

Análisis prospectivo de la matriz energética nacional en relación a la evolución tecnológica y adaptación al cambio climático. Enfoque preliminar para el caso de Perú al 2030.

Prof. Fernando Jiménez

Área de Energía, Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801 Lima 32, Perú. ojimene@pucp.edu.pe

RESUMEN

Se plantea la necesidad de elaborar un análisis prospectivo para la formulación de escenarios futuros de la demanda de energía que tenga como base su uso final, el cual está afectado por la futura tecnología disponible, el comportamiento del mercado sobre la incorporación de estos dispositivos energéticos, así como la forma de energía requerida de para cada aplicación específica. Por otro lado se analiza como el cambio climático variará la disponibilidad de fuentes de energía renovables, especialmente la hidroenergía. Se cuestiona el análisis de la evolución de una matriz energética nacional en base a proyecciones por el lado de la oferta mediante modelos econométricos que tienen validez en el corto plazo si no existen factores de cambio importantes y son tomadas como base para la planificación de inversiones a largo plazo en el sector. Se aplica ambos enfoques al caso peruano concluyendo las ventajas del análisis prospectivo por el lado del uso final.

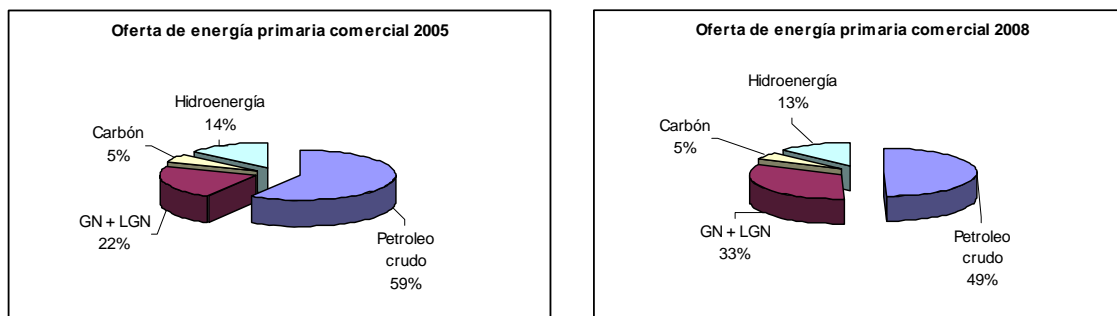
Palabras clave

Foresight, energy scenarios, climate change, end-use devices, energy efficiency.

1 Introducción: Factores de cambio de una matriz energética.

Una matriz energética está en constante evolución, como consecuencia del comportamiento de los actores que definen su composición cualitativa y cuantitativamente. Así, por ejemplo, la matriz energética del Perú en el año 2004 presentaba una oferta de energía comercial compuesta fuertemente por hidrocarburos líquidos (61%), muy por encima de otras fuentes de energía como la hidroenergía (20%), el gas natural (13%) y el carbón (6%). Hacia el año 2005, la aparición de una importante oferta del gas natural, proveniente de la explotación de reservas encontradas en la zona de Camisea en los años 80, origina un importante cambio en la matriz que va evolucionando paulatinamente como lo muestra en el gráfico No. 1.

Gráfico No.1. Estructura de la matriz energética – Oferta de energía comercial



FUENTE: Balances Nacionales de Energía 2005 y 2008- MINEM

Este cambio fue consecuencia de una decisión política con la finalidad de crear un mercado interno para el gas natural de Camisea, entre las cuales se pueden mencionar:

- La promoción de la generación eléctrica con gas natural, a través de un precio preferencial para esta actividad.
- El fomento de su consumo por parte de las industrias intensivas en uso de energía térmica y precios regulados para los consumidores domésticos y comerciales
- El financiamiento de la conversión de vehículos de transporte público de gasolina a gas natural vehicular.

Por otro lado, la producción de energía eléctrica ha aumentado sostenidamente desde el año 2000, acompañando el crecimiento económico del país, tal como se muestra en la tabla No. 1. Pero, más importante aún, es observar que el año 2000 se tenía una participación del 81,2% de la generación hidráulica y 18,8% de la generación térmica, cambiando a una nueva distribución el 2008 a 58,6% y 41,6%, respectivamente, siendo una gran proporción de esta última basada en el uso del gas natural (76%).

Tabla No.1 - Evolución de la Producción de Energía para el Mercado Eléctrico 2000 – 2008 por tipo de origen (GWh)

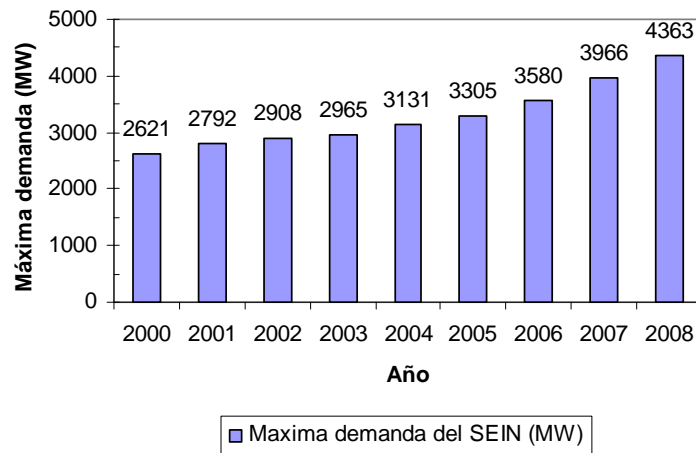
Año	Hidráulica (GWh)	Térmica (GWh)	Eólica (GWh)	Total (GWh)	Crecimiento (%)
2000	16 176,05	3 745,80	0,85	19 922,70	
2001	17 614,78	3 169,74	1,23	20 785,75	4,33%
2002	18 040,12	3 940,97	1,23	21 982,32	5,76%
2003	18 533,74	4 388,41	1,23	22 923,38	4,28%
2004	17 525,35	6 740,49	1,23	24 267,07	5,86%
2005	17 977,01	7 531,52	1,23	25 509,76	5,12%
2006	19 594,35	7 774,28	1,23	27 369,86	7,29%
2007	19 548,78	10 393,03	1,23	29 943,04	9,40%
2008	19 039,87	13 402,26	1,23	32 443,36	8,40%

FUENTE: Plan referencial de electricidad 2008 - MINEM

Simultáneamente, la demanda de energía eléctrica ha experimentado un aumento sostenido desde el año 2000, con una tasa anual de crecimiento promedio del 8,1% para el período 2004 al 2008 tal como lo muestra el gráfico No.2

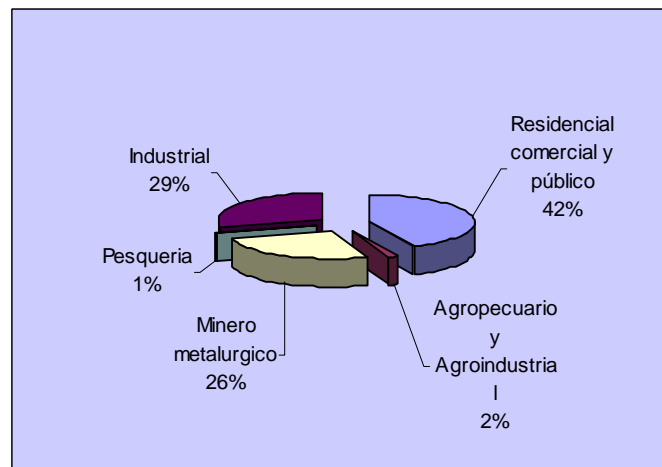
Observando el consumo de electricidad del año 2008, en el gráfico No. 3, se puede mencionar que los sectores productivos absorben el 57% en su conjunto, en comparación con el consumo de los sectores doméstico, comercial y público del 43%. También se puede apreciar que no existe consumo en el sector transporte.

Gráfico No.2 – Máxima demanda del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)



FUENTE: Ministerio de Energía y Minas 2008

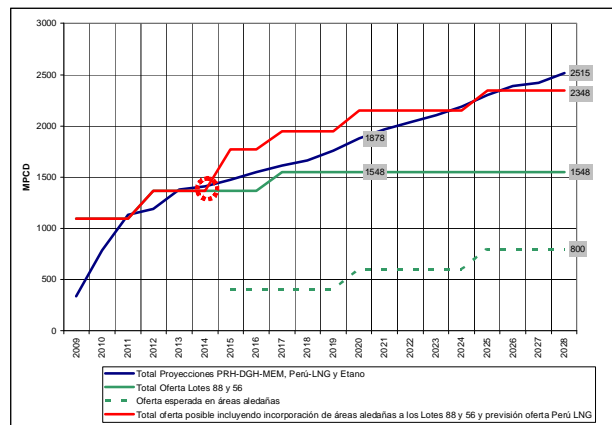
Gráfico No.3 - Distribución del consumo de energía eléctrica por sectores en el año 2008.



FUENTE: Balance Nacional de Energía 2008- MINEM

Como se puede apreciar la “abundante” disponibilidad de gas natural de Camisea indujo a una política energética de bajos precios para la generación de electricidad no premiando la eficiencia, impulsando la instalación de centrales térmicas de ciclo abierto inicialmente y la consecuente mayor oferta de energía que conjuntamente con el crecimiento del mercado de gas natural llevan a alcanzar cuatro años antes de lo previsto la demanda proyectada de gas natural para el año 2012. Como se puede apreciar en el gráfico No. 4 la demanda no sería satisfecha a partir del 2014, de no ampliarse la oferta.

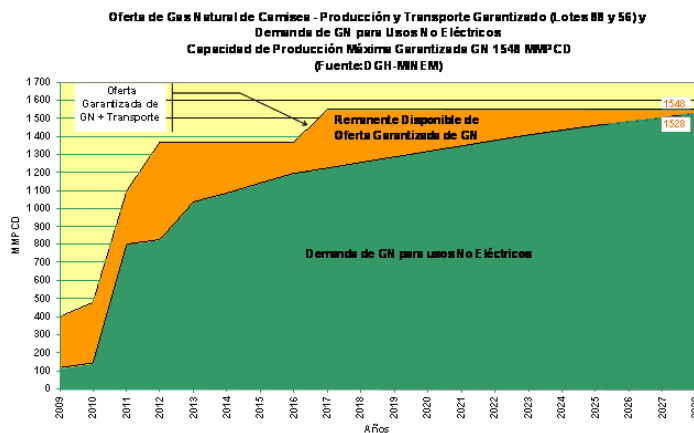
Grafico No. 4 – Demanda proyectada y oferta de los lotes 88 y 56 de Camisea + áreas aledañas



FUENTE: Estrategia para el Desarrollo del sector Energético del Perú, OSINERGMIN, 2009.

Si se varía la forma de análisis, continuando por el lado de la oferta, tomando en cuenta las reservas comprobadas de gas natural, la demanda de gas para usos no eléctricos deja una oferta muy limitada para la generación de energía eléctrica, tal como se muestra en el gráfico No. 5, tomado del Plan Referencial de Electricidad 2008 [5].

Grafico No. 5



FUENTE: Plan Referencial de Electricidad 2008 - MINEM

Este caso representa un claro ejemplo de cómo el comportamiento racional de cada uno de los actores del sector energético, por el lado de la oferta, puede ocasionar problemas de satisfacer la demanda de energía al mediano plazo si no se determina una política energética en base a la real potencialidad de los recursos energéticos disponibles y a un uso eficiente de los mismos en toda la cadena de transformación, desde su selección, hasta el consumo en cada uno de los sectores.

Se puede mencionar otro caso, esta vez sobre subutilización de un recurso energético. En la década de los 70 se realiza en el Perú la Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional [8], en el que se determina un potencial teórico de 206 157 MW y un potencial técnico de 58 937 MW, con una generación de 395 118 GWh, para esta fuente de energía. Así, la capacidad instalada el año 2008 de 3242 MW, representa solamente el 5,5% de utilización de este recurso renovable, sin embargo se ha fomentado el uso del gas natural.

2. Comportamiento futuro de la oferta y la demanda de energía

Las reales posibilidades de las fuentes primarias renovables de energía de cubrir la demanda depende, entre otros factores, de la confiabilidad del recurso específico, razón por la cual la evaluación del potencial de cada fuente debe considerar tanto su comportamiento estacional como futuro.

En relación al comportamiento estacional es evidente que para el análisis de un recurso esta consideración es gravitante desde la concepción de un proyecto, como es el caso de la hidroenergía y si bien es cierto para otras fuentes, como la eólica, solar y biomasa, se tienen otras escalas de tiempo igualmente son partes del análisis.

Por otro lado, el comportamiento de la demanda también tiene elementos de periodicidad y tendencias, el cual es consecuencia del uso final que cada uno de los consumidores define, en base a las formas de energía de las que dispone como usuario. Así, la demanda global es una consecuencia de la suma de las decisiones individuales de los miembros de cada uno de los sectores de consumo, como el residencial, comercial, transporte o industrial, entre otros, normalmente basada en la tecnología de los dispositivos que desea emplear para cada actividad en particular, la cual puede ser de ocio o productiva.

En consecuencia la matriz energética es el reflejo de un comportamiento de mercado y su análisis debe contemplar las fuerzas involucradas, tanto por el lado de la oferta como el de la demanda.

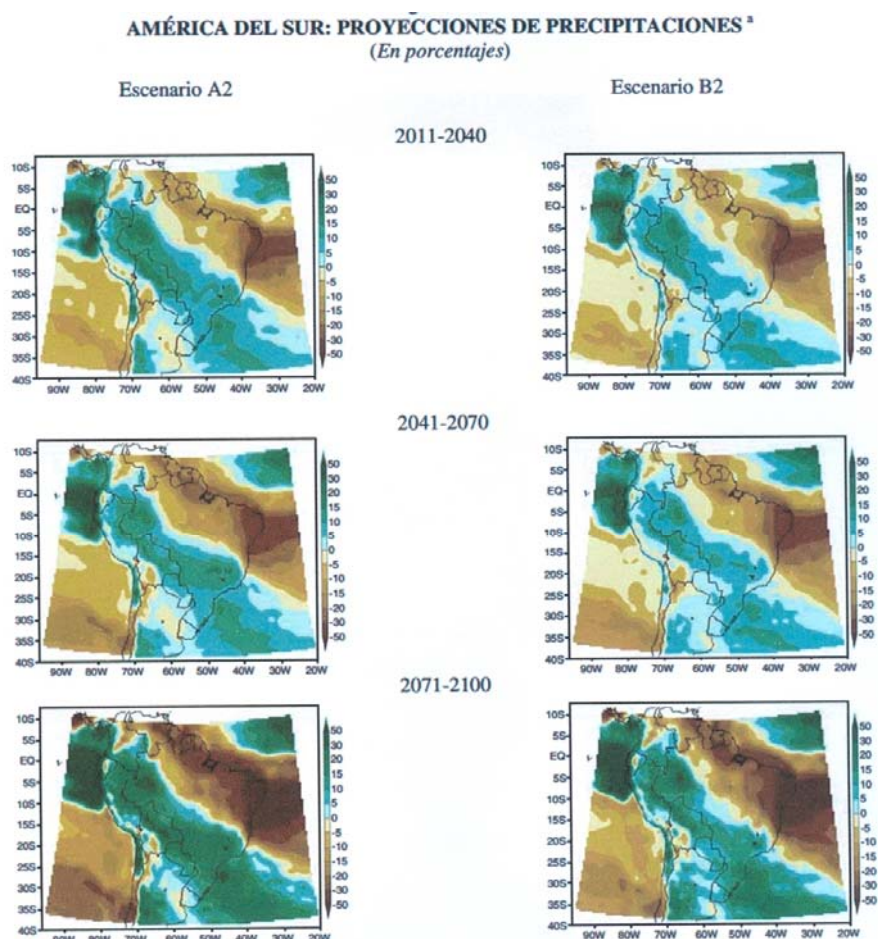
En relación al lado de la oferta, para el caso de la hidroenergía es conocido el análisis para el manejo de la estacionalidad del recurso. Más bien habría que observar el comportamiento futuro del recurso en una escala de tiempo de al menos 50 años, que es el tiempo de vida normalmente empleado para una hidroeléctrica y esto nos lleva a considerar los efectos que se predicen sobre el cambio climático y la disponibilidad de agua.

En la actualidad existen estudios regionales sobre el cambio climático, como el descrito por CEPAL [3] que plantea básicamente dos escenarios, el primero de bajas emisiones ambientales (B1) y otro de altas emisiones (A1). Si bien es cierto significan incrementos de temperatura promedios para la región de entre 1 y 4 °C y entre 2 y 6 °C respectivamente y un incremento de las precipitaciones promedio del orden de

10%, lo importante es observar que en ambos escenarios los climas extremos se acentuarán.

En la figura No.1 se puede apreciar que para todos los periodos las zonas de mayor precipitación se encontrarán, para el caso del Perú en la zona de la selva, acentuándose a partir del año 2040. Esta realidad futura puede ser considerada como un problema, por el fuerte impacto social y ambiental que generarán sino se elaboran y ejecutan proyectos de mitigación. Sin embargo, con una visión más amplia, puede ser considerada también una gran oportunidad para planificar proyectos de desarrollo sostenible para estas zonas y para el país. Proyectos de infraestructura que combinen la mitigación del impacto ambiental y social, así como de mejora de la calidad de vida de las comunidades potencialmente afectadas por el cambio climático, así como estos mismos proyectos sean la base del aprovechamiento racional del recurso hídrico, que tendrá un comportamiento diferente al observado hasta la actualidad que requerirá soluciones tecnológicas diferentes a las normalmente empleadas.

Figura No.1



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sobre la base de información del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) del Brasil.

^a Cambios proyectados en la precipitación para 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100 correspondientes a los escenarios A2 y B2, derivados del modelo HadRM3P. La escala cromática se muestra a la derecha de cada panel.

Por el lado de la demanda hay que tener en cuenta el actual uso de la energía en el país y sus proyecciones en el contexto de un consumidor que se desenvolverá en un mundo más globalizado y mercados con cada vez menos restricciones.

Se puede tomar la intensidad energética como un indicador de la forma como se utiliza la energía en un país, principalmente será función de la estructura sectorial productiva, pero a la vez es consecuencia de factores como precios, eficiencia, poder adquisitivo del población, entre otros. En el Grafico No. 6 se puede ver la posición del Perú, respecto a la región, en función de la relación entre PBI per-cápita e intensidad energética y en la Grafico No. 7 respecto al consumo de energía per-cápita, CEPAL [2].

Gráfico No.6

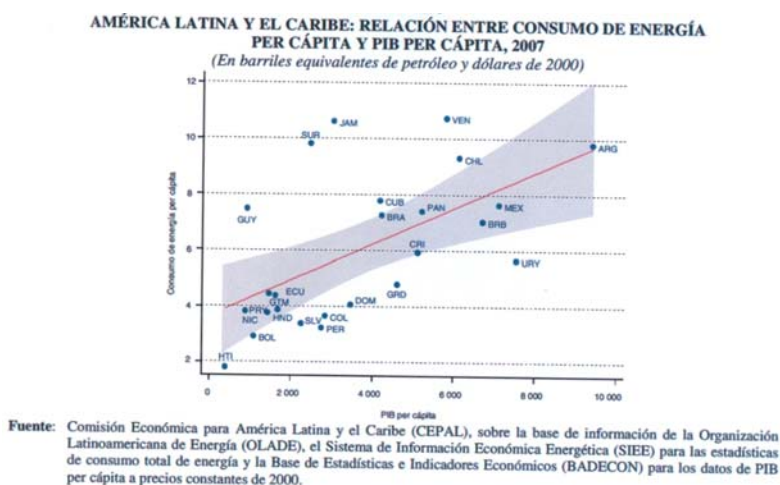
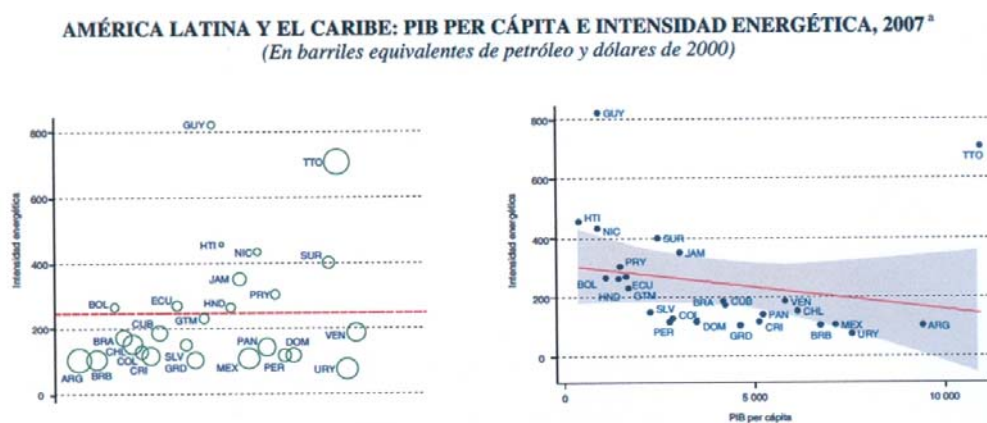


Gráfico No.7

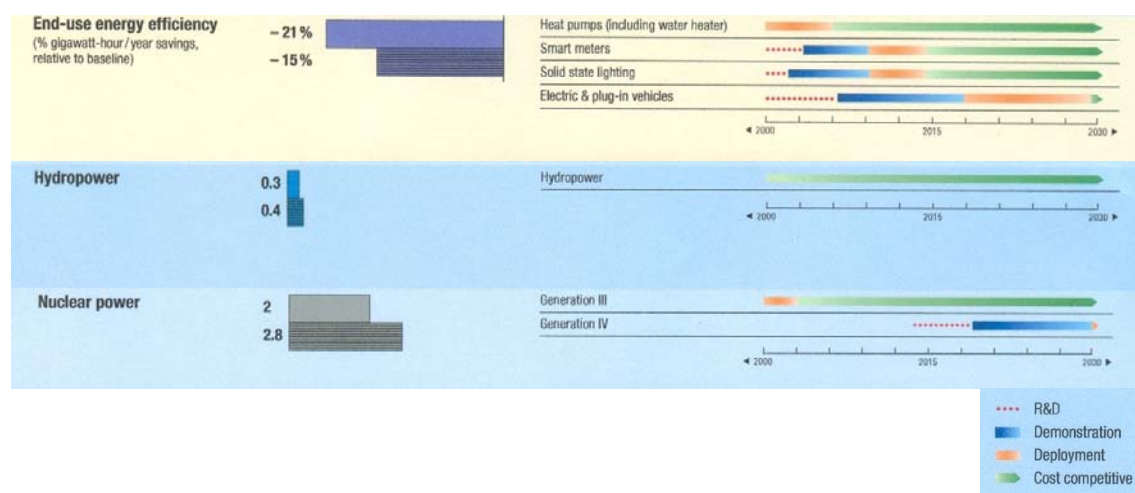


Una lectura que se puede obtener del análisis de esta comparación es que hay mejora económica y se incrementa el consumo de energía, pero también el consumo de energía por habitante es de los más bajos de la región. Esto puede significar, en una visión muy restringida pero que será base de un planteamiento posterior, que hay un comportamiento de la demanda que no necesariamente es energéticamente eficiente y hay sectores de la población que no han alcanzado bienestar.

En relación a la evolución de la demanda habría que revisar, mediante un análisis prospectivo, las tecnologías que se están desarrollando y el impacto que generarán al mediano y largo plazo. El análisis vinculado solamente a indicadores económicos y energéticos podría llevar a plantear escenarios muy diferentes a lo que podrían resultar en una proyección que tenga en cuenta aspectos tecnológicos y sociales.

La World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) [8] plantea como un escenario al 2050 que por el lado de la demanda habrá un dramático ahorro de energía así como alta eficiencia de generación y transmisión, así como un proceso acelerado de electrificación desplazando a otras formas de energía. La misma WBCSD muestra algunos tecnología que cambiarán al sector energético [9]. En la figura No.2 se puede apreciar, por ejemplo, que la bomba de calor, conocida académicamente desde hace siglos, aparece como una tecnología madura y económicamente competitiva para el calentamiento de ambientes e inclusive de agua. También la aparición de medidores inteligentes, para control y transacciones, iluminación por diodos y vehículos eléctricos que toman energía de la red eléctrica ya se proyectan en este escenario. La WBCSD también plantea [10] que existirá un incremento de la demanda global de la energía pero en el marco de energía segura, de bajo carbono ampliamente disponible y usada eficientemente, con energía cero en los edificios, movilidad para todos y alta eficiencia en los vehículos de transporte eléctricos y aviones.

Figura No. 2



Interesante es observar que por el lado de la oferta solamente la hidroenergía y la nuclear aparecen como competitivas en la actualidad para afrontar el reto de la

disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, estando en desarrollo la tecnología para hacer competitiva comercialmente la explotación de la energía solar y eólica, entre otras.

Por lo expuesto es de vital importancia comprender la evolución del aprovechamiento de las fuentes primarias de energía disponibles potencialmente en el país, pero en función de las formas de energía requeridas por los consumidores, siendo conscientes que esta evolución es diferente para cada país y no es recomendable importar soluciones que corresponden a realidades sociales, económicas, culturales y de disponibilidad de recursos muy diferentes entre sí.

Basta tomar un ejemplo para el caso peruano, tomando las últimas cifras disponibles del Balance Nacional de Energía para el año 2008 [4], y haciendo grandes simplificaciones. Así, la oferta de electricidad mediante Centrales Hidroeléctricas fue de 85 818 TJ y el consumo final del sector transporte fue de 176 031 TJ. Para fines de ese año la capacidad instalada que generó hidroelectricidad fue de 3242 MW, es decir para abastecer al sector transporte en una primera observación se podría pensar que se requeriría el equivalente a un poco más del doble de la capacidad hidroeléctrica instalada, algo de 6400 MW adicionales. Un mayor análisis, en base a las consideraciones de eficiencia de los vehículos empleados en el sector transporte en la actualidad, que son bastante bajos en el país, y la relativa alta eficiencia de los sistemas eléctricos para los vehículos eléctricos, se podría pensar, conservadoramente, que la potencia instalada requerida debe estar alrededor de la mitad, es decir unos 3000 MW. Así, una sola Central Hidroeléctrica podría servir para abastecer de energía a la sustitución de todo el parque automotor del país. Cabe mencionar que 3000 MW representan alrededor del 5 % del potencial de capacidad instalada inventariada nacional, por lo que no habría limitaciones técnicas para su aprovechamiento.

Por otro lado, la electrificación de los consumidores finales parece una tendencia que redefinirá la matriz energética y hay que intervenir para que tanto el comportamiento de la oferta como el de la demanda energética encuentren un equilibrio técnico, económico, social, cultural y ambiental.

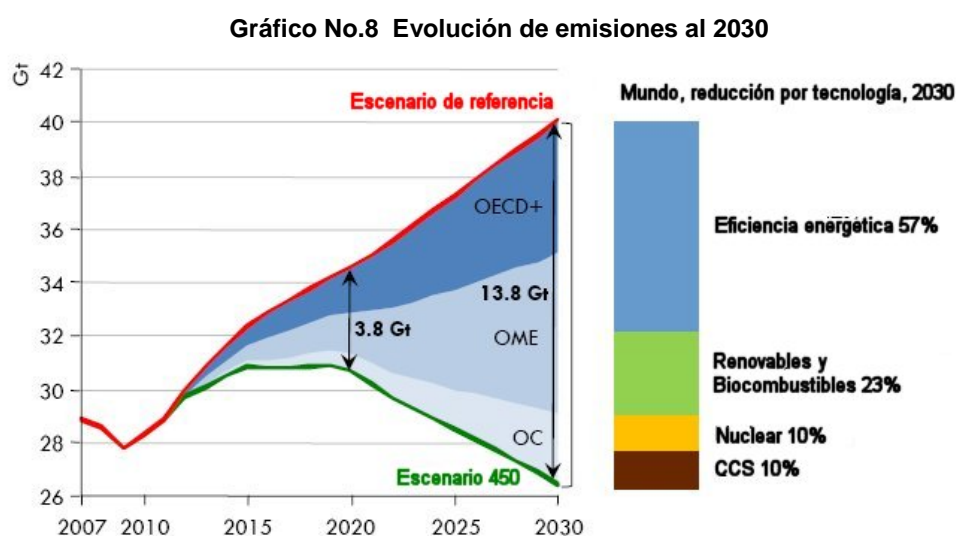
Solamente si se toma consciencia que la energía es un tema de seguridad nacional se podrá sostener la idea de intervenir en este mercado imperfecto, donde las soluciones de cada uno de los actores son racionales para ellos mismos, pero no por eso se puede asegurar que el conjunto del mercado es racional. Son justamente los actores del sector y sus stakeholders, como el estado y la sociedad civil, los que deben encontrar espacios de diálogo para identificar escenarios para el sector energético al largo plazo.

Solamente así se podrá definir uno de estos escenarios como deseable socialmente, construible en base al potencial de los recursos energéticos existentes en el país y probable de ocurrir en un entorno interno y externo altamente dinámico, con una

visión de largo plazo y es en base a este futuro que se debe concertar y así tomar socializadamente el cambio de la matriz energética.

3. El lado de la demanda social y energética

La Agencia Internacional de la Energía [1] considera que la eficiencia energética en el uso final de la energía permitirá una menor demanda de energía y será la mejor acción para la reducción de emisiones a la atmósfera en el 2030. El gráfico No. 8 muestra la proyección de la disminución de las emisiones de CO₂ equivalentes, donde es posible apreciar que las acciones de eficiencia energética constituyen el 57% de la reducción.



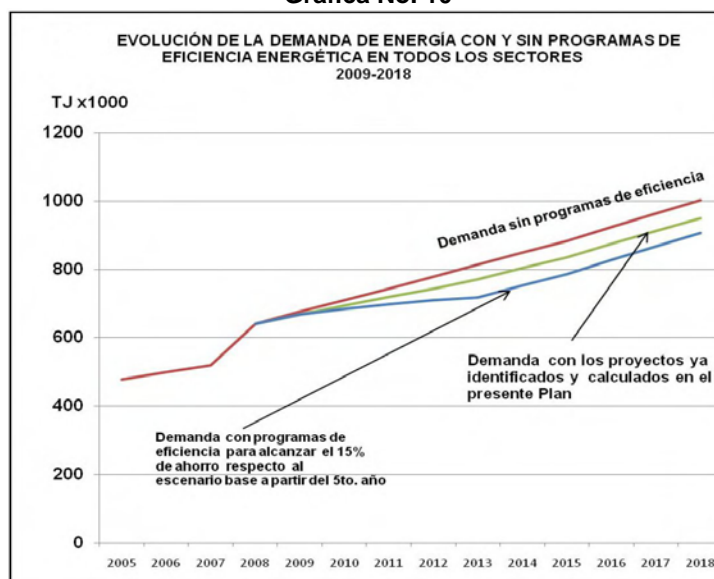
Los escenarios planteados son un escenario de referencia, en el cual los gobiernos no introducen ningún cambio en sus políticas y acciones actuales, y otro escenario con un cambio y acción colectiva con la finalidad de limitar a largo plazo las concentraciones de gases de efecto invernadero a 450 ppm de CO₂ equivalente. Cabe mencionar que si bien es cierto esta proyección es global, lo importante que se harán esfuerzos por el lado de la demanda para lograr estos objetivos mediante el incremento de la eficiencia de los dispositivos que emplee el consumidor final.

Se menciona, por ejemplo, que la **tecnología eficiente** en el sector transporte permitirá reducir las emisiones de CO₂ y se espera que los vehículos con motor de combustión interna representaran solamente el 40% de las ventas y los vehículos híbridos/eléctricos el resto en un escenario con cambio, en comparación con el escenario de referencia sin cambio en donde el 90% de las ventas los constituyen los vehículos con motor de combustión interna. Si este cambio ocurre, la demanda de electricidad aumentaría.

Como ya se ha planteado este incremento de demanda eléctrica puede ser absorbida sin dificultad, para el caso peruano, aún en un escenario más drástico como el que significa un fuerte incremento del poder adquisitivo de la población y los requerimientos de confort mayores. Permitirá además migrar de un tipo de energético (hidrocarburos) a otros menos contaminantes (renovables).

El primer Plan Referencial de Eficiencia Energética del Perú [6] plantea la promoción e instalación de **tecnologías eficientes** en los sectores residencial, productivo y servicios, el sector público y el transporte. Se espera que la implementación del Plan referencial de Eficiencia Energética 2009-2018 [5] permita una reducción total del consumo de energía de 372,4 GJ y ahorros de 5291 millones de dólares. En el Gráfico No. 9 se ve la evolución esperada de la demanda de energía. También se puede observar que no se incorpora el aspecto de mejora en el consumo de energía por investigación, desarrollo y comercialización de nuevos productos previsibles de entrar al mercado en el horizonte de análisis, al no considerarse algún mecanismo de vigilancia tecnológica en el análisis.

Gráfica No. 10



FUENTE: Plan Referencial de Eficiencia Energética 2009-2018 - MINEM

4. Conclusiones

- La necesidad de una matriz energética que asegure el desarrollo y la seguridad del suministro, hace necesaria la diversificación de los recursos energéticos, por ello es importante que se utilicen los recursos energéticos apropiados en función del comportamiento de la demanda. El cambio climático definirá en el futuro la disponibilidad de los recursos renovables.
- La electrificación de los consumidores finales es una tendencia que redefinirá la matriz energética en el largo plazo y hay que intervenir para que tanto el comportamiento de la oferta como el de la demanda energética encuentren un equilibrio técnico, económico, social, cultural y ambiental.
- Los actores del sector y sus stakeholders, como el estado y la sociedad civil, son los que deben encontrar espacios de diálogo para identificar escenarios

deseables, construibles y posibles, los futuribles, para el sector energético al largo plazo.

Referencias

- [1] Agencia Internacional de la Energía. World Energy Outlook, 2009.
- [2] CEPAL, Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y El Caribe, Guía para la formulación de Políticas Energéticas, Naciones Unidas, Santiago de Chile, Diciembre del 2003.
- [3] CEPAL, La Economía del Cambio Climático de América Latina y el Caribe, 2009.
- [4] Ministerio de Energía y Minas, Balance Nacional de Energía 2008, Oficina de Planeamiento, Inversiones y Cooperación Internacional, Ministerio de Energía y Minas, Julio 2009.
- [5] Ministerio de Energía y Minas, Plan Referencial de Electricidad 2008-2015, Dirección General de Electricidad, Lima, Noviembre del 2006.
- [6] Ministerio de Energía y Minas, Plan Referencial de Eficiencia Energética 1009-2018, Dirección General de Electricidad, Lima, Octubre del 2009.
- [7] Ministerio de Energía y Minas, Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional, Lima, 1973.
- [8] World Business Council for Sustainable Development. Powering a Sustainable Future, 2006.
- [9] World Business Council for Sustainable Development Power to Change, 2008.
- [10] World Business Council for Sustainable Development. Vision 2050, 2010.