



## Estado del arte de Generación Distribuida y energía solar Fotovoltaica en Paraguay

Tamatia Coronel; Miguel Báez; Enrique Buzarquis; Gerardo Blanco

Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos (GISE)

Universidad Nacional de Asunción - Facultad Politécnica (FP-UNA)

Paraguay

### RESUMEN

La transición energética impulsada inicialmente por Alemania, consiste en el abandono del petróleo, el carbón, el gas y la energía atómica como fuente de energía y su sustitución por energías renovables. A pesar de la importante disminución en el precio de los combustibles fósiles registrados en el 2015, durante la 21<sup>o</sup> Conferencia de las Partes (COP21) en París se ha destacado la presencia de las fuentes renovables y la eficiencia energética en las propuestas para las contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional (INDCs). En relación a las políticas de energías renovables, hubo un aumento en la preferencia de licitaciones, sin embargo, el balance neto sigue siendo la principal forma utilizada. Cuanto a los sistemas fotovoltaicos (FV), actualmente se tienen registrados a nivel mundial un total de 227GW instalados, habiendo sido añadidos 50GW solamente en el 2015, mostrando el crecimiento exponencial del uso de esta tecnología. Las redes eléctricas, sobre todo en Europa, están avanzando para convertirse en redes eléctricas inteligentes de energía (*Smart grids*), permitiendo mejorar la eficiencia del sistema, administrar la cantidad de energía ofertada equilibrando la demanda, explorando las ventajas de la GD.

En respuestas de la necesidad de diversificación de la matriz energética, volatilidad e incertidumbre de precio del petróleo, búsqueda de seguridad e independencia energética, entre otros, las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) han experimentado un avance significativo en América Latina y el Caribe durante los últimos cinco años, impulsado por Políticas Energéticas como es el caso de Uruguay, o por la competitividad de la tecnología como es el caso de Brasil. Actualmente, debido a la producción hidroeléctrica, Paraguay ocupa el 5to puesto a nivel mundial en producción de energías renovables con 7,6 kWh per cápita en contraste. En contraste con la producción, el consumo de energía eléctrica representa apenas el 17,9%, los derivados del petróleo (totalmente importados) ocupan un 37,7% y la biomasa continua con la mayor participación alcanzando 44,4%. En el Balance Energético Nacional 2014, consta que el porcentaje de pérdidas por transmisión y distribución de la energía eléctrica producida en las hidroeléctricas es del 27%. La participación de energía solar es ínfima, por lo que no figura en el balance citado.

En los principales centros de investigación del país, se percibe un aumento importante en los trabajos relacionados a la GD y tecnología FV, acompañando la tendencia mundial. La instalación de un sistema híbrido eólico-solar en la 1ra. División de Caballería, ubicado en Joel Estigarribia, es actualmente el proyecto icónico en la implementación de FV en el Paraguay. Los emprendimientos privados utilizando energía solar está representada principalmente por la térmica, siendo aún muy poco explorada la fotovoltaica, ya que actualmente no es rentable o el tiempo de recuperación de la inversión es muy elevado.

### PALABRAS CLAVES

Generación Distribuida; Energía Solar Fotovoltaica; Transición Energética.



## 1. INTRODUCCIÓN

Durante toda la historia de la humanidad, la búsqueda por fuentes de energía fue fundamental para su sobrevivencia. Actualmente el debate gira en torno la eficiencia energética y al impacto medioambiental que puede implicar la generación de energía. Es posible afirmar que la diversificación de la matriz energética y la mejora de la eficiencia son objetivos comunes para la mayor parte de los países, habiéndose desarrollado diversos estudios, proyectos, estrategias y políticas energéticas para llevarlo a cabo, buscando de esta manera una mayor robustez e independencia energética.

A partir de estas preocupaciones y del desarrollo tecnológico, surgen diversas alternativas para la generación de energía eléctrica, entre las cuales se encuentra la energía solar fotovoltaica (FV). Esta tecnología permite transformar la radiación solar en energía eléctrica a través de materiales semiconductores como el silicio. Es posible construir grandes obras de plantas fotovoltaicas, como de hecho existen alrededor de todo el mundo. Sin embargo, es en el medio urbano donde se destaca sobre las demás fuentes alternativas, impulsado por el concepto de Generación Distribuida (GD) y por la aceptación de la sociedad, ya que no genera ruido, no genera polución en el proceso de generación, no necesita superficies adicionales (pudiendo ser utilizados techos, ventanas, paredes, etc.), entre otras características del sistema fotovoltaico.

Diversos estudios demuestran la tendencia mundial en implementar la GD como método alternativo a la generación centralizada, permitiendo la conexión de micro y mini generadores a la red pública para disminuir las pérdidas energéticas referentes, principalmente, a la transformación, al transporte y distribución de energía.

## 2. MUNDO Y REGIÓN

### 2.1 Transición energética

A nivel global, la transición energética (*Energiewende*) impulsada por Alemania consiste en el abandono del petróleo, el carbón, el gas y la energía atómica como fuente de energía y su sustitución por energías renovables, con metas definidas, como por ejemplo que para el año 2050, 60% de todo el abastecimiento energético provenga de fuentes renovables (actualmente 25%). [1] [2] [3]

A pesar de la drástica disminución en los precios de los combustibles fósiles a nivel mundial, en el 2015 se registró el mayor incremento anual en capacidad de energía renovable de la historia con un estimado de 147 GW [4], mostrando indicios del surgimiento de una transición energética mundial, culminando el año con un importante acuerdo sobre el clima durante la 21° Conferencia de las Partes (COP21) en París, que reunió a gran parte de la comunidad mundial. De los 189 países que presentaron sus propuestas para las contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional (INDCs por sus siglas en inglés), 147 mencionaron las energías renovables, y 167 señalaron la eficiencia energética; asimismo, algunos países se comprometieron a reformar sus subsidios a los combustibles fósiles [4].

Un reciente documento que describe con alto nivel detalle la situación de las energías renovables a nivel global es el Renewables 2016. Global Status Report [4]. Dicho reporte menciona que a nivel mundial, la producción de electricidad renovable en el año 2015 continuó dominada por los grandes generadores, al mismo tiempo que se experimenta una rápida expansión de sistemas renovables a pequeña escala, incluyendo mini-redes de energía renovable. En este contexto, Bangladesh es el mayor mercado del mundo para sistemas solares domésticos [4].

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

Número de sistemas solares domésticos en cinco países líderes, finales de 2014

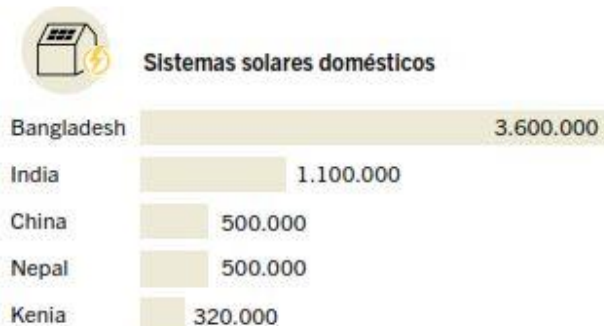


Figura 1 - Sistemas solares domésticos (Fuente GSR 2016) [4]

Adicionalmente refiere que a finales del año 2015, 110 jurisdicciones a nivel nacional, estatal o provincial habían promulgado políticas de balance neto de electricidad, al menos 64 países habían llevado a cabo licitaciones públicas de energías renovables y 52 países adoptaron políticas de medición y facturación neta (Fig. 2).

Países con políticas de energía renovable, por tipo, 2015

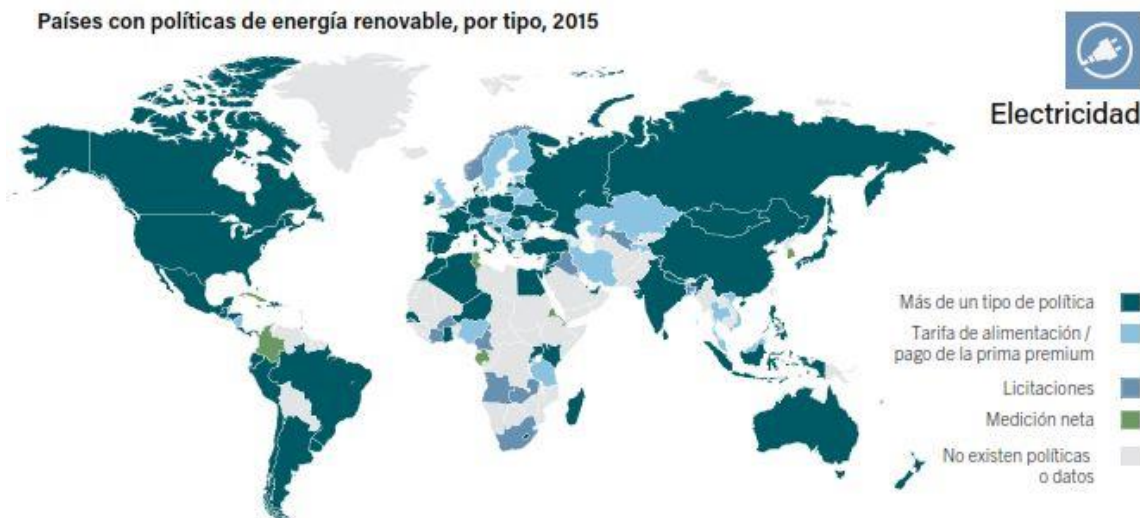


Figura 2 - Países con políticas de energía renovable, por tipo, 2015 (fuente GSR 2016) [4]

Asimismo menciona que la capacidad instalada en sistemas fotovoltaicos a nivel mundial ha experimentado un aumento gigantesco, solo en el año 2015 fueron añadidos 50GW, pasando de 5,1 GW a 227 GW (Fig. 3) en una década.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

Capacidad y adiciones anuales de energía solar FV, 2005-2015

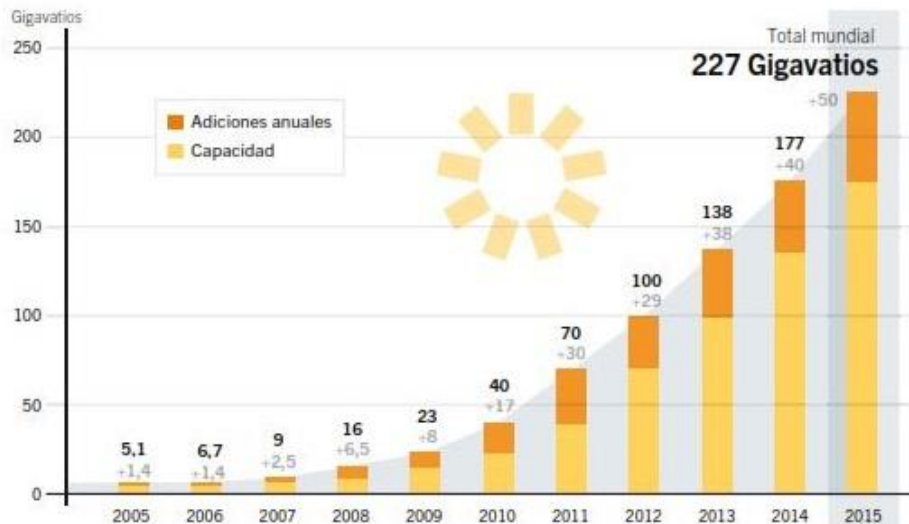


Figura 3 - Capacidad y adiciones anuales de energía solar FV, 2005-2015 (Fuente: GRS 2016) [4]

Por mucho tiempo Alemania mantuvo la hegemonía en FV, pero en el año 2015 China pasó a ocupar el primer puesto en relación a la capacidad de generación, utilizando la tecnología principalmente para la instalación fuera de la red, como puede ser observado en la Fig. 4.

Capacidad y adiciones de energía solar FV, diez países líderes, 2015

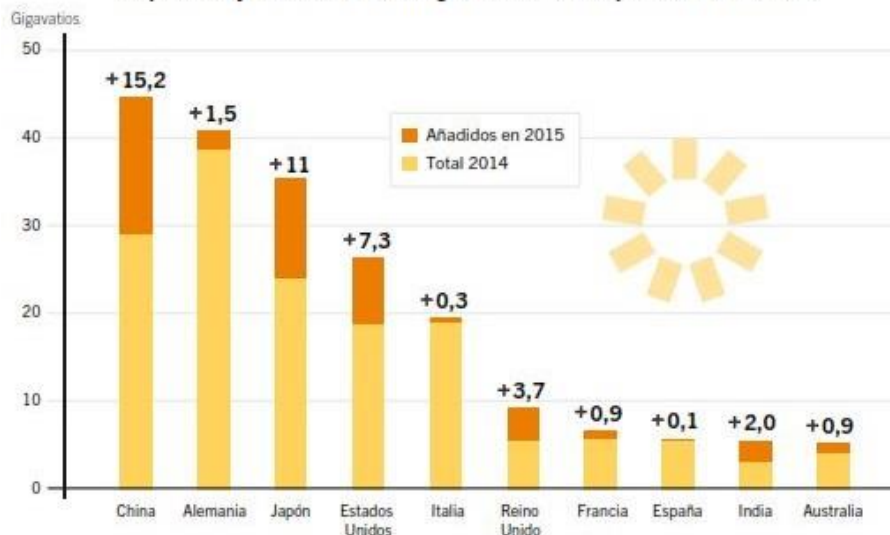


Figura 4 - Capacidad y adiciones de energía solar FV, diez países líderes, 2015 (fuente GSR 2016) [4]

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

Las redes eléctricas, sobre todo en Europa, están avanzando para convertirse en redes eléctricas inteligentes de energía (*Smart grids*), permitiendo mejorar la eficiencia del sistema, administrar la cantidad de energía ofertada equilibrando la demanda y explorando las ventajas de la GD.

## 2.2 Energías renovables no convencionales en la región

En la última década, y particularmente en los últimos cinco años, América Latina y el Caribe (ALyC) ha experimentado un fuerte impulso en las tecnologías de Energías Renovables No Convencionales (ERNC), en respuesta al impacto del cambio climático en la generación hidroeléctrica, volatilidad e incertidumbre de precios del petróleo, necesidad de diversificación en la matriz energética, la caída de precios en los módulos FV, entre otros estímulos [5].

El avance de las ERNC en la Región, liderado principalmente por la tecnología eólica se está materializando esencialmente por la competitividad de la tecnología (y la constante reducción de costos), y no como consecuencia del impulso de la implementación de políticas definidas con anticipación para promover su desarrollo, algo similar está ocurriendo con la tecnología FV [6]. Sin embargo, Uruguay, un país que a pesar de no contar con reservas probadas de petróleo, gas natural o carbón y con la mayor parte del potencial de hidroeléctrico aprovechado [7], ha logrado diversificar su matriz energética a partir de fuentes renovables, reduciendo la vulnerabilidad ante cambios climáticos y aumentando la independencia energética, convirtiéndose en referencial regional y mundial de cómo los intereses sociales, climáticos y económicos son absolutamente compatibles en el fomento del desarrollo sostenible [8] [9]. Esta evolución fue posible a la planificación estratégica a largo plazo, la elaboración de Política Energética (convertida en Política de Estado en 2010 al ser aprobado por todos los partidos políticos con representatividad parlamentaria) [10], vale mencionar que el país ha conseguido superar ampliamente todas las metas definidas para corto plazo [11] [12].

América Latina y el Caribe también se encuentran en búsqueda de la diversificación y la integración energética. Las naciones de América del Sur que invirtieron más de US\$1.000 millones en energías renovables fueron Brasil, Chile y Uruguay [13]. En la tabla I se observa claramente el aumento de capacidad instalada en energía FV en los países de la región.

**Tabla I - Capacidad Instalada de Energía Fotovoltaica (Elaboración propia en base a [14])**

| CAP (MW)  | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| Argentina | 0    | 1,2  | 6,2  | 8,2  | 8,2  | 8,2  |
| Bolivia   | -    | -    | -    | -    | 6,9  | 6,9  |
| Brasil    | 1    | 1    | 2    | 5    | 15   | 22,9 |
| Chile     | -    | -    | 2    | 15   | 218  | 848  |
| Uruguay   | 0,1  | 0,4  | 0,4  | 1,6  | 3,7  | 67,7 |

La integración energética regional es también una constante en los debates y encuentros de autoridades regionales, destacando la importancia que la seguridad de suministro de energía pueda significar para el desarrollo sustentable [15].

Se han utilizado políticas muy distintas para promover el desarrollo de la FV en cada país, a través de licitaciones, apertura de mercado o por medio del Estado. Los mecanismos más utilizados para promover la GD de pequeña escala han sido particularmente a través de facturación neta y balance neto [16].



### 3. PARAGUAY

#### 3.1 Matriz energética actual

Actualmente el Paraguay ocupa el 5to puesto a nivel mundial en producción de energías renovables con 7,6 kWh per cápita [17]. Genera una gran cantidad de energía limpia a partir de las hidroeléctricas, pero consume poco de dicha energía, teniendo una demanda dependiente de los hidrocarburos y de las biomásas, con planificación insuficiente para la sustentabilidad de las mismas.

Según datos del balance energético nacional del año 2014 la producción primaria de energía se distribuye en hidroenergía con un 67% y biomasa con un 33% [17]. Paraguay cuenta con tres grandes centrales hidroeléctricas: Itaipu, entidad binacional Paraguay-Brasil, con una potencia instalada de 14000 MW (de las cuales 7000 MW corresponden a Paraguay), Yacyreta, entidad binacional en co-dominio de Paraguay-Argentina, con una potencia instalada de 3200 MW (de las cuales 1600 MW corresponden a Paraguay) y Acaray, entidad paraguaya con una potencia instalada de 210 MW. De este 67% de hidroenergía producida, el 80.7% es exportado a Brasil y Argentina [18].

Con respecto al consumo final de energía, la energía eléctrica ocupa un 17.9%, los derivados del petróleo un 37.7% y la biomasa un 44.4% [18].

El porcentaje de pérdidas por transmisión y distribución de la energía eléctrica producida en las hidroeléctricas es del 27% [18]. La GD está ausente en el sistema actual de distribución.

El aprovechamiento de la energía solar aporta valores despreciables a la matriz energética actual, reduciéndose a una pequeña cantidad de auto productores aislados.

#### 3.2 Estudios, proyectos e iniciativas

La situación de la energía solar y la GD en el Paraguay se encuentra en etapa inicial. Durante los últimos cinco años se observa una intensificación de las investigaciones en universidades y centros de investigación especializados, presentándose diversos estudios en relación a fuentes de energía renovables no convencionales, demostrando el interés del sector académico en el asunto, intentando acompañar la tendencia mundial. A nivel gubernamental se percibe un acercamiento por parte del Estado a la implementación de sistemas de aprovechamiento de energía solar (entre otros tipos de energías alternativas) en aquellas localidades aisladas de la red de abastecimiento eléctrico a través de proyectos experimentales, pero todavía a una escala reducida. Por otro lado, el sector privado experimenta un leve incremento en la demanda de sistemas de aprovechamiento solar-térmico y generación fotovoltaica con expectativas de crecimiento importantes en el futuro próximo.

##### 3.2.1 Sector académico

Las investigaciones y proyectos realizados en universidades y centros de investigación especializados representan el caudal más importante en relación a las potencialidades, métodos de implementación e información respecto al aprovechamiento del recurso solar y la GD en el Paraguay. El sector académico ha asumido un rol fundamental en la producción de tecnología, información y divulgación de la misma. En entrevista realizada a un docente investigador del Laboratorio de Mecánica y Energía, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (FIUNA), comenta: *“los investigadores, desarrolladores de tecnologías, buscamos responder preguntas que sean interesantes para todos, y no solamente hacer investigaciones específicas para ciertas industrias o para ciertos productos, que solo le sirven a esa empresa o a esos productos. Como institución pública pensamos que se pueden responder muchas preguntas que son útiles para mucha gente, para la sociedad en general y que pueden resolver muchos problemas”* [19]. Este enfoque es el que permite la proliferación de investigaciones en la materia,

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE  
25 y 26 de Agosto de 2016

que en algunos casos son llevados a ejecución y sirven como base para estudios más específicos. Los institutos con mayor cantidad de publicaciones e investigaciones en curso relacionados al tema de energía solar y GD son la FIUNA y la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Católica.

El Laboratorio de Sistemas de Potencia y Control (LSPyC) de FIUNA [20] se encarga del desarrollo de proyectos de investigación en el área de energías renovables y eficiencia energética.

El proyecto de investigación *“Implementación de algoritmos de control de posición en tiempo discreto aplicados a una estructura de dos grados de libertad en aplicación de generación solar fotovoltaica”* [21] desarrollado en el LSPyC aborda por un lado un diseño novedoso de un sistema de seguimiento biaxial (en acimut y elevación) para una aplicación de sistemas fotovoltaicos, y por otro lado la implementación de un sistema de control enfocado en el incremento de la eficiencia del sistema por medio de la implementación de un esquema de control de posición basado en el algoritmo Proporcional-Integral-Derivativo (PID) para alcanzar el Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT, por sus siglas en inglés), asegurando la máxima disponibilidad de energía de los módulos fotovoltaicos [21].

Otro proyecto de investigación del LSPyC *“Implementación de estrategias de sincronización e interconexión a red de sistemas basados en fuentes de energías distribuidas”* [22], aborda el estudio de los esquemas de control aplicados a un inversor trifásico en aplicaciones de interconexión de sistemas de generación distribuida basados en fuentes de energías renovables, a la red de distribución de baja tensión. Para lograr la aplicación, se estudian los esquemas de control en el marco de referencia  $(\alpha - \beta)$  y  $(d - q)$  de manera a evaluar su comportamiento mediante simulaciones ante condiciones de fallas de la red con el objetivo de determinar el esquema de control con mejor rendimiento para ser implementado a nivel experimental. Finalmente se presenta el diseño de la bancada de ensayos experimentales la cual permite validar los resultados obtenidos previamente a nivel de simulaciones y realizar un análisis de la eficiencia de los esquemas de control implementados [22].

El proyecto de *“Desarrollo e implementación de sistemas middleware y ontologías como base de metadatos aplicados al monitoreo y gestión inteligente de aerogeneradores hexafásicos y sistemas solares fotovoltaicos.”* [20], actualmente en proceso a través del LSPyC, se enfoca principalmente en el desarrollo de una plataforma inteligente de comunicación distribuida entre dispositivos en aplicaciones de Energías Renovables (ER). Se prevé que la implementación de tecnologías inteligentes mejore de manera significativa las características y funcionalidades del entorno cooperativo de equipos y dispositivos de ER. Este proyecto introduce la tecnología *middleware* como solución avanzada aplicada al control y monitoreo de equipos y dispositivos en una red de generación de energías eléctrica a partir de fuentes renovables. Se propone una ontología como parte crucial en el manejo inteligente de la información y base de metadatos de servicios. Esta ontología almacenará toda la información relevante de los equipos y dispositivos, así como de los servicios que intervienen en el proceso de generación en el contexto de la gestión inteligente de la información. [20]

Otros proyectos de interés sobre el tema liderados por el LSPyC y se encuentran actualmente en desarrollo son: *“Optimización del consumo energético de un sistema de generación solar fotovoltaico de dos grados de libertad”*, *“Automatización y monitoreo remoto de sistemas de generación interconectados bajo el concepto de generación distribuida”*, *“Análisis y evaluación de la maximización de la eficiencia energética de paneles solares fotovoltaicos, mediante el montaje de estructuras soporte móvil”* [20].

La tesis de grado del Ing. Luis Gill *“Mapeo del potencial energético solar y eólico del Paraguay y de sus recursos hidroenergéticos en cuencas de la región oriental”*, desarrollada en la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Católica de Asunción obtiene una gran relevancia por su posterior proyección y desarrollo del proyecto a través de la Fundación Parque Tecnológico Itaipu - Paraguay (PTI-PY). [23]

Este estudio integra el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el área de las energías renovables mediante el mapeo del potencial solar y eólico disponible en Paraguay, como también el de sus recursos hidroenergéticos en cuencas de la Región Oriental, con el fin de contar con un medio de visualización y análisis preliminar de la disponibilidad espacial y temporal de los mismos [24]. Se

**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE**  
**25 y 26 de Agosto de 2016**

evaluaron datos climáticos históricos, determinados por medio de estaciones meteorológicas nacionales y extranjeras como también por modelos climáticos. Mediante estos datos se estimó la Insolación Global Horizontal y Potencia Eólica. En el caso del potencial hidroenergético, se utilizaron datos generados por la Itaipu Binacional. Mediante el uso de ArcGis, los datos disponibles y generados fueron integrados al componente espacial, mejorando el grado de visualización mediante interpolación [24].

Otra tesis de grado de la misma institución, *“Solución Energética Renovable para el cuartel Joel Estigarribia, Dpto. de Boquerón”* [25] cobra gran relevancia también por la posterior ejecución de la misma a través del PTI-PY. La investigación analiza la sustitución total o parcial de un sistema de generación de energía a diésel (grupo generador) de la dependencia militar Joel Estigarribia, ubicado en el departamento de Boquerón en el Chaco paraguayo (ubicada fuera del área de cobertura de suministro de energía eléctrica de la ANDE) por un sistema híbrido eólico-fotovoltaico.

En la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción (FPUNA), la línea de investigación está direccionada a las estrategias y políticas energéticas, entre las cuales se destacan trabajos publicados como *“Desarrollo del modelo energético integral del Paraguay en el entorno LEAP”* y *“Análisis de Políticas Energéticas Sostenibles a nivel residencial en la República del”*. También se encuentra en su etapa final el trabajo de tesis *“Análisis multicriterio de las alternativas de generación de energía eléctrica en el Paraguay”*, en el cual se realiza una comparación entre diferentes fuentes para la instalación de nuevas centrales en el país, incluyendo la fotovoltaica.

### **3.2.2 Sector Público**

La GD todavía no es tenida en cuenta por el Estado como estrategia de eficiencia energética en la matriz energética. La actual aparente abundancia de energía eléctrica permite la subsistencia de sistemas de transmisión y distribución con pérdidas significativas. No obstante, existe un marco regulatorio a través de la Ley 3009/2006 [26] que regula la producción y transporte independiente de energía eléctrica (PTIEE) que establece principios de acercamiento a la GD. La presente Ley define las políticas nacionales de integración y complementación energética regional, la diversificación de las formas de energía disponibles para el desarrollo sustentable, la apropiación de nuevas tecnologías en la materia y la confiabilidad y seguridad del abastecimiento energético regional en el largo plazo, con el mínimo impacto ambiental. Rige además las actividades de la producción y/o transporte independiente de energía eléctrica, incluyendo la cogeneración o autogeneración eléctrica [26]. De igual manera no se encontraron registros de ningún sistema de GD en funcionamiento actualmente en el territorio.

El recurso solar como energía alternativa se encuentra en fase exploratoria. El sector público ha realizado varios estudios con respecto a la situación energética del Paraguay en las cuales la energía fotovoltaica va tomando cierto protagonismo. Según el estudio de Situación de Energías Renovables en el Paraguay de la Cooperación Alemana [27], el mercado fotovoltaico en el país es aún incipiente, principalmente por falta de apoyo gubernamental. Los pocos sistemas fotovoltaicos en funcionamiento en han sido instalados, en su gran mayoría, por estancieros o por ONG y el INTN beneficiando a poblaciones rurales de escasos recursos. El Plan Nacional de Desarrollo Paraguay 2030 establece ciertas políticas a ser adoptadas por el Estado, que afectan de manera directa al desarrollo de la energía fotovoltaica en el territorio. Establece que La dimensión ambiental del desarrollo debe ser parte integral de la gestión pública, construyendo sostenibilidad desde el diseño de los espacios de actividad humana en su relación con el medio natural. Por ello, para asegurar un desarrollo social saludable y sostenible se deberán impulsar las siguientes líneas de acción: Aumentar la inversión en construcción y mejoramiento de viviendas sociales sustentables y promover la adopción de tecnologías limpias y asegurar el control de la calidad del aire especialmente en zonas urbanas. [17].

En el mes agosto del año 2009, fueron implementados por el INTN los denominados Sistema Solares Básicos (SSB), en la comunidad de Potrero Pindó, Distrito de Tacuaras, Departamento de Ñeembucú. Fueron





XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE  
25 y 26 de Agosto de 2016

montados 3 sistemas con una potencia instalada de seiscientos (600) Wp, un banco de baterías de cuatrocientos ochenta (480) Ah [28].

Por otra parte, el proyecto La Patria: “Energización Rural de poblaciones indígenas” tiene el objetivo de dotar a la comunidad de sistemas de energía eléctrica, los cuales sean adecuados a su situación particular y auto-sustentables mediante el desarrollo de micro redes con generación fotovoltaica. Pero, este objetivo fue cambiado en base a la información surgida de las visitas a la comunidad y de los talleres participativos, donde se identificaron necesidades aún más básicas. La comunidad indígena La Patria está ubicada en el límite oeste del Distrito de Puerto Pinasco a una distancia de 101 km de la cabecera del Distrito, Departamento de Presidente Hayes [29].

El *Proyecto Eurolosar* [27] implementado por el Viceministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Educación y Culto. Entre los objetivos específicos del Programa, se destaca el de mejorar las condiciones de vida de comunidades rurales aisladas, suministrando 600 Kits, denominados Euro-Solar que combinan energía solar y/o eólica. En el caso de Paraguay fueron seleccionados 45 escuelas rurales y sus centros comunitarios para la instalación de los kits. Las comunidades seleccionadas en el marco de este programa, necesitaron de obras de rehabilitación o refacción, que se las realizó a fin de poder albergar los equipos Euro-Solar. El Ministerio de Obras Públicas en el compromiso de reponer las aulas destinadas a este programa, dada la carencia de aulas para las clases normales en la mayoría de las escuelas rurales, se comprometió a la construcción de 20 aulas nuevas. Cabe destacar que en muchas escuelas el MEC, optó por dotar de nuevos pabellones con dos o tres nuevas aulas para las escuelas como en el caso de la Escuela Graduada N° 4.539 San Isidro, Distrito de Capiibary, Departamento de San Pedro, por mencionar alguno de ellos [17].

Asimismo, el proyecto electrificación de comunidades indígenas del Chaco también por parte de Itaipu, implementado por el Instituto Nacional de Tecnología y Normalización (INTN), con una donación de 32 sistemas de generación solar fotovoltaica, en 35 centros comunitarios energizados. Constan equipos de frío para conservación de vacunas y medicamentos, iluminación y bombeo de agua, carga de baterías, etc. Servicio Energético disponible para iluminación, ventiladores, alumbrado público, equipos audiovisuales, computadoras, refrigeradores, sistema de bombeo y tratamiento de agua, cargadores de celulares, nebulizadores [28].

Itaipu Binacional, a través de la Fundación Parque Tecnológico Itaipu - Paraguay, implementó el proyecto para la instalación de un sistema híbrido eólico-solar en la 1ra. División de Caballería con financiamiento de Itaipu, ubicado en Joel Estigarribia-Chaco que complementa el suministro de energía eléctrica generado por un grupo generador a diésel existente. La instalación está dotada de 160 paneles fotovoltaicos con una capacidad total de 54kW [30].

En noviembre de 2015, el Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos (GISE), de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción, colaboró con el gobierno mediante una *Asistencia Técnica para la Elaboración de la Política Energética de la República del Paraguay*, en el cual, a partir del análisis de la situación actual de la matriz energética nacional, propone una serie de actividades a ser desarrolladas para lograr metas a corto, mediano y largo plazo, a partir de ciertos ejes estratégicos.

Además, el Viceministerio de Minas y Energía se encuentra actualmente en trámites para formar parte de la Agencia Internacional de Energía renovable (IRENA por sus siglas en ingles) y entrenamientos sobre técnicas de Planificación Espacial en base al uso del Atlas Global de IRENA llevado a cabo en la Ciudad de Lima, Perú, en un paso importante para el desarrollo de la energía solar en Paraguay [30].

Actualmente, Itaipu Binacional, a través del Parque Tecnológico Itaipu - Paraguay se encuentra trabajando en el proyecto de “Mapeo del potencial energético solar y eólico del Paraguay” utilizando estaciones de medición tanto propias como de la DINAC. El proyecto se encuentra en fase final y tiene previsto lanzar un atlas solar y eólico del Paraguay a finales del año 2016 [31].

### 3.2.3 Sector Privado

El sector privado en materia de energía solar está en etapa de crecimiento gradual. En entrevista con el Arquitecto Ariel Levin [32], Director de la empresa Energía Alternativa, comenta *“Nosotros siempre decimos que el mercado paraguayo es un mercado incipiente, o sea está empezando, pero está creciendo mucho al mismo tiempo, así como hoy día por cada empresa que está luchando en el rubro, dentro de dos años, yo diría que por lo mínimo 20 empresas van a estar a full con esto, o sea, está creciendo”*. El sistema de calentamiento de agua por medio de energía solar es el rubro más propagado en el ambiente. El espectro de recuperación de la inversión inicial oscila de dos a tres años, lo cual resulta atractivo para el consumidor. No así los sistemas fotovoltaicos, cuyo costo de generación no resulta competitivo en relación al precio de la tarifa de energía eléctrica de la ANDE. La falta de marco regulatorio adecuado e incentivos del Estado conspiran en contra del desarrollo de la energía fotovoltaica. *“El periodo de recuperación de los equipos térmicos de calefones solares es relativamente rápido, de acuerdo al equipo, dos años, tres años se recupera la inversión. En sistemas aislados fotovoltaicos cuando competimos con generadores, grupos electrógenos, también se recupera rápido, un año, dos años, tres años, es rápida la amortización, depende del proyecto, pero de tres años no pasa. Entonces también es muy interesante. En donde la recuperación de inversión no es atractiva es cuando inyectamos a la red, ahí hoy día no es atractivo, no es negocio, todo lo que supere los 10 años para mí deja de ser atractivo, y esto está en ese rango, arriba de los 10.”* [6]

Emprendimientos como el Edificio Plaza Real, edificio de departamentos desarrollado por Energía Alternativa con sistema de generación fotovoltaica, termocalefones solares y sistemas de eficiencia energética, demuestran que la implementación de este tipo de tecnologías es posible y rentable, inclusive en el panorama actual.

### 3.3 Escenarios futuros

El excedente energético con el que cuenta Paraguay hoy en día debido a las centrales hidroeléctricas se verá reducido en los próximos años, hasta que eventualmente la demanda nacional iguale a la generación de estas centrales. Algunos estudios indican que este momento clave podría darse ya en el 2023 (ANDE) [33] en caso de un gran crecimiento y desarrollo económico del país. Otros estudios indican que el momento crítico se dará aproximadamente en el año 2033 (GIZ). La prospectiva realizada por el PTI-PY indica que el punto de encuentro entre la energía eléctrica ofertada y la consumida podría demorar más en acontecer [34].

Si bien diversos estudios fueron y están siendo realizados, además de las iniciativas mencionadas en el tópico anterior, el Plan Nacional de Desarrollo 2030 no especifica la utilización del recurso solar como fuente térmica o eléctrica.

Por este motivo se están estudiando alternativas para aumentar la potencia ofertada en el país. Se prevé la construcción e ingreso paulatino de la central hidroeléctrica Corpus Christi a partir del año 2030 y otras centrales.

Para que pueda darse un desarrollo del uso de la tecnología solar a un nivel significativo para la matriz energética nacional, debe existir una fuerte política del gobierno con interés en la inclusión de dicha tecnología.

Por otro lado, al existir un mapeo solar nacional confiable, estudios que comprueben los posibles beneficios de la tecnología fotovoltaica, solar térmica y GD, continuidad de iniciativas cada vez con mayor repercusión en el ámbito social además del tecnológico, aumentan las probabilidades de un cambio de paradigma e



**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016**

inclusión de las tecnologías mencionadas en la política nacional, aportando significativas contribuciones para el desarrollo del sector energético nacional.

#### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La transición energética describe la transformación del modelo energético actual, implica la progresiva sustitución de las tecnologías tradicionales de generación por nuevas fuentes renovables y una fuerte campaña de concientización de eficiencia energética. Alemania claramente lidera este proceso, influenciando toda la Unión Europea y al resto del mundo.

En la Región también existe un proceso de implementación de generación limpia a partir de fuentes solares, eólicos y de biomasa, además de la hidroeléctrica. En la última década, Brasil, Uruguay y Chile lideran las inversiones en este sentido, ya contando con un mercado energético adaptado a las energías renovables y generación distribuida, habiendo realizado los cimientos necesarios en el sistema eléctrico y el ámbito jurídico para la introducción de dichas tecnologías.

En Paraguay, a pesar del excedente de energía limpia generada a través de las tres hidroeléctricas, la demanda se basa principalmente en el combustible de derivados fósiles (totalmente importado) y en la biomasa (no sustentable de la forma en que está siendo explotada). Además, estudios indican la inminente situación en la que la demanda interna de energía eléctrica iguale a la cantidad ofertada por las centrales hidroeléctricas, debiendo encontrar entonces nuevas fuentes de generación.

En varios niveles es posible notar el esfuerzo de difundir las tecnologías de generación alternativas, tanto privadas como del Estado, sin embargo, todavía se encuentran dentro de lo que se podrían llamar de “iniciativas”, ya que son vistos como grandes ejemplos de innovación, pero con poca participación en el escenario nacional.

Es larga la lista de beneficios que conlleva la GD. Para su efectiva implementación a nivel nacional, es primordial una postura y compromiso del Estado para la promoción y difusión de las energías renovables no convencionales. Creación de sistemas de fomento, financiamiento y subsidios oportunos son algunas de las medidas necesarias, además de campañas de información y capacitación de recursos humanos en todos los niveles. Todas estas medidas deben estar incluidas dentro de un plan de desarrollo energético, con resultados previstos a corto, mediano y largo plazo.

En función de la posición relevante que ocupa el sector energético en el marco de la actividad económica en general, el impacto en el medioambiente, el largo tiempo de maduración de las inversiones y su carácter estratégico para el país, se vuelve imperiosa la necesidad de que las políticas energéticas trasciendan los gobiernos, pudiendo dar continuidad en el tiempo. Esto solo será posible cuando el plan de desarrollo energético se convierta en una Política de Estado.

#### **5. TRABAJOS FUTUROS**

A partir de los datos relevados en la literatura y las entrevistas realizadas en las diversas instituciones, será elaborado un modelo computacional desarrollado en la plataforma LEAP, con el objetivo de analizar escenarios alternativos al tendencial para la matriz energética paraguaya, considerando la utilización de energía solar fotovoltaica y GD, dentro de un marco de implementación de Políticas Energéticas basados en el trilema energético (seguridad de suministro, accesibilidad al servicio y sostenibilidad ambiental), dando énfasis a las ERNC.



## 6. RECONOCIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento al CONACYT otorgado mediante el Programa de Incentivos a la Formación de Docentes Investigadores (BECA32-17).

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Centro Alemán de Información, "Sobre la transición energética," 03 2014. [Online]. Available: <http://www.alemaniparati.diplo.de/Vertretung/mexiko-dz/es/06-Ciencias/MedioAmbiente/DMEnergieWende.html>. [Accessed 01 06 2016].
- [2] "Transición Energética," Fundación Focus-Abengoa, [Online]. Available: <http://www.transicionenergeticaycc.org/web/es/transicion-energetica/>. [Accessed 25 05 2016].
- [3] Jean Jouzel; Catherine Tissot-Colle, "La Transición Energética: 2020-2050, un futuro por construir, una ruta a trazar," 2013.
- [4] "RENEWABLES 2016. GLOBAL STATUS REPORT," 2016.
- [5] World Energy Council, "Consejo Mundial de la Energía (CME)," 2014.
- [6] Infraestructura en el Desarrollo Integral de América Latina (IDEAL), La Infraestructura en el Desarrollo de América Latina. Tendencias y novedades de la infraestructura en la región, Bogotá: Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), 2014.
- [7] Dirección Nacional de Energía (Uruguay), "Eficiencia Energética," MIEM, 2014. [Online]. Available: <http://www.eficienciaenergetica.gub.uy>. [Accessed 29 Mayo 2016].
- [8] Redacción EFEverde, "Uruguay impulsa las renovables para mantenerse líder en política energética," 18 Marzo 2016. [Online]. Available: <http://www.efeverde.com/noticias/uruguay-impulsa-las-renovables-para-mantenerse-lider-en-politica-energetica/>. [Accessed 27 Mayo 2016].
- [9] A. Martins, "Cómo Uruguay logró ser el país con mayor porcentaje de energía eólica de América Latina," BBC, 14 Marzo 2016. [Online]. Available: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160314\\_uruguay\\_energia\\_eolica\\_am](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160314_uruguay_energia_eolica_am). [Accessed 27 Mayo 2016].
- [10] Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), "Política Energética 2005-2030," Montevideo, Uruguay, 2010.
- [11] Administración del Mercado Eléctrico, "Informe Anual 2015," Montevideo, Uruguay, 2015.
- [12] Dirección Nacional de Energía (DNE), "Balance Energético Nacional 2014," Montevideo, Uruguay, 2014.
- [13] "Energía Solar al Día," [Online]. Available: <http://energiasolaraldia.com/brasil-chile-uruguay-los-invirtieron-mas-energias-renovables-america-del-sur-2015/>. [Accessed 05 06 2016].
- [14] IRENA, "Estadísticas de energía renovable 2016. America Latina y el Caribe," 2016.
- [15] "Integración energética, política y económica de Latinoamérica," in *Energía más limpia. Avances y desafíos de las energías renovables en 2015*, Florianópolis, 2015.
- [16] M. Solano-Peralta, "La energía solar fotovoltaica en Latinoamérica y el Caribe," *ENERLAC - Revista de energía de América Latina y el Caribe*, vol. VI, pp. 24-36, 2015.



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

- 
- [17] Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y social, "Plan Nacional de Desarrollo Paraguayo 2030," Asunción, Paraguay, 2014.
- [18] Viceministerio de Minas y Energía, "Balance Energético Nacional 2014," Asunción, Paraguay, 2015.
- [19] M. Frutos, Interviewee, *Facultad de Ingeniería (FIUNA). Universidad Nacional de Asunción.* [Entrevista]. 26 05 2016.
- [20] Centro de Innovación Tecnológica (CITEC), "Laboratorio de Sistemas de Potencia y Control (LSPyC)," Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (FIUNA), [Online]. Available: <http://www.dspyc.com.py/index-2.html>. [Accessed 01 06 2016].
- [21] A. López, L. Carreras and R. Gregor, "Implementación de algoritmos de control de posición en tiempo discreto aplicados a una estructura de dos grados de libertad en aplicación de generación solar fotovoltaica," Departamento de Sistemas de Potencia y Control, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Asunción, 2014.
- [22] B. C. S. Alvarenga, R. Gregor, D. Gregor and J. Pacher, "Implementación de estrategias de sincronización e interconexión a red de sistemas," 2013.
- [23] J. Domaniczky, Interviewee, *Parque Tecnológico Itaipú (PTI) - Paraguay.* [Interview]. 06 05 2016.
- [24] L. R. G. Mairhofer, Mapeo del Potencial Energético Solar y Eólico del Paraguay y de sus Recursos Hidroenergéticos en cuencas de la Región Oriental, Asunción: Universidad Católica de Nuestra Señora de la Asunción (UCA), 2013.
- [25] J. F. C. Mendoza and M. P. S. Boettner, Solución Energética Renovable para el cuartel Joel Estigarribia, Dpto. de Boqueron, Asunción: Universidad Católica de Nuestra Señora de la Asunción (UCA), 2011.
- [26] Poder Legislativo, *LEY N° 3009 - DE LA PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE INDEPENDIENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA (PTIEE)*, Asunción, 2006.
- [27] Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, "Situación de las energías renovables en Paraguay," 2011.
- [28] Viceministerio de Minas y Energía (VMME), "Viceministro de Minas y Energía (VMME)," [Online]. Available: <http://www.ssme.gov.py/>. [Accessed 23 05 2016].
- [29] E. Bohn, "Observatorio de Energías Renovables en América Latina y el Caribe. Caso Paraguay. Informe Final," Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), Agosto 2011.
- [30] R. Gonzalez, Interviewee, *Vice-Ministerio de Minas y Energía (VMME), Paraguay.* [Entrevista]. 16 05 2016.
- [31] L. Gill, Interviewee, *Parque Tecnológico Itaipú.* [Interview]. 09 05 2016.
- [32] A. Levin, Interviewee, *Energía Alternativa. Paraguay.* [Entrevista]. 18 05 2016.
- [33] Administración Nacional de Electricidad (ANDE), "Plan Maestro de Generación y Transmisión de Corto y Mediano Plazo. Periodo 2014-2023," Gaceta Oficial, 2014.
- [34] Fundación Parque Tecnológico Itaipú (PY), "Elaboración de la prospectiva energética de la República del Paraguay 2013-2040," Asunción, 2015.