

Modelo Dinámico para el Estudio de la Situación Energética en la Ciudad de Santa Fe

Rosana M. Portillo, Ing., Ana R. Tymoschuk, PhD
Facultad Regional Santa Fe Universidad Tecnológica Nacional
rportill@frsf.utn.edu.ar, anrotym@santafe-conicet.gov.ar

-- versión final 2012--

Resumen - En este trabajo se plantearon las primeras etapas en la simulación de un modelo dinámico para el estudio de la situación energética de la ciudad de Santa Fe. El modelo presentado en su etapa conceptual se completará con la recolección de información de las variables involucradas sobre los consumos y disponibilidades de energía del sistema en estudio y necesarias para resolver el modelo estructural de los diagramas stock-flujo o Forrester y las ecuaciones diferenciales con la simulación a los fines de observar comportamientos en distintos escenarios y su evolución en el tiempo.

Palabras claves – ciudad de Santa Fe, modelo dinámico, simulación, situación energética, eficiencia.

Abstract – This work presents the early stages of dynamic simulation model to study Santa Fe City energetic situation. The present conceptual model will be completed with information about variables of energy consumption and availability of Santa Fe city. It is necessary to include this information in structural model solution of Forrester diagrams and differential equations, in order to solve with simulation and to observe behavior in different scenarios and time evolution.

Key words – Santa Fe city, dynamic model, simulation, energetic situation, efficiency.

1. INTRODUCCIÓN

La energía es un elemento clave para el desarrollo socio económico de los pueblos. Sin embargo la disponibilidad de sus fuentes es un problema y

uno de los grandes desafíos para el mundo en general.

El avance tecnológico, el desarrollo económico y el crecimiento de la población mundial han intensificado el uso de la energía con efectos sobre el medio ambiente, principalmente el calentamiento global. Las fuentes de energías no renovables son el principal suministro de consumo, con un agotamiento en un futuro próximo, mientras que las fuentes de energías renovables se implementan gradualmente, sin llegar a remplazar a las anteriores, principalmente por su precio competitivo. Es necesario entonces implementar políticas y planificaciones energéticas considerando las fuentes tradicionales de energías no renovables y las renovables, con el objetivo de un desarrollo sustentable.

En esa dirección los modelos juegan un rol de importancia para comprender los comportamientos de los sistemas y ayudar a la toma de decisiones. Al respecto, se dispone de abundante literatura con variedad de modelos para resolver los problemas de políticas energéticas [1] en el contexto de los países desarrollados. Sin embargo, a pesar de los elementos comunes según sistemas en distintos países, se deben considerar las de cada sistema al momento de plantear modelos.

1.1 Situación en Argentina

En Argentina, el suministro energético no escapa a la realidad mundial. Es así que se han registrado consumos récords de gas natural en los últimos cinco años por una demanda creciente, con necesidad de importar este insumo en mayores cantidades. Según una visión sistémica del problema se observa que no existen políticas efectivas de ahorro de energía y si bien la

inversión en capacidad de generación ha aumentado, el sistema aún sigue en déficit, agravado por una oferta de gas natural nacional estática y una creciente necesidad de importar combustibles para generar energía, con el aumento de costos. Si bien se están reduciendo los subsidios de energía, aún siguen siendo altos los montos otorgados por el estado a todos los sectores.

Según el informe de [2], la producción de energía por distintas fuentes en Argentina se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Producción de energía en el período junio 2011 – junio 2012 en Argentina

Sector	Producción mes junio 2012 respecto a junio 2011	Producción mes junio 2012 respecto a junio 2010
Hidrocarburos	3.52%	-13.46%
Gas natural	-6.36%	
Energía eléctrica	4.13%	
Biocombustibles	6.6% (biodiesel) 6.2% (bioetanol)	

En el informe se concluye que la variación interanual de la producción acumulada (año móvil acumulado julio 2011 a junio 2012/ año móvil acumulado julio 2010 a junio 2011) es de -0.62% en hidrocarburos y de -1.96% en gas natural. Y la producción media respecto al mes anterior (mayo) es de -4.5% en hidrocarburos.

En cuanto a la demanda de gas oil, debe señalarse que desde hace un semestre no se superan las ventas respecto a igual período del año anterior, -4,69%. La tasa de variación interanual fue del -0,2%.

Respecto a gas natural se observa que la industria ha sufrido fuertes restricciones en el abastecimiento de los requerimientos de consumo. Particularmente, se ha limitado al máximo la disponibilidad de gas interrumpible. Para compensar el menor gas disponible, las empresas han celebrado contratos de asistencia invernal (peaking) y gas plus, elevándose los costos medios de abastecimiento. Al inconveniente anterior, la industria también ha recurrido a la sustitución de combustible, gas natural por fuel oil.

La mayor generación de energía eléctrica lograda en junio de 2012 provino de centrales hidroeléctricas, consecuencia de factores climáticos. Sin embargo la generación térmica ocupa el primer escalón como fuente de abastecimiento de los requerimientos eléctricos como se aprecia en la figura 1. La demanda de energía eléctrica en Argentina se mantiene estable desde el 2011.

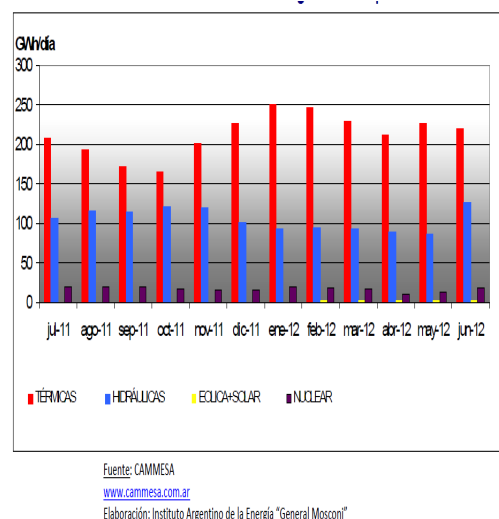


Figura 1. Datos de la generación de energía eléctrica período junio 2011-junio 2012

Respecto a las políticas energéticas, en [3] se señala que Argentina transfiere en la década de 1990 las decisiones sobre recursos e infraestructura al sector privado, dando libre disponibilidad de los recursos energéticos y dejando en manos del mercado la asignación de recursos y diversificación de la matriz energética. Se implementaron marcos regulatorios basados en control de resultados, que mostraron debilidad al momento de garantizar inversiones en el sector. Las consecuencias de estas políticas se han manifestado en forma gradual, con la caída de reservas de combustibles fósiles no renovables – gas natural y petróleo-, por falta de inversiones en exploración y desarrollo de yacimientos, el agotamiento de las reservas de generación eléctrica al momento de recuperación de la demanda y la falta de inversiones en transporte de Gas Natural y electricidad. En el año 1998 se produce la última decisión de inversión en generación de electricidad y hasta el 2007 no volvieron a ingresar usinas de gran tamaño.

Actualmente ENARSA, la empresa ENERGIA ARGENTINA SOCIEDAD ANONIMA, creada en 2004 por Ley Nacional 25.943 es la entidad que explora y explota los hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos. Tiene como objetivos también generar, transportar, distribuir y comercializar energía eléctrica y realizar actividades de comercio vinculadas con bienes energéticos, ya sea por sí misma, o en sociedad con terceros o directamente por terceros en el país o de otros países.

La tendencia actual en cuanto a los bienes energéticos es la instalación de centrales con capacidades pequeñas y medias para la generación eléctrica distribuida, en distintas provincias de la Argentina. De esta forma, se implementó el Programa de Generación Distribuida en cuatro etapas, con la instalación y puesta en marcha de 68 centrales, ubicadas en 18 provincias del territorio nacional, con una potencia total de 1265,58 MW [4].

Desde 2007 se han construido, puesto en servicio y vinculado cinco nuevas centrales térmicas a turbina de gas y ciclo abierto, de potencias comprendidas entre 110 y 560 MW cada una, con capacidad de ampliación y aptas para ser convertidas a ciclo combinado, en diversos lugares del país.

Respecto a las energías renovables ENARSA participa en emprendimientos de desarrollo y utilización de fuentes renovables de energía para diversificar la matriz energética nacional. Para esto se analizan y desarrollan proyectos de generación de energías Hidráulica, Eólica e Hidrógeno, Biomasa, Solar, y Producción de Biocombustibles, entre otras.

Otra importante línea de acción es el ahorro energético, tendiendo a disminuir el consumo y cuidar el ambiente. En este sentido la Secretaría de Energía [5] ha implementado diversos programas para el uso racional de la energía, que tiene que ver con conductas de los consumidores y también se han desarrollado acciones en la eficiencia energética, que tiende a mejorar la relación consumo de energía/producción, en residencias, edificios, aparatos electrodomésticos y de producción, entre otros.

En la provincia de Santa Fe, la región sur muestra un gran desarrollo y acceso a fuentes modernas de energía y una zona norte con dificultades de

acceso energético. Por su ubicación geográfica dentro de la región litoral, por la importancia de su actividad económica en el contexto nacional y por su condición demográfica, constituye un subsistema energético bien definido, altamente desarrollado, fuertemente interrelacionado con el resto del Sistema Energético Nacional a través de grandes obras de infraestructura –gasoductos troncales; gasoductos interprovinciales; líneas eléctricas de muy alta tensión (500 kV); gran cantidad de líneas de tensiones menores 132 kV, entre otras. Santa Fe es una provincia importadora neta de energía producida en otras jurisdicciones.

El problema del suministro energético consiste en lograr por parte de los prestadores y los gobiernos un adecuado funcionamiento del suministro de la energía convencional que representa un porcentaje siempre superior al 95% del total del consumo.

En [6] se destaca que Santa Fe es un subsistema energético fuertemente interconectado con el Sistema Energético Argentino, con recursos energéticos no convencionales que no superan el 5% del consumo total.

El gas natural representa el 46,3% del consumo energético provincial. La producción se realiza en yacimientos externos a la provincia y la importación proviene de Bolivia. La provisión a Santa Fe se realiza a través de la Red Troncal de Gasoductos, de Jurisdicción Nacional. La distribución la realiza la Distribuidora Litoral Gas y la regulación es nacional a por el ENARGAS.

La energía eléctrica de la provincia es generada en el Sistema Nacional de jurisdicción y Regulación nacional a través del ENRE) y la distribución se hace por el Organismo Nacional Encargado del Despacho (CAMMESA). La Distribución y sub-transmisión eléctrica dentro de la provincia es realizada por organismos provinciales (EPE y Cooperativas eléctricas de jurisdicción y regulación provincial.

Es fundamental interpretar cómo es la actual situación en materia de abastecimiento, y sobre todo, la existencia o no de posibles restricciones en los suministros y, a partir de dichas consideraciones, inferir cómo será la probable evolución de esa situación de abastecimiento en los años por venir (mediano y largo plazo) ya que la demanda es creciente y la oferta necesariamente debe acompañar al crecimiento de la demanda.

El abastecimiento de energía eléctrica se produce desde afuera de la provincia de Santa Fe y se encuentra a nivel nacional seriamente comprometido en el corto y mediano plazo; la provincia es tomadora de la energía producida por las grandes centrales del Sistema Interconectado Nacional.

Este parque generador que se encuentra diseminado en todo el país, hoy se encuentra en situación de colapso, puesto que la demanda disponible a igualada a la oferta, dejando un pequeño margen de potencia en máquinas instaladas para el mantenimiento programado y fuera de servicio de grupos generadores (de 3% de reserva fría se redujo al 2,1%).

1.3 Distribución de consumo en Santa Fe

Según [6], el sector Residencial, Comercial y Público consume 735 miles de toneladas equivalentes de petróleo, lo que significa el 16,94% de la energía consumida en la provincia según los datos en el 2006

En la figura 2, se observa la incidencia de cada fuente de energía en el sector Residencial, Comercial y Público, siendo el gas distribuido por redes aproximadamente el 57 % del total del Consumo. La electricidad ocupa el segundo lugar con un 31,36% del consumo, y el gas licuado en tercer lugar con el 10,22%.

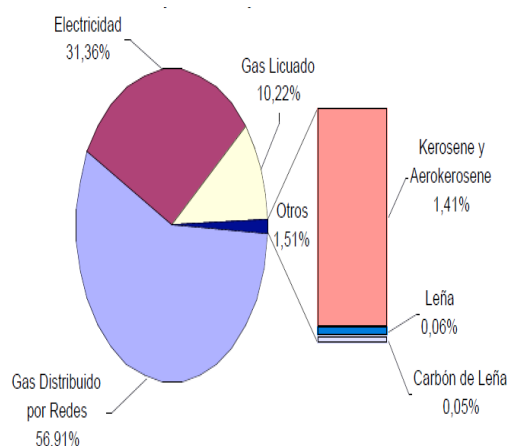


Figura 2. Consumo por fuentes de los sectores Residencial, Comercial y Público

El consumo del sector Residencial, Comercial y Público totaliza el 33,76% de la electricidad consumida a nivel provincial, mientras que la industria representa el 66,23% del total de electricidad consumida en Santa Fe en 2006.

1.4 Matriz energética de la ciudad de Santa Fe

En [7] se afirma que la definición de una matriz energética deriva de la suma y el análisis de las diferentes fuentes de energía que dispone una región; indica la importancia que tiene cada una de éstas, de dónde provienen y el modo en que se utilizan. Estas fuentes se suelen separar en energías primarias y secundarias.

Las energías primarias son aquellas que provienen directamente de la naturaleza: no deben atravesar ningún proceso de transformación; por ejemplo: la energía hidráulica, el petróleo crudo, el gas natural, el carbón mineral, la leña y los residuos vegetales y animales.

Las energías secundarias son aquellas provenientes de diferentes centros de transformación, como la energía eléctrica de las centrales de generación o el diesel de las refinerías de combustibles.

Para la confección de la matriz energética de la ciudad de Santa Fe se recopiló información relativa al año 2009 del consumo de electricidad, combustible, gas envasado y gas repartido por red.

Las siguientes figuras 3, 4, 5, 6 y 7 desarrolladas en [5] detallan el consumo de energía secundaria expresada en Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP)

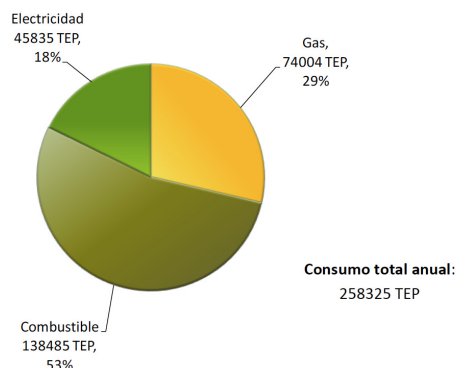


Figura 3. Consumo anual de Energía Secundaria en la ciudad de Santa Fe, en TEP (2009)

Según la figura 3, se ha estimado un consumo total anual de energía secundaria en la ciudad de Santa Fe de 25825 TEP. Siendo el combustible el que tiene mayor consumo (53%) seguido por el gas (29%) y la electricidad (18%).

En la figura 4, se grafica el consumo anual por sector en TEP y se observa que el sector de transporte automotor de venta al público, esto es sector de particulares o residencial y comercial de pequeña escala, tienen el mayor consumo, el 71%.

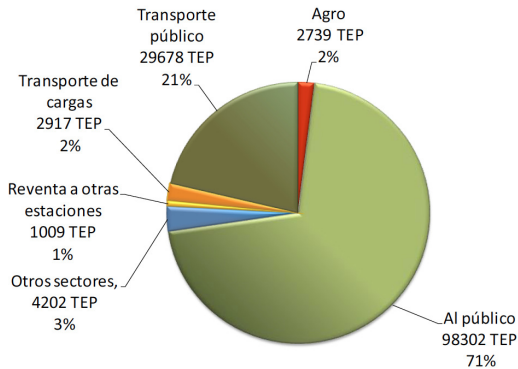


Figura 4. Consumo anual de Combustibles por sector en TEP (2009).

En la figura 5 se muestra el consumo anual de energía eléctrica por sector en TEP. Se observa que el sector industrial, grandes clientes y comercial representan el 50% del consumo y el residencial un 42%. El resto de la energía eléctrica es consumida en mínimos porcentajes por diferentes sectores.

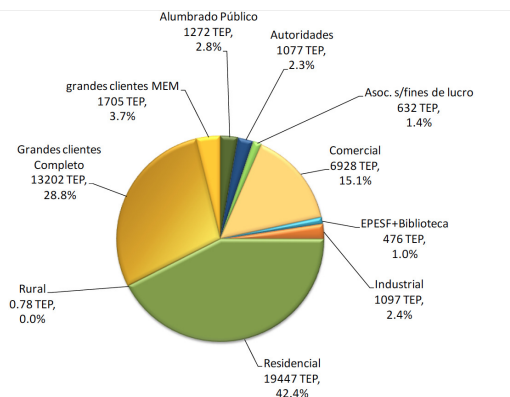


Figura 5. Consumo anual de energía eléctrica por sector en TEP (2009)

En la figura 6 se observa que el mayor consumo de gas natural se presenta en el sector residencial

(58%) seguido por grandes clientes (18%), comercio e industria (16%) y envasado (8%) que corresponde al sector residencial que no está conectado a la red de distribución del gas natural.

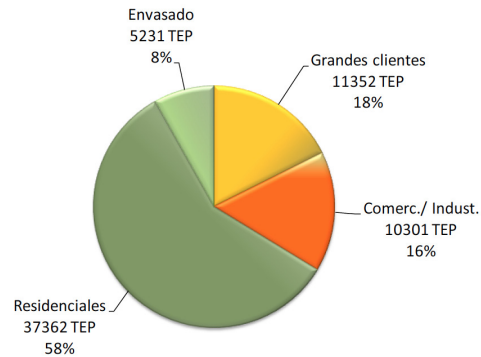


Figura 6. Consumo anual de gas por sector en TEP (2009).

En la figura 7 se detalla el consumo total anual de energía según los sectores socioeconómicos más relevantes. Siendo el sector de transporte el de mayor participación con más del 50%

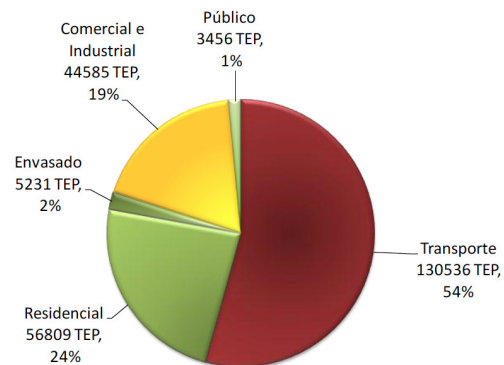


Figura 7. Participación de los distintos sectores en el consumo total anual en TEP (2009).

Los datos obtenidos mostrados en las figuras precedentes representan una fuente preliminar de información de la matriz energética de la ciudad de Santa Fe obtenida por los autores de [7], en proceso actual de clasificación de consumos con mayor detalle. Esta información será necesaria para incluir en la evolución de comportamientos de consumos y de disponibilidad de energía.

2. MODELOS DINÁMICOS PARA ESTUDIAR EL PROBLEMA ENERGÉTICO

Para establecer un equilibrio entre la disponibilidad de las fuentes de energía, los consumos y el cuidado del ambiente, se requieren de planificaciones y políticas energéticas, en las cuales se consideran los niveles de oferta y demanda de energía en el contexto macroeconómico, los precios, las diferentes fuentes energéticas y su peso relativo en relación con el balance global, además de la gestión del sector empresarial [8].

En este sentido es necesario el diagnóstico y el análisis de las tendencias temporales para identificar problemas prioritarios y además realizar una planificación en distintos escenarios. Es en este punto donde la modelización y la simulación ayudan a analizar distintos aspectos y predecir comportamientos en el tiempo.

En [9] desarrollaron un modelo de dinámica de sistemas para mostrar el patrón de comportamiento de consumo de energía eléctrica del sector residencial ante cambios en los precios. Sostienen que el suministro siempre debe cumplir con la demanda y que la capacidad de suministro de electricidad debe ser al menos igual a la demanda máxima. Por otro lado, los precios subsidiados de electricidad causan que la red eléctrica esté sobrecargada en muchas horas del día. Es decir, la disponibilidad de energía a bajo costo hace que los consumidores no se fijen en costos ni en recursos agotables.

En la Figura 8 se muestra un diagrama de los factores que influyen en la demanda de energía eléctrica a nivel de consumo familiar que permite abordar la problemática energética en una unidad pequeña, la residencial:

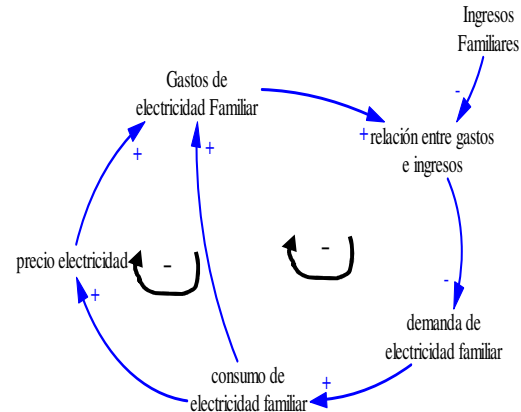


Figura 8: Diagrama causal de la demanda de energía eléctrica por una unidad básica familiar.

Según [10] gran parte del arte de la modelización dinámica de sistemas consiste en descubrir y representar los procesos de retroalimentación que, junto con las estructuras de stocks y flujos, los retrasos de tiempo o demoras y las no linealidades determinan la dinámica de un sistema. La dinámica surge de la interacción de dos tipos de bucles de retroalimentación, el positivo o de refuerzo y el negativo o de balance. Los bucles positivos tienden a reforzar o ampliar lo que está sucediendo en el sistema. Por el contrario, los bucles negativos contrarrestan y se oponen al cambio.

De acuerdo con el diagrama causal de la Figura 8, la demanda de electricidad en el sector residencial, al igual que otras energías es una función del precio y los ingresos del consumidor. Sin embargo, debido a la diversidad de los servicios y la ampliación de la red eléctrica en diferentes ciudades, se ve influenciada por otros factores como el clima y las condiciones culturales.

2.1. Modelo de la situación energética en la ciudad de Santa Fe.

Bajo el enfoque de la dinámica de sistemas, en este trabajo se analiza la problemática energética de la ciudad de Santa Fe, teniendo en cuenta las crecientes demandas de consumo de las energías tradicionales y los problemas que han surgido durante consumos picos. Se plantea en primera instancia el modelo dinámico del sistema mediante los diagramas causales. Luego se analizan las fuentes de información para obtener los parámetros de los modelos de Forrester y de las

ecuaciones diferenciales y para realizar la simulación. Luego del análisis de los patrones de comportamiento en consumo, demanda y oferta en el tiempo se evaluará el modelo incorporando otros tipos de fuentes energéticas renovables y de ahorros energéticos con algunas medidas factibles.

La modelización de sistemas dinámicos se selecciona como metodología para estudiar y representar comportamientos en el tiempo y para comprender las causas estructurales que los provocan.

El comportamiento de un sistema proviene de su estructura, y para realizar el análisis, en primer lugar se hace una generalización desde eventos específicos hasta la obtención de patrones de comportamiento que caractericen la situación. Esto requiere investigar los cambios a través del tiempo de algunas variables de interés o patrones de comportamiento que están representando.

A continuación, en Figura 9 se presenta el diagrama del modelo conceptual propuesto, utilizando [11] para su desarrollo.

En el modelo propuesto se observa la existencia de bucles. Cada uno de ellos permite describir una parte de la situación energética. Se observa un bucle de realimentación negativa entre las variables Consumo y Energía Disponible, y otro entre las variables Precio y Subsidio. Además existe otro bucle de realimentación negativa que representa la adquisición de Energía Importada, en donde se realiza una comparación entre la Energía Disponible actual y la Energía Disponible Deseada para obtener la Discrepancia. Ésta dispara una acción correctiva que actúa sobre la Energía Disponible para acercarla a la deseada y se puede prever la presencia de una demora significativa en el mismo. Otro bucle de realimentación negativa es el que relaciona las variables Consumo, Energía Disponible, Discrepancia, Energía Importada y Precio. Se observa un bucle de realimentación positiva que actualiza el estado de la variable Consumo en relación a las variables Subsidios y Precios. Y el último bucle incluye a la variable Políticas del estado en relación con Consumo, Energía Disponible, discrepancia, Energía Importada y Precios.

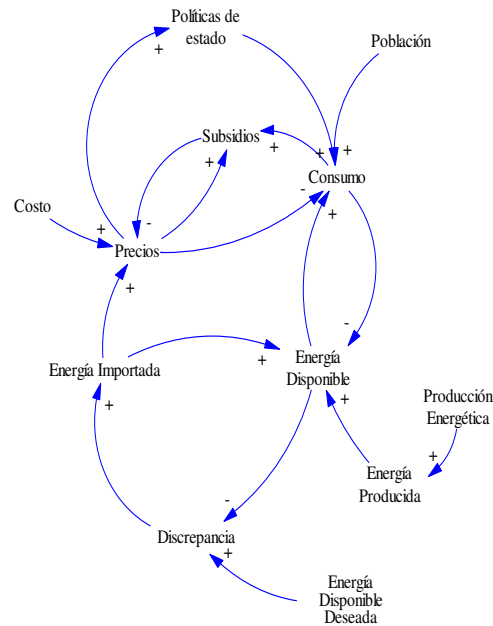


Figura 9: Diagrama causal modelo de situación energética en la ciudad de Santa Fe

Existen bucles de realimentación positiva y otros de realimentación negativa y con demoras, por lo tanto es de suponer la presencia de un patrón de comportamiento de crecimiento en forma de S con oscilación. La realimentación negativa limita el crecimiento y las demoras son responsables del rebase y la fluctuación.

Para completar el modelo y simularlo se requieren determinar los datos de entrada o parámetros a partir de las fuentes de información disponibles. Este trabajo requiere de una minuciosa búsqueda, revisión y análisis de datos que por lo general se encuentran dispersos. Hasta el momento para el modelo aplicado a la ciudad de Santa Fe se disponen de datos parciales, principalmente a partir de la matriz energética planteada por [7]. Es necesario un análisis más exhaustivo para determinar los parámetros.

2.2 Modelo propuesto incluyendo energías renovables

Las fuentes de energías renovables como las hídricas, solar, eólica, y la biomasa son alternativas para mitigar el cambio climático y reducir el consumo de hidrocarburos. Hasta el momento, la ciudad de Santa Fe tiene una matriz energética fuertemente concentrada en

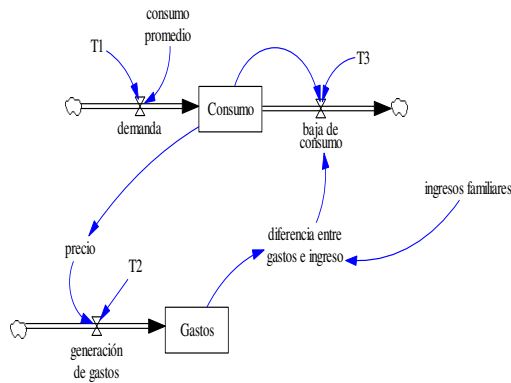


Figura 11: Diagrama estructural modelo inicial

En este diagrama estructural la variable de stock *Consumo* depende del flujo de *demanda* residencial medida según el *consumo promedio* en el tiempo *T1*. Además el *Consumo* disminuye según la diferencia que exista entre los *Ingresos Familiares* y los *Gastos* producidos por el consumo de electricidad residencial. Cuando esta diferencia sea menor, el uso racional de la energía comienza a manifestarse en la residencia y en consecuencia se disminuye el nivel del consumo. Los parámetros: consumo promedio e ingresos familiares deberán contener valores según estadísticas recolectadas. Y *T1*, *T2* y *T3* tendrán valores expresados en horas de medición.

2.3.3. Modelo Refinado: Modelo de la situación energética en la ciudad de Santa Fe

En el modelo estructural de la figura 12 las variables de estado identificadas son tres: *Consumo*, *energía disponible* y *Precio*.

Se observa que el *Consumo* resulta de la *demanda* y se verá atenuado según el *precio* que la energía alcance. La *demanda* dependerá del *consumo promedio* que realice la población residencial y que se ve influenciada por las *políticas de estado* que se generen y que actuarán además como puntos de apalancamiento en el control del consumo. El valor de *consumo promedio* se obtendrá teniendo en cuenta el número promedio de aparatos eléctricos en un hogar (iluminación, aire, heladeras, etc), la potencia de los mismos, cantidad de horas de encendido y demanda horaria.

La *Energía disponible* se incrementa por un lado a partir de la *energía producida* que se brinda a la región 3 o nodo Regional Santa Fe, energía convencional, y por otro lado a través de la

energía que se logre importar. La *energía disponible* disminuirá según el *consumo* alcanzado.

La variable de estado *Precio electricidad* se incrementa según los *costos* y *energía importada* que se deba adquirir. La baja en el Precio hasta el momento solo es influenciada por los *subsídios* otorgados.

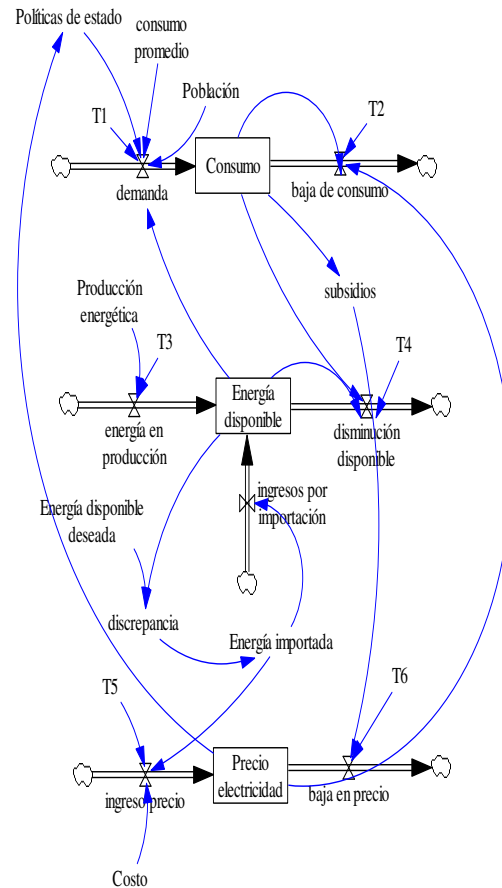


Figura 12: Diagrama estructural modelo refinado

3. CONCLUSIONES

En este trabajo se plantean modelos de sistemas dinámicos continuos de la situación energética de la ciudad de Santa Fe, como etapa preliminar para observar comportamientos en el tiempo, atendiendo a las posibles estrategias para brindar soluciones orientadas a un desarrollo sustentable.

Se describe y caracteriza la situación de la ciudad de Santa Fe, teniendo actualmente la necesidad de conocer la matriz energética con la información de

consumos de distintas fuentes. Actualmente esta tarea requiere de la recolección y tratamiento de información de distintas fuentes, hecho que ha comenzado con instituciones y la Municipalidad. Con estos datos, se podrán definir los parámetros de los modelos para simular y estimar las métricas e indicadores para distintos escenarios en el tiempo. De esta forma, los modelos permitirán conocer comportamientos con un enfoque sistémico y dinámico abordando así los distintos aspectos relacionados con la energía.

4. REFERENCIAS

- [1] Pandey, R., Energy policy modelling: agenda for developing countries. Indian Institute of Management, Prabhath Nagar, Off Sitapur Road, Lucknow 226013, UP, India. 2002.
- [2] Caratori, L., Forciniti, J., Heredia A., Informe de Tendencias del Sector Energético Argentino. Instituto de la Energía "General Mosconi". Junio 2012.
- [3] Bouille, D., Energía. Informe Seminario-Taller. Situación Energética de Argentina. Situación Energética de Santa Fe. Agencia de Desarrollo e Innovación (ACDICAR). 2008.
- [4] ENARSA SA. Empresa Nacional de Energía. <http://www.enarsa.com.ar> (consulta octubre de 2012).
- [5] Secretaria de Energía. <http://energia3.mecon.gov.ar/home/> (consulta octubre de 2012).
- [6] Lapeña, J., El Abastecimiento de Energía en Santa Fe. La Energía en la Provincia de Santa Fe. Un Análisis Estructural de Fortalezas y Debilidades. 2007.
- [7] Tramatierra. Matriz energética de la ciudad de Santa Fe. Análisis y Recomendaciones. Licencia Creative Commons Atribución - Compartir Derivadas Igual 3.0 Unported. 2011
- [8] Stella, J. "Políticas Energéticas: una metodología para su diseño". Jornadas de Energía para un Desarrollo Sustentable 2012.
- [9] Esmaeeli, Z., Shakouri, H., Sedighi, A., Investigation of pricing impact on the electrical energy consumption behavior of the household sector by a system dynamics approach. International Conference of the System Dynamics Society. 2006.
- [10] Sterman, J., Business dynamics systems thinking and modeling for a complex world. McGrawHill, 2000, cap. 1, p.12-39.

[11] Ventana Systems, Inc., The Ventana Simulation Environment. Vensim-PLE for Windows Version 6.0 Demo. 2012

[12] Internacional Energy Agency, "World Energy Outlook", 2008, <http://www.iea.org/weo/2008>.

5. CURRICULUM VITAE



Ana Rosa Tymoschuk. Doctora en Ingeniería Química. Profesora Titular cátedra de Simulación de Ingeniería en Sistemas de Información, UTN Facultad Regional Santa Fe. Directora de más de 7 Proyectos de Investigación homologados en Programa de Incentivos desde 2004, siendo el PID vigente 25/O139 “



Rosana M. Portillo. Ingeniera en Sistemas de Información. Profesora Adjunta de cátedra Simulación y Profesora Auxiliar de cátedra Sistemas y Organizaciones de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, UTN Facultad Regional Santa Fe.



www.dinamica-de-sistemas.com

Libros

Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



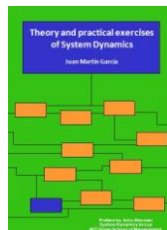
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)