



REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTAL DE CUBASOLAR

**REVISTA CIENTÍFICA de las  
FUENTES RENOVABLES de ENERGÍA**

**55**



<b>Estadísticas energéticas .....</b>	<b>1</b>
<b>Proyecto del Sitio Web para la Cátedra de Educación Energética en la UCPEJV .....</b>	<b>15</b>
<b>Potencialidades de penetración de Fre con baterías fotovoltaicas conectadas a red en la hotelería de Jardines del Rey .....</b>	<b>32</b>
<b>Consideraciones sobre el cobro del agua para fines hidroenergéticos en Cuba. Propuesta de mejoras .....</b>	<b>40</b>
<b>Importancia de la vigilancia estratégica en la socialización de los conocimientos sobre fuentes renovables de energía.....</b>	<b>65</b>
<b>La introducción de tecnologías energéticas y su impacto en el recurso social, natural y financiero en comunidades rurales agrarias. Caso de estudio comunidad rural IV congreso, en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba .....</b>	<b>84</b>

## **Estadísticas energéticas**

### **Energy statistics**

*Por M.Sc. Martha Ferrer García\*,*

*Dra. Maricela Arias Madrazo\*\**

*y Dr. Felipe Hernández García \*\*\*\* Departamento de Física, FCNE,  
Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.*

*\*\*Departamento de Contabilidad  
y Finanzas de la Facultad de Ciencias Económicas,  
Universidad Oriente, Santiago de Cuba.*

*\*\*\* Escola de Engenharia, Universidad Federal de Rio Grande, Brasil.*

*E-mail: marthafg@uo.edu.cu; marias@uo.edu.cu; fhdez99@yahoo.com*

### **Resumen**

El trabajo valida la trascendencia de este tema para alcanzar el desarrollo sustentable y efectivo de la economía en cualquier región del mundo. Se presenta la problemática actual de las Estadísticas Energéticas en Santiago de Cuba, la situación nacional desde su creación y evolución, y sus posibles perspectivas. Se resalta el carácter abarcador de la temática y su incidencia en todos los ámbitos de una nación, por lo que, dada su importancia, debería ser abordada según corresponda por todas las ramas del saber. Se presentan tablas con los resultados de algunos indicadores fundamentales que por su incidencia directa en el Control y la Planificación de los recursos, deben ser considerados al analizar el Sector Energético. Asimismo, se esbozan tópicos en los que actualmente se está investigando, con el fin de cambiar la situación actual y mejorarla. Se subrayan las Recomendaciones, encaminadas a la instrumentación y aplicación de la propuesta, fundamentadas en un proyecto presentado a Cubasolar, organización promotora de las fuentes renovables de energía, la eficiencia energética y el respeto ambiental del país, en aras de su desarrollo socio económico.

**Palabras clave:** Estadísticas energéticas, indicadores económico-energéticos

### **Abstract**

This paper confirms the relevance of this topic to achieve a sustainable and effective development of the economy in any region of the world. The current problems of the Energy Statistics in Santiago de Cuba, the national situation since its creation and evolution are presented, and the probable outlook. The broad character of the subject matter is highlighted and its

incidence in all sectors of a nation, which is the reason why given its importance it should be considered by all sectors. Tables with the results of some key indicators are shown. Due to their direct relationship with the control and planning of the resources, the aforementioned indicators should be considered when analyzing the energy sector. Likewise the paper outlines some topics currently under study with the purpose of changing present-day situation and improving it. The recommendations, addressed towards the instrumentation and application of the proposal, are based on a project presented to Cubasolar, the organization that promotes renewable energies, energy efficiency and environmental awareness in the country for the sake of its social and economic development.

**Keywords:** Energy statistics, energy-economic indicators

## **Introducción**

La estadística no es simplemente la compilación y presentación de datos en tablas y gráficos; constituye en realidad la ciencia base para tomar decisiones en presencia de incertidumbres, y para decidir entre las diversas soluciones posibles de un problema dado. Se puede afirmar que la estadística puede contribuir a resolver las situaciones que impliquen inseguridad, proporcionando el fundamento para el análisis de las alternativas en forma lógica y sistemática. Los datos numéricos proporcionados por encuestas o modelos de sistemas de información componen la materia prima en las que se basan las interpretaciones, los análisis y las decisiones, convirtiendo en esencial el modo en que se utiliza la información hasta lograr la mayor utilidad de los datos que se brindan [Freund, 1988].

Por todo lo expuesto es que la estadística ha sido considerada una herramienta fundamental en la investigación científica. Las estadísticas energéticas son las series de valores en el tiempo que cuantifican tanto los flujos de la energía a través de la cadena energética, como otras variables relacionadas con el sector energético, como son las reservas y los potenciales, las capacidades de producción, de procesamiento, de transporte y de almacenamiento, los precios y otros. Se pueden incluir también en estas estadísticas algunas variables económicas, ambientales y sociales, de gran importancia para el análisis del comportamiento energético de un país [Olade, 2011].

Las estadísticas detalladas, completas, oportunas y fiables son imprescindibles para poder realizar el monitoreo de la situación energética a niveles nacional e internacional; así como las relacionadas con el suministro, comercio, inventarios, transformación y demanda son realmente la base para «cualquier decisión bien fundamentada sobre la política energética».

Contar con una imagen clara de la situación implica disponer de datos detallados y fiables sobre los diferentes eslabones de la cadena de producción y consumo. Esto implica la necesidad de mecanismos apropiados de información, procedimientos válidos de verificación y recursos adecuados, en otras palabras, de estadísticas energéticas maduras y sostenidas. Sin embargo, la liberalización del mercado energético, los datos adicionales que se exigen a los estadígrafos, los recortes presupuestarios y la escasez de personal experimentado han puesto en peligro la sustentabilidad de algunos sistemas estadísticos, y por lo tanto, la propia confiabilidad de las estadísticas, situación a la que Cuba no escapa [*Balance energético...*, 2003] .

Estos análisis se comenzaron a realizar en Cuba en 1983 por la Comisión Nacional de Energía, adscrita al Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, refrendado en el Decreto-Ley No. 70, la cual tenía la función de proponer al Gobierno la política nacional energética, con recomendaciones y proposiciones con respecto a la utilización racional, el ahorro, el desarrollo y las investigaciones de los recursos energéticos; dirigir los programas de acciones que a esos efectos se elaboraran, coordinando el trabajo que en esta esfera desarrollaran los organismos de la Administración Central del Estado, los Órganos Locales del Poder Popular y las Comisiones Provinciales y Municipales de Ahorro de Energía. Esta Comisión fue extinguida a principios de los años 90, paradójicamente, estando el país en plena crisis económica, y con ella desaparecen los propósitos y los mecanismos funcionales de trabajo que concretaban lo expresado en dicho Decreto.

A principios de este siglo el Ministerio de Economía y Planificación (MEP) realiza un intento de recuperación y se crea el Portal Cubano de la Red del Sistema de Información Nacional Energética, con su nodo principal en Megacen Santiago de Cuba, que se enlazaba con las Oficinas Territoriales de Estadísticas de todo el país y con los Centros vinculados con el Sector; sin embargo, al poco tiempo se realizan otros cambios que impactaron negativamente en la idea original [<http://www.santiago...>, s/a].

En esa etapa el Ministerio de la Industria Básica asume la rectoría del Sector Energético, pero diversos factores, algunos internos dentro del Sector y otros ajenos, generan otra crisis energética nacional en el 2004, quedando este importante tema «sin tratamiento alguno», al desaparecer del propio MEP esas estructuras reguladoras y de control.

Es por ello que se pudo identificar «como problema a resolver el insuficiente análisis y control de los recursos energéticos por la no realización de análisis estadísticos en correspondencia con las Metodologías existentes en relación a la planificación del Sector», impactando ello negativamente en

la actividad económica y en la población en general, debido, entre otros, al daño que producen los gases resultantes de la combustión de los fósiles no renovables.

Actualmente la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) dispone de un Sistema de Información, en el cual las estadísticas energéticas se captan en virtud de sus intereses y de los ministerios de Energía y Minas y el de Industrias. Con dicha base estos organismos realizan los correspondientes análisis y los publican, pero careciendo de la necesaria contrapartida académica avalada de la experticia que requieren los nuevos tiempos.

En el 2010 desaparece el Plan de Portadores del Sistema de Información, convirtiéndose las Estadísticas Energéticas en un Sistema de Balance Material o Inventario Nacional. Los análisis económicos se realizan actualmente teniendo en cuenta los gastos energéticos, los que se contabilizan conjuntamente con las materias primas y materiales, por lo que en ningún caso se analiza el costo por el concepto energético en las empresas, organismos y territorios, y hasta el momento no se incluye en las prioridades de control y seguimiento de ninguna organización.

Por interés gubernamental para desarrollar las Fuentes Renovables de Energía se aprueban y financian proyectos que, sin embargo, no siempre se avalan con serios estudios de factibilidad y viabilidad económica, análisis indispensables que además se deben corresponder con los Balances Territoriales, que posteriormente deben ser agregados hasta llegar a la Nación. La no observancia de lo antes expuesto atenta contra el desarrollo armónico que debe ser un elemento imprescindible para acometer cualesquiera nuevas inversiones.

En consecuencia, es evidente la necesidad de que cada país fortalezca su capacidad de análisis y planificación en cuanto a su sistema energético. El modo más viable para lograrlo en el escenario actual, y que debe constituir el objetivo fundamental de las organizaciones, es «implementar en las Oficinas de Estadísticas y de Información, el Balance Energético Nacional (BEN), en correspondencia con las metodologías internacionales como la de la Organización Latinoamericana de Energía (Olade)», con el fin de asegurar un ordenamiento y control que permitan el desarrollo económico eficiente y sostenible, en correspondencia con los retos actuales. En la importancia de este análisis y su necesaria correspondencia con los balances territoriales, está fundamentado el desarrollo de este trabajo.

## Métodos

Un Balance Energético es la contabilización de los flujos de energía a través de una serie de eventos, desde su producción u origen, hasta su aprovechamiento final en cada una de las etapas de la cadena energética, y las relaciones de equilibrio entre la oferta y la demanda, por las cuales la energía se produce, se intercambia con el exterior, se transforma y se consume; tomando como sistema de análisis el ámbito de un país o una región, para un período determinado. Este balance debe contener suficiente detalle para que el especialista pueda comprender y reproducir los resultados. El Ben se puede presentar en dos modalidades; como balance físico y como balance calórico [Olade, 2011]. Esta cuestión requiere sentar las bases que apoyen la pertinencia de proporcionar información básica y comparable a niveles nacional e internacional, cuya veracidad, confiabilidad y sistematización permita el análisis del desempeño y la elaboración de estudios sectoriales, territoriales y nacionales sobre el indicador base de la intensidad energética.

El Balance Total de la Energía es una Tecnología Apropiada que facilita la planificación global energética, pero que debe ser considerada junto con otros elementos del sistema económico. Los trabajos realizados al respecto por Olade y otros organismos mantienen los planteamientos de las Naciones Unidas sobre el tipo de indicadores que deben ser utilizados, contemplando además de la dimensión energética, las dimensiones social, económica y ambiental.

La *dimensión social* refleja la necesidad de las personas de tener acceso a los servicios básicos de energía en la forma de energía comercial y con tarifas asequibles. Muchos parámetros de bienestar social se encuentran relacionados al uso de la energía. Esta dimensión relaciona, a su vez, a cuatro Indicadores de Impacto Ambiental y dos Indicadores de Potenciales y reservas.

La *dimensión económica* refleja la necesidad de disponer de energía confiable y suficiente para todas las actividades productivas. La disponibilidad y la confiabilidad de los servicios de energía son imprescindibles para asegurar el desarrollo económico. Todos los sectores de la economía dependen de servicios seguros, suficientes y eficientes de energía. Esta dimensión relaciona como mínimo a siete Indicadores Económico-Energéticos, cinco de la Estructura del Sector Energético y cuatro de Eficiencia Energética.

La *dimensión ambiental* considera la necesidad de proteger el ambiente sin afectar los niveles de otras dimensiones. La producción y consumo de energía resultan factores importantes que en uno u otro grado afectan la

salud y el ambiente. Las consecuencias negativas para el medio ambiente del uso de la energía pueden ocurrir en todos los niveles y lugares en que se produce y consume energía, siendo los efectos de la contaminación atmosférica sobre en la salud los más significativos. Esta dimensión relaciona como mínimo a cuatro indicadores de Impacto Ambiental y dos de Potenciales y Reservas.

Para este trabajo se realizó la evaluación de algunos de estos indicadores en el periodo 2011-2014 en la provincia de Santiago de Cuba, estableciendo las dificultades que no permitieron realizar los debidos análisis para cada Indicador, y que aparecen comentadas en los acápite correspondientes.

## **Análisis de los resultados**

### 1. Dimensión social

#### 1.1 Indicador socio-económico

1.1.1 Valor Agregado Bruto Percápita (VABPC), relación entre el valor anual del (VA) con respecto a la población total del país. Para comparaciones entre países se calcula a valores constantes tomando como base un año común, cálculo que a este nivel no se realiza. El VABPC, aunque es indicador básico del desarrollo de un país o región, en cuyo caso correspondería tomarse como indicador económico al PIB, su incremento no significa en sí que sea sostenible, ya que involucra patrones de consumo de la población y el modo que ésta usa los recursos.

*Tabla 1. Relación del VAB con el crecimiento de la población estimada en función de tasas de crecimiento, a partir del último año en que se realiza un censo nacional*

<b>Indicadores</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
VAB (p)	1 168 738,4	1 135 863,7	1 333 382,9	1 449 816,7
POB (hab)	1 048 870,0	1 050 401,0	1 053 914,0	1 057 402,0
VABPC (p/Hab)	1,1143	1,0814	1,2652	1,3711
<b>Tasa de Crecimiento Promedio</b>				
(%)	100,00	97,05	113,54	123,05

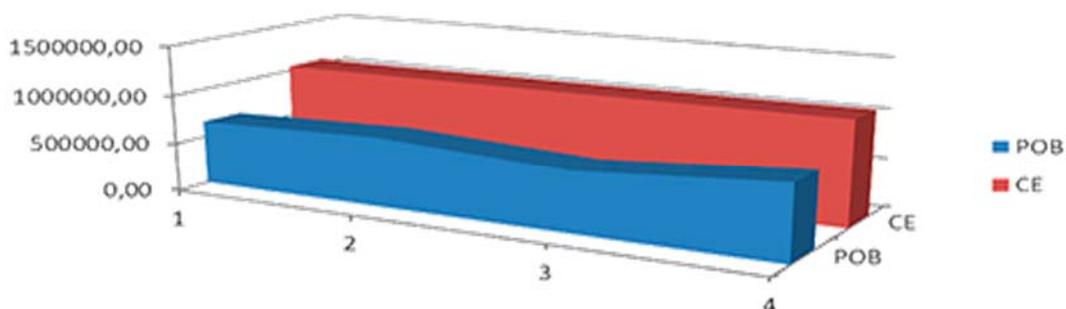
Este resultado puede relacionarse con otros indicadores como el *Consumo Energético Total Percápita* (Tabla 4), y el de *Emisiones de gases de efecto invernadero percápita*.

## 1.2 Indicadores energéticos percápita

1.2.1 *Consumo Energético Total Percápita* (CEPC), indica el consumo energético del territorio para la población dada. Aunque tradicionalmente es aplicado para medir el grado de desarrollo industrial del país y el nivel de vida de los habitantes, no es considerado como un indicador de Desarrollo Sostenible, siendo un parámetro que alerta sobre la presión que ejerce la población sobre el medio ambiente.

*Tabla 2. Consumo Energético Total Percápita, con la ausencia de cifras que no se recogen en el Sistema de Información Estadística*

Indicadores	2011	2012	2013	2014
CE (Tep)	661 335,44	707 882,02	607 760,07	743 142,83
POB (Hab)	1 048 870,00	1 050 401,00	1 053 914,00	1 057 402,00
CEPC (Tep/hab)	0,6305	0,6695	0,5767	0,7028
<b>Tasa de Crecimiento Promedio</b>				
(%)	100,00	106,17	91,46	111,46



*Fig. 1. Consumo Energético Total Percápita.*

En este caso no hay correspondencia entre la demanda de los recursos energéticos con respecto al incremento o disminución de la población.

Se muestra el peor año, 2012, en el que aumenta el consumo energético per cápita sin respaldo de valores, lo que afectó el per cápita global de la población. El año 2013 aparece con una mejor relación, sin olvidar que este análisis se realizó a precios corrientes, lo cual enmascara la real dimensión de los problemas.

1.2.2 *Consumo Eléctrico Percápita (CELPC)*. Tradicionalmente es utilizado como medida del progreso económico, al relacionarse con la calidad de vida de los habitantes. Es también una medida de la presión que ejerce la población sobre el medio ambiente. Resulta de la división del consumo de energía eléctrica total del territorio, contra la población que lo habita.

*Tabla 3. Muestra lo que en promedio consume cada habitante del territorio en el periodo*

Indicadores	2011	2012	2013	2014
CEL (Mwh)	764 480,70	758 504,30	876 234,70	894 613,70
POB (Hab)	1 048 870,00	1 050 401,00	1 053 914,00	1 057 402,00
CELPC(Mwh/hab)	0,7278	0,7221	0,8314	1,0210
<b>Tasa de Crecimiento Promedio</b>				
(%)	100,00	99,22	114,24	140,28

Existe otro indicador que expresa mejor la relación de consumo por habitante, y es el que lo presenta por cada municipio.

1.2.3 *Consumo Energético Total Percápita del Territorio contra El Valor Agregado Bruto Percápita*. Es una de las tantas relaciones que pueden realizarse y ser tenidas en cuenta para la planificación de los recursos.

*Tabla 4. Consumo Energético Total Percápita del Territorio contra el Valor Agregado Bruto Percápita*

Indicadores	2011	2012	2013	2014
CEPC (Tep/hab)	0,6305	0,6695	0,5767	0,7028
VABPC (p/Hab)	1,1143	1,0814	1,2652	1,3711

Para los balances globales de países y regiones, o continentes, se considera al PIB como el indicador fundamental de la economía. En este caso, la Figura 2 muestra la relación existente entre el consumo y el valor agregado.

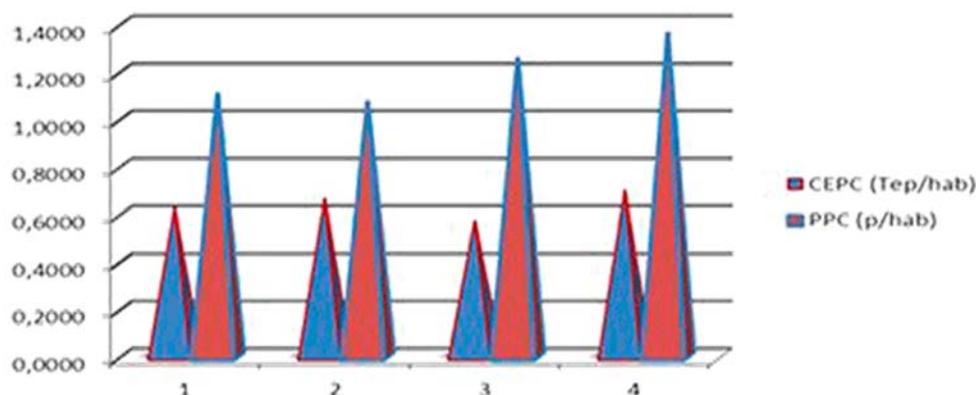


Fig. 2. Relación Consumo y Valor Agregado Percápita; se observa mejor relación en el 2013.

## 2. Dimensión económica

### 2.1 Indicadores Económico-Energéticos

2.1.1 Intensidad Energética Agregada (IE). Es la relación entre el consumo de energía y el valor agregado bruto en este caso, y el producto interno bruto para la Nación, a precios constantes. Este Indicador permite realizar previsiones del impacto energo-ambiental que causaría el crecimiento de la economía.

Tabla 5. Cifras del consumo de energía primaria (incompleto), el producto interno bruto (a precios corrientes) y la intensidad energética resultante

Indicadores	2011	2012	2013	2014
CE (Bep)	462 443,57	523 206,97	397 286,41	525 857,83
VAB Mpesos)	1 168 738,40	1135 863,70	1333 382,90	1449 816,70
IE (Bep/M p)	0.39 568	0.46 062	0.29 795	0.36 271
<b>Tasa de Crecimiento Promedio</b>				
(%)	100,00	116,41	75,30	91,67

El consumo energético total expresado en unidades calóricas, se calcula del consumo final de toda la energía primaria, incluyendo la que se ingresa en los centros de transformación. Para este trabajo no fue posible conocer la totalidad de la energía primaria producida que debe ser captada en el Modelo 5077-3, en el que se dejó de informar a partir de 2009 la generada por energía hidráulica, y ni fue posible incluir en el análisis el petróleo utilizado en la generación termoenergética por constituir Información Clasificada.

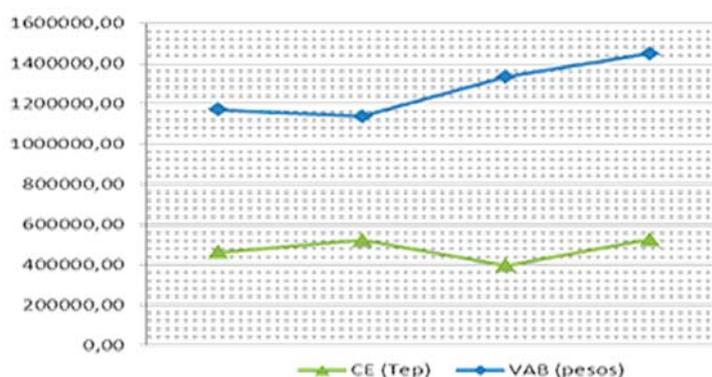


Fig. 3. Intensity Aggregated Energy period 2011-2014, Santiago de Cuba.

Se evidencia la falta de correspondencia entre los niveles de consumo energético y los valores creados, resultado no deseado agudizado por la ausencia de los recursos no contabilizados.

2.1.2 *Intensidad Energética por Sectores Económicos (IESE)*. Es la relación entre el consumo de energía de un sector económico dado y el valor agregado. Este indicador permite identificar los sectores energéticos intensos, y por tanto, los que producen mayor impacto negativo sobre el ambiente.

Tabla 6. Intensity Energy of the Sectors controlled by the ONEI, although they are not the largest consumers of the territory

Const.	2013	2014	Minagri	2013	2014
VAB (Mp)	73 184,5	80 324,4	VAB Mp	244 963,5	327 461,9
CE (Tep)	12 602,8	13 618,2	CE (Tep)	12 326,6	13 953,3
IESE(Tep/M p)	0,1722	0,1695	IESE(Tep/Mp)	0,0503	0,0426

Mitrans	2013	2014	Pod. Pop.	2013	2014
VAB Mp	112 366,7	117 989,0	VAB Mp	482 920,4	521 432,9
CE (Tep)	15 285,4	16 390,9	CE (Tep)	64 103,3	62 563,6
IESE(Tep/Mp)	0,1360	0,1389	IESE(Tep/Mp)	0,1327	0,1199

El Consumo Energético Total expresado en unidades calóricas, se calcula a partir del consumo final de las energías primaria y secundaria totales (incluye electricidad). Es muy importante en estos análisis calcular el VAB a valores constantes, con un año base determinado.

Fue imposible evaluar los Indicadores de *Eficiencia de Transformación Energética (ETE)* y *Eficiencia de Generación Eléctrica (EGE)*, entre otros, al no estar contemplada su captación en el Sistema de Información.

### 3. Dimensión ambiental

#### 3.1 Indicadores de Impacto Ambiental

*Las emisiones de gases de efecto invernadero per cápita (GEIPC)*, y la *Intensidad de emisiones totales con respecto al VAB (IEGEI)* no fueron calculados, al no existir en nuestro territorio esta información; la investigación arrojó que no existe equipamiento ni personal suficientes para el monitoreo, control y regulación de la contaminación atmosférica. A nivel de país se manejan cifras estimadas, considerando solo los factores por tipo de portador (Anexo).

3.2 Indicadores de Potenciales y Reserva, *Potencial Eléctrico Hidroeléctrico Aprovechable (PHNA)* y *Alcance de las Reservas Probadas (ARF)*, entre otros; de igual modo fue imposible hallar la información requerida para su evaluación y el modo de organizar su captación.

Otras relaciones que pudieran valorarse están dadas por la actividad transportista. En Cuba ésta la realizan equipos de combustión interna de combustible fósil, cuyas emisiones contaminantes, junto con las industriales y la generación de energía eléctrica, generan gases como el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno y partículas finas integrantes del denominado material particulado.

Los dos primeros son gases que afectan de forma similar a la salud, al provocar en mayor o menor medida, según su concentración en el ambiente, afectaciones respiratorias y cardiacas, mientras que el material particulado es una mezcla de partículas sólidas y líquidas minúsculas que

tienen al hollín como componente principal. Todos ellos son algunos de los agentes más reconocidos en el impacto negativo al ambiente [Contaminación..., s/a].

## Conclusiones

Del análisis efectuado se puede concluir que:

1. Se evidencia la necesidad de ordenar y controlar las estadísticas de manera que permitan realizar los análisis correspondientes al Balance Energético del Territorio. Urge disponer de estadísticas detalladas, completas, oportunas y fiables para el monitoreo de la situación energética, económica, social y ambiental en todos los niveles de la Nación.
2. En el caso de las estadísticas energéticas sobre el suministro, comercio, inventarios, transformación y demanda (BEN), se dispondría de la base para fundamentar cualquier decisión sobre política energética.
3. El Balance Energético es una Tecnología Apropriada. *OLADE (2011) «Manual de Estadísticas Energéticas»*.  
[http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjmbr/v32\\_2/old0179.pdf](http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjmbr/v32_2/old0179.pdf) ; cuyos objetivos fundamentales son:
  - Evaluar la dinámica del sistema energético en concordancia con la economía de cada territorio, país, región y continente. Servir de instrumento para la planificación energética.
  - Crear las bases apropiadas que conlleven al mejoramiento y sistematización de la información energética.
  - Determinar las principales relaciones económico-energéticas entre los diferentes sectores de la economía nacional.
  - Ser utilizado para la proyección energética y sus perspectivas a corto, mediano y largo plazos. Determinar para cada fuente de energía los usos competitivos y no competitivos que permitan impulsar, cuando sean posibles, los procesos eficaces de sustitución.
4. Mediante la aplicación de la Tecnología del BEN se logra realizar el análisis y la adecuada evaluación del Impacto Ambiental para el ordenamiento de los territorios y del Sector Energético, al considerarse todos y cada uno de los elementos y procesos presentes en la cadena energética cambiando el panorama, determinando las responsabilidades, promoviendo acciones y

movilizando conciencias, con lo que realmente se puede crecer económicamente y alcanzar la sustentabilidad ambiental.

### **Recomendaciones**

Presentar en todos los Programas asociados a este tema el Proyecto del Balance Energético Nacional, -fruto de los resultados de este trabajo-, para su financiamiento y posterior desarrollo.

Al equipo de investigadores, continuar profundizando en el tema y posibilitar su presentación en subsiguientes foros y eventos.

Por la importancia del tema, continuar investigando las relaciones existentes entre las numerosas variables presentes en el objeto estudiado, desde la perspectiva que brindan otras ciencias.

### **Referencias**

- ARANA, M, VALDÉS. ROSANA. (1999). «Tecnología Apropiada: Concepción para una cultura». Colectivo de autores Tecnología y Sociedad. La Habana: Ed. Félix Varela.
- Balance energético Metodología del Ben* (2003).  
[http://energía3mecon.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganización/contenidos didácticos/publicaciones/ balance\\_ben.pdf](http://energía3mecon.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganización/contenidos%20didácticos/publicaciones/balance_ben.pdf)  
«Contaminación del aire entre causas de muerte por cáncer» (s/a).  
En <http://www.radiohc.cu/NoticiasSalud/OMS>.
- FREUND, J. (1988). «Estadística Elemental Moderna». La Habana: Ed. Pueblo y Educación.
- Olade (2011) «Manual de Estadísticas Energéticas»  
[http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjmbr/v32\\_2/old0179.pdf](http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjmbr/v32_2/old0179.pdf).  
<http://www.santiago.cu/hosting/cies/cies.htm> (s/a).

## ANEXO

**Tabla. Valor promedio anual de la concentración de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) por estaciones de monitoreo (1). Microgramos por metro cúbico**

*Mean annual values of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) concentrations as per monitoring stations*

Estaciones	2008	2009	2010	2011	2012	2013
La Palma	2,2	2,4	2,6	5,1	5,2	1,9
Falla	1,1	0,6	0,8	2,6	0,5	0,6
Santiago de Cuba	1,7	-	-	-	-	-

(1) Concentración máxima admisible = 40 µg/m<sup>3</sup>.

Fuente: Instituto de Meteorología.

## **Proyecto del Sitio Web para la Cátedra de Educación Energética en la UCPEJV**

### **Web Site project for the Group of Energy Education at the UCPEJV**

*Por Dr.C. Francisco Luis Pedroso Camejo\*  
y M.Sc. Luis Alberto Sánchez Pérez\*\**

*\*Profesor Titular. Universidad de Ciencias Pedagógicas Enrique José Varona (UCPEJV), La Habana.*

*\*\*Profesor Auxiliar. UCPEJV, La Habana.*

*email: luisalbertosp@ucpejv.rimed.cu; franciscopc@ucpejv.rimed.cu*

### **Resumen**

La ineludible formación de una cultura energética y ambiental en todos los sectores de la población, constituye una primordial exigencia para los sistemas educativos en el siglo XXI. La agudización de los problemas energéticos y ambientales, junto a otros interrelacionados problemas globales, acrecientan la necesidad de transformar en profundidad las categorías del proceso de enseñanza aprendizaje en el nivel medio y, especialmente, en la formación de profesores. El uso eficiente de las TIC en la educación energética y ambiental debe potenciar, desde diferentes perspectivas, la apropiación activa de los contenidos cognitivos, estratégico-procedimentales y actitudinal-valorativos asociados a esta temática. Este trabajo aborda el proyecto de diseño de un sitio Web para la educación energética, sustentado en la orientación cultural de la educación científica como concepción didáctica. A la luz de esta orientación didáctica, se direcciona el diseño del sitio Web educativo, empleando el sistema de gestión de contenidos Drupal como plataforma interactiva para la organización, búsqueda, interpretación y almacenamiento automatizado de la información. El diseño y elaboración del sitio Web responde a los principales objetivos y funciones de la Cátedra de Educación Energética de la Universidad de Ciencias Pedagógicas Enrique José Varona (UCPEJV).

**Palabras clave:** Sitio Web, enseñanza-aprendizaje, TIC, Física, educación energética

### **Abstract**

The creation of an energy and environmental culture in all sectors of the population is a primary requirement for the educational system in the 21<sup>st</sup> century. The peaking of the energy and environmental problems, together with other cross-linked global problems, increase the need to transforming the categories of the teaching-learning process in mid-level and, essentially,

in the training of teachers. The efficient use of ICT in energy and environmental education should empower, from different perspectives, the active appropriation of the cognitive contents, and strategic-procedural and attitudinal-valuing related to this subject matter. This paper discusses the project of designing an energy education web site, based on the so-called cultural orientation of the scientific education as a pedagogical approach. In line with this pedagogic orientation, we used the Drupal management contents system as an interactive platform for the organization, search, interpretation and automated storage of the information. The design and development of the web site respond to the key objectives and tasks of the Energy Education Group of the University of Pedagogical Sciences Enrique José Varona (UCPEJV).

**Keywords:** Web site, teaching and learning, ICT, Physics, energy education

## **Introducción**

El mundo actual está matizado por complejos problemas reflejados en profundas crisis sociales, financieras, culturales y ecológicas que amenazan la existencia de la humanidad y nuestro planeta. Esta alarmante situación exige a la educación científica una nueva visión en la formación de las actuales y futuras generaciones, para que participen en la toma de decisiones responsables y fundamentadas. La imperiosa necesidad de revertir este sombrío panorama, inevitablemente conduce a elevar la cultura científica y tecnológica en todos los niveles educativos y, en especial, en la formación de profesores.

Asistimos a una situación de auténtica emergencia planetaria, marcada por la agudización de serios problemas estrechamente relacionados: contaminación y degradación de los ecosistemas, cambio climático, agotamiento de recursos, crecimiento incontrolado de la población mundial, desequilibrios insostenibles, conflictos destructivos, pérdida de diversidad biológica y cultural. Por otra parte, es insuficiente el dominio de nuestros estudiantes y la población en general sobre los problemas energéticos y ambientales que inciden en el mundo moderno.

En la actualidad, la construcción de una sociedad próspera y sostenible es una aspiración que debe concretarse desde un radical cambio en la educación de las actuales generaciones. Este cambio educativo inevitablemente conllevará a transformar la educación energética y ambiental para propiciar actitudes responsables en la toma de decisiones locales y globales. Desde esta perspectiva, la educación energética debe redimensionarse hacia nuevos objetivos, contenidos, métodos, procedimientos, estrategias y formas de organizar y evaluar su proceso de

enseñanza y aprendizaje para contribuir a la formación integral de la personalidad, individual y social.

## **Desarrollo**

### **Educación energética en el siglo XXI**

Una mejor comprensión de la complejidad de los sistemas que componen la sociedad actual y su interacción con los resultados de la ciencia y la tecnología, son aspectos que caracterizan la modernidad. La estrecha relación entre el desarrollo científico y tecnológico y los problemas globales que afectan a la humanidad, hacen del conocimiento un elemento vital en la cultura de las personas. Ha sido tal la magnitud de este vínculo y sus consecuencias, que muchos consideran al desarrollo científico y tecnológico como la causa principal de los problemas globales [Fabelo, 1989].

Elevar la calidad de la educación científica y tecnológica de estos jóvenes es un requisito imprescindible para su formación integral como futuros profesionales, pero ante todo, como ciudadanos responsables socialmente. Tal y como señaló el Director General de la Unesco durante la Conferencia de Omán en el año 2002: *«Se deduce claramente que la enseñanza media debe centrarse, no sólo en responder a la creciente demanda sino que debe redefinirse, renovarse y mejorarse para satisfacer funciones como preparar a los estudiantes, formal o informalmente, para la enseñanza superior, para el mundo laboral, y lo que puede ser aún más importante, para que se conviertan en ciudadanos responsables de un mundo en constante evolución. La prioridad debería estar marcada no sólo por la renovación de contenido, de métodos y estructuras de la enseñanza media, sino también por la mejora de la formación del profesorado y de los responsables de los distintos establecimientos, para que puedan cumplir mejor su función a la hora de aconsejar y orientar a los adolescentes y jóvenes»*.

En el último lustro del siglo pasado comenzaron a gestarse y concretarse en la práctica docente, profundas transformaciones en los cursos de física de nivel medio y en la formación de profesores. Estos trascendentales cambios se sustentaban en una coherente concepción didáctica: *la orientación sociocultural de la enseñanza de la Física* [Valdés y Valdés, 1999]. Esta concepción consideraba los relevantes cambios en la sociedad actual y se erige sobre el núcleo de las tres ideas básicas siguientes:

- Imprimir una orientación sociocultural a la enseñanza de las ciencias;
- Considerar las características distintivas de la actividad científica, investigadora contemporánea, y

- Atender a las características distintivas de la actividad psíquica humana.

Sobre la base de estas ideas se realizaron profundas transformaciones en la educación energética desde los cursos de Física de la escuela media, y en la formación de profesores. En la actualidad, estos sustanciales cambios son asumidos dentro de la estrategia trazada desde la Cátedra de Educación Energética (CEE) en la UCPEJV. En apretada síntesis vamos a explicar los principales aportes de estas ideas metodológicas.

### **Imprimir una orientación sociocultural a los cursos de Física**

En esta idea se focalizan los aspectos que permiten precisar los objetivos y el contenido de la asignatura. De esta manera, esta idea rectora responde a dos interrogantes, que a luz del contexto actual constituyen importantes retos para la didáctica de la Física: ¿Para qué enseñar? y ¿qué enseñar?

### **Atención a la naturaleza social de la ciencia:**

La implicación de la ciencia y la tecnología en la vida social y la situación del mundo ha ido formando una nueva visión de lo que es y representa la ciencia, destacándose su naturaleza social, es decir, su condicionamiento económico, político, cultural, y su repercusión en estos ámbitos, así como su estrecha relación con la tecnología.

El estrecho vínculo entre el desarrollo científico y tecnológico y los problemas globales que nos afectan, exigen renovar el compromiso social y humanista de la actividad científica. El peculiar hecho de estar amenazada la propia existencia de la humanidad, exige a la escuela la formación de los más preciados valores universales en las actuales y futuras generaciones [ONU, 2009, 2012].

Para el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física es ineludible abandonar la limitación de centrarse en determinados contenidos y habilidades específicos. Esto implica precisar y concretar las dimensiones de la cultura que deben ser atendidas en la educación científica:

- Sistema de conocimientos sobre la naturaleza, la sociedad, el pensamiento y los modos de actuar.
- Hábitos y habilidades para la realización de acciones intelectuales y prácticas.
- Experiencia en la actividad investigadora, creadora.
- Relación emocional-valorativa hacia el mundo.

La creciente complejidad de la sociedad contemporánea, matizada por acelerados cambios globales y el incremento de la interconexión de los sistemas sociales y naturales a nivel planetario, debe ser considerada. El aumento de las investigaciones interdisciplinarias es una característica distintiva de la sociedad actual y un elemento importante en la construcción de un desarrollo sostenible [National Energy Technology Laboratory, 2010].

Es cada vez más claro que la búsqueda de un desarrollo sostenible requiere integrar factores económicos, sociales, culturales, políticos y ecológicos. Requiere tener en cuenta, simultáneamente, las dimensiones locales y globales, y la forma en que interactúan. En otras palabras, lo que se necesita no es ni más ni menos que un cambio fundamental en la manera en que enfocamos el desarrollo de las relaciones entre sociedad y naturaleza [IPCC, 2013; OECD, 2013].

Tener en cuenta estos aspectos resulta vital para que la estructuración del contenido de la educación energética esté en consonancia con el actual contexto sociocultural. En nuestra concepción, el planteamiento y solución de problemáticas de interés social y personal es un elemento decisivo para introducir y desplegar dicho contenido con un enfoque sistémico. En estrecha relación con lo citado, el hilo conductor del proceso formativo debe estar vertebrado a partir de problemas, ideas, conceptos, habilidades, métodos, formas de trabajo y actitudes generales que propicien la conexión de la Física con otras ramas de la cultura [Torres, 2014]

Ejemplos de problemas: problema energético y degradación del medioambiente, problemas relativos a la salud, la educación vial, problemas éticos referidos a resultados de la ciencia y la tecnología, entre otros [Cambridge, 2007; Hurst et al., 2012; Desideri, 2013]. La significativa relación entre ciencia y tecnología en la sociedad actual conlleva a un consenso en la necesidad de potenciar la educación tecnológica. Nuestros estudiantes viven en un mundo donde las interpenetraciones de estas actividades sociales crecen, al igual que los productos artificiales que generan. Uno de los retos de la dinámica de las ciencias en la actualidad, es desarrollar la dimensión tecnológica dentro de la educación científica. Para esto se deben enfrentar visiones deformadas de la tecnología, al considerarla «como ciencia aplicada» y no asumir, en toda su magnitud, su naturaleza e implicaciones sociales [Medina, 2006].

### **Considerar las características distintivas de la actividad científica investigadora contemporánea**

En correspondencia con las principales características de la época moderna, es imprescindible comunicar experiencia en la actividad investigadora [Jimenez y Crespo 2012; Dapia y Escudero, 2014].. Esta

experiencia forma parte de la cultura de la humanidad y ello exige que, al menos, elementos esenciales de ella formen parte de la cultura de los individuos. Esta idea se refiere a reflejar en el proceso de enseñanza - aprendizaje de la Física elementos distintivos de la actividad investigadora contemporánea. Estos elementos deben potenciarse al concebir la solución de problemas como una investigación dirigida por el profesor.

Es importante tener en cuenta la tendencia a disminuir los grandes volúmenes de información a favor de las esencias en las diferentes ramas del saber, y aumentar gradualmente la complejidad de las tareas favoreciendo el desarrollo de las potencialidades de indagación, de cuestionamiento, reflexivas, de autorregulación, metacognitivas y comunicativas en los estudiantes. Se debe atender los aspectos siguientes:

- Creación de una situación problemática de interés social o personal, y planteamiento de problemas.
- Análisis cualitativo, global y desde múltiples perspectivas, de la cuestión considerada; conexión con otras cuestiones, búsqueda de información, valoración del interés y de sus posibles repercusiones sociales, etc.
- Acotamiento de la situación examinada y formulación de preguntas o problemas.
- Planteamiento y argumentación de hipótesis acerca de la posible solución de los problemas.
- Planeamiento de estrategias de solución, incluyendo, en caso necesario, el diseño de experimentos.
- Utilización de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones y, en especial, las computadoras.
- Evaluación de los resultados obtenidos: análisis de la coherencia con el resto del sistema de conocimientos, consideración de posibles aplicaciones, repercusiones sociales, planteamiento de nuevas interrogantes y problemas.
- Síntesis del estudio realizado: elaboración de resúmenes, esquemas e informes, comunicación de resultados.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física debemos considerar que los estudiantes se familiaricen con estos elementos en la solución de los problemas docentes [Pro, 2008; Levi, 2011]. Potenciar la orientación investigadora del aprendizaje significa dirigirlo hacia la integración sustancial de los contenidos cognitivos, procedimentales y axiológicos en los estudiantes

## **Atención especial a características fundamentales de la actividad psíquica humana durante la organización del proceso de enseñanza-aprendizaje**

Esta idea fundamenta y responde a la problemática de cómo organizar el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física para alcanzar los principales objetivos de la educación científica y tecnológica. En nuestros días existe consenso en que la enseñanza debe ser participativa y en el papel activo de los estudiantes para asimilar conocimientos, modos de pensar y actuar. En correspondencia con esto se necesita estructurar, dirigir y controlar la actividad de los estudiantes a partir de un sistema de tareas cuidadosamente diseñado [Valdés y Valdés, 1999; Valdés, *et al.*, 2002]. Teniendo en cuenta los aportes de la pedagogía y psicología, estas tareas se estructuran en tres etapas: introducción, desarrollo y sistematización-consolidación.

### **TIC y educación energética y ambiental**

Hoy no necesitamos fundamentar la importancia y presencia de las TIC en el ámbito educativo. Sin embargo, no se han evidenciado suficientemente las potencialidades de los recursos informáticos para alcanzar los necesarios objetivos del proceso de enseñanza aprendizaje. En el caso de la educación energética, el empleo de las TIC con racionalidad y eficiencia debe conducir a niveles superiores de calidad en los resultados de aprendizaje de los educandos. Pero esto solo tendrá lugar en la medida en que estos recursos se utilicen sustentados en una sólida concepción didáctica, como ya nos hemos referido en el apartado anterior. Como parte de la revolución educacional que tiene lugar en nuestro país, se destaca la introducción, en todos los niveles de enseñanza, de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs). Dada la enorme relevancia que estos medios tienen y tendrán en la sociedad, y en la educación científica, enfatizamos sobre algunos aspectos relacionados con su empleo.

La formación de una cultura científica y tecnológica en todos los ciudadanos del país es una exigencia social que conduce a considerar las características distintivas de la actividad investigadora contemporánea. Es trascendental en la actualidad reexaminar las principales funciones de las TICs en la enseñanza de las ciencias y, en particular, la Física. Hay que reconocer que aún en la experiencia docente predomina la orientación de su uso como un mero medio de enseñanza. De conformidad con la orientación sociocultural de los cursos de la Física, las TICs deben emplearse como una poderosa herramienta para la solución de problemáticas de interés social o personal.

Atendiendo a las tres ideas de la didáctica de la Física, han sido precisados los objetivos generales de su empleo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura:

- Resolución de tareas de cálculos numéricos extensos.
- Realizar experimentos de cálculo con el ordenador.
- Realizar experimentos docentes automatizados.
- Emplear sistemas expertos en la resolución de tareas.
- Almacenamiento, organización, búsqueda y comunicación automatizada de la información para la resolución de problemas docentes.

Debemos acotar que el diseño, elaboración y empleo de sitios Web educativos para la apropiación de contenidos cognitivos, procedimentales y actitudinales, está dentro del último de los objetivos del uso de las TIC declarados anteriormente. La metodología general para concretar estos objetivos en la enseñanza de la Física [Pedroso, 2006] debe ser tenida en cuenta en la organización y planificación de actividades de enseñanza y aprendizaje. Hoy no es posible referirse a un desarrollo integral del estudiante sin el dominio de estas importantes herramientas. El uso eficiente de las TIC debe contribuir a potenciar, en las condiciones actuales, a un proceso de enseñanza-aprendizaje que forme integralmente a los estudiantes.

De acuerdo a diferentes investigadores cubanos, los principios del proceso de enseñanza aprendizaje desarrollador son [Silvestre y Zilberstein, 2002; Addine, 2004]:

- Diagnóstico integral de la preparación del alumno para las exigencias del proceso de enseñanza aprendizaje, nivel de logros y potencialidades en el contenido de aprendizaje, desarrollo intelectual y afectivo valorativo.
- Estructurar el proceso de enseñanza aprendizaje hacia la búsqueda activa del conocimiento por el alumno, teniendo en cuenta las acciones a realizar por este en los momentos de orientación, ejecución y control de la actividad.
- Concebir un sistema de actividades para la búsqueda y exploración del conocimiento por el alumno, desde posiciones reflexivas, que estimule y propicie el desarrollo del pensamiento y la independencia en el escolar.
- Orientar la motivación hacia el objeto de la actividad de estudio y mantener su constancia. Desarrollar la necesidad de aprender y de entrenarse en cómo hacerlo.

- Estimular la formación de conceptos y el desarrollo de los procesos lógicos de pensamiento, y el alcance del nivel teórico, en la medida en que se produce la apropiación de los conocimientos y se eleva la capacidad de resolver problemas.
- Desarrollar formas de actividad y de comunicación colectivas, que favorezcan el desarrollo intelectual, logrando la adecuada interacción de lo individual con lo colectivo en el proceso de aprendizaje.
- Atender las diferencias individuales en el desarrollo de los escolares, en el tránsito del nivel logrado hacia el que se aspira.
- Vincular el contenido de aprendizaje con la práctica social y estimular la valoración por el alumno en el plano educativo.

Es indudable que la orientación sociocultural de los cursos de Física tiene en cuenta estos principios y va más allá al concretarlos en la práctica escolar en diferentes niveles de enseñanza. Tradicionalmente, en diferentes programas y artículos se declaran objetivos generales que no son reflejados correctamente en los cursos. En realidad las didácticas específicas, si se proponen contribuir a un proceso de enseñanza aprendizaje desarrollador, deben concretar estos principios en la actividad educativa.

### **Sitio Web educativo. Drupal: sistema de gestión de contenidos como plataforma web y sus potencialidades**

Las computadoras en una red de comunicación nacional e internacional constituyen poderosas fuentes de información científica, tecnológica y, en general, cultural. Hoy la solución de muchos problemas científicos demandan la integración de los resultados obtenidos desde muy diversas perspectivas. La creación de equipos multidisciplinarios para enfrentar un problema relevante de la ciencia necesita del constante flujo de información entre sus miembros.

El uso de redes locales e internacionales abre enormes perspectivas para la educación cubana. Han comenzado a generalizarse en la educación superior las formas de organización docente semi-presencial y a distancia, añadiéndole mayor importancia al uso de las TICs en la red.

#### *¿Qué es un sitio Web?*

Los autores de este trabajo asumen la definición dada por Ramos Landero [2006], que expresa «un sitio Web es un conjunto de páginas Web interconectadas de manera lógica manejadas como una sola entidad»; aunque en la misma el carácter intencional del sitio Web no se revela como aspecto esencial [Díaz, 2006].

Los rasgos esenciales que caracterizan a un sitio Web son los siguientes: *Su composición y estructuración:* En este aspecto resaltan las *páginas Web*

como los elementos que componen el sitio, Web. Estas son las unidades fundamentales que vinculadas entre sí con forman el todo y se estructuran generalmente en torno a una página «Inicio», o «Home Page».

*Su intencionalidad:* Está dada por el objetivo al que va dirigido el sitio, y es el aspecto que en la gran mayoría de los casos diferencia a un tipo de sitio Web de otro.

*Su unidad en contenido y forma:* Está determinada por su apariencia visual, o sea, la homogeneidad de su diseño en estrecha unidad con los contenidos que aborda.

*Su funcionalidad:* en este aspecto resalta en primer lugar el papel de la navegación, cuya efectividad está dada por el correcto funcionamiento de los hipervínculos y la comodidad para realizada, así como el modo en que se utilizan los componentes de la página Web y los servicios de la Web que propician el mejor aprovechamiento del sitio (correo, foros, búsqueda, entre otros aspectos), o aquellos elementos que posibilitan su interactividad.

*La interactividad* es uno de los aspectos que dan funcionalidad a los sitios Web, consiste en la posibilidad de que el usuario pueda enviar eventos, u otras acciones, al servidor Web y recibir respuestas automáticas del mismo. Este aspecto puede tener amplios usos desde el punto de vista docente, como pueden ser el enviar la respuesta a una pregunta y recibirla con la correspondiente calificación y la adecuada ayuda didáctica.

En los sitios Web docentes debe concederse importancia a la interactividad, especialmente por ser una vía para estimular el carácter activo del aprendizaje, la independencia y la autoevaluación, lo que aumenta las posibilidades de que el alumno se convierta en un sujeto activo en el proceso de aprendizaje.

Los sitios Web educativos o docentes se caracterizan por su intencionalidad, con sus objetivos dirigidos a contribuir a formar la personalidad integral de los estudiantes. De acuerdo con esta premisa, se asume la siguiente definición de sitio Web educativo: aquel sitio Web conscientemente dirigido hacia el cumplimiento de objetivos integralmente formadores del proceso de enseñanza aprendizaje, a partir del aprovechamiento didáctico de sus recursos tecnológicos [Díaz, 2006].

Indudablemente, esta definición refuerza la tesis sobre la necesidad de que el sitio Web educativo se sustente, diseñe y elabore en una coherente concepción didáctica.

En el diseño del sitio Web «Educación Energética» se han atendido a las exigencias didácticas siguientes [Vega 2003, Díaz, 2006]:

1. Lograr el correcto aprovechamiento didáctico de los recursos de la Web, en estrecho vínculo con las exigencias de la didáctica general y la didáctica de la ciencia particular para el que es concebido.
2. Explotar convenientemente las potencialidades que brinda la interactividad, para desarrollar aprendizajes instructivos, educativos y desarrolladores, que se materialicen en conocimientos, habilidades y actitudes acordes con las aspiraciones de la sociedad.
3. Presentar elevado rigor científico, actualidad y asequibilidad en los contenidos que aborda, así como la organización coherente y su estructura lógica.
4. Brindar orientaciones metodológicas, tanto las relacionadas con el contenido en particular para el que fue concebido el sitio Web, como las relacionadas con su organización y estructura, de manera que faciliten el proceso de aprendizaje.
5. Presentar tareas docentes que promuevan la reflexión, el pensamiento problémico, y el desarrollo de la creatividad, y que contribuyan a la motivación e implicación afectiva del alumno en el proceso.
6. Estimular la autoevaluación en el aprendizaje con el empleo de tareas docentes interactivas, así como la coevaluación de los miembros del grupo a partir de las posibilidades del trabajo colectivo en la red.
7. Utilizar alternativas metodológicas que propicien la atención al carácter individual y diferenciado del proceso de enseñanza-aprendizaje, a partir de las potencialidades que ofrecen la interactividad y la navegación en la red.
8. Promover la socialización en el aprendizaje, a través del uso de los recursos tecnológicos de la Web para el intercambio de información, tales como los foros de discusión, el Chat y el correo electrónico, de manera que estimulen la cooperación en la solución de problemas.

¿Por qué el uso de sitios Web en el proceso de enseñanza aprendizaje?

El sitio Web brinda la posibilidad de elaborar una gran biblioteca formada por libros electrónicos, cuyas páginas Web permiten acceder a interesantes elementos multimedia. En sus páginas pueden incluirse información en forma de texto con secuencia no lineal, imágenes planas y tridimensionales, videos, sonido, animaciones, experimentos virtuales, pequeños programas, entre otros recursos de enorme valor para la resolución de problemas. El gran volumen de información sin ocupar mucha memoria, y la posibilidad de una sistemática actualización de sus contenidos, convierten al sitio Web en una eficaz herramienta de rápido crecimiento en la actualidad. En general, si el sitio es situado en una red se tienen las posibilidades siguientes en su uso:

- Búsqueda de información en páginas y otros sitios Web.
- Publicación de páginas Web: Resultados de investigaciones, trabajos de alumnos.
- Comunicación (profesor-alumno, alumno-alumno): correo electrónico, chat.
- Video conferencias.

### Diseño del sitio web Educación Energética

En el diseño del sitio Web Educación Energética se consideraron las exigencias sociales y pedagógicas actuales a la educación científica y tecnológica, así como las potencialidades didácticas de los recursos tecnológicos contemporáneos. En este diseño se distinguen las principales problemáticas de la educación energética contemporánea, las temáticas con insuficiente tratamiento didáctico en el proceso de enseñanza de las ciencias, la interactividad con los estudiantes y las investigaciones científico-pedagógicas sobre esta temática [García, 2006].

La filosofía de navegación del sitio Web se fundamenta en la búsqueda de los aspectos que permiten darle solución a las principales problemáticas energéticas a que se enfrenta el visitante. En este sentido, el intercambio de criterios y valoraciones, entre estudiantes y profesores y entre los propios estudiantes, hacen que se redimensione el componente de interacción y enriquecimiento de las categorías del proceso de enseñanza aprendizaje de los problemas energéticos y su impacto en la sociedad contemporánea.

En el siguiente diagrama (Fig. 1) se representa un fragmento de la estructura del sitio:



*Fig. 1. Fragmento de la estructura del sitio.*

Al acceder a la página principal o «Inicio» se asume el primer nivel de navegación del sitio. A la barra de navegación principal se accede a los módulos y páginas fundamentales del sitio:

- Estructura de la barra de navegación principal a los módulos del sitio:
- Inicio. Introducción, problemáticas de la educación energética actual.
- Fuentes no renovables de energía
- Fuentes renovables de energía

- Estudiante
- Profesor
- Energía y Cuba.
- Biblioteca

La navegación del sitio se diseñó atendiendo al carácter activo, reflexivo, motivador, creativo, colaborativo y crítico de sus fines educativos. El estudiante, a partir de la situación problemática que ha de resolver, debe acceder a las diferentes áreas del sitio en dependencia de sus necesidades. En el anexo 1 se muestra la página principal correspondiente al sitio Educación Energética. Utilizando diferentes hipertextos, palabras o imágenes, el alumno acciona estos enlaces o hipervínculos que le permiten recorrer las diferentes informaciones disponibles en el sitio.

En cualquier nivel que se encuentre el estudiante, encontrará la barra de navegación del nivel antes visitado. Esto permite seguir la navegación, evitando la desorientación y pérdida de tiempo.

En los módulos de cada temática se accede a la variada información estática y dinámica, tal como se muestra en el anexo 2 con que puede interactuar el visitante. Las problemáticas generales asociadas a cada temática tienen sus respectivas orientaciones metodológicas en el módulo «profesor». Los libros de textos sobre educación energética y otros materiales didácticos se encuentran en el módulo «Biblioteca». En cada una de las temáticas, el alumno encuentra imágenes a color, animaciones, texto e imágenes con enlaces a otras informaciones para ampliar o profundizar, videos, y puede acceder a otros módulos.

## **Conclusiones**

La educación científica debe atender con urgencia la necesidad de fomentar y desarrollar una cultura energética y ambiental en todos los sectores de la población. Para la formación de profesores se impone cambiar radicalmente el proceso de enseñanza-aprendizaje de los problemas energéticos y su impacto en el mundo moderno.

El uso eficiente de las TIC en el diseño y confección de sitios Web educativos desde plataformas interactivas, como los sistemas de gestión de contenidos, permiten potenciar el logro de los objetivos propuestos. La educación energética concebida desde una coherente concepción didáctica y potenciada por las TIC, debe contribuir a una sólida cultura integral que favorezca la construcción de un presente y futuro sostenible.

## Bibliografía

- ADDINE, F. *et al*(2004). ¡Didáctica! ¿Qué didáctica? En *Didáctica: teoría y práctica*. Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial, Pueblo y Educación.
- Cambridge (2007). «Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change», *Cambridge University Press, Cambridge (2007)*.
- DAPÍA CONDE, M.D. Y ESCUDERO R. (2014). Aprendizaje colaborativo mediante el uso de edublog en la enseñanza universitaria. Valoración de una experiencia. *Enseñanza & Teaching*, 32, 2-2014, 53-72.
- DESIDERI, U., *et al.* (2013). «Comparative analysis of concentrating solar power and photovoltaic technologies: Technical and environmental evaluations», *Appl. Energ.* 102 (2013) 765–784.
- FABELO CORZO, J. R. (1989). *Práctica, conocimiento y valoración*. Editorial de Ciencias Sociales. La Habana. 1989. 235p.
- García, A. (2006). *El aprendizaje con ayuda en el contexto de la virtualidad*. La Habana, La Habana, Cuba.
- HURST, T.F., COCKERILL, T.T. Y FLORIN, N.H. (2012). «Life cycle greenhouse gas assessment of a coal-fired power station with calcium looping CO<sub>2</sub> capture and offshore geological storage», *Energ. Environ. Sci.* 5. 7132–7150.
- Intergovernmental Panel On Climate Change (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers*, IPCC Geneva (2013), <http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM Approved 27Sep 2013.pdf>
- IPCC (2013). *Fifth Assessment Report Climate Change: The Physical Science Basis*. Summary for Policymakers.
- JIMÉNEZ, V. Y OTERO, J. (2012). «Acceso y procesamiento de información sobre problemas científicos con relevancia social: limitaciones en la alfabetización científica de los ciudadanos». *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 20(7), 29-54.
- LEVIS, D. (2011). «Redes educativas 2.1. Medios sociales, entornos colaborativos y procesos de enseñanza y aprendizaje». *RUSC*, 8(1), 7-24.
- MEDINA, N. (2006). *Gestión de Ciencia e innovación Tecnológica en las Universidades. La Experiencia Cubana*. La Habana, Cuba: Félix Varela
- National Energy Technology Laboratory (2010). *Life Cycle Analysis: Power Studies Compilation Report*, Rep. DOE/NETL-2010/1419, USDOE, Morgantown, WV
- Oecd (2013). «Factbook: Economic, Environmental and Social Statistics», OECD, Paris.
- Oecd International Energy Agency (2013). *Economic Outlook, Volume 2013/1*. *Pedagogía*, 451, 50-53.
- PEDROSO, F. (2006). Una concepción para el uso de las TIC para la enseñanza de la Física en la formación de profesores de ciencias exactas. En CD del VI Encuentro-Taller sobre la Enseñanza de la Matemática y la Informática, Cuba..

Pro, A. (2008). Ciencias para el mundo contemporáneo: una posibilidad de modificar la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 56, 87-97.

SILVESTRE, M. Y J. ZILBERSTEIN (2002). *Hacia una didáctica desarrolladora*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación

TORRES, J. (2014). Organización de los contenidos y relevancia cultural, Cuadernos de UNESCO (2002). Conferencia internacional de Educación: Una educación de calidad para todos los jóvenes: desafíos, tendencias y prioridades. Citado en: <http://www.ibe.unesco.org>

United Nations (2012). *World Population Prospects: The 2012 Revision*, UN, New York (2012), <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>

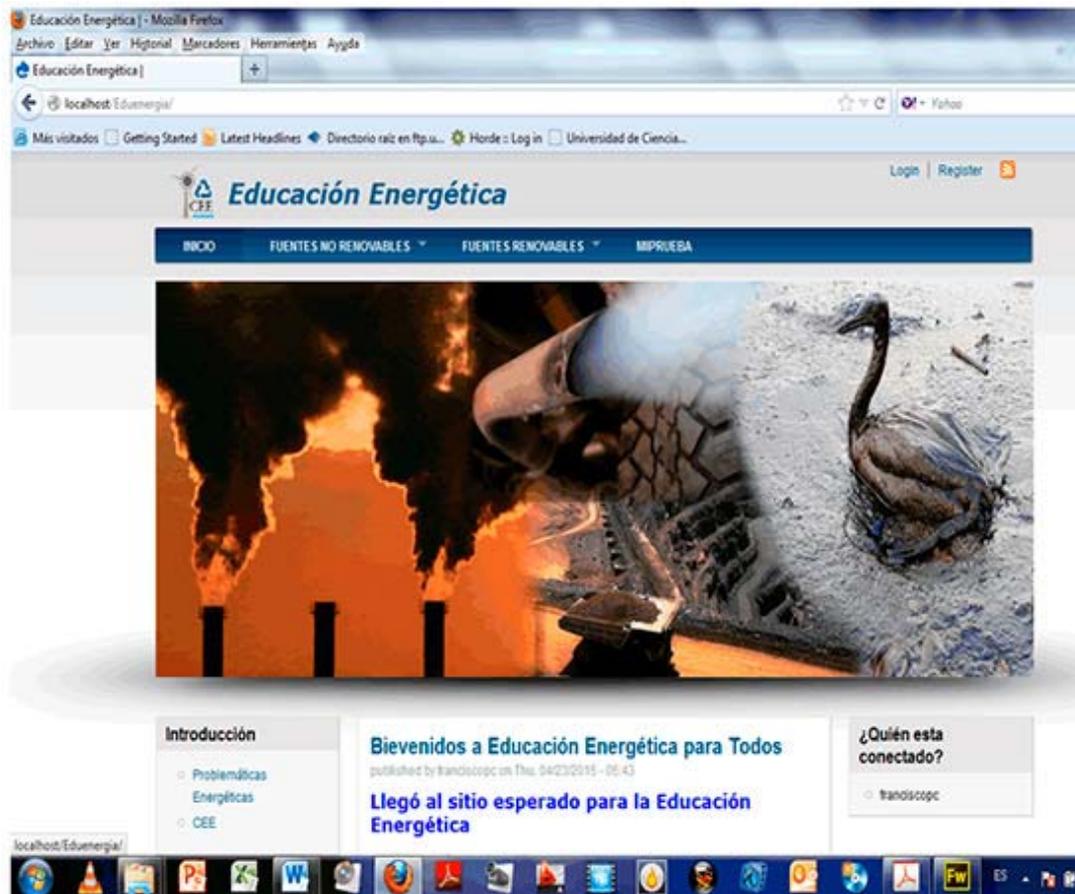
United Nations Framework Convention on Climate Change (2009). Report of the Conference of the Parties on its Fifteenth Session (Conf. Copenhagen, 2009), FCCC/CP/2009/11/Add.1, UNFCCC, Bonn, Germany (2010).

VALDÉS R. Y P. VALDÉS (1999). *Tres ideas básicas de la didáctica de las ciencias. Enseñanza-aprendizaje de la Física en las condiciones contemporáneas*. La Habana, Cuba: Ed. Academia

VEGA BELMONTE, A. (2003) «Aprenda Web dinámico». La Habana: Ed. Científico-Técnica.

## Anexo1

### Página principal del sitio WEB Educación Energética



## Anexo 2

### Navegación por el sitio Web



The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window displaying a website. The address bar shows the URL: `energia/Tipos-contenidos/energia-eolica`. The page content is organized into several sections:

- Fuentes Renovables:** A sidebar menu with options for "Fuentes Renovables", "Energía Solar", and "Energía Eólica".
- Introducción:** A sidebar menu with options for "Problemáticas Energéticas" and "CEE".
- User login:** A form with fields for "Nombre de usuario" and "Contraseña", and buttons for "Log in", "Create new account", and "Request new password".
- Who's online:** A section indicating "There are currently 0 users online."

The main content area features the title "Energía Eólica" and a sub-header "Inicio x Fuentes Renovables". Below the title, it says "published by fanoscopec on Fri, 04/04/2015 - 05:21".

The main text describes wind energy: "La **energía eólica** es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es convertida en otras formas útiles de energía para las actividades humanas."

It continues: "En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir electricidad mediante aerogeneradores, conectados a las grandes redes de distribución de energía eléctrica. Los parques eólicos construidos en tierra suponen una fuente de energía cada vez más barata, competitiva o incluso más barata en muchas regiones que otras fuentes de energía convencionales. Pequeñas instalaciones eólicas pueden, por ejemplo, proporcionar electricidad en regiones remotas y aisladas que no tienen acceso a la red eléctrica, al igual que hace la energía solar fotovoltaica. Las compañías eléctricas distribuidoras adquieren cada vez en mayor medida el exceso de electricidad producido por pequeñas instalaciones eólicas domésticas. El auge de la energía eólica ha provocado también la planificación y construcción de parques eólicos marinos, situados cerca de las costas. La energía del viento es más estable y fuerte en el mar que en tierra, y los parques eólicos marinos tienen un impacto visual menor, pero los costes de construcción y mantenimiento de estos parques son considerablemente mayores."

An image shows "Aerogeneradores y molino de viento" (Wind turbines and windmill). The image depicts a traditional wooden windmill in the foreground and several modern wind turbines in the background, set against a clear blue sky and a green field.

The Windows taskbar at the bottom shows various application icons, including Firefox, Word, and other utilities.

## **Potencialidades de penetración de Fre con baterías fotovoltaicas conectadas a red en la hotelería de Jardines del Rey**

### **Potential for the penetration of FRE with grid-tied photovoltaic systems in Jardines del Rey hotels**

*Por M.Sc. Arnaldo Molina González\*, Ing. Carlos Díaz González\*\*,  
Ing. Adonis Pérez Lorenzo\*\*\*, M.Sc. Celia Luvia Sánchez Borroto\*\*\*\**

*\* Especialista de la Oficina Nacional para el Control  
del Uso Racional de la Energía (Onure), Cuba.*

*\*\* Especialista de Copextel, Cuba.*

*\*\*\*Especialista de Volts Energy, Canadá.*

*\*\*\*\* Especialista de Universidad de Ciego de Ávila (Unica), Cuba.*

*e-mail: molina@eleccav.une.cu; carloscco@cav.copextel.com.cu;  
adonis@ve.ca; celial@unica.cu*

#### **Resumen**

Se presenta un artículo de reflexión que logra identificar las reales potencialidades existentes en los hoteles del Polo Turístico Jardines del Rey, en Ciego de Ávila, para la auto-generación de energía eléctrica a partir de baterías fotovoltaicas conectadas a red. Esta es una importante oportunidad que puede aprovechar el Ministerio de Turismo. Las instalaciones turísticas son grandes consumidoras de electro energía por unidad de superficie. En Jardines del Rey predominan instalaciones de tipo horizontal, que ocupan grandes extensiones de terreno y poseen amplias superficies techadas. Los hoteles explotados por las cadenas Gran Caribe y Cubanacán, generalmente poseen techos limpios, o sea, sin otros usos. Los hoteles operados por el Grupo Gaviota vienen generalizando en sus proyectos más recientes calentadores solares en techos. También algún espacio en techos es utilizado para electrobombas. Pero en esencia, todos son potenciales productores de energía fotovoltaica. Cuba se propone cambiar en poco tiempo la matriz energética, logrando que las Fuentes Renovables de Energía (FRE) asuman 24 % de la generación nacional. Para esto existen proyectos en diferentes estatus de ejecución o negociación. Esta proyección no excluye la posibilidad de que esa penetración aumente a 30%, a partir de proyectos logrados no centralizadamente, sino por los diferentes sectores económicos. Este es un ejemplo concreto.

**Palabras clave:** baterías fotovoltaicas, conexión a red, consumo electroenergético

## **Abstract**

The paper argues the current potential for self-generation of electric power from grid-tied photovoltaic systems in the hotels of the touristic development area Jardines del Rey, in Ciego de Avila. This is an important opportunity that the Ministry of Tourism can make good use of. Tourism facilities are large electricity consumers per unit of surface. The prevailing type of construction in Jardines del Rey facilities is horizontal type, which occupy relatively large extensions of land and with ample roofed surfaces. The hotels operated by Gran Caribe and Cubanacán companies, have generally clean roofs, that is to say, without other uses. The hotels operated by Gaviota Group are generalizing the use of solar water heating in their roofs. Some roof space is also used for water pumping. But basically, all roofs can potentially be used to produce electricity from PV systems. Cuba is in the process of changing its energy mix, achieving 24 % of the national electricity generation from renewable energies. There are projects in different stages of implementation or negotiation. This projection does not reject the possibility of increasing the penetration up to 30%, from not centralized projects. This is an existing example.

**Keywords:** Photovoltaic systems, grid-tied, energy consumption

## **Introducción**

La tendencia de las políticas energéticas de los diferentes países ha sido aumentar gradualmente el suministro de energía renovable, elaborándose para ello una estrategia de desarrollo que en regiones como la Unión Europea se ha propuesto la meta de alcanzar el 20% del suministro de su energía con renovables para el 2020, acordes con su política de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero [Rodríguez, 2008].

En Cuba los Hoteles representan el 8 % de las 1000 empresas más consumidoras de electro energía [Montero, 2011]. Los indicadores de eficiencia energética cumplen una variedad de funciones que van desde el monitoreo de la eficiencia energética, el análisis y la evaluación de políticas energéticas, hasta la valoración de nuevas tecnologías. Dentro de ellas las Fuentes Renovables de Energía [Quispe, *et al.*, 2012].

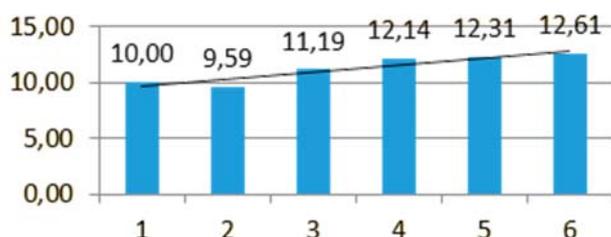
Este trabajo muestra una aproximación a las posibilidades de cada hotel de aprovechar las superficies en techos en función de instalar baterías fotovoltaicas, que logren rebajar su abultada factura de corriente eléctrica, generalmente tercera en la estructura de gastos. Se contabilizan los porcentos de consumo físico que se recortan por cada instalación. Se estima el Tiempo de Recuperación de la Inversión por cálculos que tienen en cuenta ofertas reales de mercado y precio del kW pagado por la tarifa M1A.

El resultado final es la cuantificación de cuánto ahorran los hoteles y el destino turístico por la incorporación de las baterías fotovoltaicas, cuánto combustible deja de emplear el país por este concepto y cuánto se deja de emitir al medio ambiente en toneladas de CO<sub>2</sub>.

## Desarrollo

### Consumo electroenergético en el destino Jardines del Rey

Este destino turístico está en pleno crecimiento de su planta hotelera y estructuras extra hoteleras, crecimiento que se manifiesta con igual magnitud en el consumo electroenergético. Se muestra este comportamiento desde 2010 al 2015.



*Fig. 1. Relación entre el consumo del destino Jardines del Rey y el consumo de la provincia Ciego de Ávila, de 2010 hasta 2015.*

Se muestra además, corroborando el alto consumo del sector, los principales consumidores de la provincia en agosto del 2014. Nótese que 11 de los principales 20 consumidores son hoteles.

*Tabla 1. Ciego de Ávila. Primeros 20 consumidores agosto 2014 [Empresa..., 2014]*

Nombre del servicio	Reeup	KWHT	IT
Producción Comb. de cítrico	131003525	85 5641	159 036,19
Hotel colonial Cayo Coco	256085063	38 1308	91 034,93
Hotel Laguna Azul	256040008	373 687	91 745,67
Hotel Meliá Cayo Guillermo	256086990	372 431	90 029,13
Hotel Tryp Club Caribe (I)	256086984	362 753	86 707,65
Ctral. 1ro. De enero.	305014228	356 148	91 987,33

Hotel Iberostart Daiquirí	256086989	340 837	80 774,04
Centro #6 Radio Cuba Chambas	161007400	332 304	76 047,83
Central Enrique Varona	305014228	322 798	80 754,67
Hosp. General DR. Luaces Iraola	318108554	321 679	74 493,36
Central Ecuador	305014228	316 535	10 8319,20
Hotel Blue Bay	271060244	303 257	76 374,89
Hotel Meliá	256086985	301 653	74 936,57
Hotel Playa Cayo Coco	271060244	282 079	66 514,87
Serv. nuevo c. Ciro Redondo	305014228	279 274	77 266,00
Fca. de Levadura Torula	305014228	240 057	77 749,49
Hotel Sol Club Cayo Coco	256086988	217 171	52 420,90
Hotel colonial Cayo Coco	256085063	185 566	46 254,06
Hotel Sol Club Cayo Guillermo	256085069	177 639	44 936,99
Terminal Aeropuerto	151060403	165457	37 069,19

En la concepción del proyecto Jardines del Rey, las construcciones para el destino turístico son preferentemente horizontales, es decir, hoteles ocupando gran extensión de terreno con edificios bajos de una, dos o tres plantas; módulos habitacionales en forma de *bungalows* distribuidos en el terreno conteniendo pocas habitaciones.

Esa condición está generalizada. Estas características constructivas que predominan, hacen del destino un lugar ideal para la utilización de baterías fotovoltaicas soportadas en las cubiertas, que lograrían reducir las facturas electro energéticas de los hoteles de manera significativa.

Se muestran las superficies contrastadas en las instalaciones, con posibilidades de soportar baterías fotovoltaicas.

*Tabla 2. Inventario de capacidades físicas por hoteles para la instalación de baterías fotovoltaicas conectadas a red*

Hotel	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
	Área Bruta	Área Bruta
Hotel Iberostar Daiquirí	5244	4719,6
Hotel Meliá Cayo Guillermo	3692	3322,8
Sol Cayo Guillermo	2060	1854
Gran Caribe Club Cayo Guillermo	1960	1764
Playa Coco	2394	2154,6
Memories Caribe	3390	3051
Pestana	1920	1728
Pullman	4000	3600
Meliá Cayo Coco	888	799,2
Sol Cayo Coco	3127	2814,3
Tryp Cayo Coco	3977	3579,3
Meliá Jardines del Rey	7756	6980,4
Memories Flamenco	2531	2277,9
Complejo Emperador Laguna	7521	6768,9
Colonial Cayo Coco	1376	1238,4
Aparhotel Azul	10 500	9450
<b>Total</b>	<b>62 336</b>	<b>56 102</b>

Una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo, hasta pequeños paneles para semáforos [Sellés, 2014].

Se propone utilizar baterías conectadas a red, lo cual abarata la inversión y es sencillo y rápido el montaje de la tecnología, con un esquema similar al que se muestra.

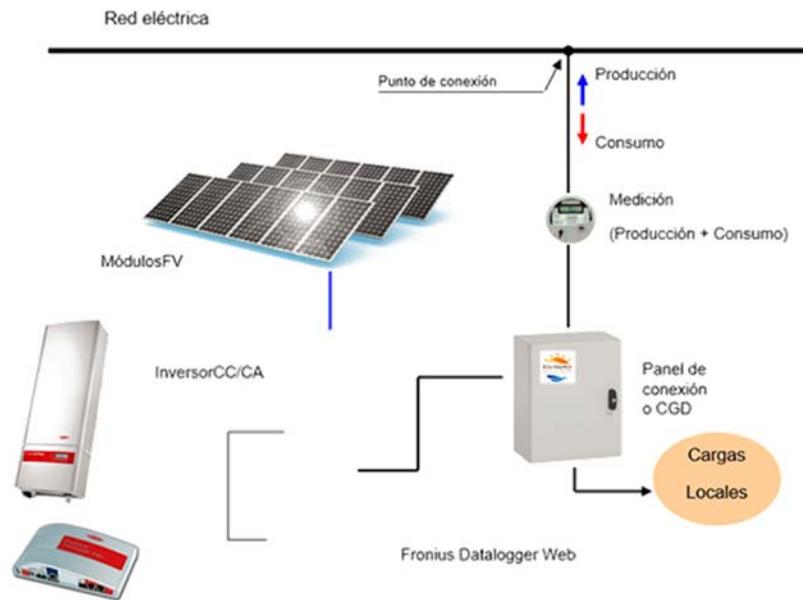


Fig. 2. Esquema de conexión de batería fotovoltaica conectada a red.

Cada una de las instalaciones, de acuerdo a la posibilidad de generación dependiente de su espacio en cubiertas, podrá reducir su factura de electricidad en esa proporción.

Tabla 3. Consumos electro-energéticos por hoteles en 2015. Capacidad de generación estimada y ahorros posibles, en %

Hotel	Consumo 2015 kW	Generación *horakWp	Generación *añokWp	%
Iberostart Daiquirí	4 188 812	645,26	1 170 866	27,95
Meliá Cayo Guillermo	4 630 954	454,29	824 339	17,80
Sol Cayo Guillermo	2 359 050	253,48	459 951	19,50
Villa Cojimar	2 291 355	241,17	437 624	19,10

Playa Coco	3508432	294,57	534 526	15,24
Memories Caribe	4576116	417,13	756 910	16,54
Pestana	4 274 391	492,19	893 109	17,18
Pullman*	4 641 320	236,25	428 693	9,24
Meliá Cayo Coco	4 141 394	109,27	198 270	4,79
Sol Cayo Coco	3 968 022	384,77	698 188	17,60
Tryp Cayo Coco	5 617 433	489,36	887 974	15,81
Meliá Jardines del Rey	7 417 958	954,35	1 731 739	24,74
Memories Flamenco	5 824 684	311,43	565 115	10,32
Complejo Emperador Laguna	5 109 660	925,44	1 679 269	32,86
Colonial Cayo Coco	6 213 582	169,31	307 230	4,94
Aparhotel Azul *	2 808 322	1291,99	2 344 412	83,48
<b>Totales</b>	<b>71 571 485</b>	<b>7670,26</b>	<b>13 918 217</b>	<b>19,45</b>

*\* Para estos hoteles fueron estimados los consumos, pues como son de reciente apertura uno y cambio de estructura el otro, no está completa la base de datos.*

Para estimar el Tiempo de Recuperación de la Inversión, solo se está valorando el precio del kWh pagado por los hoteles con la aplicación de la tarifa M1A, y el precio estimado que para una inversión de esta magnitud pudiera lograrse en una licitación. (1200 CUC por kWp instalado llave en mano). Siguiendo este razonamiento, para instalar en las cubiertas hoteleras 7670 kWp de generación solar fotovoltaica, se deben invertir \$9 204 312.00. Sin tener en cuenta otras variables, y valorando que el kW de electro energía promedió en 2015 a \$0,20 CUC, los 13,9 GW de energía dejada de consumir representan \$2 783 643,20 CUC anuales, por lo que el tiempo de recuperación de la inversión es de 3,3 años.

## Conclusiones

Con los datos aportados en este análisis, se está en condiciones de arribar a las conclusiones siguientes:

1. El polo turístico Jardines del Rey consume en la actualidad 12,61 % de la energía de Ciego de Ávila, 86,4 GWh por año, relación que crecerá de manera significativa en los próximos años.
2. Los hoteles actualmente en explotación consumen 81,24 % de esa energía, 10,20 % de la provincia; 71,57 GWh por año.
3. Instalar baterías fotovoltaicas en las cubiertas de las instalaciones solo hoteleras, representa dejar de consumir de la red 13,9 GWh por año, que representa 19,45 % de los consumos hoteleros, y financieramente \$2 783 643,20 CUC.
4. Este recorte de consumo de la red nacional significa para el país dejar de quemar 4873,81 TEP (Toneladas de petróleo equivalente), y con ello dejar de emitir al medio ambiente 1481,63 toneladas de CO<sub>2</sub>.
5. La electricidad fotovoltaica es ya una de las fuentes más baratas de generación en el mundo. Despleguemos toda nuestra energía en lograr proyectos atractivos a la inversión que posibiliten, en el menor tiempo, la concreción de esta y otras propuestas.

## Bibliografía

Empresa Eléctrica Ciego de Ávila (2014). «Base de datos. Facturación». Departamento Comercial. Agosto. 2014.

MONTERO LAURENCIO, R (2011). «Predicción del consumo de electricidad y gas LP en un hotel mediante redes neuronales artificiales». Revista Energética, publicada por el Instituto de Energía de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ISSN 0120 – 9833. No 42, Diciembre de 2011, pp. 2.

QUISPE CIRO, ENRIQUE OQUEÑA et al. (2012). «Nueva herramienta para la gestión de la eficiencia energética en los procesos empresariales». VII Taller de Energía y Medio Ambiente. Abril del 2012. ISBN: 978-959-257-323-9. PP 2.

RODRÍGUEZ, MURCIA, HUMBERTO (2008). «Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas». #28 revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Rev. ing. ISSN. 0121-4993. Noviembre de 2008.

SELLÉS HUIDOBRO, CARLOS (2014). «Instalación solar fotovoltaica (110kWp) conectada a la red en la cubierta de un polideportivo». Trabajo de Tesis. Universidad de Cantabria. Diciembre-2014.

## **Consideraciones sobre el cobro del agua para fines hidroenergéticos en Cuba. Propuesta de mejoras**

### **Considerations on water payment collection for hydroenergy purposes in Cuba. Proposal of improvements**

*Por M.Sc. Leonardo Peña Pupo\*;  
M.Sc. Luis Gutiérrez Urdaneta\*\* e Ing. Ramón Hidalgo González\*\*\*  
Especialista en Desarrollo.*

*Empresa de Hidroenergía, UEB Santiago de Cuba.*

*\*\* Especialistas de Desarrollo, Empresa de Hidroenergía, Oficina Central,  
San Miguel del Padrón. La Habana.*

*e-mail: leonardo@stg.hidro.une.cu; urdaneta@hidro.une.cu;  
rhidalgo@hidro.une.cu*

#### **Resumen**

El cobro del agua para fines hidroenergéticos en Cuba se realiza según lo establece la Resolución 421/2012 del Ministerio de Finanzas y Precios, que regula el precio por el uso y consumo de agua. El sistema vigente no contempla la energía potencial contenida en el volumen de agua; lo que junto a la magnitud de la tarifa, es inconsistente con los objetivos de la política de desarrollo de fuentes renovables de energía. La aplicación de lo establecido en dicha Resolución podría implicar el abandono de proyectos que sustituyen importaciones y mitigan los efectos del cambio climático de forma directa. En este artículo se analizan desde el punto de vista técnico y económico las limitaciones inherentes a la forma y tarifa para cobro de agua para generar electricidad. Luego de analizar varias experiencias internacionales, se proponen variantes de sistemas y tarifas que estimulen la obtención de mayores beneficios para el país, haciendo económicamente factible el uso del máximo potencial para todas las empresas involucradas en el uso y cobro de este recurso natural.

**Palabras clave:** Recurso agua, consumo, cobro, tarifas

#### **Abstract**

In Cuba the collection of payment of the water for hydroenergy purposes is carried out according to Resolution 421/2012 from the Ministry of Finances and Pricies that regulates the price for the use and consumption of water. The model used today does not consider the potential energy contained in the volume of water so it is inconsistent with the objectives of the policy for the development of renewable energies. The application of the aforementioned Resolution could cause the abandon of projects that substitute imports and directly mitigate climate change. In this article we

analyze from the technical and economical point of view the characteristic limitations to the way and tariff for collection of payment of water to generate electricity. After analyzing a number of international experiences, several variants are proposed that stimulate the procurement of more benefits for the country making economically feasible the use of the maximum potential for all the enterprises involved in the use and collection of payment of this natural resource.

**Keywords:** water resource, consumption, collection of payment, tariffs

## **Introducción**

La hidroenergía en Cuba tiene sus orígenes en el siglo xx con la construcción y puesta en marcha de las hidroeléctricas Pilotos en 1912 y Guaso en 1917. De la energía consumida a nivel mundial, alrededor de 20% [World..., 2015] procede de esta fuente, mientras que solo 0,7% constituye, al igual que la energía eólica y la fotovoltaica una fuente renovable de energía. Esta ventaja, si bien es la conceptualmente más importante, no es única, puesto que al turbinar el agua embalsada, como es el caso de las centrales más grandes del país, esta se oxigena, propiciándole mayor valor de uso al agua. De esta forma el consumo aguas abajo de una central hidroeléctrica tiene la garantía de poseer mayor calidad que la que tenía en el embalse. Pero también son bien conocidos algunos de sus más efectos negativos, como la afectación a la fauna acuícola [Schmutz, 2015], constituyendo uno de los desafíos más ampliamente tratados. El presente trabajo solo abarca el análisis del sistema vigente de cobro del agua, y adelanta propuestas alternativas.

Una hidroeléctrica es una instalación que aprovecha una parte de la potencia hidráulica contenida en una masa de agua para producir electricidad a través de una o varias turbinas [HRC, 2006]. La energía eléctrica aprovechable por esta instalación dependerá entre otros factores de la altura del salto y el volumen aprovechable.

En términos físicos se demuestra que la energía contenida en una masa de agua depende del volumen de agua turbinada y la altura a la que se encuentra el reservorio. Este principio riñe con la actual forma de cobro de agua establecida en Cuba para uso hidroenergético, que se realiza por el volumen de agua utilizado sin tener en cuenta la altura a la que se encuentra el recurso.

Los costos de inversión de las centrales hidroeléctricas centrales dependen de la potencia y del tipo de central que se proyecte. En este sentido puede afirmarse que no son proporcionales los costos de inversión y operación de Centrales Hidroeléctricas (CHE), Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHE) y Micro Hidroeléctricas (MCHE). De lo anterior puede resumirse

que la aplicación de una misma tarifa de *royalty* para todos los proyectos constituye una limitante al desarrollo de proyectos hidroenergéticos.

Con los precios actuales por el uso del agua y la forma de cobro establecidos en la Resolución 421/2012 [Ministerio..., 2012], un número importante de proyectos técnicamente atractivos dejan de ser rentables. En los siguientes acápite se profundiza en estos aspectos con el objetivo de evidenciar las contradicciones presentes y proponer alternativas de solución. A modo de comparación se presentan las formas y valores empleados en varios países del mundo, algunos de los cuales constituyen referentes en cuanto al uso de esta fuente para la producción de electricidad a nivel mundial.

Se entiende que una solución al cobro de agua para generar electricidad que sea medible con precisión, que tenga en cuenta además la energía potencial del agua embalsada (altura) y el tipo de central de que se trate, es más apropiada que la actual y pondría en igualdad de condiciones a todos los posibles aprovechamientos considerados en la Política Hidroenergética del País.

### **Principios básicos de la explotación Hidroenergética. Subordinación de agua para fines hidroenergéticos**

En Cuba el uso de agua para la hidroenergía se considera subordinado. Este concepto está relacionado con la asignación final del volumen de agua a usar (turbinar), como la suma de las demandas de los consumidores aguas abajo de la hidroeléctrica. En la política nacional del agua vigente se definen las prioridades para su uso:

«Establecer como prioridades para el uso del agua: abasto humano y ganadería, riego agrícola y producción industrial de alimentos, resto de la industria, acuicultura en embalses, recreativos y ambientales. La generación hidroenergética constituye uso subordinado a estas actividades excepto en obras diseñadas para ese fin y en las que tienen bajo aprovechamiento con hidroeléctrica funcionando» [INRH, 2015].

Con respecto a esta definición no existe contradicción alguna y es explícito que el objetivo principal de los embalses existentes no es la generación de electricidad, sino el aprovechamiento de la oportunidad para generar energía que brinda el suministro de agua para cualquier tipo de consumo. También se precisa que en caso de embalses con bajo aprovechamiento es posible emplear el volumen no demandado para otros fines, para la generación de electricidad.

## Principios físicos básicos de la explotación hidroenergética

Una revisión de los principios físicos de conservación de la energía y la cantidad de movimiento conduce al planteamiento de la ecuación mediante la cual puede calcularse la potencia eléctrica de un aprovechamiento hidroenergético.

### Ecuación 1

$$P = 9,81 \times Q \times H \times \eta; [\text{kW}] \quad (1)$$

Donde: P es la potencia eléctrica en kW, Q el flujo de agua en m<sup>3</sup>/s; H la altura neta del reservorio en metros

(En un análisis preciso debe referirse como diferencia de altura respecto al punto de descarga descontadas las pérdidas hidráulicas. Se conoce como carga neta en el ambiente hidroenergético), y  $\eta$  la eficiencia de la planta. La energía se define como la capacidad de realizar trabajo de una fuente. De esta forma la potencia descargada en el tiempo define el valor de la energía que propicia esta fuente, como se expresa en la ecuación 2.

$$E = P \times t; [\text{kWh}] \quad (2)$$

Donde:

$t = W / (Q \times 3600)$ ; t: tiempo en h, y W: Volumen de agua del embalse en hm<sup>3</sup>.

Una expresión que define el valor de la energía que potencialmente puede extraerse de esta fuente se expresa en la Ecuación 3. Esta ecuación se obtiene luego de sustituir la Ecuación 1 en la Ecuación 2, teniendo en cuenta que el tiempo que demora la fuente en agotarse es el volumen de esta dividido por el flujo de agua que se extrae de ella. A través de la Ecuación 3 se demuestra que la energía contenida en una masa de agua depende del volumen de agua contenido y la altura a la que se encuentra el reservorio; y no solamente del volumen de agua. He aquí la contradicción subyacente en la forma actual de cobro de agua referida en la Resolución (421/2012).

$$E = W \times H \times \eta / 366,97; [\text{kWh}] \quad (3)$$

De aquí se infiere que para valores iguales de volúmenes de agua e igual rendimiento del sistema, la energía aprovechable dependerá de la altura a la que esté el nivel del agua en el reservorio. En la práctica influyen además otros factores, aunque para el análisis que en este escrito se presenta es válido este principio.

Bajo este principio se hace evidente la diferencia en términos energéticos entre un metro cúbico de agua para producir electricidad a un metro de altura, que a diez metros. Constituye un análisis diferente respecto a otro portador de energía como es el caso del petróleo, en el que una tonelada de este aportará igual cantidad de calorías a cualquier nivel de altura a la que se encuentre.

### **Precio y formas actuales de pago del agua en Cuba**

La tarifa actual del cobro de agua en Cuba se rige por la Resolución 421/2012 del MFP. En la Tabla 1 se resumen los precios para el uso de agua para producción de electricidad en los regímenes subordinado y no subordinado [Ministerio..., 2012], diferenciándose los casos en que el «consumo» (entiéndase uso), se encuentra por encima de la «norma de consumo» (entiéndase plan de uso aprobado).

*Tabla 1. Precio del agua para fines hidroenergéticos. Fuente: Adaptador de Res. 421/201*

<b>No</b>	<b>Servicios</b>	<b>UM</b>	<b>Tarifa</b>
7.0 7.4	Para la industria y el turismo Para la generación de Energía Eléctrica en régimen no subordinado Hasta la norma de consumo establecida Por encima de la norma de consumo establecida	m <sup>3</sup>	0,017 0,034
8.0 8.2	Aguas no reguladas, en ríos, arroyos o lagunas naturales Para la generación de Energía Eléctrica Hasta la norma de consumo establecida Por encima de la norma de consumo establecida	m <sup>3</sup>	0,0004 0,0008

La oportunidad de generar electricidad con este suministro hace que sea una fuente de generación de energía económicamente competitiva, al igual que el resto de las fuentes renovables de energía. Debe tenerse en cuenta que el costo de oportunidad del kWh generado con fuentes renovables es justamente el costo de generación con fuentes térmicas, o sea, que desde esta perspectiva la energía hidráulica es económicamente atractiva y cualquier proyecto que fomente su empleo es, cuando menos, una fuente de reducción de importación de combustible.

Un proyecto cuyo costo de kWh esté por debajo del costo nivelado de energía al Sistema Eléctroenergético Nacional (SEN) resulta muy atractivo y coherente con la actual política de fuentes renovables de energía de nuestro país. A nivel mundial, se aplican un conjunto de políticas [KPMG,

2015], que hacen rentables estas tecnologías a pesar de que el costo del kWh esté por encima de la media ponderada de todas las fuentes. En tal sentido valdría la pena realizar un análisis de estas políticas y sus posibilidades de aplicación en Cuba. No se abordarán en este escrito pues se alejaría del propósito que se aquí persigue.

### **Derecho de uso de agua o royalty**

El pago por el derecho de usar un recurso natural, renovable, está sujeto a un precio que por ser justamente un recurso de estas características, cuya cuantía no depende de gestión humana en estado natural sino que responde únicamente a las leyes de la naturaleza, debe tener características de renta y no de materia prima, a pesar de que técnicamente el agua constituye la materia prima fundamental de la hidroenergía.

En economía, el pago que una persona o institución ha de realizar al propietario de un recurso natural se denomina *royalty*, en castellano también se conoce como regalías y canon. En la actualidad se emplea comúnmente, inclusive en países de habla hispana, el término *royalty* [tomado del inglés], como el pago por el uso de agua para producir electricidad.

La fijación de un *royalty* sobre el agua utilizada en la generación de electricidad tiene varios objetivos: captar la renta implícita en la producción, regular su uso buscando eficiencia en su explotación, obtener compensación por los eventuales gastos sociales y ecológicos, y financiamiento para el resarcimiento de la inversión y los gastos de mantenimiento y operación de los embalses.

### **Proyectos hidroeléctricos afectados. Propuesta de solución**

En la certificación aportada por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos [González, 2014], sobre el volumen de agua a turbinar en los embalses, queda claro que dentro de este volumen una parte es subordinada y que además la cuantía de subordinación variará de un año a otro según sea la demanda de este recurso por los usuarios aguas abajo del embalse, a tono con el plan de la economía del país.

Mediante la evaluación de algunos proyectos de inversión como Alacranes y Baraguálos, que constituyen paradigmas de proyectos en los que la rentabilidad se ve afectada al turbinar el agua no subordinada al precio vigente, se ha querido ejemplificar el escenario actual y posible, una vez que, al considerar los resultados planteados aquí, se decida cambiar la forma y precios de uso de agua.

En este acápite se exponen los principales resultados a través de los indicadores económicos fundamentales que ilustran cómo se afecta la rentabilidad, y por tanto, la decisión de acometer la inversión producto de aumentar el volumen de agua a turbinar cuando se considera el uso del agua no subordinada.

En los gráficos y tablas que se muestran a continuación se explica cómo la forma en que se captan los *royalties* influye en las decisiones de inversión. Posteriormente se adelantan algunas sugerencias en pos de una mejor economía para las instalaciones hidroenergéticas, a la vez que garantiza estabilidad de aportes de los *royalties* generados.

Para el caso de los proyectos aislados del SEN que emplean agua no regulada de arroyos y ríos, el resultado es más crítico puesto que en el análisis deben considerarse factores sociales como los bajos ingresos promedios de la población residente, y la posible emigración a ciudades en los casos en que no se acometan estos proyectos de inversión o no resulte económicamente factible su operación. Por las características sociales y las decisiones políticas que implican, no se ha abordado en este escrito sino que se propone su revisión como parte de la propuesta presentada.

### **La carga hidráulica y el beneficio**

Como anteriormente se ha apuntado, el cálculo del *royalty* a partir del volumen de agua, y en específico de la no subordinada, tiene varios inconvenientes:

- No se tiene en cuenta la altura y por ello, las diferentes potencias de un mismo volumen.
- La medición volumétrica es menos precisa – en las condiciones actuales- que otras mediciones, como la de la generación eléctrica
- El volumen de agua subordinada puede variar de año en año, lo cual adiciona un elemento más de incertidumbre al proyecto de inversión, y del cual dependerán resultados económicos favorables o desfavorables.

Del primer inconveniente se deriva un resultado realmente sorprendente. De la ecuación (3) se deriva que la energía generada en MWh por un  $\text{hm}^3$  de agua almacenada en un embalse [Eu] es:

$$E_u = H \times 1\,000/450 = 2,2222. H; [\text{MWh}] \quad (4)$$

Donde H:

Carga hidráulica en metros (Los resultados de  $E_u$  pueden tener discretas variaciones, en dependencia de la eficiencia energética asumida. En esta fórmula se asume una eficiencia  $[\eta]$  de 0,815).

Por lo tanto, el volumen de agua necesario para generar un MWh  $[W_u]$  sería:

$$W_u = 1 / (2,2222 \times H) = 0,45 / H; [\text{hm}^3]$$

Siendo  $t$  la tarifa de *royalty* por  $\text{hm}^3$  de agua no subordinada, el costo de agua no subordinada para generar un MWh es igual a (Asumimos que el único costo variable para generar un MWh de energía es la tarifa de *royalty* por  $\text{hm}^3$  de agua no subordinada  $[\$17\,000/\text{hm}^3]$ . Esta asunción está muy cercana al comportamiento real de los costos de una central hidroeléctrica):

$$C_u = W_u \times t = 0,45 t / H; [\$/\text{hm}^3] \quad (5)$$

Para que sea económicamente factible producir un MWh adicional de agua subordinada en el corto plazo, el precio del MWh ( $p$ ) debe ser mayor que el costo de generarlo (El precio de un MWh al efecto de los estudios de factibilidad es \$270).

$$p > W_u \times t$$

$$p > 0,45 \times t / H$$

$$\text{Despejando } H,$$

$$H > 0,45 \times t / p$$

Sustituyendo los valores de  $p$  y  $t$ ,

$$H > 0,45 \times \$17\,000 / \$270$$

$H > 28,33$  m, de manera que para que  $p$  sea mayor que  $C_u$  tiene que cumplirse que la carga debe ser mayor que 28,33 m (Esta magnitud de carga es aproximada, para el valor discreto de una eficiencia de 0,815. Para cada proyecto este valor de carga límite dependerá del índice de eficiencia utilizado. No obstante, esta cifra de 28,33 m es una buena estimación). De esto se deriva que:

Solo es conveniente producir energía -desde el punto de vista económico para la instalación- a partir de agua no subordinada si la carga hidráulica es mayor a 28,33 m.

Si la carga es igual a 28,3m, es indiferente producir más energía usando agua no subordinada.

Pero si la carga es menor, cada unidad adicional producida utilizando agua no subordinada genera una pérdida adicional.

La mayoría de los embalses en el país con posibilidades potenciales de ser evaluados mediante estudios de oportunidad y factibilidad para la construcción de pequeñas centrales hidroléctricas, tienen un carga

hidráulica inferior a 28,33 m. Debajo se muestra la carga de diseño de un grupo de instalaciones recién estudiadas (Si se redujera la tarifa, digamos a \$ 8000/hm<sup>3</sup>, para que fuera conveniente económicamente producir energía a partir de agua no subordinada, la carga debería ser mayor de 13,33 m. El 42% de proyectos reflejados en la tabla tienen una carga inferior. Si se reduce a \$5000/hm<sup>3</sup> la carga debería ser superior a 8,33 m: ello afectaría a los dos últimos proyectos listados).

*Tabla 2. Cargas de instalaciones en estudios de oportunidad*

<b>No</b>	<b>Instalación</b>	<b>Provincia</b>	<b>Carga diseño (m)</b>
1	Tuinucú	Sancti Spíritus	34
2	Guisa	Granma	27
3	Céspedes 2da unidad	Santiago de Cuba	24
4	Los palacios	Pinar de Río	18,7
5	La Paila	Pinar de Río	18,3
6	Lebrije	Sancti Spíritus	18
7	Avilés	Cienfuegos	18
8	Najasa I	Camagüey	17,5
9	Bacunagua	Pinar de Río	16
10	El Rancho	Pinar de Río	16
11	Juventud	Pinar de Río	15
12	Cidra	Matanzas	15
13	Alacranes	Villa Clara	14,94
14	Dicnorah	Villa Clara	14,7
15	Máximo	Camagüey	13,7

16	Guamá	Pinar de Río	12,9
17	Muños	Camagüey	12,4
18	Jimaguayú	Camagüey	12,36
19	San Pedro	Camagüey	11
20	La Felicidad	Sancti Spíritus	10,8
21	Najasa II	Camagüey	10,2
22	Voladora	Cienfuegos	10
23	Jaibo	Guantánamo	10
24	El Salto	Pinar de Río	10
25	Paso Viejo	Pinar de Río	8,29
26	Cauto el paso II	Granma	8

### El punto de equilibrio

El punto de equilibrio es el nivel de producción en el cual el beneficio económico se hace cero.

El beneficio económico o renta de una instalación hidráulica [ $\Pi$ ] (este es el beneficio económico. No debe confundirse con el beneficio contable. En el costo para el cálculo del beneficio económico está incluido el costo del capital), y se calcula como:

$$\Pi = p \times Q - C_u \times q_{ns} - F \quad (6)$$

Donde:

Q: nivel total de generación, tanto a partir de agua subordinada como no subordinada

F: gastos fijos, y  $q_{ns}$ : producción de energía a partir de agua no subordinada

De acuerdo al comportamiento de los costos existen dos puntos de equilibrio. El primero, relativo a la generación a partir de agua subordinada, no nos interesa. Asumimos además que es rentable generar energía a partir de agua subordinada, y que se genera el máximo de energía posible usando esta agua [ $q_s^*$ ].

Para determinar el punto de equilibrio usando la Ecuación 6 hacemos  $\Pi$  igual a cero. Además, sustituimos en la Ecuación 6 la Ecuación 5, determinada según la Ecuación 2:

$$p \times Q - 0,45 t \times H - 1 \times q_{ns} - F = 0,$$

Sustituyendo los valores dados de  $t$  y  $p$ ,

$$Q^* = F / 270 + 28,33 \times q_{ns} / H$$

$Q^*$  es el segundo punto de equilibrio cuando se presupone que se usa tanto agua subordinada como no subordinada.

Primer escenario:  $H < 28,33$  m. Solo se utiliza agua subordinada.

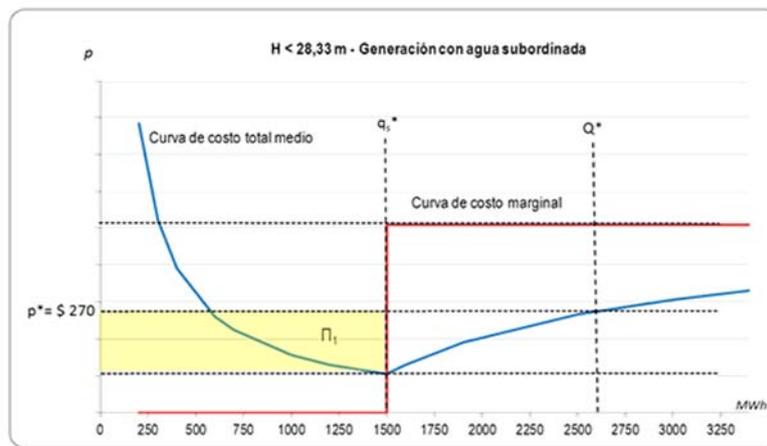


Fig. 1. Generación de agua subordinada.

Lo óptimo es utilizar toda el agua subordinada y generar  $q_s^*$ . El rectángulo  $\Pi_1$  es el beneficio total utilizando solo agua subordinada.

Segundo escenario:  $H < 28,33$  m. Se utiliza también agua no subordinada, pero la producción  $q$  es menor que  $Q^*$ .

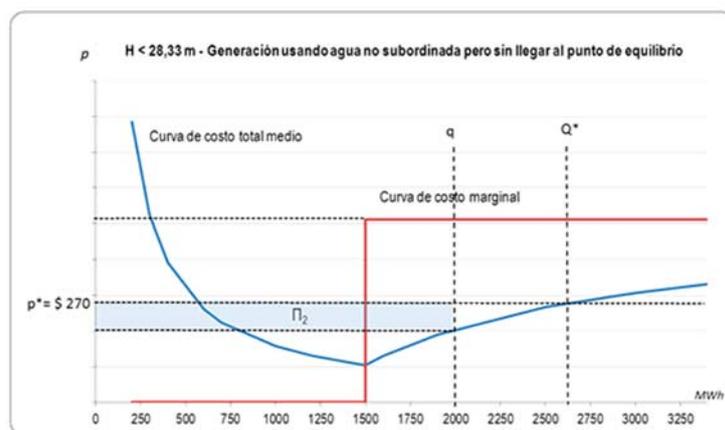


Fig. 2. Generación usando agua no subordinada sin llegar al punto de equilibrio.

Cada MWh producido por encima de 1500 MWh genera una pérdida, pero como el valor total producido  $q$  es menor que  $Q^*$ , aún el resultado final es positivo. Sin embargo, nótese que el rectángulo del beneficio  $\Pi_2$  es menor que  $\Pi_1$  [del gráfico anterior].

A partir de que se comienza a utilizar agua no subordinada, el beneficio comienza a disminuir.

Tercer escenario:  $H < 28,33$  m. Se utiliza también agua no subordinada, pero la producción  $q$  es superior a  $Q^*$ .

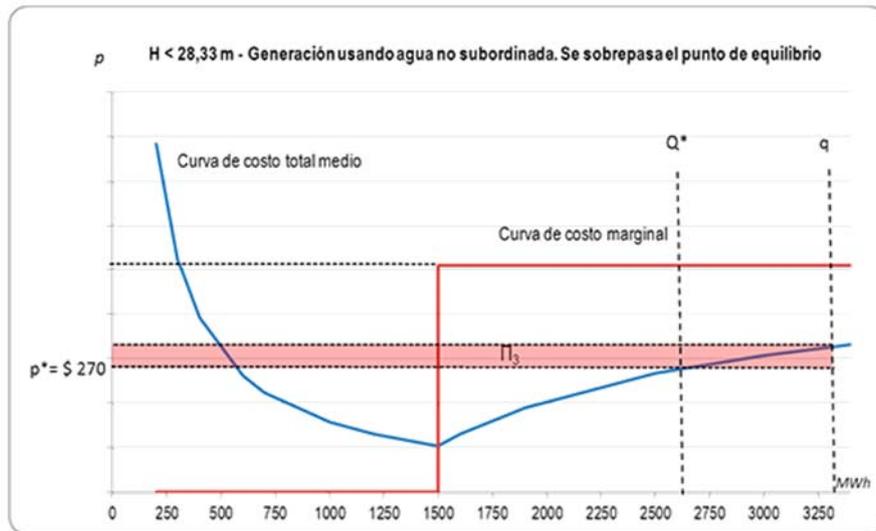


Fig. 3. Sobrepaso del punto de equilibrio.

Como  $q > Q^*$  las pérdidas acumuladas por la generación de agua no subordinada han anulado las ganancias de la generación a partir de agua subordinada, y el resultado final es una pérdida total (rectángulo  $\Pi_3$ ). La curva de costo total medio corta a  $q$  en un punto superior a  $p$ .

Cuando el nivel de generación sobrepasa el punto de equilibrio, el resultado final es pérdida.

### Distorsión de Indicadores: El caso de la central hidroeléctrica Protesta de Baraguá

Para ejemplificar las distorsiones que se crean con el sistema de *royalties* actual, mostraremos a continuación el ejemplo de un estudio de oportunidad recientemente realizado para la instalación de una pequeña central hidroeléctrica en la presa Protesta de Baraguá.

Tabla 3. Resumen de variantes central Baraguá

Variantes	A	B	C	D	E
Conceptos - Baraguá	Generación a partir de agua subordinada – 175 hm <sup>3</sup> de agua utilizada	Generación a partir de agua subordinada – 266 hm <sup>3</sup> de agua utilizada	Generación de agua utilizada 280 hm <sup>3</sup>	Generación de agua utilizada 290 hm <sup>3</sup>	Generación a partir del potencial total a la tarifa vigente
Precio agua	-	-	\$0,017/ m <sup>3</sup>	\$0,017/ m <sup>3</sup>	\$0,017/ m <sup>3</sup>
Agua utilizada anual (hm <sup>3</sup> )	175	266	280	290	298
Ingresos anuales captados como <i>royalty</i> (MS)	-	-	238	408	544
Generación anual (MWh)	4,450	6,765	7,121	7,375	7,578
Ahorro combustibles fócil anual (MS)	572,8	870,7	916,5	949,2	975,4
VAN Flujo de divisas (MS)	1,287	15,135	17,262	18,784	19,999
TIR Flujo de divisas (MS)	16,3%	21,1%	30,9%	32,3%	33,3%
VAN del proyecto sin financiamiento (MS)	2,634	6,460	5,544	4,890	4,367
TIR del proyecto sin financiamiento	17,5 %	26,7 %	24,6 %	23,0 %	21,7 %

Para esta instalación, H = 10,37 m; Agua subordinada: 266 hm<sup>3</sup>; Entrega garantizada: 298 hm<sup>3</sup>

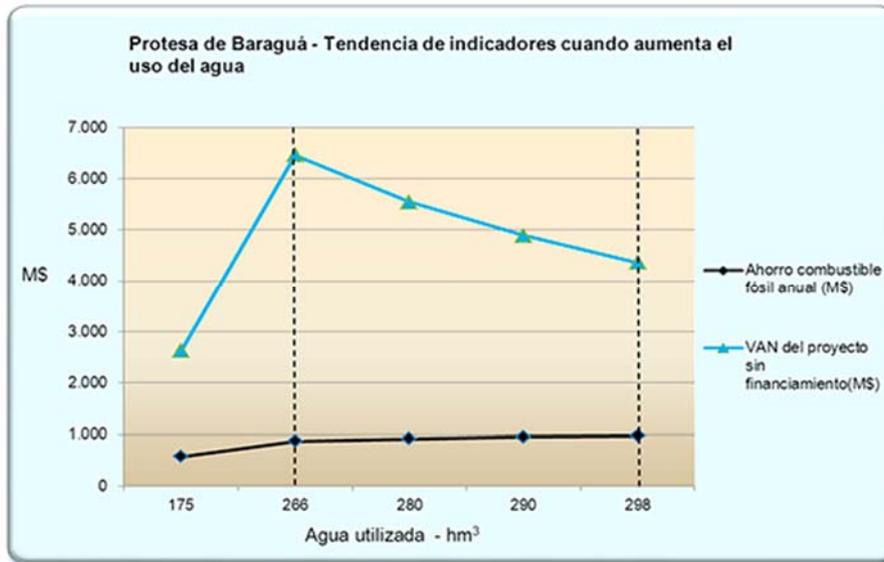


Fig.4. Tendencia de indicadores de rentabilidad central Baraguá.

De la lectura de esta Tabla y de la interpretación del gráfico arriba, afloran los resultados siguientes:

- Los máximos VAN y TIR del proyecto se obtienen en la variante B, que es sólo utilizando la totalidad del agua subordinada.
- Todas las variantes tienen VAN y TIR del proyecto positivos, pues la producción utilizando toda el agua no alcanza el punto de equilibrio. No obstante, en la medida en que se aumenta el uso del agua no subordinada, los indicadores VAN y TIR del proyecto comienzan a empeorar, es decir, se hace menos rentable el negocio.
- Para la variante E, que es la de mayor generación y ahorro en divisas, el VAN y la TIR del proyecto son menores que en cualquiera de las anteriores que utilizan agua no subordinada.
- Si la decisión de inversión se basara en los indicadores VAN y TIR del proyecto, la mejor opción sería B, que es la que paradójicamente genera menos ahorro de divisas que C, D y E.

### El pago del agua hace irrentable el proyecto: el caso de la central hidroeléctrica Alacranes

A continuación se muestran los datos de Alacranes.

Para esta instalación, H = 14,94 m; Agua subordinada: 169 hm<sup>3</sup>; Entrega garantizada: 368 hm<sup>3</sup>

Tabla 4. Resumen de variantes central Alacranes. Situación actual

Variables	A	B	C	D	E
Conceptos Alacranes	Generación a partir de agua subordinada a partir de 150 hm <sup>3</sup> de agua utilizada	Generación a partir de agua subordinada a partir de 169 hm <sup>3</sup> de agua utilizada	Generación a partir de 325 hm <sup>3</sup> de agua utilizada	Generación a partir de 350 hm <sup>3</sup> de agua utilizada	Generación a partir del potencial total a la tarifa vigente
Tarifa de royalty (por hm <sup>3</sup> )	-	-	\$0,017/ m <sup>3</sup>	\$0,017/ m <sup>3</sup>	\$0,017/ m <sup>3</sup>
Agua utilizada anual hm <sup>3</sup>	150	169	325	350	368
Ingresos anuales captados como royalty (MS)	-	-	2,652	3,077	3,383
Generación anual (MWh)	5,177	5,833	11,216	12,079	12,700
Ahorro combustible fósil anual (MS)	666,3	750,7	1,443,7	1,554,7	1,634,7
VAN Flujo de divisas (MS)	-20,156	-16,233	15,977	21,139	24,856
TIR Flujo de divisas (MS)	-	-	22,3%	24,6%	26,3%
VAN del proyecto sin financiamiento (MS)	152	1,236	-7,359	-8,775	-9,794
TIR del proyecto sin financiamiento	10,3%	12,1%	-	-	-

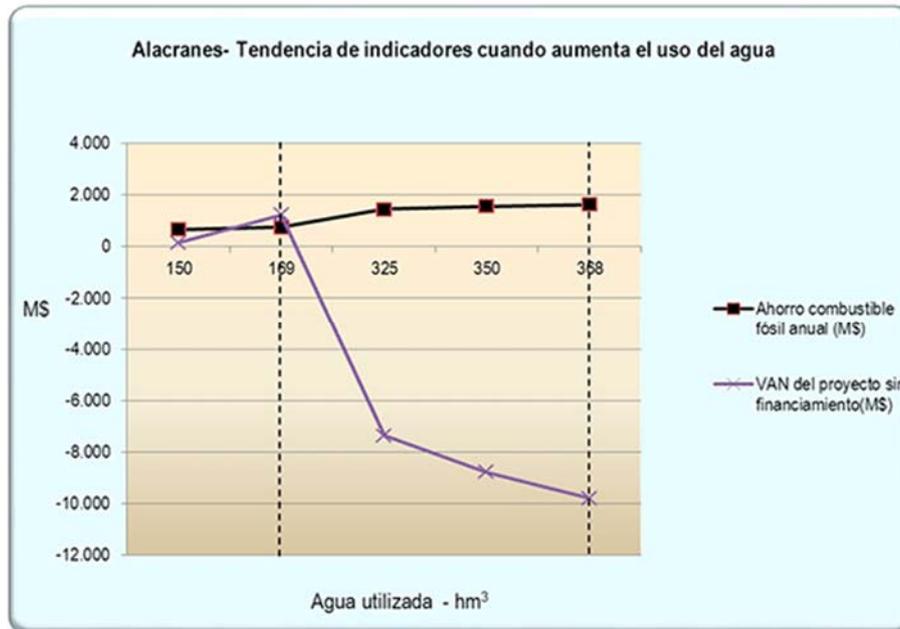


Fig. 5. Tendencia de indicadores de rentabilidad central Alacranes.

Como se deriva de la información anterior, con el uso del agua no subordinada el proyecto se convierte en irrentable. Contradictoriamente, a plena capacidad se obtiene el máximo ahorro en divisas. Le agrega complejidad el hecho de que para que el VAN del flujo en divisas sea positivo debe utilizarse agua no subordinada por un problema de economía de escala.

### La determinación del royalty a partir de la generación. Experiencias de otros países

Existen abundantes evidencias internacionales que vinculan el *royalty* por el uso del agua para usos energéticos con la energía generada. Hemos revisado la experiencia de 14 países de América, Europa y Asia. En 8 de ellos la energía hidroléctrica constituye más de 20% de la generación total, y en 5 constituye más de 50%. De una comparación de esas experiencias se obtienen los resultados siguientes:

- En 12 de ellos la base del cálculo del *royalty* es la generación, sea expresada en forma física o de valor. En el caso de Francia, implícitamente se utiliza una base similar.
- En 6 de ellos hay una diferenciación entre los proyectos, y la tarifa de *royalty* depende de la potencia o de la generación eléctrica.
- En la Tabla 5 se resumen las experiencias foráneas revisadas.

Tabla 5. Resumen de experiencias en el cobro del royalty de agua para producción de electricidad.

País	% Energía hidroeléctrica del total (Banco Mundial)	Cálculo del royalty	Observaciones	Fuente
España	7% (2012)	22% del valor económico de la energía hidroeléctrica producida.	-	Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. Texto consolidado. Última modificación: 26 de diciembre de 2013
Brasil	80,6% (2011)	6,75% del valor de la energía generada	-	Ley No 7.990, 28 de diciembre de 1989, y Ley No 9.984, del 14 de julio de 2000, Brasil. OECD (2015) Water Resources Allocation: Sharing Risks and Opportunities, OECD Studies on Water: Brazil
Noruega	96,6% (2012)	Impuesto de NOK 0,013/kWh producido, que es pagado a las autoridades del municipio y del condado.	Cuando la tasa de retorno está por encima de la ordinaria, se aplica además un aumento del % de impuesto sobre las ganancias.	KPMG LAW ADVOKATFIRMA AS «Tax Facts Norway 2014. A survey of the Norwegian Tax System», www.kpmg.no
Finlandia	23,9% (2012)	Por la producción de energía. El cargo es de 1-10 €/MWh	Sólo se aplica a las grandes hidroléctricas	Acteon Environment. May 2010 «Economic instruments for mobilising financial resources for supporting IWRM». Additional information and illustrations for the OECD initiative.
Viet Nam	30,1% (2011)	El cálculo del royalty es realizado sobre la base de la producción de electricidad.	-	The Ministry of Finance - Socialist Republic of Viet Nam no. 105/2010/tt-btc Hanoi, July 23, 2010 Circular
Nepal	99,9% (2011)	El royalty total se calcula a partir de dos bases: una parte se aplica a la potencia anual instalada y la otra a la producción de electricidad.	Las tarifas de los royalties se diferencian por capacidad instalada: a mayor potencia, mayor tasa.	His Majesty's Government Ministry of Water Resources «The Hydropower Development Policy, 2001». (Approved by His Majesty's Government on 15 October 2001)

China	14,8% (2011)	Las estaciones generadoras de electricidad pagan un <i>royalty</i> en función de la producción de electricidad, además de una contribución extra en la región de acceso al agua.	El importe varía por provincias. Por ejemplo, 0,0001/kWh (Guangdong), 0,0012 \$/kWh (Liaoning), 0,1 \$/kWh (GuangxiZhuang).	- OECD (2015) Water Resources Allocation: Sharing Risks and Opportunities, OECD Studies on Water: China - Acteon Environment. May 2010 «Economic instruments for mobilising financial resources for supporting IWRM». Additional information and illustrations for the OECD initiative.
R.D.P. Lao	No disponible	Como % de los ingresos brutos	El <i>royalty</i> se calcula para cada proyecto, garantizando un retorno del capital del 11-12%	«Lao PDR Development Report 2010. Natural Resource Management for Sustainable Development». Technical note Fiscal Regime in the Hydro Power Sector. Richard Mac George, James B. Stewart, and Ekaterina Vostroknutova. Banco Mundial
Ontario (Canadá)	Canadá 58,9% (2012)	Se aplican dos cargos: uno que varía entre CAD 0,0010/kWh y CAD 0,0106 /kWh dependiendo de la generación anual y otro fijo de CAD 0,0038/kWh.	La tasa variable es mayor mientras mayor es la producción anual de electricidad.	<a href="http://www.fin.gov.on.ca/en/tax/grc/Gross Revenue Charge. Hydro-electric generating...">http://www.fin.gov.on.ca/en/tax/grc/Gross Revenue Charge. Hydro-electric generating...</a>
Francia	10,2% (2012)	El <i>royalty</i> se calcula por volumen y altura. Es de 0.30 € por millón de metros cúbicos x metros de altura	Este método es muy similar al cálculo sobre la base de la energía producida.	Department of the Commissioner General for Sustainable Development of Sustainable Development n°127 EV May 2012 <a href="http://www.developpement-durable.gouv.fr">www.developpement-durable.gouv.fr</a>
Suiza	56,8% (2012)	El <i>royalty</i> es calculado sobre la potencia instalada. Hay un límite máximo a nivel federal de 54 €/kW	Existe diferenciación en cuanto a la tasa dependiendo del productor	Glachant, M. Saguan, Vincent Rioux, S. Douguet, E. Gentzoglanis 9th July 2014. «Regimes for granting right to use hydropower in Europe JM.» Florence School of Regulation
Alemania	3,5% (2012)	No hay cargos a nivel federal, pero pueden ser negociados impuestos	-	Glachant, M. Saguan, Vincent Rioux, S. Douguet, E. Gentzoglanis 9th July 2014. «Regimes for granting right to use

		específicos a la hora de valorar el proyecto		hydropower in Europe JM.» lorence School of Regulation
Slovenia	25,1% (2012)	Por la energía generada	-	OECD (2015) Water Resources Allocation: Sharing Risks and Opportunities, OECD Studies on Water: Slovenia
Rusia	15,7% (2011)	Por la energía generada	-	OECD «Economic instruments for water resources management in the Russian Federation»

### Propuesta del Método de Cálculo de la Tarifa de Royalty

Teniendo en cuenta las limitaciones del método y las tarifas actuales, y la experiencia internacional, la fijación de una tarifa de *royalty* sobre toda la energía generada, individual para cada inversión -independientemente de que se produzca a partir de agua subordinada o no subordinada- superaría todos los inconvenientes del sistema vigente.

La fijación de la tarifa específica para cada inversión, que logre captar parte de la renta diferenciando por proyectos, es el método más adecuado desde el punto de vista económico [Ver de Philip, *et al.*, 2011].

El valor discreto de la tarifa por kWh debe garantizar un retorno mínimo para la inversión, o tomar una proporción del margen operativo. Posteriormente desarrollaremos dos posibles métodos.

Bajo las asunciones antes previstas, las curvas de costo medio total antes y después del *royalty* serían siempre decrecientes. Siendo Q la generación total, la renta se repartiría entre el *royalty* (área T) y la parte que quedaría como beneficio para la instalación (área Π). Como a lo largo de la generación el precio se halla por encima del costo marginal (ambas curvas son paralelas), en la medida en que aumenta el nivel de generación aumenta el beneficio y la captación de *royalty*.

Q\* sería el punto de equilibrio luego de aplicada la tarifa de *royalty* sobre la energía generada.

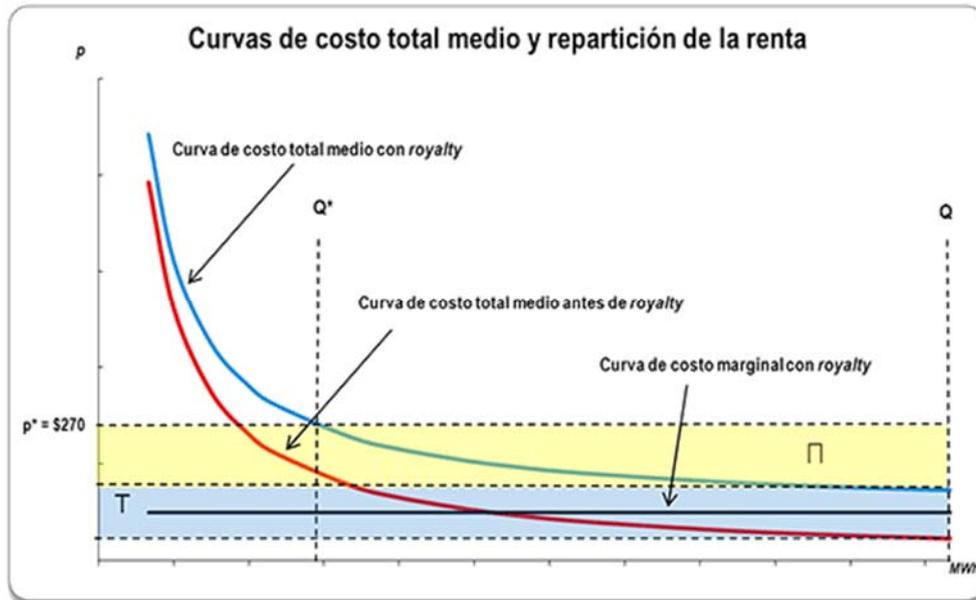


Fig. 6. Repartición de la renta entre las empresas involucradas.

### Primer método de cálculo de la tarifa de royalty: a partir de Minas de Tasa de Retorno (TIR)

Su principal característica es que garantiza la rentabilidad mínima exigida a cada proyecto. En el caso de los proyectos hidroeléctricos. Para la TIR pudiéramos utilizar un mínimo de 15 % (11% es la TIR mínima que se exige a los proyectos de inversión de la empresa Hidroenergía. En este análisis utilizamos un 15 % para aumentar la holgura. En caso de que en un proyecto individual la TIR resultante sea inferior o igual a 15%, no se aplicaría *royalty*).

Es un método muy sencillo. De lo que se trata es de imputar una tarifa de *royalty* por kWh que resulte en un 15 % de TIR en el proyecto en sí (La determinación de esta tarifa se podría realizar de manera sencilla en el propio estudio de factibilidad, o en una proyección de flujos, mediante cálculos iterativos). La distribución de la renta entre el productor ( $\Pi$ ) y el Grupo Empresarial de Aprovechamiento Hidráulico - GEARH (T) dependerá de la rentabilidad del proyecto (Como vimos antes, en la República Democrática Popular Lao, el *royalty* se calcula como un porcentaje de los ingresos brutos, específico para cada inversión. El enfoque es similar al de este método, en la medida en que se debe garantizar para el productor un retorno del capital de entre 11 % y 12 %.).

Anexamos un apéndice con el programa para el cálculo automático de la tarifa para cada proyecto.

## **Segundo método: Aplicación de la Regla de 25%**

En el mundo se aplica ampliamente la llamada regla de 25% para el cálculo de *royalties* en la esfera de la propiedad intelectual, marcas, *know-how*, etc. [Goldscheider, *et al.*, 2012]. Esta regla establece que las ganancias esperadas por el desarrollo de un nuevo producto bajo licencia deben ser divididas entre el productor y el propietario de la licencia. La asunción es que el productor debe retener la mayor parte de las ganancias obtenidas pues es quien corre con gastos de desarrollo, operacionales, riesgos comerciales, así como hace sus propias contribuciones, de manera que el captador del *royalty* debe obtener 25 % de las ganancias. Es una «regla de dedo» o empírica, pues no se sustenta en ningún sustrato teórico.

El 25 % es un punto de partida, y el resultado final dependerá de la negociación entre las partes. Hemos utilizado como punto de partida 50% para el cálculo de la tarifa de *royalty* de cada proyecto hidroenergético (el punto de partida puede ser el 25% u otro que se determine. Lo que es importante como principio es que la renta se comparta entre productor y captador). A continuación desarrollamos una simulación para el caso de Alacranes.

Se toman el margen operativo total del proyecto durante su vida útil, y la generación planificada. Se determina 50% del margen, y este se divide entre la producción de energía. El resultado es la tarifa del *royalty* (al igual que en el primer método, esta tarifa sería aplicable solo al proyecto Alacranes. Cada proyecto llevaría un cálculo individual. Igualmente, en las etapas de pre-factibilidad y factibilidad se incorporarían las debidas precisiones):

- Margen Operativo (\$): 29 114,298
- 50 % Margen Operativo (\$): 14 557,149
- Generación kWh: 228 608,907
- Tarifa de *royalty* (\$kWh): 0,06367709

## **Resultados de la aplicación de ambos métodos al estudio de oportunidad de Alacranes**

A continuación se muestran los resultados de la simulación de ambos métodos al proyecto de Alacranes:

Tabla 6. Resultados de variantes simuladas para la central Alacranes

Variantes	Situación actual					Métodos propuestos	
	A	B	C	D	E	Método I	Método II
Conceptos - Alacranes	Generación a partir de agua subordinada a partir de 150 hm <sup>3</sup> de agua utilizada	Generación a partir de agua subordinada a partir de 169 hm <sup>3</sup> de agua utilizada	Generación a partir de 325 hm <sup>3</sup> de agua utilizada	Generación a partir de 350 hm <sup>3</sup> de agua utilizada	Generación a partir del potencial total a la tarifa vigente	Generación a partir del potencial total de agua con tarifa que garantice TIR = 15%	Generación a partir dekl potencial total de agua bajo la regla del 50% del margen operativo
Tarifa de royalty (por hm <sup>3</sup> de agua o kWh)	-	-	\$0,017/m <sup>3</sup>	\$0,017/m <sup>3</sup>	\$0,017/m <sup>3</sup>	\$0,1176/kWh	\$0,0637/kWh
Agua utilizada anual (hm <sup>3</sup> )	150	169	325	350	368	368	368
Ingresos anuales captados como royalty (M\$)	-	-	2 652	3 077	3 383	1 494	809
Generación anual (MWh)	5,177	5,833	11,216	12,079	12,700	12,700	12,700
Ahorro combustible fósil anual (M\$)	666,3	750,7	1443,7	1554,7	1634,7	1634,7	1634,7
VAN Flujo en divisas (M\$)	-20 156	-16 233	15 977	21 139	24 856	24 856	24 856
TIR Flujo en divisas	-	-	22,3%	24,6%	26,3%	26,3%	26,3%
VAN del proyecto sin financiamiento (M\$)	152	1236	-7359	-8775	-9794	3060	7476
TIR del proyecto sin financiamiento	10,3%	12,1%	-	-	-	15,0%	23,6%

## Conclusiones

En este trabajo se ha propuesto cambiar la forma y el precio actual a pagar por el agua para usos hidronegéticos.

Con las variantes propuestas para el cálculo del *royalty* se obtienen:

indicadores económicos positivos para la inversión, en la medida en que el volumen del *royalty* está en relación directa con la generación y por lo tanto, con los resultados financieros de las instalaciones

captación estable de parte de la renta por la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico. El *royalty* se aplicaría a toda la energía generada, sea a partir de agua subordinada y no subordinada. diferenciación entre proyectos, y por lo tanto, tarifas de *royalty* diferentes para cada uno. y el aprovechamiento de las experiencias internacionales de otros países, muchos de los cuales poseen una larga y reconocida trayectoria en el uso de la hidroenergía.

Cualquiera de los métodos sugeridos u otro que surja de ulteriores análisis, debería ser aplicado no sólo a las inversiones proyectadas o en proceso, sino a las instalaciones en operación. Aquí se incluirían también las hidroeléctricas que generan electricidad a filo de agua.

Las cifras a ser tomadas como límite en el caso de la TIR mínima garantizada, o del porcentaje de *royalty* en la aplicación de la regla del 25, trascienden los objetivos del presente trabajo. Las cifras finales que se decidan estarían entre dos límites: la necesidad de recursos financieros para el GEARH y la garantía de suficientes incentivos para la producción de electricidad.

La aplicación de cualquiera de estos métodos constituiría un paso adelante de la economía hidroenergética en la actualización del modelo económico. Sería además consistente con la política de beneficios fiscales otorgados a las fuentes renovables de energía.

## Referencias

- GOLDSCHIEDER, ROBERT. JAROSZ, JOHN. MULHERN, CARLA (2012). «Use Of The 25 Per Cent Rule In Valuing IP», Les Nouvelles, December 2002. También, KPMG, «Profitability and royalty rates across industries: some preliminary evidence».
- GONZÁLEZ MARTÍNEZ, LÁZARO (2014). «Certificación de volúmenes de agua estimados a turbinar según programa de instalación de 56 MW». Certificación. INRH. 26 de febrero de 2014.
- HIDALGO G. RAMÓN (2013). «Balance anual 2013 Empresa de Hidroenergía». Dirección técnica. La Habana.
- HRC (2006). «Small Hydropower. A Textbook Specially Designed for Training Workshops in TCDC Programs». Hangzhou Regional Center for Small Hydropower. Zhejiang University Press. China.
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (2015). «Política Nacional del Agua» La Habana, 2012. www.hydro.cu 10 de abril de 2015.
- KPMG (2015). «Taxes and incentives for Renewable Energy». www.kpmg.com. Oslo. Norway. Abril de 2015.
- Ministerio de Finanzas y Precios, Res 421/2012, «Nuevas tarifas de agua al sector estatal 2013», La Habana, Cuba, año 2012.

SALAUZE, DANIEL (2011). «A Simple Method for Calculating A Fair Royalty Rate», Les Nouvelles, September 2011.

SCHMUTZ, STEFAN, «What do we know about hydropower and aquatic species». <http://www.hydropower.org/blog/> , 24 de abril de 2015.

VER DE PHILIP DANIEL, RUUD DE MOOIJ, THORNTON MATHESON Y GEERTEN MICHIELSE (2011). «Advancingtaxreform and thetaxation of natural resources», pág. 58-59, Fondo Monetario Internacional, Mayo 2011. Iceland.

*World Installed Hidropower Capacity* (2015). En <http://www.hydropower.org>, consultado en 10 de abril 2015.

## **Anexos**

### **Materiales consultados referidos al balance y uso de agua:**

1. Resolución No. 56/90 de 12 de abril de 1990, sobre las obras en las que el INRH ejercerá como inversionista.
2. Resolución No. 12/91 de 9 de abril de 1991, procedimiento para obtener autorización para la utilización de agua embalsada.
3. La Resolución No. 45/91 pone en vigor los Índices de Consumo de agua actualmente vigente para el sector de la economía no agrícola.
4. Resolución No. 15/98 de 9 de junio de 1998, Metodología para la Elaboración del Balance de Agua y el Plan de asignación de agua.
5. Resolución No. 70/09 de 20 de julio de 2009, Procedimiento para la elaboración del Balance de Agua.
6. Resolución No. 170/2012 Reglamento para la elaboración del balance de agua.

## **Apéndice**

### **Programa para el cálculo del royalty mediante el Solver**

El cálculo exacto de la tarifa puede determinarse en tres momentos: durante el estudio de oportunidad, durante el estudio de prefactibilidad y en el estudio de factibilidad como tarifa definitiva.

Podemos ver cómo se realiza el cálculo con un ejemplo. Tomaremos el estudio de oportunidad de la construcción de una pequeña hidroeléctrica en La Melba.

Como es a filo de agua, se deberían pagar 16,8 miles de pesos anuales por el agua utilizada para generar electricidad.

Como resultado del análisis financiero, los indicadores económicos son los siguientes:

Como hemos propuesto a manera de ejemplo, la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), luego del pago por el agua, debería ser del 15%, y el proyecto con el sistema actual tiene una TIR de 17.4%. Correspondería un pago superior por el agua utilizada.

Se realiza la simulación, con la aplicación Solver de Excel que resuelve el problema, utilizando el algoritmo Generalized Reduced Gradient (GRG). El resultado es el siguiente:

Se ha calculado el royalty por kWh a generar: \$0,03244/kWh. La cantidad media anual a pagar sería de 72,2 miles.

## **Importancia de la vigilancia estratégica en la socialización de los conocimientos sobre fuentes renovables de energía**

### **Importance of strategic surveillance in the socialization of the knowledge on renewable sources of energy**

*Por M.Sc. Anaely Saunders Vázquez\*  
y Lic. Miriam J. Amado Picasso\**

*\*Centro de Gestión de la Información  
y Desarrollo de la Energía, Cubaenergía; Cuba.  
e-mail: anaely@cubaenergia.cu; miriam@cubaenergia.cu*

#### **Resumen**

La aprobación de la Política para la Promoción y Desarrollo de las fuentes renovables de energía (FRE) y la eficiencia energética, brinda la oportunidad a Cubaenergía de establecer un Servicio Científico Tecnológico de Vigilancia Estratégica, cuyo tema fundamental son las fuentes de energía, no solo las renovables, que pueda dar respuesta permanente a las necesidades de información de los tomadores de decisiones durante la ejecución de las acciones, no solo de la Política de las FRE y el ahorro de energía, sino también en la actualización de los planes estratégicos de desarrollo de las fuentes de energía, a mediano y largo plazos, fundamentalmente con la incorporación de tecnologías emergentes. Si tenemos en cuenta que la información necesaria y oportuna que se necesita hoy para una acertada promoción y desarrollo de las fuentes renovables de energía en el país, no solo debe comprender la información con las características tecnológicas, los proyectos y líneas de investigación, desarrollo e innovación asociados a esas tecnologías, los impactos sociales y ambientales derivados, las patentes asociadas, los centros de investigación, fundaciones y empresas vinculadas con cada tecnología, los expertos internacionales y nacionales que trabajan las temáticas objeto de estudio, sino también debe abarcar la información comercial y financiera (precios en los mercados, proveedores, suministradores, posibles socios e inversionistas más propensos a aceptar las condiciones del país, competidores, e inversiones más importantes), información sobre las regulaciones y normativas internacionales. Toda esta información, bien procesada, contribuirá por lo tanto a una acertada toma de decisiones estratégicas y por ello se hace necesario establecer un sistema de vigilancia adecuado. La toma de decisiones está condicionada por la información de que se dispone, es por ello que conceptos relacionados con la obtención, análisis y valoración de la información, como la Vigilancia Tecnológica, Vigilancia Estratégica o Inteligencia Competitiva, han cobrado gran importancia en los últimos años, toda vez que son un soporte

indispensable para esa toma de decisiones, ya sea a corto, mediano o a largo plazo. La Vigilancia consiste en realizar de forma sistemática la captura, el análisis, la difusión y la explotación de información de interés para la institución o entidad, que sirva como apoyo en su proceso de toma de decisiones y para la formulación de estrategias. Se extrae información relevante sobre tendencias tecnológicas, novedades, invenciones, potenciales socios o competidores, aplicaciones de las tecnologías emergentes, a la vez que se contemplan aspectos regulatorios y de mercado que pueden condicionar el éxito de una determinada actuación; debe alertar sobre cualquier innovación científica o técnica susceptible de crear oportunidades o amenazas; se puedan determinar los sectores de donde vendrán las mayores innovaciones tanto para los procesos como para los productos; permite identificar nuevas oportunidades para colaborar con otras instituciones, evitar duplicar la investigación, encontrar socios para proyectos y participar activamente en eventos, todo con el fin de convertir la información en ideas innovadoras y éstas en decisiones estratégicas. En el marco del Programa: «Desarrollo Sostenible de las fuentes renovables de energía», se comenzó a ejecutar el Proyecto «Vigilancia Estratégica de las FRE», que persigue entre sus objetivos la elaboración de una metodología propia para realizar los estudios de vigilancia estratégico para valorar y analizar, de manera integral, la información que se genera permanentemente sobre las FRE. El objetivo de este trabajo es mostrar las experiencias en la socialización de los conocimientos generados mediante la realización de los estudios de vigilancia en fuentes renovables.

**Palabras Claves:** fuentes renovables de energía; gestión de información; vigilancia estratégica; toma de decisiones

### **Abstract**

The approval of the Policy for the Promotion and Development of Renewable Sources of Energy (FRE) and energy efficiency, is an opportunity for Cubaenergía to establishing a Scientific and Technological Service of Strategic Surveillance, being the main topic energy sources in general. The service can permanently respond to the information needs of decision makers during the implementation of the actions, not only related to the Policy of renewable energies and energy saving, but also in updating the med and long terms strategic energy plans, basically with the assimilation of new technologies. Considering that the necessary and timely information needed for a correct promotion and development of renewable sources of energy, should not only include information about the technological characteristics, projects and lines of inquiry, development and innovation associated to those technologies, related social and environmental impacts, related patents, research centers, foundations and companies linked with

each technology, national and international experts that work in the subject matters object of study. The surveillance study should also extend over topics like commercial and financial information, which includes market prices, suppliers, potential partners and investors inclined to accept the conditions of the country, competitors and most important investments. All this information, well processed, will contribute therefore to a correct strategic decision making and for that reason it becomes necessary to establish an adequate surveillance system. Decision making is conditioned by the information available. That is why concepts related to obtaining, analysis and information assessment, like Technological Surveillance, Strategic Surveillance or Competitive Intelligence, have gained great relevance in recent years, every time that they are an essential support for decision making, either for short, medium or long-term. Surveillance consists in accomplishing systematically the capture, analysis, dissemination and exploitation of relevant information for the organization, that support the decision-making process and for the formulation of strategies. Relevant information is extracted on technological trends, innovations, inventions, potential partners or competitors, applications of emerging technologies, as well as regulatory and market aspects that can condition the success of certain action. The scientific and technological service should alert on any scientific invention or susceptible technique to create opportunities or threats. It could determine the sectors from where most of the innovation both for process and products would come. It allows identifying new opportunities to collaborate with other institutions, to avoid duplicating investigation, finding associates for projects and to participate actively in events, everything aim at transforming the information into innovative ideas and the latter in institutional decisions.

In the framework of the Program: «Sustainable development of renewable sources of energy», it began to be performed the project Strategic Surveillance of FRE, aimed at the elaboration of a procedure of its own to accomplish the strategic surveillance to evaluate and analyze, in a comprehensive way, the information on FRE that is permanently generated. The objective of this work is to show the experiences in the socialization of the knowledge generated by means of the realization of the surveillance studies on renewable energies.

**Keywords:** Renewable sources of energy; energy information management; strategic surveillance; decision making

## **Introducción**

El avance acelerado de la ciencia y la tecnología, las marcadas diferencias entre los países desarrollados y los en vías de desarrollo, las crisis económicas, las migraciones, las guerras y el deterioro de las condiciones

de vida en el planeta, son aspectos característicos de estos tiempos. Entre las transformaciones sociales y económicas que signan esta época se encuentran: los avances científicos y tecnológicos, las modificaciones estructurales de la producción, la vertiginosa era de la comunicación y la información, y las relaciones internacionales; y en ese entorno, cada país necesita analizar esas dinámicas, entenderlas y aprovecharlas. Y para ello, resulta vital darle cada vez más importancia al conocimiento, toda vez que su uso y aprovechamiento óptimo da lugar a la llamada *economía del conocimiento*.

La economía del conocimiento requiere para desarrollarse no solo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (*softwares*, redes corporativas, internet), sino también de las tecnologías de procesos y de productos. Una visión ampliada de la tecnología la define como los medios (incluyendo la información), conocimientos y recursos necesarios para el diseño, producción, comercialización, implementación de productos (tangibles e intangibles) y servicios que satisfagan una demanda o necesidad, o para el mejoramiento de un producto o proceso. Los estudiosos del tema [Vargas y Castellanos, 2005] también definen tecnologías duras (tecnologías de equipos, de operación, de procesos, como la transferencia de tecnología y la innovación) y tecnologías blandas (la estructura y cultura organizacional, la planeación estratégica, el marketing, la gestión del conocimiento y la información, y la gestión del capital humano). Existe una relación estrecha entre ambas, porque ninguna organización puede subsistir sin ellas, estrechamente vinculadas y equilibradas.

En los países en vías de desarrollo, como Cuba, detectar de antemano y tener conocimientos de los proyectos y líneas de investigación, desarrollo e innovación asociados a cualquier tecnología, los impactos sociales y ambientales derivados, las patentes asociadas, los centros de investigación, fundaciones y empresas vinculadas con cada tecnología, los expertos internacionales y nacionales que trabajan las temáticas objeto de estudio, la información comercial y financiera (precios en los mercados, posibles socios e inversionistas más propensos a aceptar las condiciones del país, competidores, e inversiones más importantes), información sobre las regulaciones y normativas internacionales, aun cuando no se pueda acceder a ninguna tecnología, proveedor o financiamiento, -por solo citar algunos aspectos-, brindará elementos de juicio para una acertada decisión.

La información resulta entonces un recurso estratégico, pero en la realidad cotidiana existe un considerable volumen de información, tanto la que se produce de forma manual como la automatizada, y ello significa que cada vez resulta más difícil consultar toda la que a diario se publica o circula en el entorno internacional, de un país, una organización, empresa o individuo.

Por eso, es necesario definir cómo manejar eficientemente esa cantidad de información; de qué manera se va a procesar y analizar para no perder tiempo y recursos; y cómo se presentarán los resultados de una manera comprensible y se contribuya a la toma de decisiones.

La toma de decisiones está condicionada por la información de que se dispone, es por ello que conceptos relacionados con la obtención, análisis y valoración de la información, como la Vigilancia Tecnológica, Vigilancia Estratégica o Inteligencia Competitiva, han cobrado gran importancia en los últimos años, toda vez que son un soporte indispensable para esa toma de decisiones, ya sea a corto, mediano o a largo plazos.

Luego de la aprobación de la Política para la Promoción y Desarrollo de las fuentes renovables de energía (FRE) y la eficiencia energética en 2014, se comienza a ejecutar el Proyecto Nacional «Vigilancia Estratégica de las fuentes renovables de energía», con el objetivo de elaborar e implementar una metodología para realizar la vigilancia estratégica que pueda dar respuesta permanente a las necesidades de información de los tomadores de decisiones durante la ejecución de las acciones de aplicación de la Política, y para la actualización de los planes estratégicos de desarrollo de las fuentes renovables, a mediano y largo plazo, fundamentalmente con la incorporación de tecnologías emergentes, y para estabilizar el Servicio Científico Tecnológico de Vigilancia.

Entre los aspectos que se han valorado se encuentran: el mercado meta, los nichos de mercado, elementos del entorno comercial de productos y servicios; las innovaciones, las líneas de investigación priorizadas a nivel internacional, las principales investigaciones científicas, publicaciones, nuevos proyectos.

### **Marco conceptual**

En los modelos actuales de dirección, se encuentra la gestión estratégica, que implica la participación de todos los componentes de la organización para lograr sus objetivos y estrategias, respondiendo a la misión y visión trazadas. La gestión estratégica puede ser vista como el arte y/o ciencia de anticipar y gerenciar participativamente el cambio, con el propósito de crear permanentemente estrategias que permitan garantizar el futuro de cada negocio [Betancourt Tang, 2002]. Hay tres elementos claves en la gestión estratégica: *la excelencia* (calidad total = calidad del capital humano + calidad de los procesos), *la innovación* y *la anticipación* (organización proactiva).

La innovación en su más pura concepción es un proceso informacional en el cual el conocimiento es adquirido, procesado y transferido , y es el

proceso por el que una empresa obtiene cada vez más beneficios, así como niveles más altos de calidad [Rubio Domínguez, 2006]. En el caso de la gestión de innovación, como elemento clave, se requiere que cada organización cambie de manera continua. Para ello hay aspectos claves [COTEC, Fundación para la Innovación, 1999]:

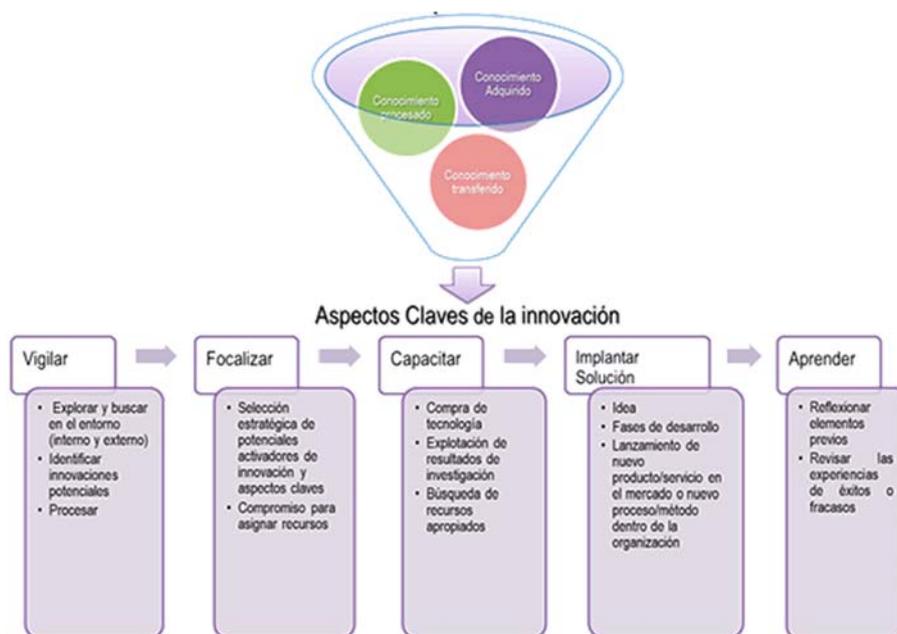
**Vigilar:** explorar y buscar en el entorno (interno y externo) para identificar y procesar las señales o indicios de una innovación potencial.

**Focalizar:** seleccionar estratégicamente de este grupo de potenciales detonadores de innovación, aquellos aspectos en los que la organización se decide y compromete a asignar recursos.

**Capacitarse:** Esta capacitación puede implicar sencillamente la compra directa de una tecnología, la explotación de los resultados de una investigación existente, o bien requerir una costosa búsqueda para encontrar los recursos apropiados.

**Implantar la solución:** las organizaciones tienen que implantar la innovación, partiendo de la idea y siguiendo las distintas fases de desarrollo hasta su lanzamiento final como un nuevo producto o servicio en el mercado externo, o como un nuevo proceso o método dentro de la organización.

**Aprender:** necesidad de reflexionar sobre los elementos previos y revisar las experiencias de éxitos o fracasos, para poder captar el conocimiento pertinente de la experiencia.



*Fig. 1: Innovación como proceso informacional.  
Fuente: Elaboración propia.*

En el proceso de vigilar, el sistema de gestión de información (entendido como diferentes procesos a realizar para capturar, clasificar, preservar, recuperar, compartir y difundir la información) de cada organización juega un papel importante [Saunders, 2012]. Hay mucha información libre, de dominio público, como patentes vencidas, normas industriales, monografías, tesis de licenciatura y posgrado, reportes técnicos, etc. Este tipo de información se encuentra en páginas de Internet de organismos públicos y privados, bibliotecas de universidades y centros de investigación y desarrollo, centros de documentación, bases de datos de patentes, cámaras empresariales, reportes de organismos públicos nacionales e internacionales, observatorios tecnológicos, entre otros.

La Vigilancia consiste en realizar de forma sistemática la captura, el análisis, la difusión y la explotación de información de interés para la institución o entidad, que sirva como apoyo en su proceso de toma de decisiones y para la formulación de estrategias. Se extrae información relevante sobre tendencias tecnológicas, novedades, invenciones, potenciales socios o competidores, aplicaciones de las tecnologías emergentes, a la vez que se contemplan aspectos regulatorios y de mercado que pueden condicionar el éxito de una determinada decisión; debe alertar sobre cualquier innovación científica o técnica susceptible de crear oportunidades o amenazas; se pueden determinar los sectores de donde vendrán las mayores innovaciones; permite identificar nuevas oportunidades para colaborar con otras instituciones, evita duplicar la investigación, encontrar socios para proyectos y participar activamente en eventos, todo con el fin de convertir la información en ideas innovadoras y éstas en decisiones estratégicas.



*Fig. 2: La Vigilancia como aspecto esencial de la innovación.  
Fuente: Elaboración propia.*

Existen diferentes tipos de vigilancia pero la más extendida y conocida es la Vigilancia Tecnológica, por ser «una herramienta esencial para detectar oportunidades de innovación tecnológica y nuevas ideas que faciliten una mejora de procesos, productos y servicios en la organización» [OVTT, 2016]. Está definida como una forma «organizada, selectiva y permanente de captar información del exterior sobre tecnología, analizarla y convertirla en conocimiento para la toma de decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios» [Muñoz, Marín, y Vallejo; 2006]. Se ocupa de las tecnologías disponibles, de las emergentes o de las que acaban de aparecer, en la medida en que sean capaces de intervenir en nuevos productos o procesos.

Otros tipos de Vigilancias son:

**La Vigilancia Competitiva:** trata de la información sobre los competidores actuales y/o potenciales de la empresa y de aquellos con productos sustitutivos.

**La Vigilancia Comercial:** estudia los datos referentes a clientes y proveedores y tiene en cuenta aspectos como los mercados, los clientes y sus necesidades, los proveedores y sus productos, la mano de obra en el sector, etc.

**La Vigilancia del entorno:** se ocupa de aquellos hechos exteriores que pueden condicionar el futuro, en áreas como la sociología, la política, el medioambiente, las reglamentaciones, las leyes, la cultura, la economía, etc.

La Vigilancia Estratégica incluye, en su concepción integral, la Vigilancia Comercial, la Vigilancia Tecnológica, la Vigilancia Competitiva y la Vigilancia del Entorno, tal y como se muestra en la figura 1.



*Fig. 3. Vigilancia Estratégica.  
Fuente: Elaboración propia*

Este tipo de Vigilancia, como herramienta de la gestión de la innovación, es un proceso integral, ético y legal de «*generación y tratamiento de ideas aplicables al desarrollo de nuevos productos, servicios o procesos, o en la mejora de los ya existentes*». Implica todas las áreas de la cadena de valor de la organización y las etapas del ciclo de vigilancia, desde «la vigilancia del entorno, a la explotación de la información» [OVTT, 2016]. En la literatura consultada se explica que la Vigilancia Estratégica también es conocida como *Inteligencia Competitiva*.

Entre los objetivos que se persiguen con la Vigilancia Estratégica se encuentran:

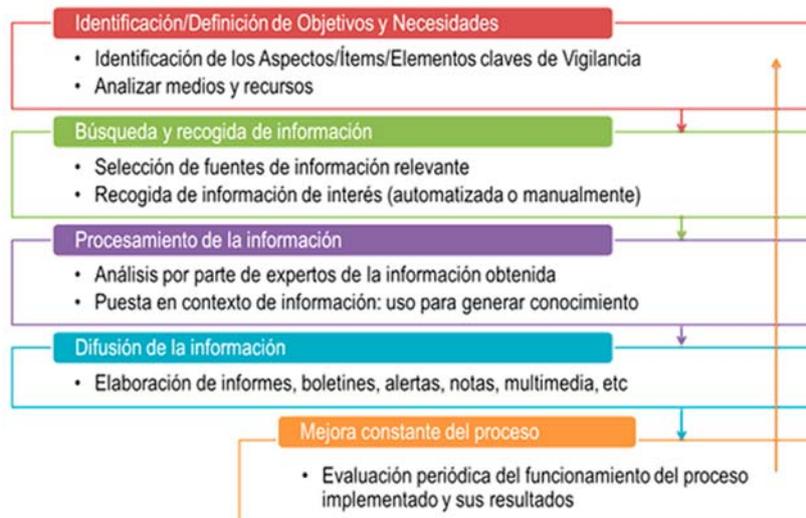
- Proporcionar conocimiento oportuno sobre aquellas actividades en el ámbito de la ciencia y la tecnología que puedan tener algún efecto importante a corto, mediano o largo plazo.
- Dar seguimiento a lo que acontece en el entorno, buscando la información pertinente, recogiendo/capturando la más útil, analizándola y validándola.
- Identificar y evaluar nuevos productos o procesos
- Determinar accesos a nuevas oportunidades.
- Utilizar la información obtenida, distribuirla a quién la necesita y tomar decisiones.

### **Modelo metodológico de los estudios de Vigilancia Estratégica de Cubaenergía**

El método que se ha diseñado para realizar la Vigilancia Estratégica en Cubaenergía, parte de la experiencia del equipo de trabajo principal del Proyecto durante la realización de diferentes informes solicitados por la Dirección de Energía Renovable del Ministerio de Energía y Minas, que expresó su interés en determinados aspectos de las fuentes renovables de energía, entre las que se encuentran:

Tecnologías emergentes; proveedores de tecnologías, fundamentalmente aquellos de los países BRICS; costos de inversión, de mantenimiento y operación; precios de venta de la electricidad generada con fuentes renovables de energía; normas, leyes; etc.

La metodología propuesta consta del flujo de trabajo descrito en la figura 4:



*Fig. 4: Flujo de trabajo de la Vigilancia Estratégica en Cubaenergía.  
Fuente: Elaboración propia.*

#### *Paso No. 1: Identificación/Definición de Objetivos y necesidades*

Es imprescindible para empezar el proceso de Vigilancia Estratégica la identificación y definición de lo que es realmente importante y prioritario para el cliente del servicio o para la organización, cuáles son las informaciones indispensables para la toma de decisión, el tiempo o frecuencia en que se esperan los resultados del proceso, etc. Es una etapa de negociación para definir los objetivos que se pretenden alcanzar, por ejemplo:

- ¿Cuáles son las oportunidades de desarrollo de determinada tecnología?
- ¿Cuáles son las áreas de interés estratégico para la promoción de las fuentes renovables de energía?
- ¿Qué financistas podrían no tener en cuenta las clasificaciones internacionales sobre el riesgo – país?

Debe determinarse el tipo de información que va a ser útil para la toma de decisiones, es decir, se debe especificar si la información que se necesita debe ser estadística, tecnológica, de tipo «recomendaciones de expertos», documental, etc.

#### 1. a) Identificar los aspectos claves de vigilancia

La tarea principal de esta fase es identificar y precisar el tema a vigilar. Para ello, se identifican las «necesidades de información», y los «aspectos claves de vigilancia» para definir la estrategia de vigilancia más adecuada

para la organización, estableciendo una «hoja de ruta» con objetivos y responsabilidades.

Los aspectos claves de vigilancia son los elementos fundamentales a vigilar y se determinan por cada actividad de la cadena de valor o para el tema seleccionado por el cliente. Además, para precisar la búsqueda de información, es recomendable acompañar estos aspectos claves con descriptores, palabras clave, prioridad, horizonte temporal, etc.

En el caso de las palabras claves se especificaran en español e inglés y se validarán con el uso de Tesoros, enciclopedias, diccionarios y glosarios. También se puede realizar una selección de términos significativos de cada materia a partir de las propuestas de los expertos.

#### 1. b) Analizar medios y recursos

El segundo paso en esta fase consiste en identificar los recursos humanos, materiales y económicos disponibles dentro de la organización, y que pueden dedicarse al proceso de recoger, analizar y utilizar la información. Un especialista de la entidad fungirá como Coordinador del servicio, con la responsabilidad de negociar y conciliar los aspectos claves de Vigilancia, los objetivos, necesidades, el período de ejecución del servicio, sino también la actualización permanente de los procedimientos asociados al Sistema de Calidad propio del Servicio y seleccionará, según la temática, el equipo de trabajo que realizará cada uno de los estudios solicitados por los clientes.



#### *Paso No. 1: Identificación/Definición de Objetivos y necesidades*

#### *Paso No. 2: Búsqueda y recogida de información*

La tarea primordial de esta fase es diseñar e implementar la estrategia de recopilación de información.

Para ello, se definen los objetivos de la búsqueda de información y se elabora la estrategia para localizar la información, capturarla de una manera

organizada y almacenarla. Para esto se realizan tareas como identificación de palabras clave, validación de expertos, selección de fuentes de información relevantes y la formulación de la ecuación de búsqueda.

#### 2. a) Selección de fuentes de información relevante

Las principales fuentes de información a utilizar en cada estudio de vigilancia estratégica son Internet, boletines, los contactos con competidores, proveedores, centros de investigación, universidades, clientes, colaboradores, la participación en eventos, coloquios, congresos, ferias, los escenarios determinados a nivel mundial de crecimiento de una determinada tecnología, las revistas especializadas, publicaciones y artículos científicos, las patentes, las tendencias tecnológicas, la legislación, normativa, noticias de actualidad, informes técnicos, etc.

Las fuentes de información deben ser consensuadas por el equipo de trabajo que ejecutará el estudio, y deben ser evaluadas y ser seleccionadas teniendo en cuenta que deben cubrir cualquier aspecto que asegure la actualidad del tema a vigilar.

#### 2. b) Recogida de información de interés (automatizada o manualmente)

La recogida de información es esencial en el proceso de Vigilancia Estratégica. Permite adquirir la materia prima que dará respuesta a las necesidades definidas en el paso 1 y también posibilita el proceso de almacenamiento adecuado de la información recopilada.

Esta etapa requiere combinar conocimientos en vigilancia y habilidades técnicas para el manejo eficiente de herramientas informáticas, así como desarrollar competencias digitales de apoyo para gestionar la infoxicación o sobreinformación que emerge con Internet.

Las herramientas de vigilancia son un instrumento imprescindible para captar, procesar y transformar la gran cantidad de datos e información disponible en conocimiento útil. Las seleccionadas para realizar la Vigilancia en Cubaenergía son:

Las *Alertas*: servicios personalizados de información de actualidad sobre aspectos concretos de un sector o temática.

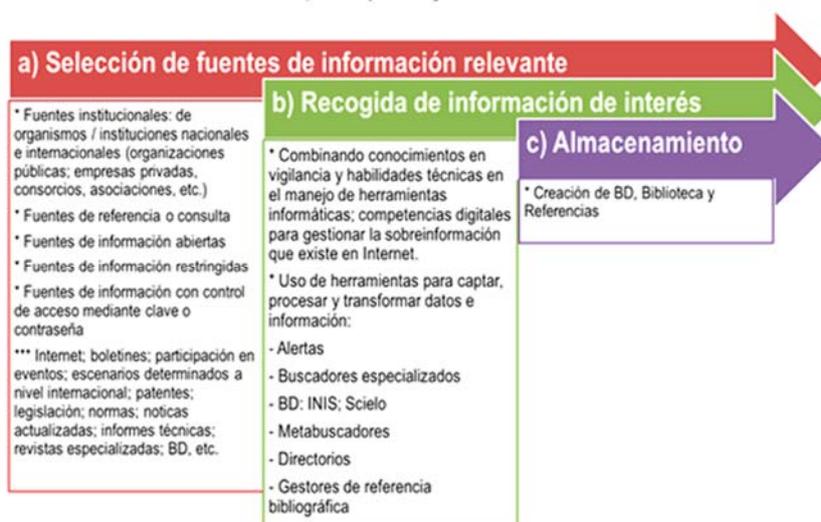
Los *buscadores especializados* que se centran en recuperar información exhaustiva de un tipo de fuente específica, un área del saber particular o un tipo de información concreta.

Las *bases de datos especializadas* son una fuente de información estructurada fundamental para conocer los datos más relevantes que suceden en un área temática concreta.

Los *metabuscadores* que permiten lanzar una única búsqueda en múltiples motores de búsqueda simultáneamente, ofreciendo los resultados en una única pantalla y, en muchos casos, de manera organizada y jerarquizada. Ofrecen resultados exhaustivos sobre una multitud de fuentes de información y aportan una panorámica general sobre un tema en concreto.

Directorios.

Gestores de referencia bibliográfica: End note.



### *Paso No. 2: Búsqueda y recogida de información*

#### *Paso No. 3: Procesamiento de la información*

Lo principal en esta etapa es procesar y analizar la información encontrada para filtrar lo relevante. Para ello, se combinan criterios de validación de la información obtenida, técnicas analíticas de información y herramientas informáticas especializadas que ayuden al equipo a seleccionar la información relevante según los objetivos de búsqueda.

Una vez recogida la información resulta necesario transformarla en conocimiento. El análisis de la información es un paso importante del proceso de vigilancia, y uno de los más delicados. Es un proceso que se presenta en dos fases: la validación de la información y su uso para producir conocimiento. Es un proceso científico interpretativo que incluye una valoración exhaustiva de la información recopilada con el fin de detectar tendencias, novedades y avances.

#### 3. a) Análisis por parte de expertos de la información obtenida

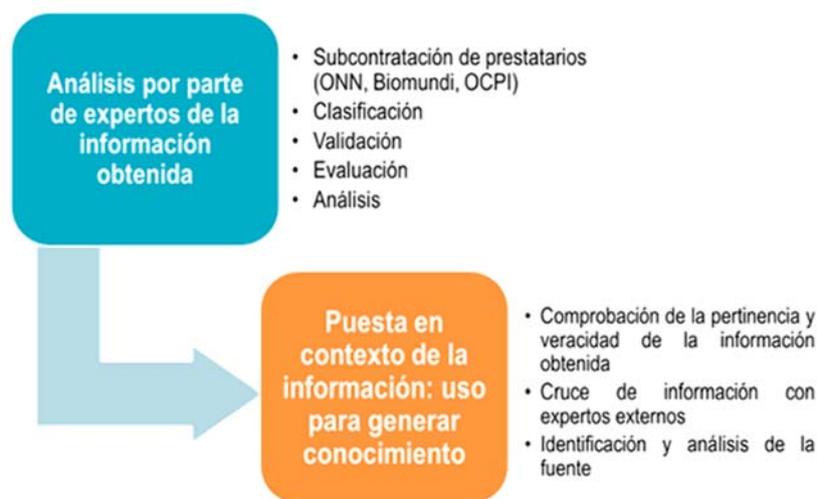
El tratamiento de la información debe ser confiado a personas que cuentan con pericia en la temática que se va a analizar. Externamente, la organización puede recurrir a prestatarios especializados, en este caso

hemos seleccionado consultores especializados, centros tecnológicos como la OCPI, la ONN y Biomundi.

3. b) Puesta en contexto de información: uso para generar conocimiento  
Resulta necesario en esta fase comprobar la pertinencia y veracidad o fiabilidad de la información. Para valorar la veracidad y fiabilidad de la información resulta necesario:

- Identificación de la fuente productora de la información, realizando el análisis de la fuente de la que procede.
- Búsqueda de fuentes distintas para el mismo tipo de información y comprobación de la concordancia de los datos obtenidos.
- Cruce de la información con expertos externos.

Para que los resultados del análisis permitan tomar las mejores decisiones posibles, la información debe ser puesta en contexto y enriquecida por la contribución de los expertos implicados en el proceso, sean internos o externos a la empresa.



### *Paso No. 3: Procesamiento de la información*

#### *Paso No. 4: Difusión de la Información*

En esta etapa se decide cómo se van a diseminar los resultados del proceso.

4. a) Elaboración de informes, boletines, alertas, notas, multimedias, etc.  
En este paso lo fundamental es elaborar productos con los resultados obtenidos, o sea, soportes de información confeccionados con los resultados de información obtenidos del proceso de vigilancia.  
Se definen los medios de difusión: boletines, informes, estudios; así como el formato de presentación de los datos obtenidos (ver en Anexos,

Estructura, Diseño Gráfico; Índice Temático) y los programas informáticos para su difusión: correo electrónico, foros de discusión, soporte multimedia, impresos, etc.

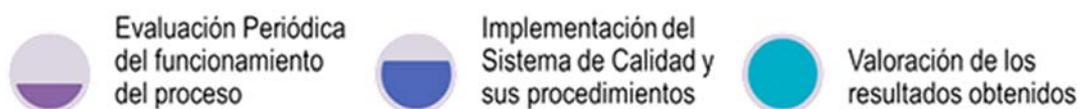


#### *Paso No. 4: Difusión de la Información*

#### *Paso No. 5: Mejora constante del proceso*

El proceso de Vigilancia Estratégica es continuo y cambia constantemente como consecuencia de los cambios, también continuos, que se producen en el entorno inmediato. Por ello es necesario mantenerlo actualizado a fin de disponer de un sistema de Vigilancia Estratégica dinámico.

5. a) Evaluación periódica del funcionamiento del proceso y sus resultados. El proceso de vigilancia es tanto interactivo como iterativo, y debe permitir cambios rápidos y eficientes. El indicador más importante para evaluar la eficacia del sistema diseñado es la opinión de los usuarios acerca de los estudios realizados. También se tiene en cuenta la valoración que realice cada equipo de trabajo creado sobre la idoneidad de las herramientas utilizadas para realizar la Vigilancia Estratégica.



#### *Paso No. 5: Mejora constante del proceso*

A partir de la difusión de los productos de vigilancia se debe promover el análisis acerca de las implicaciones tecnológicas, productivas y competitivas de los resultados obtenidos, y por lo tanto, la toma de decisiones puede generarse a partir de los análisis de los resultados que se obtengan, proponiendo posibilidades de actuación.

## Conclusiones

La Vigilancia Estratégica es una herramienta de gestión, y se puede asumir como un proceso continuo, organizado y dirigido para crear oportunidades de negocios o investigación, para detectar tanto oportunidades como amenazas, que requiere obtener información y analizarla para tomar decisiones.

El modelo que proponemos es el resultado del proceso de aprendizaje práctico puesto en marcha durante la ejecución del proyecto, período durante el cual se han elaborado diferentes informes, asumiendo los aspectos principales de la práctica internacional en materia de vigilancia.

Para que la Vigilancia Estratégica sea un sistema eficaz y eficiente, es necesario cumplir varios aspectos: debe ser un sistema organizado e integrado en los procedimientos habituales de la empresa. La vigilancia debe ser sistematizada mediante el uso de una metodología que permita su seguimiento y su explotación regular, y debe adaptarse al entorno y a la cultura organizacional.

Permite que la institución valore la inclusión de la Vigilancia Estratégica en el corto plazo como uno de los procesos de la organización, que puede servir no solo al SCT de Vigilancia Estratégica de las FRE, sino también servir como proceso de apoyo a otros procesos de la entidad como la investigación científica, la comercialización y la innovación.

## Bibliografía citada y consultada

ARANGO, B; TAMAYO, L; FADUL, A. (2012). «*Vigilancia tecnológica: metodologías y aplicaciones*. Revista». «GPT Gestión de las Personas y Tecnología». Edición N° 13, julio de 2012, pp 250-261. Universidad de Santiago de Chile, USACH. Recuperado el el 9 de enero de 2016 de: [www.revistagpt.usach.cl](http://www.revistagpt.usach.cl)

BAI agencia de innovación. Departamento de Innovación y Promoción Económica. (2007). «*Modelos de Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva*». Bilbao, España.

BETANCOURT TANG, J. R. (2002). «*Gestión Estratégica: Navegando hacia el cuarto paradigma. Aspectos Conceptuales*» (3era ed.). Venezuela: T.G.RED 2000 Ediciones.

CASTRO, S. (2007). «*Guía práctica de vigilancia estratégica*». COMITEC, ANAIN. Navarra, España. Depósito legal: NA-1756-2007

CEPAL (2014). MEDINA, J; BECERRA, S; CASTAÑO, P. «*Prospectiva y política para el cambio estructural en América Latina y el Caribe*». Naciones Unidas, Santiago de Chile. ISBN: 978-92-1-121863-3

Cepal (2014). «Planificación, prospectiva y gestión pública. Reflexiones para la agenda de desarrollo». Naciones Unidas, Santiago de Chile. ISBN: 978-92-1-121831-2

Comunidad de Madrid, Consejería de Educación, Dirección General de Universidades e Investigación, Fundación madrid para el Conocimiento. (2007). «*intec, La Inteligencia Competitiva: factor clave para la toma de decisiones estratégicas en las organizaciones*». Madrid, España

Cotec, Fundación para la Innovación. (1999). Pautas Metodológicas en Gestión de la Tecnología y de la Innovación para Empresas. Módulo II: Gestión de Interfaces. Madrid: COTEC, Fundación para la Innovación.

ESCORSA CASTELLS, P; VALLS PASOLA, J. (2003). «*Tecnología e Innovación en la empresa*». Ediciones UPC. Universidad Pontificia de Cataluña, Barcelona, España. ISBN: 84-8301-706-7

GIMÉNEZ TOLEDO, ELEA; ROMÁN ROMÁN, ADELAI DA (2001). «*Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva: conceptos, profesionales, servicios y fuentes de información*». En: El profesional de la información, 2001, mayo, v. 10, n. 5, pp. 11-20.

GONZÁLEZ GARCÍA, A; ARENCIBIA ARUCA, A; SAUNDERS VÁZQUEZ, A (2013). «*Red Nacional de Gestión del Conocimiento de la Energía: espacio colaborativo para la solución de problemas vinculados con la gestión de la información de la energía en Cuba*». Revista Ciencias de la Información. Vol. 44, No. 1, 2013. ISSN: 0864-4659/ISSN-e: 1606-4924. RNPS: 0142/RNPS-e: 1991. Disponible en: <http://cinfo.idict.cu>

InnoCámaras; Comunidades Autónomas (s/a); Unión Europea: «*Vigilancia Estratégica*»

MUÑOZ, J; MARÍN, M; VALLEJO, J (2006). «*La vigilancia tecnológica en la gestión de proyectos de I+D+i: recursos y herramientas*». Revista. «El profesional de la información», 2006, noviembre-diciembre, v. 15, n. 6, pp. 411-419.

Observatorio Virtual de transferencia de Tecnología, OVTT (2016). «*Vigilancia Tecnológica: conceptos, métodos e instrumentos*». Recuperado el 9 de enero de 2016, de OVVT: [http://www.ovvt.org/Vigilancia Tecnológica \\_ OVTT.html](http://www.ovvt.org/Vigilancia_Tecnologica_OVTT.html)

PALOP, F Y VICENTE, JM (1999). «*Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Su potencial para la empresa española*». Madrid: COTEC, Fundación para la Innovación.

RAMÍREZ, MI; ESCOBAR, D; ARANGO, B. (2012). «*Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva*». Revista «GPT Gestión de las Personas y Tecnología». Edición N° 13, julio de 2012, pp 238-249. Universidad de Santiago de Chile, USACH. Recuperado el el 9 de enero de 2016 de: [www.revistagpt.usach.cl](http://www.revistagpt.usach.cl)

Revista *Construir Navarra* No. 18, s/a «*Vigilancia Estratégica: ahora es el momento*»; pp 18-19.

RUBIO DOMÍNGUEZ, P. (2006). «*Introducción a la Gestión Empresarial*». Recuperado el 24 de mayo de 2011, de Eumed.net: <http://www.eumed.net/libros/2006>.

SAUNDERS VÁZQUEZ, A. (2012). «*Propuesta de bases para el diseño de un Sistema de Gestión Estratégica de Información para la Dirección de Energías Renovables del MINBAS*» (Tesis en opción al grado de Máster en Gerencia de la Ciencia y la Innovación). La Habana, InSTEC. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros/2012a/1169/index.htm> . ISBN-13: 978-84-15547-44-0. No. Registro: 201216234. España.

SAUNDERS VÁZQUEZ, A; AMADO, M; GIL, J. (2012) «*Rediseño del portal REDENERG. Una posibilidad para la gestión del conocimiento en Cuba*». Memorias del 7mo Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente. Cienfuegos. ISBN: 978-959-257-323-9. Cuba.

VARGAS, F; CASTELLANOS, O. (2005). «*Vigilancia como herramienta de innovación y desarrollo tecnológico. Caso de aplicación: Sector de empaques plásticos flexibles*». Revista «Ingeniería e Investigación» No. 58, Vol. 25 No. 2, Agosto de 2005, pp 32-41. <http://www.vigilanciatecnologica.es/metodologia-vigilancia-tecnologica.html>  
<http://papelesdeinteligencia.com/12-guias-sobre-vigilancia-tecnologica/>  
<http://prospectivaestrategicagjcc.blogspot.com/>  
<http://www.cepal.org/es/temas/prospectiva>

## **Estructura de los informes derivados del proyecto de vigilancia estratégica**

### **Portada**

Ejemplos de portadas y sus diseños.

### **Portadilla**

Ejemplos de diseño de portadilla.

### **Índice**

#### **Índice de Figuras**

#### **Índice de Tablas**

#### **Cuerpo del informe**

#### **Anexos**

## **Índice temático de los informes derivados del proyecto de Vigilancia Estratégica**

- Introducción
- Fundamentos de la FRE (ejemplos, fundamentos de la energía marina o del uso del hidrógeno)
- Descripción de la Tecnología, componentes, tipos
- Antecedentes históricos, diferentes tecnologías
- Situación actual en el mundo

- 1 Estimación de la energía producida
- 2 Estudio de casos/Ejemplos/Parques Experimentales
- 3 Desarrollos Futuros
- 4 Escenarios
- Situación en Cuba
- Principales Proveedores de Tecnología/ Estudio de Mercado
- Instituciones de ciencia, innovación, desarrollo; empresas y universidades vinculadas a la investigación
- Costos (Precios)
- Legislación vigente
- Ventajas y Barreras/Inconvenientes para la difusión de la tecnología
- Incidencias sobre el medio ambiente/Impactos ambientales
- Conclusiones
- Bibliografía.
- Anexos.
- Glosario de términos.

**La introducción de tecnologías energéticas y su impacto en el recurso social, natural y financiero en comunidades rurales agrarias. Caso de estudio comunidad rural IV congreso, en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba**

**Introduction of energy technologies and their impact on the social, natural and financial resources in agrarian rural communities. Case study rural community IV congress, Sancti Spíritus province, Cuba**

*Por Dr.C. Ing. Raúl Olalde Font\*, M.Sc. Taymi González Morera\*\*,  
M.Sc. Lianet Herrera González\*\*\*, y Dra.C. Judith Cherni\*\*\*\**

*\*Universidad Central Marta Abreu de Las Villas,  
Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Santa Clara, Cuba.*

*\*\*Universidad Central Marta Abreu de Las Villas,  
Facultad de Ciencias Económicas, Santa Clara, Cuba.*

*\*\*\*Universidad Central Marta Abreu de Las Villas,  
Facultad de Ciencias Económicas, Santa Clara, Cuba.*

*\*\*\*\*ICEPT, Imperial College London (ICL), Londres, Inglaterra.*

*E-mail: raulo@uclv.edu.cu*

**Resumen**

Se ilustran los resultados de un estudio de caso donde se seleccionan las opciones tecnológicas más viables observando el mejoramiento de indicadores de recursos comunitarios. Los métodos utilizados se basan en la aplicación del modelo multicriterial para el apoyo a la toma de decisiones en proyectos de energización rural SURE. Se precisa región geográfica la comunidad rural aislada «IV Congreso», ubicada en el municipio Fomento, Sancti Spíritus, vinculada al sector cafetalero. Se esbozan los principales indicadores en cada recurso de la comunidad rural, profundizando en los sociales, naturales y financieros. Se define una línea base y se exhibe una matriz de impactos. Como aspectos fundamentales y que resultan de interés se puede resumir que el uso de tecnologías fotovoltaicas y la hidroenergía modifican y no polucionan el recurso natural de la comunidad. Estas tecnologías exhiben el impacto negativo ambiental más bajo, mientras que las demás alternativas analizadas tienen un impacto negativo mayor sobre el recurso natural por depender de combustibles fósiles. La capacidad local técnica alcanzada propicia un mayor nivel de logros en el recurso social, la disponibilidad de luz en noches en toda la infraestructura comunitaria podría permitir un aumento de los niveles de cohesión, asociatividad y la cooperación en las redes sociales existentes en la comunidad, aunque la tecnología de mayor impacto en este recurso es el Sistema Electroenergético Nacional (SEN), y la hidroenergía exhibe igual impacto que las tecnologías fotovoltaicas. Si la tecnología fotovoltaica es

instalada en la comunidad en sistemas independientes, también puede provocar algunos impactos negativos sobre los recursos financieros. El costo de la inversión por unidad de la capacidad instalada ha bajado significativamente, pero aun es alto, y la instalación y operación de sistemas solares no generan oportunidades de empleos directos ni indirectos. La hidroenergía exhibe logros mayores. Es importante señalar que la transferencia tecnológica con las alternativas hidroenergía, fotovoltaica y el SEN, impactarían positivamente en la activación de la pequeña economía local pues contribuyen de forma relevante a actividades económicas como la agricultura, ganadería, comercio, servicios y otras actividades económicas que se desarrollan en la comunidad «IV Congreso». En este sentido la estrategia de desarrollo de la comunidad se podría centrar en la reactivación de la actividad económica cafetalera y de algunos servicios forestales. La creación de nuevas formas de autogestión asociadas a las pequeñas mini industrias rurales y cooperativas en el comercio y los servicios puede dar oportunidad de empleo, con prioridad al sector femenino, a mayor cantidad de personas que en la actualidad solo se dedican a la agricultura de subsistencia. Los resultados indicaron que la opción tecnológica más apropiada sería la hidroenergía con 100 puntos relativos, seguida del SEN con 91,11 puntos y le sigue la energía solar fotovoltaica con módulos independientes del tipo silicio con 90,57 puntos. El proceso inversionista se realiza en diciembre del 2014 a partir de los criterios de decisión obtenidos. Igualmente fueron determinados los impactos globales relacionados con el cambio climático y por su diversidad se muestra el caso de las diferentes tecnologías fotovoltaicas.

**Palabras claves:** desarrollo local, recursos renovables, toma de decisiones

### **Abstract**

We show the results of a case study where the more viable technological options are chosen observing the improvement of communal resources indicators. The methods used are based on the application of the multi-criteria model for supporting decision making in projects of rural electricity supply. The geographical region of this study is the municipality of Fomento, Sancti Spiritus province and the rural community subject of is study is the isolated community called IV Congress, linked to the coffee-producing sector. The main indicators for each resource of the rural community are outlined, deepening into the social, natural and financial. A baseline is defined and a matrix of impacts is presented. A key aspect to be highlighted is that hidroenergy and photovoltaic (PV) technologies do not modify the natural resource of the community and do not pollute either. These technologies have the lower negative environmental impact, while other alternatives analyzed have a bigger impact on the natural resource because they rely on fossil fuels. The local technical attained capacity propitiates a

bigger level of achievements in the social resource, the availability of light in nights in the whole communal infrastructure could allow an increase of the levels of cohesion, association and cooperation in the existing social networks in the community, although the technology of bigger impact is the National grid, and hidro demonstrates similar impact than PV. If autonomous PV systems are installed in the community, it can also provoke some negative impacts on the financial resources. The cost of the investment per unit of installed capacity has decreased significantly, but it is still high, and the installation and operation of PV systems do not generate opportunities of direct nor indirect jobs. It is important to point out that the transfer of technology with either hidroenergy, PV or the national grid, would definitively cause an impact in the activation of the small local economy. They contribute to economic activities like agriculture, cattle raising, commerce, services and other economic activities. The development strategy of the community could focus on the reactivation of the production of coffee and forest services. The creation of new forms of self-management in small rural industries and coops in the commerce and services sectors is a job creation opportunity with priority for women, the largest number of people only dedicated to subsistence farming. The results indicated that the best-suited technological option would be hidroenergy with 100 relative points, followed of the national grid with 91.11 points and autonomous PV systems with 90.57 points. The investment process starts in December 2014 from the criteria obtained. Likewise global impacts related to climate change and for its diversity we show the case of the different PV technologies.

**Keywords:** Local development, renewable resources, decision making

## **Introducción**

El proyecto «Renewable Energy for Sustainable Rural Livelihoods» (RESURL, 2001-2011), y específicamente su modelo para la toma de decisiones «SURE» ha exhibido sus primeros resultados, siendo aplicado en más de 55 comunidades rurales aisladas de Cuba, Latinoamérica y Asia, siempre con el objetivo de asegurar un mejoramiento del nivel de vida en comunidades rurales menos favorecidas. Los procedimientos implementados en SURE [Cherni *et al.*, 2006], permiten identificar el estado actual de los recursos o capitales de la comunidad con la ayuda de un sistema de experto; se evalúan las alternativas energéticas a introducir con respecto a indicadores que representan el impacto de las mismas sobre cinco recursos de una comunidad, en una matriz de alternativas versus indicadores de recursos. A diferencia de los demás modelos reportados, SURE selecciona la opción tecnológica energética tomando en cuenta los recursos sociales, humanos, físicos, financieros y naturales según la teoría de los modos de vida sostenibles [DFID, 1999, 1999b, 2000], lo que puede propiciar el uso, conservación y aprovechamiento más eficiente de los

recursos en comunidades rurales. El objetivo de este trabajo es mostrar los impactos de la energía en comunidades rurales bajo la óptica del modelo SURE, a través de su aplicación en una comunidad rural en proceso de inversión energética.

## **Materiales y métodos**

SURE utiliza métodos de análisis multicriterio-multiobjetivos (AMO) e introduce técnicas participativas, conformando un instrumento que predice y mide de forma dinámica los diferentes impactos que producen las transferencias de tecnologías energéticas en los recursos locales de comunidades rurales electrificadas parcialmente, o no electrificadas, en el orden de niveles de logros a alcanzar. En este se adecuan al escenario comunitario cubano los conceptos de la teoría de los modos de vida. En este sentido se precisan los factores que comprenden al recurso social, recurso financiero, recurso natural, recurso humano y recurso físico, previéndose la aplicación de un cuestionario participativo [Águila y Olalde, 2006], como parte de las técnicas participativas, que incorpora y que aporta información adicional sobre cada uno de los recursos de las comunidades para el uso del modelo.

Como elemento novedoso, esta evaluación de impactos se estructura a través de un procedimiento que define estructuralmente los cinco recursos de la comunidad con relación a las opciones tecnológicas energéticas, donde  $X_j$  representa un juego separado de factores para cada función del recurso. Cada factor tiene un rango de valores entre 0 y 100, dónde 0 refleja ningún efecto positivo o resultado de la alternativa energética «i» en el recurso «j», y 100 expresa su efecto más elevado, [Cherni *et al.*, 2007]. Esta captura dinámicamente la relación entre los recursos que la población posee, cuando la energía llega a la comunidad y adicionalmente predice el impacto.

$$C_j(A_i) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha_j X_j(A_i)}} \quad (j=1, \dots, 5; i=1, \dots, n)$$

Donde:

$C_j(A_i)$  representa la evaluación o impacto de determinada i alternativa energética ( $A_i$ ,  $i=1, \dots, n$ ) contra el recurso j,  $j=1, 2, \dots, 5$ ), y 1 indica el recurso físico, 2 el financiero, 3 el natural, 4 el social y 5 el recurso humano.  $C_j(A_i)$  toma los valores dentro del intervalo (0, 100), e indica como la opción energética i impacta al recurso j;  $X_j$  representa el número de factores que integran a cada recurso j (por ejemplo, para el recurso natural, los factores son agua, aire, paisaje y flora y fauna);  $X_j(A_i)$  representa los efectos de i

alternativa energética en cada factor del correspondiente recurso de la comunidad  $j$ . Finalmente,  $\alpha_j$  es un parámetro matemático de escalado que normaliza, en un intervalo común para todos los recursos, los efectos de una  $i$  alternativa energética a través de todos los recursos para que estos puedan ser comparados. Por lo tanto, el modelo asume el mayor valor numérico como absoluto que abarca todos los valores de los recursos, el cual se usa para estandarizar la función  $C_j$ .

Por otro lado, con vista al ordenamiento de las alternativas, se introducen las técnicas o métodos de análisis multiobjetivo, implementándose otro procedimiento que tiene como meta calcular una distancia con el objetivo de minimizar el vacío o espacio entre el posible valor máximo del recurso de cada comunidad (valor ideal, 100) y el valor que podría obtener a partir de la aplicación de una tecnología energética, 90, 75, 25, ..., [Cherni *et al.*, 2007], procesando la información con el método de análisis de multicriterio programación por compromiso, [Zeleny, 1973]. Igualmente, SURE cuantifica las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas, llamándose a este procedimiento «Impacto Global», mediante la introducción de los conceptos de ciclo de vida y su evaluación (LCA), demanda energética acumulativa (CED) (o energía arraigada), tiempo de recuperación de la energía (EPBT) y el factor de retorno energético (ERF), que brindan la posibilidad de calcular las emisiones de gases de invernadero evitadas tomando en cuenta la condición geográfica, [Raugei *et al.*, 2007; Serrano, 2013].

Como secuencia lógica para el análisis y solución del problema mediante el modelo SURE se tiene:

1. Definición de grupos de decisores. Al igual que se deben considerar los pobladores y futuros beneficiarios de los resultados de la aplicación del modelo SURE en la comunidad.
2. Caracterización de los recursos de la comunidad, establecimiento de la línea base. Se realiza mediante el estudio de campo, aplicación del cuestionario participativo y opinión de expertos.
3. Definición del grupo de alternativas a analizar, aceptación de la propuesta del modelo y/o adecuación.
4. Definición de los criterios u objetivos de decisión, los cuales corresponden a los indicadores de recursos o capital.
5. Evaluación de las alternativas en una matriz de alternativas versus recursos o capital.
6. Aplicación de métodos de análisis multiobjetivo, ordenamiento de las alternativas y predicción de sus impactos o niveles de logros.
7. Elaboración de informe, recomendaciones y propuestas con un mínimo de 3 variantes de ponderación de objetivos (maximización de los recursos de prioridad para los decisores), y el consecuente ordenamiento que responde a estas.

El estudio se desarrolló por parte de un equipo multidisciplinario en la comunidad rural parcialmente electrificada IV Congreso, situada en el municipio de Fomento, provincia de Sancti Spíritus, a 6 km del poblado Gavilanes del mismo municipio y a 35 km de la principal ciudad (pueblo) urbana Fomento, de la propia provincia Sancti Spíritus. El río Caracusey constituye el recurso natural que permite, en su nacimiento en la cima de la montaña, tomar de un afluente la cantidad de agua para realizar el cierre o microembalse.

La comunidad ocupa un área aproximada de 0,16 km<sup>2</sup>.

La totalidad de las familias a beneficiar fue de 21 viviendas (familias de agricultores). Unos siete niños habitan la comunidad, con total de 57 habitantes; la totalidad de las viviendas son de madera, carecían de un servicio estable de electricidad y de medios de comunicación.

Como actividad fundamental se dedican al cultivo del café y se complementa con la cría de animales y otros productos agrícolas. Esta comunidad posee una escuela con un servicio eléctrico inestable por la ineficiencia del sistema de generación de electricidad con que cuenta. Existen una bodega y un club social en mal estado constructivo. La vegetación dominante es el pinar y la pluvisilva de montaña, (bosque húmedo tropical y subtropical). El recurso natural más valioso, además del sol, lo constituye el agua proveniente de un manantial en las cercanías de la comunidad que garantiza el abasto poblacional y el riego, y constituye una fuente natural para la energía. El viento no es significativo y la biomasa (madera) se encuentra en proceso de protección y recuperación. El mayor potencial de biomasa está dado por los residuos del cultivo del café y en menor medida por los residuos orgánicos de los animales.

### **Resultados y discusión. Definición de impactos y tecnologías**

SURE, tomando en cuenta los resultados de la aplicación del cuestionario participativo y la opinión de expertos, elabora una base de datos que contiene la información de la comunidad estructurada en los cinco recursos que se tienen en cuenta, definiéndose a partir de la disponibilidad de recursos naturales, demanda, preferencias de los beneficiarios y de la información recolectada por los expertos, cuatro posibles alternativas energéticas (hidroenergía, fotovoltaica, grupo electrógeno y el sistema electroenergético nacional (Red), y 7 tipos de opciones tecnologías contando la ya existente en la comunidad. Estas deberán ser evaluadas con respecto a una serie de factores que conforman cada recurso de la comunidad mediante una matriz de alternativas versus indicadores de

recursos, previéndose instalar una capacidad de 15 kW, en función de la demanda de la comunidad, sus preferencias y la opinión de expertos (Tabla 1).

*Tabla 1. Definición de alternativas energéticas*

<b>Definición de Tecnologías</b>			
<b>Información Tecnológica</b>			
<b>Capacidad Energética estimada (kW): 13,75</b>			
<b>Cambiar capacidad: 15 (se inicia con la capacidad futura a instalar)</b>			
<b>Número de alternativas o tecnologías: 7</b>			
<b>Alternativa</b>	<b>Capacidad (kW)</b>	<b>Fuente de Energía</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
Actual Hidroenergía	6	Varios/Other	10
Micro y Pico Hidráulica	15	Agua/Water	80
Fotovoltaica silicio (sistemas independientes)	15	Sol/Sun	30
Grupo autónomo convencional	15	Diésel	70
Red	15	Varios/Other	96
Fotovoltaica capa-delgada (Thin Film CdTe)	15	Sol/Sun	10
Fotovoltaica orgánica	15	Agua/Water	5

Se define una línea base con la tecnología ya existente en la misma, lo que se observa en los valores de la primer línea de la Tabla 2, caracterizada por un recurso financiero con valores medios en cuanto a niveles de logros (53,33 puntos). Las principales entradas financieras provenían del cultivo del café, venta de ganado menor y de algunos servicios forestales y

empleos fuera de la comunidad. Especialmente, como en la mayoría de las comunidades rurales aisladas de montaña, no lograban conseguir empleos.

*Tabla 2. Representación en SURE del puntaje obtenido por cada opción tecnológica prevista*

<b>Tablas y gráficos</b>					
<b>Matriz tecnológica</b>					
Tecnologías	Recursos Natural	Recurso Físico	Recurso Humano	Recurso Social	Recurso Financiero
Actual hidroenergía	41,6	26,94	17,45	79,89	53,33
Grupo autónomo convencional	11,18	99,94	36,32	80,53	57,57
Red	20,8	100	17,45	83,8	53,33
Fotovoltaica Silicio (sistemas independientes)	41,58	100	99,99	81,42	53,33
Fotovoltaica capa-delgada (Thin Film CdTe)	41,58	100	99,99	81,42	53,33
Fotovoltaica Orgánica	41,58	100	99,99	80,55	53,33
Hidroenergía	41,29	100	20,63	81,42	97,5

El recurso físico es bajo, 26,94, la infraestructura local se limitaba a una escuela primaria electrificada mediante un sistema de generación hidroenergético muy ineficiente; existe una bodega de productos domésticos y un local de ocio que están en muy mal estado y con deficiencias en el servicio eléctrico. Existen 21 viviendas con mala calidad en el servicio de electricidad existente en aquel entonces. La vía de acceso principal de la comunidad está en muy malas condiciones, quedando en ocasiones la comunidad sin acceso de transporte. Las viviendas poseen un estado constructivo entre regular y malo. El recurso social es adecuado (79,89 puntos), comparado con la media de puntuación exhibida en la matriz tecnológica de SURE. En términos de los recursos naturales el agua es abundante, siendo el principal recurso disponible junto con el sol, exhibe

un puntaje de 41,6. Sin embargo, el recurso humano muestra indicadores bajos, a pesar de un adecuado índice de escolaridad de 0,78 de 1, que es el mayor valor posible, pues un 52,6% de los residentes un acabaron la escuela primaria; 33,3% la escuela secundaria, el 8,7% posee entrenamiento técnico y 0% de la población posee nivel profesional, observándose que las mujeres tienen el índice más bajo en destrezas profesionales. Solo el 5,2% no posee grado de escolaridad por ser niños.

Se modela la predicción del impacto para un horizonte de planeación de proyecto de 30 años sobre cada recurso, mediante una matriz de opciones tecnológicas contra recursos de la comunidad (obsérvese la Tabla 2), incluyéndose seis nuevas y posibles tecnologías energéticas: hidroenergía, fotovoltaica (subdividida en tipo orgánica, de capa delgada y de silicio), grupo autónomo convencional (GAC) con diésel y la Red (Sistema Electroenergético Nacional). En función del puntaje total alcanzado a partir del nivel de logros para cada recurso, que se expone en la tabla 2, el modelo pasa a la fase de aplicación de métodos de análisis multiobjetivo con el objetivo de ordenar las alternativas, ver tabla 3.

*Tabla 3. Representación en SURE del ordenamiento de cada opción tecnológica prevista y su puntaje*

Alternativa Ganadora	Pentágono Final	Plan de Energización 1	Plan de Energización 2	Ordenamiento Alternativas	Impacto global	Gráfico de ordenamiento
<b>Ordenamiento Alternativas</b>						
<b>Ordenamiento</b>		<b>Tecnologías</b>			<b>Puntaje Tecnología</b>	
1		Micro y Pico Hidráulica			100,0	
2		Red			91,11	
3		Solar Fotovoltaica módulos independientes del tipo silicio			90,57	
4		Grupo autónomo convencional			65,58	
5		Actual Fotovoltaica y hidroenergía			0,0	

Los resultados que muestra SURE indicaron que la opción tecnológica más apropiada sería la hidroenergía (Micro y Pico Hidráulica) con 100 puntos, seguida del sistema electroenergético nacional (Red) con 91,11 puntos, y le

sigue la energía solar fotovoltaica con módulos independientes del tipo silicio con 90,57 puntos.

Interpretándose los resultados de las tablas 2 y 3, se resume que el recurso físico se maximiza en la comunidad si desarrolla la hidroenergía, los sistemas fotovoltaicos o la Red. La hidroenergía, dada su mayor eficiencia entre las tecnologías basadas en fuentes de energía renovable, alcanza un nivel de logro mayor, pudiendo superar en su vida útil de 40 años el horizonte de planeación del proyecto, al igual que la Red. Los sistemas fotovoltaicos poseen una vida útil más corta.

Resulta interesante el análisis del impacto en el recurso físico de las tecnologías solares fotovoltaicas (PV), pues la vida útil de sus módulos (aproximadamente 20 años) no se corresponde con el horizonte de planeación del proyecto (y se requiere la sustitución anual de las baterías, o cada 4 años) y son instalados en las viviendas como sistemas de generación independientes. La tecnología fotovoltaica, al igual que la hidroenergía, eliminan la dependencia sobre los combustibles fósiles, y la solar posee un alto grado de modularidad (es de observar que la hidroenergía no es modular, abarca gran extensión de superficie de la comunidad, y utiliza el embalse existente en la comunidad). La contribución energética de los sistemas PV se dirige a los sectores demandados y preferencias de la población que comprenden la mejora del servicio de electricidad en la vivienda, la instalación de sistemas de bombeo para el riego y abasto, la electrificación del puesto médico, la reactivación de la actividad de comercio y alumbrado perimetral durante la noche. Se prevé que estos sistemas tengan una autonomía de 24 horas al día.

En la tabla 2 se puede observar que los tres tipos de tecnologías solares alcanzan casi idéntica predicción de logros, lo cual se puede discriminar a partir de la definición del impacto global donde estas eventualmente se diferencian entre sí, y constituye en estos casos una consideración adicional necesaria para la toma de decisiones.

Por otro lado, el uso de tecnologías solares y la hidroenergía no deterioran el recurso natural de la comunidad. Estas tecnologías exhiben el impacto negativo ambiental más bajo sobre la comunidad IV Congreso y las demás alternativas (Tabla 2) tienen un impacto negativo mayor sobre el recurso natural, por tener como fuente natural combustibles fósiles, ya sea a nivel local.

Las instalaciones fotovoltaicas tendrán un efecto considerable sobre el recurso humano existente en la comunidad. La capacidad local técnica alcanzada únicamente por mediación de un programa fotovoltaico no realizado en años anteriores, propicia un mayor nivel de logros en este

recurso y en el recurso social; la disponibilidad de la luz en noches en toda la infraestructura comunitaria podría permitir un aumento de los niveles de cohesión, asociatividad y la cooperación en las redes sociales existentes en la comunidad, aunque la tecnología de mayor impacto es la Red, y la hidroenergía, que posee igual nivel de logros que las tecnologías fotovoltaicas.

Por otro lado, la tecnología PV es instalada en la comunidad en sistemas independientes, también podría provocar algunos impactos negativos sobre los recursos financieros. El costo de la inversión por unidad de la capacidad instalada es particularmente alto, y la instalación y operación de sistemas solares no generan oportunidades de empleos directos ni indirectos. La hidroenergía exhibe logros mayores, lo que decide en el ordenamiento de todas las opciones tecnológicas (ver tabla 3). Es importante señalar que la transferencia tecnológica con las alternativas hidroenergía, fotovoltaica (en sus tres tipos de módulos) y la Red, impactarían positivamente en la activación de la pequeña economía local, pues contribuyen de forma relevante a actividades económicas como la agricultura, ganadería, comercio, servicios y otras que se desarrollan en la comunidad.

En este sentido la estrategia de desarrollo de la comunidad se podría centrar en la reactivación de la actividad económica cafetalera y de algunos servicios forestales, que son los sectores económicos que aportan las principales entradas financieras por concepto de ingresos de los habitantes. La creación de nuevas formas de autogestión asociadas a las pequeñas mini industrias rurales y cooperativas en el comercio y los servicios puede darle oportunidades de empleos, con prioridad al sector femenino, a mayor cantidad de personas que en la actualidad solo se dedican a la agricultura de subsistencia.

Igualmente fueron determinados los impactos globales, y por su diversidad se muestra el caso de las diferentes tecnologías PV por constituir un análisis que revela interés (Tabla 4). Si bien el resultado del ordenamiento en cuanto a opciones energéticas el modelo lo propone usualmente a partir de las alternativas energéticas, se pudo observar que se desagregan en la matriz de impacto tres tipos de tecnologías solares (Tabla 2), lo que permite realizar un análisis y diferenciar el posible valor único del ordenamiento en tres opciones de decisión en la variante energética fotovoltaica. Por ejemplo, en el ordenamiento de las tecnologías se logran diferenciar los tres tipos de módulos independientes fotovoltaicos y la opción de paneles independientes basados en silicio alcanza un puntaje de 90,57 (Tabla 3), pero en ocasiones las tres posibles tecnologías fotovoltaicas, debido a sus semejanzas, se agrupan con una única puntuación. En este caso resultan de mucha utilidad las posibles lecciones que aporta el análisis del impacto global.

El análisis del concepto de impacto global en SURE tiene dos objetivos, determinar la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> evitada observando la dependencia geográfica [donde se produce el equipo y donde se instala], y posibilitar la diferenciación de las alternativas energéticas si alcanzan un único puntaje, por ejemplo, dentro de la energía fotovoltaica (PV). Este análisis permite diferenciar el impacto sobre los recursos de la comunidad de los sistemas basados en paneles de silicio, paneles de capa delgada y los paneles orgánicos en el orden de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas, por lo que SURE posibilita el análisis de la alternativa fotovoltaica en sus tres tipos de paneles.

En la Tabla 4 se aprecia que el EPBT de los módulos orgánicos es el más bajo; requiere solamente cuatro meses para producir la energía usada en su fabricación. Sin embargo, su requisito de superficie es el mayor debido a su baja eficiencia. Los módulos de CdTe requieren de más superficie que los de silicio, pero el EPBT es más bajo y las emisiones de gases CO<sub>2</sub> evitadas son mayores. La decisión definitiva sobre cuál tipo de tecnología fotovoltaica elegir, dependería de la prioridad de la comunidad y/o de los decisores, en cuanto a la observación o no de los efectos del cambio climático, y como es natural, de la predicción de impactos en los recursos que se exhibe en la Tabla 2. Tener en cuenta la dependencia geográfica resulta interesante, pues la cantidad de emisiones de gases de CO<sub>2</sub> evitado cambia cuando otro país de fabricación es escogido. La tecnología orgánica fotovoltaica es la que más emisiones de CO<sub>2</sub> evita, y Dinamarca es el país que salva más emisiones de gases de CO<sub>2</sub> cuando los módulos de PV son manufacturados en el mismo país.

Tabla 4. Indicadores de impacto global de las tecnologías fotovoltaicas en 4to Congreso

The screenshot shows a software window titled 'Actual Fotovoltaica y hidroenergía - Solar Fotovoltaica'. It contains several tabs: 'Plan de Energización 2', 'Ordenamiento Alternativas', 'Impacto global', and 'Gráfico de ordenamiento'. The 'Impacto global' tab is active, showing a 'Pentágono Final' and 'Plan de Energización 1'. The interface displays a table of metrics for three PV technologies: PV Si, PV Organic, and PV CdTe. The metrics include Efficiency (%), Emb Energy G/JKW, Weight kg/m2, Lifetime, Performance Ratio, Required Surface (m2), EPBT, ERF, and Avoided Emissions (kg CO2). There are also dropdown menus for 'Módulos fabricados en' (set to China) and 'Módulos instalados en' (set to Cuba), and a 'Recalcular' button.

	Eficiencia (%)	Emb Energy G/JKW	Peso kg/m2	Vida útil	Performance Ratio
PV Si	18	50.5	18.91	30	0.7
PV Organic	5	7.6	0.3	30	
PV CdTe	14	14.3	11.6	30	

	Superficie requerida (m2)	EPBT	ERF	Emisiones evitadas (kg CO2)
PV Si	64.72	0.32	93.75	358174.97
PV Organic	233.0	0.04	750.0	378090.99
PV CdTe	83.21	0.09	333.33	371366.18

## Conclusiones

1. Al evaluar la predicción de impactos a partir de la transferencia tecnológica en IV Congreso, se aprecia que la alternativa de hidroenergía es la de mayor puntaje, ocupando el 1er lugar dado su alto grado de integralidad con una importancia relativa equilibrada para cada recurso. El recurso financiero para esta alternativa resulta decisivo alcanzando un puntaje de 97,5% dado en gran medida por el bajo costo unitario de generación de electricidad; propiciando empleos indirectos y directos para los recursos humanos de la comunidad y maximizando sus valores en el recurso físico (100 puntos) y en lo social (81,42 puntos).
2. Al evaluar la predicción de impactos a partir de la transferencia tecnológica en 4to Congreso, se aprecia que las tres opciones tecnológicas fotovoltaicas compiten, y entre ellas la ganadora es la fotovoltaica con módulos independientes del tipo silicio con un 3er lugar en la tabla de ordenamiento. Si se observa el análisis de impacto global se precisa una mayor eficiencia contra superficie requerida para su instalación, aspecto que presenta limitaciones en la comunidad, pues solo 45% permite el uso del área del poblado con fines energéticos. El recurso financiero para esta alternativa alcanza un puntaje de 53,33, dado en gran medida por el alto costo unitario promedio referencial del kWp instalado.
3. Un posible reordenamiento a escala rural de la economía en 4to Congreso, en función de elevar el recurso financiero, propondría la reanimación de la actividad cafetalera y de algunos servicios forestales, la creación de nuevas formas de autogestión asociadas a la pequeña e inexistente industria rural, el comercio y los servicios, con especial énfasis en la incorporación del recurso humano existente, a la vida activa de la comunidad.

## Bibliografía

- ÁGUILA, M., OLALDE F., R. (2006). «La universidad en la comunidad a través del proyecto. Una experiencia en la montaña Villaclareña». *Memorias del Evento Provincial Universidad 2006*, (ISBN: 959-250-226-9), Santa Clara, 22 de septiembre.
- CHERNI, J. HENAO, F., JARAMILLO, P., DYNER, I., SMITH, R. Y OLALDE, R. (2007). «Energy supply for sustainable rural livelihoods. A multi-criteria decision-support system», England, Volume 35, Issue 3, March 2007, Pages 1493–150, *Journal Energy Policy*. [Accessed: 10th September 2014]. Available on <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506001662> Department for International Development, DFID (1999a). «Sustainable Livelihoods Guidance Sheets - Section 1,

Introduction to the Sustainable Livelihoods approach». London, UK. [Accessed: 11th September 2014]. Available on <http://www.eldis.org/go/topics&id=41731&type=Document#.VY4f7RZNQvQ>

Department For International Development, DFID, (1999b). «Sustainable Livelihoods Guidance Sheets -Section 2, Introduction to the Sustainable Livelihoods framework». London, UK. [Accessed: 13th September 2014]. Available on <http://www.eldis.org/go/topics&id=41739&type=Document#.VY4gdxZNQvQ>

Department For International Development, DFID, (2000). «Sustainable Livelihoods Guidance Sheets - Section 3, Uses of the Sustainable Livelihoods Approach». London, UK, 2000. [Accessed: 22th September 2014]. Available on <http://www.eldis.org/go/topics&id=41741&type=Document#.VY4gvRZNQvQ>

GUASCH, D. (2003). «Modelado y análisis de sistemas fotovoltaicos». Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Ingeniería Electrónica, abril. [Fecha de consulta: 13 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.chem.uu.nl/nws/www/research/e&e/somes/somes.htm>

RAUGEI, M., BARGIGLI, S., ULGIATI, S. (2007). «Life cycle assessment and energy pay- back time of advanced photovoltaic modules: CdTe and CIS compared to poly-Si». *Energy*, 32, 1310–1318.

SERRANO, L. (2013). «Computing tools applied to the analysis of performance and sustainability of photovoltaic systems». Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos, Cartagena, España.

SANTANA, J., LLANES, J. (2002). «Software para el diseño de opciones de mitigación de GEI», PRODOM 0.0. CUBAENERGÍA y Facultad Economía, UH, Cuba.

ZELENY, M. (1973). *Compromise programming in multiple criteria decision making*. University of South Carolina, Press, Columbia, US.

**Eco Solar** es una publicación científica electrónica trimestral para los especialistas de las fuentes renovables de energía. Se dedica a la promoción de temas relacionados con la energética, las energías alternativas, la física ambiental, la arquitectura bioclimática, el impacto sobre el medio ambiente la educación ambiental, la termoconversión, la eficiencia energética, y las energías de origen hidráulico, fotovoltaico, eólico, solar, biomasa y ciencias relacionadas

**DIRECTOR GENERAL:**

Dr. Luis Bérriz Pérez.

**DIRECTOR:**

M.Sc. Manuel Álvarez González.

**EDITORES:**

M.Sc. Madelaine Vázquez Gálvez.

Ing. Jorge Santamarina Guerra.

**CONSEJO EDITORIAL:**

Dr. Luis Bérriz Pérez.

M.Sc. Manuel Álvarez González.

Dr. Conrado Moreno Figueredo.

M.Sc. Manuel Fernández Rondón.

M.Sc. Daniel López Aldama

**CONSEJO ASESOR:**

Dra. Elena Vigil Santos.

Dr. Conrado Moreno Figueredo.

Dr. Sergio Corp Linares.

Dr. José Guardado Chacón.

Dr. Deny Oliva Merecio.

Dra. Dania González Couret.

Dr. Juan José Paretas.

Lic. Bruno Henríquez Pérez.

M.Sc. Leonor Turtós Carbonell.

Lic. Ricardo Bérriz Valle.

Dr. David Pérez Martín.

Dr. César Cisnero Ramírez

**DISEÑO ELECTRÓNICO:**

D.I. Antonio Romillo Polaino.

**WEB MASTER:**

Lic. Ernesto Nolasco Serna.



**SOCIEDAD CUBANA PARA LA PROMOCIÓN  
DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA Y EL RESPETO  
AMBIENTAL**

Calle 20 no. 4113, esquina a 47, Miramar, Playa,  
Ciudad de La Habana, Cuba. Código Postal: 11300.

Teléfono: (537) 205-9949.

Apartado postal: 6611, CP: 10600, Ciudad de La Habana, Cuba.

e-mail: [editora@cubasolar.cu](mailto:editora@cubasolar.cu)

<http://www.cubasolar.cu>