

Implementación de alternativas para la adecuada Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Aislados de la Provincia del Tequendama, y el Alto Magdalena en el municipio de Cundinamarca, Colombia

*Implementation of Alternatives for the Proper Installation of Isolated
Photovoltaic Systems of the Province of Tequendama, and the Alto
Magdalena in the Municipality of Cundinamarca, Colombia*

JUAN FELIPE CARDONA OSPINA

Ingeniero Electrónico

gtcardona@misena.edu.co

SANTIAGO ALEJANDRO MARTÍNEZ

Aprendiz SENA - Técnico en

Instalaciones Eléctricas Residenciales

LIZA CATERINE RIVERA ACHURY

Ingeniero Electrónico

lcrivera6@misena.edu.co

ÓSCAR OSWALDO RAMÍREZ

Aprendiz SENA - Técnico en

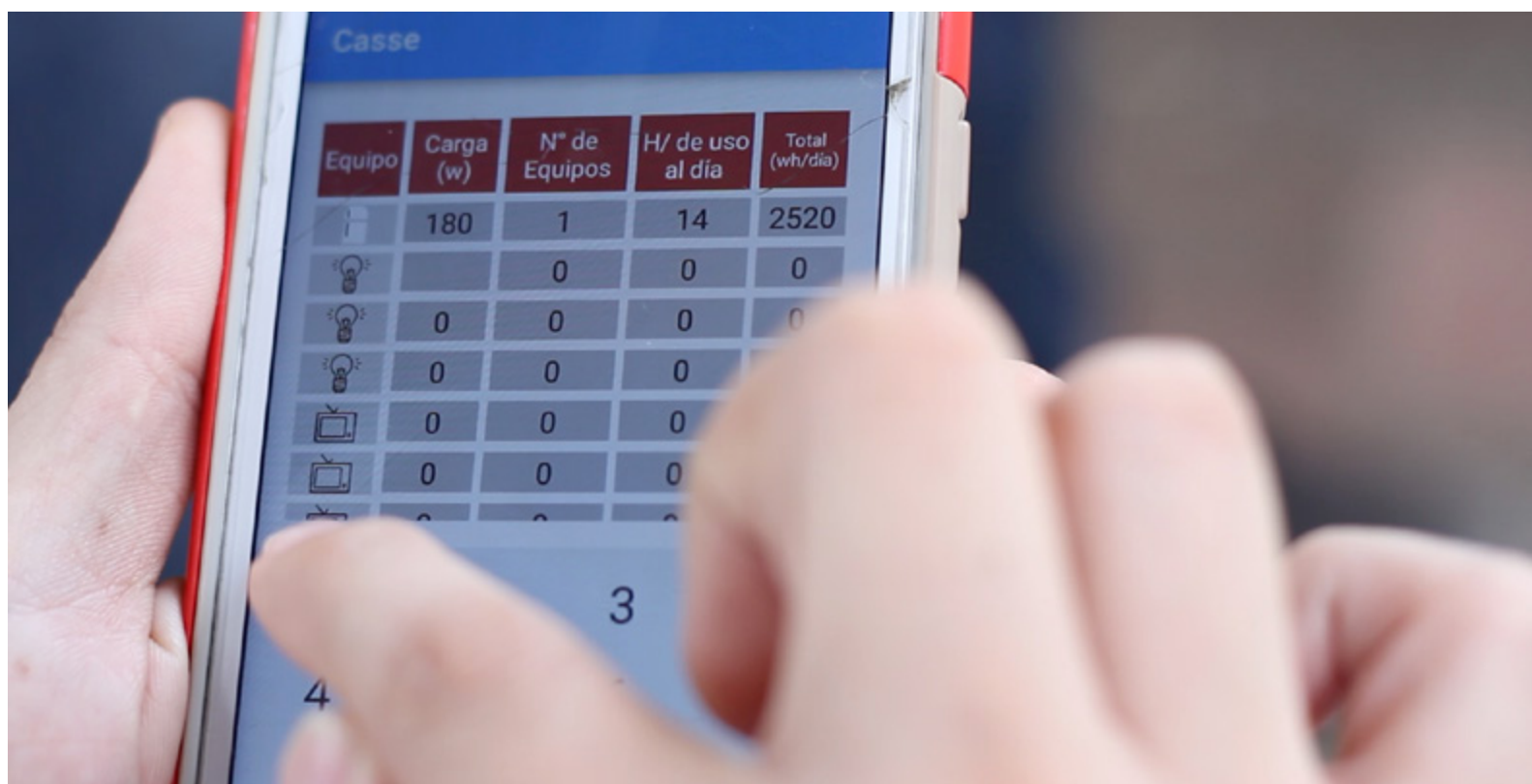
Instalaciones Eléctricas Residenciales

Fecha de recepción: 8 de julio de 2016

Fecha de evaluación: 1 de agosto de 2016

Fecha de aceptación: 23 de agosto de 2016





Implementación de alternativas para la adecuada Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Aislados de la Provincia del Tequendama, y el Alto Magdalena en el municipio de Cundinamarca, Colombia

Resumen

Desde 1973 la producción mundial de electricidad, de acuerdo a la demanda energética, ha aumentado en promedio un 3,4% anual; de la generación eléctrica total, tan sólo el 2,1% fue realizado a través de energías renovables durante los últimos años (García, Corredor, Calderón, & Gómez, 2013).

En la actualidad, Colombia se encuentra en un proceso de apropiación, divulgación e implementación de uso de energías renovables, con el fin de llevar energía eléctrica a las Zonas No Interconectadas (ZNI) mejorando la calidad de vida de las personas, además de mitigar los impactos ambientales.

El Centro de la Tecnología del Diseño y la Productividad Empresarial (CTDPE) en pro del mejoramiento de las técnicas de instalación y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos dentro de las formaciones tanto complementarias como tituladas, ha desarrollado procesos y procedimientos integrales que permiten realizar dichas instalaciones de acuerdo a la normatividad colombiana.

Palabras clave: panel solar, fotovoltaico, protocolo, cálculo.

Abstract

According to energy demand, since 1973 world production of electricity has increased on average by 3.4% per year. In recent years, however, the total electricity generation was realized by renewable energies just reach 2.1%.

Actually, Colombia is carrying a process of appropriation, divulgation and implementation of renewable energy use, in order to transport electricity to isolated zones, producing an important improvement of the quality of life and mitigate the environmental impacts.

Through complementary formations and technicians, the CTDPE encourage the improvement of technical installation and design of photovoltaic systems. developing comprehensive procedures and processes that allow these facilities according to colombian law.

Keywords: Solar Panel, Photovoltaic, Protocol, calculate.

Introducción

La evolución de los sistemas fotovoltaicos ha permitido que cada vez más personas estén interesadas en hacer uso de este tipo de generación eléctrica amigable con el ambiente, aumentando así el número de personas que se capacitan y benefician en esta área del conocimiento, mejorando la calidad de vida de los beneficiarios y aumentando los ingresos económicos de los instaladores.

En el mundo, países que han apostado por las energías renovables, especialmente la fotovoltaica, han generado e implementado protocolos técnicos de instalación; con el fin de unificar conceptos y técnicas, y generar una directriz que permita impulsar el uso y manejo de los Sistemas Fotovoltaicos Aislados (SFVA). Países como España (Castilla, 2016) y Perú (Ministerio de Energía y Minas, 2007), han definido a través de sus gobiernos estos estándares, masificando y el uso e implementación de las diferentes tecnologías.

Colombia se encuentra en el proceso de apropiación de estas tecnologías a través de entidades Gubernamentales como la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas (SIEEA), entre otras; que permiten la orientación del uso y beneficios de los sistemas fotovoltaicos y de otras fuentes de generación energética en el país, a través de leyes como la 1715 de 2014.

Metodología

La investigación fue realizada por los instructores asociados al área de formación de Energías Renovables y Electricidad Residencial del Centro de la Tecnología del Diseño y la Productividad Empresarial (CTDPE) - SENA Girardot y los aprendices del Semillero de Investigación Semillero de Investigación en Energía Eléctrica y Renovables (SEMINEER) vinculados a la acción de

formación Técnico en Instalaciones Eléctricas Residenciales con número de Ficha 903194 (Tabla 1).

Tabla 1. Participantes del proceso de Investigación.

Nombre	Cargo
Juan Felipe Cardona	Investigador Principal Instructor
Liza Catherine Rivera	Co-Investigador Instructor
Óscar Oswaldo Ramírez	Co-Investigador Aprendiz Pasante
Santiago Alejandro Martínez	Co-Investigador Aprendiz Pasante

Durante el proceso de investigación se contó con un número de 41 instalaciones de sistemas fotovoltaicos

Tabla 2. Consolidado instalaciones 2011-2015.

Municipio	Cantidad	Tipo de instalación
BELTRÁN	3	Fotovoltaica
AGUA DE DIOS	3	Fotovoltaica
ANAPOIMA	2	Fotovoltaica
APULO	1	Fotovoltaica
CACHIPAY	2	Fotovoltaica
CARMEN DE APICALÁ	1	Fotovoltaica
EL COLEGIO	8	Fotovoltaica
ICONONZO	4	Fotovoltaica
	3	Fototérmica
LA MESA	4	Fotovoltaica
	1	Fototérmica
MELGAR	2	Fotovoltaica
NILO	2	Fotovoltaica
RICAURTE	2	Fotovoltaica
SENA	2	Fotovoltaica
TENA	1	Fotovoltaica
	2	Fototérmica
TOCAIMA	5	Fotovoltaica
USME	2	Fotovoltaica
VOTÁ	1	Fototérmica

aislados (Tabla 2), realizadas en las formaciones dentro del periodo 2011-2015 en los municipios de influencia del SENA-Girardot que se sometieron a un proceso de análisis y diagnóstico técnico (Cardona Ospina & Rivera Achury, 2015) permitiendo tener una base de datos para la aplicación del estudio.

Selección de Unidad Productiva Rural Sostenible (UPRS)

Se seleccionó de manera aleatoria cuatro (4) instalaciones realizadas en el periodo 2011-2015 de las 41 posibilidades existentes. Estas instalaciones fueron definidas con el fin de ser intervenidas para realizar las pruebas pertinentes y la propia depuración del método definido con anticipación como estándar para la Instalación de los SFVA.

En concordancia con el muestreo probabilístico aleatorio, se organizó el marco muestral de las instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados en cada una de las UPRS atendidas, asegurando que cada una de ellas tuviera la misma probabilidad de ser seleccionada (Martínez Bencardino, 2011), de la siguiente forma:

$$K=N/n$$

Dónde

K= intervalo o coeficiente de elevación

N= número de individuos de la población

n= tamaño de la muestra deseada

Para este caso en particular se definen los siguientes datos:

$$N= 41$$

$$n= 4$$

Obteniendo como resultado un intervalo o coeficiente de elevación $K= 10.25$.

Definiendo un inicio aleatorio en el marco muestral, se seleccionó cada 10 posiciones la UPRS (de acuerdo al orden establecido de las 41 posibilidades) obteniendo el resultado expuesto en la Tabla 3 para la selección de las UPRS.

Tabla 3. UPRS Seleccionadas.

Nº	UPRS	Municipio	Wp Instalados
1	SILVIA	El Colegio	100 Wp
2	SUATI	Anapoima	20 Wp
3	DUVAN	Agua de Dios	20 Wp
4	GUACAMAYAS	Apulo	20 Wp

Después de obtener el listado de las UPRS, se contactaron los emprendedores responsables de cada una de ellas, para verificar horarios y disponibilidad; creando un agendamiento para la ejecución de las visitas, con un tiempo de hasta dos (2) semanas por UPRS a visitar.

Dimensionamiento de las instalaciones de SFVA

El proceso de dimensionamiento de las instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados se basó en las necesidades de los emprendedores, las cuales fueron definidas de forma previa, dichas instalaciones fueron sometidas a verificación para luego ser re-dimensionadas, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas.

Este proceso de re-dimensionamiento fue calculado a través del método de brillo solar y el mes menos favorable, obteniendo como resultado la Tabla 4. El proceso de nuevos cálculos sólo se aplicó a tres (3) de cuatro (4) instalaciones.

Tabla 4. UPRS Re-Dimensionadas.

Nº	UPRS	Municipio	Wp Instalados
1	SILVIA	El Colegio	100 Wp
2	SUATI	Anapoima	40 Wp
3	DUVAN	Agua de Dios	40 Wp
4	GUACAMAYAS	Apulo	40 Wp

Procedimiento de instalación

Antes de llevar a ejecución el procedimiento de instalación de los sistemas fotovoltaicos aislados en cada una de las UPRS, se definió un procedimiento técnico de instalación basado en dos pilares:

1. Información técnica de nuestro país (Colombia) en cuanto al manejo de las instalaciones de Sistemas Fotovoltaicos (Ministerio de Minas y Energías, 2015), Sistemas Fotovoltaicos Aislados (UPME, 2016) y Norma eléctrica (NTC, 2013).
2. La experticia adquirida por los instructores y aprendices del CTDPE del área de las Energías Renovables e Instalaciones Eléctricas, en las formaciones de las mismas áreas durante el periodo 2011-2015.

Posterior a esto, se realizó el primer proceso de mejoramiento e instalación de un sistema fotovoltaico aislado con el fin de someter a verificación cada uno de los pasos a realizar, mientras que se tomaba nota de cada corrección, sugerencia y mejoramiento en cada una de las etapas (Figura 1).

Al realizar cada instalación se obtuvo nuevos equipos y herramientas a ser necesarias para la instalación de los sistemas fotovoltaicos aislados (Figura 2).



Figura 1. Aprendiz ejecutando el primer procedimiento de instalación de un SFVA. **Fuente:** los autores.



Figura 2. Implementación de equipos y herramientas en el proceso de instalación de SFVA. **Fuente:** los autores.

Evidencia fotográfica

La toma de evidencia fotográfica se realizó con el fin de ser analizada posteriormente y usada para retomar ideas y conceptos relevantes de cada una de las visitas, haciendo uso de una cámara de 13 MP, 4128x3096 pixels, autofocus, flash LED dual (tono dual), HDR, Panorama, geo-tagging, foco táctil, detección de rostro, video 1080p@30fps.

Población y entorno

La población objeto para la ejecución de las instalaciones ha sido el total de la UPRS instaladas en el periodo 2011-2015 que tienen sistemas fotovoltaicos aislados instalados para procesos productivos o residenciales, siendo este total de 41, pertenecientes al programa Jóvenes Rurales Emprendedores (JRE) (Actualmente programa SENA Emprende Rural, SER) cuyas características son: jóvenes del sector rural de los municipios de influencia del CTDPE-SENA Girardot, en condición de vulnerabilidad entre las edades de 15 a 28 años (SENA, s.f.).

Se ha realizado la implementación del método técnico en las instalaciones de las Vivienda de Interés Social Prioritario (VIP) o Vivienda de Interés Social (VIS) de las personas atendidas por el SENA en los municipios de El Colegio, Apulo, Anapoima y Agua de Dios.

Resultados y discusión

El proceso de investigación generó productos para ser implementados en las formaciones que se encuentran relacionadas con la instalación, mantenimiento, diseño y dimensionamiento de Sistemas Fotovoltaicos Aislados y su adecuada instalación.

Protocolo de instalación

El protocolo de instalación permitirá tener de forma organizada el procedimiento técnico necesario para la instalación de Sistemas Fotovoltaicos Aislados, mejorando las instalaciones realizadas (Figura 3) y generando nuevas instalaciones de acuerdo a reglamentación técnica colombiana.



Figura 3. Antes y después de la implementación del procedimiento técnico de la instalación de SFVA.
Fuente: los autores.

Aplicación móvil

Con el fin de facilitar los procesos de apropiación del conocimiento dentro de las formaciones impartidas en el área de los sistemas fotovoltaicos aislados, especialmente las desarrolladas en el sector rural (tales como las del programa SER o JRE) y los demás procesos formativos (Complementarios y titulados), se desarrolló una aplicación móvil (Figura 4) que permite de forma fácil y rápida realizar cálculos de dichos sistemas.

Esta aplicación fue llamada CASSE (Calculadora Solar SENA).

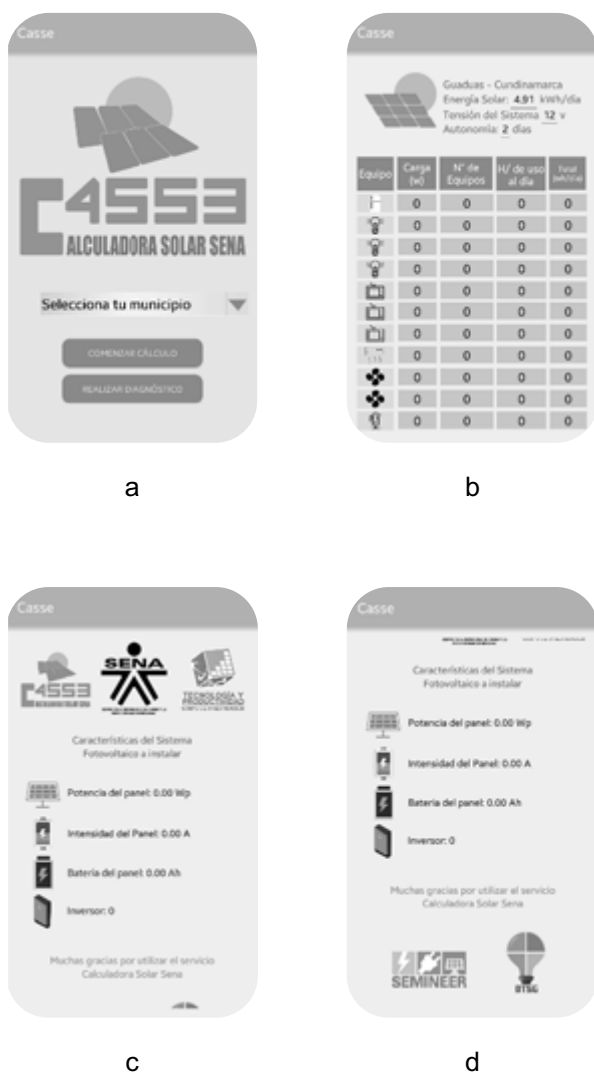


Figura 4. Capturas de pantalla de la aplicación móvil CASSE.
Fuente: los autores.

Conclusiones

La apropiación y ejecución de los procedimientos técnicos resultados de la investigación permitirán que se estandarice los métodos de instalación de Sistemas Fotovoltaicos Aislados, mejorando la calidad de las instalaciones.

El uso de las TIC en los métodos de cálculo de Sistemas Fotovoltaicos Aislados ayudará a la apropiación del conocimiento.

El mejoramiento de las actividades a través de protocolos estandarizados podrán mejorar, entre otros aspectos, los tiempos de ejecución de las obras eléctricas referentes a los Sistemas Fotovoltaicos y el cálculo en sitio de una planta fotovoltaicos.

Se debe socializar el uso tanto del procedimiento técnico como el de la aplicación móvil CASSE.

Referencias

- Cardona Ospina, J. F., & Rivera Achury, L. C. (2015). "Diagnóstico técnico y social de los sistemas fotovoltaicos instalados por el CTDPE durante los años 2011 y 2015 en las regiones del Alto Magdalena y Tequendama, Cundinamarca". *Tecnología y Productividad*, 23-32.
- Castilla, L. (Octubre de 2016). *Medio Ambiente de Castilla y León*. Obtenido de http://www.medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1235465867615/_/_/_
- García, H., Corredor, A., Calderón, L., & Gómez, M. (2013). *Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia*.
- Martínez Bencardino, C. (2011). *Estadística básica aplicada*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Ministerio de Energía y Minas, D. (2007). *Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos (SFD)*. Lima.

Ministerio de Minas y Energías. (2015). Anexo General del RETIE.

NTC, N. (2013). NTC 2050. En *Código Eléctrico Colombiano* (págs. 627-635). Bogotá D.C.: National Fire Protection Association.

SENA. (s.f.). Servicio Nacional de Aprendizaje. Recuperado el Diciembre de 2015, de <http://www.sena.edu.co/oportunidades/emprendimiento-y-empresarismo/Jovenes%20Rurales%20Emprendedores/Paginas/Jovenes-Rurales-Emprendedores.aspx>

UPME. (Octubre de 2016). Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas. Obtenido de <http://www.si3ea.gov.co/>

