PC communication by PreP-Com or stand alone for experienced	0	0	232,48	x
47	Reguladores Dome.	RD027	Replacement Key, PreP-Key	0	0	12,80	x
48	Reguladores Prof.	RP036	Victron Energy Blue Solar MPPT 70/15 (12/24V-15A) SCC010015000	MPPT 70V PV / 12 /	15A	169,58	x
49	Reguladores Prof.	RP035	Victron Energy BlueSolar MPPT 150/70 (12/24/36/48V-70A) SCC010070000	MPPT 150V PV	70A	1.283,04	x
50	Reguladores Prof.	RP005	Phocos MPPT 100/30 Tracker de punto de maxima potencia	100V	30A	533,10	x
51	Reguladores Prof.	RP034	Studer Innotec MPPT solar charge controller VarioTrack VT-65	75Vdc/145vdc	65A	1.056,00	x
52	Reguladores Prof.	RP037	Studer Innotec MPPT solar charge controller VarioTrack VT-80	75Vdc/145vdc	80A	1.254,00	x
53	Reguladores Prof.	RP038	Regulador Atersea LEO Maestro 20 48Vdc,	48Vdc	50A	741,85	x
54	Reguladores Prof.	RP001	Phocos PL 20/20A	12 / 24 / 48 V	20 A	566,63	x
55	Reguladores Prof.	RP002	Phocos PL 40/40A	12 / 24 / 48 V	40 A	590,80	x
56	Reguladores Prof.	RP003	Phocos PL 60/60A	12 / 24 / 48 V	60 A	984,71	x
57	Reguladores Prof.	RP004	PL RS232 Interface	0	0	278,82	x
58	Reguladores Prof.	RP018	PLA Controlador multi PL	0	3 PL	766,95	x
59	Reguladores Prof.	RP019	PL cable sellado WY para PL20/40, 3m	0	3 m	101,06	x
60	Reguladores Prof.	RP020	PL cable sellado WZ para PL60, 3m	0	3 m	101,06	x
61	Reguladores Prof.	RP006	MCU Unidad Central Modular	12/24/48V	0	158,40	x
62	Reguladores Prof.	RP007	MPS 45 Interruptor de Alimentación Modular	12/24/48V	45A	350,57	x
63	Reguladores Prof.	RP008	MPS 80 Interruptor de Alimentación Modular	12/24/48V	80A	330,00	x
64	Reguladores Prof.	RP009	MRD Display remoto para MCU	0	0	76,06	x
65	Reguladores Prof.	RP010	MTS Sensor de temperatura externa para MCU	0	0	100,53	x
66	Reguladores Prof.	RP032	MCS-3.0 Sensor de Corriente Modular	0	0	189,14	x
67	Reguladores Prof.	RP031	MXI232 Interfase para Sistema Modular	0	0	92,40	x
68	Reguladores Prof.	RP033	MXI Interface para Sistema Modular USB, para MCU, CX, CXN	0	0	92,40	x
69	Reguladores Prof.	RP011	Phocos CIS 12/24V 5/5A, IP68, temporizador	12/24V	5A	59,73	x
70	Reguladores Prof.	RP012	Phocos CIS 12/24V 10/10A, IP68, temporizador	12/24V	10A	66,00	x
71	Reguladores Prof.	RP013	Phocos CIS 12/24V 20/20A, IP68, temporizador	12/24V	20A	92,40	x
72	Reguladores Prof.	RP014	Phocos CIS 12/24V 5/5/5A, carga dual, IP68, temporizador	12/24V	5A	68,31	x
73	Reguladores Prof.	RP015	Phocos CIS 12/24V 10/10/10A, carga dual, IP68, temporizador	12/24V	10A	96,41	x
74	Reguladores Prof.	RP016	Phocos CIS 12/24V 20/20/20A, carga dual, IP68, temporizador	12/24V	20A	139,23	x
75	Reguladores Prof.	RP017	Phocos CIS - CU - Configuration Unit for CIS	0	0	76,56	x
76	Reguladores Prof.	RP021	SPS Regulador de carga 12V 100A	12V	100A	3.830,41	x



LISTA DE PRECIOS DE VENTA DISTRIBUCIÓN

25/06/14

Nº	Item	Código	Descripción	Tensión	Potencia	PRECIO PVP	
77	Reguladores Prof.	RP022	SPS Regulador de carga 12V 200A	12V	200A	4.577,38	x
78	Reguladores Prof.	RP023	SPS Regulador de carga 12V 300A	12V	300A	8.134,31	x
79	Reguladores Prof.	RP024	SPS Regulador de carga 24V 100A	24V	100A	3.830,41	x
80	Reguladores Prof.	RP025	SPS Regulador de carga 24V 200A	24V	200A	4.577,38	x
81	Reguladores Prof.	RP026	SPS Regulador de carga 24V 300A	24V	300A	8.134,31	x
82	Reguladores Prof.	RP027	SPS Regulador de carga 48V 100A	48V	100A	3.830,41	x
83	Reguladores Prof.	RP028	SPS Regulador de carga 48V 200A	48V	200A	4.577,38	x
84	Reguladores Prof.	RP029	SPS Regulador de carga 48V 300A, aterramiento positivo	48V	300A	8.134,31	x
85	Reguladores Prof.	RP030	Steca POWER TAROM 4055, 48Vdc 55Amp IP65	48V	55A	1.703,45	x
86	Reguladores Prof.	RP039	Victron Energy Lynx Ion LYN040301000 (litio BMS)	24V	300A	2.516,01	x
87	Reguladores Prof.	RP040	Victron Energy Ion Control LYN010100100 (Litio BMS)	24V	0	943,12	x
88	Inversores	IN044	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 350W, 12 Vdc, 110Vac ROHS, CE	12V	350W	212,66	x
89	Inversores	IN045	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 350W, 24 Vdc, 110Vac ROHS, CE	24V	350W	212,66	x
90	Inversores	IN046	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 700W, 12 Vdc, 110Vac ROHS, CE	12V	700 W	464,76	x
91	Inversores	IN047	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 700W, 24 Vdc, 110Vac ROHS, CE	24V	700 W	468,60	x
92	Inversores	IN043	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 700W, 48 Vdc, 110Vac ROHS, CE	48V	700 W	464,76	x
93	Inversores	IN061	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 1500W, 24 Vdc, 110Vac ROHS, CE	24V	700 W	855,36	x
94	Inversores	IN062	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 1500W, 48 Vdc, 110Vac ROHS, CE	48V	700 W	855,36	x
95	Inversores	IN013	Studer AJ 275-12 (115/60)	12V	275 W	571,35	x
96	Inversores	IN014	Studer AJ 350-24 (115/60)	24V	350 W	633,49	x
97	Inversores	IN015	Studer AJ 400-48 (115/60)	48V	400 W	695,63	x
98	Inversores	IN005	Studer AJ 500-12 (115/60)	12V	500 W	1.108,03	x
99	Inversores	IN016	Studer AJ 600-24 (115/60)	24V	600 W	1.108,03	x
100	Inversores	IN017	Studer AJ 700-48 (115/60)	48V	700 W	847,44	x
101	Inversores	IN018	Studer AJ 1000-12 (115/60)	12V	1000 W	1.864,27	x
102	Inversores	IN019	Studer AJ 1300-24 (115/60)	24V	1300 W	1.864,27	x
103	Inversores	IN020	Studer AJ 2100-12 (115/60)	12V	2100 W	3.756,71	x
104	Inversores	IN021	Studer AJ 2400-24 (115/60)	24V	2400 W	3.099,96	x
105	Inversores	IN031	Studer XTS 1400-48-01 Inverter/charger Xtender 1000VA/750VA/48V/110V	48V	1400 W	2.639,50	x
106	Inversores	IN060	Studer Gama Extener XTM 4000-48 Inverter/charger 3500VA/50A/10.5K	48V	4000W	5.231,31	x
107	Inversores	IN032	Studer ARM-02 Auxiliary relay module for inverter XTS (2 programmable relays)	0	0	93,61	x
108	Inversores	IN033	Studer TCM-01 Communication and real time clock module for inverter/charger XTS	0	0	186,33	x
109	Inversores	IN025	Victron Energy Phoenix 12/180 NEMA 5-15R socket PIN012181110	12V	180 W	171,60	x
110	Inversores	IN026	Victron Energy Phoenix 12/350 NEMA 5-15R socket PIN012351110	12V	350 W	240,26	x
111	Inversores	IN027	Victron Energy Phoenix 12/750 NEMA 5-15R socket PIN012751110	12V	750 W	537,77	x
112	Inversores	IN053	Victron Energy Phoenix Inverter 12/800-120V NEMA 5-15R PIN128010500	12V	800 W	485,76	x
113	Inversores	IN050	Victron Energy Phoenix Inverter 12/1200-120V NEMA 5-15R PIN121220500	12V	1200 W	747,12	x
114	Inversores	IN028	Victron Energy Phoenix 24/180 NEMA 5-15R socket PIN024181110	24V	180 W	186,77	x



LISTA DE PRECIOS DE VENTA DISTRIBUCIÓN

25/06/14

NI	Item	Código	Descripción	Tensión	Potencia	PRECIO PVP	
115	Inversores	IN029	Victron Energy Phoenix 24/350 NEMA 5-15R socket PIN024351110	24V	350 W	343,20	x
116	Inversores	IN022	Victron Energy Phoenix 24/750 NEMA 5-15R socket PIN024751110	24V	750 W	488,88	x
117	Inversores	IN054	Victron Energy Phoenix Inverter 24/800-120V NEMA 5-15R PIN248010500	24V	800 W	485,76	x
118	Inversores	IN051	Victron Energy Phoenix Inverter 24/1200-120V NEMA 5-15R PIN241220500	24V	1200 W	745,76	x
119	Inversores	IN052	Victron Energy Phoenix Inverter 48/800-120V NEMA 5-15R PIN488010500	48V	800 W	594,00	x
120	Inversores	IN055	Victron Energy Phoenix Inverter 48/1200-120V NEMA 5-15R PIN481220500	48V	1200 W	855,36	x
121	Inversores	IN056	Victron Energy Phoenix Inverter 24/3000-120V VE.Bus PIN243020100	24V	3000 W	1.985,25	x
122	Inversores	IN030	Victron Energy MultiPlus C 12/2000/80-50 120V C/PMP122020100	12V	2000 W	1.914,00	x
123	Inversores	IN034	Victron Energy MultiPlus C 24/2000/50-50 120V C/PMP242020100	24V	2000 W	1.914,00	x
124	Inversores	IN035	Victron Energy MultiPlus 12/3000/120-50 120V PMP123021100	12V	3000 W	2.564,01	x
125	Inversores	IN037	Victron Energy Quattro 12/5000/220-100/100 120V QUA125021100	12V	5000 W	5.985,25	x
126	Inversores	IN038	Victron Energy MultiPlus 24/3000/70-50 120V PMP243021100	24V	3000 W	2.564,01	x
127	Inversores	IN039	Victron Energy MultiPlus 24/3000/70-50 120V WHITE PMP243021100W	24V	3000 W	2.564,01	x
128	Inversores	IN040	Victron Energy Quattro 24/5000/120-2x60 120/240V QUA245022100	24V	5000 W	5.020,12	x
129	Inversores	IN041	Victron Energy Quattro 48/3000/35-50/50 120V QUA483021100	48V	3000 W	3.157,04	x
130	Inversores	IN042	Victron Energy Quattro 48/5000/70-100/100 120V QUA485021100	48V	5000 W	5.020,12	x
131	Inversores	IN024	Victron Energy Battery monitor BMV001004000	9 - 90 V	0	237,63	x
132	Inversores Red	IR001	Victron Energy BlueSolar Grid Inverter 1500	0	1500W	2.630,12	x
133	Inversores Red	IR002	Victron Energy BlueSolar Grid Inverter 2000	0	2000W	3.136,98	x
134	Inversores Red	IR003	Kaco new energy Blueplanet 5002x Series 240V 60Hz	0	5000W	6.197,94	x
135	Inversores Red	IR004	SMA Sunny Boy 2000HF-US 240V	0	2000W	2.310,00	x
136	Inversores Red	IR007	SMA Sunny Boy 3000HF-US 240V	0	3000W	3.828,00	x
137	Inversores Red	IR009	SMA Sunny Boy 4000TL-US	0	4000W	4.118,40	x
138	Inversores Red	IR005	SMA Sunny Boy 5000LT-US 240V	0	5000W	4.620,00	x
139	Inversores Red	IR006	SMA Sunny Boy 10000TL US 240 V	0	10000W	7.656,00	x
140	Inversores Red	IR008	SMA Sunny Mini Central 6000 A-11, Solar inverter for grid feed-in Pac.r/Sac, max 6 000	0	6000W	4.606,80	x
141	Inversores Red	IR010	Fronius IG Plus V 12-0-3, Number of phases: 3, 277Vac 60Hz, 12kW	0	12000W	6.864,00	x
142	Sistema Microred	SM001	SUNSET Sistema SUNPAY, incluye includes 1 module SUNSET PX 250-60 + 1 SUNSET	0	250W	1.310,47	x
143	Monitoreo	MO001	Meteocontrol WEB'log Confort	0	0	4.738,67	x
144	Monitoreo	MO002	Meteocontrol WEB'log Light +	0	0	1.705,09	x
145	Monitoreo	MO003	SMA Sunny WebBox with Bluetooth®, Sunny WebBox with Bluetooth® Wireless	0	0	1.155,00	x
146	Monitoreo	MO004	SMA Bluetooth® Piggy Back with External Antenna BTBP-EXTANT-NR	0	0	260,04	x
147	Monitoreo	MO005	Precision Battery Monitor BMV-600S BSM001004000	0	0	209,48	x
148	Monitoreo	MO006	Victron Energy Color Control GX Retail	0	0	628,74	x
149	Cables	CA001	Victron Energy RJ45 UTP Cable 3 m, blue ASS030064980	0	0	32,64	x
150	Cables	CA002	Victron Energy RJ45 UTP Cable 5 m, blue ASS030065000	0	0	34,58	x
151	Cables	CA003	Victron Energy RJ45 UTP Cable 10 m, blue ASS030065010	0	0	39,42	x
152	Cables	CA004	Victron Energy RJ45 UTP Cable 15 m, blue ASS030065020	0	0	46,21	x



LISTA DE PRECIOS DE VENTA DISTRIBUCIÓN

25/06/14

Nº	Item	Código	Descripción	Tensión	Potencia	PRECIO PVP	
153	Cables	CA005	Victron Energy RJ45 UTP Cable 20 m, blue ASS030065030	0	0	48,15	x
154	Cables	CA006	Victron Energy RJ45 UTP Cable 30 m, blue ASS030065050	0	0	55,90	x
155	Cables	CA007	VE.Can RJ45 terminator (bag of 2) ASS030700000	0	0	29,57	x
156	Convertidores	CN001	Phocos Conversor de Voltaje DC/DC 1A CV1205E	12Vdc	1A	22,84	x
157	Convertidores	CN002	Phocos Cargador de Baterías AA BCM-1.1	12Vdc	0	22,84	x
158	Convertidores	CN003	Studer MDC 1224-7.7, Output C. 7A, Input V. 9-18 Vdc, Output V. 24 Vdc.	9-18 Vdc a 24Vdc	170 W	171,59	x
159	Convertidores	CN004	Victron Energy Orion 24/12-25A DC-DC converter IP20	18-32V a 10-15V	25 - 35 A	150,67	x
160	Convertidores	CN005	Victron Energy Orion 24/12-100W Galv.Isol. DC-DC converter ORI241210100	24 V (20 - 35 V) a	12,5 V	169,48	x
161	Power Box	PB001	Phocos Power Box Lito Solar 4Ah, 12Vdc LS4000	4Ah	12Vdc	139,92	x
162	Power Box	PB002	Phocos Power Box Lito Solar 7Ah, 12Vdc LS7000	7Ah	12Vdc	200,64	x
163	Baterías	BT001	Millenium S2000 115 Ah C20 12Vdc	12V	115Ah	216,00	x
164	Baterías	BT036	Millenium NARADA 31 - AGM - 100@10Horas	12V	100Ah	288,00	x
165	Baterías	BT048	Ritar Power RT1270E 12V 7Ah, 12Vdc 7Ah@10horas	12V	7Ah	13,16	x
166	Baterías	BT049	Ritar Power RT12120 12V 12Ah, 12Vdc 12Ah@10horas	12V	12Ah	29,37	x
167	Baterías	BT078	Magna Battery MA12-12 12Vdc@12Ah en C20 tipo AGM	12V	12Ah	48,00	x
168	Baterías	BT081	MTEK MT12120 AGM, 12Ah@20horas 12Vdc	12V	12Ah	48,00	x
169	Baterías	BT079	Famma Battery FM12-12AH, 12VDC, 12AH, tipo AGM	12V	12Ah	48,00	x
170	Baterías	BT050	Ritar Power RT12180 12V 18Ah, 12Vdc 18Ah@10horas	12V	18Ah	42,24	x
171	Baterías	BT051	Ritar Power RA1240D 12Vdc 40Ah, 12Vdc 40Ah@10horas	12V	40Ah	109,74	x
172	Baterías	BT047	Ritar Power DC12-100D 12Vdc 100Ah, 100Ah@10horas	12V	100Ah	203,28	x
173	Baterías	BT076	Ritar Power RA12-120DG 104AH@10horas Gel	12V	104Ah	330,00	x
174	Baterías	BT065	Ritar Power DC12-150, 12Vdc 150Ah, 150Ah@10horas	12V	150Ah	316,80	x
175	Baterías	BT052	Ritar Power DC6-200DC 6Vdc 200Ah, 200Ah@10horas	6V	200Ah	192,50	x
176	Baterías	BT053	Ritar Power RL2500DG 2Vdc 500Ah, 500Ah@10horas	2V	500Ah	258,72	x
177	Baterías	BT054	Ritar Power RL2800DG 2VDC 800Ah, 800Ah@10horas	2V	800Ah	514,80	x
178	Baterías	BT080	Ritar Power OPzV2-800G 2VDC 800Ah, 800Ah@10horas	2V	800Ah	990,00	x
179	Baterías	BT082	Ritar Power DG2-1500, 2VDC, 1500AH@10horas	2V	1500Ah	1.122,00	x
180	Baterías	BT055	Ritar Power OPzV2-1500G 2VDC 1500Ah, 1500Ah@10horas	2V	1500Ah	1.359,60	x
181	Baterías	BT056	Ritar Power RL 21000D 2VDC 1000Ah, 1000Ah@10horas	2V	1000Ah	462,00	x
182	Baterías	BT060	Ritar Power DC 22000 2VDC 2000Ah, 2000Ah@10horas	2V	2000Ah	871,20	x
183	Baterías	BT057	Ritar Power RL 23000D 2VDC 3000Ah, 3000Ah@10horas	2V	3000Ah	1.874,40	x
184	Baterías	BT058	Victron Energy OPzV 3000Ah@10horas 20 years at 20°C, 500 ciclos al 80%.	2V	3000Ah	2.904,00	x
185	Baterías	BT059	Victron Energy OPzS4560 3200Ah@10horas 20 years at 20°C, 1500 ciclos al 80%, 576 x	2V	3200Ah	2.257,20	x
186	Baterías	BT067	Victron Energy OPzS910 610Ah@10horas 20 years at 20°C, 1500 ciclos al 80%, 206 x 145	2V	610Ah	660,00	x
187	Baterías	BT061	Trojan Batteries 8D-GEL 12 VOLT DEEP CYCLE GEL BATTERIES	12V	225Ah	1.174,80	x
188	Baterías	BT075	Trojan Batteries AGM 27, 89Ah@20horas, 12Vdc, AGM, Deep Cycle	12V	89Ah	396,00	x
189	Baterías	BT069	Trojan Batteries AGM 31, 100Ah@20horas, 12Vdc, AGM, Deep Cycle	12V	100Ah	620,40	x
190	Baterías	BT070	Trojan Batteries 31-GEL, 102Ah@20horas, 12Vdc, GEL, Deep Cycle	12V	102Ah	633,60	x



LISTA DE PRECIOS DE VENTA DISTRIBUCIÓN

25/06/14

Nº	Item	Código	Descripción	Tensión	Potencia	PRECIO PVP	
191	Baterías	BT062	East Power HD6-200Ah; 200Ah@10horas 6Vdc Deep Cycle electrolito AGM	6V	200Ah	203,28	x
192	Baterías	BT063	East Power HD12-100Ah; 100Ah@10horas 12Vdc Deep Cycle electrolito AGM	12V	100Ah	203,28	x
193	Baterías	BT064	East Power HD12-40Ah; 40Ah@10horas 12Vdc Deep Cycle electrolito AGM	12V	40Ah	109,74	x
194	Baterías	BT066	Battery CSB GP 12400, 40Ah@10horas, 12Vdc AGM	12V	40Ah	145,00	x
195	Baterías	BT068	Rolls Battery 2-YS-31P Flooded Deep Cycle Battery, 3426Ah@100horas, 2Vdc, 130Kg	2V	3426Ah	2.508,00	x
196	Baterías	BT072	Rolls Battery S12-128AGM AGM Deep Cycle Battery, 115Ah@20horas, 12Vdc, AGM	12V	115Ah	879,12	x
197	Baterías	BT071	Concorde Batteries Sun Xtender PVX-1040T, 104Ah@24horas, 12Vdc, AGM, Deep Cycle	12V	104Ah	735,20	x
198	Baterías	BT073	HITACHI Ultra Long Life AVRILA Lead Acid Batteries, LL50AN12, 50Ah, 12Vdc 3000ciclos	12V	50Ah	805,20	x
199	Baterías	BT074	HITACHI Ultra Long Life AVRILA Lead Acid Batteries, LL400AN12, 400Ah, 12Vdc	12V	400Ah	5.808,00	x
200	Baterías	BT077	Victron Energy Victron Lithium-Ion Battery 24V/180Ah BAT524181200	24V	180Ah	8.991,70	x
201	Bomba	BO002	Shurflo PUMP SUBMERSIBLE S325-043-101	24V	0	1.135,20	x
202	Bomba	BO003	Shurflo DC PUMP CONTROLLER 12/24V LCBG	24V	0	462,00	x
203	Cargador de Baterías	CB012	Victron Energy Skylla-TG 24/30 (1+1) 90-265VAC CE GL Batt. Charger SDTG2400303	24V	30 A	1.401,77	x
204	Cargador de Baterías	CB013	Victron Energy Skylla-TG 24/50 (1+1) 90-265VAC CE GL Batt. Charger SDTG2400503	24V	50 A	1.509,45	x
205	Cargador de Baterías	CB001	Victron Energy Skylla-TG 48/25 (1+1) SDTG4800251	48V	25A	1.280,40	x
206	Cargador de Baterías	CB007	Victron Energy Skylla-TG 48/50 (1+1) Uin 230Vac/45-65Hz CE Batt. Charger SDTG4800501	48V	50A	2.112,00	x
207	Cargador de Baterías	CB003	Victron Energy Phoenix Charger 12/30 (2+1) Uin 90-265Vac/45-65Hz PCH012030001	12V	30A	567,60	x
208	Cargador de Baterías	CB004	Victron Energy Phoenix Charger 24/25 (2+1) Uin 90-265Vac/45-65Hz PCH024025001	24V	25A	1.088,42	x
209	Cargador de Baterías	CB005	Victron Energy Centaur Charger 24/30 (3) Uin 90-265Vac/45-65Hz CCH024030000	24V	30A	957,65	x
210	Cargador de Baterías	CB006	Victron Energy Centaur Charger 24/40 (3) Uin 90-265Vac/45-65Hz CCH024040000	24V	40A	1.270,54	x
211	Cargador de Baterías	CB002	Studer MBC 24-32/1 IP65 Input Vac 170 260 Battery voltage 24 Output A32	24V	32A	963,60	x
212	Cargador de Baterías	CB008	Victron Energy Blue Power Charger 12/7 - IP65 (1) Uin 115V/60Hz BPC012007110	12V	7A	327,65	x
213	Cargador de Baterías	CB009	Victron Energy Blue Power Charger GX 12/7-IP20(1) 120V-50/60Hz BPC120706100	12V	7A	227,65	x
214	Cargador de Baterías	CB010	Victron Energy Centaur Charger 12/20 (3) Uin 90-265Vac/45-65Hz CCH012020000	12V	20A	369,60	x
215	Cargador de Baterías	CB011	Victron Energy Blue Power Charger GX 12/15-IP20(1) 120V-50/60Hz BPC121506100	12V	15A	272,84	x
216	Luminaria	LM003	Phocos Luminarias 5W CL1205C	12 V	5 W	10,92	x
217	Luminaria	LM004	Phocos Luminarias 7W CL1207C	12 V	7 W	14,41	x
218	Luminaria	LM005	Phocos Luminarias 11W CL1211C	12 V	11 W	11,81	x
219	Luminaria	LM006	Phocos Luminarias 15W CL1215C	12 V	15 W	15,47	x
220	Luminaria	LM021	Phocos Luminarias 15W CL2415C	24 V	15 W	25,40	x
221	Luminaria	LM007	Phocos Luminarias 30W CL1230C	12 V	30 W	25,08	x
222	Luminaria	LM024	Phocos Luminarias LED SL1290NF630	12 V	9 W	53,62	x
223	Luminaria	LM010	Cobertor plastico blanco para lamparas CFL LSH01W	0	0	2,02	
224	Luminaria	LM013	Phocos Lampara Solar Integrada, Pico Light LED, V1.2, 120lm, ROHS (*)	12 V	0,8 W	66,00	x
225	Luminaria	LM015	Phocos Adaptador AC para Pico Light, US, 100-240VAC	12V/1A DC	2m	11,88	x
226	Luminaria	LM016	Phocos Adaptador de Auto para Pico Light	2m	0	3,96	x



LISTA DE PRECIOS DE VENTA DISTRIBUCIÓN

25/06/14

Nº	Item	Código	Descripción	Tensión	Potencia	PRECIO PVP	
227	Luminaria	LM017	Phocos Pico Light Interruptor, 2m, ROHS	USB-Plug	0	3,96	x
228	Luminaria	LM018	Phocos Set de Conectores de Celular para Pico Light, 2m, ROHS	USB-Plug	0	4,36	x
229	Luminaria	LM022	Luminaria, Phocos Dual USB Adapter for Integrate Solar LED Lamp, 3m, ROHS	0	0	7,92	x
230	Luminaria	LM023	Luminaria, Phocos Panel Distributor for Integrate Solar LED Lamp ROHS, CE	0	0	11,88	x
231	Luminaria	LM019	Phocos 4pcs Baterías NIMH LSD, 2100mAh tamaño Mignon/AA	2100mAh	4 uni	19,80	x
232	Luminaria	LM014	AEP LED Lamp 48Vdc 12W	48Vdc	12 W	65,69	x
233	Luminaria	LM026	Phocos - Zimpertec Luminaria LED Serie: TL-70-3, 3W, 12VDC, T5 tube lamp, >2100lm	12Vdc	3W	11,88	x
234	Luminaria	LM025	Phocos - Zimpertec Luminaria LED Serie: TL-70-5, 5W, 12VDC, T5 tube lamp, >3500lm	12Vdc	5W	15,31	x
235	Luminaria	LM027	Phocos - Zimpertec Luminaria interior LED SFL 2W, 12V (sunflower) SFL85-02-LA	12Vdc	2W	12,00	x
236	Luminaria	LM028	Phocos - Zimpertec Luminaria interior LED SFL 3W, 12V (sunflower) SFL85-03-LA	12Vdc	3W	13,20	x
237	Luminaria	LM029	Phocos - Zimpertec Luminaria interior LED SFL 5W, 12V (sunflower) SFL85-05-LA	12Vdc	5W	14,40	x
238	Luminarias Públicas	LP001	Phocos Luminaria publica LED 15W SL15, 15W, 600mA, 1350 lm	12V	15W	121,44	x
239	Luminarias Públicas	LP002	Phocos Luminaria publica LED 11W SL11, 11W, 600 mA, 990 lm	12V	11W	108,24	x
240	Luminarias Públicas	LP003	Phocos Driver LED 12V DC SL-D-B, 1xSL11, 2xSL11, 1xSL15, 2xSL15, 1xSL15 + 1xSL11	12V	11 - 30W	38,28	x
241	Luminarias Públicas	LP004	Phocos Driver LED 100-240V 50/60Hz 30W Maximo para 1xSL15, 2xSL15, 1xSL11, 2xSL11	100 - 240 V	30W	63,34	x
242	Luminarias Públicas	LP005	Phocos Tubo de ensablado para 1xSLxx SL-AS51	1xSLxx	0	27,72	x
243	Luminarias Públicas	LP006	Phocos Tubo de ensablado para 2xSLxx SL-AS52	2xSLxx	0	39,73	x
244	Luminarias Públicas	LP007	Phocos Tubo de ensablado para 3xSLxx SL-AS53	3xSLxx	0	50,77	x
245	Transformadores	TR001	Victron Energy Isolation Transformers 3600 115/230V ITR040362040	3600W	0	1.285,38	x
246	Transformadores	TR002	Victron Energy Isolation Transformers 7000 ITR000702000	7000W	0	1.572,96	x
247	Puente de Diodo	PD001	Victron Energy Argodiode 160-2AC 2 batteries 160A isolator ARG16020102,	2 baterías	160 A	162,18	x
248	Sistemas de distribución CC	SD001	Victron Energy Lynx Power In LYN020102000	0	0	244,75	x
249	Sistemas de distribución CC	SD002	Victron Energy Lynx Shunt VE.Net LYN040102000	0	0	607,77	x
250	Sistemas de distribución CC	SD003	Victron Energy Lynx Distributor LYN060102000	0	0	428,46	x
251	Protecciones	PT001	Victron Energy MEGA-fuse 200A/32V CIP136200000	0	0	14,19	x
252	Protecciones	PT002	Victron Energy MEGA-fuse 125A/32V CIP136125000	0	0	14,19	x
253	Protecciones	PT003	Victron Energy MEGA-fuse 250A/32V CIP136250000	0	0	14,19	x
254	Sistemas Térmicos	ST001	GrünTech Sistema Termocalefactor Solar de tubos de vacío presurizados, modelo Heat	220Vac	200 Litros	1.643,13	x
255	Sistemas Térmicos	ST002	GrünTech Sistema Termocalefactor Solar de tubos de vacío presurizados, modelo Heat	220Vac	300 Litros	2.225,40	x
256	Conectores	CO001	Conector H4 o MC4	0	0	18,00	x
257	Conectores	CO002	Conector H4 "Y" paralelo negativo	0	0	18,00	x
258	Conectores	CO003	Conector H4 "Y" paralelo positivo	0	0	14,40	x
259	Conectores	CO004	Phocos - Zimpertec Socket para Luminaria Interior LED SFL, incluye cable, conector e	12Vdc	5 M	9,24	x
260	Conectores	CO005	Phocos - Zimpertec Socket para Luminaria Interior LED SFL, incluye cable, conector e	12Vdc	9 M	13,20	x
261	Conectores	CO006	Phocos - Zimpertec Panel Input wire, 4 Barrel Plug 5.5 / 2.5 mm	12Vdc	4 Ping	6,60	x
262	Conectores	CO007	Phocos - Zimpertec ACC - P - 0.4 Panel input wire, Barrel plug 5.5/2.5 mm	0	0	7,92	x
263	Conectores	CO008	Phocos - Zimpertec ACC-L-0.4 Load Wire, 0.4 AWG20	0	0	6,60	x
264	Estructuras Soportes	ES001	Poste de 5 metros + gabinete contenedor tipo base para baterías de 40Ah + brazo	5 metros	0	480,00	x



LISTA DE PRECIOS DE VENTA DISTRIBUCIÓN

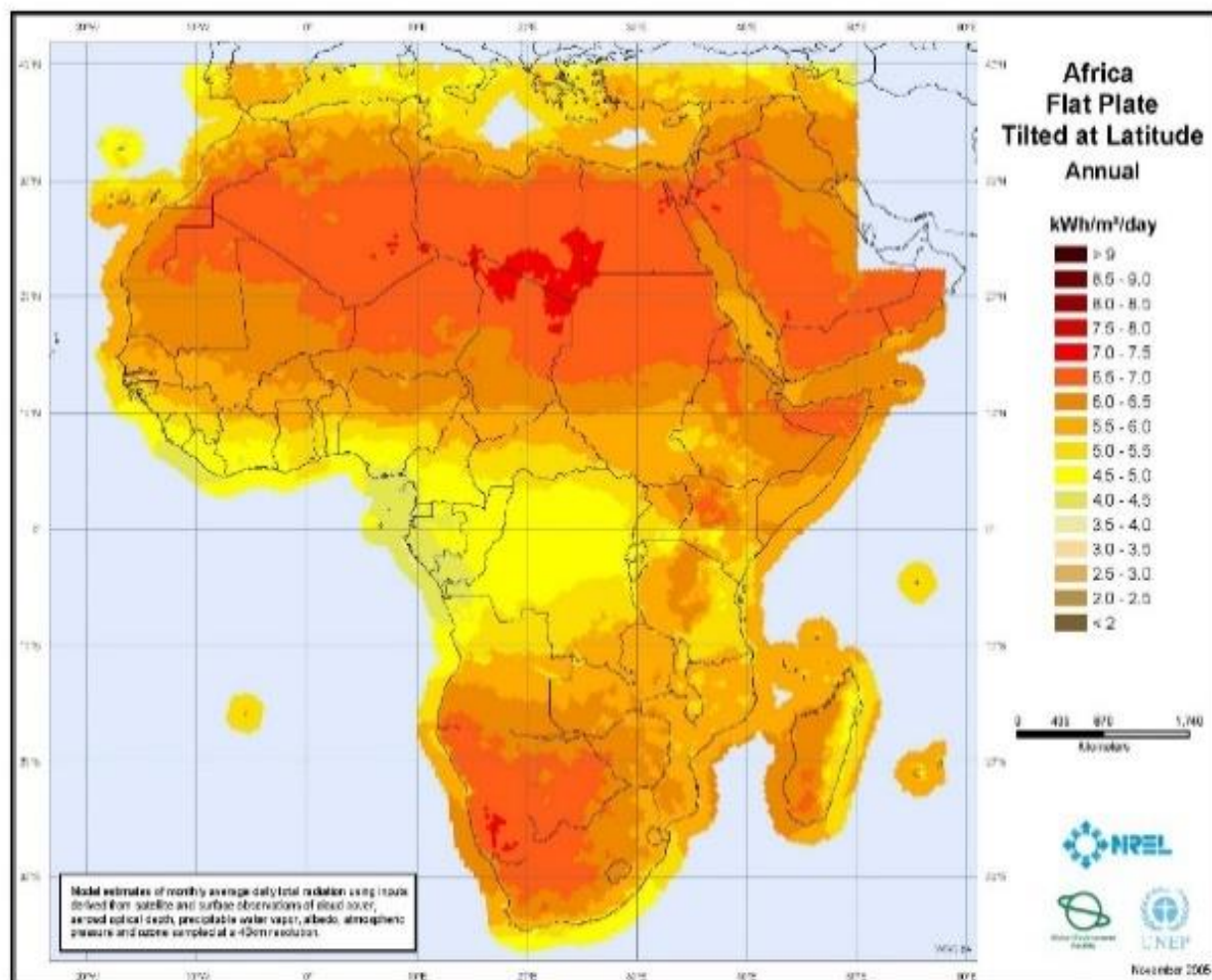
25/06/14

NI	Item	Código	Descripción	Tensión	Potencia	PRECIO PVP		
265	Estructuras Soportes	ES002	Poste de 5 metros + gabinete contenedor tipo base para baterías de 100Ah + brazo	5 metros	0	516,00		X
266	Estructuras Soportes	ES003	Poste de 5 metros + gabinete contenedor tipo base para baterías Power Box + brazo	5 metros	0	408,00		X
267	Estructuras Soportes	ES004	Poste de 7 metros + gabinete contenedor tipo base para baterías de 100Ah + brazo	7 metros	0	708,00		X
268	Kits de instalación	KT001	Kit de instalación eléctrico para Sist.PV Poste SL. Incluye cableado doble encauchado	global	0	48,00		X
0	0	0	0	0	0	-		

X Los equipos que están marcados con una X son los que contamos en stock, para el resto consultar el tiempo de disponibilidad.

S
P
A
J
E
O
J
X
R
O
I
T
L
P
E
L
E
N
E
C
O
I
I
A
D
A
R
S

ANEXO 3: MAPA SOLAR DE ÁFRICA



ANEXO 4: CÁLCULO DEL COSTO DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL Q1

Cálculo de costo de generación fotovoltaica residencial para el Q1

Una vez determinados la cantidad de baterías y paneles solares se puede calcular los costos. A continuación se elabora el costo de la generación fotovoltaica total para el primer quintil como ejemplo. Sumando todos los costos se obtiene el costo de la generación fotovoltaica no conectada a la red eléctrica. Para calcular el costo de generación fotovoltaica conectada a la red simplemente no se incluye el costo de las baterías y reguladores en el total.

Para calcular el costo de la generación fotovoltaica parcial conectada a la red eléctrica (generando solo lo suficiente para bajar de rango tarifario) se repite el proceso solo que se utilizan los valores de la sección 4.2.1.2

Datos

Generación Total Necesaria = 11.0 kWh

Generación Parcial necesaria = ninguna, no es posible bajar de rango tarifario.

Utilizando la fórmula para la capacidad de las baterías necesarias se obtiene

$$Cb = \frac{Lp \times Fsb}{PDmax}$$

Donde

$Lp = 11 \text{ KWh}$

$Fsb = 1$

$PDmax = \% 20$

Y por lo tanto

$Cb = 55 \text{ KWh}$

Con una necesidad de 55 kWh se debe escoger las baterías de mayor rendimiento por unidad de precio. Consultando con ANEXO 2, se encuentra que la batería con mejor rendimiento de Wh/\$ es la BT048. Esta batería, sin embargo, se la descarta dado que es una batería muy pequeña. Necesitaríamos más de 500 de este modelo para cumplir con la demanda promedio del primer quintil, encima de lo cual hay que considerar todo el cableado extra, las conexiones extras necesarias, y lo más importante, el elevado nivel de mantenimiento necesario para tantas baterías individuales. Por lo tanto se escoge la BT001 que es la siguiente más económica y de la cual solo se necesitarían 40 a un costo de \$8640 USD.

Para obtener la capacidad instalada necesaria de paneles solares usando el simulador PVGIS y utilizando las coordenadas previamente calculadas, nos da como resultado que se necesita tener una capacidad instalada de 4 kWp. La p se refiere a que es un valor dado por el fabricante del panel solar y se refiere al

valor de energía que el panel puede generar en el tiempo pico. Consultando el apéndice 3, se ve que el MD041 es el más conveniente a un costo de \$326.04 USD.

Finalmente sumando los costos del inversor, regulador, y cables (20 m por panel).

Inversor = IR009 \$ 488.88

Regulador = RP037 \$1254.10

Cables = \$48.15

Costo total de generación fotovoltaica no conectado a la red para Q1 = \$0758.07

Costo total de generación fotovoltaica conectado a la red para Q1 = \$863.97

ANEXO 5: PVGIS

JRC CM SAF Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps

EUROPA > EC > JRC > IE > RE > SOLAREC > PVGIS > Interactive maps > africa

[Contact](#) [Important legal notice](#)

New: PVGIS expanded to cover Asia. [Click here to read about it.](#)

Europe Africa Asia

e.g., "Ispra, Italy" or "45.256N, 16.9589E"

Search

cursor position: 27.684, 17.314
selected position: 16.973, 4.922

Go to lat/lon

Latitude: Longitude:

Map Satellite

Algeria Libya
Western Sahara Mauritania Mali Niger Chad
Senegal Gambia Guinea-Bissau Guinea Sierra Leone Côte d'Ivoire Ghana Togo Benin Nigeria Cameroon Central African Republic
Dakar Nouakchott Bamako Niamey Lagos Lome Yaounde Abidjan
Gulf of Guinea Equatorial Guinea Gabon Congo
Brazzaville

Google Map data ©2015 Basarsoft, Google, INEGI, Inav/Geosistemas SRL, ORION-ME Terms of Use

PV Estimation Monthly radiation Daily radiation Stand-alone PV

Performance of Grid-connected PV

Radiation database: Climate-SAF PVGIS [\[What is this?\]](#)

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power 1 kWp

Estimated system losses [0;100] 14 %

Fixed mounting options:

Mounting position: Free-standing

Slope [0;90] 0 ° ☐ Optimize slope

Azimuth [-180;180] 0 ° ☐ Also optimize azimuth
(Azimuth angle from -180 to 180, East=-90, South=0)

Tracking options:

☐ Vertical axis Slope [0;90] 0 ° ☐ Optimize

☐ Inclined axis Slope [0;90] 0 ° ☐ Optimize

☐ 2-axis tracking

Horizon file: Choose File No file chosen

Output options

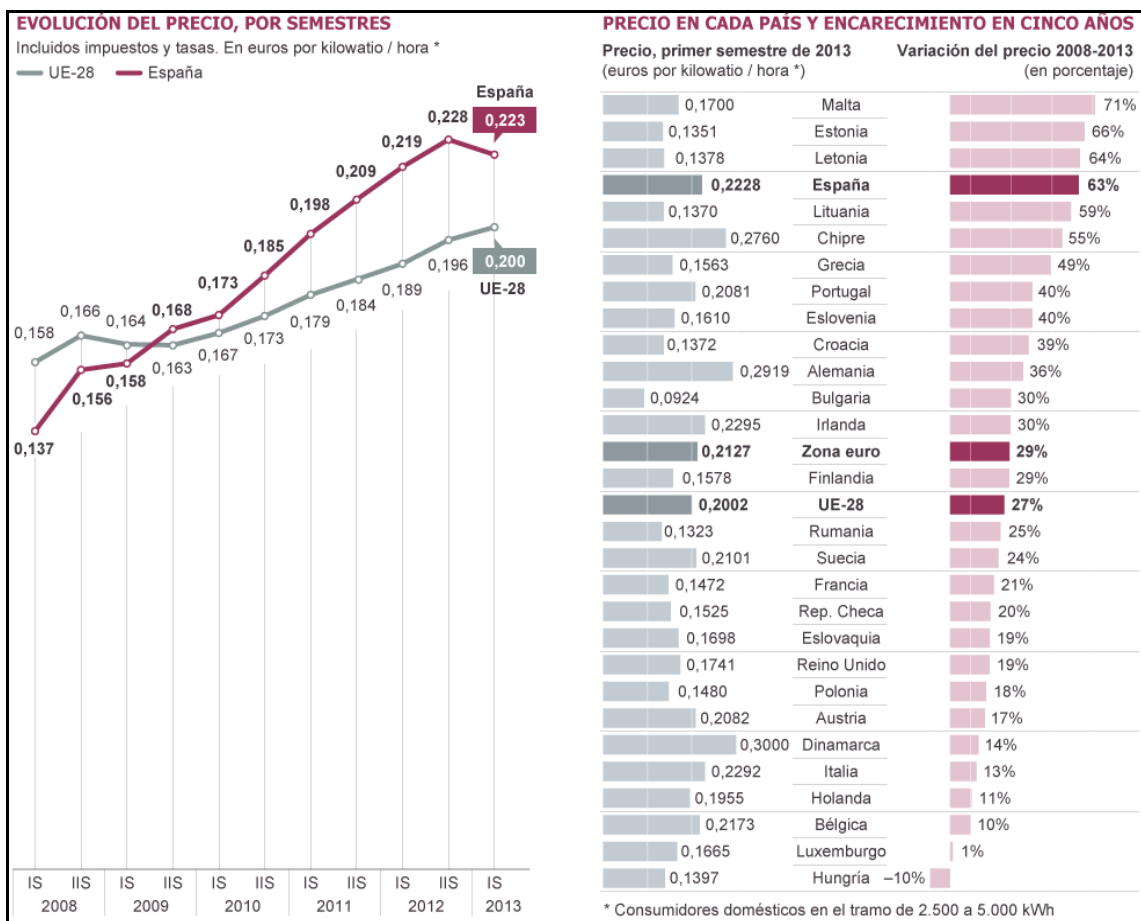
☐ Show graphs ☐ Show horizon

☒ Web page ☐ Text file ☐ PDF

Calculate [\[help\]](#)

Solar radiation Other maps

ANEXO 6: COSTOS POR KWH EN EUROPA



BIBLIOGRAFIA

1. (SENPLADES), I. N.-S. (2011 - 2012). Ecuador - Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares Urbanos y Rurales 2011-2012. Obtenido de <http://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/291>
2. (6 de 11 de 2014). Obtenido de Indurama.com:
<http://www.indurama.com/Paises/Ecuador/Productos/Ver-Producto/productid/132>
3. Calero, a., Luque, P., & Pacheco, V. (2012). Proyeccion de la demanda del sector residencial.Guayaquil.
4. Commission, J. E. (12 de Agosto de 2013). Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps. Obtenido de <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
5. CONELEC. (Diciembre de 2012). Conelec. Obtenido de http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10046_Folleto%20Resumen%20Estad%C3%ADstico%202011.pdf
6. CONELEC. (Julio de 2013). CONELEC.GOV.EC. Obtenido de http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10268_MAPA_CNE_L_GUAYAS_LOS_RIOS_BIEN1.pdf
7. Conelec. (s.f.). Conelec. Obtenido de Plan Maestro de Electrificación 2013 - 2022: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=10329>
8. Corporación para la Investigación Energética. (12 de Marzo de 2008). CONELEC. Obtenido de http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf

9. El País. (17 de Diciembre de 2013). Obtenido de http://elpais.com/elpais/2013/12/17/media/1387305009_225956.html
10. ELECTRICIDAD, C. N. (s.f.). SISDAT Sistematización de Datos del Sector Eléctrico.
11. EPA. (9 de Septiembre de 2014). United States Environmental Protection Agency. Obtenido de <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/refs.html>
12. Geocities, A. (s.f.). Causantes que de alguna manera condiciona y determina la producción de energía solar fotovoltaica. Obtenido de <http://www.oocities.org/imosolar/cont-7.htm>
13. Goldenberg, S. (9 de Febrero de 2010). theguardian. Obtenido de <http://www.theguardian.com/environment/2010/feb/09/world-first-personal-carbon-trading>
14. HiFiVision.com. (s.f.). HiFiVision.com. Obtenido de <http://www.hifivision.com/television/3418-will-interpreter-use-damage-my-lcd.html>
15. Kweight Battery. (s.f.). Obtenido de <http://www.kweightbattery.com/12v-batteries/cycles-vs-life-of-different-kind-of-lead-acid-battery>
16. NREL (Noviembre de 2005). Mapas y Fotos Satelitales del Mundo. Obtenido de <http://www.zonu.com/fullsize/2010-01-12-11702/Mapa-de-irradiacion-solar-de-Africa-2005.html>
17. R.M., S. (2009). Photovoltaics Power Up. Science, 891-2.
18. SunRun.com. (8 de 11 de 2014). Obtenido de <http://www.sunrun.com/solar-lease/cost-of-solar/>

19. Vallina, M. m. (2010). Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid:
Paraninfo.