

Herramienta para establecer paneles fotovoltaicos en Colombia

Juan Sebastián Gómez Barbosa, Juan Guillermo León Cagüañas, Edwin Forero.

Bogotá D.C, Colombia

juan.gomez@usantotomas.edu.co

jg.leon@uniandes.edu.co

edwinforero@usantotomas.edu.co

ABSTRACT- *This document analyzes the possible benefits that the implementation of photovoltaic systems could bring in Colombia. For this, the text brings a contextualization of this country, renewable energies and photovoltaic systems; emphasizing those systems and explaining its components and its operation. Finally, it is exposed the way of promotion that could be used to make known this concept for the obtaining of energy.*

Keywords: *Photovoltaic system, self-sustainability, environmental impact, renewable energy, energy efficiency.*

I. INTRODUCCIÓN

Colombia es considerado un país del tercer mundo, y por ende posee varias dificultades en ámbitos tales como: medio ambiente, contaminación, pobreza y energía. Por esto, es necesario que se lleven a cabo innovaciones alrededor de su territorio que, al mismo tiempo brinden soluciones viables a los problemas nombrados anteriormente. Para esto, es necesario proponer como una posible solución la instalación de paneles solares a lo largo de la nación. Ya que, esto impulsaría un cambio que beneficiaría a un país y al mundo entero en aspectos energéticos, ambientales, económicos y de bienestar social.

II. CONTEXTO

Para comenzar, es necesario hacer una introducción a cerca de las características de Colombia y exponer su contexto energético. Colombia, es un país con zonas diferenciadas desde el punto de vista eléctrico: las zonas no interconectadas (ZNI) y el sistema interconectado nacional (SIN). Las ZNI hacen referencia a las zonas apartadas del país con poca población y difícil acceso, mientras que en SIN concentra la mayor parte de su demanda en las regiones Andina, Pacífico y Caribe [1]. Por otra parte, la mayor parte de la energía en Colombia es obtenida a partir de hidroeléctricas y plantas térmicas,

como se ve expuesto en la tabla 1. Cabe resaltar que éstas últimas generan emisiones de gases de efecto invernadero.

Tabla 1. Capacidad efectiva neta del SIN a 31 de diciembre de 2013 y 2014

Recursos	2013 (MW)	2014 (MW)	Participación %	Variación 2013-2104 %
Hidráulicos	9.315	10.315	64,00%	10,70%
Térmicos	4.515	4.402	31,00%	-2,50%
Gas	1.972	1.757		-10,90%
Carbón	997	1.003		0,60%
Combustóleo	307	297		-3,30%
ACPM	917	1.023		11,60%
Jet1	46	46		0,00%
Gas-Jet A1	276	276		0,00%
Menores	662,2	694,7	4,50%	4,90%
Hidráulicos	560,5	584,9		4,40%
Térmicos	8,4	91,4		9,60%
Eólica	19,4	19,4		0,00%
Cogeneradores	66,3	77,3	0,50%	16,60%

Tabla 1. [2]

Por otro lado, Colombia se ubica en el trópico sobre la línea del Ecuador, lugar donde la energía solar es superior ²¹, teniendo radiación solar media sobre el territorio nacional es de unos 4.6 kWh/m². Esto, hace que no existan estaciones y se tenga una vasta biodiversidad alrededor de todo su territorio. Siendo así, es el segundo país más biodiverso del mundo según el Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología (Colciencias) [3] por lo cual debe promover la conservación de sus ecosistemas y tratar de reducir la contaminación en la mayor medida que sea posible. Para esto, una opción es promover la generación de energías renovables.

Las energías renovables son definidas como aquellas que son inagotables desde el punto de referencia del periodo de existencia de la humanidad, tengan o no su origen en el sol. [4] También, se pueden entender como energía que se obtiene a partir de corriente de energía continuas y recurrentes en el mundo natural [5], es decir, que son generadas por fuentes de energía tales como la radiación

solar, la atracción gravitacional de la luna y el sol, y el calor interno de la tierra. [6]

En relación con lo anterior, la energía radiante proveniente del sol y que llega a la superficie de la tierra, definida como energía solar, tiene un potencial de aprovechamiento muy grande, ya que la tierra recibe del sol 5000 TW/año, siendo muy superior comparado con el consumo mundial de energía que es de 0,25 [7]. Esto significa que, si aprovecháramos de esta gran cantidad de energía, tendríamos la capacidad de suplir las necesidades energéticas del mundo. Para esto, existen dos métodos de aprovechamiento de energía solar los cuales se pueden resumir en dos grupos: térmicos y fotovoltaicos. [8]

El método de aprovechamiento fotovoltaico va a ser al método al cual se hará énfasis. Este, consiste en transformar la energía de los rayos luminosos del sol (o de otra fuente) en energía eléctrica, aprovechando el efecto fotovoltaico de las células solares o fotovoltaicas. Este proceso se da gracias a la aparición de una corriente eléctrica en ciertos materiales cuando estos se ven iluminados por radiación electromagnética, sin que sea necesaria la intervención de efectos mecánicos o físicos. [9]

Las características nombradas anteriormente están presentes en los materiales semiconductores. En estos, los electrones contenidos en la materia no pueden circular, a menos que tengan una aportación de energías para liberarlos de sus átomos. Cuando la luz penetra en aquel, los fotones aportan una energía que permite a los electrones liberarse y desplazarse en la materia; entonces hay corriente eléctrica bajo exposición de luz. [10]

III. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para el aprovechamiento de la energía solar, se emplea un sistema fotovoltaico, el cual se caracteriza por funcionar a base de paneles solares que captan las radiaciones luminosas del sol y las transforman en una corriente eléctrica [11]. Además del panel, el sistema consta generalmente de tres elementos más:

A. *Paneles fotovoltaicos*: Los paneles fotovoltaicos son convertidores de energía luminosa en electricidad. Por definición, son un conjunto de fotocélulas conectadas entre sí para generar electricidad cuando se exponen a la luz. Se fabrican paneles de potencias diversas según la superficie, capaces de generar corriente continua a baja tensión cuando se exponen a la luz. Algunas características de estos módulos son que: están hechos

generalmente de silicio -el segundo material más abundante en la tierra-, se dividen en tres grandes grupos -amorfos, mono-cristalinos y poli-cristalinos-, y constituyen la parte productora de energía en un generador fotovoltaico. [12]

- B. *Estructura Fija*: se puede optar por ubicar los paneles en estructuras fijas, con una orientación e inclinación óptima. [13]
- C. *Cables de conexión*: representan los componentes indispensables para el transporte de la energía eléctrica entre los distintos bloques que integran un sistema fotovoltaico. [14]
- D. *Regulador*: tiene la función de regular el paso de la electricidad desde los módulos hasta los puntos de consumo o a la batería, garantizando una larga vida útil para la misma. Se debe tener en cuenta que las baterías están constantemente sometidas a ciclos de cargas y descargas constantes, por lo que su vida útil se reduce si la regulación no es la adecuada. El regulador controla la tensión (v) y la carga (I), indica cuando la batería está en proceso de carga, cuando está cargada totalmente y la protege contra la carga excesiva. [15]
- E. *Batería*: tiene como función almacenar la energía eléctrica generada que no está siendo utilizada por el consumidor, ya que la variación solar es variable y no podría garantizarse, en el caso de ausencia de este elemento, el suministro de energía en todo momento. [16]
- F. *Inversor*: también se conoce como convertidor. Se encarga de transformar la corriente continua obtenida de los paneles, en corriente alterna, ya que este es el tipo de corriente que usan los aparatos de usos cotidianos. También, el inversor es el encargado de proteger el sistema de una sobrecarga, exceso de temperatura, batería baja e inversión de polaridad [17].

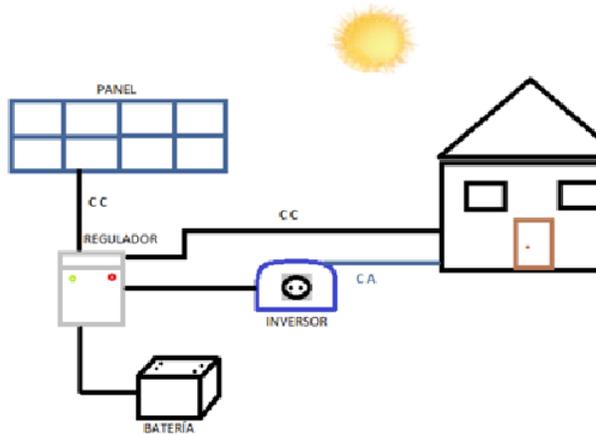


Imagen (2).

IV. TIPO DE CELULA FOTOVOLTAICA

Las células de silicio son la base en la construcción de los paneles fotovoltaicos. Existen distintos tipos de tecnologías de células fotovoltaicas y cada una de ellas tiene distintas características. Los tipos de célula comercializados son:

- A. *Silicio Monocristalino*: La mayoría de células actualmente en el mercado son monocristalinas. Éstas, tienen un color uniforme que generalmente es azul oscuro o negro. Su proceso de fabricación resumido es el siguiente: el silicio se purifica, se funde y se cristaliza en lingotes. Los lingotes obtenidos se cortan muy finamente para hacer las células monocristalinas [18]. Éstas, tienen un rendimiento del 12-16%. [19]
- B. *Silicio Policristalino*: Tiene menor rendimiento que el silicio monocristalino, pero es más barato y reduce el coste del kilovatio solar. Se llama policristalino por que la superficie de las células de este tipo tiene un patrón aleatorio de cristalización, en lugar de un color homogéneo como las células mono cristalina. [20] Rendimiento del 11-14 %. [21]
- C. *Silicio Ribbon*: Las células fotovoltaicas tipo ribbon se realizan mediante el estiramiento de silicio fundido en lugar de la utilización de un lingote. El principio de funcionamiento es el mismo que en el caso de las células monocristalinas y policristalinas. [22]
- D. *Silicio Amorfo*: Es más barato, pero tiene menor rendimiento que el silicio cristalino. La célula amorfa consta de: una capa transparente de óxido en la parte superior, una capa de metal de contacto y reflector, y

un sustrato final flexible. El silicio amorfo tiene una elevada capacidad de absorción de luz, pero baja su rendimiento por su propia intensidad lumínica que produce una degradación progresiva. Cuando el silicio amorfo es nuevo, tiene un rendimiento del 12 por ciento, aproximadamente. [23]

- E. *Micro-silicio*: Se tratan células de silicio en capas muy delgadas (aproximadamente 5 μ m), con lo que pueden reducir los costos respecto a las de mayor grosor y mejorando su rendimiento. Además, se degradan poco con la luz, por lo que duran más manteniendo todas sus características. [24]

V. TIPO DE REGULADOR DE CARGA

La selección de un regulador está determinada por los parámetros eléctricos del sistema, los detalles del diseño y por las opciones ofrecidas por el fabricante. Existen dos tipos de reguladores de carga:

- A. *Reguladores lineales*: operan con corriente continua a la entrada, equivalen a una resistencia con valor de ajuste automático y tienen un bajo rendimiento [25].
- B. *Reguladores conmutados*: Incorporan un conmutador que interrumpe la corriente en la fuente primera a intervalo de duración variable y tienen un rendimiento elevado [26].

VI. TIPO DE BATERÍA [28]

Las baterías más utilizadas en el campo fotovoltaico son las de plomo, aunque son voluminosas, presentan la mejor relación calidad/precio. No todas las baterías de plomo pueden utilizarse en los sistemas fotovoltaicos, por lo que se han desarrollado baterías especiales para esta aplicación. Los tipos de baterías que se usan en estos sistemas son:

- A. *Batería de Plomo ácido*: dentro de los distintos tipos de baterías eléctricas se destaca el acumulador de Pb-ácido, que presenta aplicaciones como baterías para automóviles y sistemas fotovoltaicos. Esta batería solar permite una profundidad de descarga máxima del 80%, y los modelos con mayor aceptación son los de 6 y 12V nominales.

- B. *Batería de níquel-cadmio*: tienen un alto costo inicial (6 a 8 veces el de una batería de plomo ácido), por lo cual no ha podido suplantar la batería A. Sin embargo, el costo operacional es menor al de una batería de igual capacidad del tipo A debido a su larga vida útil y bajo mantenimiento.
- C. *Baterías de litio*: este tipo de baterías actualmente se usa mucho en las aplicaciones portátiles. Dado a su mayor densidad energética y mayor rendimiento, en la actualidad están reemplazando a las baterías tipo B.
- D. *Baterías de gel*: Las baterías de gel de ciclo profundo son baterías selladas, libres de mantenimiento, que proporcionan energía superior ante la demanda de aplicaciones de energía renovable. Diseñadas para alta durabilidad, sobresaliente desempeño y larga vida de la batería. El electrolito gelificado es una fórmula patentada que ofrece un rendimiento constante y extiende radicalmente el ciclo de vida útil de la batería. Las rejillas de aleación de plomo proveen mayor vida útil y una resistencia superior a la corrosión, así como una energía más concentrada a los terminales [28].

VI. CONEXIÓN PANELES SOLARES [29]

- A. *En serie*: Es un conjunto de módulos en el cual se suman los voltajes y se mantienen las intensidades
- B. *En paralelo*: Es un conjunto de módulos donde se mantienen los voltajes y se suman las intensidades.

VII. CLASIFICACIÓN DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

- A. *Instalaciones solares fotovoltaicas aisladas*: Son las que se construyen para dar suministro de electricidad a casa o instalaciones aisladas donde no llega la red de distribución eléctrica. [30] Además, debe tener una gran capacidad de acumulación, para garantizar el suministro fiable en las horas ausencia de sol, y tiene una inversión menor al coste de llegar a hacer red eléctrica hasta donde se necesite para abastecer estos lugares aislados. [31].
- B. *Instalaciones solares Fotovoltaicas conectadas a red eléctrica*: la instalación está cerca de una red de distribución, por lo que la electricidad producida se puede vender a la red. Por ejemplo, una casa que tiene una instalación fotovoltaica, y en las horas más soleadas tiene un exceso de producción que puede enviar a la red eléctrica, en hora punta, y obtener

beneficio económico. En la imagen 1 se muestra el esquema de una imagen con conexión a red. Esta instalación es como una central eléctrica pequeña, que envía “kWh ecológicos” a la red eléctrica de la zona. La electricidad producida se puede utilizar en la casa o se puede enviar a la red. Por ello, lleva contadores para saber el balance entre la energía recibida de la red y la enviada por la mini-central conectada a red [32]. Una ventaja de éstos sistemas en ocasiones es la ausencia de batería. No se almacena la energía, ya que se pasa directamente a la red eléctrica local.

- C. *Instalaciones solares fotovoltaicas autónomas híbridos*: se dispone de otra fuente de electricidad autónoma que compone o completa el aporte fotovoltaico. Esta otra puede ser un grupo electrógeno o un grupo eólico. Cada uno depende de las facilidades de la zona, ya sean zonas de viento o de fácil acceso a diésel. [33]
- D. *Centrales solares fotovoltaicas*: También se les conoce con el nombre de “huertos solares”. En el caso de las instalaciones fotovoltaicas a red, se observó un ejemplo de una instalación fotovoltaica cuyo fin era abastecer de energía solar para el autoconsumo energético y vender parte de ésta. En este caso, la única finalidad de la central fotovoltaica es vender energía a la red eléctrica. Este tipo de instalaciones suele ser muy grande para optimizar la producción. [34]

X. TEMA FISCAL Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN COLOMBIA [35]

El gobierno colombiano se ha encargado de la creación de incentivos para promover el desarrollo energías renovables en el país.

En la *Ley 1715 de 2014*, se especifican los beneficios que recibirán las personas que promuevan la inversión en proyectos de energía de fuentes no convencionales. En el capítulo 3, artículos del 11 al 14 dicha ley se menciona que:

- *Artículo 11*: Las personas que deban declarar renta y presenten algún tipo de inversión en fuentes de energía no convencionales (acá se incluyen los sistemas fotovoltaicos), tendrán una reducción de su renta en el cincuenta por ciento (50%) por los cinco años siguientes al año agradable en que hayan realizado la inversión, del valor total de la inversión realizada.
- *Artículo 12*: Los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la

pre inversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de fuentes no convencionales, así como la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos del IVA (impuesto al valor agregado)

- *Artículo 13:* Las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes. Este beneficio arancelario será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a la importación de los mismos
- *Artículo 14:* La actividad de generación a partir de FNCE, gozará del régimen de depreciación acelerada. La depreciación acelerada será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la pre inversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para ese fin, a partir de la vigencia de la presente ley. Para estos efectos, la tasa anual de depreciación será no mayor de veinte por ciento (20%) como tasa global anual. La tasa podrá ser variada anualmente por el titular del proyecto, previa comunicación a la DIAN, sin exceder el límite señalado en este artículo, excepto en los casos en que la ley autorice porcentajes globales mayores.

IX. CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA [36]

Se sabe que la potencia eléctrica de un generador se mide en vatios (w) y se puede definir con la siguiente expresión:

$$P = V \cdot I \quad (1)$$

Así se tiene que la potencia pico P_{pM} es el producto entre la tensión pico por la intensidad pico, y es donde se alcanza la potencia máxima.

$$P_{pM} = v_{pM} \cdot i_{pM} \quad (2)$$

Para conseguir la potencia deseada en el generador fotovoltaico es necesario interconectar los módulos. La potencia pico total del generador P_{pG} viene dada por el

producto entre la potencia del módulo P_{pM} y el número de módulos N_t .

$$P_{pG} = P_{pM} \cdot N_t \quad (3)$$

Sin embargo, se puede definir la tensión de trabajo del sistema, para un número dado de paneles, según el conexionado que se haga, sin afectar la potencia. Cuando se conectan los módulos en paralelo, la tensión del generador es la tensión original de un módulo por el número de módulos en paralelo.

$$I_G = i_M \cdot N_G \quad (4)$$

En la conexión en serie la tensión de salida es la tensión del módulo por el número de módulos en serie N_s , y la intensidad es la que produciría un módulo individualmente.

$$V_g = v_M \cdot N_s \quad (5)$$

Para la conexión serie-paralelo la tensión de salida es el producto del número de módulos en serie por la tensión del módulo y la intensidad es el número de módulos en paralelo por la intensidad del módulo. El número total de módulos N_t será:

$$N_t = N_p \cdot N_s \quad (6)$$

A) Cálculo de la capacidad del sistema fotovoltaico

El cálculo se debe acomodar partiendo de la evaluación de las necesidades energéticas. Como la norma general, se debe suponer que el campo de paneles fotovoltaicos generará diariamente la misma capacidad corriente C_g en Ah que vaya a consumir en el día C_d .

$$C_g = C_d \text{ (Ah)} \quad (7)$$

El consumo diario en amperios hora puede obtenerse dividiendo la energía que se consume al día E_d dividido entre la tensión del suministro de la batería a los consumos V_{tr} .

$$C_d = E_d / V_{tr} \text{ (Ah)} \quad (8)$$

La energía diaria que se consume al día E_d se obtiene mediante la ecuación:

$$E_d = E_{ca} / n \text{ (Ah)} \quad (9)$$

Dónde: E_{ca} es el valor de la energía consumida por las cargas que funcionan con corriente alterna al valor del

lugar donde se va a instalar. Por otro lado, n es la eficiencia del convertidor en tanto por uno, cuyo valor oscila generalmente entre 0,8 y 0,9.

Para obtener E_{ca} , es necesario conocer la potencia de funcionamiento de cada aparato P_i , y estimar el tiempo en horas de funcionamiento al día t_i . Entonces, se evalúa la energía E_i en Wh que cada carga consume al día.

$$P_i \cdot t_i \text{ (wh)} \quad (10)$$

Entonces,

$$E_d = \sum E_i \text{ (wh)}$$

Del mismo modo que:

$$E_d = \sum E_i / n \text{ (wh)}$$

B) Determinación del número de módulos N_t

La energía capaz de captar el campo de paneles E_g se defina como la potencia del generador por el tiempo de captación solar:

$$E_g = P_{pG} \cdot H.S.P \text{ (Ah)} \quad (11)$$

P_{pG} es la potencia pico del generador definida por la siguiente expresión; donde P_{pm} es la potencia pico del módulo y N_t el número de módulos en paralelo.

H.S.P son las horas sol pico, concepto teórico que indica el número de horas sol, con una intensidad de radiación de 1.000 w/m² incidiendo perpendicularmente sobre la superficie del módulo, que tendría un imaginario que el módulo recibiría la misma energía que un día real.

De esto se obtiene que:

$$C_d = i_{pM} \cdot N_p \cdot H.S.P \text{ (Ah)} \quad (12)$$

Y despejando:

$$N_p = C_d / (i_{pM} \cdot H.S.P \text{ (Ah)}) \quad (13)$$

Además, el número de módulos en serie va a ser la tensión de trabajo a la que se desee hacer trabajar las baterías, entre la tensión nominal del módulo, que generalmente es 12V:

$$N_s = V_{tr} / V_M \quad (14)$$

Y el número total de módulos será:

$$N_t = N_p \cdot N_s \quad (15)$$

C) Tamaño de la batería:

Para determinar la capacidad de la batería C_B en Ah se hará utilizando la siguiente expresión:

$$C_B = (C_d \cdot \text{número de días de autonomía}) / P_f \quad (16)$$

El número de días de autonomía tiene en cuenta los periodos de muy baja insolación con días nublados y puede oscilar entre 5 y 10 días, aunque esto varía dependiendo el uso de la instalación; por ejemplo, si se usa solo en los fines de semana. La carga de consumo diaria C_d , calculada para obtener la capacidad de la batería debe hacerse sin tener en cuenta que hay instalaciones o cargas que no funcionan todos los días de la semana. Una alternativa para reducir costos en el sistema de acumulación (baterías) es evaluar la parte del consumo diario en horas de sol, descontándolo de C_d . Por otro lado, la profundidad de descarga máxima admisible dependerá del tipo de batería a usar, y a falta de indicaciones del fabricante se puede extraer de la siguiente tabla:

Tipo de Batería	Profundidad máxima de descarga ocasional
Estacionaria Plomo/ácido	0,6
Arranque Plomo/ácido	0,4
Sin mantenimiento Plomo/calcio	0,5
Alcalina Cd/Ni	0,1

Tabla 2.

Una vez calculada la capacidad de la batería, entonces el número de vasos o elementos en serie se establece con la expresión:

$$N_{elemn.Serie} = V_{tr} / V_{elemn} \quad (17)$$

D) Características de tensión y corriente del regulador

Una vez calculados el número de módulos y el tamaño de la batería, se determinan las características eléctricas básicas del regulador de carga que se necesita. La tensión de trabajo del regulador será la tensión de trabajo del generador fotovoltaico y del conjunto de baterías de acumulación. El relé que permite o interrumpe el paso de corriente de los módulos a la batería debe aguantar una intensidad definida por:

$$I_{R \text{ módulos}} = I_{pG} = N_p \cdot i_{pM} \quad (18)$$

En caso de ser necesario se puede dividir el generador fotovoltaico en dos conjuntos de la mitad de módulos en paralelo cada uno y colocar dos reguladores de intensidad inferior simultáneamente:

$$I_{R \text{ consumos}} = \sum i_i \quad (19)$$

La intensidad de consumo de cada aparato resulta de dividir su potencia P_i entre la tensión de trabajo de la batería:

$$I_{R \text{ consumos}} = P_i / V_{tr} \quad (20)$$

Sí el consumo se hace a través un inversor, entonces el cálculo de i_i se hará de igual modo, dividiendo la potencia por el valor de la tensión de entrada al inversor, pero dividiendo el resultado por la eficiencia de la conversión n .

E) Potencia de salida del inversor CC/CA

Si la instalación va a llevar cargas en continua a alterna, se debe determinar el tamaño del inversor de corriente CC/CA. Para esto, se debe hacer una estimación de la potencia que se va a demandar simultáneamente del inversor sumando la potencia de los aparatos de consumo que pueden funcionar al mismo tiempo. La potencia nominal de salida del inversor deberá ser mayor a la potencia del funcionamiento simultáneo de los consumos

$$P_{salida} \geq \sum P_i = n P_{entrada} \quad (21)$$

Los inversores pueden tener un consumo apreciable de energía, por lo que se deben tener en cuenta para el cálculo de la instalación, aunque hay inversores automáticos, que consumen menos energía que los regulares.

F) Otros detalles

Para la instalación de sistemas fotovoltaicos, se debe tener en cuenta la inclinación de los paneles. Esto afecta directamente en la cantidad de luz solar que reciben, por lo cual se deben instalar con la inclinación adecuada en la que reciban la mayor incidencia de luz solar posible.

También, es importante un esquema genérico de la instalación, donde se puedan observar los elementos de éste.

X. DESARROLLO DE HERRAMIENTA PARA CÁLCULO Y PROMOCIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN COLOMBIA

Una vez desarrollado el estudio de los sistemas fotovoltaicos y comprendido el contexto colombiano, se procede al desarrollo de una herramienta para obtener datos específicos e información necesaria al momento de hacer una instalación fotovoltaica predeterminada. Para esto, se desarrolla un sistema en Excel que permite llevar a cabo distintos tipos de cálculos necesarios para ofrecer un estimado de un servicio para promover el uso de fuentes fotovoltaicas en Colombia.

En primer lugar, se obtienen los precios promedio de los distintos elementos de los sistemas fotovoltaicos en Colombia con impuestos y sin impuestos, para observar el comportamiento que tiene la iniciativa del gobierno nacional. Luego, se adecuan las ecuaciones en Excel para el cálculo de una instalación fotovoltaica. Esto, para que funcione por medio de variables que se obtienen a partir de las especificaciones que el consumidor necesite, para brindarle la información del precio de la inversión, tiempo recuperación de la inversión, capacidad del sistema y datos específicos que la persona solicite, todo personalizado en base al sistema que el cliente solicite, de esta manera y según el promedio que pague el cliente mensual, se le cotizara en cuanto tiempo en años recuperara la inversión de este sistema y sus ganancias a futuro después de recuperar su inversión inicial (vendiendo la energía que se produce en su sistema a la red de distribución de energía eléctrica, en este caso codensa), también se le proporcionara al cliente la información de la iniciativa del gobierno colombiano en cuanto al incentivo de la reducción del 50% de sus impuestos según el tipo de persona que sea (jurídica o natural), todo en base a la ley 1715.

Para mostrar el comportamiento de este sistema, se realizó un estimado de los materiales necesarios para un sistema off-grid, el cual tiene como base:

- Paneles solares monocristalinos de 100, 270 y 320 Watts.
- Reguladores específicos según la cantidad de potencia que necesite el sistema, el cual pueden ser reemplazados por inversores.
- Inversores específicos del mercado colombiano que pueden ser a baja potencia inversores “básicos” y inversores que a alta potencia pueden ser también reguladores.

- Baterías de gel, que poseen características específicas de durabilidad, como se mencionó anteriormente.
- Elementos de protección del sistema, soportes de los paneles y conectores que son fundamentales para la instalación de un sistema fotovoltaico.

Se realizaron tres proyecciones para las necesidades de un cliente que necesita un sistema de 100, 1000 y 100.000 Watts/hora, que paga en promedio mensual de energía eléctrica, el precio que paga una persona natural en un estrato medio en Colombia, observando así una gráfica del capital inicial de la inversión vs la estimación del comportamiento a 20 años,; cabe resaltar que para este sistema se tuvieron en cuenta los elementos resaltados en este documento, de esta manera es necesario tener en cuenta la mano de obra, la herramienta, el transporte y los diferentes tipos de metodología utilizados según cada empresa para la planeación de un proyecto de este tipo.

1. Sistema de paneles solares de 100 Watts (sin IVA), para un sistema que consume 100 Watts/hora, con un promedio de 80 dólares de costo mensual en el servicio de la luz:

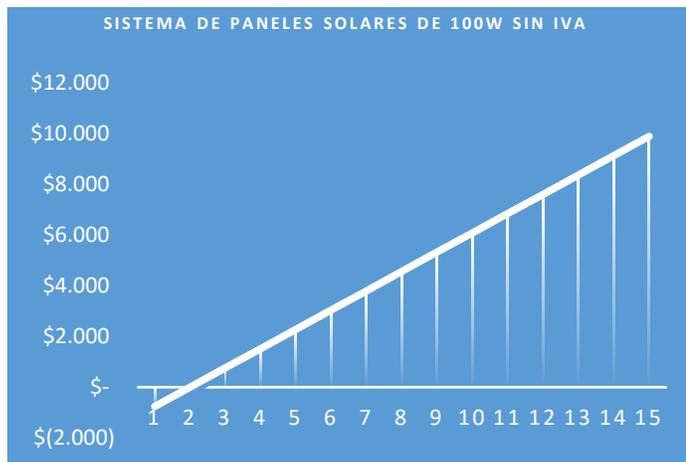


Imagen (2). Sistema de 100 Wh.

2. Sistema de paneles solares de 270 Watts (sin IVA), para un sistema que consume 1000 Watts/hora, con un promedio de 225 dólares de costo mensual en el servicio de la luz:

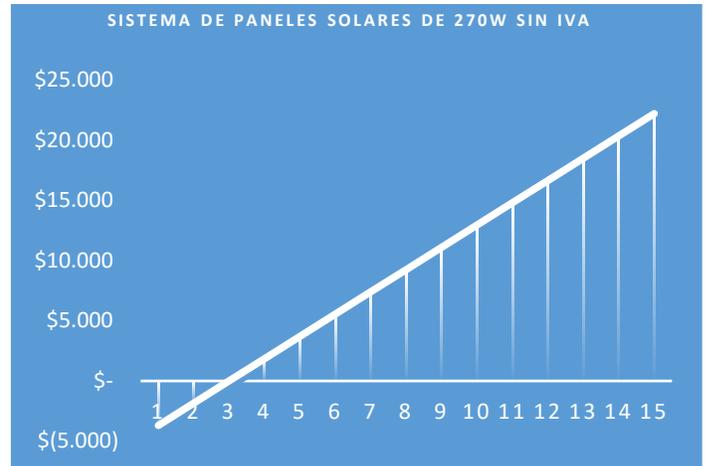


Imagen (3). Sistema de 1000 Wh.

3. Sistema de paneles solares de 320 Watts (sin IVA), para un sistema que consume 100.000 Watts/hora, con un promedio de 150.000 dólares de costo mensual en el servicio de la luz:

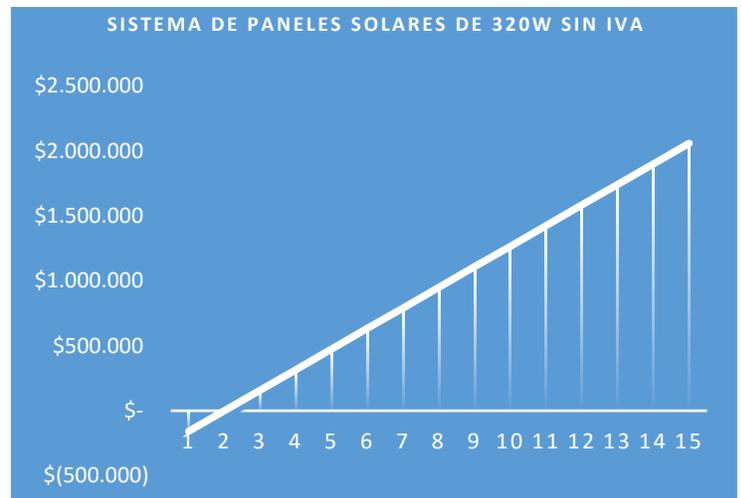


Imagen (4). Sistema de 100.000 Wh.

XI. CONCLUSIONES

- El sol es la fuente de casi toda nuestra energía (con excepción de las fuentes radiactivas y las mareas) y, seguirá siendo la más importante y Colombia es un país con una ubicación estratégica para el aprovechamiento de la energía solar [37].
- Cabe resaltar que en este proyecto se busca brindar un servicio para las empresas colombianas para poder vender sus productos según las necesidades de los clientes e incentivar a las energías renovables en

Colombia y acabar con el mito del elevado costo de este tipo de sistemas.

- Se concluyó que cuando es más robusto el sistema y su inversión de capital inicial sea mayor, la recuperación y ganancia a futuro es más rentable que en sistemas de baja capacidad.
- Por otra parte, las energías renovables son una excelente alternativa en el mundo moderno, ya que son fuentes de energías que pueden suplir las necesidades energéticas partiendo de recursos que son considerados como inagotables. Por ende, éstas generan una reducción en el uso de energías actuales que, en su mayoría es la nuclear o se deriva de la quema de fósiles, las cuales generan contaminación y un impacto negativo sobre los recursos naturales limitados y algunas veces sobre la población.

En consecuencia, los sistemas fotovoltaicos ofrecen soluciones al suministro de energía eléctrica en viviendas y núcleos de población alejados de la red eléctrica o conectados a esta. En los países en desarrollo pueden resultar la forma más económica de acceder a la energía [38]. Además, este sistema presenta ciertas ventajas. Por ejemplo, tienen una gran duración, no producen ruido, promueven el desarrollo sostenible y no generan gases de efecto invernadero. [39]. Una instalación fotovoltaica de 2 kilovatios de potencia genera 2.000 kwh al año de electricidad de origen solar, lo que supone a una tonelada menos de emisiones de co2 a la atmósfera por año. [40]

- En cuanto a la regulación fiscal colombiana, existe una promoción a la implementación de este tipo de sistemas y en general, para los sistemas que obtengan energía a partir de fuentes no convencionales. Esto, es una gran ventaja para incentivar a la inversión en sistemas fotovoltaicos.

Además, el desarrollo de una herramienta que permita brindarle un servicio personalizado a los usuarios para calcular costos de inversión, obtener proyecciones costo-beneficio y diseñar un sistema fotovoltaico con especificaciones para cada persona, es una excelente manera de incentivar el desarrollo de este tipo de tecnologías en el país. En relación, este desarrollo puede promover a la creación de empresas para apoyar el desarrollo e instalación de sistemas fotovoltaicos en la nación.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio de Minas y Energía colombiano, et al. Plan energético Colombia: Ideario energético 2050. Accessed Abril 2017. [Online]. Aviable: http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetico2050.pdf
- [2] Unidad de Planeación Minero Energética, et al. Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica 2013-2017. [Online]. Aviable: http://www.siel.gov.co/Siel/Portals/0/Piec/Libro_PIEC.pdf2
- [3] Colciencias (2016). Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo. Accessed Abril 2017. [Online]. Aviable: http://www.colciencias.gov.co/sala_de_prensa/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo
- [4] [6], [8], [36], [40]M. Ortega. Energías Renovables. España: ITP-Paraninfo, 2002, pp. 109-151.
- [5] J. González. Energías Renovables. Barcelona: Reverté, 2009, pp. 139-213.
- [7] J. Paul, B. Faraggi, A. Labouret. Celdas Solares. México: Editorial Trillas, primera edición en español, 1999, pp. 37-67.
- [9], [17], [20], [22], [23], [24], [20], [32], [34] J. Carta, C. Roque, A. Colmenar, M. Castro, E. Collado. Centrales de Energías Renovables. Generación eléctrica con energías renovables. Madrid: Pearson, Uned, 2013, segunda edición. Pp. 251-353.
- [10] P. García, et al. Tecnologías Energéticas e Impacto Ambiental. Madrid: McGraw-Hill, Interamericana de España, S.A.U, 2001, pp.455-465.
- [11], [19], [21], [25], [26], [27], [38] J. Fernández. Compendio de Energía Solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica. Madrid: A. Madrid Vicente Ediciones, 2008, pp. 219-301.
- [12], [16], [18], [29], [31], [33]. A. Madrid. Curso de Energía Solar (Fotovoltaica, Térmica y Termo Eléctrica). Madrid: Mundi-prensa Ya. Madrid Vicente Ediciones, 2009, primera edición, pp. 52-78.
- [13] J. I. Wilson. Energía Solar. Madrid: Editorial Alhambra, S.A., primera edición española, 1982, pp. 142-190.

[14] P. Reyes. La Energía, Motor del Mundo. Bogotá: AF & M Producción Gráfica S.A.S., primera edición, 2014, pp.146-149.

[15] E. Ubelacker. Energía. Bogotá: Panamericana Editorial Ltda., primera edición, 2012, pp. 28-33.

[35] Congreso de Colombia. Ley 1715 de 2014. Accessed Abril 2017. [Online]. Aviable: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/1715.pdf>

[37], [39] N. Quadri. Energía Solar. Buenos Aires: Librería y Editorial Alsina, sexta edición actualizada, 2010, pp. 75-91.

[28] Trojan, Battery Company. Baterías de gel. Accessed Abril 2017. [Online]. Aviable: http://www.trojanbattery.com/pdf/TRJN_PLC_GEL_SP-MX.pdf