

Vitecfv # 23. SOBRE ESTRATEGIAS FV

DR.C. DANIEL STOLIK

MARZO 15 2021

VELOCIDAD CON QUE SE DESARROLLA LA FV

La energía FV fué una de las últimas en sumarse al desarrollo de la generación eléctrica mundial, las invenciones de generación hidroeléctrica y de electricidad eólica datan de finales del siglo XIX, mientras que las celdas FV de estado sólido surgieron en la década de los 50 del siglo XX. Cuando a nivel mundial se llegó a instalar el primer MW FV en 1975, la generación eléctrica en base a las distintas fuentes, mayormente fósil, ya era superior de 10 000 TWh /año. Desde entonces (1975-2021), la generación mundial en TWh creció alrededor de 2 veces y media, mientras que la potencia FV en MW creció 700 000 veces, no obstante era y es tan grande la generación eléctrica mundial por otras fuentes que la FV todavía representa hoy solamente cerca de un 4 % de la generación eléctrica mundial. Las instalaciones FV superan los 100 000 MW FV /año y se acerca hoy a los 200 000 MW FV/año, aproximadamente el aporte FV aumenta un 1 % anual a la generación mundial que actualmente es de unas 27 000 TWh/año.

En la década de los años 60 las instalaciones FV comenzaron a aplicarse en satélites y naves espaciales. Más tarde comenzaron a aplicarse en la superficie del planeta.

En el año 2013 en Cantarrana se instaló el primer parque FV en Cuba conectado a red de 1 MWp, antes se había instalado en el país miles de sistemas remotos - aislados que sumaban en total menos de 3 MWp FV.

Mundialmente, en 1975 solo habían instalados unos 0.75 MW FV, 5 años después en 1980 el acumulado era de 3,3 MW (40 veces más). Aunque los incrementos en % eran notables, lo que aún se lograba en términos absolutos era poco.

Los primeros 100 MW FV se alcanzaron en 1992, el país líder en dicho año fueron los EEUU. En el próximo grafico se muestran los años (sombreados en amarillo) de liderazgo (primero en el ranking) de los EEUU, desplazado por Japón (sombreado azul) a partir de 1997 y Alemania por Japón en 2004. Japón y Alemania fueron los dos países que en 2004 sobrepasaron por primera vez 1 000 MW FV instalados acumulados.

4 PAISES

LIDERES MUNDIALES EN ACUMULADO DE INSTALACIONES FV:

EEUU DE 1978 A 1996

JAPON DE 1997 A 2003

ALEMANIA DE 2004 A 2014

CHINA A PARTIR DEL 2015

stolik@imre.uh.cu

MW	EEUU	JAPON	ALEMANIA	CHINA	MUNDIAL
1992	43.5	19	2.9		105
1993	50.3	24.3	4.3		130
1994	57.8	31.2	5.6		158
1995	66.8	43.4	6.7		192
1996	76.5	59.6	10.3		309
1997	88.2	91.3	16.5		422
1998	100	133	21.9		566
1999	117	209	30.2		807
2000	139	330	89.4	19	1 250
2001	168	453	207	23.5	1 615
2002	212	637	324	42	2 069
2003	275	860	473	52	2 635
2004	376	1 132	1 139	62	3 723
2005	479	1 422	2 072	70	5 112
2006	624	1 709	2 918	80	6 660
2007	831	1 919	4 195	100	9 183
2008	1 169	2 144	6 153	140	15 844
2009	1 256	2 627	9 959	300	23 185
2010	2 528	3 618	1 7372	800	40 336
2011	4 383	4 914	2 4858	3 300	70 469
2012	7 272	6 632	32 462	6 800	100 504
2013	12 079	13 599	35 766	19 727	138 856
2014	18 280	23 300	38 200	28 199	178 391
2015	23 500	32 000	40 000	43 500	233 000
2019	58 300	68 300	52 200	112 000	450 000

China en el año 2000 tenía solamente 19 MW FV, de unos 1 250 MW FV que habían a nivel mundial, pero 15 años después, en el 2015, con 43 500 MW FV acumulados, China desplazó a Alemania como primero en el ranking, liderazgo que mantiene y mantendrá por mucho tiempo. Los otros países que sobrepasaron los 1 000 MW FV después de Japón y Alemania fueron EEUU y España en 2008, año a partir del cual, no dejaron de incorporarse más países al grupo con más de 1 000 MW FV, los que en el año 2020 ya eran 40 países, como se muestra en el siguiente gráfico.

PAÍSES QUE ALCANZARON MAS DE 1000 MW FV INSTALADOS

año	#	Países
2004	2	Alemania , Japón
2008	4	España, EEUU
2009	5	Italia
2010	8	Francia, Rep. Checa. Bélgica
2011	10	Australia, China
2012	15	Reino Unido, Grecia, India, Sur Corea, Bulgaria
2013	17	Canadá, Rumania
2014	20	Tailandia, Holanda, Suiza
2015	21	Suráfrica.
2016	24	Chile, Taiwán, Austria
2017	29	Turquia, Israel, Brasil, Pakistán, Ucrania
2018	30	México
2019	36	Vietnam, EAU, Egipto, Polonia, Rusia, Dinamarca
2020	40	Filipinas, Jordania, Malasia, Portugal

Numero de países

Europa	18
Asia y Medio oriente	14
EEUU y Canadá	2
América Latina	3
África	2
Oceanía (Australia)	1

stolik@imre.uh.cu

Las instalaciones FV mundiales pasaron de unas 178 MW en el año 2014 a 747 MW en 2020 (según datos previos), que aumentaron a pesar de la pandemia.

CRECIMIENTO FV ENTRE 2014 y 2020

FV	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Adición anual MW	42	50	77	104	193	115	120
Acumulado MW	178	228	305	409	512	227	747

ESTRATEGIAS FV

El número de países que se sumaron a la planificación de una estrategia para la sustitución de los combustibles fósiles por FRE fue creciendo. En el 2010 la potencia mundial hidroeléctrica era de 1 024 833 MW y alrededor de 19 países superaban los 10 000 MW de potencia de las restantes FRE, 10 años después en 2019 la hidroeléctrica, fuente de mayor desarrollo histórico, aumento a 1 310 292 MW, mientras que 32 países superaban los 10 000 MW del resto de las FRE (excluyendo las hidro).

El número de países con políticas de FRE ha ido creciendo, de 158 en 2018 pasó a 172 países en 2019 y los que definían metas de FRE pasaron de 169 en 2018 a 172 en 2019. 23 países tienen marcos regulatorios para obtención de calor.

Los países con metas del 100 % con FRE se diferencian:

- Un solo país tiene meta del 100 % con FRE para el transporte.
- Un país tiene meta del 100 % en sistemas de calor y frío.

- Un país tiene el 100 % de meta con FRE en energía primaria o final con FRE. Lamentablemente son aún muy pocos y el número de países debe ir creciendo paulatinamente al respecto.

Sin embargo un panorama distinto se muestra en el número de países que cuentan con metas del 100 % en FRE para la generación de electricidad, de 57 países en 2018 pasaron a 61 en 2019. Este comportamiento más favorable sugiere que los países por distintas razones (históricas, tecnológicas, económicas, de política, etc.) abordan primero mayores metas para la generación de electricidad.

VARIANTES DE ESTRATEGIA

Aunque la meta del 100 % muestra un mismo objetivo para los países, la forma de lograrlo es diferente, depende de muchos factores, donde se incluyen las características de cada país, es por eso del cuidado que hay que tener cuando analizamos la experiencia de un país aislado, en lugar de las distintas experiencias y comportamientos de un número mayor de países, donde la coincidencia, en nuestro caso con Cuba, de algunas características, similitudes y diferencias están dispersas en los variados ejemplos de distintos países.

En ocasiones, cuando se plantean comparaciones con resultados adversos, se recurre a la descalificación de la comparación, los que pueden ser o no ciertos en algunos casos. En Cuba la revolución con mucho orgullo se plantean comparaciones con el resto mundial, como: esperanza de vida, natalidad, calidad de productos como tabaco y ron), salud pública, entre otros acápites. Pero en la generación y consumo eléctrico a pesar de resultados obtenidos en distintos aspectos, como la de pasar de 56 % en 1958 al 100 % de la población, la estrategia futura para lograr en primera instancia una soberanía electro energética del país es en mi criterio extremadamente conservadora. Entre ellas se encuentran las velocidades para el crecimiento de la FV en Cuba.

Uno de los elementos principales para definir la estrategia para el desarrollo del servicio eléctrico de un país es el potencial por fuentes de energía para la generación y el consumo de la electricidad.

PAISES CON MAYORES POTENCIAS HIDROELÉCTRICAS:

La potencia hidroeléctrica es la de mayor de todas las FRE, puede generar las 24 horas del día, solo interrumpido en presencia de largas sequías. Los países con mayor potencial son:

País	MW	País	MW
China	322 000	India	45 000
Brasil	104 000	Noruega	31 000
Canadá	81 000	Turquía	28 000
EEUU	80 000	Japón	22 000
Rusia	47 000	Francia	19 000

El potencial de Cuba se estima en menos de 600 MW

En todo el mundo en octubre 2020 habían 257 hidroeléctricas mayores de 1000 MW. Se pudiera pensar que estos países con tanto recurso hidroeléctrico pudieran prescindir de la FV, sin embargo:

- China es también el primer país en instalaciones FV
- Noruega de un total de 135 TWh posee el 99 % con generación hidroeléctrica, no obstante tenían 90 MW FV en 2019
- Brasil, hoy con 7 500 MW FV y segundo país en producción hidroeléctrica mundial (con más de 60 % de aporte hidro a la generación eléctrica total del país), hace grandes inversiones en su estrategia FV.

- Costa Rica que está muy cerca del 100 % en FRE, hidro 78 % el resto en eólica, geotérmica, biomasa y FV.
- Uruguay también con 98 % se acerca al 100 % en FRE: hidro 56 %, Eólica + biomasa + FV: 42%, 248 MW FV en 2019.

Son más los ejemplos de países que basan su estrategia en el recurso hidroeléctrico, otros como Islandia en el recurso geotérmico, los hay con mucho viento de altas velocidades en el eólico y también los que aportan más en base al recurso FV para acercarse lentamente al 100 %, como es el caso de Cuba, Hawaii, Israel, Islas del Caribe y Oceanía, entre otros.

En las estrategias se pronostica que las velocidades de incrementos eólicos y FV continuaran siendo mayores que la hidro, que en un futuro a mediano y largo plazos ocuparán los dos primeros lugares en la generación eléctrica por FRE. No obstante seguirá siendo sumamente importante a nivel mundial la energía hidroeléctrica, aunque lamentablemente menos para Cuba

PAISES CON MAYORES POTENCIAS ELECTRO NUCLEARES

La generación de electricidad vía plantas nucleares conforman un 11 % de la generación eléctrica mundial. Los países con mayor potencial nuclear en 2019 son:

País	TWh	%	País	TWh	%	País	TWh	%
EEUU	807	19	Canadá	95	15	Suecia	64	40
Francia	393	71	Alemania	72	12	Japón	49	6
Rusia	191	18	Ucrania	84	53	India	35	3
China	286	4,2	Reino Unido	59	18	Rep Checa	28	34
Corea	127	23	España	55	19	Bélgica	27	39

En este caso se pudiera pensar que como la nuclear sustituye combustibles fósiles y genera las 24 horas del día no haría falta enredarse con eólica y FV por ser intermitentes, sin embargo los países referidos en la tabla anterior incluyen Las FRE en su estrategia, por ejemplo en FV ocupan actualmente los siguientes lugares::

País	FV	MW FV	País	FV	MW FV	País	FV	MW FV
EEUU	2	95 000	Canadá	20	3 400	Suecia	42	650
Francia	9	11 000	Alemania	4	55 000	Japón	3	70 000
Rusia	37	1 200	Ucrania	14	7 000	India	5	40 000
China	1	250 000	R. Unido	8	13 500	R. Checa	26	2 100
Corea	10	11 000	España	11	10 000	Bélgica	16	5 000

En la segunda columna se muestra el lugar del ranking FV que ocupan y en la tercera columna la potencia FV instalada.

PAISES CON MAYORES RESEVAS DE PETROLEO

La generación de electricidad mundial en base a combustibles fósiles ha ido disminuyendo muy lentamente y aun representa la mayor parte de la generación eléctrica mundial, que en términos aproximados es la siguiente:

- Carbón 38 %
- Gas natural 23 %
- Hidroelectricas 16 %
- Nuclear 11 %
- FRE (sin hidro) 9 %
- Petróleo (crudo, fuel, diésel) 3%

La mayor parte del petróleo líquido (crudo, fuel, diésel) se quema para el transporte y motores de combustión interna más producción de calor, muy poco relativamente en

generación eléctrica, salvo en algunos pocos países como es el caso de Cuba, uno de los motivos de encarecimiento del kWh.

La evolución para sustituir los combustibles fósiles será paulatina y lenta, en forma diferenciada para países que lo importan de otros que se autoabastecen y lo exportan. De todas formas la extracción de combustibles fósiles está condenada a muerte, inclusive antes de acabarse debido al incremento de costos debido a la escasez que comenzara a producirse , ya sea en 50, 100 o 200 años, es un problema de tiempo.

A diferencia del potencial FV en todo el planeta donde la radiación solar entre el máximo y el mínimo fluctúa solo en 3 veces, con una frecuente distribución bastante homogénea como es en Cuba; las reservas probadas de petróleo están muy mal repartidas de acuerdo con la siguiente relación (numeración del ranking) por países (entre paréntesis en miles de millones de barriles de petróleo):

1-Venezuela (315), 2-Arabia Saudita (260), 3- Canadá (171), 4- Iran (157), 5-Irak (143), 6-Kuwait (104), 7- Emiratos Árabes Unidos (98), 8-Rusia (80), 9-Libia (48), 10- EEUU (46), 11-Nigeria (37), 12-Kasajtan (30), 13-Catar (25), 14-China (25), 15-Mexico (13), 16-Brasil (13), 17-Algeria (12), 18- Ecuador(8),.....61-Cuba, desde el lugar 61 hace varios años aparece con una reserva mucho más pequeña de 124 millones de barriles de petróleo, sin contar posibles nuevos hallazgos como el de la parcela # 9.

Nótese que muchos de los primeros con reservas probadas de petróleo son países del Medio Oriente, que no obstante también comienzan a explotar el recurso abundante FV que poseen, como ejemplo destacamos el de EAU (Emiratos Árabes Unido) con 9 millones de habitantes (85 % de inmigrantes), superficie más pequeña que Cuba, ocupa el 7mo lugar de países del mundo en reservas de petróleo (más que EEUU y Rusia inclusive). No obstante en 2020 tenían el 7 % de la generación eléctrica con FRE, y una estrategias del 25% en 2030 y 75% en 2050. En EAU está en construcción una de las plantas FV más grandes del mundo de unos 5 000 MW FV.

CONCLUSIONES

El análisis diverso e integral expuesto escuetamente tributa a la seguridad del recurso FV como aporte para la sustitución paulatina de los combustibles fósiles, con mucho más razones en Cuba, el país no tiene carbón, ni electronuclear, muy poco recurso hidroeléctrico, tampoco geotérmico, las marinas no despegan mundialmente por problemas tecnológicos y de costos, sus posibilidades mayores para migrar al 100 % de la generación eléctrica, el transporte eléctrico y la producción de calor, están en la combinación de las diferentes variantes de bioenergías, + eólica (con más de 5 000 km² de umbral necesario de viento + radiación solar bien distribuida en los 110 000 km² del país. Ya existe un consenso al respecto pero se aduce que el problema del financiamiento no permite planes mayores. No se hacen planteamientos, como ya en cerca de la mitad de países del mundo, de metas escalonadas hacia el 100% de FRE. La utilización del petróleo crudo por supuesto que ayudara a la transición energética, sobre todo a partir de las posibilidades de utilizar el mínimo técnico de las termoeléctricas de crudo en función de mitigar los picos de consumo eléctrico. Sobre el financiamiento recalamos que las inversiones FV bien hechas para el desarrollo eléctrico del país tributan a una más rápida y altamente necesaria sustitución de importación de combustibles fósiles.

Dr. C. Daniel Stolik
stolik@imre.uh.cu
danielstoliknov@gmail.com