



Vitecfv # 46. POSICIÓN DE LA FV EN CUBA

DR.C. DANIEL STOLIK

AGOSTO 3 2021

La revolución en Cuba ha aportado un notable desarrollo eléctrico del país, que ha sido en base a una infraestructura, todavía existente, de bloques de generación termoeléctrica y motor. La parte del combustible fósil importado, con el transcurso del tiempo, ha ido, como promedio encareciéndose y la estrategia fósil fue dejando de ser tan atractiva, la relación precio exportación de azúcar vs costo combustible fósil fue deteriorándose, la seguridad energética se ha visto muy comprometida por la dependencia (falta de soberanía energética) y el abominable bloqueo de los EE.UU, que complica más la situación al respecto. Por otra parte, con el mayor respeto, estimo que las posibilidades de la alternativa de las Fuentes Renovables de Energía (FRE) fueron abriéndose paso con mucha dificultad, la FV fue muy desestimada por mucho tiempo, pero afortunadamente es historia antigua y ya está planteada la estrategia de cambiar la matriz de generación eléctrica mediante la sustitución de los combustibles fósiles. Ciertamente la falta de liquidez en MLC complica la alternativa del 100% de FRE, pero no obstante, opino que, lógicamente, debido a la influencia de haber tenido fundamentalmente un desarrollo eléctrico en el país vía fósil, las variantes de transición energética a favor de las FRE que se han planteado son realmente muy conservadoras, aspecto en el que hemos insistido. Realmente se está haciendo un esfuerzo para aumentar las FRE, en el caso de la FV ha habido una gran apertura, inclusive mediática en la prensa, a veces con un sesgo triunfalista que creo no ayuda a tener una correcta apreciación del aporte que debe tributar la FV y otras FRE a la soberanía energética del país. En el ámbito de un análisis integral, se debe conocer y analizar las mejores prácticas mundiales que podemos adoptar, pero también cuales no son recomendables de acuerdo con nuestras propias características. Entre toda la problemática al respecto, un factor particular es conocer nuestra posición con relación al desarrollo mundial para la sustitución de los combustibles fósiles, aspecto que, con relación a la FV periódicamente hemos reportado sobre:

- Per cápita de consumo eléctrico. (ver en [vitecfv # 19](#))
- Potencial FV - yield kWh/kWp - (ver en [vitecfv # 31](#))
- MWp de Instalaciones FV. (ver en [vitecfv # 28](#))
- % de Penetración FV. (ver en [vitecfv # 4 y # 32](#))

En este vitecfv # 46 actualizamos los análisis anteriores, además, añadimos dos importantes parámetros que pocas veces se ofrecen en los distintos estudios que se publican, que caracterizan más fehacientemente los lugares que ocupan los países y particularmente Cuba en el desarrollo de la energía FV, que son:

- Per cápita en potencia eléctrica de generación FV (Watt FV/hab)
- Per cápita en energía eléctrica de consumo FV (kWh FV/hab)

1.- PER CÁPITA DE CONSUMO DE ELÉCTRICIDAD POR PAÍSES.

Uno de los principales puntos de partida a tener en cuenta para el desarrollo del país es determinar el nivel de electrificación general y por sectores de corto a largo plazo. Existe una enorme diferencia del consumo de electricidad por países, Nótese que los mayores per capitales corresponden a países de Europa, América del Norte y países del Medio Oriente. También se incluyen altos niveles de consumo per cápita eléctrico en islas pequeñas, posiblemente debido al nivel de turismo existente, como por ejemplo en el Caribe: La mayoría de los países de América Latina muestra niveles intermedios, los de África son los de menor consumo de electricidad. A continuación se muestra la actualización 2019 -2020, identificada regionalmente por países:

EUROPA **ASIA PACIFICO** **EEUU-Canadá** **AL y C** **ORIENTE MEDIO** **AFRICA**

Cuba ocupa el lugar 126, por sectores, cerca del 60% es residencial, que creció el doble en los últimos 10 años, mientras que durante ese periodo el sector industrial no aumentó y su consumo

es aproximadamente solo de un 19 % (ver vitecfv # 19), por lo que una prioridad debe estar en el aumento de la FV en las industrias, tanto existentes como en las de nueva creación.

PER CÁPITA POR PAÍSES DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD. kWh/hab./año

	PAÍS	kWh/hab	PAÍS	kWh/hab	PAÍS	kWh/hab	PAÍS	kWh/hab
1	Islandia	50 409	España	4 788	Costa Rica	1 925	Pap.N.Guinea	445
2	Noruega	22 351	Italia	4 703	Mongolia	1 872	Lesoto	430
3	Kuwait	19 300	Reino Unido	4 702	Kirguizistan	1 764	YIBUTI	409
4	Bahrén	17 349	Bulgaria	4 642	Armenia	1 751	Pakistán	395
5	Qatar	15 236	Malta	4 641	Micronesia	1 743	Mozambique	384
6	Finlandia -	14 859	Montenegro	4 604	Chipre	1 726	Cambodia	346
7	Canadá	13 854	Portugal	4 556	Albania	1 662	Bangladesh	329
8	Suecia -	13 085	Serbia	4 251	Granada	1 637	Ghana	319
9	EEUU	11 730	Malasia	4 193	Uzbekistan	1 605	STomé-Prínc.	290
10	EAU	11 329	Montserrat	4 154	Botswana	1 569	Angola	277
11	Luxemburg.	10 304	Hungría	4 029	Jordania	1 554	Sudán	266
12	Taiwán	10 058	Chile	4 026	Egipto	1 533	Mauritania	264
13	Liechrens	10 057	China	3 991	Paraguay	1 515	Myanmar	263
14	Isl. Caimán-	9 980	Libia	3 962	Rep. Dominic	1 489	Costa Marfil	260
15	Corea Sur	9 793	ITurc Caicos	3 908	Namibia	1 479	Sáhara Occ.	151
16	Guam	9 502	Polonia	3 903	CUBA XXXX	1 461	Kiribati	241
17	N. Caledonia	9 992	Lituania	3 844	Tayikistán	1 460	Camerun	241
18	Australia	9 008	Croacia	3 768	Vietnam	1 450	Senegal	222
19	Arabia Saudí	8 668	Chipre	3 774	S Vic. y Gran.	1 439	Vanuatu	196
20	Bermudas	8 425	I.Cook	3 687	Perú	1 397	Congo	172
21	Macao	8 263	Surafrica	3 668	Dominica	1 395	Nepal	164
22	Trin.Tobago	8 163	Letonia	3 614	Niue	1 395	Mali	152
23	Groenlandia	8 123	SCrist.Nievs	3 593	Colombia	1 390	Afganistán	150
24	Brunéi	8 119	Seychelles	3 391	Ecuador	1 341	Kenya	146
25	N. Zelanda	8 020	Barbados	3 361	Moldavia	1 307	Togo	146
26	S.PedroMiq.	8 000	Bielorrusia	3 347	Túnez	1 302	Islas Salomón	139
27	Omán	7 957	SamoaAmer	3 613	Algeria	1 302	Gambia	130
28	Gibraltar	7 802	Uruguay	3 179	Suazilandia	1 295	Yemen	123
29	Marshall	7 758	Br.Virgin I	3 143	Belize	1 133	Nigeria	115
30	Singapur	7 680	Ant Barbud.	3 135	Guyana	1 053	Tanzania	97
31	Japón	7 519	Bosnia Herz.	3 090	Jamaica -	1 013	Benín	88
32	Aruba	7 312	Ucrania	3 033	Iraq	989	Etiopia	83
33	Austria	7 292	Macedonia	3 020	Maldivas	954	Timor Oriental	77
34	Estonia	7 158	Libano	2 87	Gabón	928	Burkina Faso	74
35	Bélgica	7 010	Surinam	2 871	El Salvador	915	Rep. D. Congo	73
36	Suiza	6 956	Turquía	2 818	Fiji	908	Uganda	71
37	Alemania	6 693	Bután	2 792	India	857	Malawi	62
38	Francia	6 644	Irán	2 783	Santa Elena	828	Madagascar	58
39	Rusia	6 418	Turkmenistn	2 729	Indonesia	799	Eritrea	58
40	Eslovenia	6 373	Tailandia	2 721	Marruecos	794	Liberia	54
41	Israel	6 340	Argentina	2 661	Honduras	781	Níger	46
42	Países Bajos	6 296	Andorra	2 588	Laos	734	Comoras	46
43	Jersey	6 234	Venezuela	2 512	Siria	729	Guinea	44
44	I.Virg.Amer.	6 162	Georgia	2 509	Filipinas	717	Sierra Leona	42
45	Puerto Rico	6 108	Brasil	2 405	Bolivia	668	Ruanda	41
46	Rep. Checa	5 825	Rumania	2 330	Zambia	633	Sudan Sur	37
47	Hong Kong	5 771	Nauru	2 2881	Cabo Verde	629	Haití	37
48	Dinamarca	5 626	West Bank	2 237	Samoa	602	Burundi	32
49	I.Feroe	5 529	Panamá	2 236	Guatemala	589	Somalia	26
50	I.Malvinas	5 525	Polinesya Fr.	2 134	Nicaragua	578	R.Centroafic.	26
51	Grecia	5 363	Santa Lucia	2 061	Guin,Ecuador	556	Guinea Bissau	19
52	Irlanda	4 961	Kosovo	2 047	Sri Lanka	553	Chad	12
53	Kazajistán	4 936	Mexico	2 010	Nor Corea	541		
54	Bahamas	4 898	Azerbaiyan	1 983	Zimbabue	489		
55	Eslovaquia	4 897	Mauricio	1 976	Tonga	455	I.Mariana Nort	0,01

Sombra azul prusia: Europa. Negrita: EEUU y Canadá. Sombra azul: Asia Pacífico.
Sombra amarillo Amér. Lat.-Caribe. Sombra verde: África. Letra roja: Oriente Medio.

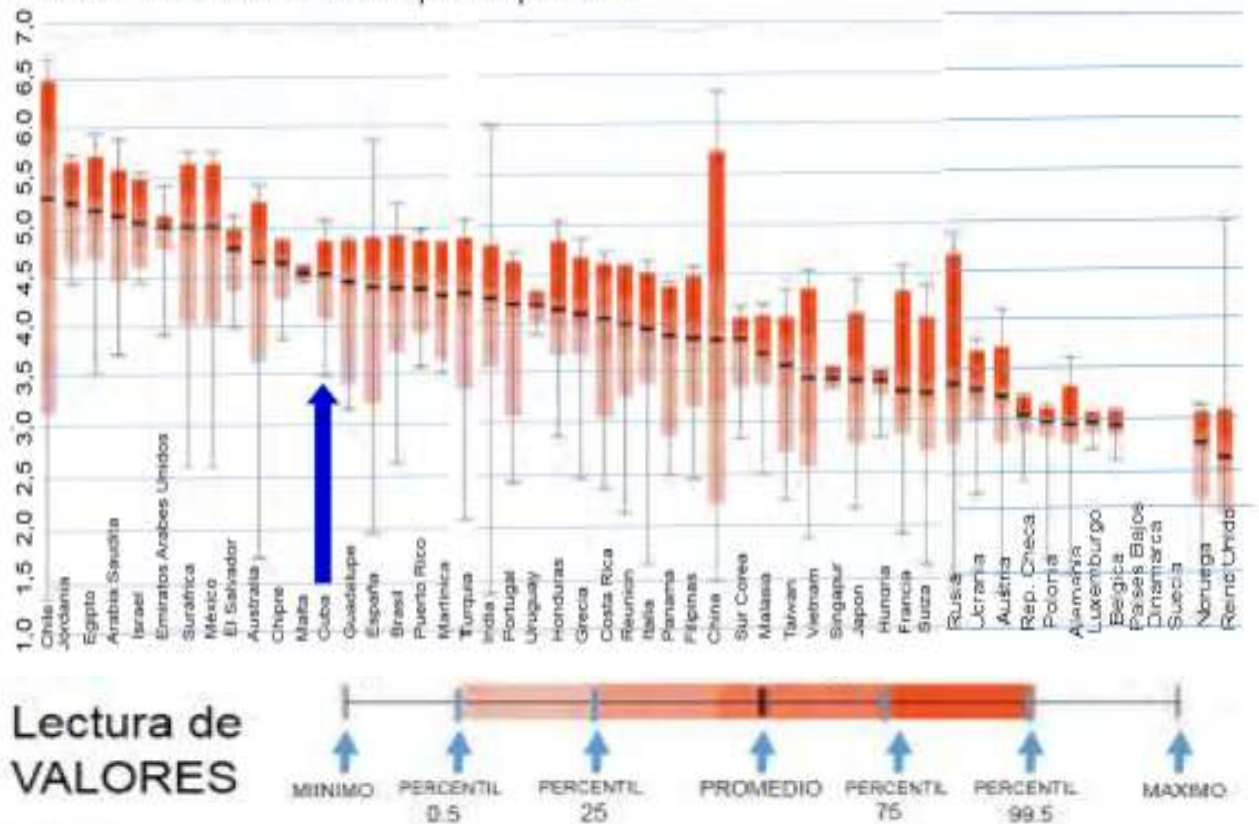
Datos: Index Mundi 2020 y otros

El desarrollo del turismo también precisa de mayores consumos eléctricos, a esto se le suma el incremento paulatino y sostenido del desarrollo del transporte eléctrico. La FV sola no puede resolver el reto, pero puede dar un buen aporte a este propósito, ya que la FV “se pinta” para darle electricidad a la industrias, mucho más barato que el MIX actual entre

otras bondades expresadas en otras “Señales FV”. El aumento del sector industrial debe ser compartido por presupuesto estatal más inversión sectorial, el estatal puede tributar en variantes con incentivos que abordaremos en otras ocasiones.

2.- POTENCIAL FV CUBA vs MUNDIAL (kWh/kWp - yield)

Como hemos analizado anteriormente, los niveles de radiación solar se expresan de distintas formas, por ejemplo en kWh/m²/año, medida con piranómetros en superficie o por vía satelital, con una relativa baja incertidumbre. Una medición que expresa directamente la distribución geográfica del potencial FV (que tiene en cuenta las pérdidas), es la del promedio de electricidad FV generada en kWh FV vs potencia instalada en MWp (kwh/MWh denominado yield), que ha sido determinado en promedios para más de 200 países y territorios por la Empresa Solargis a solicitud del Banco Mundial, del que mostramos a continuación una amplia comparación:



La inmensa mayoría de los países poseen un potencial FV promedio anual entre 2,5 y 5,5 kWh/kWp, La de Cuba es una de las mejores del mundo, de unos 4,5 kWh/kWp, pero con una distribución notablemente homogénea., compárese con Chile , donde cuenta en el norte con los potenciales más altos del mundo pero también con los más bajos hacia el sur. Entre unos 180 países los de menor potencial FV, que se muestran en orden descendente, son: **Alemania, Luxemburgo, Bélgica, Países Bajos, Dinamarca, Suecia, Finlandia, Noruega y Reino Unido**. Del total instalado, el potencial FV más alto de Alemania es dos veces menor que el más bajo de Cuba (en el Pural oriental).

110 000 km² DE CUBA POSEEN UN ALTISIMO POTENCIAL FV (vitecfv #6, #28 y %31).

3.- INSTALACIONES EN MWp FV POR PAÍSES

En el vitecfv # 28 actualizamos el listado de las instalaciones FV por países en diciembre de 2020, que cada año mostramos, donde aparece Cuba en el lugar 69.

En dicho listado se muestran las potencias instaladas independientemente de otros factores, como por ejemplo sin tener en cuenta el número de habitantes de cada país, donde cabría preguntarse qué lugar ocuparía Cuba en per cápita al respecto. En este sentido a continuación se muestra el listado del per cápita en Wp/hab instalado

4.- PER CAPITAS FV EN Wp/hab. POR PAÍSES.

Del listado en Wp/hab. de instalaciones FV resulta que de los países con mayor población que Cuba, 59 muestran un per cápita mayor que el de Cuba, mientras que el análisis de unos 25 países con menos habitantes que Cuba también poseen per capitas de Wp FV mayores que Cuba, por lo que en total más de 80 países, con mayor o menor población o con mayor o menor MW FV instalados poseen más MW FV /hab. que Cuba, o sea, la relación es más desfavorable que la de los 69 países con instalaciones en términos solamente de MWp (no por habitantes).

FV EN Wp/hab. POR PAÍSES.

ASIA EUROPA OCEANÍA AL Y C ÁFRICA Y ORIENTE MEDIO

PAIS	MW FV 2020	HAB. Mill.	Watt/hab	PAIS	MW FV 2020	HAB. Mill.	Watt/hab	PAIS	MW FV 2020	HAB. Mill.	Watt/hab
China	254 000	1 440	176	EAU	2 400	10	24	Malta	184	0,5	368
EEUU	96 000	331	290	Austria	2 200	9	244	Puerto Rico	165	2,8	59
Japón	71 000	126	563	R Checa	2 070	11,7	177	CUBA	163	11,2	15
Alemania	54 000	84	642	Hungría	1 950	9,6	203	Polynesia	39	0,280	128
India	40 000	1 380	29	Egipto	1 700	102	16	Guam	35	0,158	203
Italia	21 500	60	358	Kazajstán	1 700	19	32	Barbados	50	0,287	174
Australia	20 000	25	800	Rumania	1 480	19	78	Mayotte	15	0,272	55
Vietnam	16 000	97	165	Malasia	1 450	32	45	Maldivas	14	0,530	26
Sur Corea	14 500	51	284	Suecia	1 400	10	14	Samoa	14	0,198	70
R Unido	13 600	68	200	Jordania	1 360	10,2	133	Curazao	12	0,169	73
Francia	11 700	65	180	Dinamarca	1 300	5,8	224	Caimán Is	13	0,065	200
España	11 780	47	249	Bulgaria	1 180	7	168	Bielorusia	159	9,4	17
P. Bajos	10 200	17	600	Portugal	1 025	10,2	100	Noruega	152	5,4	28
Brasil	7 881	212	37	Guyana fr	47	0,298	157	Lituania	148	2,7	55
Ucrania	7 300	44	165	Argentina	764	45	17	Namibia	135	2,5	54
Turquía	6 600	84	78	Eslovaquia	590	5,4	109	Estonia	130	1,3	100
Bélgica	5 600	11,4	491	Honduras	511	10	51	Costa rica	100	5	20
México	5 600	129	43	El Salvador	429	6,5	66	Jamaica	93	3	31
Suráfrica	5 460	59	92	Rep Dominicana	370	10,8	34	Mongolia	89	3,2	26
Taiwán	5 800	23,5	246	Singapur	329	5,8	57	Mauritania	88	4,5	20
Polonia	4 000	38	105	Eslovenia	267	2	133	Mauricio	83	1271	65
Tailandia	3 600	70	51	Uruguay	256	3,5	73	Guadalupe	81	0,400	202
Canadá	3 400	38	89	Panamá	242	4,3	56	Martinica	71	0,371	191
Grecia	3 200	10,4	307	Finlandia	222	5,5	40	Croacia	85	4,1	21
Israel	3 200	9	362	Chipre	200	1,2	188	Tunes	62	0,678	91
Suiza	3 100	8,6	360	Luxemburgo	195	0,625	312	N Caledonia	59	0,265	207
Chile	3 100	19	163	Reunión	191	0,9	91				

5.- PER CAPITAS FV EN kWh/hab POR PAÍSES.

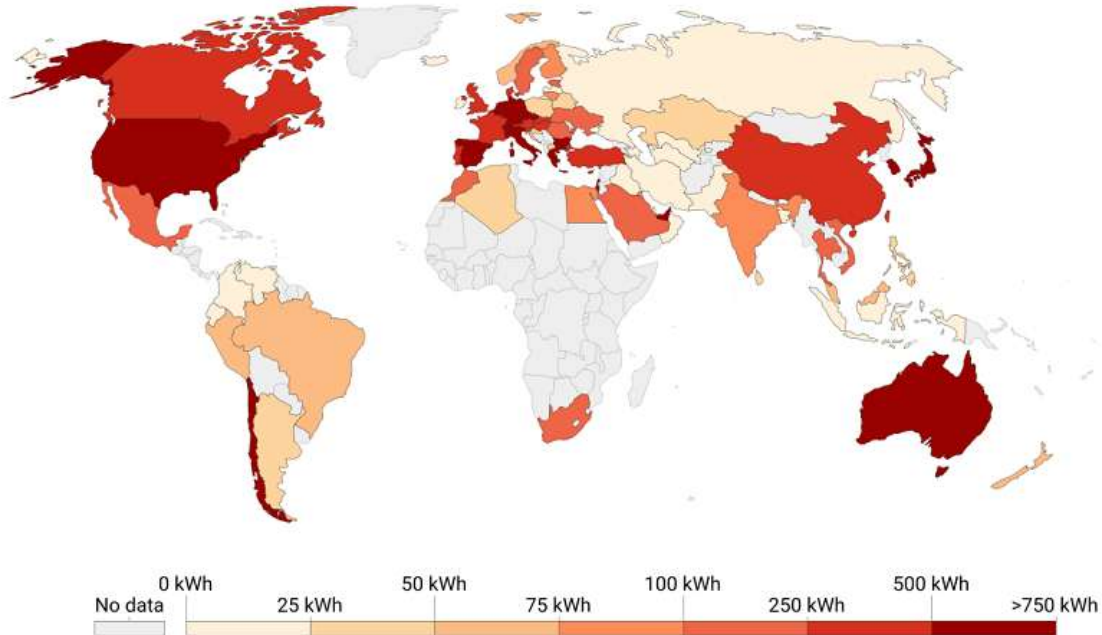
La energía eléctrica fundamentalmente se genera, consume y se comercializa en términos de energía, En la FV la relación potencia FV instalada vs. energía FV generada es más compleja de determinar, en base al yield con factor de planta menor que la de otras fuentes. A continuación de la fuente: Our World in Data y BP Statistical Review, se muestra en la tabla y en el mapa a continuación el consumo de energía solar como fuente primaria de energía por países en kWh FV/hab./año, en la que Cuba tenía unos 26 kWh FV/hab.

China	387	Brasil	6	Chile	823	Dinamarca	413
EEUU	815	Ucrania	164	EAU	1056	Bulgaria	648
Japón	469	Turquía	324	Austria	374	Bielorusia	34
Alemania	413	Bélgica	84	R Checa	529	Portugal	309
Finlandia	80	Chipre	44	Marruecos	107	Estonia	135
India	84	México	241	Hungría	354	Argentina	44
Italia	995	Suráfrica	22	Egipto	91	Croacia	47
Australia	1764	Taiwán	43	Kazajstán	39	Singapur	83

Vietnam	197	Polonia	4	Polonia	47	Lituania	81
SCorea	587	Tailandia	17	Rumania	222	N Zelanda	86
RUnido	465	Canadá	28	Malasia	62	Eslovenia	319
Francia	446	Grecia	93	Suecia	145	Brasil	65
España	797	Israel	79	Peru	58	Malasia	62
P Bajos	752	Suiza	65	Sti lanka	43	Algeria	35

Nótese la gran diferencia en decenas de veces entre Cuba y un gran número de países, los que además tienen notables aumentos FV planificados.

CONSUMOS PER CAPITA DE ENERGÍA DE FUENTE PRIMARIA DE ENERGÍA SOLAR



6.- PENETRACIÓN FV

En el vitecfv #32 mostramos la gran diferencia de la penetración FV de Cuba con otros países. Es importante recalcar la dependencia de la penetración FV no solo de la generación total de energía (kWh FV), sino también de la generación eléctrica de toda la matriz. Comparemos con dos ejemplos muy distintos, Australia con un per cápita de consumo de electricidad unas 9 veces mayor que Cuba, tiene una penetración de unas 5 veces mayor que Cuba, suponiendo que Australia tuviera el mismo per cápita de consumo eléctrico del MIX, la penetración sería de 25 veces mayor que la de Cuba. Un ejemplo opuesto es el de Honduras que tiene aparentemente la penetración FV mayor de los países relacionados en la tabla (ver vitecfv # 32), pero con un consumo total eléctrico unas 2 veces menor que Cuba, o sea, en la medida que el consumo total de electricidad aumenta es más difícil incrementar el % de penetración FV. Estos son dos factores a tener muy en cuenta para definir a estrategia de desarrollo energético en Cuba, ya que ambas tributan además de la soberanía energética, al desarrollo económico y social del país.

CONCLUSIÓN

Como hemos referido en análisis anteriores la inmensa mayoría de los países del mundo se plantean una estrategia de NetZero con un importante aporte de la generación FV, que ha tenido un espectacular desarrollo, pero que no obstante, se necesita que aumenten más los niveles de instalaciones anuales, aspecto que si bien es cierto para países que van más rápido en la FV, se hace más difícil el reto en países con aun menos desarrollo FV alcanzado, como Cuba.