

CUBA, MATRICES DE ENERGÍA Y FOTOVOLTAICA (FV)

Por Dr. C. **Daniel Stolik Novygrad***
* Profesor Titular de la Universidad de La Habana.
E-mail: stolik@imre.uh.cu

Resumen

Se muestra el comportamiento de una buena distribución de radiación solar mundial, la notable disminución de los costos de los sistemas y el kWh FV en forma sostenida durante 50 años. Se hace especial énfasis en los costos de los módulos y en el aumento de las instalaciones de nivel *utility*. La velocidad de desarrollo de la FV es mayor comparada con otras fuentes de generación eléctrica. Como dificultad se argumenta la extrema dependencia del mix en Cuba de los combustibles fósiles, así como la falta de liquidez en MLC para la importación de combustibles fósiles. Desde el punto de vista estratégico es necesario aumentar a mediano y largo plazos las instalaciones FV en el país en función de su soberanía energéutica.

Palabras clave: Costos, utility, soberanía energéutica.

CUBA, POWER ARRAYS AND PHOTOVOLTAICS (PV)

Abstract

The behavior of a good distribution of world solar radiation, the remarkable decrease of system costs and PV kWh in a sustained way during 50 years is shown. Special emphasis is given to module costs and the increase in utility-scale installations. The speed of development of PV is higher compared to other sources of electricity generation. The extreme dependence of the Cuban mix on fossil fuels, as well as the lack of liquidity in MLC for the import of fossil fuels, is argued as a difficulty. From the strategic point of view, it is necessary to increase in the medium and long term the number of PV installations in the country in order to achieve energy sovereignty.

Keywords: Costs, utility, energy sovereignty.

I: Introducción

El planeta recibe una gran cantidad de radiación solar, entre unos 800 y 2400 kWh/m²/año. En total, 93 % de la población mundial vive en países que tienen un potencial solar fotovoltaico (FV) diario medio de entre 3,0 y 5,0 kWh/kWp/día. En alrededor de 70 países la producción diaria media supera los 4,5 kWh por kWp de capacidad instalada. Un 86 % de la población mundial vive en 150 países en los que la diferencia entre la producción máxima y mínima en las diferentes estaciones es inferior a un factor de dos, y la producción diaria media es superior a 3,5 kWh/kWp. Además de sus bondades para el medioambiente, la energía solar FV es económicamente atractiva inclusive para países con un menor potencial de recurso solar, debido a los costos FV relativamente más bajos que los precios de la electricidad existente no de fuentes renovables de energía

(FRE), y también a una mayor carga diurna de la industria, entre otros factores.

Mundialmente se destaca el gran desarrollo FV tecnológico alcanzado, alto nivel de economía de escala, disminución de los costos, aumento de la eficiencia y penetración, integración, creciente volumen de instalaciones en muchos países, variedad de mejores prácticas e innovaciones, cambio de paradigma en generación—consumo de electricidad y liderazgo de producciones FV por parte de China, entre otros aspectos.

La vigilancia tecnológica, la consultoría FV y los Talleres de CUBAFV de la Universidad de La Habana, inicialmente en el Laboratorio FV de la Facultad de Física y posteriormente en el Instituto de Materiales y Reactivos (IMRE), han contribuido primero al convencimiento de las oportunidades que brinda la FV para su aporte eléctrico al MIX en Cuba, y después

al desarrollo FV alcanzado, aún incipiente pero sumamente importante, logrado en los últimos años por el Ministerio de Energía y Minas (Minem) y la Unión eléctrica (UNE) de Cuba.

La barrera más importante que presenta el país es la falta de liquidez monetaria para el financiamiento de las instalaciones FV, aspecto complejo que debe tener un cuidadoso análisis integral.

Desarrollo

La disminución de costos FV no es un comportamiento de hace pocos años, ha sido sostenido desde su comienzo en la década de los años 50 del pasado siglo xx, cuyo comportamiento del costo promedio aproximado para los módulos de silicio cristalino, primeramente mono y después poli, es el siguiente (Tabla 1):

Tabla 1. Comportamiento del costo promedio aproximado para los módulos

Año	USD/Watt	Año	USD/Watt	Disminución en 20 años
1956	300	1976	80	> 200 USD Watt FV
1977	80	1997	5	75 USD Watt FV
1998	5	2018	0,30	≤ 30 centavos USD/Watt FV

Nota: En 2020 era de 0,166 (16,6 centavos de USD/ Watt FV).

En un principio los costos de la celda y los módulos FV constituían la mayor parte del costo de las instalaciones FV, ya que los aportes de inversores, estructuras, cableados, instalación etc., eran comparativamente muy pequeñas, pero eso también fue cambiando. El aporte de la celda FV de silicio cristalino al costo del kWh FV final generado por una gran parte de las instalaciones FV es actualmente menor de un centavo de USD/kWh. Los costos records más bajos del kWh FV son actualmente los siguientes (Tabla 2):

Tabla 2. Costos más bajos del kWh FV en instalaciones FV de nivel utility

País	Centavos USD/kWh	Año
Portugal	1,32	2020
UAE	1,35	2020
Quatar	1,45	2020
Portugal	1,66	2019
Brasil	1,75	2019
México	2,06	2017
Chile	2,15	2017
UAE	2,42	2016
Chile	2,44	2016

Para Cuba hemos argumentado como podríamos bajar a menos de 5 centavos de USD/kWh FV, y tender a tres o menos en próximos años.

El abaratamiento y la producción en economía de escala produjeron espectaculares incrementos de la producción FV (Tabla 3).

Tabla 3. Producción anual mundial de módulos FV de 1993 a 2019

Año	MW	Año	MW	Año	MW	Año	MW
1993	52	2000	238	2007	3978	2014	45 965
1994	-	2001	319	2008	7050	2015	62 664
1995	56	2002	482	2009	11 261	2016	78 060
1996	-	2003	667	2010	21 400	2017	105 142
1997	100	2004	1160	2011	36 600	2018	115 973
1998	126	2005	1532	2012	36 487	2019	140 297
1999	169	2006	2068	2013	39 869	2020	

La hidroenergía ha sido y es la FRE con más generación de energía eléctrica, seguida por la eólica, mientras que la FV se ha continuado incrementando, tal como se muestra en la Fig. 1 de instalaciones anuales en términos de potencia:



Fig. 1. Evolución de instalaciones de FRE (sin hidroenergía).

En términos de energía, debido a la diferencia por el factor de planta, la participación de generación eléctrica por fuente añadida durante 2019, sin hidroenergía, fue de (Fig. 2):



Fig. 2. Producción de electricidad de FRE durante 2019.

El aporte de la generación acumulada, más hidroenergía (suma de lo anterior al 2019 + lo añadido) es el siguiente:

Hidroenergía: 15,9 %; Eólica: 5,9 %; FV: 2,8 %,
 Bio: 2,2 %; Otros: 0,4 %,
 Total 2019: 27,3 %

Los pronósticos mundiales a largo plazo de crecimiento de la FRE planteados desde hace varios años son disímiles, pero todos apuntan a una presencia mayor de la eólica y la FV, tendencias expuestas anteriormente (ver en libro *Energía FV para Cuba*, Stolik 2019).

La paridad (costo menor del kWh vs. el fósil) FV y eólica comenzó con el diésel, posteriormente se fue extendiendo este comportamiento y generalizándose al resto los combustibles fósiles, en dependencia del nivel de radiación solar y de la velocidad del viento promedio in situ.

Comportamiento de la matriz eléctrica en regiones vs. Cuba

La energía primaria se refiere a todos los tipos de consumos energéticos, como: calor, electricidad y transporte, cuyas matrices energéticas se muestran a continuación (Fig. 3).



Fig. 3. Distribución porcentual regional por tipos de energía primaria en 2019.

Las matrices energéticas específicas de generación eléctrica han ido dependiendo menos del petróleo (genérico que incluye los fósiles líquidos: crudo, fuel y diésel). Ver Fig. 4.

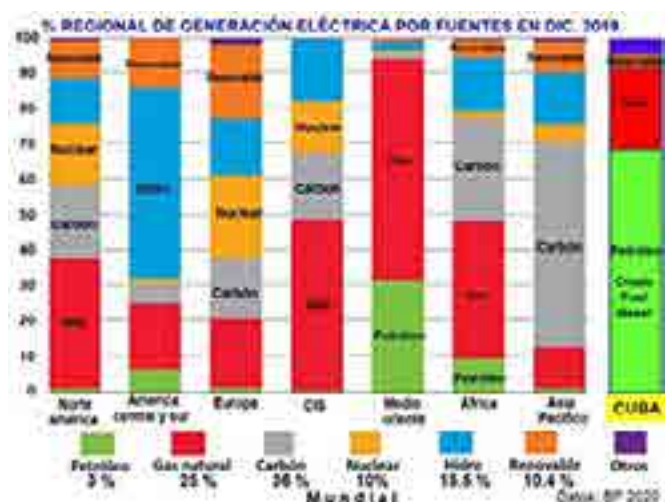


Fig. 4. Porcentaje regional de generación eléctrica por fuentes, 2019.

El propósito de estas comparaciones es demostrar la enorme dependencia de Cuba del petróleo para su generación eléctrica. Nótese que se parece más a la matriz de los países grandes productores de petróleo y gas natural del Medio Oriente, solo que inclusive utilizamos más petróleo y menos gas natural que ellos. Esta es una de las causas del encarecimiento de la generación eléctrica en Cuba (Fig. 5).



Fig. 5. Generación mundial eléctrica por fuentes (1987-2019).

Mundialmente la generación eléctrica por quema de petróleo (crudo, fuel y diésel) es aproximadamente solo de 3%. En la figura anterior (línea verde) se muestra cómo ha ido disminuyendo. El aumento de la renovable (línea naranja) ha sido por la evolución de la eólica más la FV. Podría interpretarse que ese comportamiento va tributando mundial y paulatinamente con buena velocidad a la ansiada y necesaria descarbonización del planeta, pero en realidad para lograr 100 % de la sustitución de los combustibles fósiles planteadas por muchos países en varias decenas de años, muchas de ellas para 2050, es necesario multiplicar por lo menos tres veces las instalaciones anuales de FRE, con énfasis en la eólica y la FV.

En la *Vitecfv* No. 10 [Stolik, 2021] mostramos que los niveles de penetración de la FV en Cuba son todavía muy pobres comparados con otros países; además de que el desarrollo industrial y agrícola del país requerirá, aunque logremos una buena eficiencia energética, mayores consumos de energía eléctrica.

III. Conclusiones

Lograr solo 24 % de generación eléctrica por FRE para el 2030 no tributa a una disminución de la utilización de combustibles fósiles; es un enorme reto, que ya no es tanto de carácter tecnológico, sino financiero, sobre lo cual continuaremos abundando en próximas publicaciones de *Vitecfv* (www.cubasolar.cu).

La FV, con las oportunidades, ventajas y potenciales que tienen en el país, puede brindar un gran aporte, con la combinación de la generación centralizada más descentralizada, utilizando la flexibilidad de las plantas térmicas, las posibilidades de utilizar el mínimo técnico de las de crudo nacional en función del pico eléctrico fatal

vespertino nocturno, el desarrollo FV en todos los sectores (utility, industrial, comercial, social y residencial), la correspondencia carga-radiación solar, el autoconsumo FV, el aumento paulatino del almacenamiento, entre otros factores (ver argumentos y análisis en *Energía fotovoltaica para Cuba*, que acaba de obtener Premio Nacional a la Crítica Científico Técnica, otorgado por el Instituto del Instituto Cubano del Libro.

Realmente ya pasó el tiempo y el proceso de convencimiento de que la energía FV es buena y muy necesaria, que se ha impuesto, aunque más bien debido a la disminución de sus costos, que por la lucha llevada a cabo para el muy necesario cuidado del medioambiente y la mitigación del calentamiento global.

La sustitución de los combustibles fósiles es un proceso largo y paulatino que depende de las características de cada país, entre otros aspectos. Para Cuba es necesario precisar aún más: qué hacer, cómo, cuándo, rutas críticas, metas, alternativas de financiamientos, entre otros mu-

chos aspectos específicos para llevar a vías de hecho una estrategia integral mayor, conducente a la sustitución de los combustibles fósiles para la generación eléctrica y el transporte, aspecto que depende de precisar aún más los términos en la política energética del país.

IV. Bibliografía

STOLIK NOVYGRD, DANIEL (2017). «Los costos de la energía fotovoltaica (FV)». En revista *Eco Solar* 60, abr.-jun., 2017. La Habana: Ed. Cubasolar.

STOLIK NOVYGRD, DANIEL (2019). *Energía fotovoltaica para Cuba*. La Habana: Ed. Cubasolar. ISBN: 978-959-7113-56-0.

STOLIK NOVYGRD, DANIEL (2019). «Disminución de los costos del kWh fotovoltaico». En revista *Eco Solar* 70, oct.-dic., 2019. La Habana: Ed. Cubasolar.

STOLIK NOVYGRD, DANIEL (2021). Vitecfv. No. 10. En www.cubasolar.cu

Recibido: 10 de enero de 2021

Aceptado: 15 de abril de 2021