

ESTUDIO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DEL CAYO DE VILLA CLARA Y SU PRONÓSTICO DIARIO A LARGO PLAZO 2019-2020. CUBA

Por M. Sc. Ricardo Oses Rodríguez*, M. Sc. Humberto Machado Fernández**, Ing. Alfredo A. González Meneses*** y Dr. C. Rigoberto Fimia Duarte****

*Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara.

E-mail: ricardo.oses@vcl.insmet.cu

**Empresa Eléctrica Provincial Villa Clara.

E-mail: humbertom@elecvccl.une.cu

***Empresa Constructora de la Industria Eléctrica Villa Clara (ECIE).

****Facultad de Tecnología de la Salud Julio Trigo López, Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara, Cuba.

E-mail: rigobertoofd@infomed.sld.cu

Resumen

En este trabajo se modeló el consumo eléctrico mensual de un cayo de la provincia Villa Clara, Cuba. Se utilizó una base de datos desde el primero de enero de 2018 hasta 25 de mayo de 2019, un total de 12 750 casos. Se utilizó la metodología de regresión Objetiva Regresiva ROR. Se obtuvieron tres modelos uno a corto plazo de un día, otro con un año de antelación y otro combinando el valor predicho a largo plazo como predictor para el corto plazo con un año de antelación. Como conclusiones podemos decir que el mejor modelo es el combinado, el impacto del consumo cuando es igual a cero, se presenta con una caída de 13,71 MWh, que representa 67,55 % del valor máximo del consumo que es de 20,3 MWh y 10 % por encima del valor medio de 12,42 MWh. En general, el pronóstico utilizando el valor pronosticado a largo plazo para obtener el pronóstico a corto plazo da mejores resultados del comportamiento del consumo de electricidad del cayo. La tendencia de los modelos es cero, lo que plantea una estabilidad en el consumo y un buen manejo del mismo.

Palabras clave: Consumo eléctrico, Cayo, Villa Clara, Cuba, modelación, pronóstico.

STUDY OF THE ELECTRICITY CONSUMPTION OF THE VILLA CLARA CAY AND ITS LONG-TERM DAILY FORECAST 2019-2020. CUBA

Abstract

This work modeled the monthly electricity consumption of a key in the Villa Clara province, Cuba. A database was used from January 1, 2018 to May 25, 2019, a total of 12,750 cases. The ROR Regressive Objective regression methodology was used. Three models were obtained one short-term one day, another one year in advance and another combining the predicted long-term value as a predictor for the short term with one year in advance. As conclusions we can say that the best model is the combined one, the impact of consumption when it is equal to zero, is presented with a drop of 13.71 MWh, which represents 67.55% of the maximum value of consumption that is 20.3 MWh and 10% above the average value of 12.42 MWh. In general, the forecast using the predicted long-term value to obtain the short-term forecast gives better results of the behavior of the electricity consumption of the key. The tendency of the models is zero, which poses stability in consumption and a good handling of it.

Keywords: Electricity consumption, Cayo, Villa Clara, Cuba, modeling, forecast.

Introducción

Los problemas energéticos tienen cada vez más importancia en el mundo, fundamentado por el desarrollo acelerado de algunos países, lo que ha propiciado una competencia intensa por el control de las reservas de petróleo. Otros factores a considerar son el acceso a la energía, la volatilidad de los precios, los impactos negativos en el medioambiente donde la emisión de gases efecto invernadero se considera la principal causa de la elevación de la temperatura de la tierra y los océanos [Sawaengsak, *et al.*, 2014]. El cambio climático es un tema tratado a escala global a partir de la Cumbre de la Tierra en 1992 y en el año 2015 mediante la aprobación de la Agenda de Desarrollo Sostenible denominada Agenda 2030, en la que uno de sus objetivos es el compromiso de garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos [ONU, 2015]; ello incluye el incremento del uso de las fuentes renovables de energía y la mejora de la eficiencia energética.

Una de las vías más importantes para mitigar el cambio climático es remover los obstáculos que impiden que se realicen mejoras en la eficiencia energética tanto en la industria, los servicios, los hogares y la sociedad, donde se hace necesario un cambio en la forma de su gestión [Sawaengsak, *et al.*, 2014]. La sociedad moderna está sustentada en la dependencia de los combustibles fósiles, representado por el consumo básico de una persona, los usos productivos y las necesidades de la sociedad, por lo que el sector energético demanda el uso de energía limpia, con la adopción de tecnologías basadas en las fuentes de energía renovables (FRE), lo cual requiere innovación que aumente el desempeño y disminuya costos [Bayer, Dolan & Urpelainen, 2013].

Otra arista en los temas energéticos lo constituye la gestión energética [GE] que es parte del sistema de gestión de una organización dedicado a desarrollar e implementar su política energética. La GE o administración de la energía es un subsistema de la gestión empresarial que abarca las actividades de administración y aseguramiento que le confieren a la organización la aptitud para satisfacer de forma eficiente sus necesidades energéticas [Borroto, 2006]. En el año 2011 la Organización Internacional de Normalización [ISO] aprueba la norma ISO 50001: 2011 Sistema de Gestión de la Energía. Requerimientos para su uso, la cual tuvo por antecedentes las normas técnicas desarrolladas en el periodo 2001 hasta el 2009 en Dinamarca, Suecia, Estados Unidos, Irlanda, España y la Unión Europea [Correa Soto, Borroto Nordelo, Alpha Bah, González Álvarez, Curbelo Martínez & Díaz Rodríguez, 2014]. Por este motivo para muchas organizaciones la GE se ha convertido en una prioridad para reducir los costos de energía, se ajustan a los requisitos reglamentarios y a la mejora su imagen corporativa [Jovanović & Filipović, 2016].

La GE no es solo exclusiva de las organizaciones industriales y de servicios, sino que abarca a toda la sociedad. Reconoce a las zonas urbanas como consumidores significativos de energía y grandes emisores de CO₂ al medioambiente; por lo que GE es una necesidad a escala urbana o municipal [Elnakat & Gómez, 2015], y que los gobiernos locales lo integren a su gestión pública. La importancia de esta integración es que los gobiernos locales fomenten la

eficiencia energética y el uso de la energía limpia, debido a su influencia sobre la sociedad, y la promoción de políticas y programas para el uso de la energía [Erario, 2010].

Las primeras acciones relacionadas en la gestión energética local [GEL] datan de finales de los años 80 del siglo xx en Suecia, a partir del desarrollo de un modelo para la planificación energética en los municipios, con una importante contribución a la mejora de la gestión de los gobiernos locales en cuanto al comportamiento de sus finanzas y la reducción de los impactos sobre el medio ambiente de la localidad [Wene & Rydén, 1988]. En la actualidad la gestión energética municipal incluye el uso de herramientas apoyadas en software, la planificación a corto, mediano y largo plazo mediante la modelación y estudios de escenarios y la socialización [Lin & Huang, 2010]. En el tiempo transcurrido desde las primeras experiencias en Suecia se han desarrollado numerosos modelos, metodologías, estrategias e indicadores para la gestión energética local, algunas de las cuales se relacionan a continuación:

- Modelo de optimización energético regional y municipal [DEECO], aplicado en la ciudad Würzburg Heildingsfeld, Alemania [Bruckner, Groscurth & Kümmel, 1997].
- Modelo de optimización del sistema energético [MODEST] y el Modelo de programación mixed integer lineal para el análisis del sistema energético, aplicado en la ciudad de Linköping, Suecia [Sundberg & Karlsson, 2000; Rolfsman, 2004].
- Modelo de gestión de la energía para la ciudad de Lucknow en Suecia [Zia & Deyadas, 2007].
- Método de planificación energética municipal, aplicado en trece municipios de la provincia de Östergötland, Suecia [Inver, 2009].
- Modelo para la gestión energética municipal desarrollado por la Alianza Ártica en Canadá [St. Denis & Parker, 2009].
- Modelo para el desarrollo de un sistema de planificación energética municipal, aplicado en la Región Toronto-Niágara Waterloo, Canadá y Hohhot, China [Lin *et al.*, 2010].
- Metodología para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad energética para la planificación energética local, aplicada en municipios de Portugal y en Boston, Estados Unidos de América [Neves & Leal, 2010].
- Estrategia de planificación energética municipal, aplicada en todos los municipios de Dinamarca [Sperling, Hvelplund & Vad Mathiese, 2011].
- Método para la planificación del sistema energético municipal, aplicado en Beijing, China. [Zhu, Huang, Li, He & Zhang, 2011].
- Metodología para la planificación energética municipal aplicada en 12 municipios en Italia. [Brandoni & Polonara, 2012].
- Método para la planificación energética de la comunidad, aplicado en Shanghai, China [Huang, Yu, Peng & Zhao, 2015].

Estas experiencias sobre la gestión energética local se basan fundamentalmente en la planificación energética,

Tabla 3. Coeficientes del modelo a corto plazo

Coeficientes^{a,b}

	Modelo B	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		Error típ.	Beta			
1	DS	1,055	,046	,059	22,935	,000
	DI	1,061	,046	,059	23,086	,000
	NoC	1,586E-5	,000	,009	6,420	,000
	Lag25Consumo	,907	,004	,907	243,710	,000
	StepCero	-13,713	,980	-,010	-13,997	,000

a. Variable dependiente: Cayo

b. Regresión lineal a través del origen

Modelo a largo plazo, un año de antelación

En la Tabla 4 se aprecia que todos los parámetros son significativos, el consumo depende de un año atrás y un día (Lag915oConsumo), y la tendencia a largo plazo (Tend) es a la estabilidad del consumo, o sea a ser cero.

Modelo a corto plazo con un año de antelación

En la Tabla 5 se aprecia que todos los parámetros son no significativos, excepto el parámetro Lag25Consumo P2, que significa el consumo un día atrás utilizando el valor a largo plazo P2, o sea, el valor pronosticado a largo plazo con un año de antelación, la tendencia[Tend] es casi cero.

A continuación, los gráficos (Figs. 2-4) con sus pronósticos. Pronóstico diario corto plazo. Trans_1 es el valor del consumo. En verde el valor pronosticado.

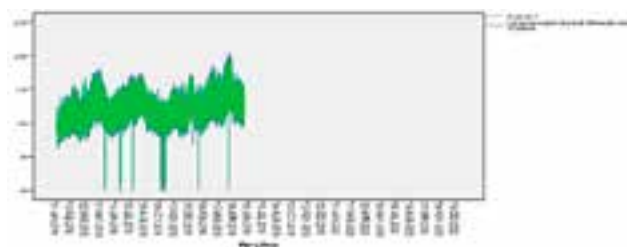


Fig. 2. Valor real y pronóstico del Consumo eléctrico del Cayo.

Tabla 4. Coeficientes del modelo con un año de antelación

Coeficientes^{a,b}

	Modelo B	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		Error típ.	Beta			
1	DS	7,911	,265	,407	29,834	,000
	DI	7,914	,265	,407	29,843	,000
	Tend	,000	,000	-,302	-14,206	,000
	Lag915oConsumo	,830	,011	,724	73,398	,000

a. Variable dependiente: Cayo

b. Regresión lineal a través del origen

Tabla 5. Coeficientes del modelo combinado con un año de antelación

Coeficientes^{a,b}

	Modelo B	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		Error típ.	Beta			
1	DS	-,020	,288	-,001	-,069	,945
	DI	,017	,287	,001	,059	,953
	Tend	-1,528E-5	,000	-,012	-,617	,537
	Lag25ConsumoP2	1,012	,014	1,006	74,785	,000

a. Variable dependiente: Cayo

b. Regresión lineal a través del origen

Pronóstico diario para el siguiente año.



Fig. 3. Valor real y pronóstico del Consumo eléctrico del cayo con dos años de antelación.

Pronóstico combinado diario a corto plazo con 1 año de antelación.

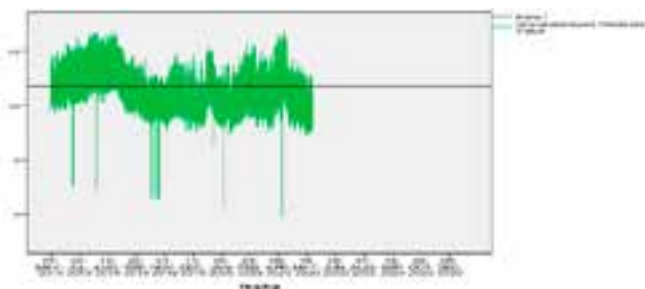


Fig. 4. Valor real y pronóstico del Consumo eléctrico del cayo con un año de antelación.

Conclusiones

La tendencia del consumo es cero, por lo que es estable y altamente significativa. El impacto del consumo cuando es igual a cero, representa una caída de 13,71 MWh, 67,55 % del valor máximo del consumo que es de 20,3 MWh y 10 % por encima del valor medio de 12,42 MWh. En general el pronóstico con variables climáticas debe dar mejores resultados para modelar el comportamiento del consumo del cayo, pero no fue desarrollado por no contar con estas variables climáticas en el momento de la investigación, lo que hace que se recomiende en un futuro contar con estos parámetros para obtener un mejor pronóstico del consumo.

Bibliografía

- BAYER, P.; L. DOLAN, J. URPELAINEN (2013). «Global patterns of renewable energy innovation, 1990–2009». *Energy for Sustainable Development*, 17[3], 288-295. Recuperado de <http://eprints.gla.ac.uk/115906/>
- BOFFILL VEGA, S.; C. M. CALCINES DÍAZ Y A. SÁNCHEZ CID (2009). «Modelo General para contribuir al desarrollo local, basado en el Conocimiento y la Innovación en Cuba». *Ingeniería Industrial*, 30[2].
- BORROTO NORDELO, A. (2006). *Gestión y economía energética*. Cienfuegos: Universo Sur.
- BRANDONI, C., Y F. POLONARA (2012). «The role of municipal energy planning in the regional energy-planning process». *Energy*, 48[1], 323-338. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/257176557_The_role_of_municipal_energy_planning_in_the_regional_energy-planning_process

- BRUCKNER, T.; H. M. GROSCURTH Y R. KÜMMEL (1997). «Competition and technologies synergy in municipal between energy systems». *Energy*, 22[10], 1005-1014. Recuperado de http://www.iet.tu-berlin.de/deeco/downloads/bruckner_etal_1997.pdf
- CABELLO ERAS, J. ET AL. (2014). «Comparative study of the urban quality of life in Cuban first-level cities from an objective dimension». *Environment, Development and Sustainability*, 16[1], 196-215. Recuperado de <http://link.springer.com/article/10.1007/s10668-013-9470-0>
- CARLO DEL PORTO BLANCO (2019). «Big data». En periódico *Granma*, miércoles 13 de febrero de 2019.
- CASTRO PERDOMO, N. A.; E. GONZÁLEZ SUÁREZ Y F. GUZMÁN MARTÍNEZ (2014). «Transferencia tecnológica, la integración ciencia, innovación tecnológica y medioambiente en la empresa». *Revista Ingeniería Industrial*, 35[3], 277-288. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3604/360433598004.pdf>
- CORREA SOTO, J.; A. BORROTO NORDELO, M. ALPHA BAH, R. GONZÁLEZ ÁLVAREZ, M. CURBELO MARTÍNEZ Y A.M. DÍAZ RODRÍGUEZ (2014). «Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011». En *Ingeniería Energética*, 35[1], 38-47.
- CORREA SOTO, JENNY; SARAHÍ GONZÁLEZ PÉREZ Y ÁNGEL HERNÁNDEZ ALONSO (2017). «La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba/Local energy management: element of the sustainable development in Cuba». En *revista Universidad y Sociedad, versión On-line* ISSN 2218-3620. Universidad y Sociedad vol.9 no.2, Cienfuegos abr.-jun. 2017.
- ELNAKAT, A Y J. D. GÓMEZ (2015). «Energy engenderment: an industrialized perspective assessing the importance of engaging women in residential energy consumption management». *Energy Policy*, 82 [1], 166-177. Recuperado de <https://utsa.influent.utsystem.edu/en/publications/energy-engenderment-an-industrialized-perspective-assessing-the-i>
- ERARIO, S. (2010). «The Maine energy handbook. A Resource for Municipalities on Energy Efficiency and Sustainable Energy». Recuperado de <http://www.walddoboromaine.org/docs/MaineEnergyHandbook.pdf>
- FIMIA DUARTE, RIGOBERTO; RICARDO OSÉS RODRÍGUEZ, JOSÉ IANNAONE, ANAI CARMENATE RAMÍREZ, LORENZO DIÉGUEZ FERNÁNDEZ, RAMÓN GONZÁLEZ GONZÁLEZ, LOMBERTO GÓMEZ CAMACHO Y OMELIO CEPERO RODRÍGUEZ (2017). «Modelación y predicción hasta el año 2020 para la angiostrongilosis total utilizando la regresión objetiva regresiva. Villa Clara, Cuba». *The Biologist* [Lima], 2017, vol. 15, jan-jun, Suplemento Especial 1, pp. 16.
- HERNÁNDEZ GALLARDO, S. Y W. PÉREZ-GARCÍA (2013). «Herramienta para el diagnóstico de la gestión en gobiernos locales cubanos». En *Ingeniería Industrial*, 34[3], 239-251. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/3604/360433595002/>
- HUANG, Z.; H. YU, Z. PENG Y M. ZHAO (2015). «Methods and tools for community energy planning: A review». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42 [2], 1335–1348. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/270395432_Methods_and_tools_for_community_energy_planning_A_review
- INVER, J. [2009]. «Municipal Energy Planning—Scope and Method Development». Dissertation No.1234. Department of Management and Engineering, Division for Environmental Technology and Management, Linköping Studies in Science and Technology. *Linköping*: LiU-tryck.

- JOVANOVIĆ, B Y J. FILIPOVIĆ (2016). «ISO 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry». *Journal of Cleaner Production*, 112 [1], 2744-2755.
- LIN, G., Y G. H. HUANG (2010). «An inexact two-stage stochastic energy systems planning model for managing greenhouse gas emission at a municipal level». *Energy*, 35 [5], 2270-2280. Recuperado de <https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v35y2010i5p2270-2280.html>
- LÓPEZ, J., Y P. FUNDORA (2011). «Energía, medioambiente y sociedad: Una experiencia interdisciplinaria en la montaña». *Universidad y Sociedad*, 3[3], 1-7. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- MONTEAGUDO YANES, J. ET AL. (2013). «Sistema de gestión energética municipal. Caso Cienfuegos. Nueva empresa». *Revista Cubana de Gestión empresarial*, 9 [3], 46 -55.
- NEVES, A., Y V. LEAL (2010). «Energy sustainability indicators for local energy planning: Review of current practices and derivation of a new framework». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14 [9], 2723–2735. Recuperado de <http://econpapers.repec.org/RePEc:eee:rensus:v:14:y:2010:i:9:p:2723-2735>.
- ONU [2015]. «Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible». Recuperado de http://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/2030_agenda_es.pdf
- OSÉS RODRÍGUEZ, RICARDO; H. MACHADO FERNÁNDEZ (2008). «Algunas consideraciones sobre el consumo de energía eléctrica en la provincia de Villa Clara». Reporte técnico, Centro Meteorológico Provincial Villa Clara [inédito].
- OSÉS RODRÍGUEZ, RICARDO (2014). «Modelación Matemática ROR aplicada al pronóstico del total de terremotos a nivel global-Mathematical Modeling [ROR] applied to the forecast of earthquakes in the global level». *Revista Electrónica de Veterinaria* 01/2014; volumen 15[No 08B].
- OSÉS RODRÍGUEZ, RICARDO ET AL. (2017). The ROR´s Methodology and it´s possibility to find information in a White Noise. *International Journal of Current Research* Vol. 9, Issue, 03, pp.47378-47382, March, 2017[b]. Available online at <http://www.journalcra.com>.
- OSÉS RODRÍGUEZ, RICARDO; RIGOBERTO FIMIA DUARTE, JAIME WILFRIDO ALDAZ CÁRDENAS, JOSÉ IANNAONE OLIVER, YANIRA ZAITA FERRER, CLAUDIA OSÉS LLANES Y MAYRA E. CABRERA SUÁREZ (2017). «Modelación matemática del cólera por medio de la regresión objetiva regresiva y su relación con las variables climáticas». Caibarién, Villa Clara, Cuba. *The Biologist*, Lima, 2017, vol. 15, jan-jun, Suplemento Especial 1, pp. 128.
- OSÉS RODRÍGUEZ, RICARDO; HUMBERTO MACHADO FERNÁNDEZ, ALFREDO A. GONZÁLEZ MENESES Y RIGOBERTO FIMIA DUARTE (2019). «Estudio del Consumo Eléctrico Provincial de Villa Clara y su pronóstico 2019-2023». En revista *Eco Solar* 65, La Habana: Ed. Cubasolar.
- PEÑA GARCÍA, E. (2009). «Estrategia para el desarrollo e implementación de un Sistema de Monitoreo y Control Energético para el gobierno provincial de Cienfuegos». [Tesis de Maestría en Eficiencia Energética]. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- PUIG MENESES, Y L. MARTÍNEZ HERNÁNDEZ (2014). «Tomando el pulso de la economía cubana». Periódico *Granma*, 50[147]. Recuperado de <http://www.granma.cu/cuba/2014-06-22/tomando-el-pulso-de-la-economia-cubana>
- REPÚBLICA DE CUBA. OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMACIÓN (2016). *Anuario Estadístico de Cuba 2015*. Capítulo 10: Minería y Energía. La Habana: ONEI.
- REPÚBLICA DE CUBA. PARTIDO COMUNISTA DE CUBA (2011). «Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución». La Habana: PCC.
- ROJAS, R. (2014). «Energía en Cuba: iniciativa local y gestión no estatal para fuentes renovables». Progreso Semanal. Recuperado de <http://progresosemanal.us/20140728/fuentes-renovables-de-energia/>
- ROLFSMAN, B. (2004). «Optimal supply and demand investments in municipal energy systems». *Energy Conversion and Management*, 45 [4], 595–611. Recuperado de <http://documents.lide.com/documents/0402181-optimal-supply-and-demand-investments-in-municipal-energy-systems.html>
- SÁNCHEZ ÁLVAREZ, MARÍA DE LOURDES, RICARDO OSÉS RODRÍGUEZ, RIGOBERTO FIMIA DUARTE, BÁRBARA CECILIA GASCÓN RODRÍGUEZ, JOSÉ IANNAONE, YANIRA ZAITA FERRER, CLAUDIA OSÉS LLANES Y IOSBEL BURGOS ALEMÁN (2017). «La regresión objetiva regresiva más allá de un ruido blanco para los virus que circulan en la provincia Villa Clara, Cuba». *The Biologist* Lima, 2017, vol. 15, jan-jun, Suplemento Especial 1, pp. 127.
- SPEERLING, K.; F. HVELPLUND Y B. VAD MATHIESEN (2011). «Centralization and decentralization in strategic municipal energy planning in Denmark». *Energy Policy*, 39[3], 1338–1351. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03014215/39/3>
- ST. DENIS, G., Y P. PARKER (2009). «Community energy planning in Canada: The role of renewable energy». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13[8], 2088–2095. Recuperado de <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13549839.2012.716406?src=recsys&journalCode=cloe20>
- SUNDBERG, G. Y B. KARLSSON (2000). «Interaction effects in optimizing a municipal energy system». *Energy*, 25[9], 877–891. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03605442/25/9>
- WENE, C. Y B. RYDÉN (1988). «A comprehensive energy model in the municipal energy planning process». *European Journal of Operational Research*, 33[2], 212-222. Recuperado de <http://itsy.co.uk/archive/sisn/Pos/purple/enrgmodl.pdf>.
- ZHU, Y.; G. HUANG, Y. LI, L. HE Y X. ZHANG (2011). «An interval full-infinite mixed-integer programming method for planning». *Applied Energy*, 88[8]. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03062619/88/8>
- ZIA, H., Y V. DEYADAS (2007). «Energy management in Lucknow city». *Energy Policy*, 35[10], 4847-4868. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421507001589>.