

Desarrollo y Mejoras al MOSDEC como Herramienta de Planeación Energética

David Castrejón Botello¹, Marco P. Flores López, José M. González Santaló,
Esmeralda López Ayon

Instituto de Investigaciones Eléctricas, Gerencia de Procesos Térmicos,
Calle Reforma 113 Col. Palmira, 62490 Cuernavaca Morelos México,
<http://www.iie.org.mx>

Resumen. El MOSDEC es un modelo matemático de programación lineal con cerca de 15,000 variables y más de 5,000 ecuaciones cuyo principal objetivo es la optimización económica de la operación del sector energético. Este modelo representa la infraestructura del sector energético y permite realizar su planeación. En el IIE, el modelo se ha desarrollado de forma substancial otorgando una alta confiabilidad en los resultados, una alta capacidad de análisis con características únicas y tiempos de respuesta más cortos. Por lo cual, es una importante herramienta para la planeación del sistema energético nacional con prospectiva a largo plazo. Este artículo describe, con cierto detalle, el MOSDEC y, con mayor relevancia, el desarrollo que el modelo ha tenido en estos últimos años en el IIE.

Palabras clave: Planeación energética; modelos de planeación energética; programación lineal; optimización de procesos.

1 Introducción

Desde el año 2002, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) ha venido colaborando con la Comisión Federal de Electricidad (CFE), evaluando alternativas tecnológicas y de política energética para el desarrollo del sector eléctrico del país.

Una de las actividades básicas para la planeación es el uso de modelos computacionales que permitan estimar cuáles deberían ser las opciones, tanto de tecnologías de producción como de logística en el transporte de energéticos, para la expansión del Sector Energético. Uno de los modelos de planeación utilizado para estos fines es el MOSDEC.

Este artículo describe, con cierto detalle, la arquitectura del modelo de planeación energética MOSDEC y, con mayor relevancia, el desarrollo e incremento de capacidades que el modelo ha tenido en estos últimos años en el IIE.

¹ correo-e: dcb@iie.org.mx

Algunas de las modificaciones desarrolladas en el modelo que se describen en este artículo son: evolución de la capacidad propuesta de plantas de generación de energía eléctrica; ampliación del horizonte de proyección; mejoramiento de la representación de la demanda de energía eléctrica; mejoramiento de la representación de la red de transmisión de energía eléctrica; modelado y representación de las terminales de regasificación de gas natural licuado; separación de datos de los sectores petrolero, gas natural y eléctrico; representación del consumo de energía debido al transporte de gas natural en el sistema nacional de gasoductos; evolución de la capacidad propuesta en líneas de transmisión; evolución de la capacidad propuesta en gasoductos; límite de capacidad propuesta por tecnología de generación de energía eléctrica; detalle del proceso de generación de energía eléctrica; adición de nuevas alternativas tecnológicas de generación de energía eléctrica; nodos de representación del sistema energético nacional; y desarrollo de herramienta de interfaz.

2 El modelo MOSDEC

2.1 Antecedentes

El **Modelo de Optimización del Suministro y Distribución de Energía Eléctrica y Combustibles (MOSDEC)** tuvo sus inicios en PEMEX Refinación en el año 1993, posteriormente, fue proporcionado como herramienta de trabajo para la planeación del sector energético nacional, al entonces Grupo de Combustibles de la Secretaría de Energía (SENER).

Desde hace seis años, en la Gerencia de Procesos Térmicos del IIE se creó un grupo dedicado a la operación, mantenimiento y desarrollo del MOSDEC. Este grupo tiene como objetivo, adicional al de operar y mantener actualizado el modelo, el mejorar los alcances y capacidades del mismo, así como, incluir nuevos elementos y modelar con mayor detalle los elementos existentes. Con el objetivo de tener una mejor representación de los elementos que componen el sector energético nacional y contar con herramientas que auxilien a la CFE en la toma de decisiones, mediante la evaluación de alternativas tecnológicas y de política energética con estudios de sensibilidad y riesgo dadas las tendencias de diversas variables que afectan la planeación del sector energético nacional.

2.2 Descripción

El MOSDEC es un modelo matemático de programación lineal, que se encuentra cargado en hojas de cálculo, estructurado para formar una matriz de ecuaciones de programación lineal, con cerca de 15,000 variables y más de 5,000 ecuaciones, la cual se resuelve mediante un software comercial basado en *Simplex* y cuyo principal objetivo es la optimización económica de procesos industriales.

Este modelo representa la infraestructura actual del sector energético en México y permite realizar la planeación del sector mediante la optimización, en términos económicos, de las opciones tecnológicas de producción de energía y el crecimiento en infraestructura de transmisión y distribución de energéticos. Por lo cual, es una importante herramienta para la planeación del sistema energético nacional con prospectiva a largo plazo.

2.3 Arquitectura

El modelo esta conformado de un modelo global (Gmoselec) que representa:

- la infraestructura de transporte y distribución de energéticos,
- la oferta o disponibilidad de insumos energéticos a nivel nacional y
- las demandas de energéticos en puntos geográficamente distribuidos.

Adicionalmente al modelo global, el MOSDEC cuenta con 45 sub-modelos (también llamados nodos o modelos locales) que representan la distribución geográfica de las capacidades de producción y consumo de energéticos; así como, 7 sub-modelos que representan las seis refinерías existentes en el país y una adicional como posible a proponer. (Ver figura 1)

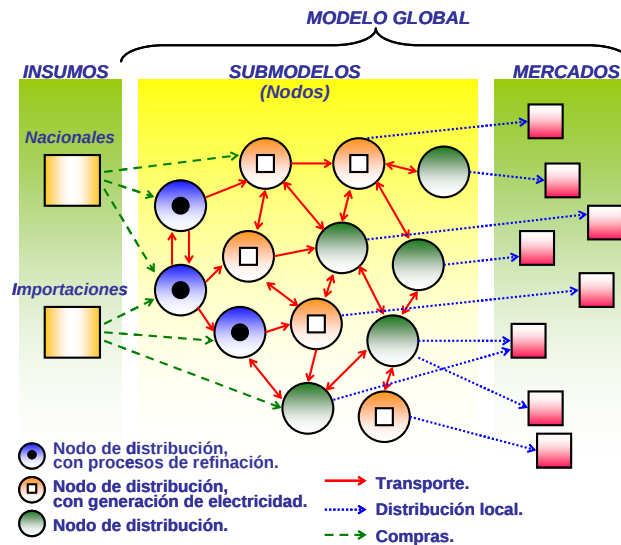


Fig. 1. Esta figura muestra de forma ilustrativa la estructura del MOSDEC.

2.3.1 Infraestructura de transporte

En el modelo global se definen los intercambios de producto o transferencias existentes y posibles de nodo a nodo, especificando el producto, el medio de transporte, la capacidad disponible o posible y el costo de la transferencia. Con esto, se logra la representación de la red de transporte de energéticos del sistema energético nacional.

Los medios de transporte utilizados para los intercambios de productos son: barco, autotank, tren, poliducto, gasoducto y líneas de transmisión. Cada uno de ellos con la opción a incrementar su capacidad de transporte en función de su respectivo costo de inversión en infraestructura nueva.

2.3.2 Oferta

En el modelo global se define el costo y la oferta o disponibilidad nacional y local de insumos energéticos, tales como petróleo crudo, gas natural, insumos de refinación, así como la disponibilidad de energéticos de importación. Es decir, se definen las restricciones de volumen mínimo y máximo de alimentación, así como el costo de los insumos.

2.3.3 Demanda

La demanda es una serie de datos que están determinados por una relación producto-mercado. El producto se refiere a alguno de los productos ofertados o que se produce en el modelo, pudiendo ser algún combustible, petroquímico, residuales de petróleo o energía eléctrica. El mercado representa una región geográfica del país donde se origina la demanda del producto determinado.

2.3.4 Modelos locales o sub-modelos

Los puntos estratégicos de producción, distribución, compra y venta de energéticos (combustibles y energía eléctrica), están representados por 52 sub-modelos (modelos locales o nodos locales). En estos modelos se incluye información de los sectores de refinación, gas natural, carbón, industrial y eléctrico.

3 Mejoras al MOSDEC

En esta sección se describen el desarrollo, las modificaciones y adiciones realizadas al MOSDEC, por el grupo de desarrollo del modelo de la Gerencia de Procesos Térmicos del IIE, en el periodo 2002-2006. Además, se menciona la

problemática antes de la modificación y las ventajas y/o repercusiones después de la modificación.

3.1 Evolución de la capacidad propuesta de plantas de generación de energía eléctrica

De origen, en el MOSDEC, el modelo proponía la adición de capacidad de generación de energía eléctrica, sin embargo, estas adiciones no se reflejaban en los años subsecuentes en el escenario de planeación, lo que provocaba que en los años siguientes, el modelo repitiera la propuesta de adición de capacidad e incluso llegaría a modificar el sitio y tipo de tecnología propuestos. Por otra parte, el modelo proponía las adiciones de capacidad de generación, en tamaños de planta distintos a los tamaños de planta existentes en el mercado.

Debido a lo anterior, fue necesario que en el modelo se considerara que las adiciones de capacidad propuestas en el año seleccionado de la corrida, se adicionaran como capacidad existente en unidades de tamaños comercialmente disponibles por tecnología de generación para los años subsecuentes y así, simular la expansión del parque de generación a través de los años del periodo de análisis.

Gracias a esta modificación, el modelo adquirió confiabilidad en los resultados obtenidos y cierto prestigio por ser el único modelo de planeación que involucra la expansión de los sectores refinación y eléctrico.

3.2 Ampliación del horizonte de proyección

Antes de esta modificación, las corridas en MOSDEC se realizaban para un periodo de 10 años, lo que se considera un periodo de evaluación muy corto, dado que la mayoría de las decisiones de planeación para los próximos cinco años, ya estaban tomadas. Razón por la cual se consideró conveniente, ampliar el periodo de evaluación a 50 años.

Se realizaron ampliaciones de los vectores de las variables de entrada para dar espacio hasta para 50 datos. Esta modificación fue necesaria en todos los archivos de entrada del modelo global. Actualmente se cuenta con un modelo que permite la evaluación de escenarios hasta por 50 años, aunque actualmente se llevan a cabo análisis a 25 años.

3.3 Mejoramiento de la representación de la demanda de energía eléctrica

Con el objetivo de representar el comportamiento no uniforme de la demanda de energía eléctrica durante el día y seleccionar diferentes fuentes de energía para cubrir los distintos niveles de demanda, se buscó representar el comportamiento de la demanda a través de un día típico al año, lo cual mejora los resultados en cuanto al despacho de energía eléctrica y así mismo se considera que el detalle de representar el

comportamiento de la demanda en base a horas pico, no contribuye sustancialmente a mejorar los resultados de un modelo de planeación de largo plazo, específicamente en cuanto a la selección de tecnologías para las centrales de generación eléctrica.

Por lo tanto, la demanda se representa en un promedio, que representa un día típico promedio del año. Todas las tecnologías tienen la opción de despacharse de la forma más económica para satisfacer la demanda. Bajo éste esquema, las plantas que se despachan primero son las de costos variables (costos de operación) más económicas y así sucesivamente hasta despachar las plantas más costosas.

3.4 Mejoramiento de la representación de la red de transmisión de energía eléctrica

En estimaciones a nivel nacional, las pérdidas por transmisión representan aproximadamente el 2% de la energía consumida en el país. Aunque este porcentaje no es significativo en cuanto a la cantidad de energía, las pérdidas de energía sí tienen un impacto importante en el despacho de las centrales existentes, la localización de centrales nuevas y el uso de las líneas de transmisión.

La modificación al MOSDEC para estimar las pérdidas por transmisión de energía eléctrica, consistió en integrar la relación no-lineal entre la energía transportada y las pérdidas por efecto Joule, esto es, representar el comportamiento de la relación en pequeños segmentos lineales en el rango de operación de cada línea de transmisión. Esta solución implicó la adición de una gran cantidad de variables al modelo, del orden de 1,200 variables; sin embargo, partiendo de que originalmente el modelo contenía 14,400 variables aproximadamente, se consideró que la adición de las nuevas variables no impactaría negativamente, es decir, la adición de las 1,200 variables no sobrepasó los límites permisibles de variables en el software comercial y tampoco aumentó significativamente el tiempo requerido para resolver el modelo.

El mejoramiento de la representación de la transmisión de energía eléctrica, tiene diversas implicaciones positivas en los resultados del modelo:

- a) las pérdidas por transmisión, son consideradas en la generación de energía eléctrica, lo cual repercute en los costos de generación a nivel país;
- b) se tiene un mejor uso de la infraestructura de generación, con impactos en el despacho de energía eléctrica de las plantas existentes; y
- c) se tiene una mejor selección de la ubicación de las centrales requeridas a futuro, las cuales, anteriormente se ubicaban comúnmente cerca de los nodos con disponibilidad de combustibles.

3.5 Modelado y representación de las terminales de regasificación de gas natural licuado

Debido al incremento en la demanda del gas natural en los últimos años, es fundamental la búsqueda y planeación de fuentes de suministro de este energético, una de las alternativas es la instalación de terminales de regasificación de gas natural licuado. Por ello y para seleccionar la óptima ubicación y fecha de entrada de estas terminales, fue necesario el modelado y representación de este tipo de plantas en el MOSDEC.

Gracias a la inclusión de la representación de las terminales de regasificación de gas natural licuado, se cuenta con un modelo que permite:

- a) la opción a instalar terminales de regasificación en sitios potenciales y en el momento económicamente más adecuado; y
- b) la simulación de terminales de regasificación de gas natural licuado existentes o consideradas como comprometidas en los próximos años.
- c) diversidad en las fuentes de suministro de energéticos, al menor costo para el país.

3.6 Separación de datos de los sectores petrolero, gas natural y eléctrico

Uno de los aspectos que hacen complicado el manejo y entendimiento del MOSDEC, es la gran cantidad de datos y ecuaciones que se manejan para una mejor representación de los elementos del sector energético nacional. Con el objetivo de facilitar el manejo de la información, la actualización de datos de entrada, el manejo de variables técnicas y económicas y la inclusión de nuevos elementos o capacidades del modelo, se realizó la separación de los sectores refinación, gas natural y eléctrico.

Lo anterior, ha permitido: a) mejor organización, control de la información y de las ecuaciones involucradas; b) facilidad para llevar a cabo la actualización de datos; c) facilidad para involucrar a más recursos en el manejo del modelo; y d) dinamismo para el modelado de nuevos elementos.

3.7 Representación del consumo de energía debido al transporte de gas natural en el sistema nacional de gasoductos

El transporte o intercambio de productos entre los nodos del MOSDEC, está representado por ecuaciones, en donde el volumen de producto transportado se multiplica por el costo unitario de transporte, dando como resultado un costo de transporte que se suma a la función objetivo. De tal forma que, este costo unitario es constante y no depende del volumen de producto transportado.

El transporte de gas a través de ductos, en la realidad, es un proceso bastante más complejo que lo anterior, donde tienen que ver fenómenos físicos como la fricción y la transferencia de calor, que dependen de las condiciones de operación del gasoducto, dichos fenómenos impiden que los costos de transporte sean una simple relación lineal entre la cantidad de gas transportado y el costo unitario de transporte.

Una mejor representación del transporte de gas se tiene al incluir una relación no lineal para contabilizar las pérdidas de energía por fricción, en función de los parámetros geométricos del ducto, las condiciones de operación y la cantidad de gas transportado. Dicha estimación de energía se utiliza para calcular el consumo de gas natural que requiere un sistema de compresión (turbocompresor a gas) para hacer fluir el gas en el ducto y cuya cantidad deberá ser considerada en el balance de gas. Lo anterior significa que el costo por unidad de gas transportado a través de un ducto irá aumentando conforme aumente la cantidad de gas que se envíe por dicho ducto, lo cual es más congruente con la realidad.

Actualmente, se cuenta con un modelo que incluye la estimación del consumo de gas natural utilizado para el transporte, con características sobresalientes en la simulación de la operación de la infraestructura, como son:

- a) la contabilización del gas el que se utiliza en los sistemas de transporte en el balance;
- b) una mejor utilización de la red de gasoductos, ya que se tiende a minimizar las pérdidas asociadas al transporte; y
- c) una mejor estimación de los costos de transporte que tiende a mejorar la calidad de los resultados en cuanto a despacho de plantas eléctricas y tipo tecnología propuesta para plantas eléctricas nuevas.

3.8 Evolución de la capacidad propuesta en líneas de transmisión

A pesar de que el modelo cuenta con enlaces disponibles para la expansión de la red nacional de transmisión de energía eléctrica, esta expansión de la capacidad de transmisión no se reflejaba o repercutía en los años siguientes al requerimiento de capacidad de transmisión, ya que no eran incluidas como existentes en los años subsecuentes al evaluado, por lo que resultaba un análisis no óptimo e inconsistente, ya que las inversiones hechas en las plantas de generación y las plantas de regasificación de gas natural licuado, sí se reflejaban en los años subsecuentes.

Debido a lo anterior, se modificó el modelo a fin de ir incrementando la capacidad de las líneas de transmisión, conforme lo fuera proponiendo el modelo, a lo largo del periodo de análisis. Lo anterior, toma en cuenta la estimación de las pérdidas por transmisión. Una característica adicional de esta modificación es que permite crecer y expandir, sin restricciones, la capacidad de la red de transmisión de energía eléctrica.

Esta modificación tuvo como efectos:

- a) no repetir la propuesta de incrementos de capacidad en años subsecuentes al año de análisis,
- b) mejor uso de la capacidad de transmisión disponible,
- c) permitió la expansión de la capacidad generación de energía eléctrica, sin restricciones respecto a las regiones con disponibilidad de algún tipo de combustible,
- d) tener congruencia en los resultados, en la forma en que se contabilizan las adiciones de centrales de generación y terminales de regasificación,
- e) un mejor uso de los derechos de vía existentes para transmisión de energía eléctrica.

3.9 Evolución de la capacidad propuesta en gasoductos

Al igual que las líneas de transmisión, se pensó en hacer consistentes los incrementos de capacidad propuesta en la red de transporte de gas, es decir, estos incrementos no se reflejaban o repercutían en los años siguientes al requerimiento de aumento en la capacidad de transporte de gas natural, ya que no eran incluidas como existentes después de haber realizado la propuesta.

Sin embargo, a diferencia de la red de transmisión, el crecimiento de la red de ductos ocurre de forma distinta. Para aumentar la capacidad de transporte en una trayectoria con ducto existente, es posible que se pueda realizar una compresión adicional aumentando las condiciones de operación y por otra parte, se pueden adicionar nuevos ductos.

Tomando en cuenta lo anterior, se modificó el modelo a fin de que los ductos propuestos para incremento de capacidad en transporte de gas natural, fueran considerados como capacidad existente y disponible en los años subsecuentes al año de análisis.

Esta modificación también reflejó importantes ventajas, como son:

- a) permitir una mejor ubicación de plantas de generación de energía eléctrica con base en gas natural y
- b) consistencia en el manejo de la infraestructura propuesta por el modelo.

3.10 Límite de capacidad propuesta por tecnología de generación de energía eléctrica

Para ciertos estudios se requiere realizar análisis de sensibilidad a las decisiones sobre el tipo de tecnología a utilizar para la expansión del sector eléctrico, sobre todo si se tiene dudas sobre la disponibilidad de los combustibles. Por lo anterior, se modificó el modelo a fin de adicionar restricciones a la cantidad propuesta de generación por tipo de tecnología.

Mediante esta modificación, el modelo tiene la capacidad de:

- a) limitar el crecimiento de la capacidad de generación de energía eléctrica con ciertas tecnologías; y
- b) evaluar medidas de diversificación de combustibles.

3.11 Detalle del proceso de generación de energía eléctrica

Anteriormente, la representación de la generación de energía eléctrica se realizaba considerando que la capacidad de generación de un tipo de tecnología tenía condiciones de operación uniformes en todo el país, es decir, se consideraba, por ejemplo, que todas las centrales termoeléctricas convencionales se despachaban con la misma eficiencia, disponibilidad, porcentaje de autoconsumo, etc. y así, para el resto de las tecnologías de generación; por otra parte, la capacidad de generación de una región geográfica con la misma tecnología, se encontraba representada como una sola central de generación en un nodo y en muchos casos sin poder discernir, en los resultados, si tal o cual central era la que se despachaba o dejaba de despachar.

Por lo anterior, se le realizó una modificación de gran impacto al modelo, para considerar por separado a cada unidad de generación como un proceso independiente con características de operación particulares.

La motivación principal de esta modificación fue la de conocer a detalle las proyecciones de despacho de cada unidad de generación de energía eléctrica, incluidas las unidades nuevas, una mejor estimación de los consumos de combustibles del sector eléctrico por región, una mejor representación del despacho de las plantas y finalmente, tener elementos para estimar un programa de retiros de capacidad a largo plazo con detalle a nivel de unidades.

3.12 Nuevas alternativas tecnológicas de generación de energía eléctrica

La búsqueda constante de procesos mas eficientes en el uso de los energéticos primarios, ha derivado en el desarrollo de nuevas tecnologías de generación de

energía eléctrica, algunas de ellas no existentes en el parque de generación del país y algunas otras no consideradas por su poca participación en el parque nacional.

La modificación al modelo consistió en incluir las tecnologías: Nuclear, Termoeléctrica súper crítica, Gasificación integrada a Ciclo Combinado con opción a utilizar combustibles sólidos (carbón o coque) y líquidos (residuos de vacío o combustóleo) y Lecho Fluidizado con opción a usar carbón o coque.

Las tecnologías de generación de energía eléctrica y sus respectivos combustibles, como opciones para la expansión de la capacidad de generación, que actualmente tiene el modelo son las siguientes:

- Termoeléctrica convencional con combustóleo ó gas natural
- Ciclo combinado con gas natural ó diesel
- Termoeléctrica supercrítica con carbón
- Combustión interna con combustóleo ó diesel
- Turbogas con gas natural ó diesel
- Nuclear con combustible nuclear
- Gasificación integrada a ciclo combinado (IGCC) con combustóleo, residuos de vacío, coque ó carbón
- Lecho fluidizado con coque ó carbón

La modificación es importante en el sentido de considerar tecnologías que actualmente ya están disponibles en el mercado y que pueden ser una opción viable para la expansión de la capacidad de generación de energía eléctrica en el sector eléctrico, considerando los combustibles disponibles a futuro.

3.13 Nodos de representación del sistema energético nacional

Anteriormente, se venía representando a la generación y distribución de energía eléctrica del sector eléctrico a través de 25 nodos, lo que hacía complicado representar adecuadamente tanto la red de transmisión como la ubicación de las centrales generadoras.

Se modificó el modelo a fin de ampliar el número de nodos a 32, para distribución y generación de energía y ampliar también el número de trayectorias de la red de transmisión. La modificación ha logrado con ello, una mejor representación del sector eléctrico.

3.14 Desarrollo de herramienta de interfaz

El MOSDEC no contaba con una interfaz que permitiera una eficiente interacción con el usuario y un control de múltiples corridas. Los procedimientos con los que se había venido trabajando eran muy rudimentarios. Por ello, en el IIE se desarrolló el Sistema Automático de Ejecución y Procesamiento de Resultados de Escenarios

Multianuales (SAEPREM). El SAEPREM es una herramienta informática independiente que permite una interacción más eficiente con el MOSDEC. Incluye procedimientos de captura de datos de entrada, control de ejecución de corridas y recuperación y presentación de resultados.

La programación del SAEPREM está basada en lenguajes de programación comerciales. La interfaz con el usuario, se realiza mediante el menú del sistema, selección del modelo a correr, ventanas para configurar las opciones de control de corridas y ventanas para la selección de escenarios. Por otro lado, se crearon también las rutinas para el manejo de archivos de entrada y salida, y se crearon archivos para la presentación de los resultados.

A través de las ventanas de la interfaz de este programa se pueden acceder a cuatro funciones:

1. Interfaz y control de ejecución.
2. Ejecución del modelo en escenarios multianuales y presentación de resultados
3. Generar archivo de resultados.
4. Generar resultados en una plantilla definida por el usuario.

4 Impacto de las modificaciones

Algunos datos relevantes respecto a las modificaciones realizadas al MOSDEC se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación del impacto en el modelo antes y después de las modificaciones.

Parámetro	Antes	Después
Tiempo de respuesta típico por escenario (25 años)	Mayor a dos semanas	24 horas
Horas hombre empleadas	Mayor de 40 horas	8 horas
Horas maquina empleadas	Mayor de 40 horas	16 horas
Tamaño del modelo	57 MB (850 archivos y 56 carpetas)	114 MB (1,276 archivos y 63 carpetas)
Número de variables	≈ 12,000	≈ 15,000

Algunos de los resultados típicos del modelo después de las modificaciones se ilustran en las figuras 2 a 6.

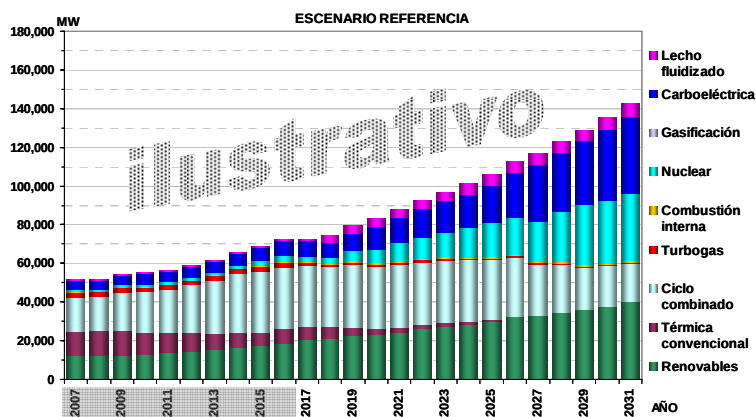


Fig. 2. Ejemplo de la evolución de la capacidad de generación por tecnología.

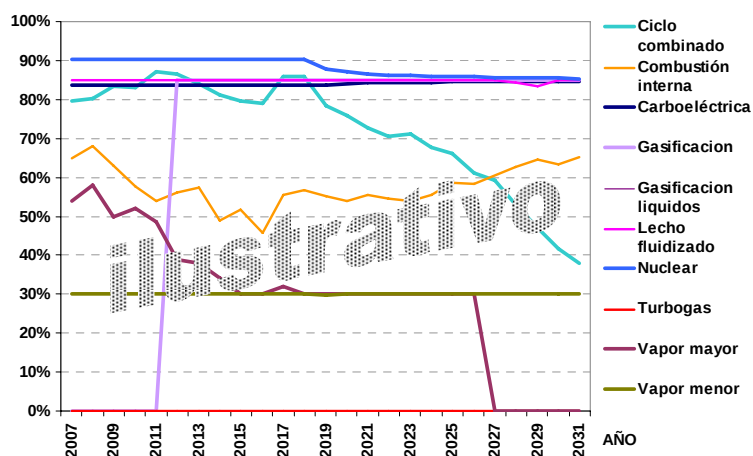


Fig. 3. Ejemplo del factor de planta por tecnología.

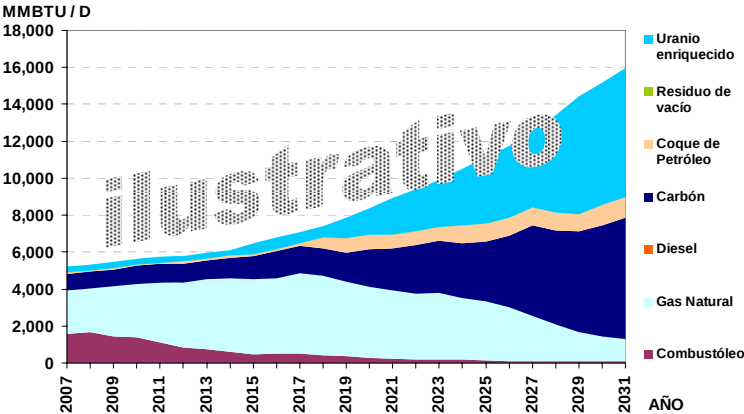


Fig. 4. Ejemplo del consumo de combustibles para generación eléctrica.

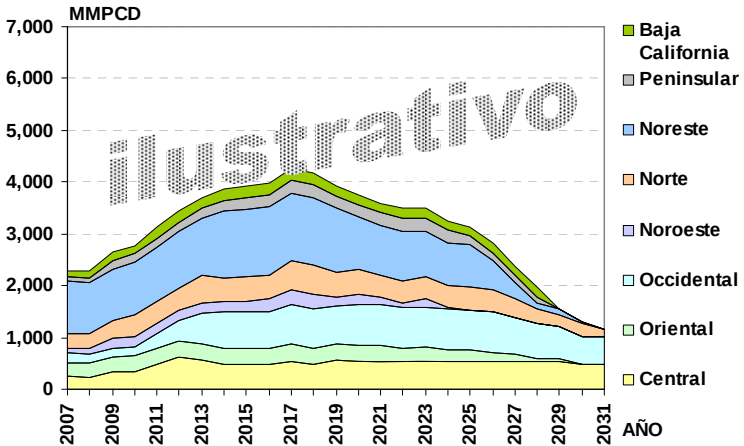


Fig. 5. Ejemplo del consumo de gas natural por región para generación eléctrica.



Fig. 6. Ejemplo de la infraestructura de la red de transmisión de energía eléctrica.

5 Conclusiones

Más que un modelo matemático de programación lineal, el MOSDEC es una verdadera herramienta de trabajo para la planeación, basada en programación lineal y orientada a la optimización del sector energético. Los análisis requeridos para definir una política energética, implican un alto grado de complejidad. Con ayuda del MOSDEC se posibilita la evaluación de múltiples escenarios, lo cual aporta información confiable para auxiliar en la toma de decisiones. Debe tenerse en cuenta que los resultados no son una predicción absoluta del futuro, sin embargo, se toman en cuenta para evaluar las posibles alternativas que tiene el sector energético para cubrir la demanda del país.

La importancia del modelo está en su capacidad de evaluar, en forma relativamente rápida, escenarios económicos futuros para coadyuvar a la planeación del desarrollo del sector energético nacional. Gracias a las modificaciones y mejoras que se le han venido realizando al MOSDEC, se cuenta con un modelo de planeación del sector energético capaz de evaluar escenarios a largo plazo, incluyendo los diversos factores técnicos y económicos, y cuyos resultados ayudan de forma substancial en la toma de decisiones para la planeación de la expansión del sector eléctrico nacional.

Referencias

1. Ranulfo Gutiérrez, Planteamiento y evaluación de escenarios para la plantación del sector energético nacional, Boletín IIE ISSN 0185-0059 Vol. 30 Num. 2, Abril-Junio 2006.
2. Ranulfo Gutiérrez, Planeación del Sector Energético, VIII Conferencia anual de la AMEE, Noviembre del 2005.