



## vitecfv #52. COSTOS FINALES kWh FÓSIL VS FV

DR.C. DANIEL STOLIK

31 AGOSTO 2021

### INTRODUCCIÓN

La paulatina transición energética en Cuba se basa en FRE, de las cuales la FV tiene un gran aporte, una vez más dedicamos este artículo. La generación de electricidad en base a crudo prácticamente no se utiliza a nivel mundial, donde las plantas más importantes son de carbón y de gas, por lo que la ausencia de la generación eléctrica por carbón deja de ser un problema para Cuba. El hecho que por lógica necesidad, a diferencia de todos los países del mundo, en Cuba se utilice en un alto % las plantas de crudo, origina que en la adquisición de nuevas plantas de crudo se realice en forma muy selectiva, o sea, con poca oferta de mercado, que compromete costos y repuestos de mantenimiento. Las plantas de crudo son importante para Cuba pero como alternativa solo en función de la transición energética del país.

Una de las componentes más importantes en la comparación de la generación-consumo de electricidad entre la fósil y la FV es el costo del kWh. Pero también existen otras oportunidades a favor de la FV que exponemos a continuación:

#### COMPARACIONE DE FOSIL Y FV

D.Stolik

EN CUBA	FV	FOSIL
Evolución de Costo	Disminuye	Aumenta
kWh hoy	Más barato	Más caro
Energía Primaria	Radiación solar gratis	Petróleo con costos
Potencial en Cuba	Alta radiación distribuida	Modesto
Existencia	4 mil millones de años	Limitada en este o próximo siglo
Transportación	No necesita transportación	Necesita traslado
Distribución	Centralizada y/o distribuida	Mayormente centralizada
Potencia	De grandes plantas a pequeños usos	Grandes plantas-electrógenos
Tecnología	Sencilla (Módulos e Inversores)	Compleja (calderas y turbinas)
Agua	Muy poco, solo limpieza	Consume mucha
Ruido	Nada	Alto
Disponibilidad	En todo el planeta	En regiones y logares
O-Mantenimiento	Sencillo y de poco costo	Complejo y caro
Averías	Poco frecuentes	Más frecuentes

La desventaja mayor es la intermitencia que tiene soluciones específicas

En este vitecfv # 52 haremos una importante actualización y necesaria ampliación de la comparación de los costos del kWh fósil vs. FV actuales. En el vitecfv # 51 analizamos dichos costos en el periodo hasta 2011 y calculábamos que a \$ 68 barril de petróleo el costo del kWh **solo por quemar** el combustible fósil era de **13 centavos de USD / kWh, y que al** costo solo por quemar, había que añadirle los costos derivados de:

- INVERSIÓN INICIAL.
- TRANSPORTE
- ALMACENAMIENTO.

- LIMITACIÓN DE CAPACIDAD
- PÉRDIDAS EN GENERACIÓN (insumo).
- PÉRDIDAS EN T- D.
- OPERACIÓN - MANTENIMIENTO.
- AVERIAS
- ACCIDENTES y ESCAPES.
- INVERSIONES PERIÓDICAS POR MODERNIZACIÓN.
- CONTAMINACIÓN Y DESTRUCCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.
- PARO Y GASTO POR ROTURAS Y REPARACIONES.
- PAROS POR AHORRO.

### RANGO DE COSTOS SOLO POR QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES.

El costo del kWh fósil depende:

- 1- Del costo del combustible.
- 2- De la cantidad de gramos de combustibles necesarios para generar 1 kWh.

#### 1, COSTO DEL COMBUSTIBLE:

Se diferencian por tipo de fósil pero el más característico es el costo en USD del barril de petróleo, cuyo rango promedio ha evolucionado de la siguiente forma:

#### COSTOS PROMEDIOS ANUALES DEL BARRIL DE PETRÓLEO EN USD/BARRIL

1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
1,21	10,43	35,32	27,0	22,26	16,86	27,6	40,59	77,38	49,49	40,66

El costo ha tenido un comportamiento en zigzag, posterior al 2000 el costo record máximo diario fue de 140,7 USD/barril el 3 de julio de 2008 y el mínimo de 12,2 USD/barril en abril de 2020, hoy en agosto 3021 está en unos 70 USD/barril.

#### CONVERSION DE BARRIL a kg

En dependencia de la densidad del petróleo la masa de un barril de petróleo esta entre 119 kg y 151 kg, para nuestros cálculos tomaremos la conversión de

135 kg/barril, (1)

Teniendo en cuenta este valor promedio, la tabla de costos por kg es la siguiente

#### COSTOS PROMEDIOS ANUALES DEL BARRIL DE PETRÓLEO EN USD/kg

1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
0,9	7,72	26,1	20	16,5	12,5	20,4	30	57,3	36,6	30,1

Hoy Agosto 2021 está en 52,6 USD/kg

Es evidente la gran fluctuación de costos del combustible fósil, sube y baja pero el promedio con los años aumenta, por lo que los pronósticos muestran un alto nivel de incertidumbre, aspecto que como veremos es muy diferente para la FV.

#### 2, INDICES DE CONSUMO EN gr/kWh.

Los gr/kWh se van a diferenciar por el tipo de fuente fósil solido (carbón), liquido (crudo, fuel, diésel) o gaseoso (gas acompañante, o gpl), el comportamiento promedio en conjunto de todas entre 2014 y 2020 (fuente: ONEI) fue el siguiente:

### INDICES DE CONSUMO COMBUSTIBLE TOTAL EN CUBA

	2014	2015	2016	2017	2018	2018	2020
Gr/kWh	265,3	257,8	259,7	258,9	257,7	253	260

Para nuestro cálculo tomaremos un consumo (redondeado) de: 250 gr/kWh (2) o sea, que por cada kg de quema se produce 4 kWh de electricidad.

### RANGO DE COSTOS POR QUEMA DE COMBUSTIBLE

Teniendo en cuenta (1) y (2) el costo del kWh por quemar en función del costo por barril es el siguiente:

#### COSTOS DEL kWh DE ELECTRICIDAD EN FUNCIÓN DEL COSTO POR BARRIL

USD/barril	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Centavos de USD/kWh	5,5	7,4	9,2	11,1	13	14,8	16,6	18,5	20,3	22,2

Recalamos nuevamente que en la relación de costos mostrada en la tabla anterior es solamente la obtenida en la generación por quemarla en las calderas y generarla en las turbinas termoeléctricas. Nótese que el rango de costos se enmarca en valores que ya han existido y que el pronóstico de cómo será tiene un altísimo nivel de incertidumbre que motiva una gran dificultad en las aproximaciones contempladas para definir una estrategia de mediano y largo plazo.

### ENCARECIMIENTOS POSTERIORES DEL kWh FOSIL

La generación eléctrica generada antes de llegar al consumidor final por los distintos sectores (industrial, comercial, social residencial) se consumen en;

- CONSUMO POR INSUMOS DE LAS PROPIAS PLANTAS TERMOELECTRICAS
- PERDIDAS POR DISTRIBUCIÓN y TRANSMISIÓN.

Comportamiento del Insumo y las perdidas (datos (ONEI))

ONEI	2000	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Insumos	927,5	1 012,6	992,7	1 058,2	1 890,8	1 958,2	1 943,8
Perdidas	2 370,6	2 961,3	3 136,2	3 117,2	3 177,3	3 289,6	3 426,5
Total	3 298	3 973,9	4 128,9	4 175,4	5 068,1	5 247,8	5370,3

Porcentaje de insumo más perdido por distribución y transmisión.

#### GENERACION DE ELECTRICIDAD

Total	15 032,2	19 366,1	20 288	20 458,6	21 558,1	20 837	20 793,1
-------	----------	----------	--------	----------	----------	--------	----------

#### CONSUMO DESPUES DE INSUMOS Y PERDIDAS POR TRABSPORTE

%	22	20	20,3	20,4	23,4	25	25,8
---	----	----	------	------	------	----	------

El costo ha aumentado, suponiendo que recupere la eficiencia, los costos del kWh fósil serán los siguientes para una disminución del 20% por insumo más pérdidas.

#### COSTOS DEL kWh DE CONSUMO ELECTRICO POR COSTO BARRIL y PERIDAS + INSUMOS

USD/barril	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Centavos de USD/kWh	6,6	8,9	11,0	13,3	15,6	17,7	19,9	22,2	24,3	26,6

#### OTROS ENCARECIMIENTOS DEL kWh FOSIL

De la relación de otras componentes que se relacionan en la introducción que aportan más encarecimiento del kWh fósil están:

- LIMITACION DE CAPACIDAD ○
- OPERACIÓN - MANTENIMIENTO.
- AVERIAS

El siguiente comportamiento en Cuba entre 2016 y 2020, ha tenido el siguiente comportamiento del % por costo total final del kWh fósil.

	2016	2017	2018	2019	2020
O-M	24,3 %	27,5 %	29,3 %	19,2 %	24 %
Limitación	7,4 %	7,7 %	8 %	10,8 %	12,9
Averías	5,8 %	7,7 %	6,7 %	7,1 %	5,1 %
Total parcial	37,5 %	42,9 %	44 %	37,1 %	42 %

Si consideramos que el costo por O-M, limitación y averías son del 40 %, sin tener en cuenta otros costos más difícil de precisar como: INVERSIÓN INICIAL. TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO, ACCIDENTES y ESCAPES. CONTAMINACIÓN Y DESTRUCCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, entre otros. El costo del kWh aumenta, como se muestra en la siguiente tabla en función del rango de costos probables del barril de petróleo.

USD/barril	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Centavos de USD/kWh	9,2	12,5	15,4	18,6	21,8	24,8	27,8	31	34	37,2

Hoy en Agosto 1ro. 2021 el costo OPEP está en 71 USD/barril, lo que se corresponde con un costo aproximado de:

22 centavos de USD/kWh.

#### LA INCERTIDUMBRE

Además del alto costo el gran problema, de acuerdo con el comportamiento en zigzag pero que en promedio aumenta, está la incertidumbre de como evolucionara el costo del barril de

petróleo y por ende del kWh de electricidad fósil con transcurso de los años, mientras que la evolución del costo del Watt pico de la celda solar y el módulo FV ha mantenido una sostenible notable disminución y por ende de los costos del kWh FV.

COSTOS HISTÓRICOS DE LOS MÓDULOS FV DE SILICIO

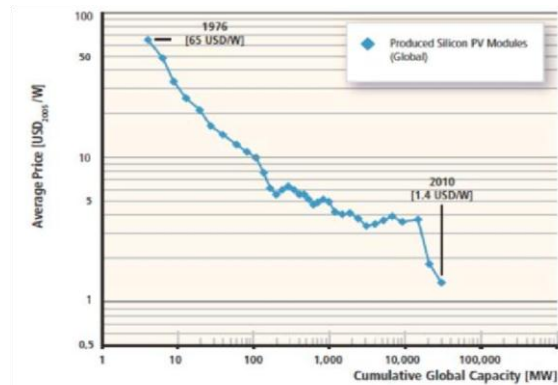
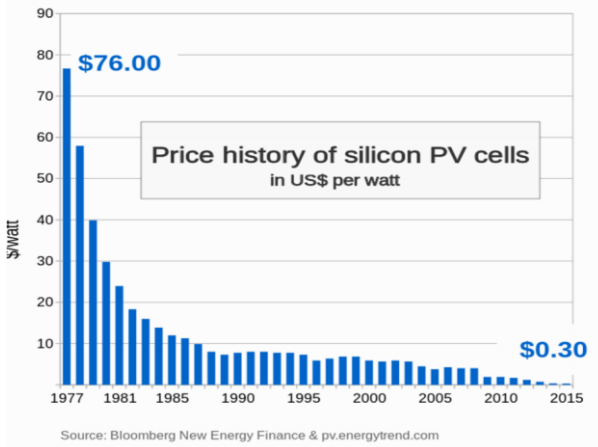


Figura 7.3.1a Curva de aprendizaje para paneles FV de silicio  
Fuente: IPCC, Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2012).

### INSUMOS EN MLC

Entre todas las barreras para poder cambiar la matriz eléctrica de Cuba el factor principal, es la dependencia de los insumos en MLC y la falta de liquidez al respecto. Para realizar una valoración de cómo afrontar la problemática financiera sería muy recomendable hacer el análisis por separado de costos en CUP y en MLC

Para la fósil la mayor parte en divisas es variable para la importación del combustible fósil que el país no puede cubrir para quemarlo y generar la electricidad, que actualmente es aproximadamente de un 50% y que representa una altísima erogación en divisas. Para la FV los costos son más bien fijos de módulos FV, inversores, y otros insumos, concentrado mayormente en la inversión inicial.

**LA COMPONENTE DEL GASTO EN MLC FOSIL VS FV APROXIMADAMENTE HA EVOLUCINADO ENTRE 1977 Y 2021 DE LA SIGUENTE FORMA:**

	1977	2021
<b>MÓDULO FV</b>	<b>76 USD/Wp</b>	<b>20 CENTAVOS USD</b>
<b>FÓSIL</b>	<b>10 USD/BARRIL</b>	<b>70 USD/BARRIL</b>

EL COSTO FV DISMINUYÓ UNAS 760 VECES MIENTRAS EL FÓSIL AUMENTÓ 7 VECES.

**El análisis de los costos en CUP es mucho más complejo de definir pero el hecho está en que la comparación del tratamiento de la falta de liquidez en MLC es más presionante desde el punto de vista financiero que el de CUP y que dicha comparación conduce al importante** costo evitado fósil y al conocimiento del tiempo de recuperación de la inversión FV en MLC, ya que dicho tiempo de recuperación determina los años en la inversión de nuevas instalaciones FV se auto financia por costo fósil evitado, que es un importante elemento para priorizar donde hacer la inversión en función del desarrollo del país, temas que dedicaremos en el próximo vitecfv. Se acabaron la 5 cuartillas.

Dr..C Daniel Stolik