

Soluciones Solares Fotovoltaicas Híbridas Implementadas En Zonas No Interconectadas de Colombia

Astrid Jessenia Bello Torres, ajbellot@correo.udistrital.edu.co.

Andres Escobar Diaz, Ing, M.Sc, MBA, aescobard@udistrital.edu.co

Grupo de Investigación XUE, Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”

Jairo Alberto Valencia Llanos, Ing. Mgtr, jairovalencia@ipse.gov.co

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas – IPSE

Abstract—This short article shows the hybrid photovoltaic solar solutions implemented – HPSS- in areas not interconnected – ANC- by IPSE in Colombia. Initially It shows, the non-interconnected areas, their geographical location and energized users are shown in contrast to the geographical location and characteristics of the HPSS such as their participation in the generation in the ANC, the comparison with another type of generation in the ANC, the number of users that benefit from these systems and the way in which Diesel and photovoltaic generation systems interact to reduce fuel consumption. Finally, the distribution and specific characteristics of the HPPS in the departments of the ZNI are presented.

Keywords— Solar Photovoltaic Systems, Hybrid Systems, Non-Interconnected Zones, Generation.

Resumen— El presente artículo corto muestra las soluciones solares fotovoltaicas híbridas – SSFH- implementadas en las zonas no interconectadas- ZNI- por el IPSE en Colombia. Se muestra inicialmente las zonas no interconectadas, su localización geográfica y usuarios energizados en contraste con la ubicación geográfica y características de las SSFH como su participación en la generación en la ZNI, la comparación con otro tipo de generación en la ZNI, la cantidad de usuarios que se benefician con estos sistemas y la forma como interactúan los sistemas de generación Diésel y fotovoltaicos para disminuir el consumo de combustible. Por ultimo se presenta la distribución y características específicas de las SSFH en los departamentos de la ZNI.

Palabras Clave— Sistemas Solares Fotovoltaicos, Sistemas Híbridos, Zonas No Interconectadas, Generación.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las energías renovables representan una opción real de aprovechamiento para generación de energía eléctrica. Como resultado, un nuevo esquema de generación ha tomado un gran auge en los últimos años: la generación híbrida. Este esquema permite la inclusión e interacción de diferentes fuentes alternativas con el fin de atender la demanda óptimamente[1].

En Colombia diversas tecnologías han formado parte de las soluciones implementadas en las zonas no interconectadas; este artículo muestra la participación de los sistemas híbridos solares fotovoltaico-diésel en la capacidad total instalada de las Zonas no interconectadas - ZNI y a su vez compara su participación diésel frente a la capacidad total.

Así mismo se presenta la distribución territorial como escenarios de implementación. La tecnología usada en energía solar fotovoltaica presenta ventajas como el uso de una fuente primaria de energía inagotable, facilidad en instalación y su mínimo mantenimiento [2].

La tecnología solar fotovoltaica permite integración con otras fuentes energéticas conformándose los sistemas híbridos derivando en mayor horas de prestación de servicios; esto ha permitido que la tecnología solar fotovoltaica se posicione como una de las soluciones viables desde el punto de vista energético, económico y técnico para zonas aisladas que no poseen interconexión a la red ofreciendo un mejor respaldo energético al ser articuladas con otros sistemas energéticos o plantas diésel. El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No interconectadas-IPSE como entidad gubernamental ha implementado sistemas híbridos de energía en diferentes departamentos y municipios de Colombia con la finalidad de llevar energía a zonas aisladas del país.

II. MARCO REFERENCIAL ZNI

Las ZNI comprenden alrededor del 53% del territorio Nacional; incluyen 18 departamentos, 5 capitales departamentales, 27 cabeceras municipales, 16 áreas no municipalizadas y 1.806 localidades. El total de usuarios con cobertura de energía eléctrica desarrollada por IPSE en las ZNI corresponden a 223.864 usuarios (Información IPSE con corte a 31 de mayo de 2021), el mayor porcentaje de usuarios energizados se encuentran en las cabeceras departamentales y municipales donde el despacho energético se realiza mayormente con grupos electrógenos Diesel y en algunos casos, con pequeñas centrales hidroeléctricas; así mismo el 91% de la capacidad total de generación en las ZNI es a partir de Diesel. En estas zonas, las soluciones solares fotovoltaicas híbridas - SSFH han incrementado su participación beneficiando a usuarios de diferentes departamentos, tal como se ilustra en la figura 1, producto de las implementaciones que han sido promovidas y financiadas por el Instituto de Planificación y Promoción de soluciones energéticas en las Zonas No Interconectadas-IPSE como actor energético principal en estas zonas. En la Fig.1, los departamentos resaltados en azul oscuro corresponden a la ZNI y los resaltados en violeta, son los departamentos que tienen implementados SSFH.

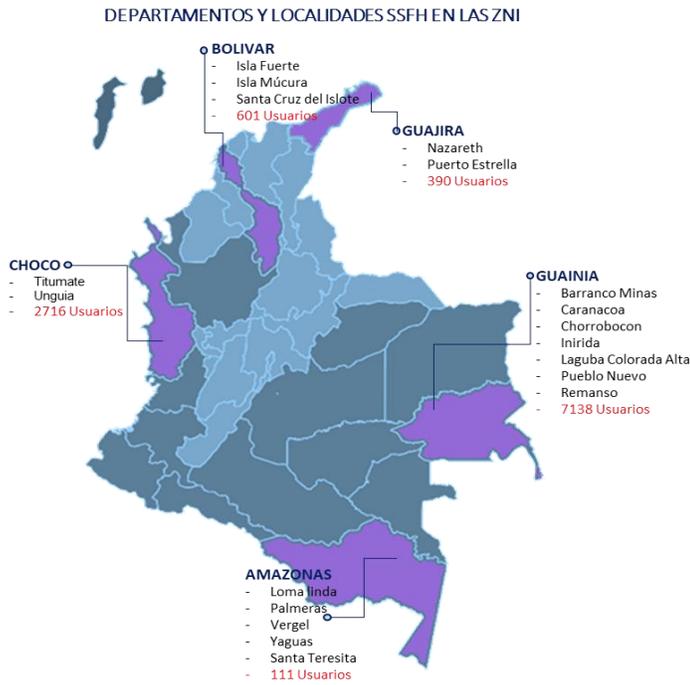


Fig. 1. Departamentos y Localidades ZNI con sistemas solares fotovoltaicos híbridos, Fuente: Autores y Contribución IPSE

Las SSFH en las ZNI presentadas en la Fig.1. representan el 6.3% de la capacidad total instalada la cual corresponde a 294,8 MW y distribuida así: 265,6 MW en capacidad Diesel y 29,6 MW en capacidad renovable; así mismo en las ZNI las SSFH incorporan el 5.3% de la capacidad total Diesel y el 15.6 % de la capacidad total renovable como se observa en la Tabla 1. Capacidad total instalada en las ZNI y la capacidad total instalada de las SSFH.

	ZNI	SSFH	% SSFH EN ZNI
Capacidad total instalada MW	294,8	18,6	6.3%
Capacidad total Diesel MW	265,6	14,0	5.3%
Capacidad total Renovables MW	29,6	4,6	15.6%
Total plantas Diesel instaladas	2793	27	1.0%

Tabla 1. Capacidad instalada total y SSFH en ZNI, Fuente: [4]

La Fig.2. presenta mediante un diagrama de barras la capacidad total instalada en ZNI con el correspondiente en capacidad total instalada en SSFH en las ZNI.

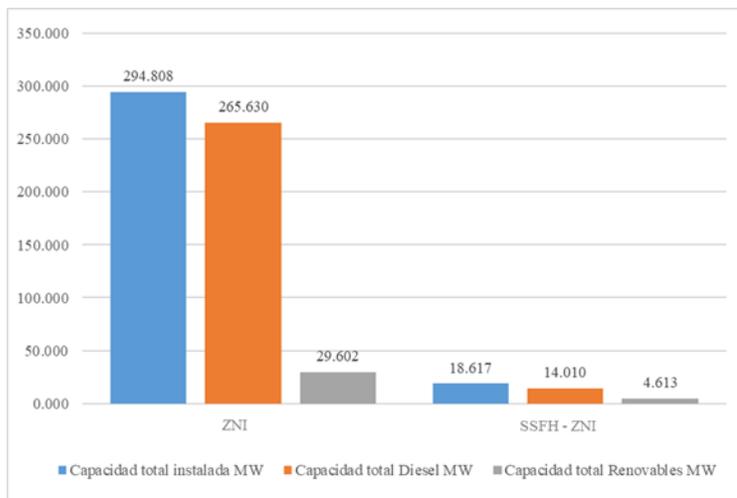


Fig. 2. Capacidad total instalada ZNI y Capacidad total instalada SSFH, Fuente: Autores

III. SOLUCIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS HIBRIDAS EN ZONAS NO INTERCONECTADAS

Las soluciones solares fotovoltaicas híbridas planteadas en las ZNI son el resultado de una evaluación rigurosa de la prefactibilidad de proyectos de energización en las ZNI a partir del aprovechamiento del recurso solar, la complementariedad con grupos electrógenos Diesel y la utilización de sistemas de almacenamiento de energía. Los sistemas solares fotovoltaicos híbridos en Colombia se han construido a partir de un análisis específico del potencial de energía solar y capacidad Diesel que poseen los diferentes municipios o localidades de las ZNI, de la caracterización de la demanda energética u otras características particulares de las ZNI, también de una revisión profunda de la política y normatividad actual referente al servicio de energía eléctrica en estas zonas. Respecto a los avances desarrollados por el IPSE con corte al primer trimestre de la vigencia 2021, en la Tabla 2. se observa la distribución territorial de los 19 proyectos SSFH y número de empresas prestadoras que se encargan de su administración.

Distribución Territorial de SSFH en Zonas No Interconectadas	Distribución
Departamentos	5
Municipios	7
Localidades [3]	19
Total de usuarios atendidos	10985
Empresas prestadoras	6

Tabla 2. Distribución SSFH en ZNI datos hasta el primer semestre del 2021, Fuente: [4]

IV. CARACTERIZACIÓN SISTEMAS SOLARES HÍBRIDOS

Las soluciones energéticas híbridas implementadas por el IPSE están conformadas principalmente por paneles solares, bancos de baterías, equipos de conversión y grupos electrógenos Diesel. El esquema de funcionamiento del SSFH se presenta en la Fig.4 y su principio funcional bajo una curva temporal de carga se ilustra en la Fig. 5;

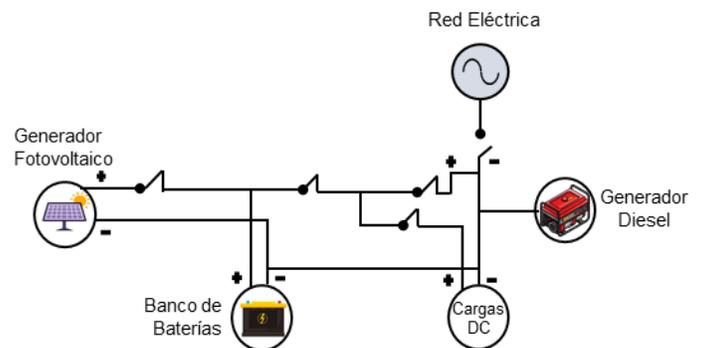


Fig.4. Esquema SSFH, Fuente: Autores

Como se observa en la Fig. 4. Se tiene una SSFH, el sistema fotovoltaico funciona principalmente en horas del día y en horas nocturnas a través del banco de baterías. En este caso el generador diésel es el único elemento que asegura el 100% el suministro eléctrico a los usuarios[5].

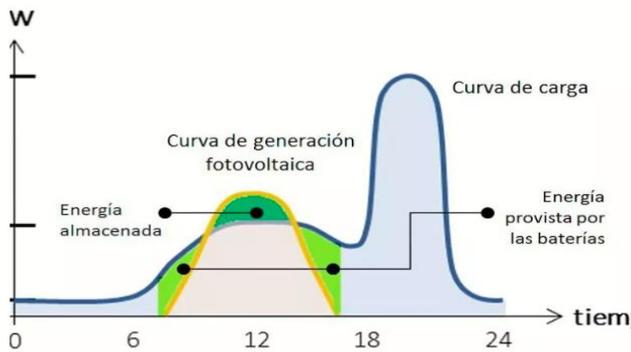


Fig.5. Representación funcional Sistema Solar Fotovoltaico Híbrido, Fuente: Autores

En el rango 6:00 am-12:00 pm, se aprovecha el brillo solar, los módulos solares atienden la demanda energética y los excedentes de energía cargan batería; en el rango 12:00 PM-6.00 PM el suministro solar, alterna con la descarga de baterías para atender la demanda. Por último, el suministro energético por fuera de esos rangos es despachado por grupos electrógenos diésel quienes a su vez cargan baterías para apoyar también al suministro energético. En ese sentido los sistemas híbridos proponen un suministro de energía continuo, respaldando la prestación del servicio de energía a través del grupo electrógeno Diesel, reduciendo los costos de generación y haciendo usos de las fuentes de energías renovables.

V. RESULTADOS

El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas – IPSE en los últimos años ha desarrollado 19 proyectos de soluciones solares fotovoltaicas híbridas en ZNI, a continuación, se presenta una disgregación numérica de los sistemas SSFH por departamentos, localidades, usuarios.

DPTO	AMAZONAS	BOLÍVAR	CHOCÓ	GUAINÍA	GUAJIRA
LOCALIDAD	5	3	2	7	2
USUARIOS	111	601	2716	7138	390
CAPACIDAD TOTAL INSTALADA DIESEL kW	136.5	1025	1784	10090	1518.36
CAPACIDAD TOTAL INSTALADA RENOVABLES kW	51.9	272.5	883.6	2975.97	429.36
NUMERO TOTAL DE PLANTAS DIESEL	5	4	5	10	3
CAPACIDAD TOTAL INSTALADA SF HIBRIDO kW	188.4	1297.3	2667.4	12945.65	1518.36

Tabla 3. Distribución específica SSFH en ZNI, Fuente: [4]

De los resultados visualizados en la Tabla 3, se puede observar que el departamento con mayor capacidad instalada solar fotovoltaica híbrida es Guainía, el mayor número de usuarios beneficiados de SSFH es de 7138 correspondiente al departamento del Guainía en el cual también se presenta el mayor número de plantas Diesel (10). En este sentido los departamentos beneficiados con soluciones solares fotovoltaicas ordenados por su capacidad total instalada son: Guainía (69.53%), Choco (14.32%), Guajira (8.15%), Bolívar (6.96%) y Amazonas (1.01%).

VI. CONCLUSIONES

1. Después de analizar los sistemas solares fotovoltaicos híbridos en ZNI presentes en sus 19 localidades ubicadas en 5 departamentos, se puede concluir que representan un total de 18.6 MW instalados atendiendo a 10.985 usuarios quienes actualmente cuentan con un servicio de energía eléctrica continua, que no solo representa una solución energética en ZNI si no una mejora en la calidad de vida de los habitantes de estas localidades.
2. La complementación de los grupos electrógenos Diesel con sistemas solares fotovoltaicos incide en el aprovechamiento de la energía renovable para ampliar las horas de prestación de servicio, con un total de 4.6 MW de capacidad renovable instalada; esta complementariedad es tendiente a disminuir el consumo de combustible gracias a integralidad funcional reduciendo también la emisión de gases contaminantes locales.
3. A través de este documento informativo se muestra el modelo de sistemas híbridos como un esquema más confiable a nivel energético y económico; y también como una alternativa contundente a utilizar en las ZNI y que presentan ventajas considerables de respaldo al complementar diversas fuentes energéticas.
4. Los proyectos solares fotovoltaicos híbridos desarrollados por el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas-IPSE permiten a localidades de ZNI que disponen de un servicio de energía eléctrica de 4 o hasta 8 horas al día, la oportunidad de un servicio continuo de energía con mayores horas de servicio.

VII. REFERENCIAS

- [1] J. M. Guerrero, J. C. Vasquez, and J. Matas, “Control of Droop-Controlled AC and DC Microgrids—A General Approach Toward Standardization,” *New Zeal. J. Educ. Stud.*, vol. 58, no. 1, pp. 35–51, 2016.
- [2] J. S. Patiño Abella, J. S. Tello Reyes, and J. A. Hernández Mora, “Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico híbrido y desarrollo de su regulador de carga aplicando instrumentación virtual,” *Elementos*, vol. 2, no. 2, 2013.
- [3] Ministerio de Minas y Energía, “Resolución 182138 de 2007 - Procedimientos subsidios ZNI.” p. 4, 2007.
- [4] IPSE, “Reporte Localidades ZNI - Caracterización Energética,” 2021. [Online]. Available: <https://ipse.gov.co/cnm/caracterizacion-de-las-zni/>.
- [5] N. Gómez, “Energización de las ZNI de Colombia a partir de las energías solar y eólica,” *Univ. Javeriana*, p. 99, 2011.

Astrid Jessenia Bello Torres, ajbellot@correo.udistrital.edu.co. Estudiante de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Estudiante del Grupo de Investigación XUÉ.
Andres Escobar Diaz. Ing. M.Sc, MBA, aescobard@udistrital.edu.co Profesor Investigador - director del Grupo de Investigación XUÉ, Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Líneas de Investigación Planeación y Eficiencia Energética, Ciudades y Sistemas Inteligentes y Transformación Digital.
Jairo Alberto Valencia Llanos, Ing. Mgtr, jairovalencia@ipse.gov.co. Asesor Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas – IPSE.