8

Optimización de beneficios en una refinería petrolera de México: un caso hipotético

Néstor Fernando Aguilera Rodríguez, Laura Lizbeth Pinto Dueñas, Sandra Verónica García Cabrera, Pedro Plata Pérez

Resumen:

En una refinería petrolera es posible depurar distintos grados de gasolina dependiendo de la concentración de cada uno de los hidrocarburos empleados en el proceso (por ejemplo, la gasolina Magna y Premium presentes en el mercado mexicano). En el presente trabajo se expone la aplicación del método simplex para optimizar utilidades en una refinería mexicana. Considerando algunas restricciones tanto en la disponibilidad de cada componente, como en el nivel de concentración de cada uno de ellos. Se obtiene el beneficio máximo con las limitaciones de recursos que se tienen.

Palabras clave:

Refinería; Petróleo mexicano; Refinería; Método Simplex.

Aguilera Rodríguez, N. F., Pinto Dueñas, L. L., García Cabrera, S. V., Plata Pérez, P. (2024). Optimización de beneficios en una refinería petrolera de México: un caso hipotético. En M. Hernández Ortiz, I. Ortiz Medina y M. C. Arreola Medina. (Eds). *Estudios sobre desarrollo sostenible, COVID-19 en México y optimización económica.* (pp. 127-135). Religación Press. http://doi.org/10.46652/religacionpress.170.c232

OPEN ACCESS

Introducción

El abasto de gasolina, su óptima producción y aprovechamiento han dado lugar a diversos debates no sólo dentro de la economía mundial, sino también de la mexicana a partir de su expropiación en 1938 por el presidente de México, Lázaro Cárdenas del Río.

El decreto expedido el 18 de marzo de ese año, declaró "la expropiación legal de maquinaria, instalaciones, edificios, refinerías, estaciones de distribución, embarcaciones, oleoductos y todos los bienes muebles e inmuebles [...], así como de sus filiales o subsidiarias" (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal [INAFED], 2019), de aquellas compañías que explotaban el petróleo mexicano y eran origen extranjero.

De esta manera, se estableció que la producción y comercialización del petróleo en territorio nacional, estaría bajo control del estado mexicano. Posteriormente se fundaría PEMEX, que como explica el INAFED (2019), se le dotarían de las facultades necesarias para realizar todos los trabajos de exploración, explotación, refinación y comercialización del petróleo en México.

Pese al gran progreso que ha tenido en las últimas décadas el uso energías renovables, en este punto todavía no es posible hacer la transición y cesar el consumo de energías fósiles. He aquí la necesidad de implementar nuevas herramientas que permitan satisfacer la demanda de combustibles y obtener el mayor beneficio con la limitante de los recursos que se tienen, sin perder de vista el cumplimiento de los estándares de calidad y el mantener los costos de producción.

Se han puesto en marcha diversas acciones buscando alcanzar dichos fines, y una de ellas ha sido la tan polémica Reforma Energética aprobada en 2013. Arizpe (2018), afirma que "la reforma energética en México se da como una solución para mantener e incrementar la producción petrolera, ya que se requieren grandes inversiones de capital y tecnología. Actualmente, en el país no se cuenta con los recursos ni la tecnología para aguas profundas". A nueve años de la reforma, se pueden observar los resultados y analizar si ésta logró su cometido o no.

Actualmente, México se encuentra entre los mayores productores a nivel mundial de petróleo, pero cuenta con apenas seis refinerías en activo (Salamanca, Minatitlán, Madero, Cadereyta, Salina Cruz y Tula). Sin embargo, aquí se plantea un caso hipotético de una refinería petrolera que busca maximizar su beneficio, cuando se encuentra limitada por una serie de factores ajenos a ella.

Planteamiento del problema

En esta refinería hipotética, se mezclan siete componentes para producir dos grados de gasolina: Magna y Premium. Las cantidades disponibles de cada componente, así como el costo por barril se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Disponibilidad diaria de cada componente y su costo.

Componente	Número máximo de barriles por día	Costo en dólares por barril
1	5,000	$8.00
2	2,400	$7.00
3	4,000	$10.00
4	1,500	$6.00
5	2,250	$11.00
6	1,800	$4.00
7	3,600	$9.00

Fuente: elaborado por los autores

Para asegurarse que la gasolina conserve sus características, se han establecido límites de composición de cada gasolina, así como su precio de venta. Los cuales se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Composición de cada grado de gasolina

Tipo	Especificaciones	Precio de venta en dólares
Magna	No menos de 20% del componente 1	$12.00
	No más de 10% del componente 2	
	No menos de 27% del componente 3	
	Entre un 15% y un 18% del componente 4	
	No menos de 12% de componente 5	
Premium	No menos de 20% de componente 3	$18.00
	No más de 30% de componente 4	
	No más de 30% de componente 6	
	Exactamente 15% de componente 7	

Fuente: elaboración propia basada en la tabla de "Contenido promedio de oxigenados (% peso) en las muestras de Gasolina-Etanol" de Castillo, Mendoza y Caballero (2012).

La refinería debe producir al menos 3600 barriles de cada una, Magna y Premium. La administración desea saber la mezcla óptima de los siete componentes que maximizará la utilidad. El procedimiento que se siguió fue el que requiere un problema de Programación Lineal.

1) Ubicación de todas las variables

X_{ij}=*barriles de componente i en la mezcla j* (1)

Considerando que se cuentan con siete diferentes componentes para las dos mezclas de gasolina, el número de variables obtenidas es igual a catorce. Las cuales se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Variables de cada mezcla de gasolina correspondientes a cada componente

Magna	**Premium**
x_{1M}	x_{1P}
x_{2M}	x_{2P}
x_{3M}	x_{3P}
x_{4M}	x_{4P}
x_{5M}	x_{5P}
x_{6M}	x_{6P}
x_{7M}	x_{7P}

Fuente: elaborado por los autores

2) Establecimiento de la función objetivo.

Se busca maximizar las ganancias de la refinería y para ello, al momento de establecer la función objetivo se deben considerar también los costos de producción. Es así como dicha función es expresada en la ecuación 2.

$$\begin{aligned} Z = {} & 12(x_{1M} + x_{2M} + x_{3M} + x_{4M} + x_{5M} + x_{6M} + x_{7M}) \\ & + 18(x_{1P} + x_{2P} + x_{3P} + x_{4P} + x_{5P} + x_{6P} + x_{7P}) \\ & - 8(x_{1M} + x_{1P}) - 7\,(x_{2M} + x_{2P}) - 10\,(x_{3M} + x_{3P}) \\ & - 6(x_{4M} + x_{4P}) - 11\,(x_{5M} + x_{5P}) - 4\,(x_{6M} + x_{6P}) \\ & - 9(x_{7M} + x_{7P}) \end{aligned} \quad (2)$$

Esto es,

$$\begin{aligned} Z = {} & 4x_{1M} + 5x_{2M} + 2x_{3M} + 6x_{4M} + x_{5M} + 8x_{6M} + 3x_{7M} + 10x_{1P} \\ & + 11x_{2P} + 8x_{3P} + 12x_{4P} + 7x_{5P} + 14x_{6P} + 9x_{7P} \end{aligned} \quad (3)$$

3) Fijación de restricciones.

La primera parte de las restricciones está dada por la composición de cada grado de gasolina encontrada en la *Tabla 2*. A continuación se representan las especificaciones de cada componente, y posteriormente se simplifican para cada caso.

$$\begin{gathered} x_{1M} \geq 0.2(x_{1M} + x_{2M} + x_{3M} + x_{4M} + x_{5M} + x_{6M} + x_{7M}) \\ 0.8x_{1M} - 0.2x_{2M} - 0.2x_{3M} - 0.2x_{4M} - 0.2x_{5M} - 0.2x_{6M} \\ - 0.2x_{7M} \geq 0 \end{gathered} \tag{4}$$

$$\begin{gathered} x_{2M} \leq 0.1(x_{1M} + x_{2M} + x_{3M} + x_{4M} + x_{5M} + x_{6M} + x_{7M}) \\ -0.1x_{1M} + 0.9x_{2M} - 0.1x_{3M} - 0.1x_{4M} - 0.1x_{5M} - 0.1x_{6M} \\ - 0.1x_{7M} \leq 0 \end{gathered} \tag{5}$$

$$\begin{gathered} x_{3M} \geq 0.27(x_{1M} + x_{2M} + x_{3M} + x_{4M} + x_{5M} + x_{6M} + x_{7M}) \\ -0.27x_{1M} - 0.27x_{2M} + 0.73x_{3M} - 0.27x_{4M} - 0.27x_{5M} \\ - 0.27x_{6M} - 0.27x_{7M} \geq 0 \end{gathered} \tag{6}$$

$$\begin{gathered} x_{4M} \geq 0.15(x_{1M} + x_{2M} + x_{3M} + x_{4M} + x_{5M} + x_{6M} + x_{7M}) \\ -0.15x_{1M} - 0.15x_{2M} - 0.15x_{3M} + 0.85x_{4M} - 0.15x_{5M} \\ - 0.15x_{6M} - 0.15x_{7M} \geq 0 \end{gathered} \tag{7}$$

$$\begin{gathered} x_{4M} \leq 0.18(x_{1M} + x_{2M} + x_{3M} + x_{4M} + x_{5M} + x_{6M} + x_{7M}) \\ -0.18x_{1M} - 0.18 - 0.18x_{3M} + 0.82x_{4M} - 0.18x_{5M} \\ - 0.18x_{6M} - 0.18x_{7M} \leq 0 \end{gathered} \tag{8}$$

$$\begin{gathered} x_{5M} \geq 0.12(x_{1M} + x_{2M} + x_{3M} + x_{4M} + x_{5M} + x_{6M} + x_{7M}) \\ -0.12x_{1M} - 0.12x_{2M} - 0.12x_{3M} - 0.12x_{4M} + 0.88x_{5M} \\ - 0.12 - 0.12x_{7M} \geq 0 \end{gathered} \tag{9}$$

$$\begin{gathered} x_{3P} \geq 0.2(x_{1P} + x_{2P} + x_{3P} + x_{4P} + x_{5P} + x_{6P} + x_{7P}) \\ -0.2x_{1P} - 0.2x_{2P} + 0.8x_{3P} - 0.2x_{4P} - 0.2x_{5P} - 0.2x_{6P} \\ - 0.2x_{7P} \geq 0 \end{gathered} \tag{10}$$

$$\begin{gathered} x_{4P} \leq 0.3(x_{1P} + x_{2P} + x_{3P} + x_{4P} + x_{5P} + x_{6P} + x_{7P}) \\ -0.3x_{1P} - 0.3x_{2P} - 0.3x_{3P} + 0.7x_{4P} - 0.3x_{5P} - 0.3x_{6P} \\ - 0.3x_{7P} \geq 0 \end{gathered} \tag{11}$$

$$x_{6P} \leq 0.3(x_{1P} + x_{2P} + x_{3P} + x_{4P} + x_{5P} + x_{6P} + x_{7P}) \\ -0.3x_{1P} - 0.3x_{2P} - 0.3x_{3P} - 0.3x_{4P} - 0.3x_{5P} + 0.7x_{6P} \\ -0.3x_{7P} \geq 0 \quad (12)$$

$$x_{7P} = 0.15(x_{1P} + x_{2P} + x_{3P} + x_{4P} + x_{5P} + x_{6P} + x_{7P}) \\ -0.15x_{1P} - 0.15x_{2P} - 0.15x_{3P} - 0.15x_{4P} - 0.15x_{5P} \\ -0.15x_{6P} + 0.85x_{7P} = 0 \quad (13)$$

La segunda parte de las restricciones está dada por la disponibilidad máxima de barriles de cada componente, la cual se encuentra en la *Tabla1.*

$$x_{1M} + x_{1P} \leq 5000 \quad (14)$$

$$x_{2M} + x_{2P} \leq 2400 \quad (15)$$

$$x_{3M} + x_{3P} \leq 4000 \quad (16)$$

$$x_{4M} + x_{4P} \leq 1500 \quad (17)$$

$$x_{5M} + x_{5P} \leq 2250 \quad (18)$$

$$x_{6M} + x_{6P} \leq 1800 \quad (19)$$

$$x_{7M} + x_{7P} \leq 3600 \quad (20)$$

Por último, las últimas dos restricciones están dadas por la producción mínima con la cual debe cumplir la refinería: 3,600 barriles de gasolina Magna y Premium.

$$x_{1M} + x_{2M} + x_{3M} + x_{4M} + x_{5M} + x_{6M} + x_{7M} \geq 3600 \quad (21)$$

$$x_{1P} + x_{2P} + x_{3P} + x_{4P} + x_{5P} + x_{6P} + x_{7P} \geq 3600 \quad (22)$$

4) Resolución mediante PHPSimplex

Gracias a que la función a maximizar y cada restricción se encuentran ya desarrolladas, sólo queda registrar los datos en el software libre y en línea PHPSimplex Versión 0.81 (Izquierdo Granja y Ruiz Ruiz, 2022).

Discusión y análisis de resultados

Es difícil interpretar a simple vista cada uno de los datos generados en PHPSimplex, pero una vez fueron concentrados en la tabla 4, se puede observar la combinación óptima de componentes que maximizarán la utilidad en ambas mezclas.

Tabla 4. Cantidad de cada componente para la mezcla óptima.

En mezcla	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
Magna	2,000	1,000	2,700	1,500	1,200	1,600	0
Premium	740	1,400	720	0	0	200	540
Total	2,740	2,400	3,420	1,500	1,200	1,800	540

Fuente: elaborado por los autores

Con los datos obtenidos, también se puede realizar una estimación de lo que habrá que pagarse en total para adquirir cada componente para ambas mezclas.

Tabla 5. Costos de cada componente en ambas mezclas.

Componente	Costo
1	$21,920.00
2	$16,800.00
3	$34,200.00
4	$9,000.00
5	$13,200.00
6	$7,200.00
7	$4,860.00
Total	$107,180.00

Fuente: elaborado por los autores

Además, PHPSimplex calculó que con las restricciones establecidas y empleando las cantidades que ya se mencionaron, se espera un beneficio de $77, 620.00 dólares. Esta cifra contempla la venta de cada barril producido, así como el costo de los componentes para su elaboración.

Tras analizar otras iniciativas, se encontró que en la mayoría de ellas se plantea que la maximización de ganancias se logra al restablecer los procesos de transporte y

distribución de los combustibles. No obstante, proyectos como el propuesto por González (2019), llamado "Optimización y control de un proceso de mezclas tipo rundown para la fabricación de gasolinas" dejan claro que los procesos de producción deben estar en constante cambio y se deben adaptar a las circunstancias y los requerimientos.

Conclusiones

En el presente trabajo se expuso un primer acercamiento a calcular las utilidades óptimas, mediante ciertas limitantes de recursos obtenidos. A partir de estos resultados y considerando la metodología implementada, se abre la línea de oportunidad para continuar con esta investigación considerando la recopilación de todas las posibles variables, restricciones y cada dato involucrado en la producción de gasolina.

Referencias

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2019, 18 de marzo). 81 aniversario de la Expropiación Petrolera. Secretaría de Gobernación. https://lc.cx/YILmeP

Arizpe, R. (2018, 28 de diciembre). La industria petrolera en México, cuestión de tiempo. ANÁHUAC. https://lc.cx/nICgRM

Castillo, P., Mendoza, A. y Caballero, P. (2012). Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel mexicanos reformulados con Etanol. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, *13*(3), 293-306.

González, D. (2019). *Optimización y Control de un Proceso de mezclas tipo rundown para la fabricación de gasolinas* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia].

Izquierdo Granja D., y Ruiz Ruiz J. J. (2022, 15 de octubre). PHPSimplex. Optimizando recursos con Programación Lineal. https://www.phpsimplex.com/#

§

Profit optimization at an oil refinery in Mexico: a hypothetical case study

Otimização de lucros em uma refinaria de petróleo no México: um estudo de caso hipotético

Néstor Fernando Aguilera Rodríguez
Universidad Autónoma de Zacatecas | Zacatecas | México
https://orcid.org/0009-0008-1607-9020
36175896@uaz.edu.mx
Estudiante de la Licenciatura en Economía y Contaduría en la Universidad Autónoma de Zacatecas. Actualmente forma parte del departamento de Gasto Corriente en la Secretaría de Obras Públicas del Estado de Zacatecas.

Laura Lizbeth Pinto Dueñas
Universidad Autónoma de Zacatecas | Zacatecas | México
https://orcid.org/0009-0009-0947-5719
snoopy.liz97@gmail.com
Laura Lizbeth Pinto Dueñas, Licenciada en Artes y estudiante de la Licenciatura en Economía en la Universidad Autónoma de Zacatecas. Actualmente realiza investigación humanística y económica.

Sandra Verónica García Cabrera
Universidad Autónoma de Zacatecas | Zacatecas | México
https://orcid.org/0000-0003-3745-8333
Sandra.garciac@uaz.edu.mx
Docente investigadora adscrita a la Unidad de Economía. Tiene Licenciatura en Economía, así como Maestría en Población, Desarrollo y Políticas. Sus líneas de investigación son mercados laborales y estudios de género.

Pedro Plata Pérez
Universidad Autónoma de Zacatecas | Zacatecas | México
https://orcid.org/0000-0002-5224-3181
pplata1@gmail.com
Doctor por la Universidad Autónoma de Madrid. Docente Perfil PRODEP de la Licenciatura en Economía. Líneas de investigación: Instituciones y crecimiento económico, Mercado laboral, Economía Internacional, Economía de la salud.

Abstract:

In an oil refinery, it is possible to refine different grades of gasoline depending on the concentration of each of the hydrocarbons used in the process (for example, Magna and Premium gasoline present in the Mexican market). This paper presents the application of the simplex method to optimize profits in a Mexican refinery. Considering some restrictions on both the availability of each component and the concentration level of each of them, the maximum profit is obtained given the resource limitations.
Keywords: refinery; Mexican oil; Refinery; Simplex method.

Resumo:

Em uma refinaria de petróleo, é possível purificar diferentes graus de gasolina, dependendo da concentração de cada um dos hidrocarbonetos usados no processo (por exemplo, as gasolinas Magna e Premium presentes no mercado mexicano). Este documento apresenta a aplicação do método simplex para otimizar os serviços públicos em uma refinaria mexicana. Considerando algumas restrições sobre a disponibilidade de cada componente, bem como sobre o nível de concentração de cada um deles. O lucro máximo é obtido com as limitações dos recursos disponíveis.
Palavras-chave: refinaria; petróleo mexicano; refinaria; método Simplex.