

RECOMENDACIONES ENERGÉTICAS PARA CUBA

Por M. Sc. **Carlos Martínez Collado***

* Ing. Termoenergético y Máster en Ciencias en Agroecología y Agricultura Sostenible.

E-mail: carlosmc70@nauta.cu

<https://orcid.org/0000-0002-5670-4184>

Resumen

En años anteriores a la pandemia Covid-19, anualmente se importaba 51 % del combustible requerido en el país, característica de los consumos energéticos primarios, por fuentes y sectores de la economía, por ello se debe crear un programa de mejora del desempeño energético en todos los sectores de la vida social y económica de la nación, teniendo como meta la independencia energética de Cuba. Este análisis parte de considerar que de 100 % de los combustibles primarios consumidos anualmente, se destina 59 % a la generación de electricidad, y que como base hacia el 2030, la Unión Eléctrica se planteó 24 % de generación total de electricidad con el uso de fuentes renovables de energía, que aportaba 14,2 % de las necesidades energéticas nacionales; no obstante, el potencial de ahorro en el uso final de la energía es mucho mayor si se plantea un incremento de 10 % en el uso directo de las fuentes renovables de energía por el lado del consumidor, y el ahorro de 27 % de los consumos energéticos actuales en todos los sectores de la economía, con lo cual es suficiente para disminuir las necesidades energéticas de Cuba en 51 %, y con ello evitar las importaciones de combustibles. Esto se fundamenta en la existencia de tecnologías que garantizan ahorros superiores a 52 % o más y que permiten autoabastecer con fuentes renovables 100 % de las necesidades energéticas.

Palabras clave: Independencia energética, uso final de la energía.

ENERGY RECOMMENDATIONS FOR CUBA

Abstract

In the years prior to the Covid-19 pandemic, 51 % of the fuel required in the country was imported annually, characteristic of primary energy consumption, by sources and sectors of the economy, therefore, a program should be created to improve energy performance in all sectors of the social and economic life of the nation, with the goal of energy independence for Cuba. This analysis is based on the consideration that of the 100 % of primary fuels consumed annually, 59 % is destined to electricity generation, and that as a base for 2030, the Electrical Union proposed 24 % of total electricity generation with the use of renewable energy sources, which contributed 14,2 % of the national energy needs; However, the potential for savings in the final use of energy is much greater if an increase of 10 % in the direct use of renewable energy sources on the consumer side is proposed, and savings of 27 % of current energy consumption in all sectors of the economy, which is sufficient to reduce Cuba's energy needs by 51%, and thus avoid fuel imports. This is based on the existence of technologies that guarantee savings of 52 % or more and that allow self-supply with renewable sources for 100 % of the energy needs.

Keywords: Energy independence, final energy use.

I. Introducción

La independencia y soberanía de Cuba sería total si a la independencia social y política lograda se le adicionara la económica. Esto hace recordar que aún no se ha logrado la verdadera independencia, siendo un país económicamente dependiente. La necesidad de ser energéticamente independiente implica depender del petróleo y las tecnologías que se importan, y aun cuando se logre alcanzar la independencia petrolera es probable que se continúe siendo tecnológicamente dependiente, por ello estas dos metas deben ir de la mano.

Cuba es un país energéticamente dependiente porque no se disponen de suficientes fuentes fósiles, y la política energética vigente no ha puesto en el centro de nuestro desarrollo la identificación de los usos más significativos de la energía y la explotación mínima necesaria de las fuentes renovables y otros recursos nacionales que, en materia energética, se pueden poner en función de tales fines: independencia energética y tecnológica.

Cuba conoce sus potencialidades en energía eólica, y en hidroenergía, de cuyo potencial aún no se aprovecha más de 10 %, mientras que su posición geográfica la privilegia con buen sol durante todo el año, y aunque se fabrican módulos fotovoltaicos, su producción anual no sobrepasa 0,3 % de la demanda máxima de potencia eléctrica actual del país.

Por eso varias preguntas pueden servir como guía para encaminar esta propuesta:

- ¿Se puede, después de una Revolución Energética, crear una Política Energética sistémica que conduzca al país a la independencia energética retomando la experiencia vivida?

- ¿Los organismos, organizaciones superiores de dirección, y las empresas e instituciones subordinadas pueden identificar sus usos de la energía y, a partir de ellos, elaborar un programa energético que permita el mejoramiento continuo de su desempeño energético, disminuir sus usos finales de energía y con ello contribuir a la planificación de la economía nacional?
- ¿Podrá el país establecer una política de desarrollo tecnológico, sobre la base de las tecnologías de uso final de la energía, que garanticen un uso racional de los recursos y permita aprovechar las fuentes nacionales de energía, potenciando aquellas que más influyen en el uso final de la energía?

Esta situación de dependencia energética, se manifiesta a causa de la no identificación de los usos vitales de la energía, y por no contar con una estrategia para enfrentar dichos consumos energéticos en el sector o los sectores vitales de la economía, partiendo de identificar cuáles de ellos representan los principales consumos de los portadores energéticos primarios, de modo que hacia esos destinos finales se puedan dirigir la política y la estrategia energética del país.

II. Desarrollo

La necesidad de ser energéticamente independiente puede ser comprendida realizando una mirada retrospectiva a los últimos 30 años vividos, desde el punto de vista energético, donde el bloqueo ha tenido un impacto significativo en los consumos energéticos, y con ello su impacto sobre la economía del país. La problemática cubana puede comprenderse un poco más partiendo del análisis de la producción de energía primaria en Cuba desde 1990 hasta 2019 (Fig. 1).

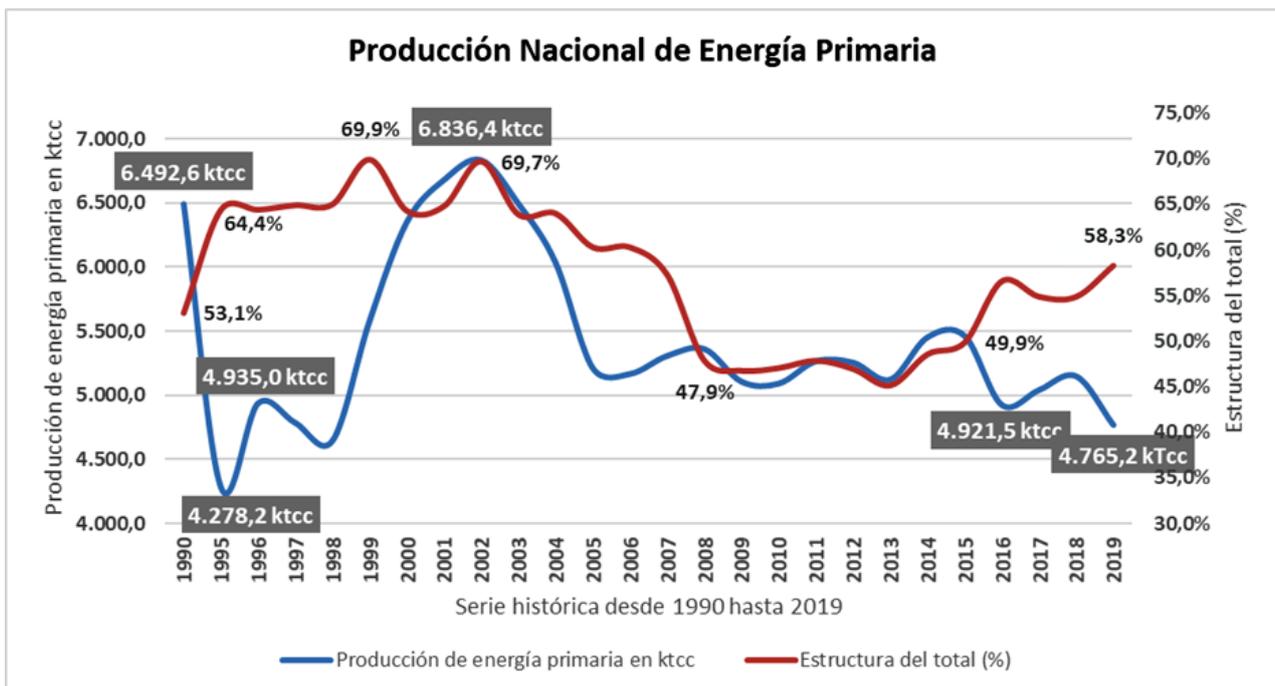


Fig. 1. Hitos en la producción nacional de energía primaria.

En esta serie se significan varios hitos que pueden indicar la lógica a seguir para alcanzar la independencia energética del país:

- La producción de energía primaria decayó en el quinquenio 1990 a 1995 en más de 2,2 millones de toneladas de combustible convencional (Mtcc), cayendo desde 6,5 Mtcc en 1990 hasta 4,3 Mtcc en 1995, mostrando su mayor impacto en el período especial.
- El 1996 vio la mejor producción propia de energía en los más crudos años del período especial, con 4.935,0 miles de toneladas de combustible convencional (ktcc).
- En 1997 se crea el Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba (PAEC), precursor de la Revolución Energética.
- En 1999 se alcanza la mayor participación de la energía primaria generada en el país, con 69,9 %.
- Se logra la mayor producción histórica de energía primaria en 2002, con 6.836,4 ktcc y una 69,7 % del total.
- Entre 2004 y 2007 se desarrollan los cambios tecnológicos de la Revolución Energética.
- El 2006 se declara como año de la Revolución Energética en Cuba.
- Entre 2008 y 2015 se disfruta de los beneficios del ahorro que introdujeron en la matriz energética las tecnologías de la Revolución Energética, lográndose la participación entre 47,9 y 49,9 % de la energía primaria propia en las necesidades nacionales (Cerdá *et al.*, 2020).
- El promedio de participación de la producción energética propia en el período 2008 y 2015 resultó igual a 48 %.
- El 2016 se caracterizó por las señales de obsolescencia de las tecnologías de la Revolución Energética; crisis de suministro externo, con gran depresión en

los meses de junio y julio; y caída de la producción nacional a 4.921,5 ktcc, inferior a lo logrado en 1996 año de período especial.

- El 2019 se caracterizó por la crisis coyuntural del mes de septiembre, cayendo la producción propia hasta 4.765,2 ktcc, manteniéndose en iguales cantidades a las logradas en el período especial.
- El 2020, que no ha sido incluido en la figura 1, reportó una energía primaria de 4,368.0 ktcc que supera el año 1995 en 2,1%, reportando en la actualidad, la más baja producción de energía primaria desde la época del período especial.

La Revolución energética mostró para Cuba, y para el mundo, cuánto se puede hacer con la introducción de las nuevas tecnologías y cuál es la estructura para lograr una independencia energética plena, en este caso 48 %. Los períodos de crisis, pasado (período especial) y presente (crisis coyuntural y pandemia Covid-19), indican los valores con los que se debe trabajar para lograr la plena y total independencia energética, de modo que determinando el promedio de energía primaria total consumida en los 30 años analizados, y multiplicada por 48 % según indica la Revolución Energética, Cuba necesita 4.547,1 ktcc de producción de energía primaria para ser energéticamente independiente.

Esta situación induce a la necesidad de una nueva Revolución Energética, pero esta vez, incluyendo la participación del pueblo para que introduzca por sus propios medios y libres de aranceles aduanales, tecnologías que aprovechen las fuentes renovables de energía. Además de considerar el lado de los consumos y usos finales de la energía, para potenciar el ahorro energético por medio de la importación y comercialización interna de tecnologías que garanticen una mayor conservación, uso eficiente y

Tipo	Consumo (MTon/año)	Consumidores fundamentales (MTon/año)
Crudo	2820	UNE: 2571 (91 %) Niquel 129 (4.6 %)
Fuel	2139	UNE: 1457 (68 %) Niquel: 363 (17 %)
Diésel	1290	Transporte: 270 Electricidad 183 Agricultura 146 Niquel: 32
Gas	1251	Electricidad: 580 Manufacturado: 128 GLP: 118
Gasolina	230	Transporte: 48 Población: 53
Otros	396	Nafta: 81 Queroseno: 80 Turbo: 108 Asfalto: 78
Total	8126	

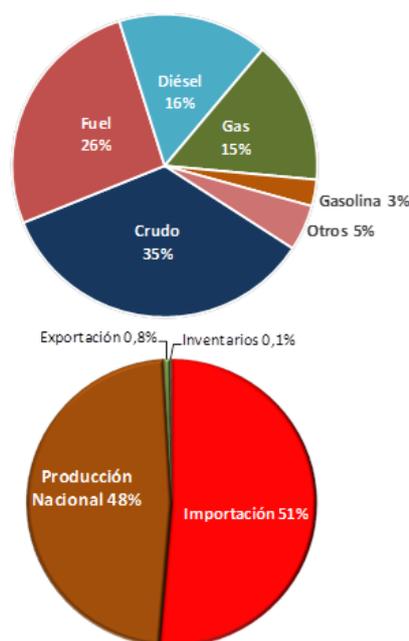


Fig. 2. Energía primaria año 2014.

almacenamiento de la energía, fundamentalmente para el sector residencial y para el emergente sector económico no estatal, que mucho puede aportar en este sentido.

Caracterización del balance energético nacional

El año 2014 presentó una estructura de la producción nacional de energía similar a lo que para Cuba representa la independencia energética. En este año 2014, con una estructura de consumo basada en los combustibles fósiles, de los cuales se importó 51 % y se produjo 48 % nacionalmente, se tiene lo siguiente (Fig. 2).

En la figura 2 se caracterizan las fuentes de energía primaria, la importación con 51 %, la producción nacional con 48 %, las exportaciones con 0,8 % y las reservas con 0,1 % del total. Se evidencia que Cuba es un país dependiente de la importación de combustible fósil.

En la figura 3 se muestran los destinos de la energía primaria total del país, destinándose 59 % a la generación de energía eléctrica y 41 % al consumo directo.

Como se aprecia en la estratificación de los consumos totales de combustible primario, los sectores residencial e industrial marcan una diferencia con el resto de los sectores, que seguidos del comercio, los servicios y el transporte engloban 93,6 % del total nacional; no obstante, el sector residencial demanda el mayor consumo 37,2 %, y el industrial 34,1 %.

Con 59 % del combustible primario destinado a la generación de energía eléctrica, es este el sector a considerar para lograr mejoras energéticas, que van desde la mejora de la eficiencia en las plantas térmicas, la introducción de ciclos combinados por medio de la gasificación del petróleo crudo cubano y la introducción de las tecnologías de generación a base de fuentes renovables de energía (Fig. 4). Por otra parte, en el consumo de combustible directo se destaca el sector industrial con 25 % del total, seguido por el transporte con 7 %, el sector residencial con 3 % y la agricultura, comercio y construcciones con 2 % cada uno.

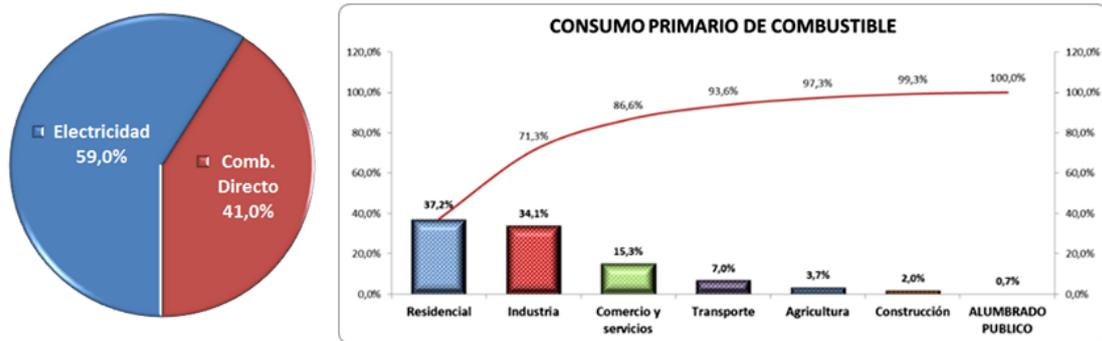


Fig. 3. Distribución del consumo primario de energía (izquierda) global (derecha) y por sectores.

Destino	Consumo (kt/año)	
1	Generación de Electricidad	4 758 Crudo: 2571 Fuel: 1457 Gas: 580
2	Industria	1946 Minas y cantera: 1210 (Níquel 524) Industria Manufacturera: 575 Industria Azucarera: 202 ----- Fuel: 1210 Diésel: 280 Nafta: 77
3	Transporte	582 Diésel: 269 Gasolina motor: 100 Turbo combustible: 108
4	Residencial	326 Manufacturado: 128 GLP: 118 Queroseno: 80
5	Agricultura	184 Diésel: 146
6	Comercio y Servicio	170 Diésel: 100 Gasolina: 39,4
7	Construcción	160 Diésel: 106 Fuel: 18

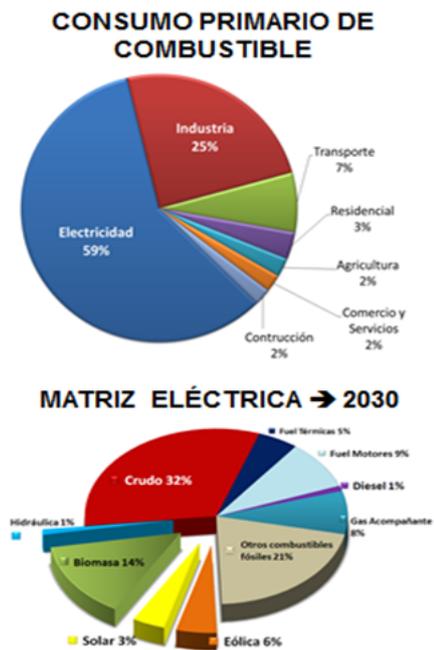


Fig. 4. Destinos del combustible primario.

De la energía eléctrica generada en el 2014 se destina al sector residencial 58 %; al comercio 22,5 %; y 15,9 % para el industrial; entre estos tres sectores se distribuía cerca de 96 % de la electricidad.

Tras dos años de crisis e improductividad provocada por la Covid-19, es por mucho el sector residencial el mayor consumidor nacional de energía eléctrica, lo cual se aprecia en la figura 5. Para lograr la independencia energética Cuba tiene que centrarse en lo que representa el sector residencial para la transformación de la matriz

energética por el lado de baja tensión, o de uso final de la energía.

La independencia energética puede ser alcanzada si se visualizan las metas actuales en el contexto de la matriz energética nacional, poniendo como centro al sector residencial.

La generación anual de 24 % de la electricidad con fuentes renovables de energía, según se planificó en un principio, representaba para el país 14,2 % de los consumos primarios de portadores energéticos, tal como se muestra en la figura 6.

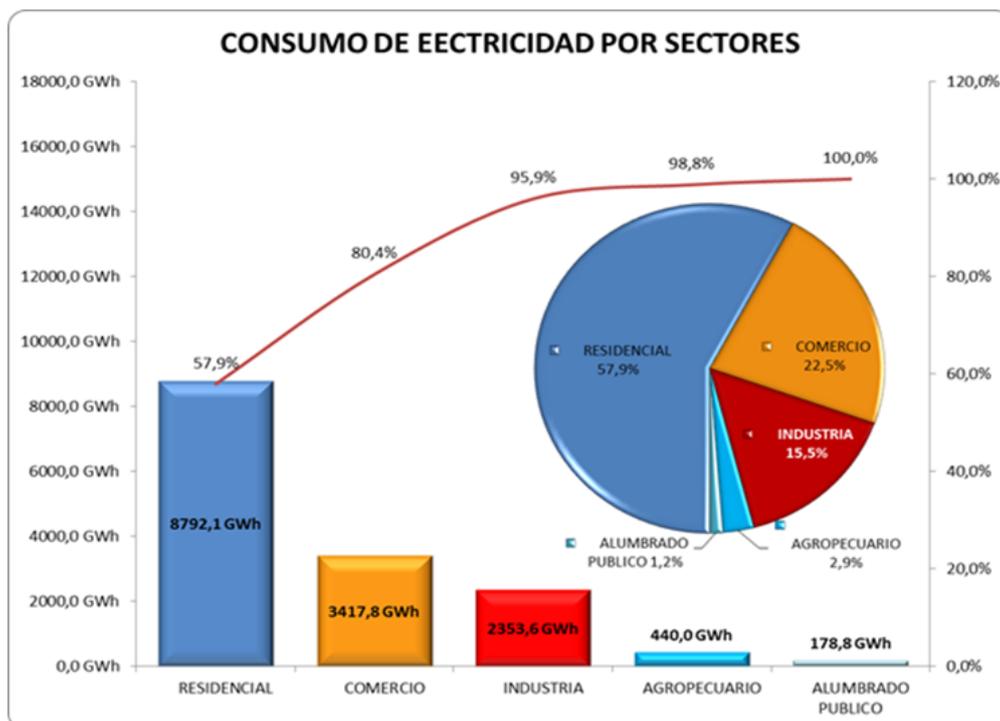


Fig. 5. Consumo de electricidad por sectores.

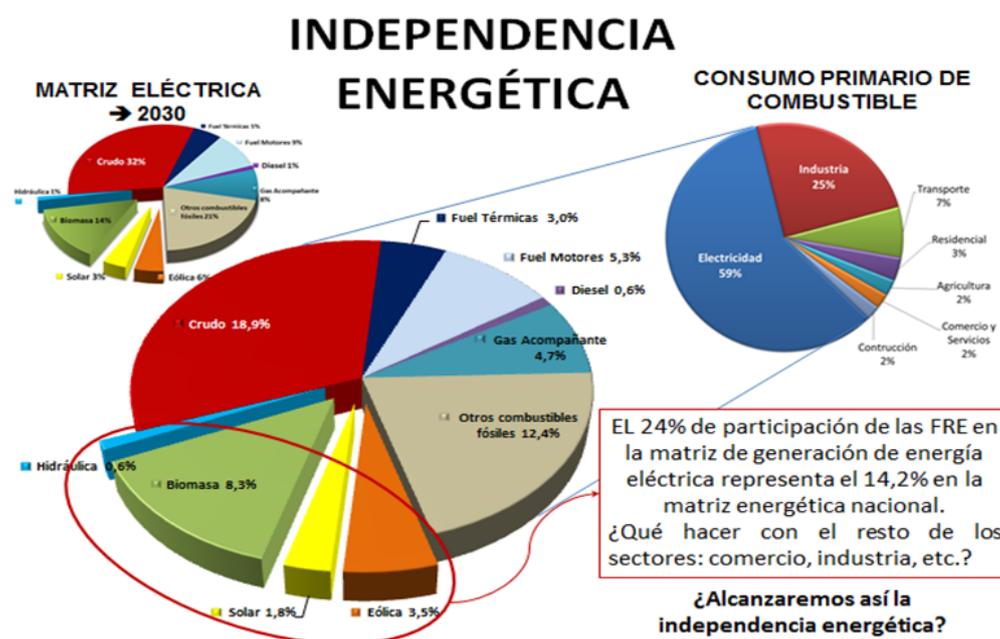


Fig. 6. Participación de las FRE en la matriz energética hacia el año 2030.

El Decreto-Ley 345/2017, y las más recientes Resoluciones 206 y 242 de 2021 del Minem, abren una nueva etapa para la gestión energética de Cuba, pues disponen el marco legal para el uso mayoritario de las fuentes renovables de energía.

No basta con la importación de tecnologías para la energía solar fotovoltaica si no se sustituyen las que disminuyen el uso final de la energía.

Considerando que no será posible alcanzar la independencia energética, con las metas inicialmente trazadas hacia el año 2030, se analizará de manera gráfica, la forma en que las fuentes renovables de energía (FRE), y la gestión, la eficiencia y la conservación energética (GECE) contribuyen a esa independencia, sobre la base de mantener la producción nacional de energía primaria en 48 % con respecto a las necesidades anuales de Cuba (Fig. 7).

Los gráficos a, b, c y d muestran la evolución de la matriz energética mediante la introducción de tecnologías por el lado del consumidor, en lugar de incrementar la generación de energía por el lado de alta tensión o generación base. En las acciones primarias se hace necesario introducir 10 % de fuentes renovables en los usos directos de la energía en todos los sectores, además de reducir los consumos finales con un ahorro de 27 % en todas las organizaciones, para sumarlo a 14,2 % previsto inicialmente por la UNE. Lograr con estas acciones 51,2 % de ahorro general, posibilitaría alcanzar la independencia energética.

El gráfico anterior se puede interpretar del modo siguiente:

- Etapa actual: importación de 51 % de los combustibles primarios y completamiento con el 48 % de la producción nacional;
- Etapa de aporte de la UNE: 24 % de la generación de electricidad hacia el 2030, contribuye a 14 % del uso de las FRE en la matriz energética nacional;
- Etapa de uso directo de las FRE: se considera 10 % el uso directo de las FRE en el resto de los usos no eléctricos de la energía renovable, para que al sumarlo al 14 % que aporta la UNE, garantizar 24 % total en el uso nacional de las FRE; y
- d) Etapa de independencia energética total: se completan las necesidades energéticas con el ahorro de 27 % de los consumos finales de energía.

No se debe mantener la misma configuración con respecto a la producción, distribución y consumo de energía.

El modelo energético actual, basado fundamentalmente en los combustibles fósiles, es insostenible porque:

- Está basado en la importación de **más de 50 %** de los recursos energéticos;
- Está sustentado en el petróleo;
- Provoca graves impactos sobre el medioambiente;
- Posee una alta dependencia internacional.

Por ello resulta imprescindible el cambio hacia un modelo energético sostenible que garantice la independencia energética, que puede estar basada en cinco pilares estratégicos:

1. Desarrollo petrolero, que va desde la extracción, refinamiento profundo, gasificación y producción de hidrocarburos sintéticos;
2. Generación eléctrica en ciclos combinados, tanto tradicionales como a base de gas de síntesis, a partir de la gasificación de petróleo y biomasa;
3. Generación eléctrica a base fuentes renovables de energía, en lo fundamental a base de biomasa cañera, forestal, solar fotovoltaica, eólica y del biogás, aplicando en esta última, el concepto de cría de ganado a 100 % de tiempo de estabulación e importación de alimento animal en sustitución de la importación de combustible para la generación de energía eléctrica, con lo cual se logra la combinación de la producción de energía y alimento: carne, leche y sus derivados con el dinero destinado actualmente a combustible importado;
4. La participación del pueblo para disminuir el uso final y consumo de energía por el lado de baja tensión, a través de la importación libre de aranceles aduanales e introducción por medios propios de tecnologías que aprovechen las fuentes renovables de energía y que garanticen la conservación, uso eficiente y almacenamiento de la energía, fundamentalmente para el sector residencial y para el emergente sector económico no estatal, que mucho puede aportar en este sentido
5. Modificación de las tarifas tanto para cogeneradores residenciales, no estatales y estatales para estimular la generación por baja tensión, como la introducción de una tarifa que diferencie los horarios del día para el sector residencial, estimulando la salida de cargas fuera del horario pico nocturno fundamentalmente.

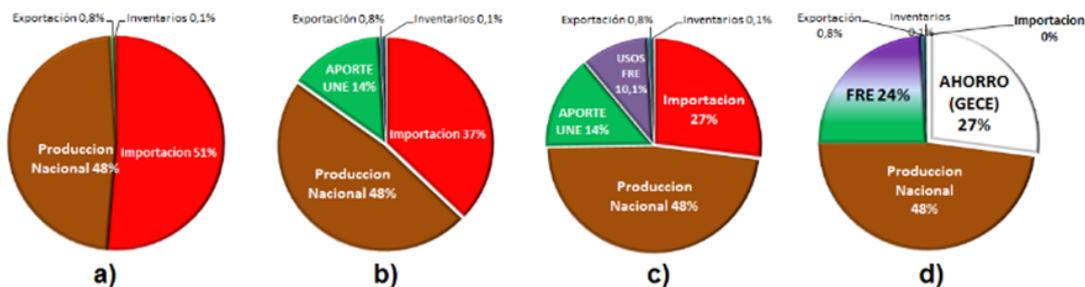


Fig. 7. Evolución de la matriz energética con la participación de las FRE y la GECE.

Sector residencial

El combustible primario se distribuye básicamente en forma de combustible directo, destinado a la generación de electricidad, la que se distribuye en varios sectores, siendo su mayor parte destinada al sector residencial, que como se muestra consume 37 % del combustible primario, integrado por 34 % de energía eléctrica y 3 % de combustible directo.

Con la situación económica actual, el sector residencial implica más de 80 % de la demanda pico al SEN (Fig. 8).

1. El 37 % del consumo de combustible primario se destina al sector residencial.
2. El 28 % de la energía consumida en el sector residencial se consume en el horario pico.
3. El 10 % del combustible primario se consume en el horario pico.

Como se aprecia en la figura 8, el sector residencial consume 37 % de la energía primaria. Por ello debe su foco de atención para establecer un programa de mejora del desempeño energético de este sector, promoviendo la libre importación, libre de aranceles, sin límite de cantidades, y con la posibilidad de comercialización de tecnologías, que en su conjunto tributen al ahorro de energía en horas pico y que garanticen ahorros energéticos que puedan superar 52 % de los consumos actuales en el uso final de la energía.

«Hoy en día, Cuba enfrenta varios desafíos, pudiéndose señalar la necesidad de incrementar la producción de energía a partir de sus recursos naturales, reducir la dependencia de la energía importada, introducir las fuentes renovables y proteger el medio ambiente, lo cual contribuirá considerablemente a su desarrollo económico y social sostenible» [Suárez-Rodríguez *et al.*, 2010].

Tarifa residencial

Modificar la tarifa eléctrica en base a contadores monofásicos de energía de triple registro, puede significar la disminución de la demanda de potencia de generación en al menos 438 MW en horas pico y evitar la inversión en 516 MW para el país, si dicha tarifa motiva a 10 % de los clientes residenciales a no demandar 1 kW en hora pico. Un estudio de la demanda pico actual del sector residencial podría definir la demanda por vivienda, valor necesario para una correcta estimación de la potencia dejada de invertir.

Una propuesta simple de modificación de la tarifa vigente, sin alterar su base de cálculo, se puede considerar por medio de dos cláusulas: la primera para bonificación o penalización por consumo energético y la segunda para el pago de energía entregada con base al horario pico, las cuales se pueden aplicar del modo siguiente:

Cláusula de bonificación o penalización por el consumo en hora pico:

1. Definir los horarios: madrugada con 8 horas, día con 12 horas y pico con 4 horas
2. Medir el consumo energético en los tres horarios: madrugada, día y pico;
3. Multiplicar por dos (2) la energía consumida en las 4 horas pico;
4. Mantener igual la energía consumida durante el horario diurno;
5. Dividir entre dos (2) la energía consumida en las horas de la madrugada;
6. Calcular la energía resultante de la suma del consumo calculada en los tres horarios;
7. Aplicar la tarifa vigente a la energía resultante y calcular el importe resultante;
8. Determinar, con la tarifa vigente, el importe según el consumo real medido en el mes;
9. Restar, al importe resultante, el consumo real medido y declararlo como: penalización, si es mayor que cero; o como bonificación si es menor que cero.

Cláusula para el pago a clientes con cogeneración y/o acumulación de energía:

1. Medir la energía entregada al SEN en los tres horarios: madrugada, día y pico;
2. Multiplicar por dos (2) la energía entregada en las horas pico;
3. Mantener igual la energía entregada durante el horario diurno;
4. Dividir entre dos (2) la energía entregada en las horas de la madrugada;
5. Calcular la energía resultante de la entrega calculada en los tres horarios;
6. Calcular el importe de pago al cliente, que resulta de multiplicar \$3,00 CUP por kWh de energía entre-

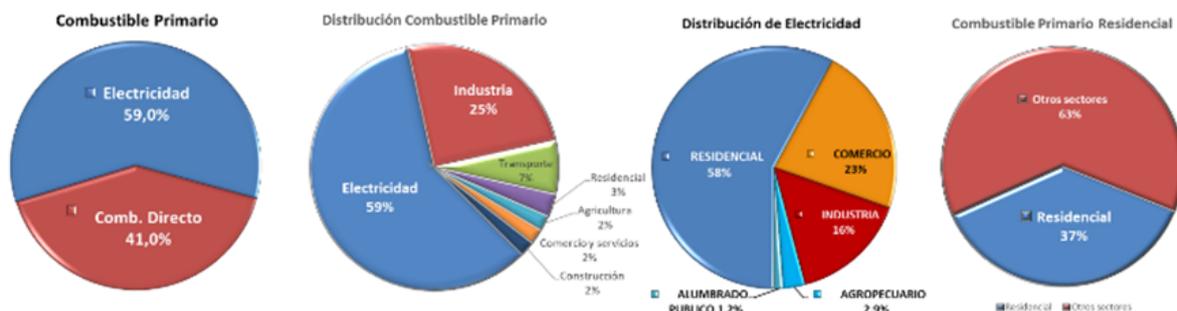


Fig. 8. Implicación del sector residencial en el consumo primario de energía.

gada en el mes, independientemente de la modalidad del contrato del cliente;

- Se aplica igualmente a los clientes que acumulan energía de la red y la inyectan al SEN en el horario pico; siempre que dicha acumulación se realice durante las horas de la madrugada.

Esta propuesta de tarifa será un estímulo real y simple a la introducción de tecnologías de para el consu-

mo energético por el lado de baja tensión en el Sector Residencial, pero no será posible si no se le permite la importación sin intermediarios estatales, libre de aranceles, sin límite de cantidades, y con posibilidad de comercialización liberada de tecnologías que garanticen ahorros por eficiencia y conservación energética, o que permiten el aprovechamiento eficiente de las fuentes renovables de energía, o su almacenamiento energético.

Ejemplo para el cambio tecnológico de una vivienda típica del sector residencial (Tabla 1)

Tabla 1. Consumo de energía por equipos electrodomésticos estándar en una vivienda cubana

Electrodomésticos estándar en una vivienda							
	Cantidad	Factor de coincidencia	Watt	h/día	días/mes	kWh/mes	% de Consumo
Bombillo ahorrador	4	0,4	14	6	30	10,08	5,4 %
Luminarias fluorescentes	4	0,4	22	6	30	15,84	8,6 %
Lavadora	1	1	350	4	5	7	3,8 %
Refrigerador	1	1	150	9	30	40,5	21,9 %
Plancha	1	1	1000	1	5	1,35	0,7 %
DVD	1	1	20	3	15	0,9	0,5 %
Televisor	1	1	75	6	30	13,5	7,3 %
Calentador eléctrico	1	1	1000	0,4	30	12	6,5 %
Ventilador	2	0,6	40	8	30	19,2	10,4 %
Cocina eléctrica HACEB	1	1	1200	1,25	30	45	24,3 %
Olla arrocera	1	1	600	0,3	30	5,4	2,9 %
Olla multipropósito	1	1	800	0,6	30	14,4	7,8 %
Consumo mensual de la vivienda:						185	kWh

Vivienda del sector residencial. Situación deseada (Tablas 2-5)

Tabla 2. Consumo de energía con equipos electrodomésticos eficientes en una vivienda cubana

Tecnologías ahorradoras en una vivienda								
	Cantidad	Factor de coincidencia	Watt	h/día	días/mes	kWh/mes	% de Consumo	% de Ahorro
Bombillo LED	4	0,4	7	6	30	5,04	2,7 %	50,0 %
Lámpara LED	4	0,4	9	6	30	6,48	3,5 %	59,1 %
Lavadora	1	1	350	4	5	7	3,8 %	
Refrigerador Inverter	1	1	40	24	30	28,8	15,6 %	28,9 %
Plancha	1	1	1000	1	5	1,35	0,7 %	
DVD	1	1	20	3	15	0,9	0,5 %	
Televisor LCD LED	1	1	30	6	30	5,4	2,9 %	60,0 %
Calentador solar	1	1	0	0,4	30	0	0,0 %	100,0 %
Ventilador	2	0,6	40	8	30	19,2	10,4 %	
Cocina a gas	1	1	0	1,25	30	0	0,0 %	100,0 %
Olla arrocera a gas	1	1	0	0,3	30	0	0,0 %	100,0 %
Olla multipropósito	1	1	800	0,6	30	14,4	7,8 %	
Consumo mensual de la vivienda:						89 kWh	47,8 %	52,2 %
Energía ahorrada						97 kWh	52,2 %	
Sistema Fotovoltaico	1	1	1000	4	30	120 kWh		
Energía sobrante						31 kWh		

Recomendaciones energéticas para Cuba

Considerando estas tecnologías se estimarán sus costos para el país, determinándose la inversión por vivienda para disminuir los consumos energéticos en el sector residencial.

Tabla 3. Costos de las tecnologías para la vivienda deseada

Costos de las tecnologías ahorradoras para una vivienda cero consumo (USD)				
	Especificación Técnica	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Bombillo LED	7 W E27	4	\$1,5	\$6,00
Lámpara LED	T8-G13-26/600 9 W	4	\$3,6	\$14,40
Refrigerador Inverter	300 Litros X120 W	1	\$300	\$300,00
Televisor LCD LED	32 Pulg X 30 W	1	\$200	\$200,00
Calentador solar	2 m ² X 200 Litros	1	\$186	\$186,00
Cocina a gas	1,8 kW X 2 Hornillas	1	\$20	\$20,00
Olla arrocera a gas	1,8 kW X 2,5 Litros	1	\$17	\$17,00
Costo de tecnología por vivienda				\$743,40
Costo del panel fotovoltaico	1	1	\$1300	\$1.300,00
Costo total de la inversión				\$2.043,40

Tabla 4. Factibilidad económica para una Vivienda de Cero Consumo

Factibilidad Económica para una Vivienda Cero Consumo	
Energía anual consumida en una vivienda tradicional (kWh)	2222 kWh
Costo de la energía eléctrica (\$/kWh) para el SEN	\$0,17
Inversión requerida por una vivienda (USD)	\$2.043,40
Ahorro anual por energía dejada de consumir del SEN	\$377,75
Ahorro anual por energía sobrante entregada por el PV al SEN	\$64,12
Ahorro total anual en divisas	\$441,86
Período de recuperación de la Inversión	4,62 años

Tabla 5. Indicadores energéticos, factibilidad por vivienda y total para la transformación residencial

Potencia evitada en una vivienda que saca 1 kW del pico		1,32 kW
10 %	Costo del kW evitado al SEN (\$/kW)	\$1.200,00
Inversión requerida para el contador multifunción		\$44,00
Inversión evitada por la vivienda		\$158,63
Inversión total requerida por una vivienda (USD)		\$2.087,40
Ahorro por energía e inversión evitada por la vivienda		\$600,49
Período de recuperación total de la Inversión		3,48 años

Sector empresarial

En este ejemplo se analiza una empresa que posee una estructura de consumo como la que se muestra en la figura 9, con respecto a las toneladas equivalentes de petróleo.

En una organización en la que los consumos se encuentren distribuidos según la figura anterior, se puede establecer como meta:

- Disminuir el consumo anual de energía en 27 %.

Esta meta principal estará integrada por otras específicas, como pueden ser:

- Reemplazar 100 % de las lámparas fluorescentes por lámparas LED para disminuir el consumo en iluminación en 50 %; teniendo en cuenta que la iluminación representa 8,5 % del total del consumo energético, se tendrá un ahorro de 4,2 %.
- El 0,8 % restante se logra con medidas organizativas en el uso de la climatización, que representa 16,9 %, medida que no requiere inversión.

Si la climatización convencional, que representa 16,9 %, se sustituye por *inverter*, con un ahorro mínimo de 30 %, se tendrá una disminución de 5,1 % del consumo.

De igual modo se puede proceder para el resto de los consumos energéticos de la organización, y se resumen a continuación (Tabla 6):

En este ejemplo se observa que 27 % de ahorro es alcanzable, pues, considerando los valores mínimos que implican el cambio tecnológico, se puede lograr 28,1 % de ahorro energético.

Línea meta, acomodo de carga y nuevas tecnologías

Para que los directivos, funcionarios y otros actores energéticos puedan establecer sus metas o líneas de base energéticas, y facilitar a los decisores la toma de decisión, se ofrece una lista con las tecnologías de eficiencia y conservación energética posibles de emplear, con los ahorros potenciales, en por ciento, con respecto a las tecnologías tradicionales. Esos valores son solamente indicativos y dependen en gran medida de las condiciones reales de cada instalación (Tabla 7).

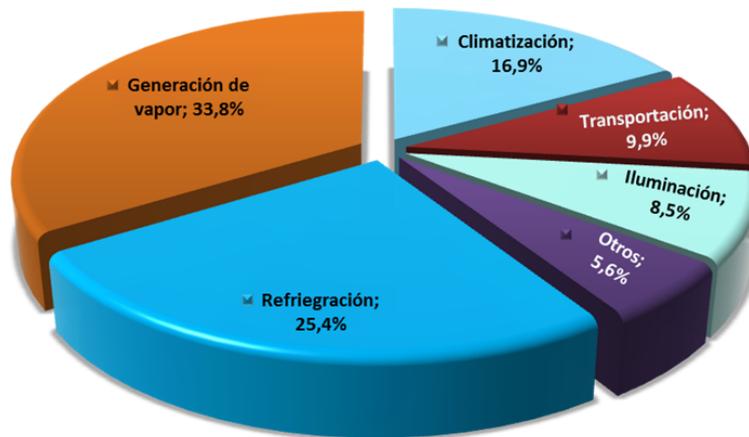


Fig. 9. Uso final de la energía en una organización.

Tabla 6. Ahorros por introducción de tecnologías eficientes y conservadoras de la energía

Uso final de la energía	Consumo (%)	Ahorro (%)	Ahorro en uso final (%)
Mejora de eficiencia en la generación de vapor	33,8 %	3 %	1,0 %
Climatización convencional por inverter	16,9 %	30 %	5,1
Transporte por cambio de vehículos eléctricos con contrato solar. Resolución 242/2021 Minem	9,9 %	100 %	9,9 %
Lámparas fluorescentes por lámparas LED	8,5 %	50 %	4,2 %
Refrigeración	25,4 %	30 %	7,6 %
Otros	5,6 %	5 %	0,3 %
Ahorro potencial total			28,1 %

Recomendaciones energéticas para Cuba

Tabla 7. Tecnologías y sus potenciales de ahorro

Tecnologías	Porcentaje de ahorro
1. Desalinización de agua con ósmosis inversa y energía solar fotovoltaica	100 %
2. Vehículos eléctricos con contratación de energía solar (Resolución 242/2021 del MINEM)	100 %
3. Calentamiento de agua con energía solar y su acumulación	70 a 100 %
4. Condensador evaporativo ahorro de agua, contra los de casco y tubo	88 a 94 %
5. Climatización con agua fría del fondo marino. Permite la creación de distritos de climatización. Solución ideal para la climatización de la Zona Especial de Desarrollo Mariel en esta etapa inicial de su crecimiento.	Hasta 90 %
6. Climatización por absorción solar con acumulación de frío	80 a 90 %
7. Sustitución de computadoras de mesa por laptop y mini-laptop	60 a 85 %
8. Iluminación (proyectos integrales de iluminación a LED. interior y exterior)	
a. Lámparas y luminarias LED	
b. Sensores de presencia	
c. Atenuadores de iluminación.	
d. Temporizadores.	50 a 75 %
9. Sustitución de televisores convencionales por TV LCD con iluminación a LED (pantalla plana)	50 a 65 %
10. Refrigeración <i>inverter</i>	
	30 a 50 %
a. Compresor de tornillo	
b. Compresor <i>scroll</i>	
c. Compresores de corriente directa sin escobillas	
11. Climatización <i>inverter</i> con refrigerante directo	30 a 50 %
12. Sistemas de bombeo (centrífugo) con variador de velocidad	30 a 50 %
13. Sustitución de tuberías obstruidas de HOFO, PEAD, galvanizada, etc. por tuberías de PVC	30 a 50 %
14. Trigeneración	30 a 45 %
15. Climatización <i>inverter</i> con refrigerante líquido secundario	20 a 35 %
16. Condensador evaporativo ahorro de energía contra casco y tubo	20 a 30 %
17. Sistemas de supervisión, regulación y control de datos (Instalación de sistemas SCADA)	20 a 30 %
18. Cogeneración	15 a 100 %
19. Ventilación con variador de velocidad	15 a 30 %
20. Bancos de capacitores (aumentan la eficiencia en la transmisión de la energía)	10 a 30 %
21. Cocción a gas con respecto a la cocción con electricidad	15 a 25 %
22. Condensación de refrigerante con agua, con condensador de tubo y coraza respecto a los de aire	15 a 20 %
23. Accionamiento eléctrico inteligente	15 a 20 %
24. Generadores de vapor (calderas)	3 a 15 %
25. Recuperación de calor y reutilización de energía residual.	6 a 10 %
26. Recuperación de condensados	4 a 8 %
27. Mejoramiento de redes de generación y distribución de vapor	4 a 8 %
28. Aire comprimido con compresor de tornillo	4 a 8 %
29. Sustitución de motores estándar o sobredimensionados por motores de alta eficiencia.	3 a 8 %
30. Mejoramiento del aislamiento térmico	3 a 6 %

Es importante señalar que los potenciales de ahorro no siempre representan una pronta recuperación de la inversión desde el punto de vista energético; tal es el caso de las computadoras por laptop, pues estas poseen un alto costo y no se justifica su sustitución por el simple motivo del ahorro energético; sin embargo si ello va aparejado a la obsolescencia de las computadoras tradicionales, será el momento idóneo para utilizar laptop y no computadoras de mesa, así también puede suceder con los televisores y otras tecnologías.

No es necesario restringirse a las tecnologías propuestas en la tabla 7, pues cada caso es particular y se pueden exponer otras posibles tecnologías, argumentando las ventajas de cada una en las condiciones de Cuba.

III. Conclusiones

La combinación del recrudescimiento del bloqueo y la crisis por la pandemia Covid-19, han disminuido la producción de energía primaria a niveles similares a los peores años del período especial.

El país debe prepararse para producciones de energía primaria del orden de los 4.547,1 miles de toneladas de combustible convencional (ktcc) y consumir según el promedio de los últimos 30 años, que es de 9473,1 ktcc.

Para alcanzar la independencia energética, la producción nacional de energía primaria debería tener 48 % mínimo de participación de la producción nacional de energía en la estructura total de consumo.

Para alcanzar la independencia energética Cuba necesita una segunda Revolución Energética, visualizando desde el inicio los años de vida útil, el período de duración y la fecha de recambio de las tecnologías para evitar obsolescencia.

Se puede disminuir el consumo en el uso final de la energía en más de 27 %, aunque las tecnologías disponibles garantizan ahorros de más de 52 %.

Cuba destina 59 % de los combustibles primarios a la generación de energía eléctrica, y de esta, 58 % se destina al sector residencial, por lo que en este portador el sector residencial, con 37 %, es el gran factor en la economía nacional, y condiciona 10 % del consumo en horario pico de todo el combustible primario del país.

La inclusión de dos cláusulas a la tarifa vigente, una para bonificación y penalización y otra para la venta de energía por el sector residencial, combinada con la medición mediante contadores de triple registro, y con la importación liberada sin intermediarios estatales, libre de aranceles, sin límite de cantidades y con posibilidad de comercialización liberada de tecnologías probadas que garantizan ahorros por eficiencia y conservación energética, o que permiten el aprovechamiento eficiente de las fuentes renovables de energía, o su almacenamiento, le permitirá al país evitar la inversión en cerca de 500 MW de potencia eléctrica en plantas generadoras, o en patanas como las actuales.

La combinación de la introducción de nuevas tecnologías y la posibilidad de que el pueblo contribuya eficazmente al alcance de la independencia energética, pondrá esta meta más cercana.

La gasificación del petróleo crudo cubano resulta una tecnología interesante para generalizar ciclos combinados

de producción, con lo cual se maximiza la eficiencia de las plantas térmicas.

IV. Bibliografía

- ABADIE, FERNANDO *et al.* (2017). *Manual de Planificación Energética 2017*. OLADE. Organización Latinoamericana de Energía. ISBN 978-9978-70-109-6. 2da edición, marzo 2017. Copyright © OLADE 2017.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA. (2017). «Metodología Balance Energético». Recuperado de <https://www.ariae.org/sites/default/files/2017-05/balance%20energ%C3%89tico%20metodolog%C3%8Da%20ben%20.pdf>
- CARRETERO PEÑA, A. Y GARCÍA SÁNCHEZ, J.M. (2012). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*. Editorial AENOR ediciones.
- CERDÁ, E., RODRÍGUEZ, D., Y SEBASTIÁN, M. (2020). Análisis comparativo de la evolución de indicadores energéticos en Cuba y España entre los años 1990 y 2016.
- CORREA SOTO, J., SÁNCHEZ SALMERÓN, D. M., CABELLO ERAS, J. J., NOGUEIRA RIVERA, D. Y DÍAZ VIÑALES, Y. A. (2021). «Balance energético como elemento de la gestión de gobierno local en Cuba: caso estudio municipio de Cienfuegos». *Revista Universidad y Sociedad*, 13(1).
- DE SANTIAGO, E. (2020). «El sector residencial y la financiación en la ERESEE 2020». Reunión Proyecto AUNA. Octubre 2020.
- DÍAZ-CANEL BERMÚDEZ, M. Y FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, A. (2020). «Gestión de gobierno, educación superior, ciencia, innovación y desarrollo local». *Retos de la Dirección*, 14(2), 5-32.
- DOMINGO LAINO, LUIS. (2008). *Un Análisis de la Política Energética en Cuba. Población y Desarrollo*.
- GARCÍA, A. Y ANAYA, B. (2019). «Agro exportaciones en Cuba: potencialidades de inserción en cadenas globales de valor». Presentado en el Seminario Cuba en el contexto internacional: Reformas económicas y desarrollo sostenible. Foro Europa-Cuba, La Habana.
- GARCÍA, FABIO; YUJATO, MARCO Y ARENAS, ADIELA (2017). *Manual de Estadística Energética 2017*. OLADE. Organización Latinoamericana de Energía. ISBN 978-9978-70-121-8. 2da edición, mayo 2017. Copyright © OLADE 2017.
- Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético. Sector residencial. Dirección General de Eficiencia Energética. Ministerio de Energía y Minas. Perú.
- León García G. (2021). «Carlos E. Albona, el cubano que desea promover otra revolución energética». Recuperado de <http://www.cubadebate.cu/especiales/2021/09/09/Carlos-e-albona-el-cubano-que-desea-promover-otra-revolucion-energetica/>
- MARTÍNEZ COLLADO, C. (2015). «Conservación energética. Una mirada más allá de la eficiencia». *Revista Energía y Tú*, No. 69 (Enero-marzo, 2015). Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia69/HTML/Articulo06.htm>
- MARTÍNEZ COLLADO, C. (2017). «El concepto de conservación energética para todos. Diferencia entre conservación y eficiencia energética en las tecnologías de cocción de alimentos». *Revista Energía y Tú*, No. 79 (Julio-septiembre, 2017). Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Download/Energia79.pdf>
- MARTÍNEZ COLLADO, C. (2017). «Las tecnologías de cocción en los hogares cubanos». *Revista Energía y Tú*, No. 80 (Octubre-diciembre, 2017). Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Download/Energia80.pdf>

- MORALES PEDRAZA, J. (2019). «Solar Energy in Cuba: Current Situation and Future Development». *Journal of Solar Energy Research Updates*, 6, 1-14.
- Oficina Nacional de Estadística e Información. ONEI (2020). *Anuario Estadístico de Cuba 2019*. Minería y Energía.
- SAGASTUME GUTIÉRREZ, A., CABELLO ERAS, D., VANDECASTEELE, C. Y HENS, L. (2018b). «Data supporting the assessment of biomass based electricity and reduced GHG emissions in Cuba». *Data in Brief*, 17, 716-723.
- SUÁREZ-RODRÍGUEZ, J.A., BEATON-SOLER, P.A. Y FAXAS-ESCALONA, R. (2010). *Estado y perspectivas de la energía fósil en Cuba*.
- TORRES, Y. (2020). «La eficiencia energética y el ahorro energético residencial», *South Sustainability*, 1 (1), p. e011. DOI: 10.21142/SS-0101-2020-011.
- UREE / Desarrollo Sostenible Empresa Nacional de Energía Eléctrica, ENEE (2013). Guía para Ahorrar Electricidad en el Hogar Adaptación para Honduras por Departamento de Uso Racional de Energía Eléctrica, Honduras.
- VÁZQUEZ, L., MAJANNE, Y., CASTRO, M., LUUKKANEN, J., HOHMEYER, O., VILARAGUT, M. Y DÍAZ, D. (2018). «Energy System Planning towards Renewable Power System: Energy Matrix Change in Cuba by 2030». *IFAC Papers OnLine* 51-28, 522-527.
- Worsham, E. y Vargas Esposito, G. (2017). «Powering the Pearl: A Study of Cuba's Energy Autonomy». 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. Boca Raton, FL, USA.

Recibido: 28 de noviembre de 2021.

Aceptado: 25 de diciembre de 2021.