

PARTICIPACIÓN DE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA EN MÉXICO PARA EL 2013

Jesús Alberto Loredó González, Virginia Mendoza Ramírez,
Karla María Salgado Banda, Perla Segovia Salazar, Laura
Nohemí Vargas de la Rosa, Roberto Abraham Zamudio Morán,

Co autor: Ubaldo Martínez

UANL-FCFM

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

Resumen:

El estudio de energías alternas es importante pues, en la actualidad, se busca reducir el alto consumo de fuentes energéticas de tipo fósil con el fin de controlar el impacto ambiental ocasionado por la generación de esta. La energía hidroeléctrica es un área de oportunidad que México debe aprovechar, esta depende de la meteorología de cada región así como de los meses con mayor precipitación pluvial. La producción de electricidad por medios hídricos ha presentado una tendencia creciente desde 1987 hasta 2012. Entre los años 2001 y 2012 la participación de la energía hidroeléctrica para satisfacer el consumo total de energía del país varía entre 13% y 41%. Si se incrementa la inversión en este tipo de energía alterna se bajarían los costos de producción y habría un menor impacto ambiental.

Palabras claves:

energía hidroeléctrica, sustentabilidad, fuentes renovables, agua, modelo estadístico, energías alternas

Introducción

Históricamente el desarrollo de la sociedad humana se ha basado en el aprovechamiento de fuentes energéticas de tipo fósil [1]. Actualmente vivimos un serio problema ambiental y se vuelve inminente una crisis energética si no se desarrollan fuentes alternas que sean factibles técnicamente y atractivas económicamente.

Diversos países utilizan sus recursos hídricos como fuentes de energía, tal es el caso de Canadá y Austria por encima del 60% de la capacidad total, Brasil con cerca del 90% y Noruega y Zambia cercanos al 100% [1]. Desde nuestro punto de vista, en México es necesaria la inversión en la producción de hidroelectricidad, para darle una mayor participación en la producción total de energía del país. Se cuenta con el potencial para una mayor producción; sin embargo, aún no se explotan los recursos adecuadamente.

Objetivo

Difundir los beneficios que implica la generación de energía a través de plantas hidroeléctricas; a su vez, modelar y pronosticar la producción de hidroelectricidad en el país para compararla con los niveles de consumo esperados de electricidad y decidir buscar o no fuentes de energía alternativas para cubrir un posible déficit en la producción.

Beneficios de la Energía Hidroeléctrica como fuente alterna

La energía hidroeléctrica es una de las opciones con mayor perspectiva de crecimiento; presenta los costos de operación más bajos, además de un largo ciclo de vida, que va desde los 50 años en adelante [2].

Si se invierte más en este tipo de energía, se lograría un mayor aprovechamiento de los recursos hídricos del país y una menor dependencia de energías no renovables. Actualmente, la producción de energía por métodos alternativos representa el 24.1% del total de la producción de energía eléctrica en México [3], de los cuales la energía hidroeléctrica constituye un 95% de la generación de energías alternas o renovables en el país [4]; estando por encima de la media mundial de producción que es del 10% [1].

Pinguelli [5] lista las siguientes ventajas de la energía hidroeléctrica:

- La construcción o ampliación de plantas de energía hidroeléctrica genera una gran cantidad de empleos.
- Bajos costos de mantenimiento y operación

- Largo tiempo de vida
- Baja contribución al efecto invernadero
- El impacto ambiental: la hidroeléctrica es una de las energías alternas menos dañinas al ambiente, pues solo se “daña” la zona donde se construirá la planta.

Desarrollo del modelo estadístico para la producción de energía hidroeléctrica

Fuente de Información

Se obtuvieron los datos de la producción de energía hidroeléctrica y del consumo doméstico e industrial en el Banco de Información Económica (BIE) del portal de internet del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Manejo de los datos

Se analizaron los datos de los últimos once años, a partir del año 2001 y hasta agosto 2012, con periodicidad mensual, medidos en miles de millones de watts/hora.

Aún cuando el INEGI cuenta con datos de fechas anteriores a 2001, se consideró que estos no representan las condiciones actuales de la producción de energía hidroeléctrica en el país; lo anterior, principalmente a que durante los años posteriores a 1997 se dejaron de construir plantas para la generación de energía hidroeléctrica, a excepción de la planta Leonardo Rodríguez Alcaine (El Cajón) que entró en operaciones el 1 de Marzo de 2007 y cuenta con una capacidad efectiva instalada de 750 (MW), en Santa María del Oro, Nayarit [6] y algunas otras relativamente pequeñas que no significarían un cambio considerable en los niveles de producción.

De acuerdo con publicaciones de la Comisión Nacional del Agua [7] los meses que presentan mayor precipitación pluvial son Julio, Agosto y Septiembre; debido a esto, se decidió analizar los promedios por trimestre de la producción hidroeléctrica, iniciando por el trimestre Enero-Marzo 2001 y finalizando con el promedio de Julio y Agosto 2012 debido a que la información proporcionada solamente está actualizada hasta esa fecha.

En la **Gráfica 1** se muestra la manera en que se comportaron los datos una vez aplicado el promedio. Los datos presentan una tendencia creciente y es posible definir un ciclo anual. En el primer trimestre de cada año existe una caída en la producción de energía eléctrica; se presenta un aumento considerable en el tercer trimestre del año.

Gráfica 1. Producción de energía hidroeléctrica promedio por trimestres

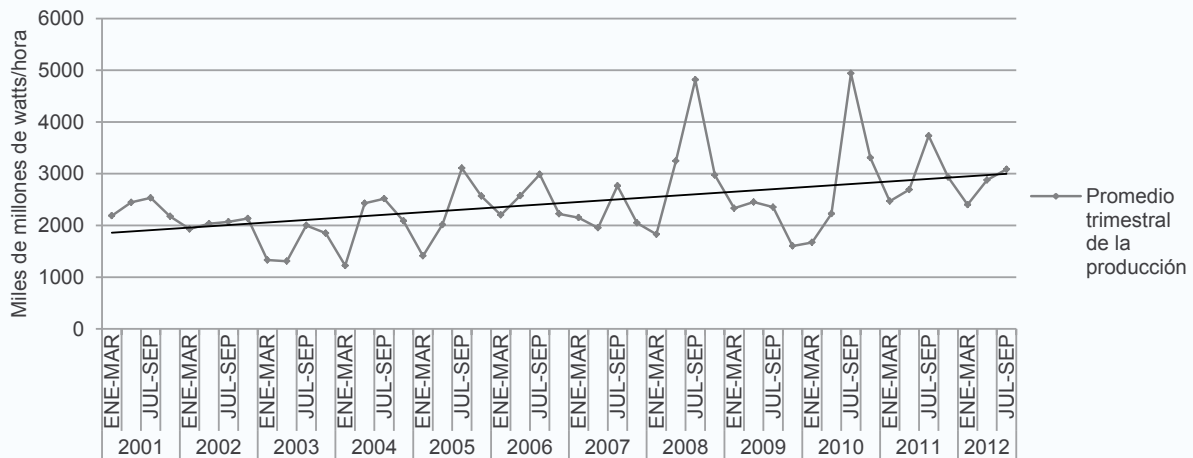


Tabla 1. Índice de variación estacional

Trimestre	Índice	Índice %	Cambio
Ene-Mar	0.7770	78%	-22%
Abr-Jun	0.9470	95%	-5%
Jul-Sept	1.2457	125%	25%
Oct-Dic	0.9730	97%	-3%

R² (ajustado): 25.7%

Tabla 2. Pronósticos de producción en miles de millones de watts/hora

Año	Trimestre	Pronóstico
2012	Oct-Dic	2927.3
2013	Ene-Mar	2355.2
	Abr-Jun	2891.9
	Jul-Sept	3832.0
	Oct-Dic	3015.2

Modelo

El modelo estadístico utilizado para el análisis de la producción de energía hidroeléctrica fue el Método de Índice Estacional; este método puede ser aplicado cuando se desea hacer un pronóstico con datos que llevan de manera muy evidente el efecto de la estación, en este caso determinado por la temporada de lluvias.

En la **Tabla 1** se puede apreciar el porcentaje de cambio de la producción, generándose un aumento considerable en los meses de Julio a Septiembre. Esta tabla nos dice, para cada trimestre, cuánto sube o baja la producción, con respecto al 100%. Así, en el primer trimestre la producción baja 22%, en el segundo baja 5%, en el tercero sube 25% y en el último baja 3%.

Los índices presentados en la **Tabla 1** fueron utilizados para “eliminar” el efecto de la estación y transformar en línea recta la serie con respecto al tiempo para utilizar la ecuación de línea recta para el pronóstico; es decir, una regresión lineal simple.

En la regresión lineal simple utilizada para pronosticar, la R² ajustada es el coeficiente de determinación, que nos dice qué tanto se ajustan los datos de la regresión a los reales.

Resultados

En la **Tabla 2** se muestran los pronósticos para la producción de hidroelectricidad obtenidos en el modelo.

El MAPE (Error Porcentual Medio Absoluto), mide el grado de error generado por las diferencias entre los ajustes del modelo y las observaciones. Cuando se presenta un menor MAPE, menor es la diferencia entre los datos reales y los ajustados. El modelo de Índice Estacional generó un MAPE de 17%, el cual se consideró aceptable.

Análisis del consumo de energía Eléctrica

Se consideró el análisis por trimestre de los niveles de consumo de energía eléctrica en el país, para lo cual se sumó el consumo del sector doméstico y el industrial, quedando pendientes, por falta de datos, los sectores agrícola, comercial y de servicios.

El modelo utilizado para realizar los pronósticos fue un Modelo de Regresión Trigonométrico con variación estacional constante, útil para modelar series temporales regulares.

La ecuación (1) nos muestra la ecuación del Modelo de Regresión Trigonométrico:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 \text{sen}\left(\frac{2\pi t}{L}\right) + \beta_3 \text{cos}\left(\frac{2\pi t}{L}\right) + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde t es el orden, L son los periodos del ciclo y ε_t es un error. En la **Tabla 3** se apreciarán los predictores considerados en el modelo.

Interpretación de los resultados y conclusiones

Los pronósticos brindados por el modelo de índice estacional muestran que los niveles de producción de energía hidroeléctrica continuarán con un ciclo similar durante el año 2013 y, a su vez, los índices del modelo muestran el efecto de la temporada de lluvia.

Observando la **Tabla 4**, la participación de la energía hidroeléctrica disminuye su producción en los meses Enero, Febrero y Marzo y llega a su punto máximo en los meses de Julio, Agosto y Septiembre.

A la vez, se espera que la participación de la hidroeléctrica para satisfacer la demanda en el país permanezca constante respecto a años anteriores.

Pronosticando para el trimestre que queda de 2012 y para todo el 2013 se observa, en la **Gráfica 2**, que la producción en la energía hidroeléctrica no bajará, sino que se mantendrá siguiendo los efectos de las estaciones.

Se propone como plan a futuro que la producción de energía esté “calendarizada”, de acuerdo a las temporadas en las que la producción de hidroelectricidad

Tabla 3. Predictores del modelo de Regresión Trigonométrico para el consumo de hidroelectricidad

Predictor	Coefficiente	Valor-p
Constante	9202.7	0.000
Orden (t)	55.571	0.000
$\text{sen}\left(\frac{2\pi t}{L}\right)$	-608.55	0.000
$\text{cos}\left(\frac{2\pi t}{L}\right)$	-174.49	0.029

R² (ajustado): 85.6% MAPE: 2.68%

Tabla 4. Participación esperada de la energía hidroeléctrica por trimestre

Año	Trimestre	Producción	Consumo	Participación
2012	Oct-Dic	2,927	11,696	25%
	Ene-Mar	2,355	11,317	21%
2013	Abr-Jun	2,892	12,156	24%
	Jul-Sep	3,832	12,645	30%
	Oct-Dic	3,015	11,918	25%

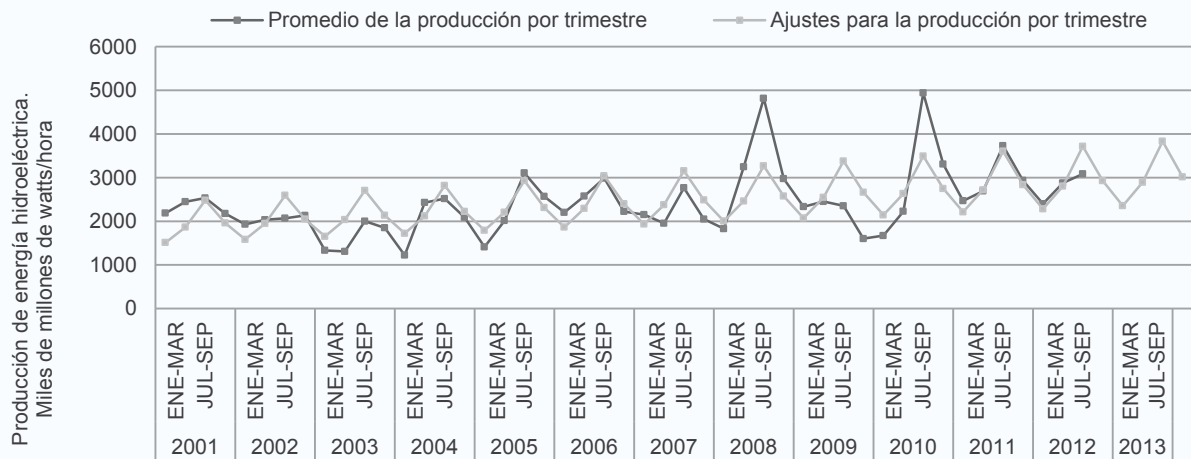
presenta sus déficits o aumentos, para usar otros métodos de generación auxiliares. Por ejemplo, se debería usar la energía hidroeléctrica en meses de temporada de lluvias, como Julio, Agosto y Septiembre; y los demás meses, cuando la lluvia baja y por lo tanto la producción de hidroeléctrica, usar otras fuentes de energía como la solar o eólica.

Limitaciones del estudio

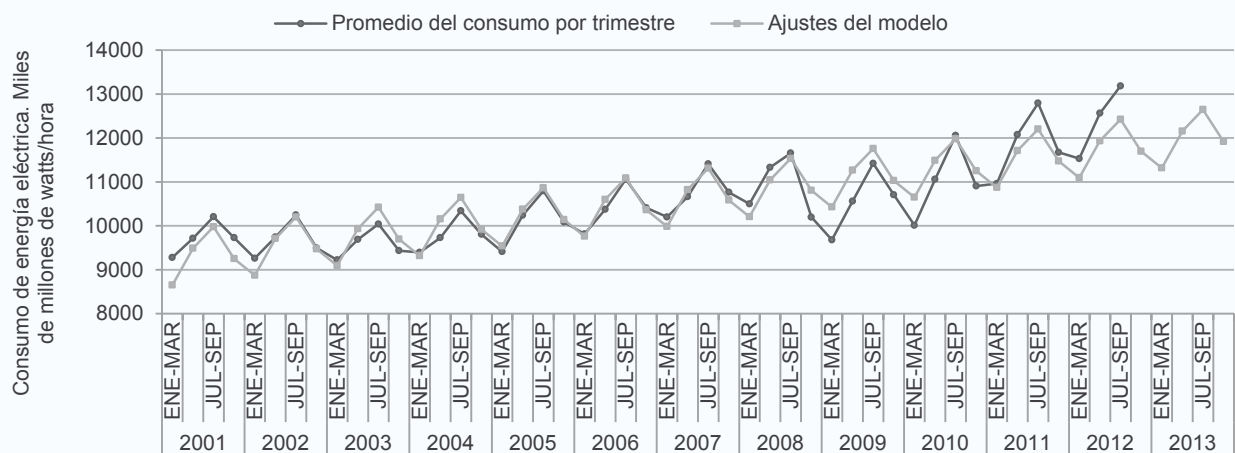
La limitación que se presentó en el desarrollo de los modelos es una falta de datos del consumo de energía eléctrica en los sectores: agrícola, comercial y de servicios; por lo que se tuvo que tomar únicamente la suma de los datos de la doméstica e industrial como el total de consumo.

Otra limitante fue identificar cómo otras variables, como los ciclos económicos, afectan a la producción y consumo de hidroeléctrica para agregarlas al modelo.

Gráfica 2. Producción promedio trimestral vs ajustes generados por el modelo de índice estacional



Gráfica 3. Consumo promedio trimestral vs ajustes generados mediante el modelo de regresión trigonométrica



Referencias

- [1] Posso, F. "Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: sistema energético basado en energías alternativas". *GEOENSEÑANZA*. Vol. 7, pp. 54-73. 2002.
- [2] "SEMARNAT", [En línea]. Available: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/gro/estudios/2004/12GE2004E0020.pdf>. [Último acceso: septiembre 2012].
- [3] Comisión Federal de Electricidad. (CFE), [En línea]. Available: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Estadisticas/Paginas/Clientes.aspx. [Último acceso: 01 octubre 2012].
- [4] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. «<http://www.inegi.org.mx/>» 01 octubre 2012. [En línea]. Available: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>.
- [5] Pinguelli, L. "Hydroelectric, thermal and nuclear generation". *ESTUDOS AVANÇADOS* 21, p. 59. 2007.
- [6] Energy Resources de México S.A. de C.V., "Guía Sector Eléctrico Modalidad Particular - Central hidroeléctrica Palos Altos". 2009.
- [7] Comisión Nacional del Agua. *Atlas del agua en México 2011*. 2011.

Datos de los autores:

Jesús Alberto Loredó González

Email: jesus.loredogn@outlook.com

Virginia Mendoza Ramírez

Email: vc.ky@hotmail.com

Karla María Salgado Banda

Email: ksbanda@hotmail.com

Perla Segovia Salazar

Email: perla_a08@hotmail.com

Laura Nohemí Vargas de la Rosa

Email: nohemi_vr@hotmail.com

Roberto Abraham Zamudio Morán

Email: zamudio.moran@hotmail.com

Maestro Asesor:

M. C. Ubaldo Martínez, Profesor de Estadística Aplicada (Academia de Actuaría).