

# Mundo Siglo XXI

Revista del Centro de Investigaciones Económicas,  
Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional

## CRÍTICA A LA MEDICIÓN INTERNACIONAL DEL HAMBRE

THOMAS POGGE / FRANCES MOORE /  
JENNIFER CLAPP / MOLLY ANDERSON /  
ROBIN BROAD / ELLEN MESSER / TIMOTHY WISE

## CRISIS PETROLERA Y CRISIS MUNDIAL

JORGE BEINSTEIN

## EFFECTOS GLOBALES DE LA REESTRUCTURACIÓN LABORAL AMERICANA

WERNER RÜGEMER

## ENERGÍAS RENOVABLES, SEGURIDAD ENERGÉTICA Y LA PARADOJA DE JEVONS

ROLANDO V. JIMÉNEZ / CARLOS ESCOBEDO

## LA SOBERANÍA ALIMENTARIA EN MÉXICO: UNA ASIGNATURA PENDIENTE

BLANCA RUBIO



No. 36, Vol. X, may-ago 2015

"La Técnica al Servicio de la Patria"





## INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## DIRECTORIO

**Enrique Fernández Fassnacht**  
Director General

**Julio Gregorio Mendoza Álvarez**  
Secretario General

**Miguel Ángel Álvarez Gómez**  
Secretario Académico

**José Guadalupe Trujillo Ferrara**  
Secretario de Investigación y Posgrado

**Francisco José Plata Olvera**  
Secretario de Extensión  
e Integración Social

**Mónica Rocío Torres León**  
Secretaria de Servicios Educativos

**Gerardo Quiroz Vieyra**  
Secretario de Gestión Estratégica

**Francisco Javier Anaya Torres**  
Secretario de Administración

**Cuahtémoc Acosta Díaz**  
Secretario Ejecutivo de la Comisión  
de Operación y Fomento de  
Actividades Académicas

**David Cuevas García**  
Abogado General

**Hugo Renán González González**  
Coordinador de Comunicación Social

**Roberto Morán Ruiz**  
Director de Publicaciones

**Gabriela María Luisa  
Riquelme Alcantar**  
Directora del Centro de  
Investigaciones Económicas,  
Administrativas y Sociales

## CONSEJO EDITORIAL

**Carlos Aguirre** (Instituto de Investigaciones  
Sociales, UNAM) (México)

**Crecencio Alba** (Universidad Mayor de  
San Simón) (Bolivia)

**Jorge Beinstein** (Universidad de Buenos  
Aires) (Argentina)

**Julio Boltvinik** (El Colegio de México) (México)

**Víctor Flores Oléa** (Centro de Investigaciones  
Interdisciplinarias en Ciencias  
y Humanidades, UNAM) (México)

**Alejandro Gálvez** (Universidad Autónoma  
Metropolitana, Xochimilco) (México)

**Jorge Gasca** (Instituto Politécnico Nacional)  
(México)

**Arturo Guillén Romo** (Universidad Autónoma  
Metropolitana, Iztapalapa) (México)

**Rolando Jiménez** (Centro de Investigaciones  
Económicas, Administrativas  
y Sociales, IPN) (México)

**María del Pilar Longar** (Centro de Investi-  
gaciones Económicas, Administrativas  
y Sociales, IPN) (México)

**Francis Mestries** (Universidad Autónoma  
Metropolitana, Azcapotzalco)  
(México)

**Humberto Monteón** (Centro de Investigaciones  
Económicas, Administrativas  
y Sociales) (México)

**Blanca Rubio** (Instituto de Investigaciones  
Sociales, UNAM) (México)

**Carlos Walter Porto** (Universidad Federal  
Fluminense) (Brasil)

## COMISIÓN CONSULTIVA

**Jaime Aboites** (Universidad Autónoma  
Metropolitana, Iztapalapa) (México)

**Víctor Acevedo** (Universidad Michoacana  
de San Nicolás de Hidalgo) (México)

**Francisco Almagro** (Instituto Politécnico  
Nacional) (Cuba)

**Guillermo Almeyra** (Universidad de Buenos  
Aires) (Argentina)

**Elmar Altvater** (Universidad Libre de  
Berlín) (Alemania)

**Joel Bonales** (Universidad Michoacana de  
San Nicolás de Hidalgo) (México)

**Erika Celestino** (Instituto Politécnico  
Nacional) (México)

**Michel Chossudovsky** (Profesor Emérito de  
la Universidad de Ottawa) (Canadá)

**Axel Didriksson** (Centro de Estudios sobre  
la Universidad, UNAM) (México)

**Bolívar Echeverría** † (Ecuador)

**Magdalena Galindo** (Universidad Na-  
cional Autónoma de México) (México)

**Héctor Guillén** (Universidad de París VIII)  
(Francia)

**Michel Husson** (Instituto de Investigacio-  
nes Económicas y Sociales) (Francia)

**Michel Lowy** (Universidad de París)  
(Francia)

**Eduardo Sandoval** (Universidad Autónoma  
del Estado de México)

**John Saxe-Fernández** (Centro de Investi-  
gaciones Interdisciplinarias en Ciencias y  
Humanidades, UNAM) (Costa Rica)

**Enrique Semo** (Profesor Emérito de la  
UNAM) (México)

**Asunción St. Clair** (Universidad de Bergen)  
(Noruega)

**Kostas Vergopoulos** (Universidad de París  
VIII) (Francia)

## INDIZACIÓN

**OEI** (Organización de Estados Iberoamericanos), **CREDI** (Centro de Recursos Documentales  
Informáticos)

**Latindex** (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América  
Latina, el Caribe, España y Portugal)

**Clase** (Base de Datos Bibliográfica de Revistas de Ciencias Sociales y Humanidades)

**Actualidad Iberoamericana** (Índice Internacional de Revistas en Iberoamérica)

**IRESIE** (Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa)

## EQUIPO EDITORIAL

Diseño Gráfico y Formación: **David Márquez**  
Formación y Corrección de Estilo: **Lorena Tapia**  
Corrección de Estilo: **Octavio Aguilar**

## Editorial

1

### Fundamentos y Debate / Foundations and Debate



**Thomas Pogge / Frances Moore / Jennifer Clapp / Molly Anderson / Robin Broad / Ellen Messer / Timothy Wise**

*Crítica a la medición internacional del hambre*    **5**    *Critique to the international measurement of Hunger*

---



**Jorge Beinstein**

*Crisis petrolera y declinación sistémica mundial*    **13**    *Oil crisis and global systemic decline*

---



**Werner Rügemer**

*Efectos globales de la reestructuración laboral americana*    **27**    *Global Effects of American labor restructuring*

---



**María Teresa Holguín / María del Pilar Sánchez**

*La gestión integrada de los recursos naturales, agua y suelo, como estrategia para mitigar el impacto del cambio climático*    **41**    *The integrated management of the natural resources, water and soil, as strategy to mitigate the climate change impact*

---

### Artículos y Miscelánea / Articles and Miscellany



**Blanca Rubio**

*La soberanía alimentaria en México: una asignatura pendiente*    **55**    *Food sovereignty in Mexico: an unresolved matter*

---



**Rolando V. Jiménez / Carlos Escobedo**

*¿Pueden las energías renovables comprometer la seguridad energética del país? La paradoja de Jevons*    **71**    *Can renewable energies risk the energy security of the country? The Jevons' paradox*

---



**Guillermo Torres Carral**

*La transición civilizatoria*    **79**    *The civilizational transition*

---

### Colaboraciones / Collaborations

100

*Mundo Siglo XXI* agradece ampliamente a Sergio Elisea el acceso a una de sus pinturas, para ilustrar nuestra portada.

# ¿Pueden las energías renovables comprometer la seguridad energética del país? La paradoja de Jevons<sup>α</sup>

ROLANDO V. JIMÉNEZ DOMÍNGUEZ\*/ CARLOS ESCOBEDO ESCOBEDO\*\*

FECHA DE RECEPCIÓN: 15/11/2014; FECHA DE APROBACIÓN: 11/03/2015

**RESUMEN:** Debido al previsto agotamiento del petróleo y a la difundida idea de que el cambio climático es causado principalmente por la quema de combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero, recientemente se ha acelerado el desarrollo de las fuentes alternas de energía. Esto, paradójicamente, está contribuyendo al desabasto energético en varias regiones del mundo, debido a que las políticas económicas diseñadas por los países ricos exigen a los países pobres construir plantas generadoras de energía de alta tecnología y bajas emisiones, que son prohibitivas para estos últimos. Esta es una primera causa que les impide asegurar su abasto. Por otra parte, se insiste mucho en lograr grandes eficiencias energéticas mediante el empleo de mejores dispositivos, con lo cual se reducen costos de energía unitariamente pero se estimula el aumento del consumo global. Esto suele producir un incremento neto del consumo, más allá de lo que hubiese ocurrido en el escenario de menor eficiencia. Por supuesto, esta aparente paradoja ocurre cuando no se programa el crecimiento de manera racional y sistémica. Se muestran aquí ejemplos que ilustran lo anterior y alternativas para evitar estas contradicciones del desarrollo, basadas en la Gestión de la Energía, entendida esta última como la forma de planificar el desarrollo energético considerando todas las variables técnicas y económicas relevantes para procurar la eficiencia, el ahorro y la sustentabilidad.

**PALABRAS CLAVE:**

- energías renovables
- eficiencia energética
- política energética
- seguridad energética
- gestión de la energía

## Can renewable energies risk the energy security of the country? The Jevons' paradox

**ABSTRACT:** Due to the expected exhaustion of fossil fuels and the extended idea that climate change is caused mainly by burning of oil and carbon, the development of renewable energy sources has recently been accelerated. This is producing a reduction in the supply of energy in several regions of the world, due to the fact that the economic policies designed by the developed countries to provide financial assistance to the poor countries put as a condition on them to build power generating plants based on emission-free technologies, which they cannot afford. This limits, in the first place, their capacity to fulfill the energy needs of their populations. On the other hand, the race to achieve higher energy efficiencies by the employment of better devices is causing a reduction in the cost of the energy per device, but at the same time is increasing the global energy demand, beyond the energy demand that would be reached in the low efficiency scenario. This apparent paradox arises when the energy development planning is not based on a rational and systemic model. In this work we show some examples of those contradictions, not inherent to the development, and that there is a way out by using the strategies of Energy Management, understood as the energy planning which takes into consideration all relevant variables both of technical and economical nature in search of energy efficiency, savings, and sustainability.

**KEYWORDS:**

- renewable energies
- energy efficiency
- energy policy
- energy security
- energy management

<sup>α</sup> Los autores agradecen el apoyo del IPN para la realización de este trabajo, a través del Proyecto SIP-20140874.

\* Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica y Licenciado en Física y Matemáticas egresado del Instituto Politécnico Nacional-México. Maestro en Ciencias y Doctor en Física por el IPN- México y la Universidad de Utah, EUA. Actualmente es docente-investigador en el Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del IPN, en la línea de eficiencia y prospectiva energética. Becario SIBE y EDI del IPN.

\*\* Licenciado en Economía. Egresado de la Escuela Superior de Economía del IPN. Colabora en el CIECAS en cuestiones de logística y trabaja en las líneas de Modelos Financieros y Economía y Tecnología.

## Introducción

La reforma energética recién aprobada por el Congreso de nuestro país se ha elaborado sobre el supuesto de que las energías renovables<sup>1</sup> constituyen una parte cada vez más importante de nuestra canasta energética. Con anterioridad a la reforma, México ya contaba con diversas leyes relativas a las fuentes renovables para definir el marco legal en que deben inscribirse las acciones a seguir para su aprovechamiento y desarrollo. El objetivo último es lograr que el país cuente con un plan de desarrollo energético que logre efectivamente el uso óptimo de los recursos, garantice la seguridad energética nacional y optimice las modalidades actuales de consumo apelando a las mejores tecnologías y hábitos de los usuarios para lograr la eficiencia y el ahorro. Esto deberá hacerse de manera compatible con la sustentabilidad y la preservación del ambiente. Es, por tanto, de la mayor importancia aplicar un enfoque sistémico y de gestión en la elaboración de toda la política energética de México para lograr de manera efectiva esas metas y evitar los efectos de rebote o paradojas, que se suscitan a veces cuando por resolver algunos problemas se originan otros. ¿Cómo es que esto puede pasar? Veamos lo siguiente.

Según el Reporte 2014 de la British Petroleum (BP),<sup>2</sup> la intensidad energética media mundial decrecerá a razón de 1.9% cada año, por lo menos hasta 2035. La *intensidad*

<sup>1</sup> Se emplea aquí el término “energías renovables” por simplicidad y para seguir la terminología usada en gran parte de la literatura técnica; en rigor debería hablarse de “energías provenientes de fuentes renovables”. Lo renovable se refiere a la fuente, no a la energía misma, ya que ésta, una vez utilizada, no se renueva sino que se degrada sucesivamente hasta que finalmente se disipa en calor.

<sup>2</sup> BP, *Energy Outlook 2035*. Consultado el 01/10/2014 en: <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/energy-outlook.html>

<sup>3</sup> W. S. Jevons, *The Coal Question. An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-Mines*, Macmillan and Co., Londres, 1865.

<sup>4</sup> William S. Jevons (1835-1882) fue un economista y estadístico británico que se propuso introducir el rigor lógico y matemático en el análisis de los problemas económicos. Autor de una teoría sobre el valor y el “valor marginal” de las cosas, propuso que el trabajo debe valorarse de acuerdo con la utilidad de lo producido y no al revés, es decir, dándole valor a lo producido en función del trabajo realizado. Estudiante del papel de la tecnología en el desarrollo de la sociedad, enunció su famosa paradoja de que “a medida que el avance tecnológico aumenta la eficiencia con la que se usa un recurso, aumenta el consumo de dicho recurso en vez de disminuir”. Específicamente, en el caso de las tecnologías energéticas, la paradoja de Jevons implica que la introducción de tecnologías con mayor eficiencia energética puede, a la larga, aumentar el consumo total de energía en vez de reducirlo.

*energética* para un país se define como la relación entre el consumo energético (E) asociado a su Producto Interno Bruto (PIB) y el mismo PIB:

$$I = E/\text{PIB}$$

y se interpreta como “las unidades de energía que se necesitan para producir una unidad de riqueza”; sus dimensiones son “Unidades de energía/Unidad monetaria”, por ejemplo, Kilowatts-hora/Peso. I es un indicador de la eficiencia energética de una economía: a menor intensidad energética más eficiente es la economía de un país para producir riqueza. La disminución acumulada de I en 21 años, prevista por BP, significa que en 2035 la intensidad energética será

$$I_{35} = (0.981)^{21} (I_{14}) = 0.66 (I_{14}),$$

[ $I_{14}$  = Intensidad energética en 2014],

es decir, un 44% menor a la de 2014, por lo que el mundo consumiría en 2035 un 44% menos de energía que en la actualidad si se siguiera produciendo lo mismo (PIB constante), o bien, que con el mismo gasto energético actual el PIB podría crecer hasta en un 52%, ya que E es proporcional a la intensidad energética pero el PIB es inversamente proporcional a ella.

[Si  $I_{35} = 0.66 I_{14}$ , entonces  $E_{35} = 0.66 E_{14}$  para PIB constante, pero  $\text{PIB}_{35} = (1/0.66) \text{PIB}_{14} = 1.52 \text{PIB}_{14}$  para E constante, lo que corresponde a un crecimiento del PIB de un 52%.]

Este aumento del PIB trae aparejados otros efectos como la reducción de los costos de producción, el aumento de la producción, la baja en los precios de los productos y el aumento del consumo o la demanda. Este aumento del consumo, provocado por la mejora de los niveles de vida y el crecimiento de la población, ocasiona que en la práctica la demanda de energéticos aumente precisamente como consecuencia del incremento de la eficiencia del aparato económico (bajos valores de I) o el aumento de la eficiencia energética, o ambos. Resulta entonces que una mejora en la tecnología, la eficiencia o la innovación pueden no disminuir el consumo de energía sino incrementarlo, aunque esto no es necesariamente lo que debe ocurrir si existe la planeación adecuada. Esta paradoja no es nueva, ya fue planteada por Jevons<sup>3</sup> en relación con la mejora tecnológica y las innovaciones en torno a la máquina de vapor y el consumo de carbón, como se refiere a continuación.

## La paradoja de Jevons

La paradoja de Jevons nace de una observación hecha por William Stanley Jevons<sup>4</sup> en 1865 sobre los consumos

de carbón por las máquinas de vapor de la época.<sup>5</sup> Jevons observó que el consumo del carbón se elevó en Inglaterra después de que James Watt introdujera su máquina de vapor alimentada con carbón en vez de leña y mejorara notablemente la eficiencia del primer diseño de Thomas Newcomen. Las innovaciones de Watt convirtieron el carbón en un recurso más eficiente en relación con el costo de los insumos, haciendo que se incrementara el uso de su máquina de vapor en una amplia gama de industrias. Esto trajo como consecuencia que aumentara el consumo total de carbón, aunque la cantidad de combustible consumido por máquina disminuyese. Según Jevons, a medida que el perfeccionamiento tecnológico y las innovaciones aumentan la eficiencia con la que se usa un recurso, aumenta el consumo de dicho recurso en vez de disminuir. Concretamente, la paradoja de Jevons implica que la introducción de tecnologías con mayor eficiencia energética puede, a la larga, aumentar el consumo total. Este fenómeno también se conoce como “efecto rebote”.

Aunque la observación de Jevons no es una paradoja verídica o lógica, sólo es aparente, sigue siendo considerada como una paradoja, pues se opone a la idea común de que la mejora de la eficiencia permite a la gente usar menos cantidad de un recurso.

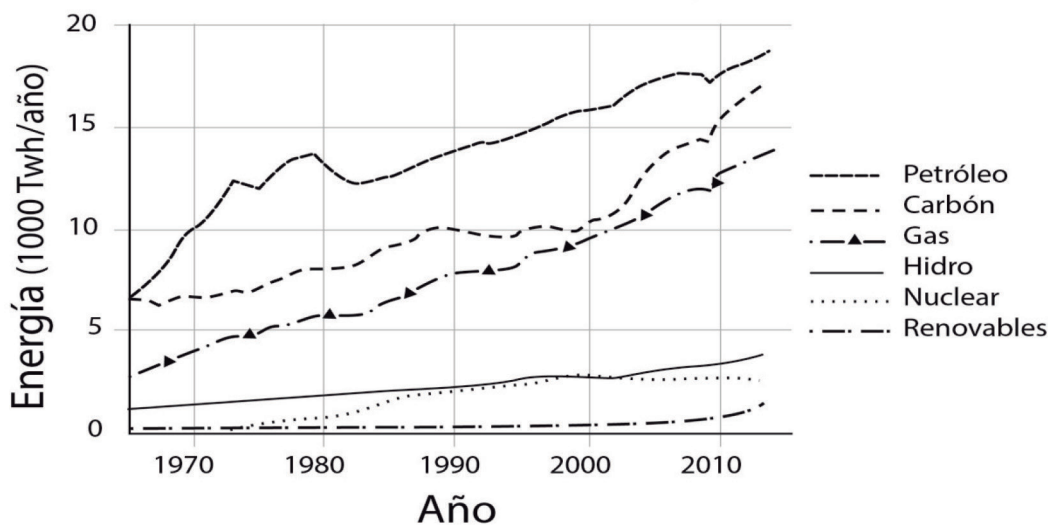
Existen, además, otros factores que se suman al “efecto Jevons” para aumentar el consumo de un recurso en vez de reducirlo, a pesar del avance tecnológico. En lo que sigue se considerarán estos factores o variables.

### Algunos hechos que respaldan el enfoque de Jevons

De acuerdo con Hildyard *et al.*,<sup>6</sup> en 2005 los automóviles en los Estados Unidos eran en promedio un 40% más eficientes en su consumo energético que los de 1960. Pero su uso más intensivo debido en parte a su mayor eficiencia hizo que el consumo energético por unidad aumentara 30%. Si a esto le agregamos el aumento del parque vehicular por el aumento de la población y de los niveles de bienestar, entenderemos el gran incremento en el consumo de combustibles observado.

Otro caso lo documenta el World Energy Council:<sup>7</sup> la intensidad energética global se redujo de manera sostenida desde 1980 a un ritmo de 1.5% anual, en forma acumulativa. De modo que la reducción acumulada de la intensidad energética en los últimos 30 años ha sido del 36.5%. Sin embargo, el consumo mundial total de energía se ha duplicado en el mismo lapso (véase Gráfica 1).<sup>8</sup>

**Gráfica 1**  
**Crecimiento del consumo mundial de energía**  
**(Twh=terawatts-hora=109 kilowatts-hora)**



Fuente: British Petroleum *Statistical Review of World Energy 2013*, Ediciones de la BP, Londres, 2013.

<sup>5</sup> W. S. Jevons, *op. cit.*, 1865.

<sup>6</sup> N. Hildyard, L. Lohmann y S. Sexton, *Seguridad energética ¿para qué?, ¿para quién?*, Editorial Libros en Acción, Madrid, 2014.

<sup>7</sup> WEC, World Energy Council, *2010 Survey of Energy Resources*, Ediciones WEC, Londres, 2010.

<sup>8</sup> British Petroleum, *Statistical Review of World Energy 2013*, Ediciones de la BP, Londres, 2013.



Este último caso puede repetirse en el lapso 2012-2035, en que la intensidad energética caerá en un 46% siguiendo la estimación hecha por BP, pero con predicciones de un consumo energético triplicado impulsado por un PIB global 10 veces mayor. Es precisamente este escenario el que debe evitarse aplicando un modelo de desarrollo energético basado en Sistemas de Gestión de la Energía, como se propone más adelante.

Otro ejemplo del “efecto rebote” se dio en la Ciudad de México cuando se implantó el Programa *Hoy no Circula*, cuyo propósito era reducir el número de vehículos en circulación. Pocos años después ese número no sólo no se había reducido sino que el número de vehículos circulando, en condiciones deficientes y más contaminantes, había aumentado, pero para entonces cancelar el programa hubiese sido peor que si nunca se hubiese implantado.

### Eficiencia y seguridad energéticas

Por eficiencia energética se entiende aquí la relación usual entre “producto obtenido” (P) y “energía total consumida” (E): P/E. El incremento de la eficiencia energética tiene siempre como propósito “hacer lo mismo pero con menos energía”, y lograr, como consecuencia, el ahorro. Actualmente se hace mayor énfasis en el incremento de la eficiencia, no directamente el ahorro, que debe ser una consecuencia y no el objetivo primordial.

La seguridad energética se refiere a la capacidad de un país para garantizar su abasto de energía sin depender de fuentes o proveedores externos. En otros términos, es una condición que asegura la independencia energética del país. Desafortunadamente, México ha ido perdiendo esta capacidad en los últimos años, tanto debido a la disminución de producción de combustibles fósiles como a la falta de tecnología para explotar efectivamente otros recursos energéticos con los que cuenta. Todo esto sin que al mismo tiempo hubiese incrementado su producción de energía mediante fuentes renovables u otras, con una rapidez que compensara lo que se perdía.

### Sistemas de Gestión de la Energía

Gestionar es manejar o administrar racionalmente, con las herramientas analíticas adecuadas, un recurso para obtener de él los mayores beneficios con los mínimos costos y la mayor eficiencia. Gestionar es hacer, hacer que las cosas ocurran y que ocurran como el gestor lo ha imaginado. Un

sistema de gestión de la energía es aquél que emplea un modelo de análisis en el que están consideradas explícitamente todas las variables que afectan el objetivo que se persigue en relación con el recurso energético. Este objetivo puede ser bajar las tasas de crecimiento, reducir el consumo, aumentar la eficiencia, bajar costos, conservar el recurso, etc. Por lo general el modelo se apoya en una matriz en la que se concentra la información para el análisis. El diseño de un plan de desarrollo energético debe realizarse con un enfoque de sistemas a fin de incorporar todas las variables que pueden afectar su implementación, pero sobre todo considerar la conexión entre esas variables, ya que en el sistema interconectado no es posible aislar una variable para controlarla de manera independiente; todas se afectan entre sí. Se debe considerar el largo plazo, según los criterios de la planeación estratégica, y la sustentabilidad de todo el programa. En cada caso concreto se habrán de cuantificar las variables, o estimarlas de forma adecuada para valorar su impacto, determinar su contribución y finalmente establecer la mejor solución de compromiso.

Para una organización o empresa, la gestión energética puede basarse en los criterios establecidos en la Norma ISO 50001, emitida en junio de 2011, cuyo propósito es reducir el consumo y los costos, incrementar la eficiencia energética y proteger el ambiente.<sup>9</sup> Este enfoque puede describirse brevemente como integrado por las siguientes etapas:

► *Planificar*: realizar la revisión y establecer la línea base de la energía, indicadores de rendimiento energético, objetivos, metas y planes de acción necesarios para conseguir resultados de acuerdo con las oportunidades para mejorar la eficiencia energética y la política de energía de la organización.

► *Hacer*: poner en práctica los planes de acción de la gestión de la energía.

► *Verificar*: monitorear y medir los procesos y las características claves de las operaciones que determinan el rendimiento de la energía con respecto a la política energética y los objetivos, e informar los resultados.

► *Actuar*: tomar acciones para mejorar continuamente la eficiencia energética y el Sistema de Gestión de la Energía (SiGsEn).

Estas características permiten a las organizaciones integrar la Gestión de Energía para mejorar la gestión de la calidad, el medio ambiente y otros asuntos abordados por sus sistemas de gestión. La norma ISO 50001 proporciona un marco de requisitos que permite a las organizaciones:

- Fijar metas y objetivos para cumplir con la política
- Utilizar los datos para entender mejor y tomar decisiones sobre el uso y consumo de energía

<sup>9</sup> Artequim, *Manual de Gestión de la Energía*, 4ª edición, Artequim, Santiago de Chile, 2014.

- Medir los resultados
- Revisar la eficacia de la política
- Mejorar continuamente la gestión de la energía

La ISO 50001 puede ser implementada de forma individual o integrada con otras normas de gestión.

Para una región o país, las variables macro a considerar en la gestión de la energía<sup>10</sup> pueden cambiar de un caso a otro, así como las articulaciones que se dan entre ellas, pero por lo general son las que a continuación se describen. En un caso concreto pueden considerarse variables micro o específicas que intervienen en la situación bajo estudio.

### La variable tecnológica

En términos generales el avance tecnológico ha sido siempre un factor positivo para el crecimiento y el desarrollo; transforma la estructura de la producción, la naturaleza del trabajo y el empleo del tiempo libre de las personas; permite la difusión de los beneficios derivados de la tecnología al ser puestos al alcance de las mayorías, con la consecuente elevación de los niveles de bienestar. Pero la tecnología puede significar también contaminación,

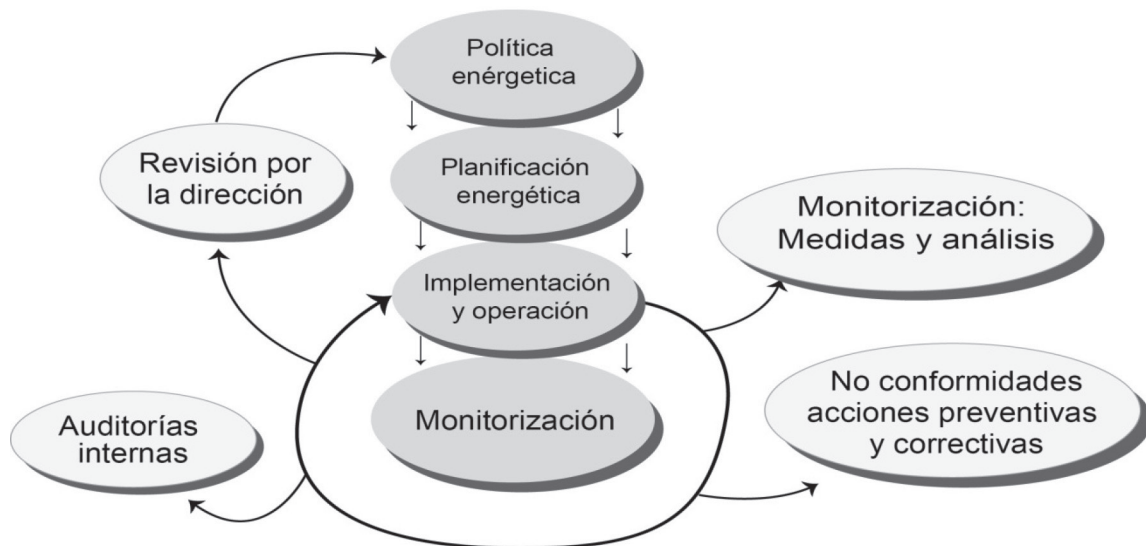
destrucción de la ecología y ser fuente de problemas éticos no planteados con anterioridad.

### La variable ambiental

La contaminación producida por la generación y uso de la energía impacta negativamente el suelo, el agua y la atmósfera. Todas las formas de energía producen contaminación, en mayor o menor grado; no hay energías ciento por ciento limpias: la única forma de energía que no contamina es la que no se usa. Por eso son indispensables la eficiencia y el ahorro, y qué mejor que lograrlos sin sacrificar calidad de vida.

En relación con la contaminación de la atmósfera es importante considerar lo siguiente: generalmente se considera que el cambio climático (CC) y el calentamiento global (CG) son la misma cosa, o bien que el CC es una consecuencia del CG. También, se asume que el CG es producido por la actividad humana, principalmente por la emisión de contaminantes a la atmósfera, gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>, el metano, etc., y que esto es debido principalmente a la quema de combustibles fósiles. Por tanto, que el CC, en última instancia, tiene un

**Figura 1**  
**Gestión de la energía en una organización, según los criterios de ISO 50001**



Fuente: Artequim, *Manual de Gestión de la Energía*, 4a edición, Artequim, Santiago de Chile, 2014.

<sup>10</sup> *Ibid.*



origen antropogénico y que la forma eficaz de reducirlo es controlando la actividad de los seres humanos. Incluso, recientemente ha habido diversas manifestaciones multitudinarias solicitando a los gobiernos de distintos países una intensificación de los esfuerzos por reducir el CC mundial. El CC es un hecho irrefutable cuyas consecuencias no se pueden ocultar; el CG y su causa, en cambio, no ha dejado de ser una hipótesis. Existe mucha controversia al respecto.

Es importante señalar aquí que confundir CC con CG puede ocultar la parte nodal del problema, al intentar combatir el CC controlando los factores que supuestamente lo producen, es decir, la actividad humana, y dejando de lado aspectos fundamentales como son la prevención, la preparación contra desastres y la mitigación de sus efectos, objetivos deseables de una bien diseñada política pública. Existen diversos estudios<sup>11</sup> que presentan argumentos y resultados para sustentar la idea de que el CC es una consecuencia de los ciclos naturales del planeta y la actividad solar, contra lo que los controles humanos en la actualidad pueden hacer muy poco. En relación con el CG, se ha reportado que la tendencia al aumento de las temperaturas medias de la Tierra se dio hasta principios del siglo XXI, pero que en la última década se ha observado el efecto contrario, es decir, una tendencia a la baja de las temperaturas, al grado de que se prevé un nuevo ciclo de enfriamiento global.<sup>12</sup> Por supuesto, esto no quiere decir que la emisión de contaminantes a la atmósfera no sea dañina y que los programas de su combate deban ser eliminados de las agendas de desarrollo de los países. Existen buenas razones basadas en la salud de los seres vivos y la ecología para reducirla o minimizarla. Pero esta es una lucha que debe librarse en otro frente. Actuemos, por tanto, con cautela y la mejor información disponible sobre el tema para no cerrarle la puerta al enemigo imaginario cuando el real se nos mete por la ventana.

Desafortunadamente, los argumentos ambientales se utilizan frecuentemente con fines más políticos que técnicos y han creado temor en la población, que de esa forma se ve obligada a tolerar o aceptar medidas que no necesariamente redundan en su beneficio sino en el de unos pocos. Con el pretexto de la emisión de gases de efecto invernadero, a muchos países y empresas se les ha restringido en diversos aspectos. Por ejemplo, países africanos

productores de hidrocarburos, como Nigeria, padecen una carencia crónica de combustibles para abastecer su mercado interno, en parte obligados por las presiones internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, pero al mismo tiempo esos combustibles no utilizados localmente son enviados a países europeos donde se emplean en el transporte y la generación de energía, sin grandes trabas.

Vemos, pues, que con el argumento del combate al CG y CC se han impuesto limitantes a los grandes grupos de población y aún a países enteros; pero esta política no es equitativa. ¿Por qué dos de los países más contaminantes, China y Estados Unidos, siguen sin adherirse al Protocolo de Kioto?

### *La variable poblacional*

Es conocido el hecho de que la población mundial crece actualmente a un ritmo de mil millones de habitantes cada 12 años. Esto impone una tasa de crecimiento de la demanda de materias primas, energía y satisfactores en general que puede provocar algunas crisis en el mediano y largo plazos, en particular de la energía y del agua. Pero también algunos materiales básicos para la civilización como el cobre, el zinc, el aluminio y el níquel tienen reservas limitadas a unas décadas más, por lo menos en los yacimientos terrestres. El efecto de este agotamiento de recursos sobre el diseño de cualquier plan de desarrollo es por lo general negativo, es decir, incrementa las dificultades de su implementación.

### *La variable económica*

Esta es una de las más importantes para los tomadores de decisiones y se encuentra muy estrechamente relacionada con la política pública. El inversionista privado tiene como principal objetivo la maximización de las utilidades, y esto introduce una complejidad en la estimación de la contribución de esta variable, porque juegan un papel importante la especulación y la existencia de mercados de futuros. Para tomarla en cuenta es necesario a veces apoyarse en la experiencia de otros países y emplear procedimientos heurísticos para el diseño de escenarios de mediano y largo plazos.

### *La variable de costos de producción*

Los costos de producción de las energías renovables han tenido una tendencia a la baja, en parte debido al progreso de la tecnología y en parte, a la producción en grandes volúmenes. Por supuesto, esta disminución de costos es diferencial, es decir, algunas energías renovables han bajado sus costos más aceleradamente que otras.

<sup>11</sup> C. Idso, *A Science-Based Rebuttal to the Testimony of Al Gore before the US Senate*, Document of the Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change, 2007.

<sup>12</sup> Véase R. Sadourmy, *¿Se ha vuelto loco el clima?*, Ediciones Akal, Madrid, 2010. Y diversas ponencias presentadas por especialistas participantes en la 9th. International Conference on Climate Change, Heartland Institute, Las Vegas, Nevada, USA, 7-9 de Julio de 2014.

### *El factor de precios al consumidor*

Los costos de los energéticos provenientes de fuentes renovables, como se ha mencionado, han mantenido su tendencia a la baja. Esto se traduce en precios también más bajos para el usuario final, lo que estimula la demanda y amplía la base de usuarios, que también crece debido al aumento de la población y el incremento de los niveles de bienestar.

### *Las políticas públicas*

Están en la base de toda acción tomada o programada, y constituyen los cimientos sobre los que se puede decidir, planificar y construir. Son muy importantes porque de su acierto o falla dependen otras variables fundamentales. El diseño de las políticas públicas requiere, evidentemente, de un enfoque sistémico porque están relacionadas con todas las variables, afectándolas o siendo afectadas por ellas. Las políticas públicas son a la vez continente y contenido: sirven para enmarcar la planificación, pero una vez elaborada ésta pasan a constituir parte de la misma, condicionando las acciones que se desarrollen. El diseño mismo de las políticas públicas debe hacerse, además, con un enfoque basado en la Gestión de la Energía referido a todo el país.

### *Otras variables*

El entorno internacional, el agotamiento de los recursos y la respuesta social en forma de aceptación o rechazo son también variables importantes a considerar de manera explícita, aunque podrían en algunos casos estar implícitas en el diseño de las políticas públicas. Como variable de fondo, que se menciona con frecuencia pero que no siempre se considera prioritariamente de manera efectiva, está la sustentabilidad, que tiene básicamente tres componentes: la económica, la ecológica y la social. La sustentabilidad se tiene sólo si se da en sus tres componentes.

### **La matriz del Sistema de Gestión de la Energía**

Establecidas y descritas las principales variables que intervienen en el problema de desarrollo energético, podemos diseñar la matriz que las conjunta y que permitirá determinar su importancia relativa para la toma de decisiones. Esto requiere llenar la tercera columna del siguiente cuadro mediante cálculos o estimaciones, y determinar el signo de la contribución para el caso específico estudiado (columna central).

**Cuadro 1**  
**Matriz de Gestión**

Variable	Contribución (positiva o negativa)	Cuantificación o estimación del impacto
Tecnológica	+	X
Económica	+/-	X
Poblacional	-	X
Ambiental	-	X
Nivel de vida	+/-	X
Costos de insumos	+/-	X
Precio de los productos	+/-	X
Políticas públicas	+/-	X
Entorno internacional	+/-	X
Agotamiento de los recursos	-	X
Aceptación o rechazo social	+/-	X

Es importante considerar los cambios probables que estas variables tendrán con el transcurso del tiempo, y estimar las articulaciones o afectaciones que se dan entre ellas utilizando la mejor información disponible, complementada con algún procedimiento heurístico. La planificación resultante puede entonces continuar con las etapas de *hacer, verificar y actuar*.

### **Cambio en las modalidades de consumo. La gran transición**

La planificación del desarrollo energético, aplicada la Gestión de la Energía, es la vía más racional para tratar de evitar las llamadas “paradojas del desarrollo”, como la de Jevons. Sin embargo, si se ha de procurar una verdadera planificación sustentable de largo plazo es importante considerar necesaria una transición que nos lleve del actual modelo de desarrollo económico, social y energético a uno en el que la sustentabilidad efectiva ocupe el lugar preponderante para construir un “nuevo paradigma de sustentabilidad”. Ningún plan de desarrollo basado en los esquemas actuales podrá asegurar la sustentabilidad del actual sistema de producción y consumo, si no se transita hacia un modelo totalmente diferente en el que no sean los mercados los que determinen las pautas del desarrollo y el paradigma

economicista, que privilegia los factores económicos sobre todos los demás, deje de prevalecer para darle valor al ser humano. Debemos entonces pensar en acabar con la desmedida concentración de la riqueza y cambiar los valores impuestos por unos cuantos, pues en las condiciones actuales resulta que los que tienen mucho más de lo que necesitan son también los que piensan que todavía no tienen suficiente. Esto es lo que algunos grupos en el mundo están proponiendo como *La Gran Transición*.<sup>13</sup>

### **Conclusión**

Las energías renovables son una solución razonable a los problemas de escasez, contaminación y provisión de energía para los grandes grupos de población cuando los planes de desarrollo de los sistemas energéticos tienen un diseño basado en la Gestión de la Energía como se ha visto, pero no pueden por sí mismas ser una solución completa. Es necesario paralelamente llevar a cabo una transición hacia modelos de producción y de consumo que tengan en cuenta el agotamiento de los recursos, el notable crecimiento de la población y el agravamiento de los problemas ambientales, la desaparición de especies biológicas, la pérdida de recursos forestales y la degradación de los ecosistemas. Esto sólo puede lograrse con un cambio de valores y la redefinición de lo que se llama “calidad de vida”.

### **Bibliografía**

- ◆ Artequim, *Manual de Gestión de la Energía*, 4ª edición, Artequim, Santiago de Chile, 2014.
- ◆ BP, *Energy Outlook 2035*. Consultado el 01/10/2014 en: <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/energy-outlook.html>
- ◆ BP, British Petroleum, *Statistical Review of World Energy 2013*, Ediciones de la BP, Londres, 2013.
- ◆ Hildyard, N., L. Lohmann y S. Sexton, *Seguridad energética ¿para qué?, ¿para quién?*, Editorial Libros en Acción, Madrid, 2014.
- ◆ Idso, C., *A Science-Based Rebuttal to the Testimony of Al Gore before the US Senate*, Document of the Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change, 2007.
- ◆ Jevons, W. S., *The Coal Question. An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-Mines*, Macmillan and Co., Londres, 1865.
- ◆ NEF, *The New Economics Foundation*, Documento de trabajo No. 1055254, Londres, U. K. Octubre de 2009.
- ◆ Sadourny, R., *¿Se ha vuelto loco el clima?*, Ediciones Akal, Madrid, 2010.
- ◆ WEC, World Energy Council, *2010 Survey of Energy Resources*, Ediciones WEC, Londres, 2010.

<sup>13</sup> NEF, *The New Economics Foundation*, Documento de trabajo No. 1055254, Londres, U. K. Octubre de 2009.